Global J. of Engng. Educ., Vol.9, No.3
Published in Australia

Mathematische Modelle der Ökologie im Ersten Studienjahr Ingenieurmathematik

Norbert Grünwald
Gabriele Sauerbier
Hochschule Wismar – University of Technology, Business and Design
Philipp-Müller-Straße 21, D-23952 Wismar, Deutschland
Sergiy Klymchuk
Auckland University of Technology, Department of Applied Mathematics
24 St Paul Street, Private Bag 92006, Auckland 1020, Neuseeland
Tatyana Zverkova
Odessa National University, Institute of Mathematics, Economics and Mechanics
2, Shampanskii Per., Odessa 65058, Der Ukraine

Dieser Artikel beschreibt ein aktuelles Projekt dreier Hochschulen – aus Deutschland, der Ukraine und aus Neuseeland. Unser Ziel besteht im Aufbau einer Sammlung realer ökologischer Modelle, geeignet zur Bearbeitung durch die Ingenieurstudenten des ersten Studienjahres, um: die Studierenden von ihrem ersten Studienjahr an in die Lösung realer praktischer Probleme einzubeziehen, ihre Motivation für das Fach Mathematik zu erhöhen und sie zu ermutigen, Verantwortung für Umweltfragen zu übernehmen. Zwei Modelle wurden ausgewählt: ein Modell zur Wasserqualitätskontrolle und ein Modell zum Fischfang. Die Modelle können leicht an ein Land und eine Region angepasst werden, es genügt einen nahe gelegenen See zu wählen, dessen Namen im Modelltitel zu benutzen und die entsprechenden Parameterwerte im Modell zu verwenden. Die beiden Modelle wurden den Ingenieurstudenten des zweiten Semesters der Hochschule Wismar, Deutschland und der Auckland University of Technology, Neuseeland als Projektaufgabe/ Belegaufgabe im Fach Mathematik gestellt. Parallel wurden die Studenten zu ihren Ansichten und Schwierigkeiten in diesem Projekt befragt. Im Artikel werden die Ergebnisse vorgestellt und analysiert.

EINLEITUNG

Unter den vielfältigen Artikeln zur Untersuchung der Kompetenzen von Studienanfängern in den verschiedenen Schritten des Prozesses des mathematischen Modellierens möchten wir auf einige neuere Studien verweisen. Eine Leistungsmessung für die verschiedenen Phasen des Modellierungsprozesses wurde von Haines und Crouch entwickelt [1]. Später erweiterten die Autoren ihre Studie, in dem sie Studienanfänger (Anfänger) und bereits graduierte Studenten des Ingenieurwesens (Experten) miteinander verglichen [2]. Haines und Crouch regen eine Klassifizierung des Prozesses, den der Studierende bei seiner Entwicklung vom Anfänger zum Experten durchläuft, in drei Stufen an. Eine der Schlussfolgerungen ihrer Untersuchung ist, dass die Studierenden Schwächen im Zusammenführen der mathematischen und der realen Welt zeigen und daher viel mehr Unterstützung beim Abbilden der realen Welt im mathematischen Modell benötigen [2]. Dieselben Schlüsse ziehen Klymchuk und Zverkova in einer breit angelegten Studie, an der 500 Studenten aus 14 Universitäten in Australien, Finnland, Frankreich, Neuseeland, Russland, Südafrika, Spanien, der Ukraine und Großbritannien beteiligt waren [3]. Einen der wesentlichen Gründe der Schwierigkeiten der Studierenden sehen Klymchuk und Zverkova im zu geringen Üben von praktischen Anwendungen im Rahmen der Mathematikausbildung für das Ingenieurwesen.

Maull und Berry untersuchten die Arbeitstechniken von Studienanfängern beim mathematischen Modellieren und Nyman und Berry erforschten die

Entwicklung der Projektionsfähigkeiten der Studienanfänger beim Abbilden der realen Welt im mathematischen Modell [4][5]. Verschiedene Beziehungen zwischen den mathematischen Kompetenzen von Studierenden und deren Fertigkeiten zum Modellieren wurden von Galbraith und Haines sowie von Grünwald und Schott betrachtet [6][7]. Kadijevich wies auf einen wichtigen Aspekt schon von einfachen Modellierungsaktivitäten der Studienanfänger hin:

> *Obwohl die Studierenden durch das Lösen solcher ...* [einfacher Modellierungsaufgaben] ... *nicht das* [durch die Praxis] *geprüfte Wesen des Modellierens erkennen werden, ist sicher, dass das mathematische Wissen für sie lebendig wird und dass sie beginnen werden, die Mathematik als humane Wissenschaft wahrzunehmen, die unser Leben vorantreibt* [aus dem Englischen von den Autoren frei übersetzt] [8].

