

---

# Einführung in die Spieltheorie

---

Manfred J. Holler · Gerhard Illing · Stefan Napel

# Einführung in die Spieltheorie

8. Auflage

 Springer Gabler

Manfred J. Holler  
Fachbereich Volkswirtschaftslehre  
Universität Hamburg  
Hamburg, Deutschland

Gerhard Illing  
Volkswirtschaftliches Institut  
Seminar für Makroökonomie  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
München, Deutschland

Stefan Napel  
Fakultät für Rechts- und  
Wirtschaftswissenschaften  
Volkswirtschaftslehre IV  
Universität Bayreuth  
Bayreuth, Deutschland

ISBN 978-3-642-31962-4      ISBN 978-3-642-31963-1 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-31963-1>

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

Springer Gabler

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 1991, 1993, 1996, 2000, 2003, 2006, 2009, 2019  
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

# Vorwort zur achten Auflage

In den rund zehn Jahren, die seit Fertigstellung der siebten Auflage vergangen sind, bekamen mit Alvin Roth, Lloyd Shapley und Jean Tirole erneut drei Wirtschaftswissenschaftler einen Nobelpreis verliehen, deren Namen – wie zuvor Roger Myerson, Eric Maskin, Leonid Hurwicz, Thomas Schelling, Robert Aumann, Reinhard Selten, John Harsanyi und John Nash – eng mit der Entwicklung der Spieltheorie verknüpft sind. Weitere Preisträger ließen sich aufzählen, in deren Arbeiten spieltheoretische Methoden wie die Rückwärtsinduktion oder Konzepte wie das Nash-Gleichgewicht und das Bayes'sche Gleichgewicht eine wichtige Rolle einnehmen.

Die Spieltheorie ist aus der heutigen Ökonomik nicht mehr wegzudenken. Auch in der Politikwissenschaft, Soziologie und Philosophie findet sich inzwischen ein breites Band sehr unterschiedlicher Anwendungen. An vielen Hochschulen gehört eine Einführung in die Spieltheorie auch in diesen Gebieten zum festen Lehrplan. Entsprechend groß und unübersichtlich ist heute das Angebot an Literatur, die dem interessierten Leser zur Verfügung steht. Diese „Einführung in die Spieltheorie“ gibt mit ihren knapp 500 Seiten einen fundierten Überblick und soll Lust auf mehr machen.

Große Teile der Kapitel 1 bis 4 wurden gründlich überarbeitet und u.a. um das Braess-Paradoxon und einen Abschnitt über Auktionen ergänzt. Dies wurde mit der Erweiterung des Autorenteam's möglich. Das neue Kapitel 9 bietet Einblicke in die spannende (Vor-) Geschichte der Spieltheorie. Es kann – wie die meisten anderen Kapitel – unabhängig vom Rest des Buches gelesen werden. Erstmals gibt es auch eine elektronische Fassung des Buches. Hyperlinks ermöglichen schnelle Sprünge ins Literaturverzeichnis oder zu inhaltlich verknüpften Textabschnitten.

Wir möchten all jenen danken, die uns über die Jahre hinweg mit hilfreichen Kommentaren versorgten. Unser besonderer Dank gilt Ramazan Dengiz für seine Anmerkungen zu Kapitel 8 sowie Birgit Hasenkamp und Alexander Mayer für deren kritische Durchsicht von Kapitel 9. Unser Dank gilt auch Nico Kubach und Sebastian Schödel für ihre Unterstützung bei der Überarbeitung des Literaturverzeichnisses und zahlreicher Abbildungen sowie den Mitarbeitern des Springer-Verlags, deren Geduld wir gründlich auf die Probe stellten. Selbstverständlich liegt die Verantwortung für den vorliegenden Text bei uns, den Autoren.

Hamburg, München und Bayreuth  
März 2019

*Manfred J. Holler  
Gerhard Illing  
Stefan Napel*

## **Vorwort zur siebten Auflage**

Wir haben die Möglichkeit einer weiteren Auflage des Buches genutzt, den Text leserfreundlicher zu gestalten, den Sach- und Personenindex zu überarbeiten und neuere Literatur einzuarbeiten. Wir möchten uns herzlich bei den Kollegen, Studenten und Lesern bedanken, die durch ihre Hinweise und Anregungen zur gelungenen Überarbeitung des Buches beitragen.

