

***physik multimedial*: Entwicklung und Erprobung eines Online-Aufgabenmanagementsystems**

Jürgen Petri*, Dagmar Schick⁺, Helga Knopf[#], Hans-Erich Riedel[#], Christoph Schick⁺, Andreas Wurm⁺

* Universität Bremen, Fachbereich Physik / Elektrotechnik, Institut für Didaktik der Physik

⁺ Universität Rostock, Fachbereich Physik, AG Polymerphysik

[#] Universität Rostock, Fachbereich Physik, AG Didaktik der Physik

(Eingegangen: 02.08.2004; Angenommen: 19.08.2004)

Kurzfassung

Im Verbundvorhaben *physik multimedial* entwickelten mehrere Universitäten ein inhaltlich auf die Lehre und das Studium der Physik als Nebenfach zugeschnittenes Angebot von multimedialen Lehr- und Lernmodulen. Zur Steigerung der Qualität der Lehre unterstützt die aus dem Projekt hervorgegangene Lehr- und Lernplattform *physik multimedial* die Integration von Multimedia in die Hochschullehre innerhalb verschiedener didaktischer Szenarien, die den sehr unterschiedlichen Möglichkeiten und Bedürfnissen der einzelnen Lehrenden Rechnung tragen. Speziell zur Unterstützung der Präsenzübungen zu Physikvorlesungen bietet *physik multimedial* ein Aufgabenmanagementsystem (AMS), das die online Erstellung, Distribution und Bearbeitung von Übungsaufgaben ermöglicht. Der folgende Beitrag stellt das entwickelte AMS vor und fasst die bisherigen größtenteils sehr positiven Einsatzerfahrungen an der Universität Rostock zusammen. In früheren Beiträgen zu *physik multimedial* wurde an dieser Stelle bereits über die Implementation der Plattform [1] und die entwickelten hypermedialen Lernumgebungen (Selbstlerneinheiten) [2] berichtet.

1. Einleitung

Das hochschuldidaktische Entwicklungsvorhaben *physik multimedial*¹, kurz *pm*², wurde vom BMBF im Rahmen des Programms "Neue Medien in der Bildung" im Bereich Hochschule gefördert. Unmittelbar am Projekt beteiligt waren acht Arbeitsgruppen an fünf Standorten des Verbunds Norddeutscher Universitäten (Bremen, Greifswald, Hamburg, Oldenburg und Rostock). Weitere Kooperationen bestanden mit den Universitäten in Berlin (TU), Düsseldorf und Potsdam sowie der FH Gelsenkirchen.

Bis zum Ende des Förderungszeitraums gelang es, ein strukturiertes Angebot von Multimedia-Modulen, die didaktisch und methodisch primär auf die Lehre und das Studium der Physik als Nebenfach abgestimmt sind, zu entwickeln und zusammen mit einem Contentmanagementsystem an einer Reihe von Hochschulen als Lehr- und Lernplattform *physik multimedial* (<http://www.physik-multimedial.de>) zu implementieren. Der Implementation kam dabei eine ebenso große Bedeutung zu wie der Modulentwicklung [3]. Die Bedingungen der Implementation waren zum einen dadurch geprägt, dass die Studierenden der Physik im Nebenfach, deren Hauptfächer ein Spektrum von Medizin und Psychologie über Biologie und Chemie bis zu Maschinenbau und Elektrotechnik abdecken, sehr große Unterschiede hinsichtlich ihrer physikalischen Vorbildung zeigten [4]. Zum anderen war und ist die

Nebenfachlehre an den einzelnen Hochschulen inhaltlich und organisatorisch sehr unterschiedlich gestaltet [1].

2. Die didaktische Konzeption von *physik multimedial*

Um diesen Bedingungen hinsichtlich der Lehrenden Rechnung zu tragen, setzt die in *physik multimedial* gewählte Implementationsstrategie für den Einstieg in die Nutzung von Multimedia bewusst keine strukturellen Einschnitte in bestehende Veranstaltungskonzepte voraus. Hochschuldidaktisch wird den Lehrenden vielmehr ein gestaffeltes System von Szenarien angeboten, das ihnen erlaubt, die Konzeption ihrer Präsenzlehre entsprechend ihren jeweiligen Wünschen und Möglichkeiten mittels des Einsatzes von Multimedia weiter zu entwickeln. Die Szenarien unterscheiden sich zum einen bzgl. Intensität und Umfang der Nutzung der Plattform für das Management von Lehrveranstaltungen und zum anderen im Grad der didaktisch-methodischen Weiterentwicklung bestehender Lehrveranstaltungskonzeptionen. Dieser Grad der Weiterentwicklung hängt wesentlich von Umfang und Art der Nutzung der angebotenen Physik-Module ab.

