

StD Dr. Gerhard Bitsch, Kepler-Gymnasium Tübingen

Oberschulamt Tübingen - Baden-Württemberg

1. Vorbemerkungen

- Im Schuljahr 1998/99 endete der sich über drei Jahre erstreckende Schulversuch PIMOKL (**P**ilotprojekt **M**obiles **K**lassenzimmer), der wichtige Erkenntnisse über den Einsatz von mobilen Computern mit einem Computeralgebrasystem (CAS) im Mathematikunterricht der Oberstufe lieferte.
- Im darauf folgenden Schuljahr initiierte das Oberschulamt Tübingen einen weiteren Schulversuch, der die Erfahrungen von PIMOKL nutzen und erweitern sollte. Da für diesen Versuch aus verschiedenen Gründen keine Laptops verwendet werden sollten, wurde auf die vorhandene Computerausstattung der beteiligten Schulen aufgebaut. Der Projektname MathCom erklärt sich aus diesem Ansatz (**M**athematik mit dem **C**omputer). Ziele dieses Projektes sind:
 - Gewinnung von Erfahrungen über den sinnvollen Einsatz eines CAS (speziell MAPLE) im Mathematikunterricht der Klassenstufen 11 bis 13.
 - Welche Elemente von MAPLE sind unverzichtbar, wünschenswert, unnötig?
 - Welche weiteren Aspekte der Computernutzung müssen vermittelt werden?
 - Wo ist der Rechnereinsatz förderlich für das Verständnis von Begriffen, Zusammenhängen, Problemlösen?
 - Wie viel Routinearbeit sollte der Computer dem Schüler abnehmen bzw. was sollte der Schüler noch „händisch“ berechnen können?
 - Welche Unterrichtsmethoden sind für diese Art von Mathematikunterricht besonders geeignet?
 - Entwicklung eines „CAS“-Lehrplans
 - Erarbeitung einer neuen Struktur des Abiturs (Grundlagenteil ohne MAPLE und weiterführenden Teil mit MAPLE) einschließlich Ausarbeitung geeigneter Prüfungsaufgaben.
 - Dadurch dass die Firma CASIO für alle Projektbeteiligten einen sog. Handheld-PC (Cassiopeia A 22-T) zur Verfügung stellt, kam dazu, die genannten Ziele unter dem Zusatzaspekt „Vergleich zwischen Cassiopeia und PC“ zu sehen.

Das auf drei Jahre angelegte Projekt MathCom startete mit 6 Klassen der Klassenstufe 11 an vier verschiedenen Gymnasien des Oberschulamtes Tübingen. Von den ursprünglich 130 Schülerinnen und Schülern, die in der Klassenstufe 11 an dem Projekt teilnahmen, haben sich 95 (d.h. 73%) entschlossen, bis zum Abitur in dieser Form von Mathematikunterricht weiter

zu machen. Zwei „Quereinsteiger“ aus einer Klasse 11, die nicht an MathCom beteiligt waren kamen dazu, so dass im Schuljahr 2000 / 2001 insgesamt 97 Schülerinnen und Schüler in vier Leistungskursen und drei Grundkursen an dem Projekt teilnahmen.

Begleitet wird das Projekt vom Oberschulamt Tübingen (Mathematikreferent RSD Selinka) sowie vom Staatlichen Seminar für Schulpädagogik Tübingen (Fachleiter für Mathematik Prof. Stark und Fachleiter für Pädagogik / pädagogische Psychologie SD Dürr).

2. Organisatorische Rahmenbedingungen

Keine der Klassen wurde speziell für das Projekt MathCom zusammengesetzt; d.h. es handelt sich um „normale“ Klassen, die bezüglich Vorwissen, Leistungsfähigkeit und Interessen ein breites Spektrum aufweisen. Die Schülerinnen und Schüler konnten am Ende des Schuljahres wählen, ob sie in der Klassenstufe 12/13 weiterhin am Projekt MathCom teilnehmen oder in einen „konventionellen“ Grund- oder Leistungskurs wechseln wollten.