Hamburg und München  
August 2008

*Manfred J. Holler*  
*Gerhard Illing*

## **Vorwort zur vierten Auflage**

Als vor rund einem Jahrzehnt die erste Auflage des vorliegenden Buches erschien, konnten selbst viele Fachkollegen mit der Spieltheorie wenig anfangen. Inzwischen gibt es dazu an vielen ökonomischen Fachbereichen regelmäßig Lehrveranstaltungen. Die Spieltheorie hat Eingang in fast alle Bereiche der Wirtschaftswissenschaften gefunden. Zahlreiche Lehrbücher der Mikroökonomie enthalten heute ein Kapitel zur Spieltheorie. Ihre eigentliche Domäne aber ist die Industrieökonomik: Sie hat durch die Spieltheorie ein neues, sehr attraktives Gesicht bekommen, das nicht nur Theoretiker nachhaltig inspiriert, sondern auch Praktiker anzieht, die nach einem Fundament für ihre Entscheidungen und eine Erklärung für ihre Umwelt suchen. Dieser Entwicklung wurde durch Einarbeitung neuerer Ergebnisse zur asymmetrischen Information, der Messung von Macht und der evolutorischen Theorie Rechnung getragen und auch dadurch, daß die Darstellung vereinfacht und in manchen Teilen etwas ausführlicher wurde.

Hamburg und Frankfurt am Main  
Dezember 1999

*Manfred J. Holler*  
*Gerhard Illing*

## **Vorwort zur dritten Auflage**

Die Spieltheorie wurde seit der letzten Auflage dieses Buches nicht nur durch den Nobelpreis an John Harsanyi, John Nash und Reinhard Selten in besonderer Weise ausgezeichnet, sie entwickelte sich auch weiter. Die vorliegende dritte Auflage trägt diesen Entwicklungen sowohl durch die Einbeziehung der Theorie evolutorischer Spiele (neues Kap. 8) als auch durch umfangreiche Überarbeitungen und Erweiterungen Rechnung.

Hamburg und Frankfurt am Main  
Januar 1996

*Manfred J. Holler*  
*Gerhard Illing*

## Vorwort zur ersten Auflage

Spieltheoretische Methoden werden heute in allen Bereichen der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften intensiv verwendet. Die Spieltheorie stellt das formale Instrumentarium zur Analyse von Konflikten und Kooperation bereit. Viele neu entwickelte spieltheoretische Konzepte sind bisher jedoch nur in Darstellungen zugänglich (häufig nur anhand der Originalaufsätze), die die Kenntnis fortgeschrittener mathematischer Methoden voraussetzen und damit für Studenten schwer verständlich sind. Die vorliegende Einführung setzt nur solche mathematische Grundkenntnisse voraus, wie sie von Studenten im Hauptstudium mit wirtschaftswissenschaftlicher Ausbildung erwartet werden. Das Buch gibt einen umfassenden Überblick über den neuesten Stand der Spieltheorie. Die Darstellung legt den Schwerpunkt auf die Vermittlung der grundlegenden Ideen und der intuitiven Konzepte; auf eine Ableitung von Beweisen wird weitgehend verzichtet. Anhand von zahlreichen Beispielen wird illustriert, wie sich spieltheoretische Konzepte auf ökonomische Fragestellungen anwenden lassen.

Das erste Kapitel gibt einen informellen Überblick über die in diesem Buch behandelten Fragestellungen. Die formalen Grundlagen, die zum Verständnis spieltheoretischer Modelle notwendig sind, werden in Kap. 2 behandelt. Kapitel 3 und 4 analysieren nicht-kooperative Spiele. Kapitel 3 führt in verschiedene Gleichgewichtskonzepte ein. Dynamische Spiele werden in Kap. 4 behandelt. An die Darstellung von Verfeinerungen des Nash-Gleichgewichts für Spiele in extensiver Form schließt sich die Analyse wiederholter Spiele an mit einer Diskussion der Folk-Theoreme sowie endlich wiederholter Spiele. Kapitel 5 und 6 behandeln kooperative Spiele. Kapitel 5 führt in die axiomatische Theorie der Verhandlungsspiele ein. Eine Darstellung des Zeuthen-Harsanyi-Verhandlungsspiels sowie strategischer Verhandlungsmodelle schließt sich an. Kapitel 6 untersucht Konzepte zur Analyse von Spielen mit Koalitionsbildung. Kapitel 7 gibt eine Einführung in die Theorie des Mechanismus-Designs und der Implementierung. Es wird gezeigt, wie spieltheoretische Konzepte neue Einsichten für das Verständnis der Grundlagen ökonomischer Theorie liefern können.

