

**Inske PREISSLER¹, Rainer MÜLLER, Jochen HAMMERSCHMIDT
& Stephan SCHOLL (Braunschweig)**

Treibstoff für die Ingenieurausbildung – fachübergreifende Didaktik

Zusammenfassung

In diesem Artikel wird ein Modellvorhaben an der TU Braunschweig beschrieben, das in der Kooperation zwischen der Physikdidaktik (IFdN) der Fakultät für Geistes- und Erziehungswissenschaften und der Chemischen und Thermischen Verfahrenstechnik (ICTV) der Fakultät für Maschinenbau auf Synergien in der fächerübergreifenden Zusammenarbeit setzt. Seit dem Wintersemester 2008/2009 haben Studierende die Gelegenheit, in einer kontextorientierten Lehrveranstaltung die Grundlagen der Thermischen Verfahrenstechnik zu erlernen. Eine begleitende Evaluation zeigt vielversprechende Trends in Bezug auf die Lernerfolge.

Schlüsselwörter

Ingenieurausbildung, fächerübergreifende Hochschuldidaktik, Konzepte und Ideen

Fuel for the Engineering Education – Interdisciplinary Teaching

Abstract

In this article, a model project at the TU Braunschweig is described which consists in the cooperation between the 'Physikdidaktik' (IFdN) of the Faculty of Humanities and Education and the Chemical and Thermal Process Engineering (ICTV) of the Faculty of Mechanical Engineering at synergies in cross-disciplinary collaboration. Since the winter semester 2008/2009, students have the opportunity to learn in a context-oriented course, the fundamentals of thermal process engineering. An accompanying evaluation shows promising trends – speaking in terms of student achievement.

Keywords

Engineering education, interdisciplinary education, ideas and concepts

¹ e-Mail: i.preissler@tu-bs.de

1 Einleitung: Von der Idee zur Umsetzung

Modellvorhaben sind häufig charakterisiert durch die „Arbeit im Verborgenen“ und die kleinschrittige und damit oft langwierige Vorgehensweise – so auch in dem hier beschriebenen Projekt der TU Braunschweig: Seit dem Sommer 2007 kooperieren die Physikdidaktik (IFdN) und die Chemische und Thermische Verfahrenstechnik (ICTV) bei der Umgestaltung einer Grundlagenveranstaltung zur thermischen Verfahrenstechnik für Maschinenbau-Studierende. Bereits zweimal wurde die neue Veranstaltung, das sogenannte „Inverse Modul“, parallel zur klassischen Vorlesung durchgeführt, mittlerweile lassen sich erste Trends zum Erfolg dieser Maßnahmen ablesen.

Im Rahmen der Umstrukturierung auf Bachelor- und Masterstudiengänge kam im ICTV der Wunsch auf, Verbesserungen in der Lehre herbeizuführen. In Zusammenarbeit mit dem IFdN wurde gemeinsam an einer stärkeren Lernerzentrierung gearbeitet.

Aus Studienbeitragsmitteln werden seitdem zwei halbe Stellen für Wissenschaftliche Mitarbeiter finanziert, eine der Stellen ist im ICTV angesiedelt und ist für die fachlichen Inhalte zuständig, die andere ist am IFdN verortet und berät didaktisch. Die enge Zusammenarbeit und damit auch die direkte Rückkoppelung von didaktischer Expertise und dem fachlichen Know-How erweist sich dabei als besonders hilfreich.

2 Lehre in den Ingenieurwissenschaften

Wie an vielen anderen deutschen Universitäten, so herrscht auch an der TU Braunschweig in den Ingenieurwissenschaften verbreitet ein Bild von Lernen und Lehren vor, das eigentlich als längst überholt gilt: Vorlesungen, Übungen, Labore beherrschen den Alltag der Studierenden. Gelernt wird auf den Punkt, das heißt zur Klausur oder Prüfung. Bereits nach kürzester Zeit ist das auswendig gelernte Wissen wieder vergessen, da für die nächste Prüfung gelernt werden muss oder das neue Semester vor der Tür steht². Wissen wird so im Sinne der Neurowissenschaft³ nicht zum Können, sondern bleibt bestenfalls deklarativ und so genanntes träges Wissen⁴.