Im Didaktik-Modul der *pm*²-Plattform werden vier Szenarien unterschieden und erläutert:

- Szenario 1: Niederschwelliger Einstieg in die Nutzung der Plattform
- Szenario 2: Breite technische Nutzung der Plattform

¹ Förderkennzeichen: 08NM 102

- Szenario 3: "Blended Learning" - Verzahnung von Präsenzlehre und e-Learning
- Szenario 4: "Workshop Physics" - weitgehende didaktisch-methodische Umgestaltung der Lehre

Detailliertere Ausführungen zu Szenario 3 ("Blended Learning"), das durch eine Verzahnung von Präsenzlehre und e-Learning-Phasen gekennzeichnet ist, finden sich z.B. auch in [5]. Die noch weitergehende Umstrukturierung von Lehrveranstaltungen führt auf den "Workshop Physics-Ansatz". Dabei werden Vorlesungen überwiegend oder auch vollständig durch Kleingruppenarbeit an Lernstationen ersetzt, die sowohl virtuelle Lernangebote und Software-Werkzeuge als auch Realexperimente bieten. Vorbild ist der CUPLE-Ansatz (s. z.B. <http://webassign.net/pasnew/cuple/cuple.html>), der am Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY entwickelt wurde. Das Konzept hat sich an dieser Hochschule gegenüber klassischen Vorlesungen sehr bewährt und wurde an vielen Universitäten international übernommen bzw. adaptiert. Mit *physik multimedial* wird dieser Ansatz an der Universität Potsdam praktiziert.

Der fachdidaktisch optimierte Einsatz von Multimedia manifestiert sich in pm^2 am deutlichsten in den speziell für die Nebenfachausbildung neu entwickelten Selbstlerneinheiten [2], deren angemessene Nutzung eine Lehrveranstaltungs-konzeption im Sinne von Szenario 3 oder 4 erfordert. Für den niederschwelligeren Einstieg in die Nutzung von Multimedia in der Lehre bietet *physik multimedial* zur Physik neben der kommentierten Linksammlung LiLi und einer umfangreichen Medienbank insbesondere ein Online-Aufgabenmanagementsystem, das allen an der Plattform als Lehrende registrierten NutzerInnen zur Verfügung steht. Dieses im Folgenden dargestellte Aufgabenmanagementsystem (AMS) beinhaltet physikalische Übungsaufgaben mit individuellen Wertesätzen für große BenutzerInnengruppen. Ein solches System mit einem Assistenten zur Generierung sehr komplexer Rechenaufgaben mit mehreren Zwischenschritten ist bislang noch in keiner der im deutschsprachigen Raum betriebenen Lehr-Lernplattformen vorhanden.

3. Ausgangslage und Ziele der Entwicklung des AMS

Das in die *physik multimedial* Lehr- und Lernplattform integrierte Aufgabenmanagementsystem wurde unter Federführung der AG Polymerphysik an der Universität Rostock entwickelt.

Die Entwicklung eines solchen Systems war in erster Linie von der besonders unbefriedigenden Situation der Betreuung der Physiknebenfachausbildung für Studierende der Studiengänge Biologie, Chemie sowie Landeskultur und Umweltschutz motiviert: Aus organisatorischer Sicht gestaltete es sich in Zeiten zunehmend knapper Ressourcen immer

schwieriger, eine angemessene Betreuung von Veranstaltungen mit einigen hundert TeilnehmerInnen zu gewährleisten. Gleichzeitig waren die individuellen Physikvorkenntnisse der StudienanfängerInnen sehr unterschiedlich [4] und reichten insbesondere in der Biologie häufig nicht aus, um die gestellten Übungsaufgaben sinnvoll bearbeiten zu können. Eine individuelle Korrektur von Übungsaufgaben in Nebenfachvorlesungen war aufgrund der großen Studierendenzahlen und geringen personellen Ressourcen im Allgemeinen nicht möglich. Das führte auf Seiten der Studierenden häufig zu einer unzureichenden Beschäftigung mit den Aufgaben oder zu "blindem" Abschreiben.

Von einem Aufgabenmanagementsystem versprach man sich auch aus didaktischer Sicht deutliche Verbesserungen zu Gunsten der Studierenden. Es wurden folgende Ziele angestrebt:

- Entwicklung eines browser- und datenbankgestützten Online-AMS zur standortunabhängigen Verwaltung und Bereitstellung der Aufgaben
- Entwicklung eines AMS mit automatisierter Korrektur und statistischer Auswertung der eingesandten Lösungen sowie einer bequem zu handhabenden Eingabemaske
- Personal- und Zeitersparnis zur Gewährleistung eines weiterhin hohen Niveaus der Ausbildung in ökonomisch schwierigen Zeiten
- schnellere und bessere Diagnose der fachlichen Probleme der Studierenden durch automatisierte statistische Auswertung unmittelbar nach Abgabe der Übungsaufgaben.
- Möglichkeit zur gezielten Aufarbeitung der statistisch festgestellten Defizite der Studierenden in den Präsenzübungen
- Intensivierung der lernförderlichen Kooperation und der Diskussion der Aufgaben unter den Studierenden (auch mit den Lehrenden) durch personalisierte Datensätze in den Übungsaufgaben. Personalisierte Datensätze - d.h. alle Studierenden erhalten automatisch Aufgaben mit in sinnvollen Grenzen unterschiedlichen Zahlenwerten - verhindern ein "blindes Abschreiben" der Lösungen der Aufgaben

Über die *physik multimedial*-Plattform kann das System standortübergreifend eingesetzt werden und über die Kooperation von Lehrenden in der Entwicklung und Nutzung von Übungsaufgaben zur Qualitätssteigerung in der Lehre beitragen.