In diesem Artikel werden wir das Feedback unserer Ingenieurstudenten des ersten Studienjahres auf das Anwenden von realen ökologischen Modellen, die durch Mathematiker in Zusammenarbeit mit Ingenieuren entwickelt wurden, vorstellen. Obwohl den Studierenden im Rahmen von Projektaufgaben die fast vollständigen Modelle übergeben wurden, hatten sie einige Schritte des Modellierungsprozesses selbständig zu durchlaufen.

In Modell 1 hatten sie den Formulierungsschritt zu beenden und die das Modell beschreibende Differenzialgleichung aufzustellen, während sie in Modell 2 eine ausführliche Interpretation aufschreiben sollten. In beiden Modellen sollten sie die Lösungen analytisch berechnen, im Modell 2 wurden sie zusätzlich nach verschiedenen Visualisierungen mit Hilfe eines Computerprogramms befragt.

DIE STUDIE

Unsere Ziele

Die wichtigsten Beweggründe, unseren Studierenden derartige Modelle zur Projektbearbeitung zu geben, sind:

- Die Studierenden vom ersten Studienjahr an in das Lösen von realen praktischen Problemen einzubeziehen;
- Die Motivation für das als *trocken* empfundene Fach Mathematik zu erhöhen;
- Unsere Ingenieurstudenten zur Auseinandersetzung mit Umweltfragen zu sensibilisieren.

Eigenschaften der Modelle

Die Modelle haben die folgenden Eigenschaften.

Jedes Modell behandelt ökologische Aspekte. Umweltfragen spielen eine immer wichtigere Rolle für viele menschliche Aktivitäten weltweit. Dieses, auf den ersten Blick für Ingenieurstudenten nicht traditionelle Anwendungsgebiet, wird ihnen helfen, ihren Horizont zu erweitern und sie darauf vorbereiten, in ihren zukünftigen Aktivitäten als Ingenieur auch die Verantwortung für unsere Umwelt zu übernehmen. Umweltprobleme können nicht überschätzt werden. Täglich werden wir mit Fragen der Luft- oder Wasserverschmutzung, begrenzter natürlicher Ressourcen, des Klimawandels und anderen ökologischen Problemen konfrontiert.

> *Im 20. Jahrhundert hat sich das Verhältnis zwischen Mensch und Natur grundlegend gewandelt. Weitaus stärker als je zuvor beeinflusst der Mensch das Leben auf der Erde. Das Bevölkerungswachstum sowie die Entwicklung und der Einsatz immer neuer Technologien sind die Gründe. Beides verursacht eine verstärkte Nachfrage nach Ressourcen. Als Konsequenz daraus droht das Klimasystem der Erde aus der Balance zu geraten. Die globale ökologische Stabilität ist gefährdet* [9].

Jedes Modell kann der Region des Studienortes angepasst werden. So wurden an der Hochschule Wismar ein Modell zur Wasserqualitätskontrolle des Schweriner Sees und ein Modell zum Fischfang im Sternberger See bearbeitet, anstatt irgendeinen abstrakten See zu wählen. Wir erwarten durch diese psychologische Strategie, die Studierenden auch in einer persönlichen und emotionalen Weise anzusprechen und so ihr Engagement zu erhöhen.

Jedes Modell wurde gemeinsam von Mathematikern und Ingenieuren entwickelt und ist aus einem realen praktischen Problem hervorgegangen.

Jedes Modell wurde zur Behandlung der Ingenieurmathematik im ersten Studienjahr aufbereitet.

Jedes Modell liegt etwas über den Anforderungen der Mathematikkurse, die die Studierenden absolvieren. So werden sie gefordert, selbständig einige neue Konzepte zu erarbeiten. Wir nehmen an, dass dieses *entdeckende Lernen* den Studenten hilft, Fähigkeiten zur Recherche und Forschung auszubilden.

Jedes Modell enthält Fragestellungen, die analytisch gelöst werden sollen. In einigen Fragen werden die Studenten aufgefordert, CAS anzuwenden, wie z. B. MATLAB oder Omnigraph.