Das Buch entstand aus Skripten zu Vorlesungen über Spieltheorie, die an den Universitäten Århus, München und Bamberg gehalten wurden. Wir danken allen Kollegen und Studenten, die Anregungen für das Buch gegeben haben. Toni Bauer, Friedel Bolle, Thomas Hueck, Hartmut Kliemt sowie Kai Vahrenkamp haben wertvolle Kommentare bei der Durchsicht von Teilen des Manuskripts gegeben. Für die Mithilfe bei der Erstellung des Satzes danken wir Martin Bauer und Marcus Mirbach. Die Abbildungen wurden von Jesper Lindholt erstellt.

Århus und München  
Dezember 1990

*Manfred J. Holler*  
*Gerhard Illing*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
1.1	Spieltheorie und Ökonomie .....	1
1.2	Das Gefangenendilemma .....	2
1.2.1	Spielsituation und Spielform .....	3
1.2.2	Das Spiel .....	4
1.2.3	Lösungskonzepte .....	6
1.2.4	Anwendungen .....	7
1.3	Überblick .....	9
1.3.1	Nash-Gleichgewichte in Matrixspielen .....	9
1.3.2	Spielbaum und extensive Form .....	13
1.3.3	Bindende Vereinbarungen und Selbstverpflichtungen .....	18
1.3.4	Wiederholte Spiele .....	20
1.3.5	Kooperative Spiele .....	23
1.3.6	Spielregeln und Mechanismusdesign .....	29
<b>2</b>	<b>Grundkonzepte</b> .....	33
2.1	Menge der Spieler $N$ .....	33
2.2	Strategieraum $S$ .....	35
2.3	Erwartungsnutzenfunktion $u_i$ .....	38
2.4	Auszahlungsraum $P$ .....	44
2.5	Informationen .....	45
2.5.1	Gemeinsames Wissen .....	45
2.5.2	Perfektes Erinnerungsvermögen .....	46
2.5.3	Nicht beobachtbare Handlungen der Mitspieler .....	47
2.5.4	Nicht beobachtbare Charakteristika der Mitspieler .....	48
2.5.5	Lernen und Bayes'sche Regel .....	52
<b>3</b>	<b>Lösungskonzepte für nicht-kooperative Spiele in strategischer Form</b> ..	57
3.1	Gleichgewicht in dominanten Strategien und iterierte Dominanz ...	57
3.2	Die Maximinlösung .....	60