4. Die Entwicklung des AMS

Zu Projektbeginn im April 2001 konnten die Studierenden der Fächer Chemie sowie Landeskultur und Umweltschutz in Rostock bereits über das Internet auf Übungsaufgaben zur Physik zugreifen (nicht personalisierte Datensätze). Die Aufgaben wurden über einen lokalen Server bereitgestellt. Die einzelnen Lösungen erreichten die Lehrenden per e-

Mail und mussten "von Hand" in ein System zur Auswertung eingetragen werden.

In der Entwicklung des AMS lassen sich drei Phasen unterscheiden:

- Konzeptionierungsphase (04/2001 – 09/2001): Entwicklung von Leistungskriterien.

Unter Berücksichtigung der bisherigen Erfahrungen wurden zunächst Leistungskriterien für das AMS entwickelt, die sowohl inhaltlich als auch unter technischen Aspekten diskutiert worden waren. Es ging dabei um die Konzeption des AMS selbst sowie um dessen Anbindung an die zu entwickelnde Plattform.

- Pilotentwicklungsphase (10/2001-09/2002): Entwicklung einer ersten datenbankbasierten Lösung.

Zur Aufgabeneingabe wurde ein Webformular bereitgestellt, in das in verschiedenen Schritten Aufgabenstellung, sinnvolle Wertebereiche der zu verwendenden Variablen, Bilder und Formeln, die eigentlichen Fragestellungen, Berechnungen, detaillierte Lösungswege (mit Teillösungen, Gesamtlösung und den dazugehörigen Maßeinheiten) eingetragen werden konnten.

Sobald die pm^2 -Plattform zur Verfügung stand, erfolgte darüber in einer ersten datenbankbasierten Lösung die Anmeldung aller NutzerInnen, d.h. sowohl der Lehrenden als auch der Studierenden (in Rostock).

- Implementationsphase (10/2002-12/2003): Entwicklung und Implementation der aktuellen Version des AMS.

Über die pm^2 -Plattform erfolgte nun nicht nur die Anmeldung der NutzerInnen, sondern auch die Bereitstellung der Aufgaben innerhalb der dort verwalteten Kurse. Jedem Kurs konnten über kursspezifische Daten wie Abgabedatum, Lösungsdatum, Anzahl der möglichen Eingabeversuche und zu vergebende Punkte einheitliche Kriterien für alle KursteilnehmerInnen zugeordnet werden. Somit erhielt jede/r Studierende Aufgaben mit personalisierten Datensätzen. Über ein Eingabe-Formular wurden die Lösungen an die Datenbank geschickt. Die Überprüfung der Richtigkeit sowie das personalisierte Feedback an die Studierenden erfolgten automatisch, entweder sofort oder nach Ablauf einer vorgegebenen Frist.

Unter Berücksichtigung der Erfahrungen mit vergleichbaren Systemem, z.B. LONCAPA (<http://www.loncapa.org>) sowie weiterer fachdidaktischer und softwareergonomischer Aspekte wurde das AMS schließlich von den pm^2 -Kooperationspartnern in Gelsenkirchen neu programmiert und in Absprache mit den zuständigen Gruppen in Rostock und Bremen zur gegenwärtig verfügbaren Form weiter optimiert.

Die Maske zur Eingabe von Aufgaben wurde verbessert, so dass jede/r registrierte Lehrende unter Nutzung einer bereit gestellten Anleitung eigene Aufgaben ins System einstellen kann.

Über eine Kursstatistik können sich die Lehrenden nun jederzeit einen Überblick über die automatisch vergebenen Punkte in ihren Kursen verschaffen und in Präsenzveranstaltungen darauf Bezug nehmen.

Eine einmal eingegebene Aufgabe kann jetzt von den Lehrenden in verschiedenen Kursen eingesetzt werden. Außerdem steht sie anderen Lehrenden zur Verfügung bzw. kann abgeändert werden. Zusammen mit der automatischen Auswertung trat eine erhebliche Zeitersparnis im Vergleich zu Papier basierten Übungen ein.

Seit dem SoSe2003 wird das System in Rostock im Lehrbetrieb eingesetzt, ab dem WiSe 2003/2004 auch an weiteren Universitäten und Gymnasien. An der Universität Rostock nahmen seit dieser Zeit ungefähr 200 StudentInnen an Kursen teil, in denen das AMS eingesetzt wurde. Das AMS ist integraler Bestandteil der Lernplattform *physik multimedial* und läuft nach anfänglichen kleinen Problemen ausgesprochen stabil und mit hoher Verfügbarkeit.

5. Die Beschreibung des AMS

Gegenwärtig stehen im System ca. 350 Physik-Übungsaufgaben zur Verfügung. Hierbei handelt es sich fast ausnahmslos um quantitative Aufgaben, bei denen von den Studierenden Zahlenwert und Einheit verschiedener Teillösungen einzugeben sind. In einigen Aufgaben sind Animationen integriert, aus denen zum Teil in virtuellen Experimenten Messwerte ermittelt werden müssen, die dann quantitativ weiter auszuwerten sind.

Von Art und Niveau her sind die Aufgaben der Zielsetzung des Projektes entsprechend in erster Linie für die Nebenfachausbildung konzipiert und geeignet.

