

Physik der sozio-ökonomischen Systeme *mit dem Computer*

*JOHANN WOLFGANG GOETHE UNIVERSITÄT
22.10.2021*

MATTHIAS HANAUSKE

*FRANKFURT INSTITUTE FOR ADVANCED STUDIES
JOHANN WOLFGANG GOETHE UNIVERSITÄT
INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK
ARBEITSGRUPPE RELATIVISTISCHE ASTROPHYSIK
D-60438 FRANKFURT AM MAIN
GERMANY*

Auch in diesem Semester (WS 2021/22)
findet die Vorlesung und die Übungstermine
nur Online statt.

1. Vorlesung

Plan für die heutige Vorlesung

- Festlegung der Übungsgruppentermine
- Internetseite der Vorlesung
- Lernplattformen OLAT und LON-CAPA
- Login-Accounts für den Remote Login auf den Server des Instituts für Theoretische Physik (ITP) der Goethe Universität
- Kurze Einführung in Python-Jupyter Notebooks und Maple
- Kurzer Überblick der Inhalte der Vorlesung
- Einführung in die Spieltheorie
 - Definition eines Spiels
 - Strategiemenge der Spieler
 - Präferenzordnung und Auszahlungsfunktion
 - Nash-Gleichgewichte und dominante Strategien
 - Das Gefangenendilemma, das Hirschjagd und Angsthasen Spiel

Allgemeines zur Vorlesung

- Ort und Zeit:
Nur Online/Virtuell
Live-Streaming (synchrone Lehrangebote, Zoom Meetings):
Vorlesungstermine: Freitags von 15.00-17.00 Uhr
Übungstermin 1: Freitags von 13.30-15.00 Uhr
Übungstermin 2: Freitags von 17.00-18.30 Uhr
- Vorlesungs-Materialien (asynchronen Lehrangebote):
<http://th.physik.uni-frankfurt.de/~harauske/VPSOC/> bzw.
<http://th.physik.uni-frankfurt.de/~harauske/VPSOC/VPSOC2021.html>
- Übungsaufgaben auf der Online-Lernplattform Lon Capa:
<http://lon-capa.server.uni-frankfurt.de/>
- Weitere Materialien auf der Online-Lernplattform OLAT
<http://olat.server.uni-frankfurt.de>
- Generelles zur Vorlesung:
Bei erfolgreicher Teilnahme 5 Creditpoints
Benoteter Schein mittels einer mündlichen Prüfung (30 Min.)
- Voraussetzungen:
Laptop/PC mit Kamera und Ton
Programmierkenntnisse von Vorteil

Vorlesung besteht aus drei Teilen

Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer (Online) von Dr.phil.nat.Dr.rer.pol. Matthias Hanauske

Nächster Zoom Link am 22.10.2021, 15:00-17:00 Uhr:
ID:, PWD:

Die Vorlesungen

Teil I

Teil II

Teil III

E-Learning

Vorwort

Die Vorlesung *Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer* wurde im Wintersemester 2015/16 das erste Mal gehalten und viele der auf dieser Hauptseite erreichbaren Internetseiten basieren grundsätzlich auf dem damals erstellten Kurs. Das nebenstehende Video (ist in Arbeit!) gibt einen kurzen Überblick der Inhalte der Vorlesung. In der ersten Vorlesung (siehe Zoom Link in der rechten oberen Ecke) werden die Voraussetzungen besprochen, die man benötigt um einen benoteten bzw. unbenoteten Schein mit fünf Creditpoints zu erhalten.

Weiterführende Links



- [Zoom Meeting Software](#)
- [Online-Lernplattform OLAT](#)
- [Online-Lernplattform Lon Capa](#)

Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer



Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer (Physics of Socio-Economic Systems with the Computer) Vorlesung WS 2021/22

Auch in diesem Semester findet die Vorlesung nur Online statt!

Diese Internetseite fasst die Online-Angebote der Vorlesung *Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer* zusammen. Auf der linken Seite finden Sie die einzelnen Vorlesungspräsentationen (pdf-Dateien), Computerprogramme und weiterführende Links. Die Vorlesungstermine (Zoom Meetings, synchrones Lehrangebot) finden jeweils freitags von 15.00-17.00 Uhr statt. An den Online-Übungen können Sie entweder freitags vor (13.30-15.00 Uhr) oder nach der Vorlesung (17:00-18:30 Uhr) teilnehmen (Beginn der Online-Übungen erst am 29.10.2021). Alle Lehrangebote werden mittel der Zoom Meeting Software gemacht und die jeweiligen Zoom-Links sind in der rechten oberen Ecke dieser Internetseite angegeben.

Die Inhalte der Vorlesung gliedern sich in drei Teile ([Teil I](#), [Teil II](#), [Teil III](#)), die Sie in der zweiten oberen Spalte einsehen können. Weiteres Zusatzmaterial und diverse Online-Aufgaben sind über die Online-Lernplattformen [OLAT](#) und [Lon Capa](#) erhältlich (siehe [E-Learning](#)).

Weiterführende Literatur

- Schlee, Walter, Einführung in die Spieltheorie, Vieweg 2004
- Hofbauer, Josef, and Karl Sigmund. Evolutionary games and population dynamics. Cambridge university press, 1998
- [Martin A. Nowak, Evolutionary Dynamics - Exploring the Equations of Life, 2006](#)
 - [Albert-Laszlo Barabasi, Network science, Cambridge university press, 2016](#)
- [Matthias Hanauske, Evolutionäre Quanten-Spieltheorie im Kontext sozio-ökonomischer Systeme, 2011](#)
- [Vorlesungsmaterialien: Neue Entwicklungen in der Evolutionären Spieltheorie \(2009\)](#)
- [Vorlesungsmaterialien: Hochschul-Sommerkurs Money, Money, Money: Deutschlands Wirtschafts- und Finanzleben \(2011\)](#)

Die OLAT Seite

http://olat.server.uni-frankfurt.de



Auf der OLAT Seite des Kurses finden Sie die Jupyter Notebooks zum Ansehen und zum Herunterladen

Startseite | Lehren & Lernen | Kursangebote | Physik der sozio-ökono...

Physik der sozio-ökonomischen Systeme (mit dem Computer)

Physik der sozio-ökonomischen Systeme (mit dem Computer)
Verantwortliche/r: Matthias Hanauske

Wintersemester 2020 / 2021

Diese Vorlesung gibt eine Einführung in das interdisziplinäre Forschungsfeld der "Physik sozio-ökonomischer Systeme". In sozio-ökonomischen Systemen, wie z.B. bei Finanzmärkten, sozialen Netzwerken, Verkehrssystemen oder wissenschaftliche Kooperationsnetzwerken, sind die dem System zugrunde liegenden Akteure ständigen Entscheidungssituationen ausgesetzt, wobei der Erfolg und die Auswirkung der individuell gewählten Strategie von den Entscheidungen der anderen beteiligten Akteure abhängt. Die (evolutionäre) Spieltheorie und die Physik komplexer Netzwerke stellen die beiden Grundpfeiler der theoretischen Beschreibung und mathematischen Formulierung solcher Systeme dar. Im ersten Teil des Kurses werden die grundlegenden Konzepte der Spieltheorie thematisiert und die Studierenden erlernen, unter Verwendung von Python Jupyter Notebooks (eine Open-Source, web-basierte interaktive Programmierumgebung) und Computeralgebra-Systemen (wie z.B. Maple und Mathematica), deren Anwendung auf diverse Spielklassen. Neben den simultanen Zweipersonen-Spielen wird auch auf die evolutionäre Entwicklung ganzer Spieler-Populationen eingegangen (evolutionäre Spieltheorie). Die zeitliche Entwicklung der Entscheidungen der Spieler wird zusätzlich durch die zugrunde liegende Struktur des sozio-ökonomischen Netzwerks der Spielergruppen bestimmt. Der zweite Teil des Kurses befasst sich deshalb mit der Theorie sozio-ökonomischer Netzwerke und deren mathematischen Beschreibung mittels graphentheoretischer Konzepte. Hierbei wird zusätzlich auf die computerbasierte Simulation unterschiedlicher Netzwerkstrukturen eingegangen und es werden sowohl die zufälligen und "kleine Welt" Netzwerke, als auch die exponentiellen und skalenfreien Netzwerke numerisch simuliert. Der zweite Teil gibt zusätzlich einen breiten Überblick der diversen Anwendungsfelder der evolutionären Spieltheorie und der sozio-ökonomischen Systeme. Der dritte Teil gibt einen Einblick in die aktuelle Forschung und behandelt neuere Entwicklungen dieses Forschungsfeldes. Es wird hierbei einerseits speziell auf die evolutionäre Spieltheorie auf komplexen Netzwerken und die Quanten-Spieltheorie eingegangen. Programmierkenntnisse sind für diese Vorlesung nicht erforderlich aber hilfreich.

Weitere Informationen anzeigen

Literaturverzeichnis

- [Internetseite der Vorlesung](#)
- Schlee, Walter, Einführung in die Spieltheorie, Vieweg 2004

Physik der sozio-ökonomischen Systeme (mit dem Computer)

Sie dürfen Inhalte lesen.

Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer
(Physics of Socio-Economic Systems with the Computer)

Vorlesung gehalten an der J.W.Goethe-Universität in Frankfurt am Main
(Wintersemester 2020/21)

von Dr.phil.nat. Dr.rer.pol. Matthias Hanauske

Frankfurt am Main 02.11.2020

Erster Vorlesungsteil:

Eine kleine Einführung in Jupyter Notebooks

Die LON-CAPA Seite

<http://lon-capa.server.uni-frankfurt.de/>

Sie können sich hier auf der LON-CAPA Seite mit einloggen. Benutzerkennung und Passwort erhalten Sie per E-Mail

Sie finden die zu bearbeitenden Aufgaben des Kurses auf der rechten Seite unter „E-Learning“

Aufgaben im Kurs Physik der sozio-ökonomischer Systeme mit dem Computer

Aufgaben im Teil I

- [Reine Nash-Gleichgewichte in einem simultanen \(2x2\)-Spiel in strategischer Form mit symmetrischer Auszahlungsmatrix](#)
- [Gemischtes Nash-Gleichgewicht in einem simultanen \(2x2\)-Spiel in strategischer Form mit symmetrischer Auszahlungsmatrix](#)
- [Gemischtes Nash-Gleichgewicht im Hirschjagt-Spiel](#)
- [Spielklassen von simultanen \(2x2\)-Spielen in strategischer Form mit symmetrischer Auszahlungsmatrix](#)
- [Zeitliche Entwicklung des Populationsvektors im evolutionären Spiel](#)
- [Evolutionär stabile Strategien](#)
- [Gemischtes Nash-Gleichgewicht in einem simultanen \(2x2\)-Spiel in strategischer Form mit unsymmetrischer Auszahlungsmatrix](#)
- [Zeitliche Entwicklung des Populationsvektors im evolutionären Bi-Matrix Spiel](#)
- [Mittlere Distanz zwischen zwei Knoten in einem zufälligen Netzwerk](#)
- [Cluster Koeffizient in einem zufälligen Netzwerk](#)

Physik sozio-ökonomischer Systeme (Physics of Socio-Economic Systems) Vorlesung W
Zusätzlich zur

Diese Vorlesung gibt eine Einführung in die Physik sozio-ökonomischer Systeme. In sozio-ökonomischen Systemen, wie z.B. bei Finanzmärkten, sozialen Netzwerken, Verkehrssystemen oder wissenschaftliche Kooperationsnetzwerken, sind die dem System zugrunde liegenden Akteure ständigen Entscheidungssituationen ausgesetzt, wobei der Erfolg und die Auswirkung der individuell gewählten Strategie von den Entscheidungen der anderen beteiligten Akteure abhängt. Die (evolutionäre) Spieltheorie und die Physik komplexer Netzwerke stellen die beiden Grundsäulen der theoretischen Beschreibung und mathematischen Formulierung solcher Systeme dar. Im ersten Teil des Kurses werden die grundlegenden Konzepte der Spieltheorie thematisiert und die Studierenden erlernen, unter Verwendung von Computeralgebra-Systemen (Maple und Mathematica) deren

Vergabe der Login Accounts und der Remote Login

Bevor wir uns mit der „Physik der sozio-ökonomischen Systeme“ beschäftigen, werden zunächst einige technische Dinge erläutert. Um die in den Vorlesungen vorgestellten Computerprogramme ausführen zu können und die Aufgaben in den Übungsstunden zu bearbeiten, müssen Sie gewisse Programme auf Ihrem Computer installiert haben; bzw. einen *Remote Login* von Ihrem Computer auf den Server des Instituts für Theoretische Physik (ITP) der Goethe Universität machen. Sie benötigen hierzu einen Account für die Rechner des ITP! Bitte senden Sie hierfür eine e-mail an:

hanauske@itp.uni-frankfurt.de
Betreff: Login ITP
Name: ...
Goethe-HRZ Nummer: s....

