

# COMPUTERGESTÜTZTER GEOMETRIEUNTERRICHT IN DER AHS- OBERSTUFE

**Andreas Asperl  
Franz Schmidt**

**BRG 4**

**Waltergasse 7**

**1040 Wien**

Wien, Schuljahr 2003/2004

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1 ORGANISATORISCHE RAHMENBEDINGUNGEN</b> .....	<b>3</b>
1.1 Informationen zur Schule und zu den beteiligten Personen.....	3
1.2 Der Schulversuch ACG.....	3
1.2.1 Ausgangssituation (2000).....	3
1.2.2 Die ersten Jahre im Schulversuch (2000-2004).....	4
1.2.3 Ziele des Schulversuchs - Welches Wissen soll vermittelt werden.....	5
1.2.4 Weitere Vorgaben.....	5
1.3 Rahmenbedingungen - Räumlichkeiten und die am Schulversuch beteiligten Klassen.....	6
<b>2 UNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>8</b>
2.1 Zielsetzungen.....	8
2.2 Ergebnisse.....	8
2.2.1 Globale Erkenntnisse.....	8
2.2.2 Stunde mit Powerpointpräsentation - Wissensvermittlung.....	12
2.2.3 Stundenablauf mit freier Teamarbeit.....	13
2.2.4 Schularbeiten am PC.....	15
2.3 Ausblick.....	17
<b>3 ANHANG</b> .....	<b>18</b>
3.1 Einige Schülerarbeiten.....	18

# ABSTRACT

*Seit dem Schuljahr 2000/2001 wird am BRG 4 der Schulversuch ACG – Angewandte computergestützte Geometrie anstelle von Darstellender Geometrie durchgeführt. Ziel des Schulversuchs ist es, moderne Konstruktionswerkzeuge in den Geometrieunterricht der Oberstufe einzubauen um bis dahin nicht oder nur schwer realisierbare, wichtige geometrische Lehrinhalte umzusetzen und zu visualisieren.*

*Die damit einhergehenden Änderungen in der Methodik und Didaktik, sowie die Auswirkungen des intensiven Computereinsatzes im Geometrieunterricht waren Ziele der vorliegenden Untersuchung.*

## 1 ORGANISATORISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

### 1.1 Informationen zur Schule

Das BRG 4 ist ein Realgymnasium mit Schwerpunktbildung im naturwissenschaftlichen Bereich. Wir führen in der Unterstufe je drei Klassen parallel und in der Oberstufe je 2 Klassen. Ab der 7.Klasse können die Schülerinnen und Schüler zwischen einem ergänzenden Unterricht aus Biologie, Chemie und Physik oder dem Fach „Darstellende Geometrie“ (seit 2000/2001 „Angewandte computergestützte Geometrie“) wählen.

Mit den Mottos „Mit Wohlfühlen zum Erfolg“, „Vielfalt im Bildungsangebot“ und „Erhöhung der sozialen Kompetenz“ bietet das BRG 4 seinen Schülerinnen und Schülern neben einer fundierten naturwissenschaftlichen Grundbildung auch ein hohes Maß an sozialer Verantwortlichkeit.

### 1.2 Der Schulversuch ACG

#### 1.2.1 Ausgangssituation (2000)

Die klassische Darstellende Geometrie operiert fast ausschließlich mit Bleistift, Zirkel und Lineal und vermittelt ein hohes Niveau an konstruktiven Tricks zur Lösung räumlicher Probleme und zur Herstellung anschaulicher Bilder. Diese klassischen Problemlösungsstrategien erfordern viel Zeit und lassen keinen (beziehungsweise sehr wenig) Freiraum für moderne Konstruktionstechniken wie CAD (Computer Aided Design).

CAD-Kenntnisse werden in vielen Betrieben als Einstellungserfordernis angeführt, und der Einsatz von CAD-Software ist in einigen einschlägigen Studienrichtungen verpflichtend vorgesehen. Da viele unserer Schülerinnen und Schüler nach Ablegung

der Reifeprüfung an der nahegelegenen TU Wien studieren, erleichtert ihnen das Arbeiten mit CAD-Software den Einstieg in manche technische Studien.

Das Aufkommen leistungsstarker und für den Unterricht geeigneter CAD-Systeme ermöglicht es, viele interessante und angewandte Aufgabenstellungen zu bearbeiten. Viele dieser angewandten Aufgabenstellungen konnten bisher auf Grund ihres Umfangs im Unterricht nicht bewältigt werden.

Ein Vergleich aus der Mathematik: Das zeitintensive, händische Wurzelziehen (Logarithmieren) wurde durch den Einsatz des Taschenrechners obsolet; die dadurch gewonnene Zeit konnte mit neuen, lebenspraktischen Inhalten (z.B. Schaltalgebra – wie vereinfacht man elektrische Schaltkreise, lineare Optimierung – wie können in einem Betrieb Ressourcen bestens genützt werden) gefüllt werden.

Außerdem lernen die Schülerinnen und Schüler am BRG 4 bereits im Unterricht aus „Geometrischem Zeichnen“ didaktische CAD-Software kennen. Aufbauend auf diese Kenntnisse sollte in der Oberstufe eine Vertiefung dieser modernen Technologie erfolgen.

Das waren die Hauptgründe für uns, für das Schuljahr 2000/2001 den Schulversuch ACG – Angewandte computergestützte Geometrie zu initiieren. Ziel des Schulversuchs war es, moderne Konstruktionswerkzeuge in den Geometrieunterricht der Oberstufe einzubauen, um bis dahin nicht oder nur schwer realisierbare, wichtige geometrische Lehrinhalte umzusetzen und zu visualisieren.

Gleichzeitig war klar, dass durch den intensiven Einsatz des Computers als neues adäquates Konstruktionswerkzeug auch Veränderungen in der Methodik und Didaktik des Geometrieunterrichts einhergehen mussten.