Jeder an der pm^2 -Plattform registrierte Lehrende kann Aufgaben ins System eingeben. Die AutorInnen der jeweiligen Aufgaben können entscheiden, inwieweit sie ihre Aufgaben anderen NutzerInnen des Systems zur Verfügung stellen wollen (Optionen: sperren, ansehen, verwenden oder kopieren und verändern). Bisher stehen alle Aufgaben im AMS allen Lehrenden mindestens zur Ansicht zur Verfügung (s. Abb. 1), so dass standortübergreifend Aufgaben und entsprechende Anregungen ausgetauscht werden können.

In Abbildung 1 sind rechts die im AMS zur Verfügung stehenden Aufgaben angezeigt (alphabetische Reihenfolge, Stand Juni 2004). Die orange unterlegten Symbole weisen darauf hin, dass die entsprechende Aufgabe zurzeit von Studierenden im Rahmen einer Lehrveranstaltung bearbeitet wird. Das zu allen Aufgaben aktivierte linke Icon zeigt an, dass die Aufgabe von allen Lehrenden eingesehen werden kann. Die beiden nicht aktivierten Icons

rechts daneben bedeuten, dass die jeweilige Aufgabe (außer vom Autor bzw. der Autorin) weder verändert noch gelöscht werden kann.

Ein Klick auf "Neu" öffnet die Eingabemaske für neue Aufgaben. Die Eingabe erfolgt in fünf Schritten, bis alle Optionen, beispielsweise die Intervalle für die Vergabe der jeweiligen per-

sonalisierten Datensätze und ggf. Fehlertoleranzen für die Lösungen, eingegeben sind. Bei der Formulierung der Aufgabe sind bestimmte Syntaxregeln zu beachten. Eine ausführliche Bedienungsanleitung hierzu steht als pdf-Dokument und teilweise online zur Verfügung.

The screenshot shows the 'Aufgaben' (Tasks) overview page. On the left is a sidebar with navigation buttons: 'Kursstatistik', 'Hilfe zum System', 'Formeleditor', 'Meine Daten', and 'Logout'. The main area is titled 'Aufgaben anzeigen' and includes a search filter and a pagination control showing '1 - 20 von 340 insgesamt'. Below this is a table of tasks.

Nr	Name »	Fach	Gebiet	#Fragen	Defaultwerte
177	Abkühlung		Gebiet: Mechanik	1	
339	Abrissbirne		Gebiet: - Schwingungen	4	
130	Adiabatische Prozesse		Gebiet: Wärmelehre	1	
393	Alcohols	Fach: Biologie	Gebiet: - Aufbau der Stoffe	1	
76	Ankerspule		Gebiet: Elektrizität und Magnetismus	2	
364	Atom/Kern	Fach: Physik	Gebiet: Moderne Physik	1	
428	Aufladen und Entladen eines Kondensators		Gebiet: Elektrizität und Magnetismus	3	
122	Aufladungsvorgang		Gebiet: Elektrizität und Magnetismus	1	
61	Auftrieb		Gebiet: Mechanik	1	
272	Auslenkung Fadenpendel		Gebiet: Mechanik	1	
309	Becherglas mit und ohne Holz		Gebiet: Mechanik deformierbarer Medien	1	
249	beispielaufgabe			4	

Abb. 1: Ansicht des AMS, die Lehrende nach dem Login unter "Aufgaben/Übersicht" erhalten.

Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für eine quantitative Aufgabe, wie sie in der Ansicht der Lehrenden erscheint. Unter anderem sind die Punkteverteilung und die Schranken für die Generierung der personalisierten Datensätze zu erkennen.

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen Beispiele für eine quantitative Aufgabe, wie sie sich in der Ansicht der Studierenden vor bzw. nach Ablauf des Abgabetermins darstellen. Der Zahlenwert der Lösung wird in ein Eingabefeld eingetragen. Die dazugehörige Maßeinheit wird aus einem Listenfeld mit verschiedenen zum Teil unsinnigen Maßeinheiten (nicht dargestellt) ausgewählt. Die Auswahl der Maßeinheit aus einer Liste hat sich aus programmtechnischer Sicht als sinnvoll erwiesen, da es verschiedene Möglichkeiten der Schreibweisen von Maßeinheiten gibt, was den Vergleich mit der richtigen Maßeinheit erheblich erschwert.

Die Fragestellung ist nicht unmittelbar in den Aufgabentext integriert, sondern erfolgt separat, wobei grundsätzlich innerhalb einer Aufgabe Bearbeitungsformate unterschiedlichen Typs (quantitativ, Multiple Choice, Animationen) möglich sind. So kann z.B. ein im 1. Schritt berechneter Wert in einer folgenden Multiple Choice-Frage von den Studierenden nach bestimmten Gesichtspunkten beurteilt werden.

Natürlich besteht auch die Möglichkeit, erklärende Medien zu einem Aufgabentext einzufügen. Die Dateiformate JPG, GIF und PNG können unmittelbar eingebunden und kommentiert werden. Auf andere Medientypen kann per Hyperlink verwiesen werden.

Werteset: Default

Name: Drehzahl eines Zylinders (Kopie)

Aufgabentext: Ein Zylinder (Durchmesser = 6 m) rotiert.