Alle beteiligten Lehrer verfügen über mindestens gute Kenntnisse im Umgang mit dem Computer und insbesondere mit MAPLE. Die Unterrichtserfahrungen mit MAPLE sind jedoch recht unterschiedlich. Herr Dr. Komma war bereits als Lehrer am Projekt PIMOKL drei Jahre lang sehr aktiv beteiligt, Herr Dr. Bitsch sammelte zwei Jahre Erfahrungen als Projektbegleiter und führte einige CAS-Grundkurse durch. Die anderen Lehrer setzten bisher MAPLE punktuell im Mathematik- bzw. Physikunterricht ein oder führten eine MAPLE-Arbeitsgemeinschaft durch.

Für jeden der beteiligten Kurse steht ein Computerraum mit mindestens einem Computer für zwei Schüler zur Verfügung. Jeder Lehrer hat einen „Lehrerrechner“ mit einer Projektionsmöglichkeit.

Für zu Hause verfügt jeder Schüler über einen eigenen Computer oder erhielt einen von der Schule gestellt.

Jeder Schüler und jeder Lehrer besitzt einen Cassiopeia-Handheld-PC, die Lehrer eine Projektionsmöglichkeit für dieses Gerät, so dass ein computerunterstützter Unterricht auch im Klassenzimmer möglich ist.

3. Unterrichtsinhalte

3.1 Computerbezogene Inhalte in Klasse 11

- Grundkenntnisse im Umgang mit dem Computer; insbes. WINDOWS-Oberfläche, Arbeiten mit Dateien, Drucken, usw.
- Umgang mit dem Schulnetz und dem Internet
- Grundlegende MAPLE-Syntax: Wertzuweisungen, numerische und symbolische Berechnungen, Funktionen, Plot-Befehle
- Worksheet-Konzept: strukturieren, Layout herstellen, präsentieren

3.2 Mathematikbezogene Inhalte in Klasse 11

Der behandelte Stoff entsprach zum größten Teil dem Lehrplan Klasse 11. Lediglich das Themengebiet „Binomialverteilung“ wurde vollständig ausgelassen. Die für dieses Thema vorgesehene Zeit wurde zum Erlernen von MAPLE-Befehlen genutzt.

Teilweise wurden auch Inhalte angesprochen, die über den Stoff der Klasse 11 hinausgingen:

Stärkere Betonung von Funktionenscharen (Animationsmöglichkeiten) und Bestimmung von Funktionen; ansatzweise Differenzialgleichungen, Integration (insbes. im Zusammenhang mit dem Physikunterricht), Polarkoordinaten, Funktionen mit zwei Variablen, komplexe Zahlen.

3.3 Computerbezogene Inhalte in Klasse 12 und 13

Die in Klasse 11 erworbenen Kenntnisse im Umgang mit MAPLE auf dem PC reichten für die meisten Unterrichtsstunden in der Klassenstufe 12 aus. Weiterhin gepflegt wurde das Worksheet-Konzept mit den vielseitigen Möglichkeiten, ein Problem mathematisch aufzubereiten, zu strukturieren, Texte zu schreiben und zu präsentieren. Neu hinzugekommene Inhalte sind:

- Umgang mit dem Cassiopeia (insbesondere die Verbindung mit dem PC und die Verbindungen über die Infrarotschnittstelle)
- Einbindung des Officepaketes (Word als Editor für MAPLE-Dateien; Excel als Datenbank für Befehle, die nicht im Kontextmenü enthalten sind).
- Umgang mit Packages (geom3d und linalg)
- Schreiben eigener Prozeduren
- Übernahme fremder Prozeduren und ihre Anpassung an eigene Bedürfnisse
- Programmieren in MAPLE
- Sammlungen anlegen (verlinkte Worksheets, sinnvolles Arbeiten mit Dateien)

3.4 Mathematikbezogene Inhalte in Klasse 12 und 13

Da nun alle Schüler das Abitur mit MAPLE machen, gab es keine Vorgaben wie im letzten Schuljahr, z. B. so zu unterrichten, dass ein Ausstieg aus dem Projekt und ein problemloser Einstieg in einen herkömmlichen Kurs möglich ist.

Geklärt wurden die Rahmenbedingungen für das schriftliche Abitur. Wie beim landesweiten Abitur ab dem Jahr 2004 gibt es in diesem Schulversuch einen Pflichtteil und einen Wahlteil. Im Pflichtteil gibt es "zentralgestellte" Aufgaben, die ohne jegliches Hilfsmittel (Formelsammlung, herkömmlicher Taschenrechner) zu bearbeiten sind. Im Wahlteil sind schuleigene Aufgaben mit MAPLE zu bearbeiten.