### **1.2.2 Die ersten Jahre im Schulversuch (2000-2004)**

Im Schuljahr 2000/2001 startete eine (von zwei) Klassen unter der Leitung von Andreas Asperl mit der Durchführung des Schulversuchs. Die Parallelklasse wurde von Franz Schmidt als „klassische DG-Gruppe“ geführt. Mit dieser Referenzgruppe konnten wir relativ einfach manche Vor- und Nachteile des neuartigen Geometrieunterrichts im Vergleich zum traditionellen beobachten.

In den beiden folgenden Schuljahren (bis Juli 2002) konnte eine Menge von Erfahrungen gesammelt und manch – für den Geometrieunterricht – neue Unterrichtsform ausgiebig getestet werden. Da der Schulversuch bei den Schülerinnen und Schülern großen Anklang fand und die befürchteten Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem intensiven Computereinsatz (Verwendung auch bei Schularbeiten und bei der Reifeprüfung) nicht eintraten, entschlossen sich die DG-Lehrer am BRG 4, den Schulversuch für alle DG-Klassen verpflichtend einzuführen.

Zur Unterstützung des Schulversuchs wurde eine laufend aktualisierte Internetseite ([www.brg4.ac.at/acg/unterlagen](http://www.brg4.ac.at/acg/unterlagen)) eingerichtet, auf der viele Arbeitsunterlagen für die Schülerinnen und Schüler abrufbar sind. Hier kann man sich auch einen Einblick über Anwendungsmöglichkeiten von CAD-Software im Geometrieunterricht der Oberstufe verschaffen.

### **1.2.3 Ziele des Schulversuchs - Welches Wissen soll vermittelt werden**

Die folgende Auflistung zeigt jene Lernziele auf, die von allen Schülerinnen und Schülern erreicht werden sollen:

#### **Schulung der Raumvorstellung und des Raumdenkens**

- Handskizzen räumlicher Objekte herstellen können
- Raumtransformationen (speziell Schiebungen, Drehungen und Spiegelungen) kennen und beherrschen
- Räumliche Boole'sche Operationen erkennen und anwenden können
- Konstruktionen in anschaulichen Parallelrissen (Lage- und Schnittaufgaben) durchführen können

#### **Kennen lernen der geometrischen Formenvielfalt**

- Mit dem klassischen Formenschatz der Geometrie (Kugel, Kegel, Zylinder, ...) modellieren können
- Mit modernen geometrischen Objekten wie Freiformflächen arbeiten können
- Geometrischen Strukturen an konkreten Objekten erkennen

#### **Grundverständnis für Projektionen und Risse**

- Grundlagen der verschiedenen Abbildungsverfahren kennen lernen
- Unterschiede Normal-, Schräg- und Zentralprojektion erarbeiten

#### **Lesen von Rissen**

- Ein durch Risse (oder Schnittdarstellung) festgelegtes Objekt räumlich rekonstruieren können

### **1.2.4 Weitere Vorgaben**

Um die in 1.2.3 aufgezeigten Inhalte effizient umsetzen zu können, haben wir uns eine Reihe weiterer Vorgaben gestellt, die wir in zahlreichen Gesprächen mit Fachkolleginnen und Fachkollegen, sowie Schülerinnen und Schülern im Vorfeld und während der ersten Phase des Schulversuchs ständig adaptiert haben.

- Der Anteil an klassischen, konstruktiven Aufgaben soll möglichst gleich dem Anteil an CAD-gestützten Aufgaben sein. Dies sollte sich insbesondere auch bei der Leistungsbeurteilung (Schularbeiten, Matura) manifestieren.
- Der traditionelle Bereich der Darstellenden Geometrie soll mit Arbeitsblättern, auf denen mit wenigen Konstruktionslinien Details ergänzt werden müssen, abgedeckt werden.
- CAD (3D-Modellierung) verhilft zu raschen und eindrucksvollen Ergebnissen. Die mit CAD konstruierten Objekte sollen für Präsentationen mit Texturen und

Beleuchtung versehen werden. Die Ausstellung von besonders gelungenen Arbeiten oder Projekten soll im Intranet realisiert werden (virtuelle Welten). Der Einsatz von CAD-Software soll allerdings nur dann geschehen, wenn dies sinnvoll erscheint.

- Das Arbeiten an gemeinsamen Projekten soll die Teamfähigkeit der Schülerinnen und Schüler verbessern.
- Die Beispiele und Aufgaben sollen an die Praxis der Nutzung von CAD-Programmen in Betrieben, Universitäten u.a. angelehnt sein; der Titel „Angewandte Geometrie“ soll nicht nur ein Schlagwort sein, sondern tatsächlich im Unterricht umgesetzt werden. Dabei sollen die Themenbereiche breit gestreut sein und die Beispiele aus den Bereichen Kunst, Design, Architektur, Maschinenbau, Naturwissenschaften, ... stammen.
- Ein ganz wichtiger Punkt ist den Schülerinnen und Schülern das Gefühl zu vermitteln, dass die bei uns gelernten Fähigkeiten in der täglichen Arbeit wirklich benötigt werden (Wie viel Geometrie wird in der Architektur, im Bauingenieurwesen, ... verwendet?).

### **1.3 Rahmenbedingungen - Räumlichkeiten und die am Schulversuch beteiligten Klassen**

Die beiden einzigen EDV-Räume der Schule befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft. Der EDV-Saal 1 enthielt während der Zeit der Untersuchungen 16 für die Lernenden verwendbare Computer, welche in 4 Sitzreihen angeordnet sind. Die Anordnung der Rechner entspricht der klassischen Unterrichtssituation, d.h. die Schülerinnen und Schüler blicken immer in Richtung des Lehrertisches, wenn sie vor den Computern sitzen. Dieser Saal eignet sich aufgrund der Anordnung der Arbeitsplätze eher für einen lehrerzentrierten Unterricht, mit dem Nachteil, dass die Gehwege für den Lehrenden relativ lang sind.

