



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

**S6 „Anwendungsorientierung und Berufsbildung“**

---

**ANGEWANDTE MATHEMATIK  
UND FACHTHEORIE  
MITHILFE ADAPTIERTER BASIS-SOFTWARE**

**ID 683**

**Prof.Dr.techn. Walther Neuper  
DI Christian Dürnsteiner**

**HTL Graz - Ortweinschule  
TU Graz, Institut für Softwaretechnologie**

Graz, im Juli 2007

# INHALTSVERZEICHNIS

MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung.....	1
<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2 AUFGABENSTELLUNGEN .....</b>	<b>6</b>
2.1 Aufgaben-zentriertes Content-Design.....	6
2.2 Praxisorientierte Adaption der Software.....	6
2.3 Methodische Variabilität im Software-Einsatz.....	7
<b>3 UMSETZUNG UND DURCHFÜHRUNG.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Einschneidende Schwierigkeiten .....</b>	<b>8</b>
3.1.1 Organisatorische Schwierigkeiten.....	8
3.1.2 Technische Schwierigkeiten.....	8
3.1.3 Verschiebungen in der Unterrichtsplanung .....	9
<b>3.2 Authoring des E-Learning Contents.....</b>	<b>9</b>
3.2.1 Authoring zu 'Biegelinien' .....	9
3.2.2 Content 'Techniker-Notation beim Differenzieren' .....	10
<b>3.3 Adaption der Basis-Software an der TU.....</b>	<b>10</b>
3.3.1 Implementation des E-Learning Contents .....	10
3.3.2 Adaption von Netzwerk- und Dialog-Komponente .....	11
<b>3.4 Einsatz der Software und Evaluation .....</b>	<b>11</b>
<b>4 ERGEBNISSE .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Ein methodisch vielseitiges E-Learning Medium.....</b>	<b>13</b>
4.1.1 Zum Thema 'Biegelinien'.....	13
4.1.2 Zum Thema 'Techniker-Notation beim Differenzieren' .....	14
<b>4.2 Experimenteller Content zu 'Biegelinien' .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3 Usability der Basis-Systems .....</b>	<b>15</b>
<b>4.4 Offene Fragen.....</b>	<b>15</b>
4.4.1 Offene Fragen zum Tutoring .....	16
4.4.2 Offene Fragen zum Content-Design .....	16
<b>5 INTERPRETATION UND AUSBLICK .....</b>	<b>17</b>

<b>5.1</b>	<b>Weiteres Authoring zu 'Biegelinien'</b> .....	<b>17</b>
<b>5.2</b>	<b>Entwicklung des Basis-Systems</b> .....	<b>17</b>
<b>5.3</b>	<b>Einsatz und von Verbreitung ISAC</b> .....	<b>18</b>
<b>5.4</b>	<b>Danksagung</b> .....	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>20</b>

# ABSTRACT

*Das Projekt 'Angewandte Mathematik und Fachtheorie' verfolgte in Fortsetzung eines gleich betitelten Vorgängerprojektes Ziele der Anwendungsorientierung und Berufsbildung in der Baustatik.*

*Die Ziele wurden mittels neuer Möglichkeiten zum E-Learning verfolgt, die eine an der TU Graz in Entwicklung befindliche Software namens ISAC verspricht. Im Verlaufe des Projektes detaillierten sich die neuen Möglichkeiten in zwei Richtungen.*

*(1) In neue Möglichkeiten der Strukturierung von E-Learning-Content:*

*Das Authoring von E-Learning-Content zum Thema Biegelinien führte zu unerwartet grundlegenden Fragen der Strukturierung des Contents für ein System wie ISAC: Von Schritten einer Berechnung (z.B. von Biegelinien) kann der Benutzer kontextbezogen auf das in diesem Schritt benötigte formale Mathematikwissen zugreifen. Erklärungen zu diesem Wissen sehen sich einer neuen Herausforderung gegenüber der Content erhält eine neue 'Aufgaben-zentrierte' Struktur, die von Fragen aus dem Kontext eines Schrittes einer bestimmten Berechnung ausgeht.*

*Zur Bewältigung dieser neuen Herausforderung wurden Kontakte mit Baustatikern an der TU Graz hergestellt; die kooperative Arbeit soll in einem Folgeprojekt aufgenommen werden. Der E-Learning-Beauftragte der TU plant in diesem Zusammenhang, die Software samt Content zu Biegelinien für einschlägige Übungen im Eingangssemester der TU einzusetzen.*

*(2) In neue Möglichkeiten Computer-gestützten schrittweisen Rechnens:*

*Das ISAC-System unterstützt schrittweises Rechnen (ähnlich traditioneller Papier- und Bleistift-Arbeit) mit Computer-Feedback. Diese neuartige Möglichkeit wurde von den Schüler positiv aufgenommen, in explorativen E-Learning-Einheiten zum Differenzieren in Techniker-Notation wie beim Üben und Festigen dieser Fertigkeiten.*

*Die Erfahrungen ermutigen zur gezielten Erweiterung des Mathematikwissens (durch Computermathematiker) parallel zu pädagogischem Design und zur Implementation von zugehörigen Erklärungen (durch Experten der Unterrichtswissenschaften und Lehrer) für breiten Einsatz in Unterricht und Lehre von Haupt- bis zu Fachhochschulen.*

Schulstufe: 11, 12

Fächer: Angewandte Mathematik

Kontaktperson: Walther Neuper

Kontaktadresse: [neuper@ist.tugraz.at](mailto:neuper@ist.tugraz.at)

HTL Graz – Ortweinschule

A-8010 Graz, Körösisstraße 157

# 1 EINLEITUNG

Das Vorgänger-Projekt gleichen Titels im Schuljahr 2005/06 hat eine repräsentative Übersicht über Themen und Herausforderungen im fachübergreifenden Unterricht zwischen Angewandter Mathematik und den Statikfächern an den Bauabteilungen der HTBLVA Graz – Ortweinschule geschaffen.

Daraus wurden für das vorliegende Projekt zwei Themen ((1) 'Biegelinien' und (2) 'Techniker-Notation in der Differential-Integral-Rechnung') herausgegriffen und mit Schülern praktisch erprobt.

