

# Modellierungsansätze und Fallbeispiele in der Ausbildung für Modellbildung und Simulation

Andreas Körner<sup>1</sup>, Stefanie Winkler<sup>1</sup>, Felix Breitenecker<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Wien

Institut für Analysis und Scientific Computing

Wiedner Hauptstraße 8-10

1040 Wien

*andreas.koerner@tuwien.ac.at*

Modellbildung und Simulation ist als wissenschaftliches Gebiet sehr schwierig zu charakterisieren. Es gibt ein weites Feld an mathematischen Ansätzen und Methoden aber mindestens zu gleichen Teilen einen hohen interdisziplinären Aspekt. Aufgrund dieser Problematik gestaltet sich die Ausbildung in diesem Gebiet umso schwieriger. Modellbildung und Simulation ist an vielen Fakultäten und Instituten unterschiedlicher Grundausbildung, wie Mathematik, Informatik, Elektrotechnik, Mechanik, Physik, etc. als Unterrichtsfach zu finden. Problematik dabei ist es, dass eine grundlegende Ausbildung für Modellbildung und Simulation oft eine Querschnittseinführung in verschiedenen Fächern mit sich bringt. Angefangen bei mathematischen Methoden wie Differentialgleichungen für Zustandsraummodelle dynamischer Systeme oder die Laplace-Transformation für Verhaltensmodelle, über elektrotechnische Problemstellungen, bis hin zu mechanischen Modellen für einfache als auch komplexe Systeme. Spätestens bei der Simulation sind viele informatische Aspekte zu berücksichtigen.

Ausbildung in Modellbildung und Simulation muss also eine Brücke zwischen Mathematik und den Anwendungen derart bauen, dass grundsätzliche Ansätze in unterschiedlichen Fallbeispielen erkannt werden und auf ähnliche Situationen angewandt werden können. Das vorliegende Paper stellt ein mögliches didaktisches Konzept vor und zeigt einige Fallbeispiele aus der Umsetzung.

## 1 Struktur und Aufbau des Ausbildungskonzeptes

Die grundlegende Eigenschaft im vorgestellten Konzept ist die theoretischen Aspekte der Modellbildung und Simulation anhand von fundierten Grundlagen zu vermitteln aber gleichsam aussagekräftige und illustrierende Fallbeispiele zu transportieren. Diese beiden Aspekte müssen aufeinander abgestimmt und passend miteinander verschränkt werden. In diesem Zusammenhang spielt natürlich die Vorbildung der Hörerinnen und Hörer oft eine wichtige Rolle, insbesondere bei der Auswahl der Fallbeispiele.

Das Ausbildungskonzept der Modellbildung und Simulation bezieht sich auf das Fach Systemsimulation, welches also im Wesentlichen auf dynamische Prozesse und Systeme abzielt.

### 1.1 Struktur der akademischen Themen

Die akademischen Themen bezeichnen in diesem Zusammenhang die Themengebiete der Modellbil-

dung und Simulation, welche abstrakt vermittelt werden sollen. Dabei handelt es sich in der Ausbildung zur Systemsimulation um folgende Themen:

- Modellbildungs- und Simulationskreislauf
- Eingangs- Ausgangsmodelle und Verhaltensmodelle
- Differentialgleichungs- und Zustandsraummodelle
- Physikalische Modellierung
- Differenzgleichungen und zeitdiskreter Zustandsraum
- Zelluläre Automaten
- Agentenbasierte Modellierung
- Diskrete Event Simulation
- Modellierung mit Ereignisgraphen
- State Event Modelling

## 1.2 Struktur der Fallbeispiele

Die zweite Säule des didaktischen Aufbaus sind aussagekräftige und exemplarische Beispiele. Diese sind elementar im grundlegenden Verständnis von Modellbildungsansätzen. Ausgehend von dem Problem, dass unterschiedliche physikalische Domäne in der Modellbildung und Simulation oft Fachkenntnisse benötigen, müssen Beispiele gewählt werden, deren Umfeld kurz aber doch umfassend einem akademischen Kreis näher gebracht werden können. Im angesprochenen Kurs der Systemsimulation sind das die folgenden Fallbeispiele:

- Populationsdynamik – Lotka Volterra Räuber Beute Modell
- Lineares und nichtlineares mathematisches Pendel
- Kardiovaskular Kompartiment Modell
- Fahrrad Ergometer Verhaltensmodell
- Epidemiologie Modelle
- Modell kommunizierender Gefäße
- Resonanzschwingkreis

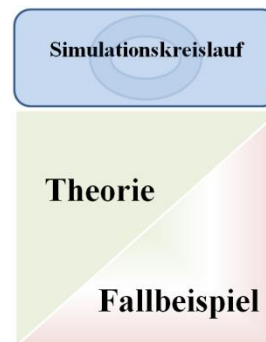
Die genannten Fallbeispiele sind keineswegs immer an ein konkretes Modellierungskonzept gebunden. So ist es z.B. im Fall der Epidemiologie Modelle. Dieses Fallsbeispiel wurde als Differenzialgleichungsmodell, zellulärer Automat und mit Hilfe eines Agentenbasierten Ansatzes implementiert. Diese unterschiedlichen Ansätze können anschließend weiter verglichen und gegenübergestellt werden.

Einige der genannten Fallbeispiele sind an konkrete Modellierungsansätze gebunden, wie zum Beispiele der Resonanzschwingkeis oder das Fahrrad Ergometer Verhaltensmodell. Diese Beispiele werden aufgrund ihres einführenden Charakters eher zu Beginn eines thematischen Abschnittes verwendet.

## 2 Abbildung der Kursstruktur

An die Vorstellung des Konzeptes anschließend wird in diesem Kapitel nun auf die Kursstruktur eines derartigen Kurses eingegangen. Die Kursstruktur sollte die Kombination aus Theorie und Fallbeispielen hinreichend unterstützen. Typischerweise wird mit dem Simulationskreislauf begonnen, um die grundsätzliche Aufgabe der Modellbildung und Simulation vorzustellen. Daran anschließend wird die Reihenfolge der akademischen Themen abgestimmt abgearbei-

tet. Je weiter der Kurs fortschreitet, desto mehr werden die Aufgaben in die akademischen Themen eingebunden und als Motivation oder konkrete Untersuchung angeboten. Die Kursstruktur ist damit zu Beginn eine Vorlesung mit einer Übung oder einem Praktikum gepaart, wird zum Ende hin aber mehr und mehr zu einer integrierten Vorlesungsübung. Eine Veranschaulichung dieser strukturellen Idee wird in Abbildung 1 gegeben.



**Abbildung 1.** Veranschaulichung der Kursentwicklung hinsichtlich der Verteilung Theorie-Fallbeispiele

Die in Abbildung 1 angedeutete Gerade als Trennung der beiden Bereiche ist variabel. Abhängig von den besprochenen Themen und dem nötigen theoretischen Hintergrund kann dieser Verlauf angepasst werden.

## 3 Testung und Evaluierung

Um einen Lernfortschritt für die Kursteilnehmerinnen und Teilnehmer zu gewährleisten muss natürlich auch eine ständige Evaluierung des Lernfortschritts gewährleistet werden. Diese ist durch die Fallbeispiele im laufenden Kurs sehr einfach abzubilden. Selfevaluation so wie institutionalisierte Überprüfungen können einfach mit Blended Learning Methoden implementiert werden und gewinnbringend in die Kursstruktur integriert werden. Mehr zu diesem Thema ist in [1] veröffentlicht.

## 4 Referenzen

- [1] M. Bicher, I. Hafner, A. Bauer, C. Pöll, N. Popper und F. Breitenecker: *A Web-based Platform for E-Learning and Blended Learning in Modelling and Simulation*. Tagungsband International Conference on Business, Technology and Innovation, in Durres, Albania, S. 100 – 109, 2013.