Die Forderung von Unternehmen, Schlüsselkompetenzen bei den Studierenden zu fördern bleibt in der Regel unerfüllt und gerade in Bezug auf die kurze Halbwertszeit der Fakten bei zunehmender technischer Entwicklung scheint es nicht sehr sinnvoll, dass es in der Ingenieurausbildung häufig eher um die Fakten- als um die Fertigkeitsvermittlung geht.

Der Appell nach mehr Lernerzentrierung in der Hochschullehre ist keinesfalls neu, ebenso wenig wie der nach mehr Einsatz von kooperativen Lernformen oder der

² Vgl. FAZ (26.10.2010): Himmel und Hölle für Ingenieure.

³ SPITZER, 2006, S.60ff.

⁴ MANDL, 2004, S. 47.

Schaffung einer guten Lernatmosphäre⁵. Ausführungen zu Lerntheorien haben spätestens zum Ende der 90er Jahre auch die Hochschule erreicht. Nichtsdestotrotz ist die Umsetzung dieser Aspekte eine Herausforderung, besonders in den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen.

Im Alltag sind die Studierenden häufig mit der selbständigen Lernorganisation überfordert, sie haben Schwierigkeiten, Prioritäten zu setzen und sich angemessen auf Prüfungen vorzubereiten⁶.

Der mangelnde Bezug zur späteren beruflichen Praxis erschwert die Motivation und lässt schnell an der Sinnhaftigkeit des in den Vorlesungen und Übungen vermittelten Stoffes zweifeln. Soziale Eingebundenheit, Autonomie- oder Kompetenzerlebnisse, die verstehendes Lernen fördern⁷ erhalten bislang nur wenig Raum.

Durch das Inverse Modul sollen Faktoren des erfolgreichen Lernens gefördert werden. Die erprobten Veränderungen könnten exemplarisch für vergleichbare Studiengänge sein. Konkret wurden unter anderem folgende Maßnahmen ergriffen:

- Kontextorientierung aller Themen, auch in den Übungen,
- Integration der Übungszeit in die Veranstaltung,
- Raumwechsel (anstelle des Vorlesungssaales wurde nun ein Seminarraum genutzt, in dem die Möglichkeit bestand, verschiedene Arbeitsformen umzusetzen),
- Nur noch maximal halbstündige Vorträge seitens des Professors,
- Englische Wiederholungen von den Studierenden statt vom Dozenten,
- Einsatz mindestens einer aktivierender Methode pro Termin,
- Einführung eines semesterbegleitenden Studierenden-Projektes,
- Verbesserung der Ansprechbarkeit des Wissenschaftlichen Mitarbeiters auch außerhalb des Seminars,
- Förderung der Frage- und Gesprächskultur
- und andere mehr.

3 Das Inverse Modul

Die Beschreibung einiger der ergriffenen Maßnahmen bei der Umstrukturierung der traditionellen Vorlesung werden in diesem Kapitel näher erläutert, um die Haltung, Vorgehensweise und das Konzept zu verdeutlichen.

⁵ BLOOM, 2000, S.6ff.

⁶ Vgl. FAZ (26.10.2010): Himmel und Hölle für Ingenieure.

⁷ Vgl. DECI & RYAN, 1993, S. 229.

3.1 Kontextorientierung

Das Inverse Modul wird finanziert aus Studienbeitragsmitteln und dient ausschließlich der Verbesserung der Lehre. Bereits bei der Antragsstellung war die Kontextorientierung ein zentraler Aspekt für die Umgestaltung der Vorlesung. Jedes Oberthema der Veranstaltung wurde eingebettet in ein Problem oder einen Sachverhalt, der Bezug zur Lebenswirklichkeit oder zur Praxis des späteren Berufsfeldes, hat. Beispielsweise wird das Thema *Verdampfen* eingeleitet über das Brennen von Alkohol mittels einer kleinen Destillieranlage. Die Studierenden haben so die Möglichkeit, sich kontextorientiert dem theoretischen Inhalt zu nähern. Die Bedeutung des Vorwissens für kognitive Leistungen ist unumstritten⁸ und spielt bei der Erarbeitung von Kontexten für das Inverse Modul eine entscheidende Rolle.

In den Fachdidaktiken gibt es seit einigen Jahren Bestrebungen z.B. von DUIT & MIKELSKIS-SEIFERT (2007) und MÜLLER (2006), fachliche Inhalte in Alltagskontexte aus der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen einzubauen. Die Idee dieser Bestrebungen ist es, die bereits gesammelten Erfahrungen der Lernenden als Grundlage für den Auf- und Ausbau kognitiver Netze zu nutzen.