Jedes Modell ist mathematisch fast ausformuliert. Die Studierenden durchlaufen also nicht die ersten Schritte des Modellierungsprozesses, wie Sammeln der Daten, Aufstellen von Hypothesen oder Formulierung des mathematischen Modells. Aber, unabhängig vom Lösen der bereits vorgegebenen mathematischen Modelle, üben sie andere wichtige Schritte des Modellierungsprozesses, wie das Interpretieren der Lösungen oder das Kommunizieren der Ergebnisse in einer schriftlichen Dokumentation.

DIE ZWEI MODELLE IN DER STUDIE

Unmittelbar nach der Behandlung des Themas Differenzialgleichungen am Ende des zweiten Semesters wurden den Studierenden die folgenden beiden Modelle zur Projektbearbeitung übergeben. Die Modelle können leicht an jedes Land und an jede Region angepasst werden, es genügt den Namen eines in der Nähe liegenden Sees in den Titel des Modells aufzunehmen und die entsprechenden Werte der Parameter in das Modell einzufügen.

Modell zur Wasserqualitätskontrolle im Schweriner See

(Gewählt und aufbereitet aus Biswas [10])

Eine kürzlich gebaute Fabrik leitet verschmutztes Wasser mit einer konstanten Rate N in den Schweriner See ein. Unter folgenden Annahmen wurde ein mathematisches Modell der Konzentration der Verunreinigung des Wassers im See entwickelt:

- Die oberen Wasserschichten werden in alle Richtungen durchmischt;
- Die Verunreinigungsmasse ergibt sich als Differenz aus der in den See eingeleiteten Verunreinigungsmasse und der Masse der Verunreinigung, die im See abgebaut werden kann;
- Der Abbau des Schmutzes erfolgt mit einer konstanten Geschwindigkeit;
- Dieser Abbau erfolgt durch biologische, chemische und physikalische Prozesse und/oder durch den Austausch mit tieferen Wasserschichten.

Unter diesen Voraussetzungen kann das Massengleichgewicht der Verunreinigung in jedem Zeitintervall Ät in der folgenden Gleichung aufgeschrieben werden:

$$V\Delta C_N = N\Delta t - QC_N\,\Delta t - KVC_N\Delta t, \qquad (1)$$

wobei:
V – das Volumen der oberen Wasserschichten (konstant);
Q – die Quote des Wasserverbrauchs (konstant);
$C_N = C_N(t)$ – die Konzentration der Verunreinigung zum Zeitpunkt t;
K – die Geschwindigkeit des Abbaus der Verunreinigung (konstant) bezeichnen.

Fragen:

1. Leiten Sie die Differenzialgleichung für die Konzentration der Verunreinigung aus (1) her, in dem Sie beide Seiten der Gleichung (1) durch Ät dividieren und den Grenzwert für Ä$t \to 0$ bilden.
2. Lösen Sie die Differenzialgleichung, um die Verunreinigungskonzentration als Funktion der Zeit zu finden. Berücksichtigen Sie, dass die Anfangskonzentration der Verunreinigung gleich Null war.
3. Bestimmen Sie die Gleichgewichtskonzentration der Verschmutzung C_{Ne} (das ist die Konzentration für $t\to\infty$ oder $\frac{dC_{Ne}}{dt} = 0$).
4. Es sei p das Verhältnis der Verschmutzungskonzentration zur Gleichgewichtskonzentration: $p=C_N(t)/C_{Ne}$. Ermitteln Sie die Zeit, in der ein gegebenes p erreicht wird. Wird mehr Zeit benötigt, um dasselbe p zu erreichen, falls es keinen Abbau der Verschmutzung gibt?
5. Wie ändert sich die Differenzialgleichung aus Frage 1, wenn der Anfangswert der Verunreinigung, die in den See geleitet wurde C_0 war und wenn der See danach nicht weiter verunreinigt wurde (d.h. $N = 0$).
6. Lösen Sie die Differenzialgleichung der Frage 5.
7. Es sei $1–p$ das Verhältnis der Verschmutzungskonzentration aus Frage 6 zur Anfangskonzentration C_0: $C(t)/C_0 = 1–p$. Bestimmen Sie die Zeit, in der ein gegebener Wert $1–p$ erreicht wird.