3.3	Das Nash-Gleichgewicht .....	64
3.3.1	Definition .....	64
3.3.2	Nash-Gleichgewicht bei einem Kontinuum von Strategien ..	65
3.3.3	Das Nash-Gleichgewicht als Lösungskonzept .....	67
3.3.4	Existenz eines Nash-Gleichgewichts .....	70
3.3.5	Nash-Gleichgewicht in gemischten Strategien .....	73
3.3.6	Eindeutigkeit von Nash-Gleichgewichten .....	80
3.3.7	Effizienz von Nash-Gleichgewichten .....	81
3.4	Bayes'sches Gleichgewicht bei unvollständiger Information .....	85
3.4.1	Spielform bei unvollständiger Information .....	85
3.4.2	Bayes'sches Gleichgewicht .....	86
3.4.3	Common Priors .....	88
3.4.4	Dyopol mit unvollständiger Information .....	89
3.4.5	Auktionen .....	93
3.4.6	Bayes'sches und gemischtes Nash-Gleichgewicht .....	98
3.5	Gleichgewicht in korrelierten Strategien .....	100
3.6	Rationalisierbare Strategien .....	108
3.7	Verfeinerungen des Nash-Gleichgewichts .....	111
3.7.1	Gleichgewichte in schwach dominierten Strategien .....	113
3.7.2	Robustheit bei fehlerhafter Strategiewahl .....	115
3.7.3	Robustheit bei Unsicherheit über die Auszahlungen .....	118
<b>4</b>	<b>Dynamische Spiele .....</b>	<b>121</b>
4.1	Verfeinerungen des Nash-Gleichgewichts für Spiele in extensiver Form .....	122
4.1.1	Teilspielperfektes Gleichgewicht .....	123
4.1.2	Sequentielles Gleichgewicht .....	125
4.1.3	Trembling-hand-perfektes Gleichgewicht .....	133
4.1.4	Weitere Verfeinerungen für Signalspiele .....	137
4.1.5	Das intuitive Kriterium und stabile Gleichgewichte .....	143
4.1.6	Gleichgewichtsauswahl von Harsanyi und Selten .....	144
4.2	Wiederholte Spiele .....	147
4.2.1	Struktur wiederholter Spiele .....	147
4.2.2	Trigger-Strategien .....	151
4.2.3	Folk-Theoreme .....	156
4.2.4	Stochastische Spiele: Oligopol mit Nachfrageschwankungen .....	164
4.2.5	Neuverhandlungsstabile Gleichgewichte .....	169
4.2.6	Endlich wiederholte Spiele .....	173
4.2.7	Anmerkung zu Differentialspielen .....	180
4.3	Kreps-Wilson-Reputationsspiel .....	181
4.3.1	Das Handelskettenparadoxon .....	182
4.3.2	Reputation und unvollständige Konkurrenz .....	185
4.3.3	Das sequentielle Gleichgewicht .....	190
4.4	Strategische Informationsübermittlung .....	191



4.4.1	Signalspiele mit Trenn- und Pooling-Gleichgewicht . . . . .	191
4.4.2	Die Single-Crossing-Bedingung . . . . .	193
4.4.3	Die Anreizverträglichkeitsbedingung . . . . .	194
4.4.4	Kontinuum von Gleichgewichten in Signalspielen . . . . .	195
4.5	Weiterführende Entwicklungen . . . . .	197
<b>5</b>	<b>Individualistisch-kooperative Spiele und Verhandlungsspiele . . . . .</b>	<b>199</b>
5.1	Definition und Klassifikation . . . . .	199
5.2	Verhandlungsproblem, Lösungsproblem und Lösung . . . . .	201
5.3	Axiomatische Verhandlungsspiele . . . . .	204
5.3.1	Die Nash-Lösung . . . . .	204
5.3.2	Die Kalai-Smorodinsky-Lösung . . . . .	225
5.3.3	Proportionale und egalitäre Lösung . . . . .	232
5.3.4	Theorie optimaler Drohstrategien . . . . .	238
5.4	Behavioristische Verhandlungsmodelle . . . . .	247
5.4.1	Grundlegende Konzepte von Verhandlungsprozessen . . . . .	248
5.4.2	Das Zeuthen-Harsanyi-Spiel . . . . .	249
5.4.3	Rationalisierung des Risikogrenzenvergleichs . . . . .	252
5.5	Strategische Verhandlungsspiele . . . . .	254
5.5.1	Das Modell konvergenter Erwartungen . . . . .	255
5.5.2	Das komprimierte Zeuthen-Harsanyi-Spiel . . . . .	258
5.5.3	Kuchenteilungsregel und Nash Demand-Spiel . . . . .	261
5.5.4	Das Rubinstein-Spiel . . . . .	263
<b>6</b>	<b>Koalitionsspiele . . . . .</b>	<b>275</b>
6.1	Einige Grundkonzepte für Koalitionsspiele . . . . .	275
6.1.1	Transferierbare und nicht-transferierbare Nutzen . . . . .	276
6.1.2	Koalitionsform und charakteristische Funktion . . . . .	277
6.1.3	Effektivitätsfunktion . . . . .	281
6.1.4	Imputation und Dominanz . . . . .	283
6.2	Lösungskonzepte für Koalitionsspiele: Mengenansätze . . . . .	284
6.2.1	Das starke Nash-Gleichgewicht . . . . .	284
6.2.2	Der Kern . . . . .	287
6.2.3	Stabile Mengen bzw. die VNM-Lösung . . . . .	296
6.2.4	Die Verhandlungsmengen . . . . .	299
6.2.5	Der Kernel . . . . .	305
6.2.6	Der Nucleolus . . . . .	307
6.3	Lösungskonzepte für Koalitionsspiele: Werte . . . . .	310
6.3.1	Der Shapley-Wert . . . . .	311
6.3.2	Banzhaf-Index oder Penrose-Index? . . . . .	323
6.3.3	Der Deegan-Packel-Index . . . . .	329
6.3.4	Der Public-Good-Index . . . . .	330
6.3.5	Der Public-Help-Index . . . . .	333
6.3.6	Der richtige Index . . . . .	335