Auch in den Ingenieurwissenschaften gibt es einige Ansätze für Kontextorientierung, z.B. die Einführung in den Maschinenbau an der TU Darmstadt: In Projektkursen für Erstsemester⁹ orientiert man sich an den Forderungen der Industrie, die damit einhergehende Kontextorientierung wird sowohl von den Studierenden als auch von den Lehrenden als gewinnbringend eingestuft.

Zurück zur Kontextorientierung im Inversen Modul:

Beim Thema *Rektifikation* findet ein Teil der Sitzung an der institutsinternen Rektifikationskolonne statt. Rektifikation ist ein thermisches Trennverfahren, bei dem mittels einer Stufenkonstruktion ein Stoffgemisch getrennt wird. Dieses Verfahren ist einer der wichtigsten Inhalte der *Einführung in die thermische Verfahrenstechnik* und bildet die Grundlage für weitere thermische und chemische Trennverfahren. Aus diesem Grund nimmt die Rektifikation ein Drittel der Veranstaltungszeit ein. Zum Themenbereich Rektifikation gehört im Inversen Modul eine Führung durch das Institut, welche u. a. die Identifikation der Studierenden mit dem Institut ermöglichen soll.

Absorption wurde mittels des Trinkwassersprudlers (*SodaMax*) eingeführt usw. Mit wenigen Mitteln, so unsere Erfahrung, lassen sich schnell Alltagsbezüge finden, auf die dann im Laufe der Veranstaltung immer wieder Bezug genommen werden kann, was den Aufbau prozeduralen Wissens unterstützt. Die Studierenden nähern sich den abstrakten Inhalten bildlich und auf der Grundlage bereits gemachter Erfahrungen¹⁰.

⁸ Vgl. GRUBER, 1999, S. 51.

⁹ Vgl. KIRCHGESSNER, 2010, S. 20ff.

¹⁰ Vgl. GRUBER, 1999, S. 70.

Neben der Einführung eines Themas anhand von Beispielen soll der Erwerb prozeduralen Wissens durch ein semesterbegleitendes Projekt unterstützt werden, das noch näher beschrieben wird.

In Kontexte eingebunden ist im Inversen Modul auch die Übung, die in die Veranstaltungszeit integriert wurde. Die Studierenden bereiten die Übungen zu Hause vor, in der darauffolgenden Sitzung werden sie dann mit dem Professor oder dem Wissenschaftlichen Mitarbeiter besprochen und teilweise auch durchgerechnet, so dass Unklarheiten beseitigt werden können.

3.2 Englische Wiederholung durch die Studierenden

In der traditionellen Vorlesung gibt es zu Beginn einer jeden Sitzung eine englische Wiederholung durch den Professor. Zum einen hat diese das Ziel an die vorangegangene Woche anzuknüpfen, zum anderen sollen die Studierenden ihre Englischkenntnisse vertiefen. Im Inversen Modul übernehmen die Studierenden die Wiederholung. Um diese für die Studierenden ungewohnte Aufgabe bewältigen zu können, bekommen sie am Ende der letzten Sitzung englischsprachige Stichwortkarten. Sie haben dann eine Woche Zeit, sich vorzubereiten. Neben der Schulung der Sprachkenntnisse sorgt dies für eine stärkere Aktivierung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer und ein besseres Verständnis des Stoffes, vor allem bei den Referenten und Referentinnen, die die Wiederholung vorbereitet haben.

Des Weiteren schulen die Studierenden in der kurzen Wiederholung ihre Vortrags- und Präsentationskompetenz. Der Vortrag dauert in der Regel 10 Minuten; für viele Studierende der Ingenieurwissenschaften an der TU Braunschweig ist es das erste Mal, dass sie vor einer Gruppe einen Inhalt präsentieren müssen.

Nach jeweils der Hälfte des Semesters wurden die Studierenden um eine mündliche Rückmeldung gebeten. In dieser betonten sie, dass sie das Format der Wiederholung sinnvoll und gewinnbringend finden, auch aufgrund des „Drucks“ sich mit dem Thema auseinandersetzen zu müssen.

Die englische Wiederholung ist außerdem eine Möglichkeit, auf unkomplizierte Art und Weise der Forderung von Unternehmen und Wirtschaft nachzukommen, Schlüsselkompetenzen bereits während des Studiums zu fördern.