Der Account für die Rechner des ITP wird Ihnen dann per E-Mail gesendet, falls nicht, dann melden Sie sich bitte. Mittels eines *Remote Login* können Sie sich durch einen Fernzugriff auf den Desktop des Servers des ITP verbinden und Anwendungsprogramme (z.B. Maple oder Mathematica) oder Simulationsprogramme (z.B. C++, Python, Jupyter Notebooks) ausführen und auf Ihrem Computer darstellen.

Auf der Internetseite der Vorlesung finden Sie Links und ein kleines Video das die einzelnen Schritte beschreibt, wie man einen *Remote Login* von einem Linux Betriebssystem zum Server des ITP der Goethe Universität aufbaut. Zusätzlich wird am Ende des Videos gezeigt wie man das Passwort des eigenen ITP-Account ändert (empfohlen!), das Computeralgebra-System Maple startet und wie man sich wieder vom Server des ITP abmeldet.

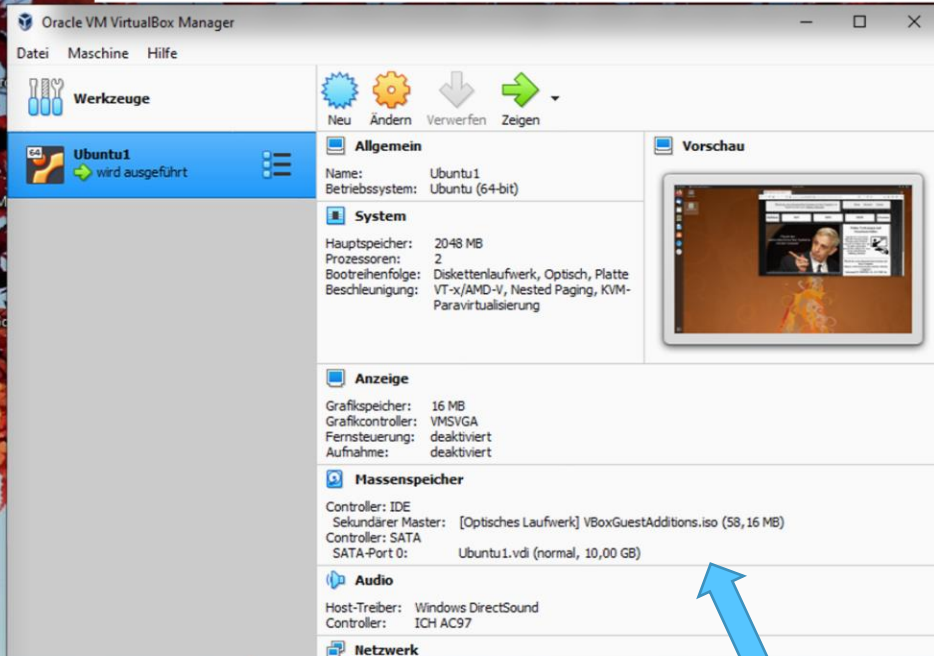


Videos entstammen der Vorlesung „ART mit dem Computer“
siehe <http://th.physik.uni-frankfurt.de/~hanauske/VARTC/>

Remote Login von anderen Betriebssystemen (z.B. Windows)

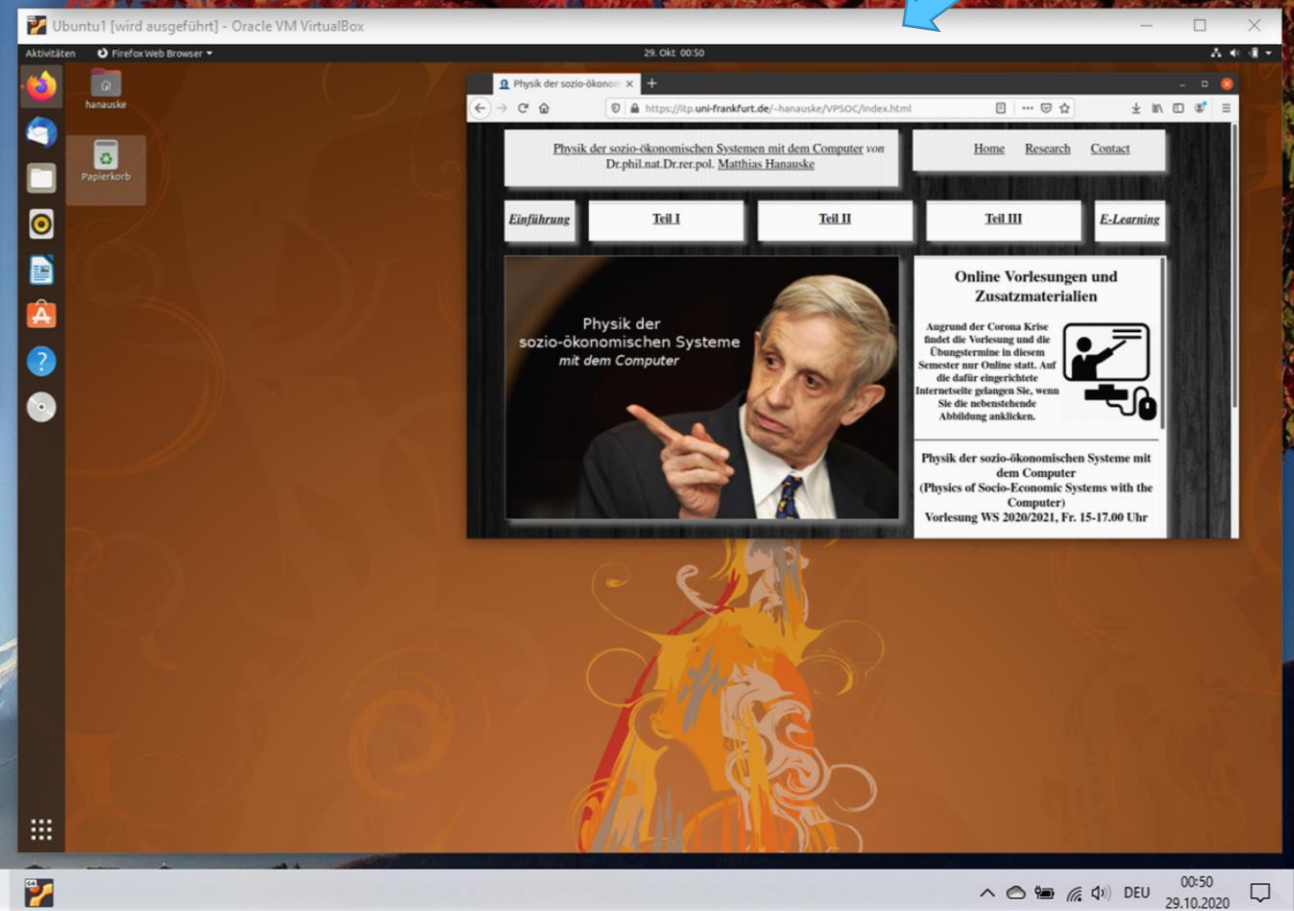
Man kann den Remote Login auf unterschiedliche Arten machen. Hier die Variante mittels einer virtuellen Linux Box

2) In der „Virtual Box“ installiert man das Linux Betriebssystem (hier Ubuntu 20.04 LTS) und kann somit das Linux in Windows benutzen.



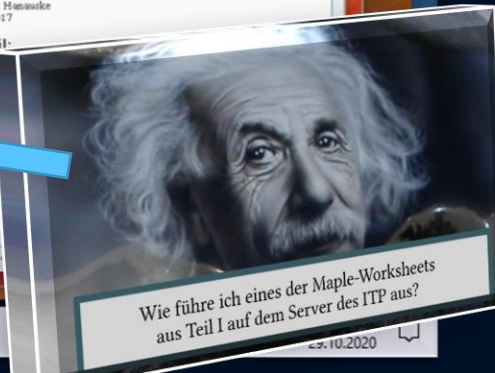
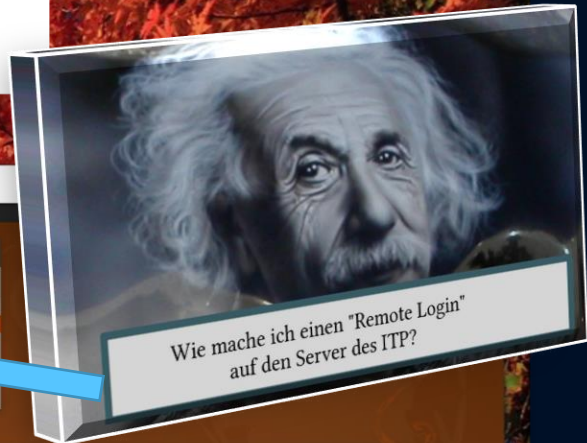
1) Man installiert sich zunächst eine „Virtual Box“
<https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads>

Anleitung siehe z.B.
<https://youtu.be/5saoacU4pmY>



Remote Login von anderen Betriebssystemen (z.B. Windows)

Innerhalb der Linux Umgebung kann man mittels des Programms „remmina“ den Remote Login auf den Server des ITP machen.



Innerhalb des Desktop-Fensters des Servers des ITP können dann die Anwendungsprogramme (hier z.B. Maple) oder Simulationsprogramme (z.B. C++, Python, Jupyter Notebooks) ausgeführt werden.