Im Gegensatz dazu ist der EDV-Saal 2 hauptsächlich für das selbstständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler ausgelegt. Die 14 Computer sind U-förmig entlang der Wände angeordnet, wobei die arbeitenden Schülerinnen und Schüler mit dem Kopf Richtung Wand sitzen. Dieser Saal ist mit für den CAD-Unterricht optimierten 22-Zoll-Bildschirmen ausgerüstet. Die Gehwege des Lehrenden zu den einzelnen Schülerinnen und Schüler sind extrem kurz und der Lehrende hat sämtliche Bildschirme der stets im Blick.

Da die beiden ACG-Gruppen aus organisatorischen Gründen meist gleichzeitig stattfinden, belegen die Gruppen abwechselnd Saal 1 oder Saal 2. Es ist aber durchaus auch möglich, dass sich die Lehrer nach Absprache den jeweils für die vorgesehene Unterrichtssituation geeigneteren Raum aussuchen.

In der 7. und 8. Klasse sind die Schülerinnen und Schüler in ACG (Angewandte Computergestützte Geometrie) aufgrund des „Informatikteilens“ (maximale Gruppengröße = 12) geteilt. Alle Gruppen bestehen aus der Höchstzahl von 12 Schülern, davon sind ca. 40% Mädchen. Eine erwähnenswerte Besonderheit ist, dass im Unter-

suchungszeitraum ein körperlich behinderter Schüler am ACG-Unterricht in der 7.Klasse mit Erfolg teilgenommen hat.

## 2 UNTERSUCHUNGEN

### 2.1 Zielsetzungen

Im Rahmen des IMST<sup>2</sup>-Projekts wollten die beiden am Schulversuch momentan involvierten Lehrer (Schmidt, Asperl) die gewonnenen Erfahrungen gemeinsam aufarbeiten. Wir hatten das Ziel, alle interessanten Komponenten des Schulversuchs und der sich daraus ergebenden, veränderten Unterrichtssituation zu evaluieren. Im Verlauf des Projekts stellte sich aber heraus, dass dieser Anspruch doch zu hochgesteckt und die dazu notwendigen Untersuchungen zu umfangreich sind, so dass wir nur die für uns wichtigsten Teilaspekte beleuchten wollen.

Auf Vorschlag unserer Betreuerin Helga Jungwirth, die uns immer mit kompetenten Anregungen motivierte, haben wir den Unterrichtsverlauf von uns interessant erscheinenden Stunden analysiert und durch viele Schülerinterviews und Umfragen heraus zu finden versucht, welche Unterrichtssituationen für die Schülerinnen und Schüler motivierend und/oder lehrreich waren. Eine weitere zentrale Frage war, wie sich das fachliche Wissen der Schülerinnen und Schüler unter Einbeziehung des Computers entwickelt. Spannend war für uns auch, ob der notwendige technische Aufwand für die Lernenden eine zusätzliche Belastung darstellt, oder ob die Durchdringung der Welt der Jugendlichen mit den modernen Medien schon so weit fortgeschritten ist, dass der Computer als alltägliches Arbeitsgerät angesehen wird.

### 2.2 Ergebnisse

#### 2.2.1 Globale Erkenntnisse

*„Alle Dinge mit Zeitdruck sind lästig, freies Arbeiten ist zigmal motivierender“*

Das im Schulversuch ACG verwendete Unterrichtskonzept besteht aus vielen unterschiedlichen Komponenten, wobei sich je nach zu vermittelndem Inhalt Phasen mit lehrerzentriertem Unterricht mit Phasen des schülerzentrierten Unterrichts abwechseln. Generell haben wir Wert darauf gelegt, eigenständiges Arbeiten der Schülerinnen und Schüler zu fordern und zu fördern. Im Unterschied zum traditionellen DG-Unterricht liegt das Hauptaugenmerk auf der Schulung von Fähigkeiten zur Erstellung wirklichkeitsgetreuer Modelle. Dazu ist es notwendig die wesentlichen geometrischen Eigenschaften und Prinzipien zu verstehen und die Raumvorstellung zu schulen, was sich mit Hilfe von CAD-Paketen, mit denen man ein Objekt von allen möglichen Seiten betrachten kann, viel leichter erreichen lässt. Allerdings setzt das Arbeiten mit dem Werkzeug „CAD“ voraus, dass die Schülerinnen und Schüler die gegebene Aufgabenstellung tatsächlich verstehen und den Konstruktionsablauf selbstständig durchführen können. Ein „Sich-drüber-Schummeln“ ist hier nicht möglich.

Die wichtigsten, immer wiederkehrenden Unterrichtssequenzen seien im Folgenden kurz aufgelistet:

- **Lehrervortrag mit Overheadunterstützung** (z.B. „Konstruktion von Schatten bei Parallelbeleuchtung“) – hierbei handelt es sich um eine eher lehrerzentrierte Unterrichtssituation, die meist im EDV-Saal 1 stattfindet. Die Lernenden erhalten ein Arbeitsblatt mit vorgefertigten Angaben, welches im Lehrer-Schülergespräch gemeinsam gelöst wird; der Lehrer zeichnet dabei am Overhead mit. Eine mit Erfolg eingesetzte Variante ist der **Lehrervortrag mit Unterstützung durch eine animierte Präsentation** (siehe 2.2.2).
- **Lehrervortrag mit CAD-Einsatz** (z.B. „Erzeugung Archimedischer Polyeder mittels Boolescher Operationen“) – eine ebenfalls lehrerzentrierte Unterrichtssituation, in der vor allem die Grundfunktionalitäten der CAD-Software anhand geometrischer Aufgabenstellungen erarbeitet werden. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten dabei auf ihren eigenen PC's, der Lehrer zeigt die Konstruktionen am Beamer vor und unterstützt die Lernenden, indem er durch die Reihen geht, die Zwischenergebnisse kontrolliert und eventuell auftretende Probleme löst. Auch beim Lehrervortrag mit CAD-Einsatz war zeitweilig ein zweiter, hospitierender Lehrer anwesend. Dieser gab den Schülerinnen und Schülern ebenfalls Hilfestellungen, was den unterrichtsführenden Lehrer etwas entlastete.
- **Arbeiten nach Anleitungen (Arbeitsblätter mit Beschreibungen)** (z.B. „Verschiedene Erzeugungsweisen von Paraboloiden“) – in dieser sehr schülerzentrierten Unterrichtssituation erhalten die Schülerinnen und Schüler eine ein- bis zweiseitige Anleitung in Tutorialform, mit deren Hilfe sie eigenständig komplexe Aufgaben am PC lösen. Die Lernenden arbeiten dabei alleine oder in Partnerarbeit und der Lehrer steht für allfällige Fragen zur Verfügung. Hier können wir sehr oft zwischen leistungsstarken und leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern differenzieren, indem wir einerseits verschieden schwierige Aufgabenstellungen und andererseits unterschiedlich aufwändige Beispiele vorbereiten, die sich die Lernenden selbstständig aussuchen können.
- **Händisches Zeichnen zum Einüben der Grundlagen** (z.B. „Konstruieren in anschaulichen Parallelrissen – Der Schnitt zweier Dreiecke“) – analog zu der oben beschriebenen Unterrichtssituation mit dem Unterschied, dass wir hier das Hauptaugenmerk auf die Vermittlung und das Einüben der grafischen Konstruktionstechniken legen. Die Schülerinnen und Schüler erhalten dazu ebenfalls vorgefertigte Arbeitsblätter, in die mit wenigen Konstruktionsschritten und –linien das Ergebnis einzuzichnen ist. Zur Unterstützung leistungsschwacher Schülerinnen und Schüler haben wir bei Bedarf reale und virtuelle Modelle (VRML) sowie animierte Powerpointpräsentationen eingesetzt.
- **Freie Übungsphasen am PC** (z.B. „Übungen zum parametrischen Konstruieren“) – der Lehrer gibt eine Auswahl von zum Stundenthema passenden Aufgaben und Beispielen vor. Die Schülerinnen und Schüler wählen die ihnen interessant erscheinenden aus und lösen diese in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit.

- **Freie Projekte** – aus einschlägigen Katalogen, aus dem Internet oder aus vorhandenen realen Objekten (Werkzeugkiste, Schachfiguren, ...) wählen die Schülerinnen und Schüler aus und konstruieren bzw. modellieren diese in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit.
- **Großprojekte** – in der 8.Klasse wird jeweils ein Großprojekt durchgeführt, an der alle Schülerinnen und Schüler einer ACG-Gruppe mitarbeiten. Im heurigen Schuljahr haben wir ein digitales Modell unserer Schule erstellt. Bei diesem Großprojekt sollen den Lernenden nicht nur geometrische Kenntnisse vermittelt werden, sondern auch das Arbeiten an einem Großprojekt und die damit zusammenhängende Logistik näher gebracht werden. Im Anhang befinden sich Bilder, die zeigen wie detailgetreu die Schülerinnen und Schüler dabei gearbeitet haben.

In einer ersten größeren „Befragungs- und Evaluierungswelle“ haben wir herauszufinden versucht, welche dieser Unterrichtssequenzen den Schülerinnen und Schülern als motivierend und welche als besonders dem Lernfortschritt dienlich erscheinen. Durchgeführt wurde diese Befragung in den achten Klassen nach der Fertigstellung des Großprojekts.

Die Auswertung der durchgeführten Umfrage ergab dabei folgendes Ergebnis, wobei die Skala von

0 – sehr fad, nicht motivierend                      bzw.                      habe ich nichts dabei gelernt

bis

10 – äußerst motivierend                      bzw.                      dabei lerne ich sehr viel

reichte:

	Motivationsfaktor	Lernfaktor
Lehrervortrag mit Overheadunterstützung	2,5	6,4
Lehrervortrag mit CAD-Einsatz	3,2	5,8
Arbeiten nach Anleitungen	3,8	7,3
Händisches Zeichnen	2,9	5,8
Freie Übungsphasen am PC	6	6,6
Freie Projekte	8,5	7,5
Großprojekte	9,3	8,2

### **Bewertung dieser Ergebnisse:**

Sowohl in der Umfrage als auch in den Schülerinterviews zeigte sich, dass speziell die eher lehrerzentrierten Unterrichtssequenzen recht lehrerabhängig beurteilt wurden, d.h. die Ergebnisse haben sich in den einzelnen Gruppen doch erheblich unter-

schieden. Die Schülerinnen und Schüler haben aber erkannt, dass die zwar nicht sehr motivierenden, lehrerzentrierten Unterrichtsteile doch sehr viel zum Verständnis beitragen. Aus den Interviews geht hervor, dass der Einsatz von animierten Powerpointpräsentationen als motivierender Ansatz und als recht gute Hilfestellung bei der Nachbereitung der Unterrichtsstunden, bei der Abfassung von Hausübungen und bei der Vorbereitung von Schularbeiten empfunden wird.