Zufall	Min	Max	Default	Student	Step
\$durchm =	0.5	10	6		0.05

- Frage 1 (Formelfrage)

Fragentext: Wie groß muss die Drehzahl des Zylinders sein, damit die Radialbeschleunigung am Zylindermantel gleich der Erdbeschleunigung ist?

Punkte: [Max]: 100 [Verlust]: 10

\$zw2 =
=

\$zw1 = $(1/(2*\pi))*\sqrt{g}/(d/2)$
0.28775298804793 = $(1/(2*\pi))*\sqrt{9.80665/(6/2)}$

Obere Schranke: [+] 2 % Wert: $2,94 \cdot 10^{-1}$

Untere Schranke: [-] 2 % Wert: $2,82 \cdot 10^{-1}$

Ergebnis: $2,88 \cdot 10^{-1}$ Hz [Frequenz]

Die Radialbeschleunigung erhält man aus:

$$a_r = \omega^2 \cdot r$$

mit $a_r = g$ und

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ erhält man}$$

$$g = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{g}{r}}$$

$$f = (1 / (2 \cdot \pi)) \cdot (9.80665 \text{ m/s}^2 / 6/2 \text{ m})^{1/2}$$

$$f = 2,88 \cdot 10^{-1} \text{ Hz}$$

Datensätze: [Anzahl generieren](#)

Abb.2: Beispiel für eine quantitative Aufgabe im AMS – Lehrendenansicht

Aufgabe: Drehzahl eines Zylinders (Kopie)

Kurs: Experimentalphysik für Landeskultur und Umweltschutz [Christoph Schick]

Aufgabentext: Ein Zylinder (Durchmesser = 6 m) rotiert.

Versuche [max]: 1

Abgabe bis: 24.11.2003 - 6.00 Uhr morgens

Abgabedatum überschritten. Eine Eingabe ist nicht mehr möglich!

Lösungsanzeige ab: 24.11.2003 - 6.00 Uhr morgens

Die Lösung wird angezeigt.

» Frage 1 Punkte: - / 100

Fragentext: Wie groß muss die Drehzahl des Zylinders sein, damit die Radialbeschleunigung am Zylindermantel gleich der Erdbeschleunigung ist?

Obere Schranke: [+] 2 % Wert: $2,94 \cdot 10^{-1}$

Untere Schranke: [-] 2 % Wert: $2,82 \cdot 10^{-1}$

Korrektes Ergebnis: $2,88 \cdot 10^{-1}$ Hz [Frequenz]

Lösungsweg: Die Radialbeschleunigung erhält man aus:

$$a_r = \omega^2 \cdot r$$

mit $a_r = g$ und

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ erhält man}$$

$$g = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{g}{r}}$$

$$f = (1 / (2 \cdot \pi)) \cdot (9.80665 \text{ m/s}^2 / 6/2 \text{ m})^{1/2}$$

$$f = 2,88 \cdot 10^{-1} \text{ Hz}$$

Versuche: 1 übrig von 1 insgesamt

Abzug: 10 Punkte (pro Fehlversuch)

Abb.4 Beispiel für eine Studierendenansicht nach Abgabetermin

Aufgabe: Drehzahl eines Zylinders

Kurs: Test [Dagmar Schick]

Aufgabentext: Ein Zylinder (Durchmesser = 3,4 m) rotiert.

Versuche [max]: 2

Abgabe bis: 17.07.2004 - 6.00 Uhr morgens

Lösungsanzeige ab: 17.07.2004 - 6.00 Uhr morgens

» Frage 1 Punkte: - / 100

Fragentext: Wie groß muss die Drehzahl des Zylinders sein, damit die Radialbeschleunigung am Zylindermantel gleich der Erdbeschleunigung ist?

Lösung: (numerisch)

Korrekte Einheit: - Bitte auswählen -

[Keine Lösung überprüfen](#)

Versuche: 2 übrig von 2 insgesamt

Abzug: 10 Punkte (pro Fehlversuch)

[Ansicht aktualisieren](#)

Abb.3: Beispiel für eine Studierendenansicht vor Abgabetermin

Studierende erhalten wie bereits erwähnt zeitlich begrenzten Zugang zu den Aufgaben, die ihrem aktuellen "Aufgabenzettel" entsprechen. Das System ermöglicht Studierenden jedoch innerhalb eines gegebenen Zeitraums, Teillösungen nachzureichen oder die frühere Lösung mit einer überarbeiteten Version zu überschreiben, die dann alleinige Grundlage für die automatisierte Korrektur ist. In Rostock ist derzeit nur eine Korrektur zugelassen. Dies unterstützt die didaktische Intention der Lehrenden, die Studierenden zur Diskussion ihrer Lösungsansätze anzuregen ohne eine "Trial and Error"-Arbeitsweise zu unterstützen. Ergeben sich für Studierende beispielsweise in oder am Rande einer Vorlesung neue Gesichtspunkte, die für die Aufgabe relevant sind, ist noch eine Neubearbeitung der Aufgabe möglich. Hintergrund dieser Option ist die schon dargestellte Absicht, jeden einzelnen Studierenden durch personalisierte Datensätze zu einer intensiven Auseinandersetzung mit den Übungsaufgaben zu motivieren. Nach dem Abgabetermin oder wenn gewünscht sofort steht den Studierenden die kommentierte Lösung ihrer Aufgabe zur Verfügung (Abb. 4).