Modell zum Fischfang im Sternberger See

(Gewählt und aufbereitet aus Arnold [11])

Die Differenzialgleichung:

$$dx/dt = (1–x)x–c \qquad (1)$$

beschreibt die Entwicklung einer Fischbevölkerung, wobei $x(t)$ ein Anteil der maximal möglichen Menge der Fische im See ist und t für Zeit steht, die z.B. in Tagen gemessen werden kann. Den konstanten

Parameter $c>0$ nennt man Fangquote, diese beschreibt den Anteil des Fisches, der gefangen werden darf. Falls kein Fisch gefangen werden darf, also bei $c=0$ kann sich die Fischpopulation frei entfalten. Die Auswahl des Wertes des Parameters c ist daher ein wichtiger Faktor zur Kontrolle der Fischpopulation.

Fragen:

1. Lösen Sie die Gleichung (1). Mittels der Methode *Trennung der Veränderlichen* und nach Bilden des vollständigen Quadrates erhalten Sie 3 unterschiedliche Lösungen entsprechend der verschiedenen Werte des Parameters c:
   a) $0<c<1/4$ b) $c=1/4$ c) $c>1/4$.
   In den Fällen a) und c) können Sie die entsprechenden Formeln aus Integraltabellen heraussuchen und anwenden. Sie können die Lösungen in impliziter Form aufschreiben, d. h. Sie brauchen sie nicht nach $x(t)$ aufzulösen.
2. Ermitteln Sie die Anzahl der stationären Lösungen der Gleichung (1) in Abhängigkeit vom Wert des Parameters c, d. h. lösen Sie die Gleichungen: $dx/dt = 0$ oder $-x^2 + x - c=0$.
3. Nutzen Sie MATLAB oder eine andere Software zur Veranschaulichung der stationären Lösungen durch Darstellung der Richtungsfelder und der Integralkurven für die folgenden Werte des Parameters c:
   a) $c=1/6$ b) $c=1/4$ c) $c=1/3$.
   Zeichnen Sie für a), b) und c) jeweils 10 Integralkurven entsprechend der folgenden Werte der Anfangsbedingung $x(0)$: 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1. Untersuchen Sie jede stationäre Lösung auf Stabilität.
4. Geben Sie anhand der stationären Lösungen Empfehlungen für die zu genehmigenden Fangquoten.

Der Fragebogen

Frage 1: Empfinden Sie das Projekt zu den mathematischen Modellen ökologischer Probleme als praktisch?

a) Ja Bitte nennen Sie Ihre Gründe:
b) Nein Bitte nennen Sie Ihre Gründe:

Frage 2: Erachten Sie dieses Projekt als relevant und nützlich für Ihre eigene zukünftige Karriere?

a) Ja Bitte nennen Sie Ihre Gründe:
b) Nein Bitte nennen Sie Ihre Gründe:

Frage 3: Welche in diesem Projekt zu erledigenden Dinge fielen Ihnen am schwersten? Warum?

DIE ERGEBNISSE DER STUDIE

Die Ergebnisse waren an beiden Universitäten so ähnlich, dass wir sie gemeinsam präsentieren möchten. Die Gesamtanzahl der Studierenden, die das Projekt bearbeiteten, betrug 147. Das Ausfüllen der Fragebögen war freiwillig. Insgesamt beantworteten 63 Studierende den anonymen Fragebogen, das ist eine Antwortquote von 43%.

Eine Kurze Statistik und Allgemeine Kommentare der Studierenden

Frage 1: Praktisch? Ja: 48%
Ausgewählte Kommentare:

- *Die Modelle beschreiben die reale Welt*;
- *Eine gute Methode, um das Interesse der Studenten zu erhöhen*;
- *Sehr nützlich für meine anderen Fächer*;
- *Ich wusste nicht, dass die Modellbildung für Fischfangquoten verwendet wird. Es half mir auch, die Effekte heimlichen illegalen Angelns zu sehen (was die meisten von uns sicher schon getan haben).*

Frage 1: Praktisch? Nein: 52%
Ausgewählte Kommentare:

- *Es ist nicht möglich, die Natur zu berechnen*;
- *Das Ganze liefert eine praktische Situation, aber daran denkst Du kaum, wenn Du das Projekt bestehen sollst.*

Frage 2: Relevant für Ihre Karriere? Ja: 35%
Ausgewählte Kommentare:

- *Mathematik ist die Basis, die gebraucht wird, um in die Technikwelt einzudringen, so wird es sehr helfen*;
- *Ich kann mir durchaus vorstellen, dass ähnliche Probleme auf einen Ingenieur im Beruf treffen können*;
- *Die Motivation bei der Lösung anschaulicher Problemstellungen ist bedeutend höher, als beim Abarbeiten* trockener *Aufgaben*;
- *Alles, was Du lernst ist da, um in irgendeiner Weise hilfreich zu sein.*

Frage 2: Nützlich für die Karriere? Nein: 65%
Ausgewählte Kommentare:

- *Ich verstehe den Bezug zum Maschinenbau oder zur Elektrotechnik nicht (häufigster Kommentar)*;

- *Ich berechne keine Formeln, ich habe Träger zu berechnen…*

Frage 3: Was war das Schwerste?

