



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
S6 „Anwendungsorientierung und Berufsbildung“**

ANGEWANDTE MATHEMATIK UND FACHTHEORIE

MITHILFE ADAPTIERTER BASIS-SOFTWARE

Prof.Dr.techn. Walther Neuper

DI Christian Dürnsteiner

Prof.Mag. Franz Friedl

DI Dr.techn. Manfred Kniepeiss

DI Karl Knobloch

Prof.DI Dr.techn. Peter Leitner

Mag. Hannes Rassi

AV DI Werner Schlager

DI Ernst Tappauf

Prof.DI Hartwig Wallner

HTL Graz, Ortweinschule

TU Graz, Institut für Softwaretechnologie

FH Joanneum

Graz, im Juni 2006

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	2
ABSTRACT.....	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 Langfristige Einführung von Mathematiksoftware ...	5
1.2 ... eingebettet in konkrete Anliegen der Schule.....	5
1.3 Die ursprünglichen Zielsetzungen.....	6
1.3.1 Fachübergreifender Unterricht	6
1.3.2 Software Einsatz	6
1.3.3 Schnittstelle FH -- HTL.....	6
2 AUFGABENSTELLUNGEN	7
2.1 Zur Entwicklung des fachübergreifenden Unterrichts.....	7
2.1.1 Herausfinden der dringendsten Anliegen	7
2.1.2 Unterrichtsplanung und Evaluation zum Software-Einsatz.....	7
2.2 Zu Adaption und Einsatz der ISAC-Software.....	7
2.2.1 Authoring des Contents ‚Biegelinien‘	7
2.2.2 Anwendungsrelevante ISAC-Komponenten fertigstellen.....	8
2.2.3 Analyse der Anwendbarkeit von ISAC	8
3 UMSETZUNG UND DURCHFÜHRUNG.....	9
3.1 Maßnahmen zum fachübergreifenden Unterricht.....	9
3.1.1 Befragung der Lehrer zu fachübergreifenden Anliegen.....	9
3.1.2 Befragung der Schüler zu fachübergreifenden Themen	9
3.1.3 Beispiel-Sammlung für fachübergreifende Aufgaben.....	10
3.2 Adaption und Einsatz der ISAC-Software	10
3.2.1 Authoring des Contents ‚Biegelinien‘	10
3.2.2 Implementation der anwendungsrelevanten Komponente	10
3.2.3 Unterrichtseinsatz des Tutoring-Systems.....	10
4 ERGEBNISSE	12
4.1 Ergebnisse zum fachübergreifenden Unterricht.....	12
4.1.1 Befragung der Lehrer	12
4.1.2 Befragung der Schüler	12

4.1.3	Sammlung fachübergreifender Anwendungsaufgaben	13
4.2	ISAC als Tutoring-System für ‚Biegelinien‘	13
4.2.1	Ein System transparent für den Lernenden.....	13
4.2.2	Interaktive Konstruktion von Rechnungen	14
4.2.3	Kontext-basierter Zugriff auf das Mathematik-Wissen.....	14
4.3	Beurteilung des ISAC-Systems durch Benutzer	15
4.3.1	Beurteilung durch die Lehrer.....	15
4.3.2	Beurteilung durch die Schüler	15
5	INTERPRETATION UND AUSBLICK	16
5.1	Verbesserungsansätze für fachübergreifenden Technik-Unterricht	16
5.1.1	Planung Mathematik und Statik übergreifend	16
5.1.2	Grundbegriffe Differential/Integral an Statik ausrichten.....	16
5.2	Der Nutzen der neuen Basis-Software	17
5.2.1	Umfassende Hilfestellung für den Schüler	17
5.2.2	Abteilungsspezifisches Authoring	17
5.2.3	Methodische Variabilität für den Lehrer.....	18
5.3	Ausblick	18
5.3.1	Pädagogisch orientierte Weiterentwicklung von ISAC	18
5.3.2	Österreichs HTLs als ideale ‚Entwicklungsumgebung‘	19
5.4	Danksagung	19
6	LITERATUR.....	21

ABSTRACT

Dieses Projekt verbindet die Einführung einer neuen Basissoftware für angewandte Mathematik mit der Unterstützung für innovative fachübergreifende Unterrichtsorganisation an der HTL Graz – Ortweinschule.

Die innovative Unterrichtsorganisation besteht in einem Schulspezifikum, die Mathematiklehrern zusammen mit Statiklehrern gemeinsame Unterrichtszeit eines eigenen Unterrichtsgegenstandes ‚AMFT‘ in den Abschlussklassen zuteilt.

Die neue Basissoftware wird sowohl in Ihrer Funktion als Tutoringsystem als auch in ihrer Funktion als Autorensystem erstmals einem schulischen Praxistest unterzogen.

Die Erfahrungen zum Tutoring zeigen, dass das System in sehr verschiedenen Unterrichtssituationen (explorativ bis übend-festigend) eingesetzt werden kann, den Schülern sehr umfassende Hilfestellung sowohl zu Aspekten der Anwendung als auch der Theorie zu bieten vermag, und den Lehrer für nicht-mechanisierbare Unterrichtsarbeit freimachen kann.

Die Erfahrungen zum Authoring für AMFT zeigen einen besonderen Nutzen für anwendungs-orientierte Mathematik-Ausbildung (exemplarisch anhand der Integralrechnung): die für einen Anwendungsbereich spezifischen Notationen und Erklärungen (im gegebenen Fall Statik) werden von den Fachexperten (den Statiklehrern) im System implementiert, und durch das System den Schülern im Mathematikunterricht zugänglich.

Aus den Erfahrungen des Ersteinsatzes wären in Folgeprojekten verschiedene Unterrichtssituationen in verschiedenen Klassen zu gestalten und die jeweilige Effizienz des Softwareeinsatzes eingehend zu evaluieren.