Die automatische Auswertung der Lösungen ermöglicht eine sehr zeitnahe Abgabe der Lösungen in Bezug auf die Übung in der die Aufgaben durchgesprochen werden sollen. Als günstig hat sich ein Abgabetermin um 6 Uhr morgens am Tag der Übung erwiesen, da Studierende oftmals bis weit nach Mitternacht Lösungen abgeben. Für am Nachmittag stattfindende Übungen ist dann noch genügend Zeit die Lösungen auszuwerten und zu entscheiden, welche Aufgaben in der Übung vorrangig besprochen werden sollen.

Abbildung 5 zeigt die zusammenfassende statistische Auswertung einer Aufgabe aus dem Kurs "Physik für Chemiker" aus dem Sommersemester 2004. Wie zu erkennen ist, erfolgt außerdem eine detaillierte Analyse für jeden Studierenden, die hier aber aus Datenschutzgründen nicht gezeigt ist. Bei der betreffenden Aufgabe gab es offensichtlich bei Frage 2 und Frage 6 häufig Probleme bei der Beantwortung. Solche Teilaufgaben können anschließend in der Präsenzübung gezielt besprochen bzw. durch ähnliche Aufgabenstellungen verständlich gemacht werden.

The screenshot shows a web interface for course management. On the left is a sidebar with navigation options: 'Aufgaben', 'Einheiten', 'Konstanten', 'Administratoren', 'Kursstatistik', 'Hilfe zum System', 'Formeleditor', 'Meine Daten', and 'Logout'. The main content area is titled 'Kursstatistik anzeigen' and displays course information: 'Kurs: Experimentalphysik für Chemiker [Christoph Schick] - [22]', 'Aufgabe: Photonen [07.06.2004] - [38]', and 'Druckansicht: anzeigen'. Below this, it shows 'Kurs: Experimentalphysik für Chemiker' and 'Aufgabe: Photonen'. Statistics include 'Versuche: 2', 'Sofortiges Feedback: Nein', 'Abgabedatum: 07.06.2004', and 'Wertesets generiert: 38'. A table titled 'Lösungen zu den Fragen' shows results for six questions. At the bottom, there is a table for 'Auswertung Studenten' with columns for student ID, name, and scores for each question.

	gesamt	richtig	falsch (davon offen)
Frage 1: Formelfrage	34	32	2 (2)
Frage 2: Formelfrage	34	26	8 (8)
Frage 3: Formelfrage	33	30	3 (2)
Frage 4: Formelfrage	33	31	2 (2)
Frage 5: Formelfrage	33	31	2 (2)
Frage 6: Formelfrage	33	25	8 (8)

Nr.	Vorname	Nachname	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Summe	in %

Abbildung 5: Zur Auswertung einer Aufgabe

6. Bisherige Einsatzerfahrungen

Die Entwicklung und Erprobung des AMS wurde seit Januar 2002 durch Befragungen der betroffenen Studierenden der Studiengänge Chemie sowie Landeskultur und Umweltschutz der Universität Rostock begleitet. Auch diese Befragungen wurden entsprechend der Erprobung der Selbstlerneinheiten (s. [2] und [6]) durch die Erhebung der relevanten Voraussetzungen der Studierenden (s. [4]) sowie die Erarbeitung von Styleguides und einer Handreichung zum entsprechenden Forschungsstand [7] vorbereitet und flankiert. Primäres Ziel der

Befragungen war es entsprechend den Evaluationsmaßnahmen zu den Selbstlerneinheiten, möglichst schnell wesentliche Stärken und mögliche Schwächen des Systems aus Sicht der Studierenden zu identifizieren, um dadurch Steuerungshinweise und Prioritätenlisten für die Weiterentwicklung bis zum ersten Einsatz im Regelbetrieb der Lehre ab Oktober 2002 zu erhalten.

Zusätzlich liegen inzwischen über mehrere Semester Erfahrungen mit dem Einsatz des AMS im Regelbetrieb der Lehre insbesondere aus Rostock vor.

Insgesamt kann konstatiert werden, dass die mit der Entwicklung des AMS auf Seiten der Projektbeteiligten verbundenen grundsätzlichen Ziele und Erwartungen sehr gut erreicht werden konnten. Insbesondere gelingt es, durch die automatisierte Aufgabenauswertung Ressourcen freizusetzen, die nach Aussagen der Lehrenden zu einer didaktischen Verbesserung der Qualität der Präsenzübungen führt, indem gezielter auf fehlerhaft bearbeitete Aufgaben eingegangen werden kann.

Auch auf Seiten der Studierenden ist eine hohe allgemeine Akzeptanz des Systems festzustellen. Viele Studierende sind dem Medium PC gegenüber mehr als aufgeschlossen, sie sind den Umgang mit modernen Kommunikationstechnologien gewöhnt und erwarten die Nutzung im Studium.

Bereits die Pilotversion des AMS erhielt von den Studierenden mehrheitlich gute bis sehr gute Beurteilungen. Gut zwei Drittel der Befragten bescheinigen dem System bereits eine hohe Benutzerfreundlichkeit.