- *Das Projekt war schwer – 77% (diese Frage wurde übrigens so nicht gestellt)*;
- *Verständnis der Fragen – 32%; Eigentlich nichts Ernstes, wahrscheinlich brauche ich mehr Zeit, um mich hinzusetzen und die Fragen zu verstehen*;
- *Das Computerprogramm zu nutzen – 24%*;
- *Die Lösungen zu interpretieren – 17%.*

Herausforderungen an die Studierenden

Nachfolgend beschreiben wir die häufigsten Fragen, die uns von den Studierenden während der Projektbearbeitung gestellt wurden.

Erstaunlich viele Studierende hatten Probleme mit der 1. Teilfrage in Modell 1. Aus der gegebenen Gleichung:

$$V\Delta C_N = N\Delta t - QC_N\,\Delta t - KVC_N\Delta t, \qquad (1)$$

sollte die Differenzialgleichung für die Verschmutzungskonzentration $C_N = C_N(t)$ hergeleitet werden, in dem beide Seiten der Gleichung (1) durch Ät dividiert werden und anschließend der Grenzwert für Ä$t \to 0$ gebildet wird. Die häufigste Frage war:

Was ist $\lim_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta C_N}{\Delta t}$?

Das war eine große Überraschung für uns. Viele Studierende konnten nicht erkennen, dass es sich hier um den Übergang vom Differenzenquotienten zum Differenzialquotienten, also zur ersten Ableitung handelt. Die Definition der Ableitung lernten sie in der Schule kennen. Im ersten Semester Hochschulmathematik wird der Ableitungsbegriff ausführlich wiederholt. Die Studierenden verwendeten die Ableitung in einigen Anwendungen, z. B. bei der Definition der Augenblicksgeschwindigkeit: $v = \lim_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ Aber konfrontiert mit einem ungewohnten Kontext und ungewohnten Bezeichnungen waren sie nicht in der Lage, den Zusammenhang zwischen früher gelernten Inhalten und dem aktuellen Inhalt zu Differenzialgleichungen herzustellen. Trotz detaillierter Anleitung konnten sie so die Teilfrage 1 nicht beantworten und blieben schon an dieser Stelle in der Projektbearbeitung stecken. Es scheint, als ob diese Studierenden die Konzepte nur isoliert für spezielle Kontexte verstehen.

Eine weitere häufige Frage ergab sich im Zusammenhang mit einer einfachen Fertigkeit: Wie kann man aus $x^2 - x + c$ ein vollständiges Quadrat bilden? Viele Studierende hatten das Bilden der quadratischen Ergänzung aus ihren mittleren Schuljahren vergessen. Die dritthäufigste Frage war: Welche der Formeln

$$\int \frac{dx}{x^2 + a^2} \text{ oder } \int \frac{dx}{x^2 - a^2}$$

ist die richtige Formel für das Integral $\displaystyle\int \frac{dx}{\left(x - \frac{1}{2}\right)^2 + c - \frac{1}{4}}$? Dieses Integral wurde nicht im laufenden Curriculum behandelt, die Studenten mussten die richtige Formel aus der Integraltabelle ihres Lehrbuchs heraussuchen und dabei die Substitutionsmethode anwenden.

Besonders den Studierenden aus Wismar fiel es schwer, die im Modell 2 geforderten Richtungsfelder und Integralkurven zu visualisieren. Die Ingenieurstudenten der Hochschule Wismar haben wöchentliche Laboratorien Mathematik mit MATLAB. Dennoch benötigten sie viel Hilfe, um das folgende Diagramm zu erstellen (Abbildung 1).

Die Studierenden der Auckland University of Technology, Auckland, Neuseeland, nutzten keine CAS im Rahmen der Mathematikausbildung. Wir forderten sie daher auf, das nutzerfreundliche Programmpaket Omnigraph zu verwenden. Nach einer kurzen Einführung dieses Programmpaketes in der Vorlesung konnten sie das folgende ähnliche Diagramm zeichnen (Abbildung 2).

