Pilotprojekt Interdisziplinäres Lernen und Zusammenarbeit

Evolution und Epidemie

Spieltheorie in der Biophysik

Anita Schöbel
Daniel Scholz
(Hrsg.)



Evolution und Epidemie

Spieltheorie in der Biophysik

Anita Schöbel
Daniel Scholz
(Hrsg.)

SHAKER
VERLAG

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2011
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0221-8
ISSN 1432-3397

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Das *Pilotprojekt Interdisziplinäres Lernen und Zusammenarbeiten* (kurz PILZ) ist eine interdisziplinäre und praxisnahe Lehrveranstaltung, die es den Studierenden ermöglicht, ihr Wissen auch außerhalb ihres Faches und anhand praktischer Probleme anzuwenden. Hierzu werden in einem einwöchigen Kompaktkurs theoretische Grundlagen eingeführt und interdisziplinäre Fragestellungen eines gegebenen Themas diskutiert. Nach der Teilnahme am Kompaktkurs werden Projekte an interessierte Studierende vergeben. Die Bearbeitung erfolgt in interdisziplinären Gruppen. PILZ wird seit dem Wintersemester 2007/2008 regelmäßig an der Georg-August-Universität Göttingen von der Arbeitsgruppe Optimierung angeboten und wurde nach dem Vorbild der Lehrveranstaltung *Modellierung im Interdisziplinären Studienprogramm* (kurz MISP) der Technischen Universität Kaiserslautern konzipiert.

Das vorliegende Buch beinhaltet einerseits die theoretischen Grundlagen, die in der Kompaktwoche vorgestellt wurden, und andererseits die studentischen Projektberichte aus dem vierten Durchlauf der PILZ-Veranstaltung. Behandelt wurde das Thema *Evolution und Epidemie: Spieltheorie in der Biophysik*, durchgeführt wurde das Projekt im Wintersemester 2009/2010. Neben dem *Institut für Numerische und Angewandte Mathematik* wurde das Projekt während der Kompaktwoche sowie bei der Betreuung der studentischen Arbeiten unterstützt vom *Dritten Physikalischen Institut* der Georg-August-Universität Göttingen sowie vom *Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation*.

Das vorliegende Buch gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil werden theoretische Grundlagen zu ausgewählten Vorträgen der Kompaktwoche zusammengestellt, die zum Verständnis der folgenden Projektberichte beitragen. Wir beginnen in Kapitel 1 mit Grundlagen der Spieltheorie, welche in fast allen Projektberichten verwendet und in den folgenden Kapiteln als bekannt vorausgesetzt werden. In Kapitel 2 beschäftigen wir uns mit der Einführung in die Populationsdynamik und in Kapitel 3 werden Modelle in der Epidemiologie behandelt. Beide Kapitel liefern damit fundamentale Grundlagen zu den Fragestellungen von zwei Projektarbeiten.

Im zweiten Teil werden Ergebnisse der vier Projekte vorgestellt, die zum vorliegenden PILZ von Studierenden durchgeführt wurden. Zunächst beinhaltet Kapitel 4 Ergebnisse zum Thema Spieltheorie und Evolution. Dazu wurden spieltheoretische Konzepte auf die Endosymbiontentheorie angewandt und numerisch ausgewertet. Im zweiten Ergebnisbericht in Kapitel 5 wird der Einfluss von Mutanten innerhalb

der Population hinsichtlich Dominanz bzw. Koexistenz untersucht. Die Grundlagen zur Populationsdynamik werden in Kapitel 6 angewandt. Analysiert wird ein einfaches, aber sehr aussagekräftiges Räuber-Beute-Modell mit mindestens drei Spezies. Schließlich behandelt Kapitel 7 ein Modell zur Ausbreitung von Epidemien in heutigen Gesellschaftsnetzwerken.

Unser Dank gilt zunächst den engagierten Studierenden für die hervorragenden Projektberichte, ohne Euch wäre PILZ niemals so erfolgreich und dieses Buch unmöglich gewesen. Weiterhin bedanken wir uns bei Ulrich Parlitz (Drittes Physikalische Institut, Universität Göttingen) für die angenehme und engagierte Zusammenarbeit bei fachlichen sowie organisatorischen Problemen. Darüber hinaus gilt unser Dank allen Dozentinnen und Dozenten der Kompaktwoche, diese waren Dirk Brockmann (Northwestern University), Jens Christian Claussen (Universität Lübeck), Stephan Eule (Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation), Oskar Hallatschek (Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation), Mark Körner (Universität Göttingen), Ulrich Parlitz (Universität Göttingen), Christoph Schmidt (Universität Göttingen) und Silvia Schwarze (Universität Hamburg).

Göttingen, im Mai 2011 Anita Schöbel und Daniel Scholz

Inhaltsverzeichnis

I Theoretische Grundlagen **1**

1 Einführung in die Spieltheorie
Silvia Schwarze **3**

1.1 Einleitung 3
1.2 Spiele in Normalform 4
1.3 Gemischte Erweiterung 6
1.4 Berechnung von Gleichgewichten 8
1.5 Kooperative Spiele 11
1.6 Weitere Konzepte und Ausblick 13

2 Einführung in die Populationsdynamik
Ulrich Parlitz **17**

2.1 Einleitung 17
2.2 Populationsmodelle für einzelne Spezies 18
2.3 Populationsmodelle für zwei Spezies 22

3 Mathematische Modelle zur Beschreibung von Epidemien
Stephan Eule **29**

3.1 Einleitung 29
3.2 Die einfache Epidemie, SI-Dynamik 31
3.3 Die einfache Epidemie mit Genesung, SIS-Dynamik 33
3.4 SIR-Dynamik 36
3.5 Erweiterte Modelle 41
3.6 Kontrolle und Impfung 42
3.7 Ausblick 44

II Projektberichte **47**

4 Spieltheorie und Evolution
Jan Friedrich, Lena Meyer, Morten Rousseau, Hauke Simon **49**

4.1 Einleitung 49
4.2 Biologische Grundlagen 50
4.3 Das Modell 53
4.4 Auswertung 62
4.5 Diskussion 72
4.6 Ausblick 73

5 Mutationen und Spieltheorie
Helene Dallmann, Andreas Volkhardt, Artur Wachtel **75**

5.1 Einleitung 75
5.2 Das Modell 76
5.3 Einfluss des Mutationsparameters ε 78
5.4 Vorteilskompensation 87
5.5 Fazit 93

6 Populationsdynamik und Spieltheorie
Sebastian Albert, Helena Binkhoff, Timo Wuttke **97**

6.1 Einleitung 97
6.2 Das Modell 98
6.3 Analyse 101
6.4 Diskussion der Ergebnisse 122
6.5 Anhang 125

7 Epidemien und Spieltheorie
Alexander Brinkmann, Thomas Köhler, Matthias Müller, Christina Schlote **129**

7.1 Einleitung 129
7.2 Theorie 130
7.3 Reproduktion bekannter Ergebnisse 136
7.4 Erweiterung des vorliegenden Modelles 147
7.5 Schlusswort 164