Die Mehrheit der Befragten bevorzugt das AMS bereits gegenüber herkömmlichen Verfahren. Etwa 20% der Studierenden empfinden den zeitlichen Aufwand für die Online-Übermittlung der Lösungen eher als zu hoch. Neben den individuellen technischen Voraussetzungen können hier auch die in den entsprechenden begleitenden Befragungen festgestellten unterschiedlichen Vorkenntnisse im Umgang mit dem Computer eine Rolle spielen.

Unter fachlichem und didaktischem Blickwinkel wird deutlich, dass die physikalischen Vorkenntnisse der Befragten erwartungsgemäß stark ins Gewicht fallen. Tendenziell bewerten Studierende, die nur bis zur 10. Klasse Physikunterricht hatten, die Aufgaben (und auch die Vorlesung) eher als zu schwierig. Die Bewertung des AMS hingegen fällt in dieser Gruppe teilweise sogar positiver aus als bei denjenigen, die Physik bis zum Abitur belegt hatten. Die Zahlen sprechen darüber hinaus dafür, dass die Teamarbeit durch das AMS in dieser Gruppe relativ stark gefördert wird. Auch der Zeitraum für die Bearbeitung der Übungsaufgaben wurde in dieser Gruppe überproportional hoch als angemessen bewertet. Damit korrespondiert die Einschätzung der Lehrenden, wonach das AMS und speziell die Möglichkeit der zweimaligen Lösungseingabe und die harte Vorgabe von Zeitfenstern und Deadlines die Studierenden in der Organisation ihrer Arbeit unterstützt.

Die zeitnahe Besprechung der Übungsaufgaben wird von den Studierenden sehr begrüßt. Abgabe der Lösungen und Besprechung in den Übungen werden als beinahe unmittelbar aneinander anschließend erlebt. Interessierte Studierende nutzen die im AMS bereits vor der Übung angebotene Lösung zur Kontrolle ihrer eigenen Lösung. Dieses führt für diesen Kreis zu einer deutlichen Steigerung der Effizienz der Übungen.

Selbstverständlich regten die Studierenden auch Änderungen und Ergänzungen zur Optimierung des AMS an, u.a. zu den verwendeten Zahlenformaten oder der Eingabe der Lösungen. Aufgrund dieses Feedbacks wurde z.B. in die Eingabemaske ein Button "Meine Lösung überprüfen" eingefügt, der den Studierenden eine Gesamtansicht der von ihnen zu einer Aufgabe eingegebenen Daten zur Endkontrolle vorlegt, bevor die Daten mit "Meine Lösung übernehmen" verbindlich abgeschickt werden.

Darüber hinaus gab es auch einige grundsätzlichere kritische Anmerkungen zur Fixierung des Systems auf Zahlen und quantitative Lösungen, ohne eine Berücksichtigung von Lösungswegen und -ansätzen.

Da die mit dem AMS von den Studierenden bearbeiteten Aufgaben von Beginn an auch im Rahmen der entsprechenden regulären Ausbildungsveranstaltung bewertet wurden, konnten ergänzend zu den Befragungen erste Leistungsvergleiche mit früheren Jahrgängen durchgeführt werden, die in Zusammenhang mit den weiteren erhobenen Daten einen ersten groben Indikator für das Erreichen der angestrebten Ziele liefern können. Erfreulicherweise fiel die auf dem Einsatz des AMS basierende Prüfungsklausur 2003 besser aus als die auf dem früheren "klassischen Übungsbetrieb" basierende Prüfungsklausur 2002. Ob dies auf die gezieltere Bearbeitung von infolge der automatisierten statistischen Lösungsauswertung als empirisch schwierig festgestellten Teilaufgaben zurück zu führen ist, kann gegenwärtig noch nicht festgestellt werden. Da die Befragungen der Studierenden darauf hindeuten, dass die gestellten Aufgaben je nach ihren physikalischen Vorkenntnissen von den Studierenden als sehr unterschiedlich schwierig wahrgenommen werden, ist ein zielgenauerer Bearbeiten von schwierigen Aufgaben aber grundsätzlich ein sinnvolles Instrument um durch unterschiedliche Vorkenntnisse bedingten Leistungsunterschieden entgegen zu wirken. Die sehr positiven Äußerungen der Lehrenden hinsichtlich der von ihnen wahrgenommenen Veränderungen ihrer Präsenzübungen durch das AMS belegen dies.

7. Schlussbetrachtungen

Die bisherigen Nutzungserfahrungen mit dem AMS und die Ausweitung seiner Anwendung über die Universität Rostock hinaus u.a. nach Düsseldorf und Greifswald belegen die grundsätzlich positive Resonanz und das hohe organisatorische wie auch didaktische Leistungspotenzial des Systems. Inzwischen wird das System auch an einzelnen Schulen wie z.B. dem Gymnasium Sanitz und dem Goethe-Gymnasium Rostock (Sek II) erfolgreich eingesetzt. Die dortigen Lehrenden und ihre SchülerInnen beschränken sich nicht auf die Nutzung von verfügbaren Übungen, sondern entwickeln eigenständig für das System geeignete Aufgaben.