Innerhalb des Projektes musste also eine Abstimmung der Unterrichtsinhalte erfolgen.

Aufgrund der vorgegebenen Rahmenbedingungen entsprach der behandelte Stoff zum größten Teil dem Lehrplan Klasse 12/13.

Um das Verständnis bei Begriffsbildungen und Problemlösungen zu erleichtern, wurden 3D-Plots und Animationen in vielfältiger Weise eingesetzt.

Besonderer Wert gelegt wurde auf das Erstellen von Worksheets, mit denen man dann z. B. eine ganze Klasse von Funktionen bearbeiten kann.

Anwendungsaufgaben in Analysis und linearer Algebra wurden verstärkt akzentuiert.

Besonders in den Leistungskursen wurden Themen angesprochen, die über den Stoff der Klasse 12 hinausgehen:

- Parameterdarstellung von Kurven
- Kurvenfits
- Interpolationspolynome und Spline
- Integrale zur Flächen- und Längenberechnung
- Isoklinen und Richtungsfelder im Zusammenhang mit Differenzialgleichungen.

Weitere Spezialthemen wurden im Rahmen von Referaten angesprochen.

4. Unterrichtsmethodik

Das Verhältnis der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit mit und ohne MAPLE lag bei etwa 2 : 1 bis 3 : 1. Die Unterrichtsformen innerhalb der einzelnen Stunden wurden den jeweiligen Erfordernissen angepasst:

- Neue mathematische Inhalte wurden in der Regel fragend-entwickelnd eingeführt, wobei aber die Möglichkeit der Visualisierung mit MAPLE soweit wie möglich genutzt wurde.
- Nach Abschluss eines Themas oder auch vor Klassenarbeiten wurde zusammenfassend in der traditionellen Methode unterrichtet.
- Einfachere Themen wurden an Hand von Worksheets, Arbeitsaufträgen und dem eingeführten Lehrbuch von den Schülern selbständig erarbeitet.
- In den Übungsphasen übernahmen Schüler oft die Rolle des Lehrers.

MAPLE-Befehle wurden weniger „auf Vorrat“ als im mathematischen Kontext eingeführt. Dabei wurde abgestuft gearbeitet:

- Abarbeiten vorbereiteter Worksheets,
- Verändern und Ergänzen vorbereiteter Worksheets (Antworten einfügen; weitere Beispiele einarbeiten),
- Selbständiges Erstellen eigener Worksheets zu vorgegebenen Themen oder bei der Lösung von Übungsaufgaben. Dabei wurde großer Wert auf eine ansprechende Gestaltung eigener Worksheets gelegt. Um die Schüler hierzu zu befähigen, wurden Worksheets zu Beginn des Lernprozesses gemeinsam mit Unterstützung eines Beamers erarbeitet.

Durch den Einsatz des Cassiopeia muss zwischen Worksheets und schriftlichen Ausarbeitungen unterschieden werden, denn das Bearbeiten eines Problems am PC unterscheidet sich grundlegend von der Vorgehensweise am Handheld-Computer. Beim PC wird das Problem komplett am Rechner bearbeitet, inklusive aller Kommentare und Bemerkungen, und

dann ausgedruckt. Bei der Arbeit mit dem Handheld müssen die Bearbeitungsschritte mit Papier und Bleistift dokumentiert werden. Hier war festzustellen, dass es zwei unterschiedliche Schülertypen gibt. Die einen arbeiten lieber komplett am Rechner, die anderen favorisieren das handschriftliche Arbeiten.

In Klasse 12 und 13 wurden die Unterrichtsmethoden öfter variiert. So wurden neue Inhalte mithilfe von Arbeitsanweisungen von den Schüler selbstständig erarbeitet (Planarbeit) und per Kurzreferat vorgestellt. Weiterhin wurden die Schüler verstärkt dazu angehalten, sich den Stoff in Gruppen zu erarbeiten, wodurch im Laufe der Zeit die Schüler-Schüler-Kommunikation zu einem festen Bestandteil des Unterrichtes wurde.