Schließlich hatten viele Studierende Probleme in der Interpretationsphase. Die Begriffe der Gleichgewichtslösung bzw. der stationären Lösungen und der

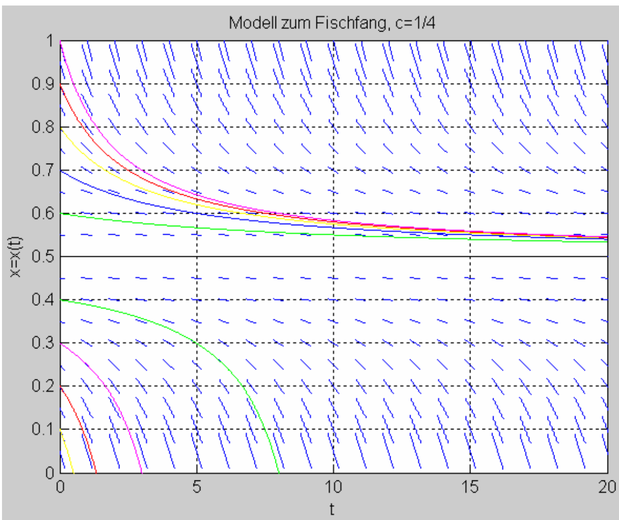

Abbildung 1: MATLAB Diagramm.

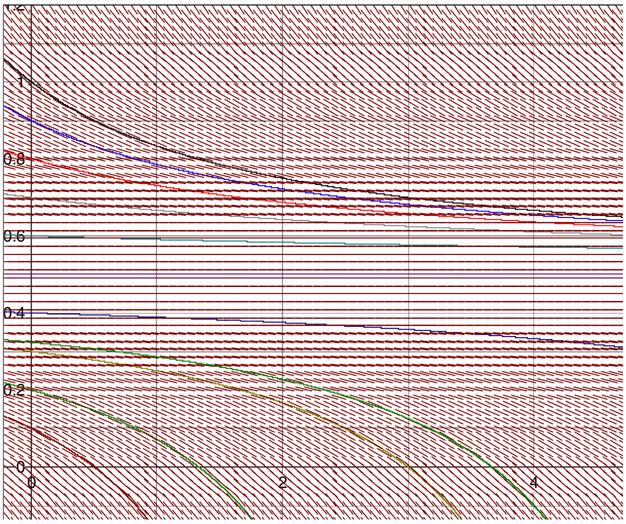

Abbildung 2: Omnigraph Diagramm.

Stabilität waren nicht Bestandteil des normalen Curriculums, so war es eine große Herausforderung für die Studierenden, eine Interpretation wie die nachfolgende zu finden:

> *Im Fall c=1/4 gibt es eine instabile Gleichgewichtslösung. Mit einer solchen Quote zu fischen wäre optimal, wenn der Anfangswert von x hinreichend groß ist (x>1/2) und mathematisch sogar so lange als nötig möglich. Dennoch ist diese Quote nicht erlaubt, da jedes noch so kleine Abfallen des Anteils der Fischpopulation innerhalb des Gleichgewichts-zustands zum kompletten Abfischen der betrachteten Fischart in einer endlichen Zeitspanne führen würde.*

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus den Diskussionen mit den Studierenden während der Projektbearbeitung, der Analyse der studentischen Ergebnisse und der gegebenen Antworten und Kommentare zu den Fragebögen ziehen wir die folgenden Schlüsse:

- Unsere Annahme, dass die Ingenieurstudenten einen persönlichen und emotionalen Bezug zu bedeutenden ökologischen Problemen ihrer Region herstellen würden, war zu optimistisch. Ein Grund ist möglicherweise der, dass beide Universitäten in umweltfreundlichen Regionen und Ländern liegen;
- Die Mehrheit unserer Studierenden (77%) hatte einen anderen Namen für entdeckendes Lernen – *zu schwer*;
- Viele Studenten sind es nicht gewöhnt, selbständig zu lernen;
- Viele Studenten sind nicht in der Lage, die nötigen Informationen zu finden, um eine bestimmte Frage zu beantworten;
- Viele Studenten sind nicht fähig, ihr Wissen aus einem Teil des Kurses in einem anderen anzuwenden (vgl. das Konzept der Ableitung bei der Aufstellung der Differenzialgleichung im ersten Modell).