The screenshot displays a Linux desktop environment with the following elements:

- Remmina - Remote Desktop Client:** A window showing a table of connections. The table has columns for 'Bezeichnung', 'Gruppe', 'Server', 'Plugin', and 'Zuletzt benutzt'. One entry is visible: 'itp with ssh tunnel', 'zeta.itp.uni-frankfurt.de', 'RDP', and '2020-10-29 - 01:15:53'.
- Terminal:** A terminal window showing the command `remmina` being executed. The output includes:

```
hanauske@hanauske-VirtualBox:~$ remmina
Remmina plugin glibsecret (type=Secret) has registered but not yet initialized. Initialization order is 2000
Secret plugin glibsecret has been successfully initialized and will be your default secret plugin
StatusNotifier/AppIndicator support: your desktop does support it and libappindicator is compiled in remmina. Good!
Running under GNOME Shell version 3.36.4
(org.remmina.Remmina:1991): Gtk-WARNING **: 01:15:37:290: gtk_menu_attach_to_widget(): menu already attached to GtkMenuItem
[01:15:52:335] [1991:1998] [INFO][com.freerdp.core] - freerdp_connect:freerdp_set_last_error_ex resetting error state
[01:15:52:336] [1991:1998] - .cndline] - loading c
[01:15:52:336] [1991:1998] - .cndline] - loading c
[01:15:52:337] [1991:1998] - .cndline] - loading c
[01:15:52:337] [1991:1998] - .cndline] - loading c
[01:15:52:668] [1991:1998] - .cndline] - loading c
```
- Maple 2017:** A window titled '/home/hanuske/Downloads/Evolution1.mw* - [Server 3] - Maple 2017'. It displays a document with the title 'Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer' and 'Physics of Socio-Economic Systems with the Computer'. The document is for a lecture at J.W. Goethe-Universität in Frankfurt am Main. The 'Einführung' section contains Maple code:

```
> restart;
with(plots);
with(plottools);
with(linearAlgebra);
with(ColorTools);
Definition der Auszahlungsmatrix für Spieler A.
> D_A11:=a;
D_A12:=b;
D_A21:=c;
```

Installation von Jupyter

Auf den Rechnern des ITP ist Python und Jupyter schon vorinstalliert und man started ein Jupyter Notebook in einem Linux-Terminal mit dem Befehl „jupyter-notebook“.

Unter Windows kann man Jupyter recht einfach mittel Anaconda installieren

The image shows two side-by-side screenshots from a Windows desktop. The left screenshot displays the Anaconda Navigator application window. The interface includes a sidebar with 'Home', 'Environments', 'Learning', and 'Community'. The main area shows 'Applications on base (root)' with four options: 'CMD.exe Prompt' (0.1.1), 'JupyterLab' (2.1.5), 'Jupyter Notebook' (6.0.3), and 'Powershell Prompt' (0.0.1). Each option has a 'Launch' button. The right screenshot shows a web browser window at localhost:8888/notebooks/JupyterNotebooks/Gemisch... displaying a Jupyter Notebook. The notebook title is 'Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer (Physics of Socio-Economic Systems with the Computer)'. The content includes a preface, an introduction, and a section titled 'Das Gefangenendilemma' with code cells. The code defines a payoff matrix for a 2x2 game and calculates the mixed strategy Nash equilibrium. The code is as follows:

```
In [1]: from sympy import *
init_printing()

In [2]: D_A=Matrix([[[-7,-1],[-9,-3]])
D_A
Out[2]:

$$\begin{bmatrix} -7 & -1 \\ -9 & -3 \end{bmatrix}$$

Da sich das Spiel um ein symmetrisches (2 Personen)-(2 Strategien) Spiel handelt, erhält man die Auszahlungsmatrix für Spieler B durch die transponierte Matrix des Spielers A ( $S^B = (S^A)^T$ ):
In [3]: D_B=transpose(D_A)
D_B
Out[3]:

$$\begin{bmatrix} -7 & -9 \\ -1 & -3 \end{bmatrix}$$

Unter Verwendung der gemischten Strategien  $(z^A, z^B) \equiv (x, y)$  lässt sich eine gemischte Auszahlungsfunktion der Spieler (Spieler A:  $S^A(x, y)$ , Spieler B:  $S^B(x, y)$ ) wie folgt definieren:
In [4]: def Dollar(x,y,DH):
GemischteAuszahlung=DH[0,0]*x*y+DH[0,1]*x*(1-y)+DH[1,0]*(1-x)*y+DH[1,1]*(1-x)*(1-y)
```

Kurze Einführung in

Jupyter Notebooks

Maple Worksheets

The screenshot shows a Jupyter Notebook browser window. The address bar indicates the URL is localhost:8891/notebooks/mayavi_jupyter.ipynb. The notebook title is 'mayavi_jupyter' and it shows the last checkpoint was 2 minutes ago. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Insert, Cell, Kernel, Help) and a toolbar with icons for file operations and execution. The code area contains two input cells:

```
In [1]: from mayavi import mlab
mlab.init_notebook()
Notebook initialized with x3d backend.
```

```
In [2]: s = mlab.test_plot3d()
s
```

The output of the second cell is a 3D plot of a complex, multi-colored, intertwined structure, likely a knot or a complex surface plot.

This collage displays various elements from a Maple worksheet:

- Mathematical Problem:** "Compute the eigenvectors" for a matrix $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 2 & 3 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$. It includes steps to compute eigenvalues, find the determinant, and solve for eigenvectors.
- 3D Plots:** A large 3D sphere with a grid, a molecular structure model, and a 3D plot of a surface.
- Differential Equations:** A section titled "Damped Harmonic Oscillator" showing a phase plane plot with a spiral trajectory and a corresponding time-series plot.
- Maple Interface:** The Maple software window is visible in the background, showing the menu bar and various toolbars.

Inhalte der Vorlesung

SPIELTHEORIE

EVOLUTIONÄRE SPIELTHEORIE

KOMPLEXE NETZWERKE

EVOLUTIONÄRE SPIELTHEORIE AUF
KOMPLEXEN NETZWERKEN

VIRUSAUSBREITUNG AUF KOMPLEXEN
NETZWERKEN

QUANTEN-SPIELTHEORIE

Einführung

Key Question

How can one theoretically describe the time dependent evolution of the strategic behavior of an entire group of decision makers?



Theoretical Models used to answer the question:

(Evolutionary) Game Theory

[von Neumann 1928, Nash 1950, Smith 1972, Weibull 1997,
Szabó/Fáth 07]

Theory of complex networks

[Barabasi/Albert 02, Mendes/Dorogovtsev 02, Jackson 10]

Einleitung

- Die Spieltheorie befasst sich mit Entscheidungssituationen, in denen der Erfolg des Einzelnen nicht nur vom eigenen Handeln, sondern auch von den Entscheidungen der anderen beteiligten Spieler (Akteure) abhängt.
- Ökonomische Entscheidungen betreffen in aller Regel nicht nur das Individuum selbst, sondern auch weitere wirtschaftliche Subjekte und deren Entscheidungen.
- Viele Wirtschaftswissenschaftler betrachten die Spieltheorie als die formale Sprache der ökonomischen Theorie.

Ursprünge der Spieltheorie

- Johann (John) von Neumann veröffentlichte im Jahre 1928 die erste Arbeit über Spieltheorie (*J. von Neumann **Zur Theorie der Gesellschaftsspiele***, Mathematische Annalen 100, 295-300 (1928)). Er war zu dieser Zeit als Privatdozent in Berlin tätig. 1930 übersiedelte er zur Princeton University und wurde dort 1931 Professor.
- Das erste, wegweisende Buch über Spieltheorie und ökonomisches Verhalten wurde 1944 von v. Neumann und Morgenstern veröffentlicht (*J. von Neumann und Oskar Morgenstern **Theory of games and economic behaviour***, Princeton University Press, Princeton (1944))

Motivation: “Institute for Advance Study” in Princeton (1933 -1950)

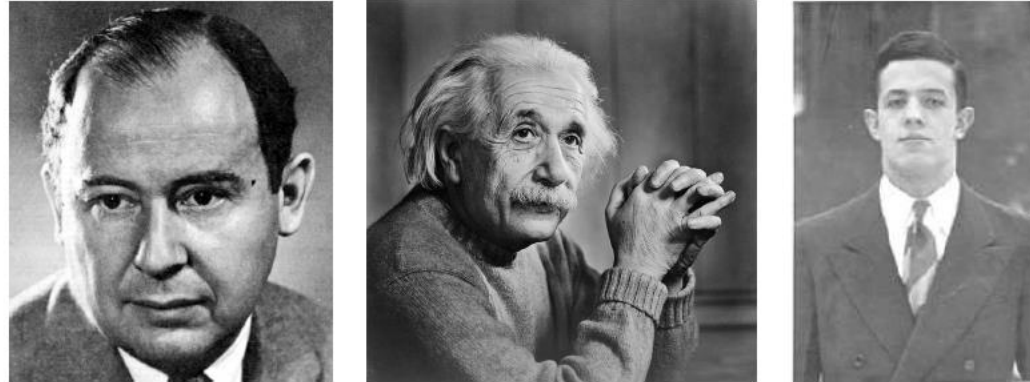


Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

Johann (John) von Neumann. Zur Theorie der Gesellschaftsspiele.

Mathematische Annalen, 100:295–300, 1928.

J. von Neumann. *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*.

Springer, 1932.

J. von Neumann and O. Morgenstern. *The Theory of Games and Economic Behaviour*. Princeton University Press, 1947.

Motivation: “Institute for Advance Study” in Princeton (1933 -1950)

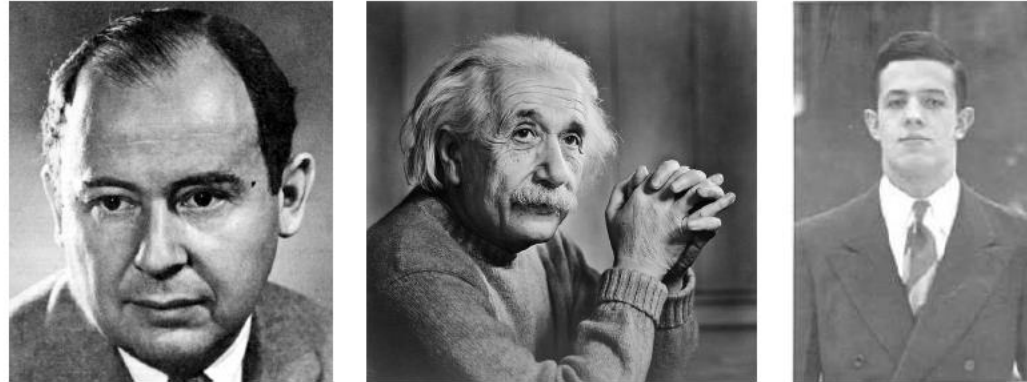


Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

Quantum Entanglement and the “EPR-Paradoxon”:

A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen. Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? *Physical Review*, 47:777–780, 1935.