Besonders einschneidend war der Unterschied bei der Bewertung des händischen Zeichnens. Hier gab es eine Gruppe von Schülern (interessanterweise nur männliche!), die sowohl für den Lust- als auch für den Lernfaktor jeweils 0 Punkte vergaben. Diese Schüler verweigern mehr oder weniger die klassischen, händischen Konstruktionstechniken. Allerdings sind alle diese Schüler beim Bearbeiten realistischer Objekte mit dem PC äußerst motiviert und produktiv. Es hat sich weiters herausgestellt, dass das Nicht-Einüben klassischer Konstruktionstechniken keinen oder nur wenig Einfluss auf das geometrische Raumverständnis dieser Schüler hat. Dies ist wohl eine nicht unwesentliche Erkenntnis der vorliegenden Studie. Es wäre sicher interessant, dieses Phänomen in einer weiteren Studie genauer zu untersuchen. Handelt es sich hier um einen Einzelfall oder gilt generell, dass konstruktive Raumgeometrie nicht unbedingt das Verständnis für geometrische Grundkonstruktionen voraussetzt?

Interessanterweise wurden aber auch jene Unterrichtsteile, die stark schülerzentriert sind, von den beiden Gruppen relativ unterschiedlich bewertet. Dies liegt sicherlich auch – wie sich beim gegenseitigen Hospitieren gezeigt hat – an den unterschiedlichen Lehrerpersönlichkeiten, den recht verschiedenen Klassencharakteristiken und der Lehrer-Schülerinteraktion.

Als besonders interessant soll noch angeführt werden, dass die freien Übungsphasen am PC von manchen Schülerinnen und Schülern (von unserer Seite erwartungsgemäß) sowohl als recht motivierend als auch als recht lehrreich angesehen wurden, während manche wiederum diese freien Phasen als demotivierend und keineswegs lernfördernd angesehen haben. Hier hat sich - durch Unterrichtsbeobachtung und Schülerinterviews bestätigt – gezeigt, dass die eher leistungsschwächeren Schülerinnen und Schüler die freien Übungsphasen sehr schätzen, während mit steigender Leistungsfähigkeit die Lernenden diese Phasen als eher fadisierend ansehen. Fast alle Schülerinnen und Schüler, die die freien Übungsphasen am PC schlecht bewertet haben, beurteilten hingegen das Großprojekt – obwohl sehr zeitaufwändig – mit jeweils 10 Punkten (Lust- und Lernfaktor).

Am meisten Anklang fanden die freien Projekte und das Großprojekt, die für fast alle Schülerinnen und Schüler äußerst motivierend waren. Hier konnten die Lernenden auch ihr Wissen und Können individuell anwenden. Wesentliche Faktoren für die Beliebtheit dieser Unterrichtssequenzen waren die praxisnahen bzw. angewandten Aufgabenstellungen, das Arbeiten im Team und vor allem die relativ freie Zeiteinteilung.

Zum Abschluss sei noch erwähnt, dass die Schülerinnen und Schüler auf die Frage „Kannst du dir vorstellen, dass du mit dem im ACG-Unterricht vermittelten Wissen und den dort erlernten Fähigkeiten in der Praxis etwas anfangen kannst?“ fast ausschließlich mit „jedenfalls (ohne Abstriche)“ beantwortet haben. Im Zusammenhang mit der Tatsache, dass freie Projekte und das sehr realistische Großprojekt so großen Anklang fanden, ein klares Zeichen dafür, dass angewandte Inhalte auch für Schülerinnen und Schüler einer AHS sehr sinnvoll sind.

## **Resümee:**

In den kommenden Unterrichtsjahren werden wir beim Schulversuch ACG vermehrt auf freie Projekte und Großprojekte setzen und gleichzeitig die für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler notwendigen Übungsphasen differenzierter einsetzen.

### **2.2.2 Stunde mit animierter Powerpointpräsentation - Wissensvermittlung**

*„Aah, so schaut das aus!“*

Anhand zweier ausgewählter Unterrichtsstunden sollen die in 2.2.1 gewonnenen Erkenntnisse fassbar gemacht werden. Einer eher lehrerzentrierte Stunde mit Einsatz einer animierten Powerpointpräsentation wird eine schülerzentrierte Stunde mit einem freien Projekt gegenübergestellt. Es sollen vor allem die durch die Unterrichtssituation bedingte Interaktion Schüler-Lehrer und das Arbeitsverhalten der Schülerinnen und Schüler dokumentiert werden.

#### **Zusammenfassung der Unterrichtsbeobachtung:**

Die Stunde findet im EDV-Saal 1 statt. Das Thema der Stunde lautet „Konstruieren von Schnittgeraden 2er Ebenen in Parallelrissen“.

Zu Stundenbeginn fallen die üblichen administrativen Tätigkeiten wie Klassenbucheintragung und Einfordern der noch ausstehenden Hausübungen an.

Auf einem vorbereiteten Arbeitsblatt soll zunächst händisch der Anbau einer Garage gezeichnet werden. Dazu verlangt der Lehrer, die Bildschirme abzdrehen, damit die volle Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler dem händischen Konstruieren gewidmet wird. Ziel der Stunde ist es, im Lehrer-Schülergespräche eine Lösung der Aufgabe zu erarbeiten. Zur Unterstützung verwendet der Lehrer eine animierte Powerpointpräsentation. Der Lehrer ruft nun die einzelnen Schülerinnen und Schüler namentlich auf und befragt sie nach den jeweiligen Konstruktionsschritten. Kommt die Antwort von den Lernenden nicht korrekt, so versucht er sie auf die Lösung hinzuführen, indem er beispielsweise Modelle oder Gegenstände zur Veranschaulichung verwendet. Im konkreten Fall dienen das Klassenbuch und ein Ordner als geometrische Abstraktion für zwei Ebenen. Jeder Konstruktionsschritt wird zuerst im Raum von den Schülerinnen und Schülern gemeinsam mit dem Lehrer erarbeitet. Die animierte Powerpoint – Präsentation zeigt dann jeweils den für die Zeichnung notwendigen planaren Konstruktionsschritt, den die Lernenden mitzeichnen. Um zu kontrollieren, ob und wie gut die Schülerinnen und Schüler beim Zeichnen mitkommen, geht der Lehrer ständig durch die Reihen und schaut den Lernenden über die Schulter.