Die in diesem Jahr erfolgte Installation der Forschungs-Bildungs Kooperation ProVision war für dieses Projekt höchst hilfreich: Sie hat der schon im Vorgängerprojekt tragenden Kooperation mit dem Institut für Softwaretechnologie der TU Graz einen organisatorischen Rahmen verschafft und die Unterstützung des Institutes darin gesichert, ISAC, die neue Technologie der 'transparenten single-stepping Systeme', an unterrichts-praktische Anforderungen anzupassen.

Gleich hier in der Einleitung möchten wir auch auf eine *Besonderheit der Ergebnisse* aus unserem Unterrichtsversuch hinweisen:

Das verwendete E-Learning-System (das adaptierte Basis-System ISAC) weist im gegenwärtigen Prototyp-Stadium in technischen Details (zum Beispiel in der Darstellung von Formeln) noch nicht einsatzreife auf. Dennoch fordert das System bereits durch neuartige Möglichkeiten heraus.

Diese neuartigen Möglichkeiten konnten im Jahreslauf des Projektes sowie im Unterrichtsversuches erst teilweise identifiziert, nur in ihren Grundlagen geklärt und nicht so strukturiert umgesetzt werden, wie wir uns das *nach* Ablauf des Projektes vorstellen können. Das schlägt sich im Kapitel 4, Ergebnisse nieder: Dort finden sich weniger Ergebnisse, denn umfangreiche Listen von Fragen, insbesondere an die Didaktik der Mathematik und der Naturwissenschaften (inklusive Technik).

Kurz gesagt: Das vorliegende Projekt zeigt weniger, dass 'Unterricht besser geworden' ist, sondern vielmehr, dass sich Möglichkeiten erweitert haben: Möglichkeiten für die Gestaltung von Lerngelegenheiten in Hauptschulen bis in Fachhochschulen und für die Zusammenarbeit von verschiedenen Institutionen des österreichischen Bildungswesens.

## 2 AUFGABENSTELLUNGEN

Der genannte Prototyp kann (1) 'Probleme (der angew. Mathematik) lösen' und (2) 'erklären warum' ein Schritt richtig und zielführend ist: (1) ist die Folge des Wissens, das Autoren ins System eingegeben haben, und (2) folgt aus der 'Transparenz' des Systems, das den Benutzer auf das jeweils verwendete Wissen durchgreifen lässt.

Von der Konzeption her eröffnet sich also die Möglichkeit von 'dialogues between partners on an equal base' – mit einer Fülle neuartiger Lerngelegenheiten, die zu identifizieren, zu klären, zu strukturieren, hinsichtlich ihrer organisatorischen Aspekte zu bedenken und zu evaluieren sind. Im Rahmen dieses Projektes werden folgende Ziele verfolgt:

### 2.1 Aufgaben-zentriertes Content-Design

Die neuen Möglichkeiten im isac-System, E-Learning-Content zu strukturieren, nennen wir ‚Aufgaben-zentrierte‘ Content-Struktur: Einstieg des Lernenden erfolgt über die Lösung einer konkreten Aufgabenstellung, z.B. die Berechnung einer Biegelinie. Das System unterstützt die Lernende/den dadurch, dass es immer den nächsten Schritt weiß, und dass er/sie das für diesen Schritt benötigte Wissen abfragen kann.

Als Zielgruppe für den Content legten wir AHS-Schüler ohne technische Vorbildung fest.

Der Content aus dem Vorgängerprojekt war der Ausgangspunkt; diesen wollten wir so detaillieren, dass beliebige Schüler der Sekundarstufe II mit den Grundkenntnissen in Differential-Integral-Rechnung den Inhalt ohne Zusatzinformation bewältigen können. Das bedeutete, nicht nur das Mathematik-Wissen beim jeweiligen Schritt in erschöpfender Weise anzubieten, sondern auch das für die technische Modellbildung notwendige Wissen. Mit 'erschöpfend' meinen wir, dass das Wissen für einen interessierten AHS-Schüler ohne technische Vorbildung hinreichen sollte, auch die Berechnung von Biegelinien in jedem Schritt und im Hinblick auf die zugrunde liegenden Konzepte der Baustatik zu verstehen.

### 2.2 Praxisorientierte Adaption der Software

Zielvorgabe für das Institut für Softwaretechnologie der TU Graz war, die Software hinsichtlich Inhalt und Technik an die Anforderungen des praktischen Unterrichtseinsatzes anzupassen.

Die Adaption des Inhalts sollte nach den Vorgaben aus der HTL erfolgen.

In technischer Hinsicht wurden zwei Ziele gesetzt:

(1) Herstellen der Netzwerkverbindung zwischen der HTL und der TU für die Datenübertragung zwischen dem Front-end für die Schüler und dem Mathematik-Server an der TU.

(2) Eine Requirementserhebung für den Dialogmodul zum Erheben der technischen Voraussetzungen, um die Dialogführung an den Lernfortschritt des jeweiligen Schülers anpassen zu können, und um die Dialogführung nach Vorgaben des Lehrers zu steuern.

## **2.3 Methodische Variabilität im Software-Einsatz**

E-Learning ist prädestiniert dafür, Lernen zu individualisieren: der Schüler kann sein Tempo selbst bestimmen, die Schwierigkeit der gewählten Aufgaben und auch die Tiefe des Eindringens in Details. Dies sind gute Voraussetzungen für flexibles Unterrichten. Ausserdem wird der Lehrer für individuelle Beratung der Schüler frei gemacht.

Von diesen Voraussetzungen ausgehend gaben wir als Ziel vor, möglichst verschiedene methodische Varianten von E-Learning Einheiten zu erstellen und zu erproben.

Zumindest die Varianten 'exploratives Lernen' versus 'Üben und Festigen' sollten klar voneinander getrennt konzeptioniert, durchgeführt und evaluiert werden.

## **3 UMSETZUNG UND DURCHFÜHRUNG**

Das Projekt heuer erfuhr, ganz im Gegensatz zum Vorgängerprojekt, einschneidende Schwierigkeiten.

### **3.1 Einschneidende Schwierigkeiten**

Das Projekt musste Schwierigkeiten überwinden, um die gesetzten Ziele zu erreichen.