Motivation: “Institute for Advance Study” in Princeton (1933 -1950)

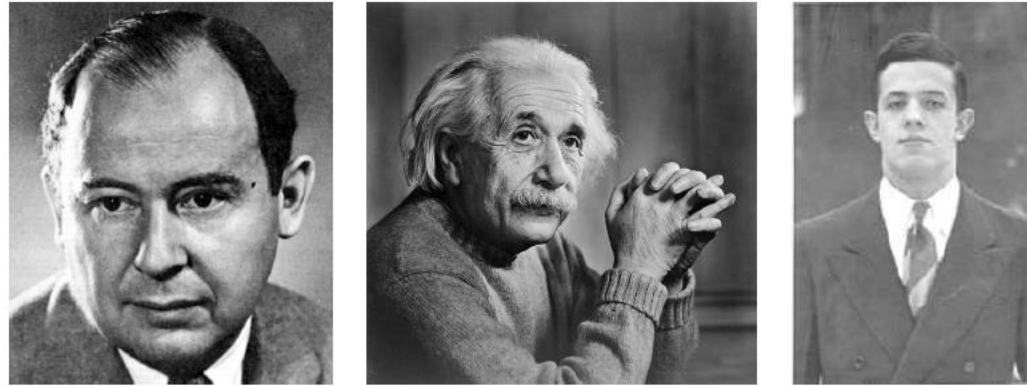


Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

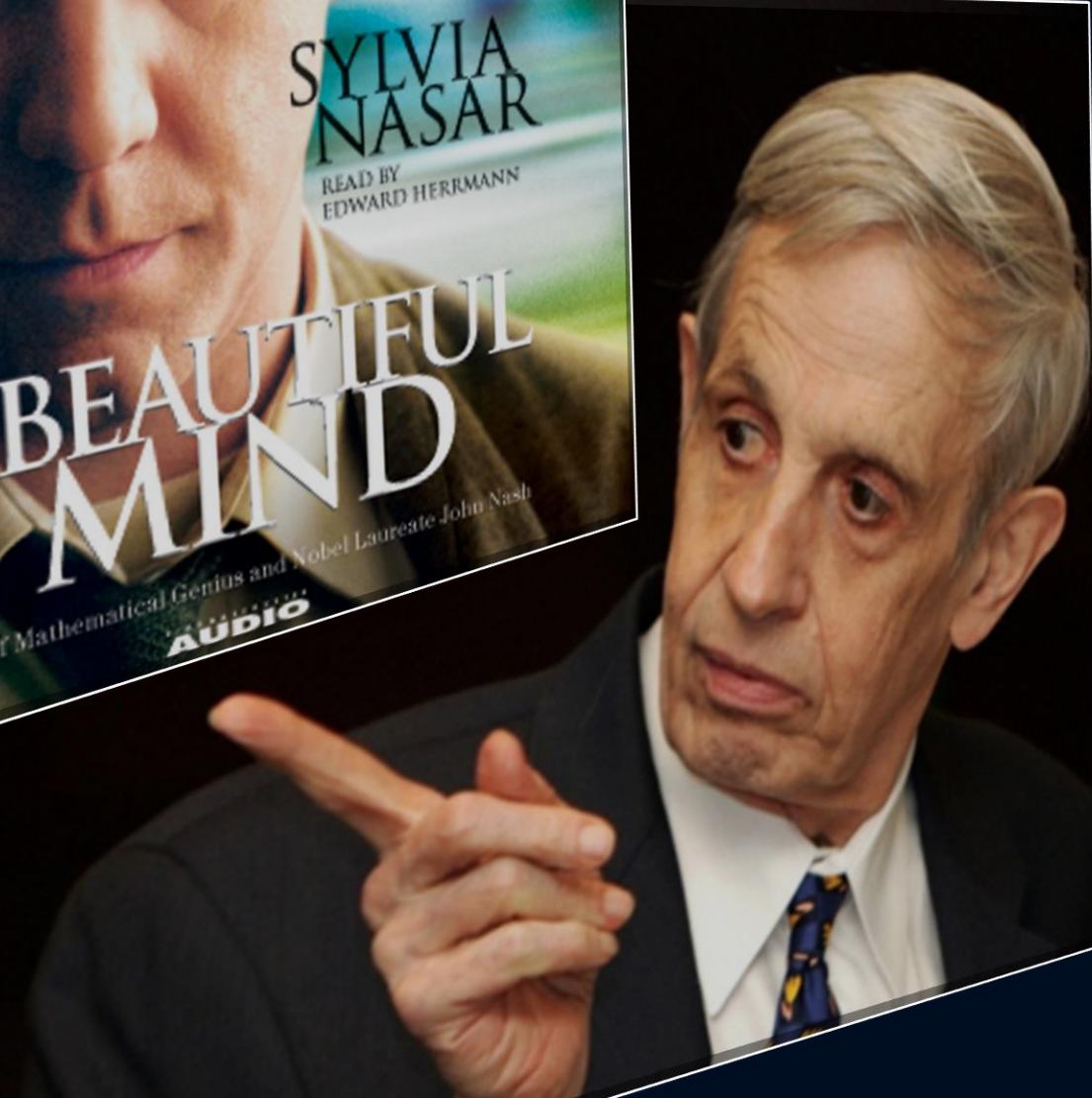
John F. Nash Jr. Equilibrium Points in N-person Games. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36:48–49, 1950.

John F. Nash Jr. The Bargaining Problem. *Econometrica*, 18:155–162, 1950.

John F. Nash Jr. Non-Cooperative Games. *The Annals of Mathematics*, 54(2):286–295, 1951.

John Forbes Nash

John Forbes Nash Jr.
at Princeton university
in 1949



Die Vorlesungen

Teil I

Teil II

Teil III

E-Learning

Vorwort

Die Vorlesung *Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer* wurde im Wintersemester 2015/16 das erste Mal gehalten und viele der auf dieser Hauptseite erreichbaren Internetseiten basieren grundsätzlich auf dem damals erstellten Kurs. Das nebenstehende Video (ist in Arbeit!) gibt einen kurzen Überblick der Inhalte der Vorlesung. In der ersten Vorlesung (siehe Zoom Link in der rechten oberen Ecke) werden die Voraussetzungen besprochen, die man benötigt um einen benoteten bzw. unbenoteten Schein mit fünf Creditpoints zu erhalten.

Weiterführende Links



- [Zoom Meeting Software](#)
- [Online-Lernplattform OLAT](#)
- [Online-Lernplattform Lon Capa](#)



**Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer
(Physics of Socio-Economic Systems with the Computer)
Vorlesung WS 2021/22**

Auch in diesem Semester findet die Vorlesung nur Online statt!

Diese Internetseite fasst die Online-Angebote der Vorlesung *Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer* zusammen. Auf der linken Seite finden Sie die einzelnen Vorlesungspräsentationen (pdf-Dateien), Computerprogramme und weiterführende Links. Die Vorlesungstermine (Zoom Meetings, synchrones Lehrangebot) finden jeweils freitags von 15.00-17.00 Uhr statt. An den Online-Übungen können Sie entweder freitags vor (13.30-15.00 Uhr) oder nach der Vorlesung (17:00-18:30 Uhr) teilnehmen (Beginn der Online-Übungen erst am 29.10.2021). Alle Lehrangebote werden mittel der Zoom Meeting Software gemacht und die jeweiligen Zoom-Links sind in der rechten oberen Ecke dieser Internetseite angegeben.

Die Inhalte der Vorlesung gliedern sich in drei Teile ([Teil I](#), [Teil II](#), [Teil III](#)), die Sie in der zweiten oberen Spalte einsehen können. Weiteres Zusatzmaterial und diverse Online-Aufgaben sind über die Online-Lernplattformen [OLAT](#) und [Lon Capa](#) erhältlich (siehe [E-Learning](#)).

Weiterführende Literatur

- Schlee, Walter, Einführung in die Spieltheorie, Vieweg 2004
- Hofbauer, Josef, and Karl Sigmund. Evolutionary games and population dynamics. Cambridge university press, 1998
- [Martin A. Nowak, Evolutionary Dynamics - Exploring the Equations of Life, 2006](#)
 - [Albert-Laszlo Barabasi, Network science, Cambridge university press, 2016](#)
- [Matthias Hanauske, Evolutionäre Quanten-Spieltheorie im Kontext sozio-ökonomischer Systeme, 2011](#)
- [Vorlesungsmaterialien: Neue Entwicklungen in der Evolutionären Spieltheorie \(2009\)](#)
- [Vorlesungsmaterialien: Hochschul-Sommerkurs Money, Money, Money: Deutschlands Wirtschafts- und Finanzleben \(2011\)](#)

I.1.1 Definition eines Spiels

Die formale mathematische Definition eines *Simultanen (N Spieler)-(m Strategien) Spiels in strategischer Form mit Auszahlung* (siehe z.B. [2,3]) benötigt lediglich die Angabe dreier Größen: Die Menge \mathcal{I} der Spieler, die Menge (der Raum) \mathcal{S} der Strategien der Spieler und ihre Auszahlungsfunktion (Präferenzordnungen) $\$$.

Ein Spiel $\Gamma := (\mathcal{I}, \mathcal{S}, \$)$ in strategischer Form mit Auszahlung ist hinreichend definiert, wenn die folgenden drei Größen bekannt sind:

- Menge der Spieler: $\mathcal{I} = \{1, 2, \dots, N\}$
Die Menge der Spieler \mathcal{I} kann unter Umständen aus unterschiedlichen Teilmengen bestehen, die ihrerseits unterschiedliche Strategiemengen \mathcal{S} besitzen. In sozio-ökonomischen Netzwerken stellen die Spieler die jeweiligen Knoten des Netzwerkes dar (näheres siehe Teil II).
- Menge der reinen Strategien der Spieler: $\mathcal{S} = \mathcal{S}^1 \times \mathcal{S}^2 \times \dots \times \mathcal{S}^N$
Jeder Spieler $\mu \in \mathcal{I}$ besitzt eine eigene Menge an reinen Strategien $\mathcal{S}^\mu = \{s_1^\mu, s_2^\mu, \dots, s_{m_\mu}^\mu\}$, wobei jede dieser m_μ Strategien eine für ihn mögliche Entscheidung darstellt.
- Präferenzordnungen der Spieler, quantifiziert durch eine vektorwertige Auszahlungsfunktion:

$$\$ = (\$,^1, \$^2, \dots, \$^N) : \mathcal{S} \rightarrow \mathbb{R}^N$$

Nachdem jeder Spieler (ohne die Entscheidung seiner Mitspieler zu kennen) eine Strategie aus seiner Strategiemenge \mathcal{S}^μ ausgewählt hat, beurteilt er die entstehende Strategienkombination \mathcal{S} entsprechend seiner Präferenzordnung (Auszahlungsfunktion) $\$^\mu$.

