

Modellierung in der Ausbildung

(von Mathematikern / Informatikern?)

Positionspapier

Ulrich Knauer
Fachbereich Mathematik
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
knauer@uni-oldenburg.de

Hier soll nicht hauptsächlich über entwickelte Modelle berichtet werden (diese spielen als Beispiele eine Rolle), sondern über Prinzipien der Modellierung, über Lehrbarkeit und Möglichkeiten des Lehrens von Modellierung. Als Mathematiker beschäftige ich mich seit vielen Jahren mit diesem Themenkreis. Dabei tritt naturgemäß immer wieder die Frage auf, ob Mathematiker wirklich gute Modellierer sind, inwiefern die Mathematikausbildung bzw. das Studium Voraussetzungen für eine berufliche Tätigkeit als Modellierer bewußt/beabsichtigt oder eher zufällig, also als Sekundärqualifikation schafft. Die entsprechende Frage stellt sich vermutlich ähnlich für Informatiker. Für Mathematiker stelle ich folgende These auf:

These:

Mathematik stellt den theoretischen Hintergrund für Modelle zur Verfügung.

Erläuterung:

Bezüglich dieses Hintergrunds sehe ich die folgenden Ebenen:

A. Beschreibung:

1. Sprache
2. Umgang mit Symbolen, Variablen
3. Graphische Darstellung

B. Analyse:

4. Reduktion und Modifikation von Bedingungen
5. Begriffsbildung, Definitionen
6. Vereinfachungen, Abstraktionen
7. Abhängigkeiten

C. Methoden:

8. Skalierung und Positionierung
9. Singularitäten und kritische Regionen
10. Wechsel von Ebenen, Kontexten, Paradigmen
 - (a) Stochastisch – Deterministisch
 - (b) Diskret – Kontinuierlich

- (c) Formelmäßig(statisch) – Funktional(dynamisch)
- (d) Graphisch – Algorithmisch
- (e) Lokal, partiell – Global

D. Theorien:

- 11. Graphentheorie
- 12. Geometrie - Geometrien
- 13. (Max Plus) Algebren
- 14. Optimierungsverfahren (L. P. etc.)
- 15. Statistik
- 16. Automatentheorie (= Darstellungstheorie von Monoiden)
- 17. Codierungstheorie (= Endliche Körper und Vektorräume)
- 18. Kryptographie
- 19. Analytische Methoden der physikalisch/technischen Modellierung
- 20. Begriffliche Wissensverarbeitung („Darmstädter Schule“)

E. Modelle (Mathematik liefert Modelle als Beispiele für andere)

- 21. Philosophie (z. B. Unendlichkeitsfragen)
- 22. Lerntheorie (mathematische Aufgaben dienen als Beispiele)
- 23. Informatik (Berechenbarkeitsfragen)

Es ist relativ klar, dass mehrere der obigen Punkte auch von anderen Wissenschaften in Anspruch genommen werden können und korrespondierend eigentlich auch nicht direkt Gegenstand eines Mathematikstudiums sind. Getrennt und zusätzlich zu all diesem ist aber auch klar, dass traditionellerweise Modellierung als Fähigkeit in einem Mathematikstudium nicht vermittelt wird.

Dies könnte für ein Informatikstudium anders sein, einerseits weil die Auseinandersetzung mit Informationsverarbeitung auf Modellebene passiert, andererseits weil die Anwendung von Produkten der Informatik eine Modellierung von „realen“ Problemen darstellt.

Es gibt eine Reihe von Ansätzen in der Diskussion in den mathematischen Fachbereichen, zugegebenermaßen verstärkt erst in den letzten Jahren – und nicht zuletzt befördert durch eine Art Konkurrenz mit der Informatik. Es beginnt mit sogenannten Berufspraxis-Seminaren, in denen Mathematiker aus der Praxis über ihre Arbeit berichten, geht über Vorlesungen „Einführung in die mathematische Modellierung“, Seminare zur Anwendung spezieller mathematischer Verfahren in der Praxis (Lineare und nicht lineare Programmierung, Differentialgleichungen) bis hin zu speziellen (Bindestrich-)Studiengängen wie Wirtschafts-Mathematik, Finanz-Mathematik, Bio-Mathematik, Techno-Mathematik (Fraunhofer-Institut in Kaiserslautern seit 2001)

Ich stelle hier ein Konzept von Projektseminaren zur Modellierung dar, das in den genannten Ansätzen eigentlich nicht enthalten ist und deshalb zur Ergänzung aller dienen kann. Ziel solcher Veranstaltungen ist die aktive Auseinandersetzung mit den Arbeitssituationen von Modellierern. Es erweist sich, dass diese Situationen tatsächlich am besten

unter den konkreten Bedingungen eines Modellierungsprozesses erfahrbar gemacht werden können.