Hierfür muss jede Aufgabenstellung so aufbereitet werden, dass Teilaufgaben gestellt werden, an deren Ende ein Zahlenwert und eine Maßeinheit eingegeben bzw. Multiple Choice-Fragen beantwortet werden können. Die von einigen Studierenden gewünschte Berücksichtigung von Lösungswegen und -ansätzen kann das System im Rahmen der automatisierten Aufgabenkorrektur nicht leisten. Eine Erweiterung des methodischen und didaktischen Spektrums der online bearbeitbaren Aufgaben hin zu offenen Lösungsformaten (freie Antworten, graphische Lösungen, Diskussionsbeiträge) ist ohne erhöhten, nicht automatisierbaren Korrektur- und Auswertungsaufwand und somit wieder deutlich höherem Zeit- bzw. Personalaufwand nicht möglich. Im Rahmen des Projektes *physik multimedial* wurden diesbezüglich mit Blick auf die Physik als Nebenfach jedoch gerade Rationalisierungseffekte angestrebt, die dennoch eine Verbesserung der Ausbildung implizierten (s. Kap. 3). Ein Online-Aufgabenmanagementsystem, das darüber hinaus zur Bereicherung der Aufgabenkultur beiträgt und didaktische Szenarien wie den "Workshop Physics-Ansatz" unterstützt, ist selbstverständlich ebenso wünschenswert. Wir hoffen, dass das hier vorgestellte AMS die entsprechende fachdidaktische Diskussion anregt und sehen in ihm einen guten Ansatzpunkt für eine medientechnische Realisierung. In Anbetracht seines derzeitigen physikalischen Gehalts und des bisherigen NutzerInnenkreises erscheint uns eine Weiterentwicklung des Systems für den schulischen Bereich gegenwärtig erfolgversprechender als für das Hauptfachstudium Physik.

Das AMS wurde als wesentliche Teilkomponente der *pm²*-Plattform entwickelt und kann unter Nutzung der weiteren Möglichkeiten des Gesamtsystems besonders effektiv eingesetzt werden. Um die Verfügbarkeit des *pm²*-Angebots über die Projektlaufzeit hinaus zu gewährleisten, haben sich die oben genannten fünf beteiligten Universitäten des Verbundes Norddeutscher Universitäten bereits im Kooperationsvertrag vom November 2000 zur Sicherung der Nachhaltigkeit des Projektes verpflichtet. Der entsprechende Vertrag wurde zwischen den Universitäten (nicht zwischen den beteiligten Personen) inzwischen abgeschlossen. Darin werden die Rechte und Verpflichtungen der einzelnen Vertragspartner für die kommenden Jahre geregelt. Infolge der konsequent datenbankgestützten und gut dokumentierten Open Source-Konzeption und aufgrund des kooperativen Ansatzes zur Pflege und Entwicklung des Systems ist der Betrieb der *pm²*-Plattform nicht an die ursprüngliche oder eine andere spezielle EntwicklerInnengruppe gebunden. Als Betreiber und Provider der Plattform fungieren ebenfalls nicht einzelne Personen, sondern mit dem ISN (Institute for Science Networking Oldenburg

GmbH, ein An-Institut der Universität Oldenburg) eine Institution. Dem ISN wurde vom Nordverbund inzwischen der Auftrag zum zentralen Betrieb und zur Pflege der Plattform erteilt. Die unter allen die Plattform nutzenden Institutionen aufzuteilenden Kosten sind im Vergleich zu kommerziellen Angeboten gering und belaufen sich auf 12.000 – 13.000 € pro Jahr. Interessierte Lehrende der Physik können *pm²* aber an jeder Hochschule zunächst kostenfrei testen.

8. Referenzen

- [1] Petri, J.; Schecker, H. (2003): *physik multimedial* - Physik lehren und lernen mit Multimedia: Die Implementation der Lernplattform. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid) 1/2 (2003), 74-80.
- [2] Murmann, L.; Bohne, M.; Ryder, P.; Schottmüller, H. (2003): *physik multimedial* - Multimediale Selbstlerneinheiten für das Studium der Physik im Nebenfach. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule PhyDid 2/2 (2003), 100-105.
- [3] Reinmann-Rothmeier, G.; Mandl, H. (1999): Implementation konstruktivistischer Lernumgebungen - Revolutionärer Wandel oder evolutionäre Veränderung? In: Renk, H.-R. (Hrsg.): Lernen und Leben aus der Welt im Kopf. Neuwied: Luchterhand, 61-78.
- [4] Petri, J.; Schecker, H. (2002): *physik multimedial* - Lehr- und Lernmodule für das Studium der Physik als Nebenfach: Erhebungen zu den Rahmenbedingungen bei Studierenden und Dozenten. In: Nordmeier, V. (Red.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der DPG, Leipzig 2002.
- [5] Schecker, H. (2002): Physikstudium multimedial - Neue Trends in der Hochschullehre aus fachdidaktischer Sicht. In: Nordmeier, V. (Red.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der DPG, Leipzig 2002.
- [6] Petri, J. & Schecker, H. (2003): *physik multimedial* - Erste Evaluationsergebnisse zu den bisher entwickelten Selbstlerneinheiten. In: Pitton, A. (Hrsg.): Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie. Münster: LIT 2003, 179-181.
- [7] Petri, J. (2001): Lernen in Multimedia-Umgebungen: pädagogisch-psychologische Grundlagen, empirische Ergebnisse, aktuelle Entwicklungen. <http://www.physik-multimedial.de/publikationen.html>