Um diese formale Definition im einzelnen zu erklären, beschränken sich die folgenden Darlegungen auf den einfachsten Fall des simultanen

Spielbaum eines simultanen (2 Personen)-(2 Strategien) Spiels

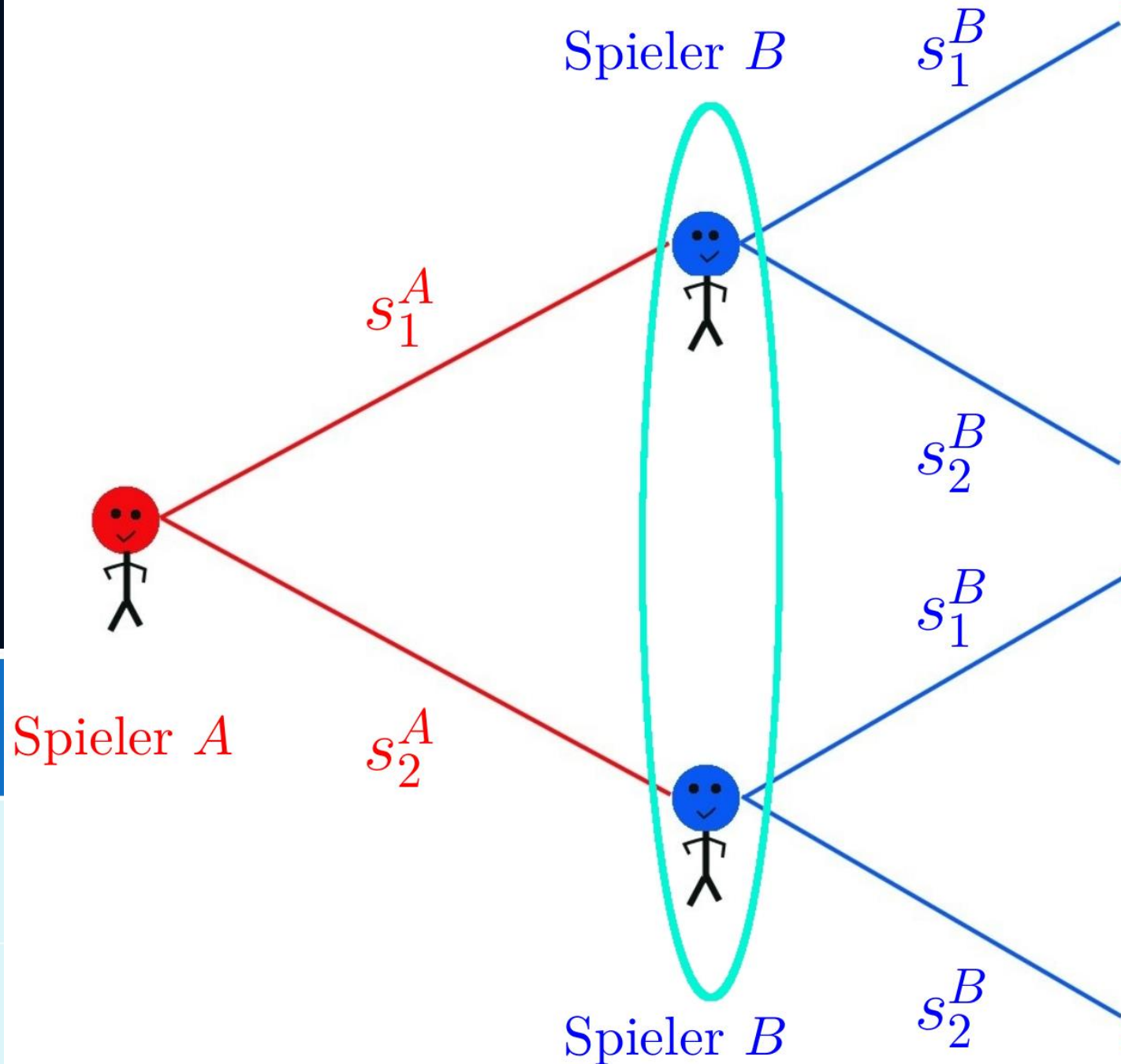
Definition des Spiels:

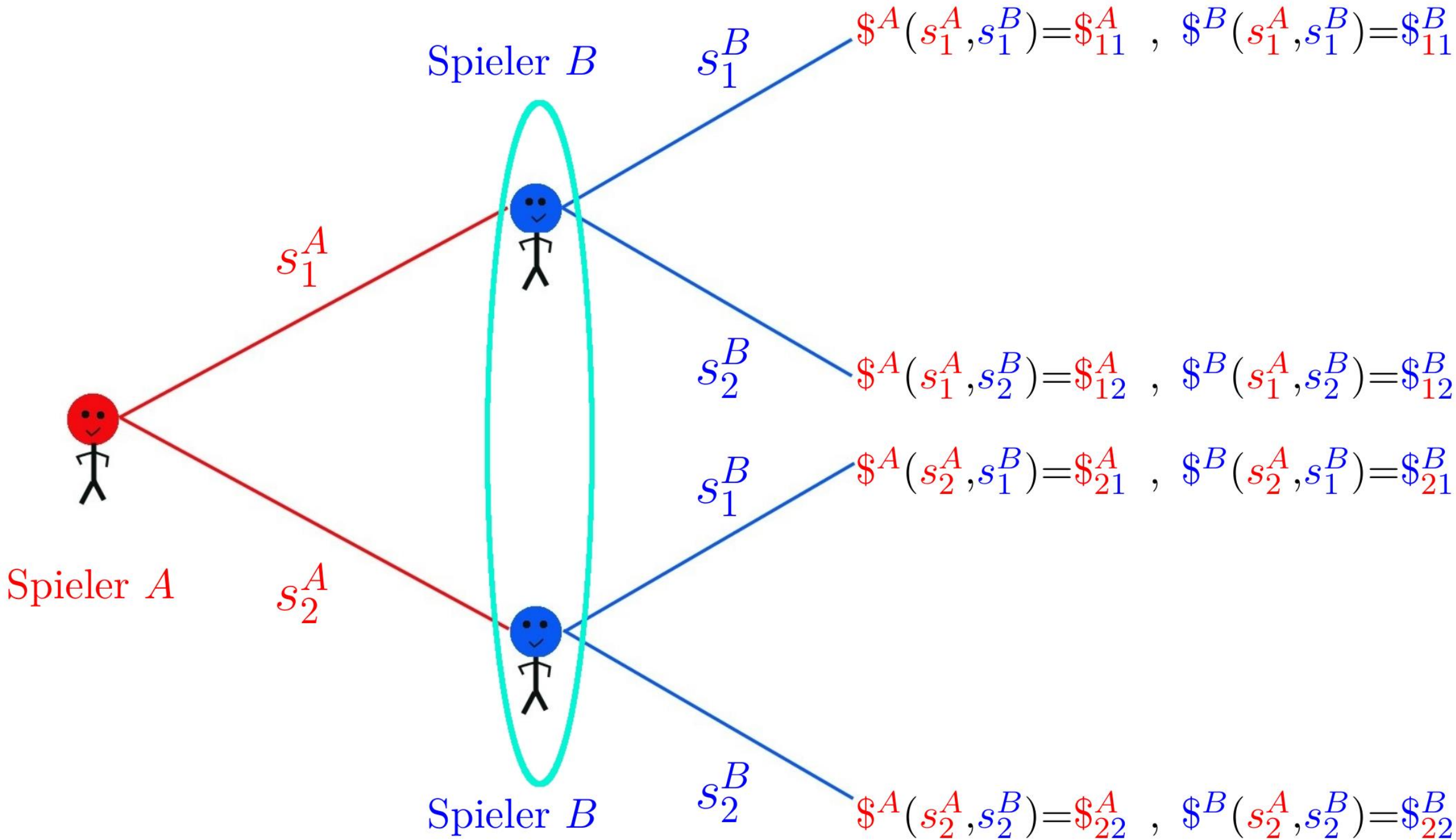
Menge der Spieler: A und B

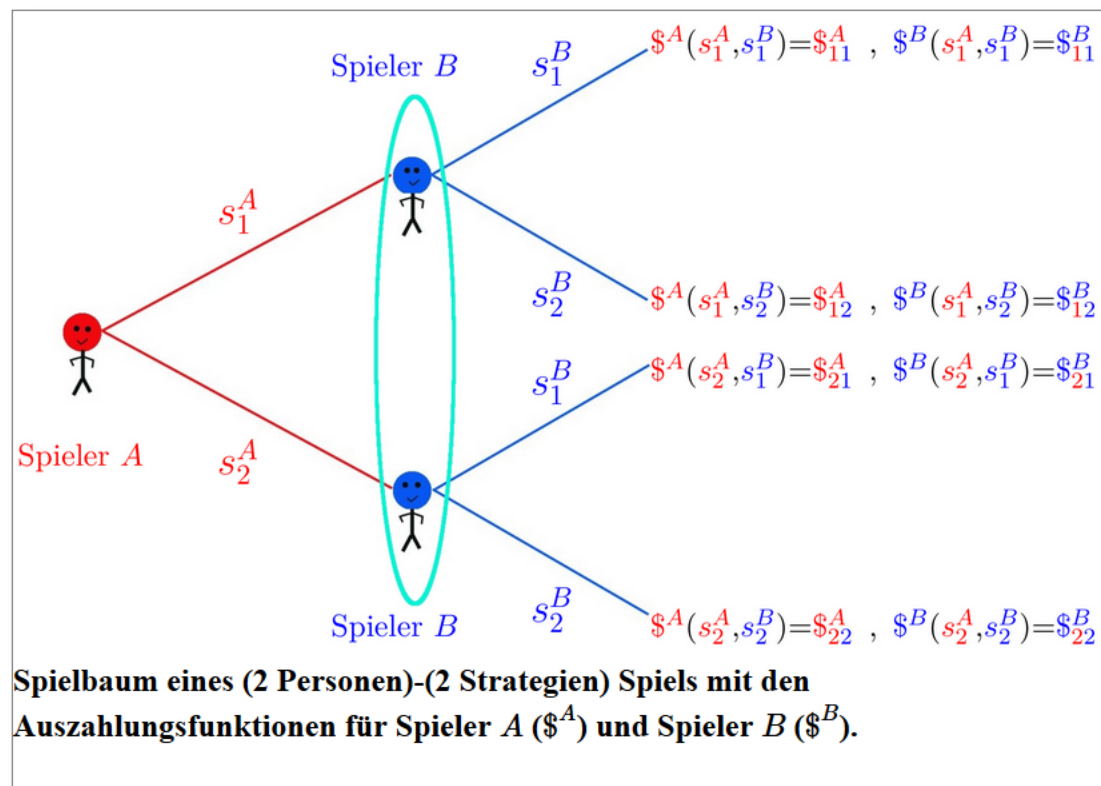
Menge der Strategien: 1 und 2

Auszahlungstabelle:

| | Spieler B wählt Strategie 1 | Spieler B wählt Strategie 2 |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Spieler A wählt Strategie 1 | $(\$_{11}^A, \$_{11}^B)$ | $(\$_{12}^A, \$_{12}^B)$ |
| Spieler A wählt Strategie 2 | $(\$_{21}^A, \$_{21}^B)$ | $(\$_{22}^A, \$_{22}^B)$ |







Die nebenstehende Abbildung stellt den Spielbaum eines simultanen (2 Personen)-(2 Strategien) Spiels dar. Beide Spieler (Spieler A und Spieler B) treffen die Entscheidung, welche der beiden reinen Strategien (s_1 und s_2) sie auszuwählen gedenken, zur gleichen Zeit, d.h. beim Zeitpunkt der Entscheidung wissen beide Spieler nicht, welche der Strategien der andere Spieler auswählt.