Daraus leite ich folgende *Prinzipien* ab:

1. Startpunkt ist ein reales (d. h. hier nicht mathematisches) Problem.
2. Keiner der Beteiligten hat Detailkenntnisse über das Problem und den Umfang (auch nicht die Projektleiter, Lehrenden).
3. Es ist bei Projektbeginn nicht gesichert, welche wissenschaftlichen/mathematischen Verfahren benutzt werden können/müssen, und ob überhaupt spezielle mathematische Verfahren eingesetzt werden können.
4. Es gibt keine Erfolgsgarantie (die auch nur möglich wäre, wenn die Projektleiter schon vorher wüßten, „wie’s geht“).
5. Es gibt (im Idealfall) eine Rechenschaftspflicht einem Außenstehenden gegenüber.
6. Es gibt realistische Zeitschranken.
7. Die formalen Arbeitsbedingungen sind realitätsnah (Anwesenheitspflicht, termingerechte Erfüllung von Arbeitsaufträgen).

Problem	Beschreibung, Ergebnis	Mathematischer Inhalt	Folgerungen, Kommentare
Patiententransport in Kliniken (1995)	Objektive Beschreibung, strukturelle Probleme	Petrisetze, dynamische Datenrelationen, Optimale Grenzen	Neue Pläne, partielle Dezentralisation, Arbeitsplätze? Detailveränderungen
S-Bahn-system für Oldenburg (1996)	Integration in DB-Fahrpläne, keine zusätzlichen Gleise	Längenoptimierung, Fahrerrotation, Fahrzeugminimierung, Begriffsverband: Bild des Fahrplans	Öffentliche Vorstellung, politische Diskussion, ökologische Argumentation
Ökosteuer, Benzinpreis (1999)	Gesamtgesellschaftliche Kosten	Subjektive Wertschätzung, Formeln der Ökonomie, Datensammlung	Unsichere Datenlage, psychologische Bedeutung des PKW
Vernetzte, getaktete Fahrpläne (2000)	Graphische Darstellung, Computermodell, Stabilität, Beruhigungszeit	Max Plus Algebra, Graphentheorie, Eigenwerte, dynamisches System	Modell kompliziert, Handhabung relativ einfach, Ergebnisse noch unbefriedigend, zu lange Beruhigungszeiten

Tabelle 1 Ausgewählte Modellierungsprojekte

Die Einlösung dieser Forderungen ist nicht immer einfach, da der Kontakt zu Betrieben, die als „Auftraggeber“ auftreten, hergestellt werden muss, was für Mathematiker – wohl im Gegensatz zu Informatikern – zumindest ungewöhnlich ist. Außerdem muss das Problem so ausgewählt werden, dass die Studierenden unter zeitlich vertretbaren Bedin-

gungen eine Chance zur Bearbeitung, d. h. zum Erarbeiten eines Lösungsvorschlages haben, und andererseits ein mögliches Scheitern kein Desaster bedeutet.

Zur Verdeutlichung sind in Tabelle 1 ~~Tabelle 1~~ einige Beispiele von Modellierungsprojekten aufgeführt, die ich in den letzten Jahren betreut habe. Hier sind auch schon einige wissenschaftliche/mathematische Methoden angegeben, die dabei benutzt wurden oder jedenfalls im Hintergrund standen, sowie Folgerungen aus den gemachten Erfahrungen.

Ich werde im Einzelnen einige Projekte vorstellen und daran aufzeigen, in welchem Umfang und in welcher unterschiedlichen Ausprägung dabei die typischen *Stufen von Modellbildungsprozessen* auftreten.

1. Finden der notwendigen Informationen
2. Finden der notwendigen Daten
3. Geeignete Beschreibung des Problems
4. Abstraktion und Vereinfachung
5. Adaption mathematischer Theorien
6. Anwendung der Theorien
7. Programmierung
8. Interpretation der Resultate
9. Modifikation des Modells

Außerdem stelle ich ein Reihe von *Qualifikationen* zur Diskussion, die idealerweise durch die Einbeziehung von Modellierungsseminaren in das Studium erreicht werden können.

1. Mentale Beweglichkeit
2. Fähigkeit zu Visionen – Phantasie
3. Bereitschaft zur Abstraktion
4. Bereitschaft zum Einlassen auf die Realität
5. Kommunikationsfähigkeit (auch mit Nichtspezialisten)
6. Analytisches und konstruktives Denken
7. Unterscheiden von wichtig und unwichtig
8. Bereitschaft zum Zuhören, Anpassen, Unterordnen
9. Kompetenz und Souveränität im Umgang mit Mathematik
10. Zutrauen zu eigenen Fähigkeiten
11. Vertreten und Propagieren der eigenen Resultate
12. Kompetenz und Verantwortung (politische Dimension)
13. Spezialistenbonus vs. Fachidiot

Schließlich formuliere ich einige Vermutungen, Modellierung durch Informatiker ist charakterisiert durch:

- Benutzung vorhandener (mathematischer) Verfahren zur Entwicklung von Computer Programmen (Tools)
- Anwendung vorhandener Tools in konkreten Situationen (was bekanntermaßen schwer ist und Informatiker gezielt lernen?)

- Modellierung von „Computern“, bzw. dort ablaufender Prozesse (Lösung „eigener“ Probleme)
- Modellierung von Problemen und Prozessen der Informationsverarbeitung.