#### **3.1.1 Organisatorische Schwierigkeiten**

Aus Gründen, die hier nicht näher genannt werden müssen, weil sie nichts mit dem vorliegenden Projekt zu tun haben (sondern mit einem Wechsel in der Direktion, der sich in der Lokalpresse verfolgen ließ), konnte das Projekt an der HTL Ortweinschule erst im Jänner 2007 starten.

Die Vorarbeiten an der TU im Rahmen von ProVision waren nach Genehmigung des Projektantrages im August 2006 planmäßig begonnen worden. Als zu Beginn des Unterrichtsjahres die erforderliche Unterschrift der Direktion unter den IMST Projektvertrag nicht zu erreichen war, wurden die Arbeiten am Institut für Softwaretechnologie angehalten.

Als der neue Direktor den IMST Projektvertrag im Jänner unterzeichnete, startete das Projekt an der HTL unverzüglich und die Arbeit an der TU wurde wieder aufgenommen.

#### **3.1.2 Technische Schwierigkeiten**

Die Projektplanung sah vor, dass die Arbeit der Techniker vor allem der Adaption des Basissystems für die Unterrichtspraxis dienen sollte. Es traten jedoch technische Probleme derart auf, dass für die Arbeit an der Technik mehr als geplant aufgewendet werden musste, um die Gesamtziele des Projektes zu erreichen.

Die Systemarchitektur des zu verwendenden Softwaresystems ISAC sieht vor, dass sich die Benutzer von ihrem Arbeitsplatz (an der HTL) über das Internet an einen zentralen, starken Server mit der Mathematikmaschine (an der TU) verbinden. Gleich nach Wiederaufnahme der Arbeit funktionierte die Netzwerkverbindung wie erwartet innerhalb des TU-Netzes.

Beim Aufbau der Verbindung von der HTL zur TU Ende Jänner 2007 traten Schwierigkeiten auf, deren Gründe zuerst am Firewall an der HTL (der in den Sommerferien 2007 neu aufgesetzt werden muss) zu liegen schienen.

Nach einer guten Woche Arbeit war klar, dass das Problem an der Inkompatibilität der verwendeten Netzwerktechnologie, Java RMI, mit den Firewalls lag. Die Suche in der verfügbaren technischen Dokumentation erbrachte jedoch keine Lösungen für das Problem: Das Problem ist eine wohldurchdachte Designentscheidung für ISACs



Architektur, die sowohl Mathematik-Server als auch Front-end einen Observer (also Server)-Status zuweist.

Es folgte eine intensive Phase des Redesigns und der Umcodierung der Netzwerkkomponente von ISAC. Diese zog sich völlig unvorhersehbar bis Ende April.

### **3.1.3 Verschiebungen in der Unterrichtsplanung**

Die im Jänner 2007 erarbeitete Unterrichtsplanung sah vor, dass am Unterrichtsversuch von der 15. Woche bis zur 19. Woche (Ostern bis Anfang Mai) sechs Klassen teilnehmen, eine davon als Kontrollgruppe ohne Software-Einsatz. Vorgesehen waren die 11. und 12. Schulstufe (und, aufgrund der Erfahrungen aus dem Vorläufer-Projekt, keine Maturaklassen auf der 13. Schulstufe). Der Softwareeinsatz sollte in E-Learning-Sequenzen über mehrere Wochen hin erfolgen (Anhang A: ursprünglicher Planung für E-Learning-Sequenzen im Detail)

Jede Klasse sollte eine Einführungsstunde in das ISAC-System erhalten, einen Vor-test zum jeweiligen Inhalt (Differenzieren und/oder Biegelinie) und einen Nachtest samt Fragebogen zum Gesamteindruck vom Unterricht und vom verwendeten System. Die Interaktion ausgewählter Schüler mit ISAC sollte mittels Usabilitytesting-Tools der TU Graz aufgezeichnet werden (Video und Voice).

Aufgrund der technischen Schwierigkeiten wurde die Zeitplanung mehrmals verschoben bis Ende April versucht wurde, die E-Learning-Sequenz an der TU durchzuführen. Im Verlaufe des Mai erwiesen sich die organisatorischen und technischen Schwierigkeiten auch dort als unüberwindlich heraus.

Der Juni kam mit den bekannten organisatorischen Einschränkungen aus der Prüfungszeit, und zusammen mit der Direktion unserer Schule wurde letztendlich beschlossen, die E-Learning-Einheiten im Rahmen der klassenübergreifenden Aktivitäten nach der Notenkonferenz durchzuführen.

## **3.2 Authoring des E-Learning Contents**

Der Entwurf des Inhaltes und der Struktur der E-Learning Medien oblag Lehrern der HTBLVA Ortweinschule.

### **3.2.1 Authoring zu 'Biegelinien'**

Die Einsicht, dass die Sachstruktur dieses Themas nicht einfach sei, wuchs schrittweise während der Arbeit daran. Die Arbeit wurde von zwei Mitgliedern des Projektteams, Ch. Dürnsteiner als Statiker und W. Neuper als Mathematiker während des zweiten Semesters getragen.

Die entscheidende Erkenntnis lässt sich an einem Punkt festmachen: der Forderung des Mathematikers, der Statiker möge eine Erklärung für den Schritt von der Querkraftlinie zur Biegemomentenlinie ( $M_b'(x) = V(x)$ ) verfassen. Die Erklärung war und blieb länger als sinnvoll unter der Vorgabe, dass sie keine Vorkenntnis von grundlegenden Konzepten der Baustatik voraussetzen dürfe.

Nach längerer Arbeit war klar, welche Konsequenz zu ziehen sei: die Erklärung für  $M_b'(x) = V(x)$  muss die Spitze einer Pyramide sein, die nach unten zur Basis hin die zugrundeliegenden Konzepte Querkraft, Moment in schrittweise einfacheren Zusammenhängen (beginnend etwa mit einer Schaukel) auffächert. Und um die spezifischen Möglichkeiten von ISAC auszunutzen, müssten die Erklärungen mit praktischen Rechenbeispielen verbunden sein.

Letztendlich fiel die Entscheidung, nur einige Grundbausteine für den Content auszuarbeiten und einen größeren Teil der Aufmerksamkeit dem Festhalten offener Fragen zu schenken.