$\$^\mu$ (mit $\mu = A, B$) bezeichnet die Auszahlung, welche den Spielern nach Bekanntgabe ihrer Entscheidung ausgezahlt wird. Die Auszahlungen der vier möglichen Strategienkombinationen werden im folgenden durch die Auszahlungsmatrizen $\hat{\$}^\mu$ angegeben. Die oben angegebene Definition vereinfacht sich in einem solchen (2×2) Spiel somit wie folgt:

(2×2) Spiel:

$$\Gamma := \left(\{A, B\}, \mathcal{S}^A \times \mathcal{S}^B, (\hat{\$}^A, \hat{\$}^B) \right)$$

Menge der reinen Strategien des Spielers A und B:

$$\mathcal{S}^A = \{s_1^A, s_2^A\}, \quad \mathcal{S}^B = \{s_1^B, s_2^B\}$$

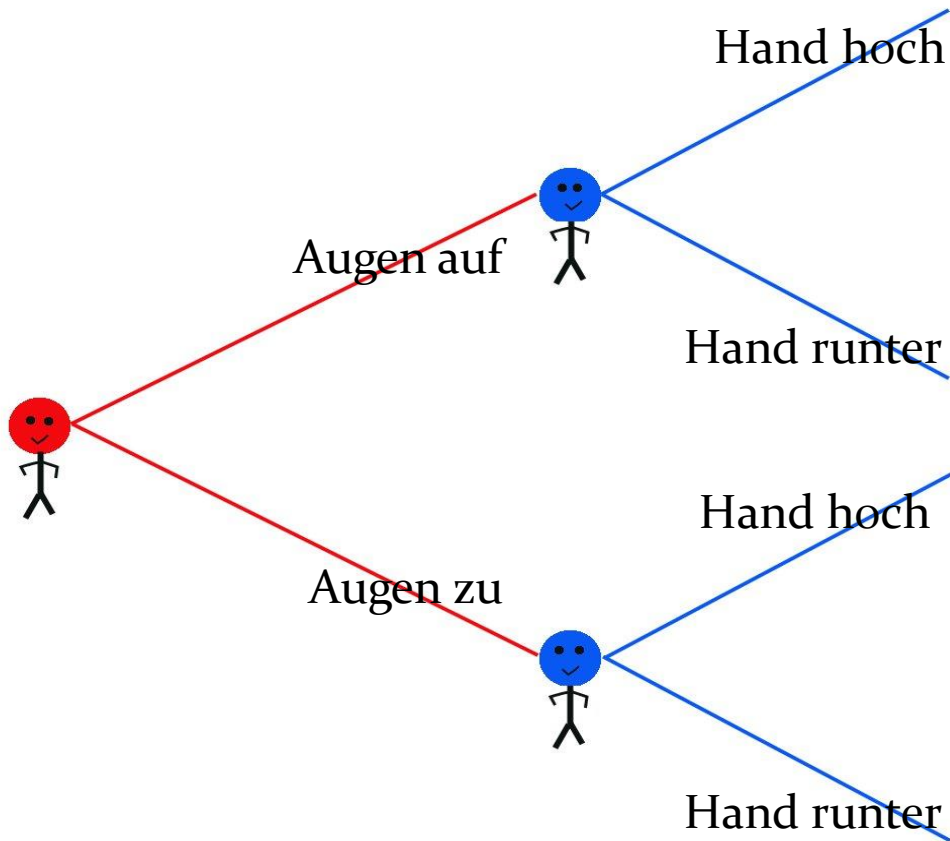
Auszahlungsmatrix der Spieler A und B:

$$\hat{\$}^A = \begin{pmatrix} \$_{11}^A & \$_{12}^A \\ \$_{21}^A & \$_{22}^A \end{pmatrix}, \quad \hat{\$}^B = \begin{pmatrix} \$_{11}^B & \$_{12}^B \\ \$_{21}^B & \$_{22}^B \end{pmatrix}$$

Die nebenstehende Abbildung zeigt den Spielbaum eines simultanen (2 Personen)-(2 Strategien) Spiels. Die ovale, türkise Linie visualisiert den simultanen Charakter des Spiels; ohne diese, wäre der Spielablauf ein sequentieller und Spieler B wüste schon wie sich Spieler A entschieden hätte, bevor er seine Entscheidung trifft. Die vier möglichen Ausgänge des Spiels sind mit unterschiedlichen

Einfaches Beispiel

| | $s_1^2 \hat{=} Hh$ | $s_1^2 \hat{=} Hr$ |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| $s_1^1 \hat{=} Aa$ | (10, 10) | (0, 0) |
| $s_2^1 \hat{=} Az$ | (0, 0) | (0, 0) |



(2 – Personen) – (2 – Strategien)

– Spiel Γ :

$\Gamma := (A, (S^1, S^2), (\$^1, \$^2))$

Menge der Spieler : $A = \{1, 2\}$

$= \{\text{Alice, Bob}\}$

Strategienmenge des 1–ten Spielers (Alice):

$S^1 = \{s_1^1, s_2^1\} = \{\text{Augen auf, Augen zu}\}$

Strategienmenge des 2–ten Spielers:

$S^2 = \{s_1^2, s_2^2\} = \{\text{Hand hoch, Hand runter}\}$

Auszahlungsfunktion des 1–ten Spielers:

$\$^1: S^1 \times S^2 \rightarrow \mathbb{R}$ mit

$\$^1(\text{Augen auf, Hand hoch}) = 10$

$\$^1(\text{Augen auf, Hand runter}) = 0$

$\$^1(\text{Augen zu, Hand hoch}) = 0$

$\$^1(\text{Augen zu, Hand runter}) = 0$

Auszahlungsfunktion des 2. Spielers wie 1.

Beispiel Nr.1

| | $s_1^2 \hat{=} Aa$ | $s_1^2 \hat{=} Az$ |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| $s_1^1 \hat{=} Aa$ | (0, 0) | (2, -1) |
| $s_2^1 \hat{=} Az$ | (-1, 2) | (1, 1) |

(2 – Personen) – (2 – Strategien) – Spiel Γ :

$\Gamma := (A, (S^1, S^2), (\$^1, \$^2))$

Menge der Spieler : $A = \{1, 2\} = \{\text{Alice, Bob}\}$

Strategienmenge des 1-ten Spielers (Alice):

$S^1 = \{s_1^1, s_2^1\} = \{\text{Augen auf, Augen zu}\} = \{Aa, Az\}$

Strategienmenge des 2-ten Spielers :

$S^2 = \{s_1^2, s_2^2\} = \{\text{Augen auf, Augen zu}\} = \{Aa, Az\}$

Auszahlungsfunktion des 1. und 2. Spielers :

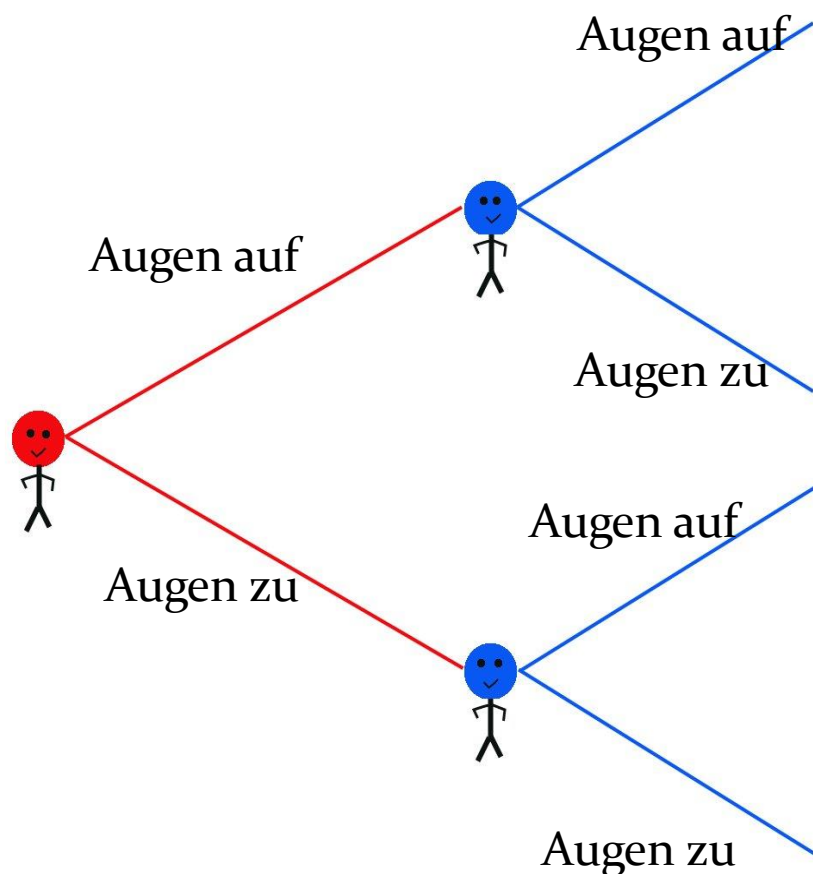
$\$^1 : S^1 \times S^2 \rightarrow \mathfrak{R}$ und $\$^2 : S^1 \times S^2 \rightarrow \mathfrak{R}$ mit

$\$^1(Aa, Aa) = 0$ und $\$^2(Aa, Aa) = 0$

$\$^1(Aa, Az) = 2$ und $\$^2(Aa, Az) = -1$

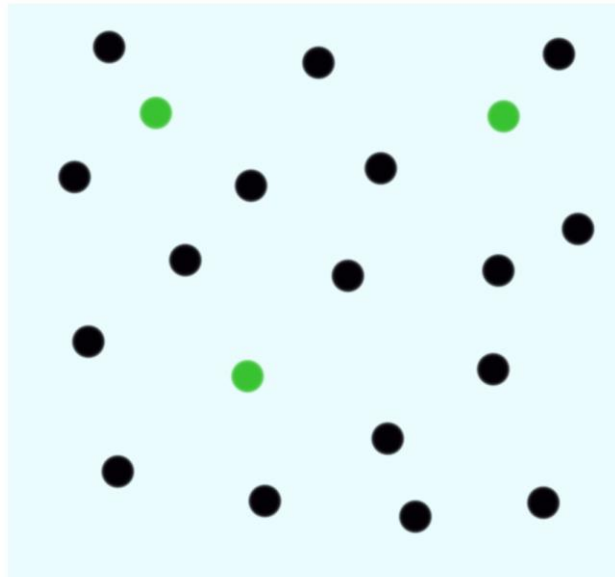
$\$^1(Az, Aa) = -1$ und $\$^2(Az, Aa) = 2$

$\$^1(Az, Az) = 1$ und $\$^2(Az, Az) = 1$



Evolutionäre Spieltheorie

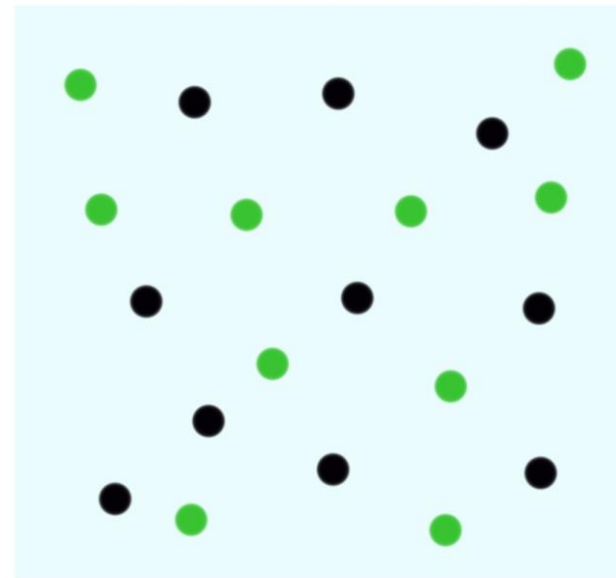
Die evolutionäre Spieltheorie betrachtet die zeitliche Entwicklung des strategischen Verhaltens einer gesamten Spielerpopulation.



$$x(0)=0.15$$



zeitliche
Entwicklung
der
Population

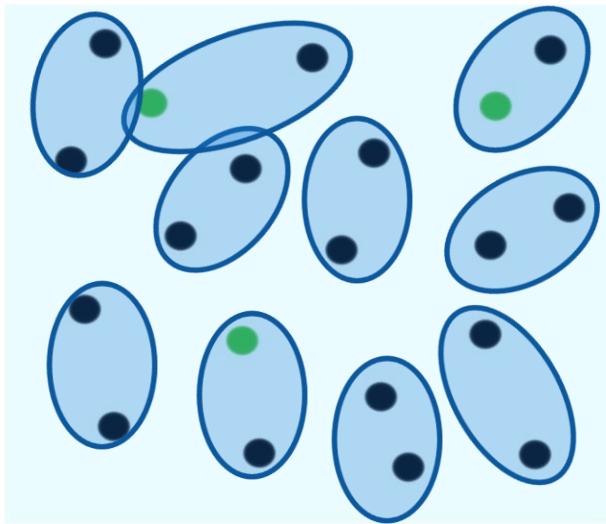


$$x(10)=0.5$$

Mögliche Strategien: (grün, schwarz), Parameter t stellt die „Zeit“ dar.
 $x(t)$: Anteil der Spieler, die im Zeitpunkt t die Strategie „grün“ spielen.