Schulstufe: 13

Fächer: Angewandte Mathematik und Fachtheorie (AMFT), Statik (S), Stahlbetonbau (SBB), Stahl- und Holzbau (SHB)

Kontaktperson: Walther Neuper

Kontaktadresse: neuper@ist.tugraz.at

HTL Graz – Ortweinschule

A-8013 Graz, Körösisstraße 157

1 EINLEITUNG

1.1 Langfristige Einführung von Mathematiksoftware ...

Die Initiative für das vorliegende Projekt kommt von einem langfristig angesetzten Vorhaben, das ein neues Softwaretool aus einem akademischen F&E-Projekt (namens ISAC, derzeit an der TU Graz angesiedelt: www.ist.tugraz.at/projects/isac) in manageablen Etappen für Jedermann beim Mathematik-Lernen nutzbar zu machen.

Dieses Projekt ist die erste Etappe seitens des ISAC-Projektes, und sie fand sich gleich in aktuelle und konkrete pädagogische Anliegen der HTL Graz – Ortweinschule eingebettet dadurch, dass die Basis-Software für die Adaption durch die Benutzer (Authoring durch die Lehrer) ausgelegt ist und Einsatz in verschiedenen methodischen Situationen möglich ist.

Gleich zu Beginn der Konzeptionsphase des IMST-Projektes fiel die Entscheidung, die Software in den Abschlussklassen der Bauabteilungen einzusetzen.

1.2 ... eingebettet in konkrete Anliegen der Schule.

Die Abschlussklassen der Bauabteilungen sahen (und sehen) sich zwei Neuerungen ausgesetzt (wir zitieren aus dem Projektantrag):

(a) Die HTL Ortweinschule hat einen neuen Unterrichtsgegenstand 'Angewandte Mathematik und Fachtheorie (AMFT)' fachübergreifend mit 'Statik (S)', 'Stahlbetonbau (SBB)' und 'Stahl- und Holzbau (SHB)' in den letzten Jahrgang der Bauabteilungen eingeführt.

Die fachübergreifende Koordination wird durch folgende Zuteilung der Wochenstunden (WS) angelegt: In AMFT unterrichten Mathematiker 1 WS + je 0,5WS von S, SBB und SHB, also $1 + 3 \cdot 0,5 = 2,5$ WS

In S, SBB und SHB unterrichten Statiker je 0,5 WS in je ganzen Stundenplan-Stunden, also die Hälfte der Jahresstunden, zeitlich abgestimmt mit den Lehrern der anderen genannten Fächer der jeweiligen Klasse.

Die Herausforderung der fachübergreifenden Unterrichtsplanung zwischen AMFT, S, SBB und SHB besteht darin, den Anwendungsaspekt der Mathematik als Hilfsmittel zum Modellieren und Lösen von spezifischen Aufgabenstellungen aus S, SHB und SBB zu verbinden mit dem Aspekt der Orientierung an der fachinternen Struktur der Mathematik in AMFT.

(c) Zwischen HTL und FH besteht ein Kooperationsabkommen, das die Kriterien für den Einstieg der Absolventen der Bauabteilungen der HTL in das 3. Semester des Studienganges „Bauplanung und Bauwirtschaft“ fixiert. Der Vertrag sieht auch vor, dass diese Kriterien einer laufenden Validierung und Evaluierung unterliegen. Da auch die Kenntnisse im Fachbereich Mathematik laut Vertrag ein Kriterium darstellen und der gesamte Mathematikunterricht der Abschlussklassen der HTL im neuen Fach AMFT umfasst, ist eine Kooperation der betroffenen Partner zu diesem Thema sinnvoll.

1.3 Die ursprünglichen Zielsetzungen

In der eben geschilderten Ausgangslage wurde folgende Zielsetzungen formuliert (wieder aus dem Projektantrag zitiert):

1.3.1 Fachübergreifender Unterricht

Die fachübergreifende Unterrichtsplanung zwischen den Fächern Angewandte Mathematik und Fachtheorie, Statik, Stahl- und Holzbau sowie Stahlbetonbau in den Abschlußjahrgängen intensivieren. Konzentration in diesem Projekt auf das Thema 'Biegelinien'.

1.3.2 Software Einsatz

Detaillierte Klärung, inwieweit ein-und-dieselbe Software sowohl Anwendungsorientierten Unterricht in Statik (S, SBB, SHB) als auch Mathematik-Unterricht (AMFT), der sich nach fachinternen Strukturen richtet, unterstützen kann; Überprüfen der Eignung der Software.

1.3.3 Schnittstelle FH -- HTL

Abstimmen der Lehrinhalte in Mathematik an der Schnittstelle zwischen den Bauabteilungen der HTL Ortweinschule und dem Studiengang für Bauplanung und Bauwirtschaft der FH Joanneum.

Diese Zielsetzung wurde so schnell erfüllt, dass wir sie bereits hier abschließen:

Die erste Besprechung zwischen FH und HTL führte schon zur Erledigung dieses Zieles: Der Vertreter der FH und der zuständige Abteilungsvorstand der HTL kamen übereinstimmend zum Schluss, dass sich die Lehrstoffangaben von beiden Seiten, FH und HTL (Anhang A.1), in hinreichender Weise decken und dass keine weitere Evaluierung notwendig ist.

2 AUFGABENSTELLUNGEN

Die in 1.3.1. und 1.3.2. gesetzten Ziele wurden wie folgt konkretisiert:

2.1 Zur Entwicklung des fachübergreifenden Unterrichts

Der durch den Stundenplan vorgegebene fachübergreifende Unterricht in AMFT wurde an unserer Schule seit seiner Einführung von den jeweils beteiligten Lehrern in sehr unterschiedlicher Weise geplant, organisiert und durchgeführt.

Die Kustoden für Mathematik und der Leiter der ‚Gesprächsgruppe Statik‘ hatten sich im Rahmen ihrer Aufgaben mit einer Reihe von Aktivitäten der entstandenen Herausforderungen angenommen. Unserem Projekt fiel es nun zu, umfassende Daten zu beschaffen.