Diese Entscheidung ging parallel mit einer erfreulichen Entwicklung aus der Zusammenarbeit mit der TU: Der E-Learning-Beauftragte, DI Dr. Martin Ebner, zeigte Interesse, ISAC mit dem Biegelinien-Content in Übungen der Eingangsemester an der TU einzusetzen. Das eröffnet die Aussicht, das Authoring des Contents unter Mitarbeit von Angehörigen der einschlägigen Institute der TU im kommenden Jahr auf eine breitere Basis zu stellen.

### **3.2.2 Content 'Techniker-Notation beim Differenzieren'**

Der Inhalt der E-Learning-Einheiten zu diesem Thema betrifft die bekannten Ableitungsregeln – ein international interessantes Thema, für das in ISAC schon Content bereit stand. Da aus dem Bereich 'Biegelinien' Kapazitäten frei wurden, konnten sie für die Ergänzung des vorhandenen Content verwendet werden.

Beispiele wurden aus einem HTL-Lehrbuch mit ausgewählt, eine Copyright-Genehmigung des betreffenden Verlages eingeholt, und der Einbau in den englischsprachigen Content vorbereitet.

## **3.3 Adaption der Basis-Software an der TU**

Die Adaption erfolgte in zweierlei Hinsicht: Der Content wurde nach den didaktisch-methodischen Vorgaben aus der HTL implementiert, und das Basis-System war weiter in Richtung Praxiseinsatz zu entwickeln.

### **3.3.1 Implementation des E-Learning Contents**

Um das ISAC Tutoring-System für die Schüler einsatzbereit zu machen, waren die Beispiele, die vorauszusetzenden Theoreme, die Spezifikation der Probleme und die Methoden zur Lösung der Probleme zu implementieren; dies geschah durch den Projektleiter, da einerseits die verfügbaren Autorentools einem Lehrer nicht zugemutet werden können, und andererseits Studenten der TU erst methodisch einzuschulen wären.

Theoreme, Probleme und Methoden für das Differenzieren waren einfach zu erstellen; die Methoden konnten auf die bereits verfügbare Termvereinfachung zurückgreifen.

Für die Biegelinien standen Theoreme, Probleme und Methoden bereits aus dem Vorjahr zur Verfügung. Die im Vorjahr implementierte Methode zur Berechnung der Biegelinie hatte sich nicht bewährt, da sie zu lange und unstrukturierte Rechnungen erzeugte; eine neue Methode wiederum hatte Schwierigkeiten mit der Lösung von Gleichungssystemen (hier ist auf eine generelle Methode durch einen Computermathematiker zu warten).

### 3.3.2 Adaption von Netzwerk- und Dialog-Komponente

Wie oben in 4.1. beschrieben, zog die Adaption der Netzwerk-Komponente auf Grund der Probleme mit den Firewalls den Großteil des Aufwandes an sich; für die Dialog-Komponente waren erst zu Schulschluss Ressourcen frei.

Das ISAC-Entwicklerteam war von Jänner bis Ende April intensiv mit Re-Design und Re-Implementation der Netzwerk-Komponente beschäftigt. Hilfreich war, dass mit DI.Dr.Andreas Griesmayer einer der Designer von ISAC noch am Institut war und zu Rate gezogen werden konnte.

DI Alan Krempler war für ein Detail-Design der Dialog-Komponente vorgesehen; auch er stellte seine Expertise für das Re-Design der Netzwerk-Komponente zur Verfügung.

Da die Unterrichtsversuche an das Ende des Schuljahres (und damit an das Ende des gegenständlichen Projektes) verschoben werden mussten, konnte auch die Unterrichtsbeobachtung zur Requirementsanalyse für den Dialog erst zuletzt erfolgen. Die für DI Krempler vorgesehenen Arbeiten zum Detaildesign der Dialog-Komponente mussten daher gekürzt werden.

## 3.4 Einsatz der Software und Evaluation

Nach mehrmaliger Verschiebung, die durch technische Probleme erzwungen wurde (Kapitel 3.1.2 und 3.1.3), fand der Software-Einsatz folgendermaßen statt:

### Di.26.6. Erproben der Software durch 1.Jahrgänge

Abteilungen Bautechnik sowie Kunst & Design im Rahmen des stundenplanmäßigen Unterrichts:

08:05 – 08:55	1KH/T Klasse
08:55 – 10:45	1BK Klasse
10:45 – 12:40	1CK Klasse
12:40 – 13:30	2FTP Klasse

### Di. 3.7. E-Learning Sequenzen mit Schülern des 3. Jahrganges

Abteilungen Hochbau und Tiefbau. Explorative Lernsituation für die 3AHB-Klasse (unterrichtet vom Projektleiter), für die die Einführung der Ableitungsregeln (mit Ausnahme von Summen- und Potenzregel für Polynome in Normalform) in die vierte Klasse verschoben wurde, um die Software in dieser Form testen zu können.

- 09:00 – 09:20 Einführung in die ISAC Software anhand des E-Learning Contents 'Biegelinien in Angewandter Mathematik und Fachtheorie'
- 09:30 – 10:30 Schrittweises Differenzieren mit mechanischem Feedback incl. Pre- und Posttest
- 10:45 – 11:45 Differentialrechnung in Techniker-Notation incl. Pre- und Posttest
- 12:00 – 12:30 Diskussion der Erfahrungen, Ausfüllen eines Fragebogens.

#### **Mi. 4.7. E-Learning Sequenzen mit Schülern des 4. Jahrganges**

Abteilungen Hochbau und Tiefbau, gleiche Zeitstruktur, gleicher E-Learning Content, jedoch ein signifikanter Unterschied in der Lernsituation: in den 4.Jahrgängen Üben und Festigen (in den 3.Jahrgängen entdeckendes Lernen).

#### **Do. 5.7. Vertiefung in Computermathematik für Interessierte**

Dank der Genehmigung der Direktion der HTBLVA Ortweinschule konnten Experten der TU in direkter Unterrichtsbeobachtung Requirementserhebungen zur Dialoggestaltung sowie Usability-Tests durchführen.