<b>7</b>	<b>Implementierung und Mechanismusdesign</b> . . . . .	349
7.1	Die Implementierung einer sozialen Entscheidungsregel . . . . .	350
7.2	Beispiele von Implementierung . . . . .	353
7.2.1	Der Marktmechanismus . . . . .	353
7.2.2	Öffentliche Güter . . . . .	355
7.2.3	Verhandlungen bei externen Effekten . . . . .	360
7.2.4	Abstimmungsmechanismen . . . . .	363
<b>8</b>	<b>Evolutorische Spiele</b> . . . . .	367
8.1	Grundfragen und Grundprinzipien . . . . .	367
8.2	Das Modell evolutorischer Spiele . . . . .	369
8.3	Analyse- und Lösungskonzepte . . . . .	371
8.3.1	Evolutorisch stabile Strategien . . . . .	372
8.3.2	Selektion und Mutation im sozialen Umfeld . . . . .	374
8.3.3	Replikatorengleichung . . . . .	378
8.3.4	Dynamische Stabilität . . . . .	383
8.3.5	Beziehungen zwischen den Analyse- und Lösungskonzepten . . . . .	384
8.3.6	Ein einfaches Beispiel evolutorischer Spiele . . . . .	387
8.4	Zum Erklärungsbeitrag der evolutorischen Spieltheorie . . . . .	391
8.5	Der indirekt evolutorische Ansatz . . . . .	397
8.5.1	Rauchen und altruistisches Verhalten . . . . .	398
8.5.2	Indirekte Evolution und Präferenzrevolution . . . . .	399
<b>9</b>	<b>Zur Geschichte der Spieltheorie</b> . . . . .	403
9.1	Geburtsstunde der Spieltheorie . . . . .	405
9.2	Vorläufer und parallele Entwicklungen . . . . .	406
9.2.1	Émile Borel und John von Neumann . . . . .	406
9.2.2	Vom Kriege . . . . .	408
9.2.3	Strategien der Herrschaft: Machiavelli . . . . .	411
9.2.4	Schach und andere Gesellschaftsspiele . . . . .	412
9.3	Die <i>Theory of Games and Economic Behavior</i> (TGEB) . . . . .	416
9.3.1	John von Neumann . . . . .	417
9.3.2	Oskar Morgenstern . . . . .	419
9.3.3	Der Beitrag der TGEB . . . . .	422
9.4	Die Nash-Revolution . . . . .	425
9.4.1	Das Nash-Gleichgewicht . . . . .	426
9.4.2	Nash-Lösung, Nash-Programm und Mechanismusdesign . . . . .	427
9.4.3	Kritische Würdigung . . . . .	430
9.4.4	Refinements und Alternativen . . . . .	432
9.5	$N$ -Personen-Koalitionsspiele und Werte . . . . .	435
9.5.1	Koalitionen und Lösungen . . . . .	436
9.5.2	Der Shapley-Wert und der Shapley-Shubik-Index . . . . .	437
9.5.3	Machtmaße . . . . .	439
9.6	Wenn Geschichte zur Zukunft wird . . . . .	441

Inhaltsverzeichnis	xiii
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	443
<b>Personenverzeichnis</b> .....	463
<b>Sachverzeichnis</b> .....	469