2.1.1 Herausfinden der dringendsten Anliegen

Interessant war vor allem ein Überblick quer über die Anliegen der beiden Fachgruppen, der Mathematiker und der Statiker. Aus den Besprechungen beider Gruppen war eine Fülle von Fakten und Erfahrungen entstanden. Nun galt es, diese übersichtlich zu bekommen und zusätzlich quantifizierbare Daten zu erhalten, die eine Folge von Follow-Up-Handlungen in die Reihe bringen konnten: Was wird von wem wie sehr gewünscht? Was sind die dringendsten Anliegen zu fachübergreifenden Aspekten zwischen Mathematik und Statik? Ist die Beschränkung auf das Thema ‚Biegelinien‘ sinnvoll?

2.1.2 Unterrichtsplanung und Evaluation zum Software-Einsatz

Der Projekt-Ansatz sprach dem gemeinsamen Einsatz derselben Software in AMFT und Statik eine Katalysator-Funktion für fachübergreifenden Unterricht zu. Von der Planung her war der Einsatz von ISAC in möglichst vielen Klassen in möglichst vielen Fächern (AMFT, S, SHB, SBB) wünschenswert.

Dieser Einsatz war zu planen, zu koordinieren und mit den notwendigen (Computer-, Raum-) Ressourcen zu versehen.

Die verschiedenen Einsätze von ISAC sollten untereinander verglichen werden.

2.2 Zu Adaption und Einsatz der ISAC-Software

ISAC ist ein akademisches F&E-Projekt am Institut für Softwaretechnologie der TU Graz. Dort stand die Expertise und die Mannschaft bereit, um die Basis-Software für den speziellen Unterrichts-Einsatz vorzubereiten.

2.2.1 Authoring des Contents ‚Biegelinien‘

In erster Linie galt es, das Mathematik-Wissen zu implementieren, das zur Berechnung von Biegelinien notwendig ist. Diese kritische Teilaufgabe wurde vom Koordinator dieses IMST-Projektes und dem Administrator des ISAC-Projektes in Personalunion übernommen.

2.2.2 Anwendungsrelevante ISAC-Komponenten fertigstellen

Die grundlegenden Komponenten von ISAC sind seit Längerem soweit implementiert, dass die wesentlichen Funktionalitäten des Systems demonstriert und benutzt werden können.

Als entscheidender Schritt Richtung praktischen Einsatz war noch die Installation des verteilten Systems vorzunehmen, des Front-ends in einem Unterrichtsraum im Netzwerkverbund mit der Mathematik-Maschine an der TU Graz (die nur unter Unix/Linux verfügbar ist).

Darüberhinaus wollten wir dem Vergleichsprodukt ‚RuckZuck‘ möglichst nahe kommen, das von den Lehrern der Statikfächer bereits eingesetzt wird. RuckZuck stellt die Biegung von belasteten Trägern sehr anschaulich dar, und das sollte auch ISAC können: eine Grafik-Komponente für Funktionsgraphen sollte an der TU erstellt werden.

2.2.3 Analyse der Anwendbarkeit von ISAC

Zwei Fragen waren vor Projektstart von Interesse:

- (1) Kann ein und dieselbe Software sowohl Anwendungs-orientierten Unterricht in Statik (S, SBB, SHB) als auch den ‚reinen‘ Mathematik-Unterricht, der sich nach fachinternen Strukturen richtet, unterstützen ?
- (2) Wie sehr entspricht die methodische Variabilität von ISAC den Erwartungen zu ‚*fachübergreifenden Unterrichtssequenzen zu ‚Biegelinien‘ in mehreren Varianten (Anwendung zuerst / Mathematik zuerst, die Software als Medium entdeckenden Lernens / als Medium des Übens und Festigens)‘* ?

Schließlich sollten die Statik- und auch die Mathematik-Lehrer frühzeitig in das Authoring des Contents ‚Biegelinien‘ eingebunden werden, ihre Vorstellungen zum Einsatz von ISAC erhoben und ihre Planung unterstützt werden.

3 UMSETZUNG UND DURCHFÜHRUNG

Das in 3.1.1. genannte Ziel aus dem Projektantrag, Abstimmung der Lehrinhalte zwischen FH und HTL, hatte die Notwendigkeit impliziert, *alle* Abschlussklassen der Abteilung Bautechnik in das Projekt einzuschließen.

Wie in Punkt 1.3.3. erwähnt führte schon die erste Besprechung zwischen FH und HTL zur Erledigung dieses Zieles. Mit der raschen Erledigung dieses Zieles ging andererseits eine Motivation verloren, den Unterricht in AMFT, S, SBB und SHB *alle* vier Abschlussklassen *übergreifend* durchzuorganisieren. Deshalb konzentrierte sich die unmittelbare Planung und Durchführung der fachübergreifenden Anliegen zwischen AMFT, S, SBB und SHB auf das Lehrerteam der 5AHZ-Klasse.

Die Befragungen der Schüler wurden wie geplant in *allen* vier Abschlussklassen durchgeführt, und als Ausgleich zu obiger Einschränkung die Befragung der Lehrer ausgeweitet auf *alle* Mathematik-Lehrer und auf *alle* Statik-Lehrer, die in der Gesprächsgruppe erreichbar waren.

3.1 Maßnahmen zum fachübergreifenden Unterricht

Aus obgenannten Gründen erfolgt die fachübergreifende Unterrichtsplanung für AMFT wie bisher in individuellen Absprachen zwischen den Lehrern aus AM, S, SBB und SHB der jeweiligen Klassen. Darüber hinausgehend motivierte IMST zu folgenden Aktivitäten.

3.1.1 Befragung der Lehrer zu fachübergreifenden Anliegen

Alle Statik-Lehrer, die an der Gesprächsgruppe im März teilnahmen, erhielten eine Demonstration des ISAC-Systems und des Tutoring-Teiles für ‚Biegelinien‘, bevor er bei den Schülern eingesetzt wurde.