3.3 Semesterbegleitendes Projekt

Neu im Inversen Modul ist auch das Projekt, in welchem die Studierenden die Aufgabe bekommen, als zukünftige Mitarbeiter eines Ingenieurbüros einen Teil einer Anlage zur Herstellung von Biodiesel auszulegen. Im Verständnis der Projektmethode arbeiten die Lerner über einen bestimmten Zeitraum hinweg selbstständig und eigenverantwortlich an einer gestellten Aufgabe. Dabei wird fächerübergreifendes Wissen anhand eines praxisrelevanten Themas erarbeitet. Neben den fachlichen Inhalten wird damit auch die kooperative Kompetenz der Lerner gefördert¹¹.

¹¹ APEL & KNOLL, 2001, S. 104f.

In dem von uns gestellten Projekt erarbeiten die Studierenden in Kleingruppen über ca. acht Wochen außerhalb der Präsenzzeit eine Präsentation mit der sie einen Auftraggeber davon überzeugen sollen, ihnen den Zuschlag für eine Anlage zur Aufbereitung von Biodiesel zu geben.

Die Studierenden nehmen das Projekt gut an: Ihre Ingenieurbüros bekommen Namen, sie recherchieren, was verschiedene Materialien, Einbauten etc. kosten, berechnen und konstruieren und bereiten aufwendige Präsentationen vor.

Zum Abschluss des Semesters präsentieren sie ihre Ergebnisse und bekommen sowohl eine fachliche Rückmeldung als auch ein Feedback zu ihrer Präsentationsfähigkeit.

Ziele der Projektarbeit sind neben der offensichtlichen Schulung der Präsentations- und Teamfähigkeit sowie der Problemlösekompetenz vor allem die vertiefende Auseinandersetzung mit dem Stoffgebiet *Rektifikation* und *Verdampfen*. Die selbstständige Auseinandersetzung deckt dabei Verständnislücken auf, die dann in Gesprächen mit dem Wissenschaftlichen Mitarbeiter geschlossen werden können.

Die Studierenden haben rückgemeldet, dass ihnen die Arbeit am Projekt Spaß gemacht hat und sie die fachlichen Anforderungen als angemessen einschätzten. Als Belastung empfanden sie allerdings den zeitlichen Aufwand und den Zeitpunkt der Präsentation. Zum Ende des Semesters sind sie bereits mit der Vorbereitung auf die Klausuren beschäftigt. Auch die Tatsache, dass die Präsentation keinen Einfluss auf die Prüfung o.ä. hat, also rein freiwillig und zusätzlich ist, stört die Studierenden und eröffnet Diskussionsbedarf hinsichtlich der bestehenden Prüfungsordnung. Neue Prüfungsformen, die eine Integration der Präsentationen ermöglichen, waren aus zwei Gründen nicht möglich: Zum einen sollten die Studierenden der Vorlesung und die des Inversen Moduls anhand der Prüfungsnoten verglichen werden, zum anderen sind Möglichkeiten für Leistungen auf Fakultätsebene geregelt und nicht ohne Weiteres veränderbar.

3.4 Fragenkultur

In der Analyse der bisherigen Lehrveranstaltungen am ICTV stellte die mangelnde Interaktion zwischen Professoren und Studierenden eines der größten Hindernisse für einen aktiven Lernprozess dar. Selbst wenn in der Vorlesung Fragen gestellt werden, sehen sich die Studierenden nicht dazu veranlasst, diese zu beantworten. Sie selbst stellen in aller Regel keine Fragen, selbst wenn sie Sachverhalte nicht verstanden haben. Das gleiche Bild ergibt sich für die Übung.

Im Inversen Modul stand von Anfang an die Kommunikationskultur im Mittelpunkt. Die Studierenden erhalten Namensschilder, so dass sie mit Namen angesprochen werden können, wenn sie sich melden.

Mittels Karten sollen die Studierenden bereits zu Anfang lernen, Fragen zu stellen. Bei dieser Methode schreibt jede/r Studierende eine Frage, die er zu einem bestimmten Themengebiet oder Inhalt hat, auf eine Moderationskarte. Diese werden eingesammelt und gemeinsam mit dem Dozenten bearbeitet. Dadurch wird dem Professor schnell deutlich, wo die Studierenden stehen und welche Verständnisprobleme es gibt. Neben den aktivierenden Verfahren werden auch während der

Vorträge immer wieder Fragen gestellt, sowohl von Seiten der Studierenden, als auch von Seiten des Professors. Durch Warten nach der Frage und den Aufforderungscharakter derselben, lernen die Studierenden, dass von ihnen tatsächlich eine Antwort erwartet wird. Fragen sind ein wichtiger Teil eines verständnisorientierten Lernprozesses¹².