Das Usability-Testing umfasste 3 Stunden Audio- und Voice-Recording von zwei Schülern bei der Benutzung von ISAC im Rahmen der E-Learning Sequenzen. Zwei Schüler deshalb, weil die 'think-aloud method' angewandt wurde, in der das Gespräch zwischen Computerbenutzern als zusätzliche Informationsquelle dient. Die detaillierte wissenschaftliche Auswertung der Daten wird, aufgrund der Zeitverschiebungen im Projekt, im kommenden Semester im Rahmen einer einschlägigen Lehrveranstaltung am IICM, dem Institut für Informationssystem und Computer Medien der TU Graz, erfolgen.

Am Mi.4.7. verfolgte Frau Dr.Alice Pietsch im Auftrage von proVision im Rahmen von IMST den Unterrichtsversuch.

Anhang B zeigt die Einladung an der Schüler zur Teilnahme an der klassenübergreifenden Aktion, die Mail-Information zu ihrer Vorbereitung und die tatsächliche Agenda (am Mittwoch).

## 4 ERGEBNISSE

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, enthält dieses Kapitel eine eher ungewöhnliche Anzahl von Fragen. Diese sind aus der praktischen Arbeit bei der didaktisch-methodischen Vorbereitung der Unterrichtsversuche, bei der Strukturierung des E-Learning Contents, und bei der Durchführung sowie Auswertung der Unterrichtsversuche entstanden.

Dennoch trennen wir die Auflistung der offenen Fragen von der Darstellung der Ergebnisse, da erstere eher interessant sind für die künftige Arbeiten zur Didaktik und zur weiteren Entwicklung von ISAC, und letztere sich eher an Lehrer wenden, die ISAC bereits einsetzen möchten.

### 4.1 Ein methodisch vielseitiges E-Learning Medium

Wiewohl nur in kurzen Zeiteinheiten erprobt, hat ISAC dennoch seine vielfältige Einsetzbarkeit gezeigt. Dieselbe Basis-Software wurde für zwei völlig verschiedene Unterrichtsinhalte, (1) Biegelinien in Baustatik und (2) Ableitungsregeln eingesetzt. Im Anhang D findet sich eine weitere Anwendung, die für Hauptschulen in Planung ist.

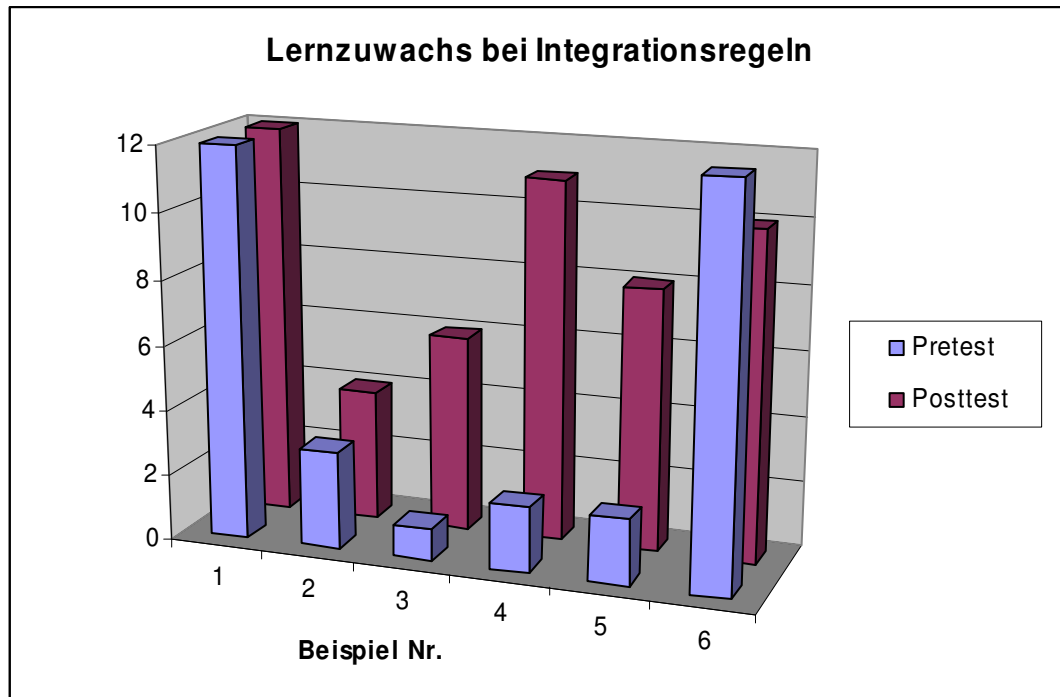
#### 4.1.1 Zum Thema 'Biegelinien'

Der Einsatz in verschiedenen Lernsituationen, in einer explorativen sowie im Üben und Behalten, führte zu keinen messbaren Unterschieden in den Ergebnissen. Die Unterrichtsbeobachtung zeigte jedoch, dass die Schüler (der 3.Klassen, explorativ, wie der 4.Klassen, übend) in der jeweiligen Lernsituation intensiv mit dem E-Learning-Medium arbeiteten.

Übereinstimmend bemängelten die Schüler die fehlende Interaktivität (das System verkraftet noch keine Eingabe von Zwischenergebnissen) und auch die geringe Auswahl von Übungsbeispielen (die durch die fehlende allgemeine Methode zum Lösen von Gleichungssystemen begrenzt ist).

## 4.1.2 Zum Thema 'Techniker-Notation beim Differenzieren'

Der Lernerfolg war hier deutlich messbar, wie die Auswertung des Pre-/Post-Tests ergab:



Ca. 30% aller Rechenaufgaben über alle Schüler haben sich verbessert; das heißt: im Vergleich zwischen Pre- und Post-Test sind 30% aller Antworten von falsch auf richtig gestellt worden.

Allerdings konnte auch hier keine Differenzen zwischen der explorativen Lernsituation und dem Üben und Behalten festgestellt werden.

Die Schüler bemängelten eine Reihe von 'toten' Links (aufgrund eines Softwarefehlers, der die Übergänge zwischen den Dimensionen des Mathematik-Wissens-Raumes verhindert, zum Beispiel von den Methoden zu den Theoremen).

## 4.2 Experimenteller Content zu 'Biegelinien'

Der Content zu diesem Thema wurde soweit ausgearbeitet, dass die neuartige 'Aufgaben-zentrierte' Struktur sichtbar wird, und dass der Gesamtaufwand bis zu einer umfassenden Implementation geschätzt werden kann.