Dennoch sollten wir nicht zu kritisch zu unseren Studierenden sein. Sie sind Studierende des ersten Studienjahres und es ist unsere Aufgabe, ihnen die nötigen Arbeitstechniken und Fertigkeiten zu vermitteln. Auch wir als Lehrende gewannen neue Erfahrungen durch dieses Projekt. So sollten wir jede Möglichkeit nutzen, um auf die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Teilen unserer Kurse hinzuweisen. Aber die beiden wichtigsten Lektionen, die wir gelernt haben, sind die Bedeutung einer sorgfältigen und ausführlichen Einführung der Studenten in das Projekt und das Ausdiskutieren der Ergebnisse. Eine lebendige Diskussion der Projekteinführung und der Projektergebnisse würde eine gute Lernatmosphäre herstellen. Wir sind überzeugt, dass unsere Studierenden von der Projektbearbeitung selbst profitieren, insbesondere durch:

1. Die Entwicklung eines selbständigen und unabhängigen Lernstiles;
2. Die Förderung der Fähigkeiten zur Modellbildung;
3. Die Erarbeitung von Problemlösekompetenzen;
4. Die Aneignung von nützlichen Fertigkeiten im Umgang mit CAS;
5. Die Entwicklung von Selbstvertrauen.

Diese wertvollen Fertigkeiten werden den Studierenden in ihrer Zukunft zu Gute kommen – an der Hochschule in anderen Kursen und später an ihrem Arbeitsplatz.

REFERENZEN

1. Haines, C. und Crouch, R., Recognising constructs within mathematical modelling. *Teaching Mathematics and its Applications*, 20, **3**, 129-138 (2001).
2. Crouch, R. und Haines, C., Mathematical modelling: transitions between the real world and the mathematical world. *Inter. J. on Mathematics Educ. in Science and Technology*, 35, **2**, 197-206 (2004).

3. Klymchuk, S.S. und Zverkova, T.S., *Role of Mathematical Modelling and Applications in University Service Courses: An Across Countries Study*. In: Matos, J.F. et al (Eds.): Modelling, Applications and Mathematics Education – Trends and Issues. Chichester: Ellis Horwood, 227-235 (2001).
4. Maull, W. und Berry, J., An investigation of students working styles in a mathematical modelling activity. *Teaching Mathematics and its Applications*, 20, **2**, 78-88 (2001).
5. Nyman, A. und Berry, J., Developing transferable skills in undergraduate mathematics students through mathematical modelling. *Teaching Mathematics and its Applications*, 21, **1**, 29-45 (2002).
6. Galbraith, P. und Haines, C., *Some Mathematical Characteristics of Students Entering Applied Mathematics Courses*. In: Matos, J.F. et al (Eds.), Teaching and Learning Mathematical Modelling. Chichester: Albion Publishing, 77-92 (1998).
7. Gruenwald, N. und Schott, D., World mathematical year 2000: challenges in revolutionising mathematical teaching in engineering education under complicated societal conditions. *Global J. of Engng. Educ.*, 4, **3**, 235-243 (2000).
8. Kadijevich, D., What may be neglected by an application-centred approach to mathematics education? *Nordisk Matematikkdidaktikk*, 1, 29-39 (1999).
9. Helmholtz Gemeinschaft, Deutschland, Nachhaltigkeit schützt künftige Generationen (2005), http://www.helmholtz.de/de/Forschung/Erde_und_Umwelt.html
10. Biswas, A.K. (Ed.), *Systems Approach to Water Management*. New York: McGraw-Hill (1976).
11. Arnold V.I., *"Hard" and "Soft" Mathematical Models* (2^{nd} edn). Moscow: MCCME Press (2004) (im Russisch).

BIOGRAPHIEN

Norbert Grünwald ist promovierter Mathematiker, Professor für Mathematik/Operation Research, war von 1998 bis 2002 Dekan des Fachbereiches Maschinenbau/Verfahrens- und Umwelttechnik und ist seit September 2002 Rektor der Hochschule Wismar. In diesen Positionen setzt er sich unermüdlich für die Profilierung der Hochschule Wismar im nationalen und internationalen Rahmen ein.