Bei dieser Gelegenheit erhielten sie einen Fragebogen (Anhang A.1.a, Auswertung A.1.b), der sie um ihre Ansichten über fachübergreifende Unterrichts-Stoffe und um die Gewichtung ihrer Wichtigkeit bat. Diese Befragung stellt einen Abschluss mehrerer Gesprächsgruppen zum Thema in diesem Schuljahr dar.

Der Fragebogen enthielt auch eine zweite Seite über eine erste Einschätzung der Einsetzbarkeit von ISAC und über Software-Einsatz allgemein.

3.1.2 Befragung der Schüler zu fachübergreifenden Themen

Im Herbst 2005 wurden alle Schüler der Abschlussklassen der Bauabteilungen zu Einschätzungen und Erfahrungen zur fachübergreifenden Behandlung bestimmter Lernstoffe mittels Fragebogen befragt; der Fragebogen erhob auch einige Detailkenntnisse, die dem fachübergreifenden Bereich bei ‚Biegelinien‘ zugeordnet werden können.

Knapp vor Ende des Unterrichtsjahres wurde derselbe Fragebogen nochmals ausgefüllt, um Entwicklungen während des Jahres feststellen zu können. Der Fragebogen ist Anhang A.2.a, die Auswertung A.2.b.

3.1.3 Beispiel-Sammlung für fachübergreifende Aufgaben

Kollege Franz Friedl hatte seit längerem den Auftrag des Abteilungsvorstandes, aus den Jahresberichten der Schule die Angaben der bisher gestellten Maturabeispiele zu sammeln, durchzurechnen und für die Kollegenschaft bereitzustellen. Dieser Auftrag deckt sich mit dem IMST-Projektplan, die sehr aufwendige und mühsame Arbeit wurde mit Unterstützung aus dem IMST-Projekt erfolgreich zu Ende geführt. Zu Ende des Schuljahres wurde die Beispielsammlung zusammen mit einer inzwischen von den Statiklehrern erstellten Sammlung im Contentmanagement-System ‚moodle‘ für alle Kollegen bereitgestellt.

3.2 Adaption und Einsatz der ISAC-Software

3.2.1 Authoring des Contents ‚Biegelinien‘

Das Authoring des Mathematik-Wissens für die ‚Biegelinien‘ wurde in enger Kooperation zwischen Christian Dürnsteiner und Walther Neuper durchgeführt, den beiden Lehrern, die fachübergreifend in der 5AHZ-Klasse eingeteilt waren.

Das Authoring erfolgte auf zwei unterschiedlichen Ebenen der Wissensrepräsentation auf der:

- a) Ebene formalen Wissens, das auf ‚Symbolic Computation‘ aufbaut
- b) Erklärungen für die Schüler, die allen Elementen von (a) zugeordnet werden können. Für Erklärungen stehen alle Internet-kompatiblen Formate zur Verfügung, für die Biegelinien wurden Text, Formeln und Grafiken gewählt.

3.2.2 Implementation der anwendungsrelevanten Komponente

Die Installation des verteilten ISAC-Systems wurde wie geplant im März 2006 durchgeführt. Die Hauptschwierigkeit war, die Kommunikation zwischen ISAC's Front-end und Back-end durch den Firewall der HTL zu bringen und sie den Sicherheitsrichtlinien des Zentralen Informatik Dienstes der TU Graz entsprechend einzurichten.

Die Implementation der Grafik-Komponente für Funktionsgraphen wurde nach erfolgreichem Ansuchen um Umwidmung des Budgetpostens (Mail vom 4.10.2005) ersetzt durch die Implementation eines Proxys. Diese neue Komponente deckt auch eine wichtige Anwendungs-Anforderung ab, nämlich die Aufgaben zu den Biegelinien so anschaulich zu präsentieren, wie die Schüler dies aus Lehrbüchern gewohnt sind, und Grafiken in die html-Seiten einzubinden.

Schon im Herbst 2005 wurde den Entwickler an der TU bei den Vorbereitungen auf den Unterrichtseinsatz klar, dass der Zugriff auf multimedialen Erklärungen der verwendeten Regeln (insbesondere jener zum eigentlichen Wissen aus Baustatik) aus einer Rechnung heraus höchst wünschenswert ist. Die Entwicklung dieser Funktionalität war mit organisatorischen Schwierigkeiten verbunden (ein Diplomand war ausgefallen), sie konnte bis zu Ende des Projektes nicht fertiggestellt werden.

3.2.3 Unterrichtseinsatz des Tutoring-Systems

Aus den obgenannten Gründen kam ISAC nur in *einer* fünften Klasse zum Einsatz. Im Hinblick auf die heranrückenden Matura wurde mit den Schülern dieser Klasse

der Einsatz auf 1 Stunde zur Wiederholung der Biegelinien mit stetiger Belastung beschränkt. Ein Drittel der Maturanten nahmen sich ausserhalb des Unterrichtes Zeit für weitere Begutachtung von ISAC.

Anschließend an den Einsatz erhielten die Schüler den Fragebogen vom Herbst 2005 nochmals mit der Bitte, Ihre Antworten zum Softwareeinsatz auf ihre Erfahrungen mit ISAC zu beziehen. Dies ermöglichte mehrfache Vergleichsmöglichkeiten. Der Fragebogen ist Anhang A.3.a, seine Auswertung Anhang A.3.b.

Um die methodische Variabilität von ISAC zu erproben, wurden zwei dritten Klassen in je zwei Doppelstunden in einer explorativen Lernsituation ausgesetzt. In der ersten Stunde hatten sie die Aufgabe, die Anwendung ihres Jahresstoffes aus der Integralrechnung in der Modellierung und Berechnung von Biegelinien zu erkunden (Statikstoff der 4.Klasse). In der zweiten Stunde konnten sie die grundlegende Arbeitsweise von ISAC beim Simplifizieren von Termen und beim Lösen von elementaren Gleichungen erkunden (diesbezügliche Fragen waren in der vorhergehenden Doppelstunde gestellt worden).