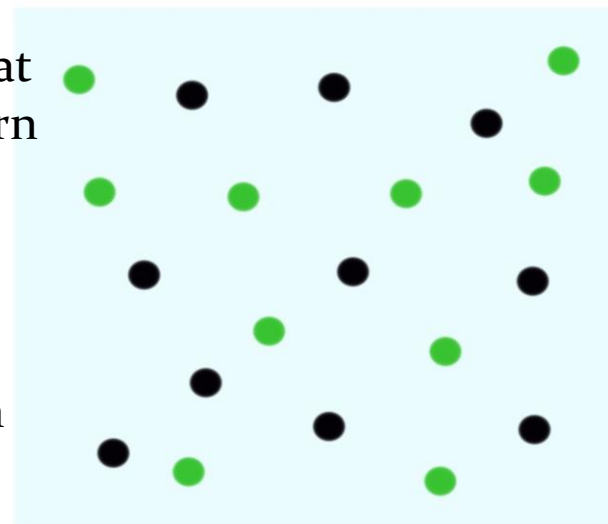
Evolutionäre Spieltheorie

Die einzelnen Akteure innerhalb der betrachteten Population spielen ein andauernd sich wiederholendes Spiel miteinander, wobei sich jeweils zwei Spieler zufällig treffen, das Spiel spielen und danach zu dem nächsten Spielpartner wechseln .



$$x(0)=0.15$$

Die Anfangspopulation von Spielern spielt zum Zeitpunkt $t=0$ das erste Mal das Spiel. Die Spieler wählen im Mittel zu 15% die grüne Strategie.

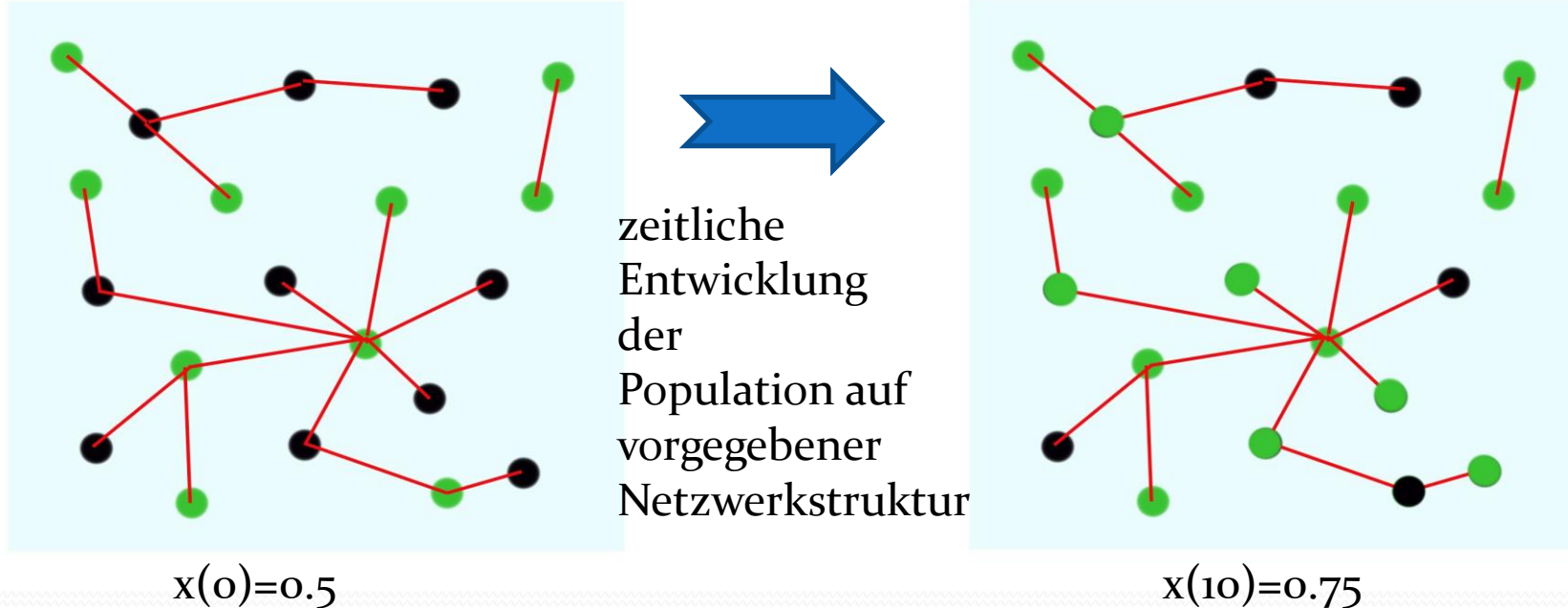


$$x(10)=0.5$$

Das evolutionäre Spiel schreitet voran und die grüne Strategie wird für die Spieler zunehmend attraktiver. Zum Zeitpunkt $t=10$ spielen schon 50% grün.

Evolutionäre Spieltheorie auf komplexen Netzwerken

Viele in der Realität vorkommende evolutionäre Spiele werden auf einer definierten Netzwerkstruktur (Topologie) gespielt. Die Spieler der betrachteten Population sind hierbei nicht gleichwertig, sondern wählen als Spielpartner nur mit ihnen durch das Netzwerk verlinkte (verbundene) Partner aus.



Mögliche Strategien: (grün, schwarz), Parameter t stellt die „Zeit“ dar.
 $x(t)$: Anteil der Spieler, die im Zeitpunkt t die Strategie „grün“ spielen.
Die roten Verbindungslinien beschreiben die möglichen Spielpartner des Spielers

Evolutionary Game Theory Applications

Biology:

Distribution of bacteria in organisms

See for example: Kerr, Feldmann, Nature 2002

Cooperation of virus populations

See for example: Turner, Chao, Nature 1999

Mating strategies of lizards

See for example: Sinervo, Hazard, Nature 1996

Evolutionary dynamics of macromolecules

See for example: Eigen, Schuster, Naturwissenschaften 64, 1977

Economics:

"Public Goods" - Games

Elinor Ostrom, Trust in Private and Common Property Experiments

C. Clemens and T. M. Perfunke, Evolutionary Dynamics in Public Good Games, Computational Economics (2006) 28: 399-420

M. Kosfeld, A. Okada and A. Riedl, Institution Formation in Public Goods Games, American Economic Review, 2009, 99:4, 1335-1355

Experimental economics

Elinor Ostrom et al., Cooperation in PD games: Fear, greed, and history of play, Public Choice 106: 137-155, 2001.

Behavioral economics (altruism, empathy, ...)

See for example articles by Fehr et al.

Evolution of information networks

S. Bernius, M. Hanauske, B. Dugall, W.König, Exploring the Effects of a Transition to Open Access, Journal of the American Society for Information Science and Technology, accepted for publication (2012)

Social science:

Social learning, Cultural and moral evolution

Evolution of social learning does not explain the origin of human cumulative culture, M. Enquist, S. Ghirlanda, *Journal of Theoretical Biology* 246 (2007)

Evolution of moral norms, W. Harms and B. Skyrms, *Oxford Handbook on the Philosophy of Biology*

Evolution of language

Finite populations choose language at best, C. Pavlovich, *Journal of Theoretical Biology* 249 (2007) 606-616

Evolution of social norms

Collective Action and the Evolution of Social Norms, E. Ostrom, *The Journal of Economic Perspectives*, vol 14, no. 3 (2000), p. 137-158

Evolution of social networks

Governing Social-Ecological Systems, M. A. Janssen and E. Ostrom

A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems, E. Ostrom, et al., *Science* 325, 419 (2009)

DPG Spring Meeting Berlin, March 25 - 30, 2012

SCOPE

- Financial Markets and Risk Management
- Economic Models and Evolutionary Game Theory
- Traffic Dynamics, Urban and Regional Systems
- Social Systems, Opinion and Group Dynamics
- Networks: From Topology to Dynamics

KEYNOTE TALK

H. Eugene Stanley
(Boston, USA)

“Interdependent Networks and Switching Phenomena”

YOUNG SCIENTIST AWARD FOR SOCIO- AND ECONOPHYSICS*

Keynote Speaker: **Stefan Thurner** (Wien, A)
“The Role of Agent Based Models in Understanding Human Societies”

* supported by d-fine



Registration via <http://berlin12.dpg-tagungen.de/index.html?lang=en>
Conference Languages: English and German

Deadline: December 1st 2011

Young Scientist Award: Call for nominations and applications at <http://www.dpg-physik.de/dpg/gliederung/fv/soe/YSA/call.html>

Deadline: December 1st 2011

CONTACT

Prof. Dr. Dirk Helbing, Dr. Jörg Reichardt and Dr. Tobias Preis,
Chairmen of the Physics of Socio-Economic Systems Division (Φ -SOE), <http://www.phi-soe.de/>

TUTORIAL “Scientific Writing”**

Hernan Rozenfeld (APS, USA)
Tim Smith (IOP Publishing, UK)

INVITED TALKS

Thilo Gross (Bristol, UK) “Adaptive Networks of Opinion Formation in Humans and Animals”

Marc Hütt (Bremen) “Common Design Principles of Metabolic Networks and Industrial Production”

Focus SESSION: BIG DATA**

Rosario Mantegna (Palermo, IT)

“Econophysics and Social Research with Large Sets of Data”

Philip Treleaven (London, UK)

“Experimental Computational Finance & Big Data Environment”

Tiziana Di Matteo (London, UK)
“Embedding High Dimensional Data on Networks”

Michael Batty (London, UK)
“Cities and Complexity”

FOCUS SESSION: MODELS OF WAR, CONFLICT AND REVOLUTIONS

Neil Johnson (Miami, USA)