Der Content umfasst mehr als 20 html- und Grafik-Dateien; sie stehen im Anhang E. Die erarbeitete Struktur legt 4 Ebenen fest: Ausgehend von 3 Anwendungen von jeweils einem Theorem bei der Berechnung einer Biegelinie (Ebene 1) führen die Links zu Übersichten, in der sich der Benutzer den involvierten Konzepte orientieren kann (Ebene 2), dann zu Detail-Erklärungen zu den einzelnen Konzepten (äußere, Kräfte, innere Kräfte, infinitesimale Kräfte auf Ebene 3) und abgeschlossen von einer neuer-

lichen Ebene von Übungsbeispielen (zu den elementareren Sichtweisen von den Konzepten).

Dieser Content wurde mit den Schülern aufgrund seines experimentellen Charakters im Unterricht eher kurz bearbeitet; sicherlich genügt er nicht der Anforderung, dass eine Interessierte oder ein Interessierter lediglich mit den mathematischen Voraussetzungen (Infinitesimalrechnung und Lösen von Gleichungssystemen) und ohne Kenntnisse in Statik sein Verständnis in beliebiger Tiefe aus dem Content erarbeiten könnte.

### **4.3 Usability der Basis-Systems**

Die Usability-Tests ergaben in Übereinstimmung mit der Befragung der Schüler (im Fragebogen wie in der mündlichen Diskussion), dass das überwiegende (über 50%) Defizit in der Benutzbarkeit die ungenügende Darstellung der Formeln ist.

ISAC stellt Formeln als lineare Zeichenketten dar (solange die kommende MathML-Technologie nicht hinreichend verfügbar ist) -- wie die TI-Taschenrechner. Das war überraschend, weil die TI-Taschenrechner omnipräsent sind, und die ISAC-Entwickler wesentlich mehr Gewöhnungseffekt erwartet hatten. Dieses über-klare Ergebnis harret der Interpretation.

Die Requirementsanalyse für die Dialoggestaltung wird durch dieses dringliche User-requirement überdeckt, bis ISAC die gerade sich etablierende MathML-Technologie für 2-dimensionale Formeln implementiert hat. Dann werden wichtige Dialog-Requirements aktuell werden, die sich bereits jetzt erheben ließen.

Ein Beispiel dafür ist die Wichtigkeit des Status einer Rechnung (Beginn, Spezifikation, Rechenphase, Resultat fertig). Details finden sich im schriftlichen Statement von DI.Krempler im Anhang F. Eine weitere interessante und für die ISAC-Entwickler neue Anforderung kam direkt von den Schülern: Wenn von einer Formel zur nächsten immer nur 1 Rechengesetz angewandt wird, dann möge der veränderte Teil der Formel farblich hervorgehoben werden – dieser Teil ist meist klein, und entsprechend mühsam aus langen Formeln herauszusuchen.

Die technische Verfügbarkeit des ISAC-Systems konnte nicht in der erwünschten Weise hergestellt werden: Anstelle die PCs an der HTL mit dem Mathematik-Server an der TU zu verbinden, wurde ein Rechner des Institutes für Softwaretechnologie direkt in das Subnetz der HTL gehängt – innerhalb der Firewall, um den beschriebenen Schwierigkeiten auszuweichen.

Der große Aufwand bei der Arbeit an der Netzwerk-Komponente hat sich dennoch gelohnt, da er alle Voraussetzungen für das Re-Design und die Re-Implementation von ISAC geschaffen hat, und somit auch für problemlosen Unterrichtseinsatz.

### **4.4 Offene Fragen**

Die offenen Fragen betreffen in erster Linie die Didaktik der Mathematik und der Naturwissenschaften (in die wir auch die (Bau-)Technik einschließen); sie weisen jedoch einen fließenden Übergang zu Anforderungen an künftige technische Entwicklung auf.

#### 4.4.1 Offene Fragen zum Tutoring

Wenn wir annehmen, dass die Verfügbarkeit von ISAC räumlich und zeitlich nicht eingeschränkt ist (etwa weil die Benutzeroberfläche auf den Handies der Schüler läuft) und wenn die Formeln 2-dimensional (und nicht als Zeichenkette wie in den Taschenrechnern) dargestellt sind:

- Wie weit reicht die Anwendbarkeit von ISAC als 'System für angewandte Mathematik' auf Stoffgebiete des Mathematik-Unterrichtes ? Geometrie ist derzeit sicher ausgeschlossen, aber welche Stoffe kann ISAC noch (solange es nicht mit anderen Tools wie Geogebra verknüpft ist) effizient betreuen ?
- Vermag ISAC die Unterscheidung zwischen 'mathematischem Hausverstand' und 'formal-logischem Operieren' zu klären, weil das System eben 'mechanisierte Mathematik' so umfassend repräsentiert ?
- Welche Rolle spielen die verschiedenen Erklärungen im System, insbesondere bei der aktuell angewandten Rechenregel: ist die Formel (plus Darstellung des Matchings) oder die Text/Bild-Erklärung hilfreicher ? Inwieweit ergänzen sich die beiden Arten der Erklärung ? Was sagen sie über eine 'Reife im Verständnis abstrakter Mathematik' aus ?
- Wie groß ist die Akzeptanz des Systems ausserhalb des Unterrichtes (falls dieser ISAC viel einsetzt) für ergänzende Vertiefung, für weitere Übungen, für Nachholen von versäumtem Stoff ?
- Lässt sich die Modellierungs- und Spezifikations-Phase innerhalb des Systems noch weiter unterstützen (Neuper, Wotawa 2002) ?
- Soll das System auch für Leistungsfeststellungen verwendet werden (weil diese ja im gleichen System abläuft, das dann allerdings seine Hilfsfunktionen einschränkt) ?