Die laut Projektplan vorgesehenen vergleichenden Leistungserhebungen bei methodischen Varianten erschienen bei diesem geänderten Softwareeinsatz nicht zweckmäßig.

4 ERGEBNISSE

4.1 Ergebnisse zum fachübergreifenden Unterricht

4.1.1 Befragung der Lehrer

Die Auswertung der Lehrer-Fragebögen (Langfassung in Anhang A.1) hat ergeben:

- Hinsichtlich der Einschätzung, welche mathematischen Konzepte für welche Anwendungen in der Statik wichtig sind, besteht große Übereinstimmung zwischen den Lehrern der Statikfächer.
- Die Konzentration des vorliegenden Projektes auf ‚Biegelinien‘ war gut getroffen, da sie die gesamte Anwendung der Differential-Integral-Rechnung in den Statikfächern österreichischer HTLs abdeckt.

Als besonders nützlich hat sich erwiesen, dass die Fragebögen einen guten Ausgangspunkt für weitere Gespräche lieferten. Diese ergaben eine Fülle von Details, die zwischen Mathematik und Statikfächern noch besser abzugleichen wären:

- Abgleichen der Notation (‚V‘ für Querkraft statt ‚Q‘ etc.)
- Abgleichen der Fachsprache (‚infinitesimale‘ oder ‚differentielle‘ Größe ?)
- Abgleichen der Grundtechniken (z.B. Geradengleichung für Dreieckslast)
- Abgleichen der Erklärungen (‚dA‘ in $A = \int_A dA$ etc.)

4.1.2 Befragung der Schüler

Die Auswertung der Schüler-Fragebögen (Langfassung in Anhang A.2) hat ergeben:

- Die Metakognition zum fachübergreifenden Bereich zwischen Mathematik und Statik ist gut entwickelt: Die Einschätzung der Schüler, welche mathematischen Konzepte für welche Anwendungen in der Statik wichtig sind, besteht große Übereinstimmung mit den Lehrern.
- Die Erhebung der Fähigkeiten in der mathematischen Modellbildung fördert deutliche Defizite zutage. Der Ausdruck $\frac{dM}{dx}$ wurde gut in seiner technischen Bedeutung erklärt, mathematische Begriffe wie ‚Differentialquotient‘ oder seine Bedeutung für die Ableitung von Momenten fehlten jedoch in den Schülerantworten. Analoges war beim Integral, bei $\int_A \sigma \cdot dA$ zu beobachten (siehe Anhang A.2, Frage 5). Diese Kenntnisse verbesserten sich nicht signifikant von der ersten zur zweiten Befragung.
- Spezielle nützliche Kenntnisse aus dem fachübergreifenden Bereich lassen sich kurzfristig verbessern: Zur Stetigkeit und Differenzierbarkeit von Belastungsfunktion bis Biegelinie brachte eine Klasse signifikant bessere Ergebnisse in der zweiten Befragung.

4.1.3 Sammlung fachübergreifender Anwendungsaufgaben

Die Sammlung der Anwendungsaufgaben führte zu 12 Beispielen zu Biegelinien verschiedener Träger unter verschiedenen Lasten und zu Schnittgrößenberechnung verschiedener Trägerquerschnitte. Die Aufgaben wurden im Contentmanagement-System ‚moodle‘ mit Angabe und teilweise mit Lösungsweg bereitgestellt (<http://edu.htlortwein-graz.ac.at/moodle>). Der Zugriff ist derzeit für Lehrer freigegeben, jener für Schüler wird noch zu diskutieren sein.

4.2 ISAC als Tutoring-System für ‚Biegelinien‘

Das ISAC Basis-System wurde in folgender Weise an die Anforderungen des Unterrichtes in AMFT angepasst.

4.2.1 Ein System transparent für den Lernenden

Die Funktionalität des Basis-Systems als ‚transparent system for applied math‘ steht nach Authoring des Stoffgebietes ‚Biegelinien‘ in folgenden Details zur Verfügung:

4.2.1.1 ISAC zeigt alle Zwischenschritte an,

die vom Benutzer angefordert werden. Dies sind beim Berechnen von Biegelinien:

- Die Anwendung der Sätze aus der Theorie der Biegelinien:

Querkraft_Belastung	"V' x = -q x"
Belastung_Querkraft	"-q x = V' x"
Moment_Querkraft	"M_b' x = V x"
Querkraft_Moment	"V x = M_b' x"
Neigung_Moment	"y'' x = -M_b x / EI"
Moment_Neigung	"M_b x = -EI * y'' x"

- Die Schritte samt Integrationsregeln bei der Integration von univariaten Polynomen
- Die Schritte samt Umformungsregeln beim Lösen von linearen Gleichungssystemen.

4.2.1.2 ISAC zeigt das verwendete Mathematik-Wissen an,

wenn es der Benutzer fordert (kein ‚input-overflow‘ beim Schüler), und zwar in demselben Format, wie es von ISACs Mathematik-Engine interpretiert wird. Für das Berechnen von Biegelinien ist dies:

- Der Problemtyp ‚Biegelinie ohne singuläre Kräfte‘ samt zugehöriger Lösungsmethode
- Der Problemtyp ‚Integration univariater Polynome‘ samt Lösungsmethode
- Der Problemtyp ‚lineare Gleichungssysteme in Dreiecksform‘ samt Lösungsmethode.

4.2.2 Interaktive Konstruktion von Rechnungen ...

... kann in jedem der obgenannten Schritte durch ISACs Mathematik-Engine erfolgen, wenn der Benutzer die Schritte anfordert („auto“, „next“), oder durch den Benutzer, indem er selbst eingibt. Je nach Phase des Problemlösens sind dies folgende Eingaben.