Nach Fertigstellung der händischen Zeichnung modellieren die Schülerinnen und Schüler selbstständig (allein oder mit gegenseitiger Unterstützung) die beiden Gebäudeteile auf dem Computer. Die leistungstärkeren Schülerinnen und Schüler sind teilweise viel schneller als der Rest fertig; nach der Lehrerkontrolle, ob alles richtig

gelöst wurde, betätigen sie sich als Tutoren für ihre leistungsschwächeren Kollegen und Kolleginnen.

In der ersten Unterrichtsphase fällt besonders auf, dass durch den Einsatz der animierten Präsentation für den Lehrer sehr viel mehr Zeit bleibt, den Schülern zu helfen und den Arbeitsfortgang zu kontrollieren als bei einer herkömmlichen Tafelzeichnung. Es erweist sich auch als außerordentlich hilfreich, dass Konstruktionen immer wiederholt werden und auch mehrere Konstruktionsschritte „zurückverfolgt“ werden können.

Ein weiterer Vorteil einer solchen Präsentation ergibt sich auch dadurch, dass es den Lernenden möglich ist, sich diese aus dem Internet herunter zu laden. So können sich die Schülerinnen und Schüler bei der Nachbereitung der Stunde oder Vorbereitung auf die Schularbeit den Konstruktionsgang so oft ansehen, bis sie ihn verstehen.

Ein großer Nachteil einer solchen Präsentation ist allerdings, dass in der Präsentation nur ein bestimmter Konstruktionsgang erklärt wird. Ergibt sich im Rahmen des Lehrer-Schülergesprächs ein anderer Konstruktionsgang, so muss der Lehrer versuchen, die Schülerinnen und Schüler auf den vorbereiteten Weg hinzuführen. Es ist also schwieriger auf individuelle Konstruktionsideen seitens der Lernenden einzugehen.

### **Resümee:**

Für manche der etwas schwächeren Schülerinnen und Schüler wird erst durch das Modellieren der Aufgabe am PC und die Möglichkeit, die konstruierten Objekte in Echtzeit zu drehen, die Raumsituation so richtig klar. Aus den Interviews mit den Lernenden und der gemeinsamen Abschlussbesprechung der Stunde geht klar hervor, dass gerade die Kombination des händischen Konstruierens mit dem Modellieren am PC einen wesentlichen Beitrag zum Erkennen der Raumsituation leistet. Die Schülerinnen und Schüler schätzen vor allem den Freiraum beim Konstruieren mit dem PC. Sie können selbstständig arbeiten und experimentieren. Falsche Konstruktionsschritte können ja mit einem Mausklick wieder rückgängig gemacht werden („learning by doing!“).

### **2.2.3 Stundenablauf mit freier Teamarbeit**

*„Um etwas erklären zu können, muss man das Beispiel viel besser verstehen und beherrschen“*

#### **Zusammenfassung der Unterrichtsbeobachtung:**

Die Stunde findet im EDV-Saal 2 statt. Das Thema der Stunde lautet „Modellieren von Flächen und Erstellen fotorealistischer Bilder“.

Zu Stundenbeginn wird die ACG-Gruppe rund um den zentralen Tisch versammelt, wo der Lehrer die Aufgabenstellung anhand der Arbeitsblätter erklärt. Bei den Arbeitsblättern handelt es sich um mehrere Farbausdrucke von Designerstücken (Vasen, Kerzenständer, Büromöbel, ..). Aufgabe der Lernenden ist es, alleine oder in

Partnerarbeit, ausgewählte Objekte zu modellieren und durch Einsatz geeigneter Lichtquellen und Materialien fotorealistische Bilder zu erzeugen. Gemeinsam wird kurz besprochen, um welche Flächentypen es sich handelt. Dann bilden sich die Gruppen und die Schülerinnen und Schüler begeben sich an ihre Computerarbeitsplätze.

In dieser Stunde arbeiten die Schülerinnen und Schüler selbstständig. Der Lehrer steht bei Problemen und Fragen zur Verfügung und hilft. Er geht während der gesamten Stunde herum und blickt den Lernenden über die Schulter. Erkennt er, dass manche Lernende etwas sehr ungeschickt machen, so setzt er sich teilweise auch zu ihnen und zeigt ihnen die geschicktere Methode.

### **Resümee:**

Bei dieser Art des Unterrichts, die allerdings schon etliches an Können und Wissen bei den Schülerinnen und Schülern voraussetzt, kann sich der Lehrer intensiv mit den Lernfortschritten der einzelnen Lernenden auseinandersetzen. Da die Schülerinnen und Schüler sehr motiviert an ihren Aufgaben (allein oder im Team) arbeiten, bleibt viel Zeit, sich mit den Konstruktionstechniken der einzelnen Schülerinnen und Schülern auseinanderzusetzen. Er kann dabei sehr gut auf die individuellen Bedürfnisse der Lernenden eingehen.

In dieser Stunde haben wir auch das Teambildungs- und das damit zusammenhängende Arbeitsverhalten untersucht:

**Die Einzelkämpfer:** Vier Schüler (nur männlich) beginnen sofort alleine zu arbeiten, während die restlichen Schülerinnen und Schüler je ein Zweierteam bilden. Die vier „Einzelkämpfer“ stellen sich nicht nur bei der Arbeit am geschicktesten an, sie bevorzugen die Einzelarbeit, weil sie – nach eigener Aussage - dadurch schneller vorankommen. Einer dieser vier „Einzelkämpfer“ ist am Beginn am schnellsten, manövriert sich dann aber bei seiner Konstruktion in eine Sackgasse. Daraufhin holt er sich bei seinen Mitschülern und beim Lehrer Hilfe. Die restlichen drei Schüler vollenden ihre Arbeit ohne Lehrerhilfe vor der Zeit und helfen danach ihren Mitschülerinnen und Mitschülern. Es fällt aber auch auf, dass alle vier „Einzelkämpfer“ auch während der Arbeit ihren Klassenkameraden bei Fragen helfen.