Auf diese Weise in ihrem Lernprozess akzeptiert und unterstützt, treten die Studierenden schnell und gerne in Interaktion und fassen dann auch den Mut, eigene Fragen zu formulieren, so dass sich bereits nach ein bis zwei Sitzungen eine rege Fragekultur entwickelt.

Die Studierenden beschreiben in ihren mündlichen Rückmeldungen besonders die Kommunikationskultur als „großes Plus“ des Inversen Moduls. Sie freuen sich darüber, dass der Professor an einem Austausch mit ihnen interessiert ist und sie als Individuen wahrnimmt. Des Weiteren betonen sie, dass diese Akzeptanz sie beim Lernen unterstützt.

Die positiven Effekte der Umstrukturierung in der Lehre des ICTV zeigen sich aber nicht nur in den mündlichen Rückmeldungen, sondern auch in den Prüfungsnoten, den Wissenstests und der Veranstaltungsbewertung.

4 Erste Ergebnisse

Das Inverse Modul wurde in beiden Semestern umfassend evaluiert und mit der traditionellen Vorlesung verglichen.

Neben den Lernstrategien im Studium (LIST)¹³ und der Selbstwirksamkeitserwartung (SWE)¹⁴ wurden drei Wissenstests durchgeführt und die Prüfungsnoten sowie die Veranstaltungsbewertung miteinander verglichen.

Die Wissenstests wurden zu drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt: Zu Beginn der Veranstaltung, ca. nach der Hälfte der Sitzungen und am Ende des Semesters. Es handelte sich um 10 Multiple-Choice Fragen, nur eine der Antwortalternativen war korrekt. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl des Inversen Moduls (n=22 für beide Semester) können die Ergebnisse nur als Trend gewertet werden.

Obwohl die Studierenden des Inversen Moduls zu Beginn in geringem Ausmaß schlechter waren, hatten sie bereits zum zweiten Messzeitpunkt ähnliche Werte und im abschließenden Test waren sie im Mittelwert einen halben Punkt besser, als die Studierenden der Vorlesung. Die Standardabweichung zeigt außerdem, dass das Wissensniveau zu Beginn des Semesters im Inversen Modul ein wenig divergenter war, als in der Vorlesung.

¹² Vgl. MIKELSKIS (Hrsg.), 2006, S. 187.

¹³ WILD, K.-P. & SCHIEFELE, U., 2000.

¹⁴ SCHWARZER, R. & JERUSALEM, M., 2002.

Standard-abweichung s	Messzeitpunkt I/ Oktober	Messzeitpunkt II/ Dezember	Messzeitpunkt III/ Februar
Inverses Modul	s = 2,18	s = 1,36	s = 1,5
Vorlesung	s = 1,64	s = 1,47	s = 1,44

Tab. 1: Streuungen der Mittelwerte der Wissenstests

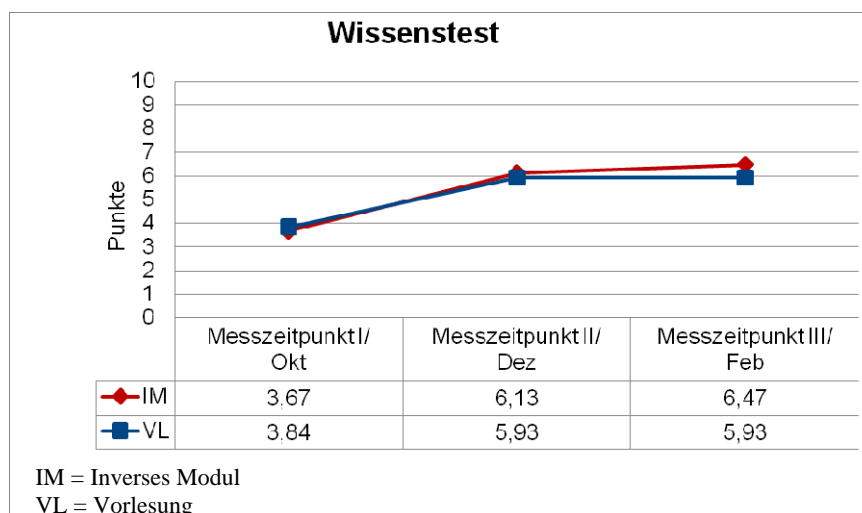


Abb. 1: Mittelwerte der Wissenstests

Alle Unterschiede in den Ergebnissen des Wissenstests sind allerdings nicht signifikant.