4.2.2.1 Spezifikationsphase

In der Spezifikationsphase kann die Eingabe folgender Elemente erfolgen:

- Funktionsgleichung der Belastungsfunktion (*nicht* stückweise definiert)
- Randbedingungen bezüglich der Biegelinie und der Steigung der Biegelinie.
- Problem-Typ ‚Biegelinie ohne singuläre Kräfte‘ (hier wird erst dann eine Lerngelegenheit geboten werden, sobald die Wahlmöglichkeiten infolge der Erweiterung der Wissensbasis wachsen.)
- Die Methode zum Lösen des obigen Problemtyps (Lerngelegenheit analog zu oben)

Diese Elemente spezifizieren die Aufgabenstellung im Rahmen des derzeit vorgegebenen Mathematikwissens so weit, dass sie von System automatisch gelöst werden können, und dass dem System automatisches Generieren von Feedback auf Benutzereingaben ermöglicht werden.

4.2.2.2 Lösungsphase

In der Lösungsphase werden die Rechenschritte in Richtung der Lösung des Problems konstruiert. Gemäß dem Design des Basissystems können (nach erfolgreicher Spezifikationsphase) alle Schritte sowohl vom System vorgeführt als auch vom Schüler eingegeben werden.

Vom System wird (derzeit) in zwei Varianten vorgeführt:

- Jeder Schritt einzeln (Button <next>)
- Alle Schritte bis zum Endergebnis in einem Zug (Button <auto>)

Dem Schüler sind folgende Eingaben möglich:

- Eingabe der Formel für einen Rechenschritt (wobei das System eine Ableitung von der vorhergehenden Formel zu geben versucht – gefolgt von entsprechendem Feedback).
- Auswahl einer Regel (aus einer Liste), die die nächste Formel erzeugen soll.

4.2.3 Kontext-basierter Zugriff auf das Mathematik-Wissen

Unter Kontext wird hier ein bestimmter Zustand in Rahmen einer bestimmten Rechnung verstanden. Der Schüler kann also während der Rechnung jederzeit auf jenes Wissen zugreifen, das zur gleichen Zeit vom System für diese Rechnung verwendet wird (siehe Punkte 4.2.1.1 und 4.2.1.2. sowie 4.2.2.1. und 4.2.2.2.). Dies ist der Beispiels- und Anwendungs-orientierte Zugang zu Wissen, der von ISAC in der nur für Software möglichen, dynamischen Weise unterstützt wird.

Andererseits unterstützt ISAC auch den (statischen) Zugriff entlang der Struktur des abgelegten Mathematikwissens, nach Theorien, Problemen und Methoden. Alle diese drei Bereiche bieten sowohl hierarchisch strukturierten Zugriff als auch beliebiges ‚Verlinken‘ der Elemente.

4.3 Beurteilung des ISAC-Systems durch Benutzer

Zur Beurteilung stand ISACs Tutoring-System, nicht das Authoring-System. Letzteres wurde lediglich von 2 Lehrern in einer sehr schwer zu benutzenden vorläufigen Version für das Mathematikwissen und die Erklärungen zu ‚Biegelinien‘ verwendet.

4.3.1 Beurteilung durch die Lehrer

Die Beurteilung von ISAC durch die Lehrer haben wir mittels Fragebogen (ausführliche Auswertung Anhang A.1), in einer Diskussion anlässlich der Demonstration der Software, und in nachfolgenden Gesprächen erhoben. Im Folgenden differenzieren wir aufgrund verschiedener Voraussetzungen.

Beurteilung durch die Statiklehrer:

- Die Statiker sind am Einsatz von ISAC in ihrem Unterricht nicht interessiert. Als Gründe dafür wurden genannt: Es steht bereits Software (namens ‚Ruck-Zuck‘) zur Verfügung, die die Anforderungen hinsichtlich grafischer Darstellung perfekt genügt, der Zeitrahmen von 2 Wochenstunden sei zu kurz für weitere Software, es bestünden keine Erfahrungen mit Algebrasystemen.
- Die Vereinheitlichung der Notation, der Fachsprache und der Erklärungen und ihre Präsentation im Mathematikunterricht wurde für sehr wichtig gehalten.

Beurteilung durch die Mathematiklehrer:

- Die Mathematiker haben alle Erfahrungen mit Algebrasystemen und halten den Einsatz von ISAC im derzeitigen Ausbaustadium (nur so wenige Stoffgebiete) nicht für sinnvoll.
- Dem Anliegen des Projektleiters, Begeisterung für das Authoring zu wecken, war aufgrund der unübersichtlichen Handhabbarkeit der Autorenwerkzeuge auch noch wenig Erfolg beschieden.

4.3.2 Beurteilung durch die Schüler

Die Schüler hoben nach der relativ kurzen Zeit der Verwendung von ISAC hervor:

- Einfache Benutzbarkeit, keine Einführung notwendig (gewöhnungsbedürftig war lediglich der Doppelklick zum Beginnen des Editierens)
- Hilfreiche Darstellung aller Zwischenschritte. Das Fehlen des Kontext-basierten Zugriffes auf die Theoreme (Beschreibung, Beweis, Erklärung) wurde bemängelt.
- Der Kontext-basierte Zugriff auf die Probleme beim Gleichungenlösen (Zugriff auf die Gleichungstypen) brauchte gesonderte Erklärung, weil die Handhabung der Problem-Browser softwaretechnisch noch nicht gut gelöst war.

5 INTERPRETATION UND AUSBLICK

Dieses Projekt verband den ersten Schritt zur Einführung der neuen Basissoftware ‚ISAC‘ für angewandte Mathematik mit der Unterstützung für innovative fachübergreifende Unterrichtsorganisation an der HTL Graz – Ortweinschule.

Für den fachübergreifenden Technik-Unterricht ergaben sich konkrete Hinweise auf Verbesserungsansätze beziehungsweise die Bestätigung von bekannten Notwendigkeiten fachübergreifender Koordination, die nun künftig noch mehr unterstützt werden können.