Warum diese Schüler lieber alleine arbeiten, geht vielleicht auch aus folgenden Schülerzitate hervor:

*„Bei diesem Beispiel schien es mir geschickter alleine zu arbeiten und nur bei Fragen oder Schwierigkeiten den Partner oder den Lehrer um Hilfe zu fragen.“*

*„Ob ich alleine zeichne oder in Partnerarbeit hängt vom Beispiel ab. Hier bei diesem konkreten Objekt, konnte ich mich alleine besser konzentrieren.“*

**Die Teams:** Bei einem der Teams versucht ein Partner vieles alleine zu machen, beratschlagt sich aber zwischendurch immer wieder mit seinen Kollegen. Alle Teams arbeiten größtenteils für sich, diskutieren aber auch einmal mit Schülerinnen und Schülern anderer Teams über ein Problem.

Eine etwas andere Art der Teamarbeit praktizieren zwei Schüler, von denen einer recht gute, der andere hingegen eher mittelmäßige Leistungen liefert. Beide arbeiten zwar sehr langsam, aber beständig und beinahe völlig synchron. Bei jedem Arbeits-

schritt helfen sie sich gegenseitig und wenn einer Schwierigkeiten hat, so hilft ihm der andere und macht solange an seiner Zeichnung nicht weiter.

*„Wir arbeiten lieber zu zweit, da man dann bei Fragen und Problemen meistens schneller eine Antwort findet, als wenn man alleine darüber grübelt.“*

Auffallend war noch, dass die Hilfestellungen der Schüler auch sehr verschieden sind. Viele beschränken sich auf eher knappe Erklärungen und manche zeigen dem Klassenkameraden ohne viel Erklärung die jeweilige Konstruktion. Eine für beide Seiten recht effektive Art der Teamarbeit praktizieren M (sehr gute Leistungen) und J (eher leistungsschwächer). M unterstützt J indem er ausführlich die Konstruktions-schritte zu erklären versucht, J aber die Möglichkeit gibt, die Konstruktionen dann selbstständig durchzuführen. Durch diese Form der Teamarbeit kann ein eventuell vorhandenes Leistungsgefälle zwischen den einzelnen Schülerinnen und Schülern recht effizient reduziert werden.

*„Ich arbeite nicht gern alleine, weil das überhaupt keinen Spaß macht, wenn man nie weiter kommt und nie ein Beispiel zusammenbringt; das ist voll deprimierend. Außerdem lern ich ja was dabei, wenn mir Matthias die einzelnen Schritte erklärt.“*

Interessant ist auch die Tatsache, dass die meisten Teambildungen so erfolgen, dass kein Platztausch notwendig ist. Dies liegt darin begründet, dass die Schülerinnen und Schüler sehr oft Aufgaben gemeinsam mit ihren Sitznachbarn lösen dürfen und daher ein großes Bedürfnis besteht, einen „passenden“ Sitznachbarn zu haben.

### **Resümee:**

Ganz deutlich zeigt sich auch, dass die Lernenden durch das gegenseitige Helfen soziale Kompetenz erlangen und durch das Erklären ein tieferes Verständnis der Materie erhalten. Der Lehrer braucht sich in das Geschehen nur mehr einmischen, falls irgendwo Probleme auftauchen. Er nimmt damit eher die Position eines Betreuers ein.

## **2.2.4 Schularbeiten am PC**

*„Ich mag die Arbeit am Computer generell und ACG hat für mich sowieso immer auch etwas Spielerisches“*

Ein weiterer wichtiger Teilaspekt unserer Studie war die Frage, wie die Schülerinnen und Schüler mit der – für sie anfangs doch eher ungewohnten – Situation umgehen, Schularbeiten (und die schriftliche Matura) am PC durchführen zu müssen. Wir wollten auch wissen, ob Schularbeiten am PC aufgrund möglicher technischer Fehler für die Lernenden mehr Stress bedeuten und ob der Einsatz des Computers zu einem erheblichen Mehraufwand an Zeit führt.

Auch zu dieser Thematik sollen die wichtigsten Ergebnisse einer Umfrage (durchgeführt mit den Schülerinnen und Schülern der siebten und achten Klassen) angeführt werden (zugrunde liegt jeweils eine fünfteilige Skala):

## **Findest du Schularbeiten am Computer anstrengender als ohne? (JEDENFALLS – ÜBERHAUPT NICHT)**

## **Ist eine Schularbeit am PC mit mehr Stress verbunden? (JEDENFALLS – ÜBERHAUPT NICHT)**

Bei beiden Fragestellungen haben wir ein eindeutiges Ergebnis erhalten: für fast alle Schülerinnen und Schüler bedeutet der Einsatz des Computers keine Verschlechterung gegenüber herkömmlichen Schularbeiten. Nahezu 90% der Lernenden sind der Meinung, dass Schularbeiten am Computer überhaupt nicht anstrengender sind als ohne und dass diese Schularbeiten absolut nicht mehr Stress bedeutet!

Nur wenige Schülerinnen und Schüler meinen ein wenig gestresster zu sein, da sie die Befürchtung hegen, zusätzlich zu den geometrischen Hürden könnten während der Schularbeit noch Probleme mit Hard- und Software kommen.