Die Studierenden haben im Wintersemester 2008/2009 eine mündliche Prüfung von 15 Minuten absolviert. Im Wintersemester 2009/2010 Semester haben die Studierenden eine Klausur von zweistündiger Dauer geschrieben. In den mündlichen Prüfungen des WS 2008/2009 ebenso wie in den schriftlichen Arbeiten im WS 2009/2010 wurde verstärkt prozedurales Wissen abgefragt.

Die Prüfungsnoten ergaben ein positives Bild im Bezug auf den Lernerfolg der Studierenden des Inversen Moduls.

Sie haben im Mittelwert die Note 1,78 erreicht (bei $n = 17$). Die Studierenden der Vorlesung ($n = 48$) lagen im Mittel bei der Note 2,77. Der Unterschied im Mittelwert der Prüfungsnoten ist auf einem Niveau von .001 höchst signifikant. Die unterschiedlichen Ergebnisse der Wissenstests und der Prüfungsnoten könnten möglicherweise darauf zurück zu führen sein, dass die Fragen des Multiple-Choice-Tests im Gegensatz zu den Prüfungen nicht das Verständnis der Studierenden erfragt haben, sondern eher deklaratives Wissen überprüften.

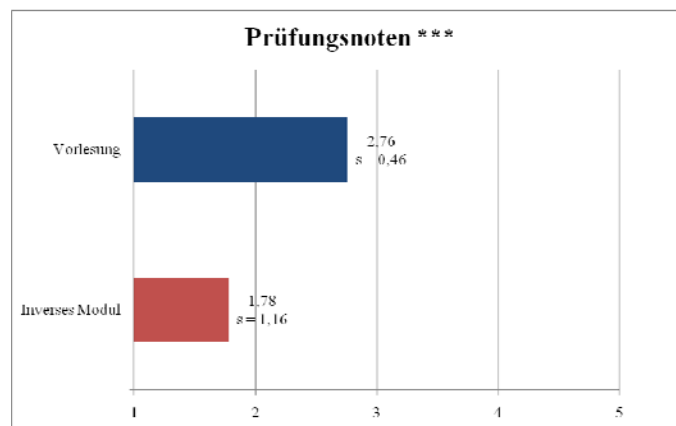


Abb. 2: Mittelwerte der Prüfungsnoten beider Semester

5 Ausblick

Abschließend kommen wir auf die eingangs aufgeworfene Frage zurück, warum Veränderungen in der Lehre so schwierig umzusetzen sind und inwiefern hier von einer interdisziplinären Zusammenarbeit profitiert werden kann.

Bereits die Vorbereitung zur Durchführung der „neuen“ Veranstaltung hat ein Jahr gedauert, was u.a. darauf zurückzuführen ist, dass die Fokussierung der Lehre auf die Studierenden am ICTV keinen hohen Stellenwert hatte.

Die fächerübergreifende Zusammenarbeit zwischen ICTV und Physikdidaktik war vor allem in den Bereichen Kontextorientierung und Lernmethodik gewinnbringend, jedoch war der Transfer und die Anpassung an einen Ingenieurstudiengang recht komplex. In der gemeinsamen Erarbeitung ergaben sich interessante und gewinnbringende Möglichkeiten, Hochschullehre lernerzentriert zu gestalten. Von den gewonnenen Erkenntnissen profitieren nun beide Seiten gleichermaßen, wozu auch die Sichtweisen und Anregungen seitens der Studierenden beigetragen haben.

Die didaktische Reduktion war eine der problematischen Angelegenheiten in der Vorbereitung und Durchführung des Inversen Moduls. Es ist uns gelungen, den Umfang der fachlichen Inhalte beizubehalten und nur durch die Wahl und Vielfalt der Methoden ein besseres Abschneiden in den Prüfungen zu erreichen. Sicherlich spielen die damit verbundenen Veränderungen in der Rollenwahrnehmung der Lehrperson, in den Kommunikationsabläufen während der Veranstaltung und in der Beziehungsgestaltung zwischen den Studierenden und dem Lehrenden dabei eine Rolle. In der weiteren Auswertung wird sich zeigen, ob die gewählten Maßnahmen ebenfalls Veränderungen in den Lernstrategien im Studium ermöglichen.