#### 4.4.2 Offene Fragen zum Content-Design

Die Gestaltung des Content zum Thema 'Techniker-Notation beim Differenzieren' erschien uns unproblematisch im Vergleich zum Thema 'Biegelinien'. Die Arbeit an letzterem Thema warf folgende Fragen auf:

- Auf welche Arten lassen sich die beiden Content-Strukturen 'Sach-orientiert' und 'Aufgaben-orientiert' noch verbinden (vgl. 4.2. Experimenteller Content) ?
- Wie kann die Darstellung von Lernpfaden zur Orientierung eingesetzt werden ? Wieviele Elemente dazu lassen sich automatisch aus ISACs Wissens-Struktur ableiten ?
- Wie lässt sich die entstehende Komplexität der Inhalte und seiner Verknüpfungen für den Autor bewältigen (und welche Werkzeuge sollen ihn dabei unterstützen) ?
- Wie lässt sich die entstehende Komplexität durch die Schüler bewältigen (durch Filterung, durch Dialogführung) ?
- Sollen Erklärungen von verschiedenen Sachgebieten / Lehrern (etwa die Erklärung zum Begriff des Differenzierens, die in einem Physik-Kurs anders ausfallen wird wie in einem Biologie-Kurs) in *einer* Lernsituation zugänglich gemacht werden ?
- Sind Beweise (wie sie der Theorem-Prover Isabelle bereitstellt) auch als 'Erklärung' brauchbar ?



## 5 INTERPRETATION UND AUSBLICK

Die Unterrichtsversuche haben gezeigt, dass ISAC sich höchst vielfältig verwenden läßt, sowohl in methodischer (explorativ, übend, etc.) wie auch in inhaltlicher (Biegelinien, Ableitungsregeln, etc.) Hinsicht.

Und die Zusammenarbeit mit der TU Graz im Rahmen von proVision hat sich als tragfähige Basis für die Weiterentwicklung von ISAC etabliert; eine Weiterentwicklung, die technische Expertise (derzeit IST und IICM der TU Graz) mit Anforderungen der pädagogischen Praxis verbindet.

### 5.1 Weiteres Authoring zu 'Biegelinien'

Die Content-Entwicklung zum Thema 'Biegelinien' hat ISAC als E-Learning Medium ausgewiesen, das auch höhere Ausbildungsbereiche in angewandter Mathematik auf Matura, Fachhochschul- und Hochschul—Niveau abzudecken vermag.

Was sich in der Zusammenarbeit zwischen Schule und TU anbahnt, verspricht auch in inhaltlicher Hinsicht bei der Gestaltung von E-Learning Content positive Aussichten: dass sich akademische Expertise mit dem reichen Erfahrungsschatz von Schulen bei der umsichtigen Vermittlung von transferierbaren Einsichten in Grundkonzepte (zum Beispiel die Erfahrung von HTLs mit Statik-Konzepten) verbindet.

Dieses Projekt hat eine Liste offener Fragen (Kapitel 4.4.2.) erstellt, die hoffentlich in einem Fortsetzungs-Projekt und in der angesprochenen kooperativen Weise bearbeitet werden können.

Letztendlich sollte es Kooperationen dieser Art besser gelingen, dem steigenden Technikermangel durch exzellente, überall und jederzeit verfügbare, und an die Zielgruppe interessierter Jugendlicher angepasste E-Learning Angebote zu begegnen.

### 5.2 Entwicklung des Basis-Systems

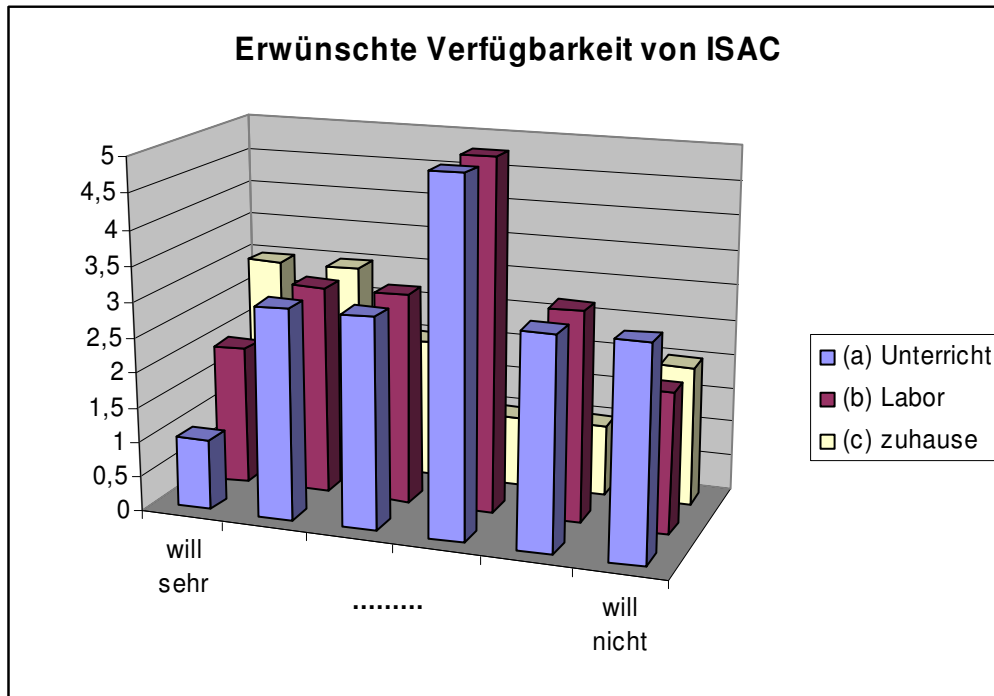
Als größte Schwierigkeit, das Basis-System von ISAC an die Erfordernisse der Schulpraxis heranzuführen, hat sich im Verlaufe dieses Projektes die Inkompatibilität der Netzwerk-Komponente mit den Firewalls der Schulen herausgestellt. Der große Aufwand zur Überwindung dieser Schwierigkeit hat die Grundlagen für ein Re-Design dieser Komponente bereits erbracht. Die entsprechende Re-Implementation bekam erste Priorität in der Weiterentwicklung von ISAC; sie sollte diesen Sommer erfolgreich abgeschlossen werden.

Als größter Mangel in der Usability von ISAC hat sich die Darstellung der Formeln erwiesen. In diesem Punkt hängt die Weiterentwicklung von der eben laufenden Entwicklung der MathML-Technologie ab; diese so bald als möglich zu integrieren ist das nächste Entwicklungsziel in technischer Hinsicht.