Vor seiner Berufung an die Hochschule Wismar im Jahre 1992 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Deutschen Seereederei Rostock, an der Hochschule für Seefahrt Warnemünde/Wustrow und an der Universität Rostock. Seine Publikationen beschäftigen sich hauptsächlich mit Fragen der Graphentheorie und unterbreiten Vorschläge für einen modernen, innovativen Mathematikunterricht in der Ingenieurausbildung. Prof. Dr. Grünwald engagiert sich stark in der Organisation und Durchführung mathematischer Wettbewerbe in Deutschland und weltweit. Er ist Koordinator und Mitglied der Jury der Deutschen Mathematik Olympiade, der Deutschen Mathematikervereinigung e.V. und des Mathematikolympiaden e.V. Prof. Grünwald ist Mitglied der deutschen Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, der Informatik, der Naturwissenschaften und der Mathematik e.V. (ASIIN). Auf internationaler Ebene engagiert sich Prof. Grünwald stark für die verschiedensten Kooperationen der Hochschule Wismar.

Unter seiner Leitung wurde das Gottlob-Frege-Zentrum gegründet und als UICEE *Satellite Centre for Engineering Science and Design* ausgebaut, sowie das *European Headquarters* der UICEE in der Stadt Wismar eröffnet. Prof. Grünwald ist Mitglied der International Liaison Group on Engineering Education (ILG-EE), des UNESCO International Centre for Engineering Education (UICEE) und dort seit 2003 *Deputy Chairman of the UICEE Academic Advisory Committee*. Sein unermüdlicher Einsatz zur Modernisierung der Ingenieurausbildung wurde 1998 mit den UICEE *Silver Badge of Honour* und 2000 mit dem UICEE *Gold Badge of Honour* gewürdigt.

Gabriele Sauerbier ist Lehrkraft für Mathematik am Fachbereich Maschinenbau/Verfahrens- und Umwelttechnik der Hochschule Wismar. Im Jahr 1982 beendete sie ihr Studium an der wissenschaftlichen Universität (ELTE) Budapest, Ungarn als Diplomlehrerin für Mathematik und Physik, 1988 promovierte sie an der Pädagogischen Hochschule Güstrow mit einer Arbeit zu Pro-p-Gruppen und LIE-Algebren. Nach einer kurzen Tätigkeit an der Universität Rostock, arbeitete sie bis 2002 in der PNP Luftfedersysteme GmbH zu theoretischen Fragestellungen, Simulationen und messtechnischen Auswertungen von Schwingungssystemen. Engagiert setzt sie sich für eine moderne, anwendungsorientierte Mathematikausbildung der Ingenieurstudenten ein. Frau Dr. Sauerbier ist Mitglied des deutschen Mathematikolympiaden e.V. und des Gottlob-Frege-Zentrums der Hochschule Wismar, dort arbeitet sie gegenwärtig in mehreren internationalen Projekten.

Sergiy Klymchuk ist Associate Professor an der School of Mathematical Sciences der Auckland University of Technology, Auckland, Neuseeland. Er erhielt 1980 den Master Degree in angewandter Mathematik und 1988 den PhD für Mathematik von der Staat-lichen Universität Odessa, Ukraine. Von 1980 bis 1996 arbeitete er an der Staatlichen Ökonomischen Universität Odessa, Ukraine. Von 1997 bis 1999 arbeitete er an der Universität Waikato und seit 2000 an der Auckland University of Technology. In seiner Promotion behandelte Dr. Klymchuk ein Thema zu Differenzialgleichungen, während seine gegenwärtigen Forschungsinteressen auf dem Gebiet der Mathematikausbildung liegen. Er verfasste mehr als 100 Publikationen, darunter einige Bücher zur Popularisierung der Mathematik und der Wissenschaften, die in 9 Ländern veröffentlicht wurden oder gerade veröffentlicht werden. Dr. Klymchuk kooperiert erfolgreich mit den Kollegen des Gottlob-Frege-Zentrums der Hochschule Wismar. Seit 2002 ist er bereits zum 4. Mal als Gastdozent in Wismar tätig.

Tatyana Zverkova ist Associate Professor der Staatlichen Universität Odessa, Ukraine. Sie erhielt 1974 ihren Master Degree in angewandter Mathematik und 1979 ihren PhD für Mathematik von dieser Universität. Sie arbeitete 3 Jahre als Programmiererin in einem Forschungsinstitut, bevor sie als Dozentin an die Staatliche Universität Odessa zurückkehrte. Seit vielen Jahren ist Frau Dr. Zverkova als Beraterin für angewandte Mathematik in verschiedenen Projekten der Industrie tätig. Ihre Forschungsinteressen liegen auf dem Gebiet asymptotischer Methoden für Differenzialgleichungen und der Mathematikausbildung. Sie verfasste mehr als 70 Publikationen, hauptsächlich auf dem Gebiet der Differenzialgleichungen und deren Anwendungen.