6 Literaturverzeichnis

- Apel, H.-J.; Knoll, M.** (2001). Aus Projekten lernen. Grundlegungen und Anregungen. München: Oldenbourg.
- Balzer, S.** (2010). Himmel und Hölle für Ingenieure. In Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 26. Oktober 2010. Online verfügbar unter <http://www.faz.net/s/Rub1A09F6EF89FE4FD19B3755342A3F509A/Doc~EE6A4C16DB24A4D65AE8D8D17FA33023E~ATpl~Ecommon~Scontent.html> (Zuletzt geprüft: 26.10.2010).
- Blom, H.** (2000). Der Dozent als Coach. Neuwied/Krieffel/Berlin: Luchterhand.
- Deci, E. & Ryan, R.** (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik, Nr 3/ Jg.39, S. 223-237.
- Duit, R., Mikelskis, S** (2007). Kontextorientiert Unterrichten. Wie man es einbettet, so wird es gelernt. In Unterricht Physik_18_2007_Nr. 98, S. 4-8.
- Gruber, H.** (1999). Erfahrung als Grundlage kompetenten Handelns. Bern/Göttingen/Toronto/Seattle: Verlag Hans Huber.
- Kirchgeßner, Kilian** (2010). Kreative Vielfalt. Wie deutsche Hochschulen den Bologna-Prozess nutzen. Herausgegeben von Hochschulrektorenkonferenz. Online verfügbar unter <http://www.hrk.de/bologna/de/home/4231.php>. (Zuletzt geprüft am 26.10.2010).
- Lehner, M.** (2009): Viel Stoff – wenig Zeit. Wege aus der Vollständigkeitsfalle. Berne: Haupt, 2. Auflage.
- Mandl, H.** (2004): Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen. In: Journal für Lehrerinnen und Lehrerbildung. H. 3, S. 47-51.
- Mikelskis, H. F. (Hrsg.)** (2006). Physikdidaktik. Berlin: Cornelson Skriptor.
- Müller, R.** (2006). Physik in interessanten Kontexten. Online verfügbar unter <http://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/ifdn-physik/physik-in-interessanten-kontexten-rmueller.pdf> (Zuletzt geprüft am 26.10.2010).
- Palfreyman, N.** (2008): Ist entdeckendes Lernen für technische Studiengänge geeignet? In: DiNa Nr.11/ Jg. 2008, S. 12-34.
- Schneider, R. & Szczyrba, B. & Welbers, U. & Wildt, J. (Hrsg.)** (2009): Wandel der Lehr- und Lernkulturen. Reihe: Blickpunkt Hochschuldidaktik, Band 120. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M.** (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Zeitschrift für Pädagogik*, 44. Beiheft: Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen, 28-53.
- Siebert, H.** (2006): Didaktisches Handeln in der Erwachsenenbildung – Didaktik aus konstruktivistischer Sicht. Augsburg: Ziel, 5. Überarbeitete Auflage.
- Spitzer, M.** (2006). Lernen – Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Heidelberg: Spektrum.
- Wild, K.-P. & Schiefele, U.** (2000): Interesse und Lernmotivation – Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung. Münster: Waxmann.

AutorInnen



Inske PREISSLER || TU Braunschweig || IFdN, Abt.
Physikdidaktik || Pockelsstr. 11, D-38106 Braunschweig

<http://www.tu-braunschweig.de/ifdn/physik>

i.preissler@tu-bs.de



Rainer MÜLLER || TU Braunschweig || IFdN, Abt. Physik-
didaktik || Pockelsstr. 11, D-38106 Braunschweig

<http://www.tu-braunschweig.de/ifdn/physik>

rainer.mueller@tu-bs.de



Jochen HAMMERSCHMIDT || TU Braunschweig || ICTV ||
Langer Kamp 8, D-38106 Braunschweig

<http://www.ictv.tu-bs.de/>

j.hammerschmidt@tu-bs.de



Stephan SCHOLL || TU Braunschweig || ICTV || Langer Kamp
8, D-38106 Braunschweig

<http://www.ictv.tu-bs.de/>

s.scholl@tu-bs.de