5. Leistungsmessung

In Klasse 11 wurden 5 Klausuren und eine Hausarbeit (in Form eines Worksheets) geschrieben. In Klasse 12/13 wurde in der Regel eine der drei pro Halbjahr vorgesehenen Klausuren durch eine Hausarbeit ersetzt. Teilweise wurden die Hausarbeiten auch im Klassenverband mündlich vorgetragen.

Das Abitur gliedert sich in zwei Aufgabengruppen. Ein Aufgabenteil ist ohne jedes Hilfsmittel zu bearbeiten, die Aufgaben dieses Teils werden zentral gestellt. Der Teil wird als ein Drittel der schriftlichen Prüfung gewichtet. Der zweite Teil der Prüfung enthält lokale Aufgaben, die aus mehreren Vorschlägen des Fachlehrers vom Oberschulamt ausgewählt werden. Für die Aufgaben steht das Cassiopeia zur Verfügung. Die Ausarbeitung erfolgt handschriftlich.

6. Vorläufige Beobachtungen und Erkenntnisse

- Sehr geschätzt wurde von den Schülern, dass MAPLE das Handwerkliche in der Mathematik vereinfacht. Sie mussten aber erkennen, dass ein Problem zunächst mathematisiert und dann MAPLE übergeben werden muss. Um auch schwächeren Schülern diesen Einstieg in die Modellierungsphase zu erleichtern, sollte weiter nach guten Beispielen hierfür gesucht werden.
- Das Erlernen von MAPLE kostete einige Wochen und wurde von vielen Schülern als Zusatzbelastung empfunden. Trotz dieser Mehrbelastung war aber die Motivation deutlich höher.
- Die Möglichkeit bei MAPLE, Befehle anhand der abrufbaren Beispiele selbstständig zu erlernen, wurde vielfach genutzt. Die hierdurch auftretenden Unterschiede bei den Schülern im Umgang mit dem System konnten dann aber unterrichtlich sinnvoll genutzt werden (Schüler als Lehrer).
- Dadurch, dass häufig die Bearbeitung von Themen wöchentlich angelegt waren, wurde die Selbständigkeit, Eigenverantwortung und Teamfähigkeit gestärkt.
- Bei der Erarbeitung wesentlicher Begriffe und Zusammenhänge konnte durch die Möglichkeit der Visualisierung und Animation bei den Schülern ein tieferes Verständnis geweckt werden.
- Schwierig ist es, bei den Arbeitsformen eine gesunde Mischung aus freieren und zielgerichteten Formen zu finden. Schwächere Schüler waren manchmal mit freieren Arbeitsformen etwas überfordert und haben nicht in hinreichendem Maße eigenverantwortlich gearbeitet. Stärkere Schüler haben ihren Leistungsstand bei dieser Arbeitsform eher verbessert.

- Mit dem Package geom3d ist ein völlig neuer Geometrieunterricht möglich, da mit den Objekten direkt gearbeitet wird. Es muss aber darauf geachtet werden, dass die Schüler den Sachverhalt theoretisch durchdacht haben, um auch eine Lösung zu finden, wenn MAPLE aus irgendwelchen Gründen nicht zum Ziel führt.
- Der Cassiopeia hat sich alles in allem bewährt. Sieht man von den bekannten Schwächen im Vergleich zum PC ab (Display, Tastatur, keine Worksheets), so kommt dieses Gerät einem Laptop sehr nahe und bringt den großen Vorteil der Mobilität. Ein weiterer Vorteil ist der Einsatz des Rechners in Klausuren: Es wird kein Computerraum (mit 20 Arbeitsplätzen) benötigt; die Klausuren werden handschriftlich gefertigt und können vom Lehrer "auf Papier" korrigiert werden.

Anhang:

Materialien (Klassenarbeiten, Referate, Anleitungen und Kommentare) sind bei folgenden Adressen zu finden:

CAS-Server: <http://notes.ikg.rt.bw.schule.de> (mit Volltextsuche)

Projektseiten (z. Teil von Schülern eingerichtet und betreut):

<http://www.ikg.rt.bw.schule.de/mathcom.htm>

Schulseiten: <http://www.ikg.rt.bw.schule.de>

<http://www.kp.tue.bw.schule.de>

<http://www.qg.tue.bw.schule.de>

<http://www.gymbal.bl.schule-bw.de>