Der erste Praxiseinsatz von ISAC, die sich in Entwicklung an der TU Graz befindet, hat die methodische Variabilität der Software, ihre umfassende Hilfestellung für den Schüler sowie ihren Nutzen im Authoring durch Experten des Anwendungsgebietes (im gegebenen Fall Baustatik) im erhofften Ausmaß gezeigt.

5.1 Verbesserungsansätze für fachübergreifenden Technik-Unterricht

Die innovative Unterrichtsorganisation besteht aus einem im Rahmen der Schulautonomie eingeführten Unterrichtsgegenstand ‚Angewandte Mathematik und Fachtheorie (AMFT)‘, der Mathematiklehrern zusammen mit Statiklehrern gemeinsame Unterrichtszeit in den Abschlussklassen zuteilt --- eine Organisationsform, die eine Reihe altbekannter pädagogischer Forderungen (von Abteilungs-spezifischer Lehrstoffverteilung bis Teamteaching) zur aktuellen Herausforderung macht.

Einige Verbesserungsansätze konnten erarbeitet und zum Teil auch realisiert werden, wie im Folgenden beschrieben.

5.1.1 Planung Mathematik und Statik übergreifend

Die Hinweise auf Verbesserungsansätze erhielten wir aus umfassenden Fragebogenaktionen bei Statik- und Mathematiklehrern, und insbesondere aus den darauffolgenden Gesprächen.

Die gefundenen Ansätze sind keineswegs neu (fachübergreifendes Abgleichen von Notation, Fachsprache, Grundtechniken und Erklärungen), vielmehr sind sie lange schon Gegenstand von einmal und einmal weniger organisierten Bemühungen an den Bauabteilungen. Aber ihre Umsetzung im Schulalltag ist eben schwierig.

Umsomehr hoffen wir auf neuartige Unterstützung durch Medien im E-Learning (Ausblick 5.2.2 und 5.2.1).

Ein heuer schon gesetzter konkreter Schritt ist die neue Beispielsammlung (Punkt 4.1.3, <http://edu.htlortwein-graz.ac.at/moodle>), die eine Voraussetzungen für den Aufbau von E-Learning-Einheiten schaffen.

5.1.2 Grundbegriffe Differential/Integral an Statik ausrichten

Was im obigen Punkt für den gesamten fachübergreifenden Bereich und für künftige Aktivitäten erhoffen, haben wir in diesem IMST-Projekt in einem beschränkten Bereich tatsächlich umgesetzt.

Eine Beschränkung betrifft den Unterrichtsinhalt auf ‚Biegelinien‘ (mit stetiger Belastungsfunktion) und den Schülerkreis von einer Maturaklasse (5AHZ) und zwei dritten Klassen (3AHZ, 3ATZ).

Innerhalb dieses beschränkten Bereiches haben die Schüler Notation, Fachsprache, Grundtechniken und Erklärungen abgestimmt zwischen Mathematik- und Statiklehrer im Tutoringsystem ISAC präsentiert bekommen.

Die Evaluation der Effizienz dieses Abgleichens steht noch aus.

5.2 Der Nutzen der neuen Basis-Software

Die neue Basissoftware ISAC wurde sowohl in Ihrer Funktion als Tutoringsystem als auch in ihrer Funktion als Autorensystem erstmals einem schulischen Praxistest unterzogen.

Ursprünglich hatten die Entwickler an der TU gedacht (und so war es auch im Projektantrag geplant), dass der Nutzen von ISAC vor allem darin läge, dass *beide* Fachgruppen, die Mathematiker und die Statiker *dieselbe* Software benutzen. Diese Annahme hat sich als falsch herausgestellt: die Statiker haben schon die Software ‚RuckZuck‘, die ihren Vorstellungen entspricht. Der Nutzen von ISAC liegt vielmehr in der Kombination der beiden Punkte 5.2.1 und 5.2.2.

5.2.1 Umfassende Hilfestellung für den Schüler

In den Abschnitten 4.2.1, 4.2.2 und 4.2.3 finden sich in ausführlichen Listen die Hilfestellungen, die ISAC dem Schüler bei der interaktiven Arbeit an Anwendungsbeispielen (exemplarisch für Biegelinien) im Unterricht geboten hat.

Zusammenfassend sei nochmals festgehalten: Das System hilft beim exakten Spezifizieren von Aufgabenstellungen und beim korrekten Setzen von Rechenschritten -- mit dem Maschinen eigenen Rigor, wobei der Spielraum für Alternativen in den Rechengängen eine bisher nicht gekannte Weite erhält.

Der Schüler kann aus der übersichtlichen Rechnung bei jedem Schritt das gerade verwendete Wissen einsehen: Wie löse ich das Integral (mathematischer Kernstoff) ? Warum ist die Querkraftslinie die Ableitung der Momentenlinie (Theorie aus der Baustatik) ? -- das System antwortet geduldig aus einer vollständigen Wissensbasis für den Kontext eines konkreten Rechenschrittes.

Der konkrete Nutzen für den fachübergreifenden Unterricht in Mathematik und Statik an unseren Bauabteilungen wird künftig darin bestehen, dass ISAC bei den Übungen im Mathematikunterricht dem Schüler nicht nur das zugrunde liegende Mathematikwissen (Integration) anbietet, sondern auch das Wissen zur Modellbildung in technischen Anwendungen (zu Schwerpunkten, Momenten, Biegelinien etc).

5.2.2 Abteilungsspezifisches Authoring

ISAC ist ein Autorensystem in mehreren Schichten: Das Mathematikwissen ist zu implementieren (siehe Abschnitt 3.2.1); dieses ist allgemein gültig (zum Beispiel die Integrationsregeln). Die Elemente dieses Wissen können mit Erklärungen in beliebigem multimedialem Format versehen werden.

Solche Erklärungen bilden den wertvollsten Schatz einer fachorientierten HTL-Abteilung, der die pädagogische Erfahrung seiner Techniklehrer repräsentiert und der durch deren Erfahrungsaustausch über die Jahre optimiert wird. Und einen ersten Teil solcher Erfahrungen zum Thema ‚Biegelinien‘ hat ein Statiklehrer erfolgreich in ISAC implementiert.