Die Weiterentwicklung von ISAC in Richtung der pädagogischen Praxis bekam sehr wertvolle Daten aus der Unterrichtsbeobachtung im Projekt; die Daten werden im kommenden Wintersemester ausgewertet. Sie werden neben dem Statement von DI.Krempler Ausgangspunkt für die Arbeit am Dialog-Design sein. Auch eine Verbesserung des Tutorings beim Spezifizieren und Modellieren steht an (Vorarbeiten von Neuper, Wotawa 2002).

### 5.3 Einsatz und von Verbreitung ISAC

Im Fragebogen zum Software-Einsatz antworteten die Schüler zum Punkt 'Ich möchte Zugang zur Benützung von ISAC bekommen (a) im Unterricht (b) im Computer-Labor (c) von zuhause' folgendermaßen:



Die Meinungen der Schüler sind auffallend unterschiedlich; die Mittelwerte weisen jedoch den Wahlmöglichkeiten (a)..(c) jeweils ungefähr ein Drittel zu. Diese Zahlen führen zusammen mit der anschließenden Diskussion zur Interpretation: Die Schüler sehen auch bereits nach einer kurzen Zeit, dass ISAC vielfältigen Zwecken dienen kann: genaues Wiederholen ohne Zeitdruck, Üben zur Schularbeit, Erkunden neuer Stoffe – in allen der drei genannten Anwendungssituationen, mit individuellen Präferenzen.

Vom Design her ist ISAC ein System, das sich von jeder Webpage (mittels spezieller Links) aufrufen lässt, sobald dort Bedarf entsteht, Rechnungen interaktiv und die der angewandten Mathematik lebendig zu machen.

ISAC ist also überall einsetzbar wo Formeln in zusammenhängenden Rechnungen auftauchen, eingebettet in bestehenden E-Learning Content von Schulen, in technischen elektronischen Publikationen, in Web-Kursen zur Erwachsenenbildung, in Webpages zur Einführung in Mathematik ...

## 5.4 Danksagung

Abschließend sei die im Projektantrag 2005 geforderte Erwartung zitiert: *Da die im Projekt verwendete Software als Basistechnologie für angewandte Mathematik auf österreichischem akademischen Boden entwickelt wird und neuartige (wesentlich über MathCAD oder Derive hinausgehende) Möglichkeiten verspricht, ist es möglich, didaktisch-methodische Möglichkeiten in Feldversuchen zu optimieren, die Software-technischen Möglichkeiten für Unterrichtsforschung (die Dialogkomponente des Tutoringsystems ist parametrisierbar), und die Anwendungs-orientierten Möglichkeiten (des Autorensystems für schulspezifische Aufgabensammlungen, Standardbeispiele, Testsuiten) für Schulentwicklung zu nutzen.*

*IMST böte einen idealen Rahmen zur Entwicklung dieser Möglichkeiten und der vorliegende Antrag versteht sich als erster Schritt in diese Richtung.*

Dass wir nun am Ende des Projektes auch den zweiten Schritt als gelungen beurteilen können, danken wir der Mitarbeit einer Reihe von Kollegen, auch solchen, die nicht dem Projektteam angehören.

Die technische Entwicklung von ISAC wäre nicht möglich ohne die Unterstützung durch Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr. Franz Wotawa, den Vorstand des Institutes für Softwaretechnologie der TU Graz.

Großem Dank sind wir auch dem Betreuerteam des Schwerpunktes S6, Anwendungsorientierung und Berufsbildung, verpflichtet, das uns in allen Fragen und Anliegen sehr aufmerksam unterstützt hat. In gleicher Weise danken wir Frau Dr.Alice Pietsch von proVision.

Last not least danken wir den Verantwortlichen und Organisatoren in IMST, dass sie die guten Rahmenbedingungen, auch die finanziellen, für unsere Umsetzung unserer Initiativen geschaffen haben.

## 6 LITERATUR

ALTRICHTER, H. & POSCH, P. (1998). Lehrer erforschen ihren Unterricht. Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung. Dritte erw. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

IFF (Hrsg.) (2001). Endbericht zum Projekt IMST<sup>2</sup> – Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching. Pilotjahr 2000/01. Klagenfurt : Im Auftrag des BMBWK. IFF.

KÜHNELT, H. (2002). Physikalische Grundbildung – eine Annäherung in Beispielen. In: Krainer, K., Dörfler, W., Jungwirt, H., Kühnelt, H., Rauch, F., Stern, Th. (Hrsg.). Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST<sup>2</sup>. Innsbruck, Wien, München, Bozen: StudienVerlag.

Neuper, W., Wotawa, F. (2002). Model-based Reasoning in Mathematical Tutoring Systems - Preliminary Thoughts and Problems to be solved. In: Proceedings of Model Based Systems and Qualitative Reasoning for Intelligent Tutoring Systems, International workshop at ITS 2002, San Sebastian, Spain, June 2, 2002.

Neuper, W. (2002). A Transparent Mathematics Engine - Gains for Flexible Tutoring. In: Michael Auer, Proceedings ICL'02, International Workshop 'Interactive Computer Aided Learning, Villach, Austria, August 25 to 27 September. Kassel University Press 2002.

Neuper, W. (2001). What teachers can request from CAS-designers, ICTMT5, Klagenfurt, Austria, August 2001.

Internetadressen:

<http://www.ist.tugraz.at/projects/isac> (1.7.2007).

<http://www.ortweinschule.at> (1.7.2007).

# ANHANG

A: Ursprüngliche Zeitplanung für E-Learning Sequenzen

B1: Einladung der Schüler zum klassenübergreifenden Unterricht

B2: Mail-Information zum klassenübergreifenden Unterricht an die Schüler

B3: Agenda zum klassenübergreifenden Unterricht (Dienstag, 3.7.07)

C1: Fragebogen zum Software-Einsatz

C2: Pre- / Post-Test zur E-Learning Sequenz 'Ableitungsregeln' in Technikernotation  
(MathCAD-Datei)

C3: Auswertung des Pre- / Post-Tests zu den Ableitungsregeln

D: Quickstart Information zum verwendeten Softwaresystem

E: Experimenteller Content zu Biegelinien

... in separaten Files aus Format-Gründen