## **Wie empfindest du die Schularbeitssituation in ACG? (UNANGENEHM – SEHR ANGENEHM)**

Auch hier fielen die Antworten überraschend positiv aus. Als Mittelwert ergab sich hier der Wert 4,0 – für die Schülerinnen und Schüler ist die Schularbeitssituation recht angenehm. Betrachtet man das Ergebnis etwas differenzierter und berücksichtigt auch die Schülerinterviews, dann fällt die Zustimmung noch besser aus. Für viele Schülerinnen und Schüler ist die Schularbeitssituation sogar sehr angenehm, „weil ich ziemlich gerne mit der CAD-Software arbeite“, „weil ich mit PC's gut zu Recht komme, und das gibt mir Sicherheit“, „weil ich gerne grafische Arbeiten erledige“, „weil mir das Fach gut gefällt und mir Spaß macht“, „weil der PC die Möglichkeiten bietet, Fähigkeiten effektiver anzuwenden“.

Andere Lernenden empfinden – verständlicherweise – Schularbeitssituationen prinzipielle nicht als besonders angenehm, geben aber z.B. an: „Was ist schon angenehm an Schularbeiten? Am PC fällt mir das auf jeden Fall leichter“, „Man ist trotzdem nervös, weil man eben Schularbeit hat“.

Wenige der Lernenden hegen die Befürchtung, dass ein „Sich über die Probleme hinüber Schummeln“ nicht möglich ist oder dass der „Softwareteufel“ zuschlägt und dies zu einer zusätzlichen Verschärfung der Schularbeitssituation führen könnte. „Wenn man sich auskennt, wie man ein Objekt konstruiert, dann geht's ziemlich gut, wenn nicht ...???", „Wenn der PC abstürzt oder wenn das Programm nicht funktioniert oder wenn irgendeine Funktion nicht funktioniert?“

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler die Schularbeitssituation als nicht belastend empfunden wird. Dies liegt sicherlich einerseits in der nun schon vorhandenen Routine (die Schüler der 8.Klasse bewerten die Situation wesentlich besser als jene der 7.Klassen) und andererseits in der Tatsache begründet, dass die Schularbeitsnote nur einen kleinen Beitrag zur Gesamtnote liefert. Viele hervorragende Projektarbeiten geben den Schülerinnen und Schülern den notwendigen „Punktepuffer“, so dass sie relativ angstfrei die Schularbeiten absolvieren können. Es hat sich auch gezeigt, dass die meisten Lernenden durch das intensive Arbeiten an verschiedensten Projekten eine solide geometrische Grundausbildung und gute CAD-Kenntnisse zur Schularbeit mitbringen. Nur wenige

Schülerinnen und Schüler müssen vor der Schularbeit viel zusätzliche Zeit investieren.

## **2.3 Ausblick**

Die Studie im Rahmen des IMST-Projekts hat uns einerseits in unserer Arbeit bestärkt und andererseits auch einige Punkte aufgezeigt, wo wir in Zukunft noch mehr Schwerpunkte setzen sollen. Viele interessante Fragestellungen, die im Verlauf dieses Jahres aufgetaucht sind, bedürfen noch einer genaueren Untersuchung, die wir vielleicht im Rahmen einer fortführenden Studie in den nächsten Jahren beantworten wollen.

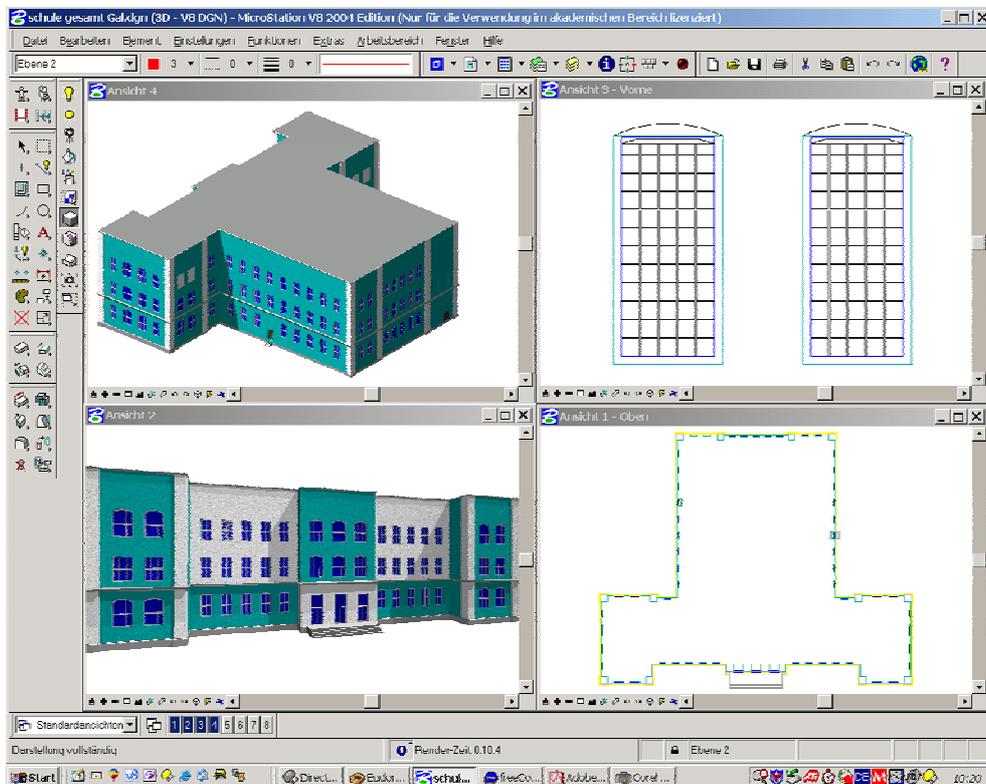
Unser Schulversuch hat auch in den Medien spürbar positive Spuren (diverse Artikel in Kurier, Gewinn; Fernsehbericht in Wien heute) hinterlassen und so sind wir hoch motiviert, weiter an der Verbesserung des Schulversuchs zu arbeiten.

# 3 ANHANG

## 3.1 Einige Schülerarbeiten



EDV-Saal 2 (Teamarbeit 8b – 2004)



Das Schulgebäude (Teamarbeit 8b – 2004)