Das ist der herausragende Erkenntnisgewinn aus diesem Projekt: der direkteste Nutzen von ISAC für den fachübergreifenden Unterricht an unserer Schule liegt darin, dass die Software die speziellen Notationsformen (inklusive der an der Abteilung vereinbarten Bezeichnungen, zum Beispiel V für die Querkraft) und die Erklärungen unserer Techniker (als Autoren von ISAC's Wissensbasis) in den Mathematikunterricht hinüberträgt und diesen sehr konsequent an der abteilungsspezifischen Anwendung orientiert.

5.2.3 Methodische Variabilität für den Lehrer

Die laut Projektantrag geplanten ‚fachübergreifenden Unterrichtssequenzen zu ‚Biegelinien‘ in mehreren Varianten (Anwendung zuerst / Mathematik zuerst, die Software als Medium entdeckenden Lernens / als Medium des Übens und Festigens, etc.) haben sich aus erwähnten Gründen (Einleitung zu Punkt 3) in den Maturaklassen nicht durchführen lassen.

Unter Ausnutzung der sich ergebenden Möglichkeiten haben wir die methodische Variabilität von ISAC anhand des Einsatzes in zwei sehr unterschiedlichen Unterrichtssituationen gezeigt (Abschnitt 3.2.3):

- (1) Einsatz in AMFT zum Üben und Festigen für die Maturavorbereitung der 5AHZ Klasse.
- (2) Einsatz in AM (Angewandte Mathematik) in zwei dritten Klassen für entdeckendes Lernen.

In beiden Fällen kommt ISAC mit seiner ‚Transparenz‘ dem Schüler entgegen und beantwortet die jeweils verschiedenen Fragen, die der Schüler aus seiner Lernsituation heraus stellt --- ganz entsprechend der Zusammenfassung in Abschnitt 5.2.1 oben. Die Rückmeldungen beider Schülergruppen waren entsprechend positiv (Abschnitt 4.3.2).

5.3 Ausblick

Die abschließende Zusammenfassung dieses Projektberichtes hat schon bisher einige konkrete Anregungen für *zukünftige* Aktivitäten an der HTL Graz – Ortweinschule gegeben. Zu allerletzt seien noch allgemeinere Ausblicke auf die erhoffte weitere Entwicklung angedeutet, zumal sich das gegenständliche Projekt als erster Schritt einer neuen Basistechnologie in die schulische Lernpraxis versteht.

5.3.1 Pädagogisch orientierte Weiterentwicklung von ISAC

Die Erfahrungen aus diesem ersten Einsatz von ISAC lassen sich zu folgenden Hoffnungen extrapolieren:

ISAC hat sich als Medium erwiesen, das den Schüler in seinen mathematischen Tätigkeiten so flexibel unterstützt, dass sich für den Lehrer Freiräume für intuitive, orientierende Beratungsarbeit ergeben müssen.

Der Lehrer wird frei für den Vergleich von Methoden, für Bewertung der Adäquatheit der mathematischen Modelle zu den technischen Aufgabenstellungen, für Reflexionen der Rolle der Mathematik in der Technik an sich.

Diese neuen Freiräume sollten eine Intensivierung von Schüler- und Handlungsorientiertem Unterricht unterstützen -- dies auszuarbeiten und zu verifizieren, wäre die Aufgabe des Folgeprojektes.

Diese Hoffnungen umzusetzen, dazu bedarf es einer in wohlüberlegter Weise parallel geführten Entwicklung in drei Richtungen:

- (1) Die technische Entwicklung des Tutoringsystems, des Autorensystems wie der Wissensbasis von ISAC in akademischen F&E-Projekten (Planungshorizont 20 Mannjahre)
- (2) Die Entwicklung einer Dialogführung in ISAC auf Basis wissenschaftlich fundierter Lerntheorie durch akademische Experten, die in die F&E-Projekte (1) eingebunden sind
- (3) Einführung des Tutoring- wie des Authoringsystems in enger und evaluierter Kooperation mit Lehrern zusammen mit den etablierten Institutionen unterrichtspraktischer Forschung.

5.3.2 Österreichs HTLs als ideale ‚Entwicklungsumgebung‘

ISAC als Basistechnologie für angewandte Mathematik sieht seine Entwicklung in internationalem Rahmen.

Der internationale Vergleich sowie der Vergleich der österreichischen HTLs mit einschlägigen Fachhochschulen und Technischen Universitäten macht die hervorragenden Voraussetzungen klar, die HTLs für die Entwicklung von Software für angewandte Mathematik bieten:

In welcher höheren Schule wird die Expertise der Mathematiklehrer ergänzt durch die Expertise von akademisch gebildeten Technikern in der Anwendung von Mathematik wie an Österreichs HTLs ? In welcher FH oder TU wird dem Studenten in der Aufbereitung und Verständlichkeit des vermittelten Stoffes soweit entgegengekommen wie an einer HTL ? Zwischen welchen akademischen Instituten hat die fachübergreifende Zusammenarbeit in der Lehre ähnlich gute Voraussetzungen wie die Zusammenarbeit zwischen Lehrern an einer HTL ?

Der weiteren Entwicklung von ISAC lässt sich derzeit nichts besseres wünschen, als in dieser ‚Entwicklungsumgebung‘ fortzufahren.

5.4 Danksagung

Abschließend sei die im Projektantrag 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 diesen ersten 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.

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 IMST² – 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 IMST². Innsbruck, Wien, München, Bozen: StudienVerlag.

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> (1.7.2006).

<http://www.ortweinschule.at> (1.7.2006).

ANHANG

A1.a Fragebogen Lehrer

A1.b Befragung der Lehrer – Ergebnisse

A2.a Fragebogen Schüler

A2.b Auswertung der Schülerbefragung