“Escalation, Timing and Severity of Insurgent and Terrorist Events: Robust Patterns and a Generic Model”

Aaron Clauset (Boulder, USA)

“Fatality Dynamics and the Limits of Civil and Interstate Wars”

Ravinder Bhavnani (Geneva, CH)

“Group Segregation and Urban Violence”

**Sessions are organized with the JDPG

Tutorial

SOE 1.1 Sun 16:00–18:00 HSZ 04 **Collective Dynamics of Firms: A Statistical Physics Approach** — ●FRANK SCHWEITZER

Focus Session: Swarm Intelligence

SOE 2.1 Mon 10:15–10:45 GÖR 226 **Social Media and Attention** — ●BERNARDO HUBERMAN
SOE 2.2 Mon 10:45–11:15 GÖR 226 **Mobilizing society with a red balloon** — ●RILEY CRANE
SOE 2.3 Mon 11:15–11:45 GÖR 226 **Collective behaviour and swarm intelligence** — ●JENS KRAUSE

Focus Session: GPU-Computing (with DY)

SOE 5.1 Mon 14:00–14:30 GÖR 226 **Applications of GPU-Computing in Statistical Physics** — ●PETER VIRNAU
SOE 5.2 Mon 14:30–15:00 GÖR 226 **Accelerating Monte Carlo Simulations in Statistical Physics with GPU's** — ●DAVID LANDAU

Focus Session: Experimental Methods

SOE 10.1 Tue 13:30–14:00 GÖR 226 **Complex Economic Systems in the Laboratory** — ●CARS HOMMES
SOE 10.2 Tue 14:00–14:30 GÖR 226 **Multiplicative Cascades: How to model trip within cities** — ●MARTA C. GONZÁLEZ
SOE 10.3 Tue 14:30–15:00 GÖR 226 **Human behavior on networks: lessons and perspectives from game theory** — ●ANGEL SÁNCHEZ
SOE 10.4 Tue 15:00–15:30 GÖR 226 **Measuring Happiness** — ●PETER S. DODDS

Young Scientist Award for Socio- and Econophysics

SOE 8.1 Mon 17:00–17:45 HSZ 02 **Dragon-kings versus black swans: diagnostics and forecasts for the on-going world financial crisis** — ●DIDIER SORNETTE
SOE 8.1 Mon 18:00–18:30 HSZ 02 **Community structure in networks and statistical physics of social dynamics** — ●SANTO FORTUNATO

Joint Symposium on Foundations and Perspectives of Climate Engineering (with AKE, UP)

See SYCE for the full program of the symposium.

SYCE 1.1 Tue 10:30–11:00 HSZ 01 **Oceanic carbon-dioxide removal options: Potential impacts and side effects** — ●ANDREAS OSCHLIES

SYCE 1.2 Tue 11:00–11:30 HSZ 01 **Climate Engineering through injection of aerosol particles into the atmosphere: physical insights into the possibilities and risks** — ●MARK LAWRENCE

SYCE 1.3 Tue 11:30–12:00 HSZ 01 **Geoengineering - will it change the climate game?** — ●TIMO GOESCHL
SYCE 1.4 Tue 12:00–12:30 HSZ 01 **The gamble with the climate - an experiment** — ●MANFRED MILINSKI

Plenary Talks related to SOE

PV X Thu 8:30–9:15 H1 **Complex Networks: From Statistical Physics to the Cell** — ●ALBERT LASZLO BARABASI

Tutorial

SOE 1.1 Sun 16:00–18:00 H10 **Time Series Analysis in Sociophysics and Econophysics** — ●JOHANNES J. SCHNEIDER, ●TOBIAS PREIS

Invited Talks

SOE 2.1 Mon 9:30–10:15 H44 **Don't panic! - The physics of pedestrian dynamics and evacuation processes** — ●ANDREAS SCHAADSCHNEIDER

SOE 7.1 Tue 9:30–10:00 H44 **Humans playing spatial games** — ●ARNE TRAUlsen

SOE 12.1 Wed 9:30–10:15 H44 **The hidden complexity of open source software** — ●FRANK SCHWEITZER

SOE 17.1 Thu 9:30–10:15 H44 **Wave localization in complex networks** — ●JAN W. KANTELHARDT

SOE 22.1 Fri 9:30–10:15 H44 **Hypergraphs and social systems** — ●GUIDO CALDARELLI

Focus Session: Science of Science

SOE 4.1 Mon 13:30–14:00 H44 **Following the actors: individual and collective behavior in epistemic landscapes** — ●ANDREA SCHARNHORST

SOE 4.2 Mon 14:00–14:30 H44 **Tracking science in real-time from large-scale usage data.** — ●JOHAN BOLLEN

SOE 4.3 Mon 14:45–15:15 H44 **Mapping change in science** — ●MARTIN ROSVALL, CARL BERGSTROM

SOE 4.4 Mon 15:15–15:45 H44 **Statistical physics of citation behavior** — ●SANTO FORTUNATO

Wir spielen ein Spiel

Nehmen Sie bitte irgendeinen kleinen Gegenstand, der gut in Ihre geschlossene Hand passt (ohne dass er von außen sichtbar ist); z.B. eine kleine Papierkugel.

Die teilnehmenden Studenten werden in zufälliger Weise in Zweiergruppen aufgeteilt und in die zugehörigen „Zoom Breakout-Rooms“ eingeladen.

Im „Breakout-Rooms“ spielen Sie (Spieler A) und ihr Nebenmann/frau (Spieler B) nun ein simultanes (2x2)-Spiel mit symmetrischer Auszahlungsmatrix (siehe Tabelle unten). Nehmen Sie an, dass die Auszahlungswerte in der Tabelle in Einheiten von Euro angegeben sind.

Treffen Sie ihre Entscheidung und legen Sie, ohne dass Ihr Gegenüber erkennen kann was Sie machen, entweder die Kugel in Ihre Hand (oder nicht) und ballen Ihre Hand zu einer Faust.

Wenn Sie beide bereit sind, halten Sie die geschlossene Faust vor die Kamera und öffnen Sie diese gleichzeitig mit ihrem Gegenüber. Nennen Sie dann kurz Ihre erzielte Auszahlung und verlassen dann den Breakout-Room.

Im Zoom Hauptraum geben Sie dann Ihre gewählte Strategie (Ohne Kugel / Mit Kugel) in dem Umfragetool ein.

Dieses Spiel wird nun mehrere Male wiederholt, um zu sehen, wie sich die mittlere Strategiewahl der Population der Studenten verändert.

| Spieler B | Strategie 1 Ohne Kugel | Strategie 2 Mit Kugel |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Spieler A | | |
| Strategie 1 Ohne Kugel | (0 , 0) | (2 , -1) |
| Strategie 2 Mit Kugel | (-1 , 2) | (1 , 1) |

Spiel 1

| Spieler B Spieler A | Strategie 1 Ohne Kugel | Strategie 2 Mit Kugel |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Strategie 1 Ohne Kugel | $(0, 0)$ | $(2, -1)$ |
| Strategie 2 Mit Kugel | $(-1, 2)$ | $(1, 1)$ |

Spiel 2

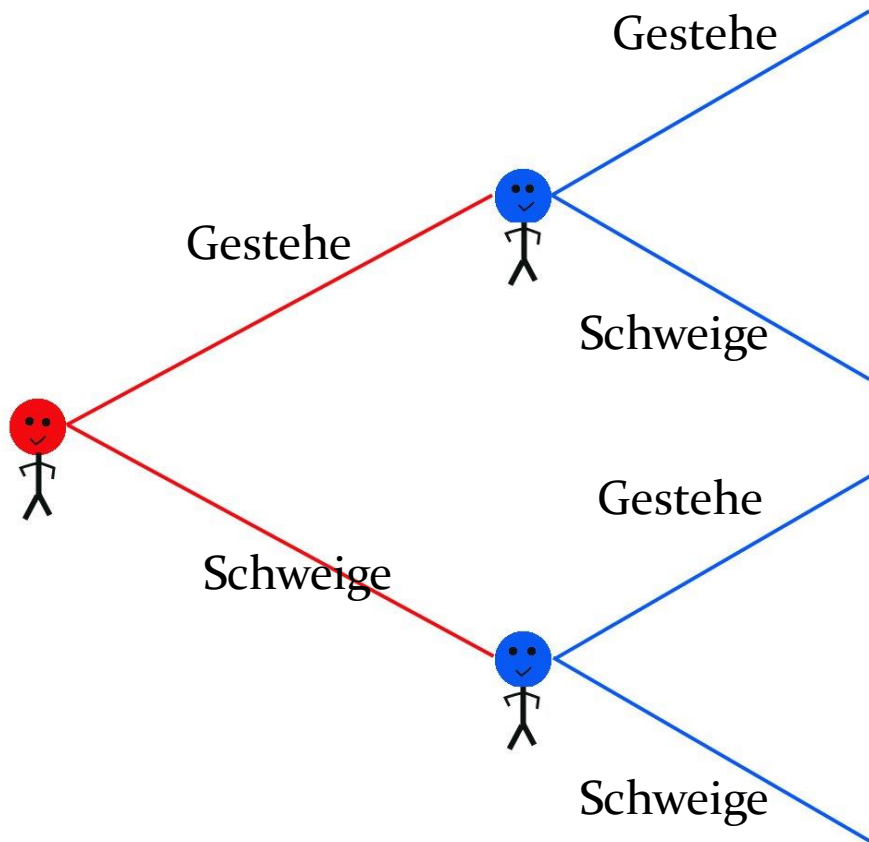
| Spieler B Spieler A | Strategie 1 Ohne Kugel | Strategie 2 Mit Kugel |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Strategie 1 Ohne Kugel | $(2, 2)$ | $(4, -1)$ |
| Strategie 2 Mit Kugel | $(-1, 4)$ | $(5, 5)$ |

Spiel 3

| Spieler B Spieler A | Strategie 1 Ohne Kugel | Strategie 2 Mit Kugel |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Strategie 1 Ohne Kugel | $(-2, -2)$ | $(4, 0)$ |
| Strategie 2 Mit Kugel | $(0, 4)$ | $(1, 1)$ |

Das Gefangenendilemma

| | G | S |
|---|------------|------------|
| G | $(-7, -7)$ | $(-1, -9)$ |
| S | $(-9, -1)$ | $(-3, -3)$ |



Bonnie und Clyde werden nach einem missglückten Banküberfall geschnappt und in verschiedenen Zellen untergebracht. Wenn beide schweigen kann der Staatsanwalt sie nur wegen verbotenen Waffenbesitzes für drei Jahre hinter Gitter bringen. Verrät jedoch einer den anderen, dann bekommt der Geständige als Zeuge der Anklage nur für ein Jahr hinter Gitter – der Nichtgeständige muss dann aber für neun Jahre ins Gefängnis. Gestehen beide, so müssen sie sieben Jahre absitzen.

Das Nash-Gleichgewicht

Ein Nash-Gleichgewicht ist eine Strategienkombination, von der aus kein Spieler einen Vorteil erhalten würde, wenn er von seiner Strategie abweicht. Die Spieler würden keine größere Auszahlung erhalten.

Es gibt ein Nash-Gleichgewicht
in diesem Spiel:

Strategienkombination:
(Aa , Hh)=(Augen auf , Hand hoch)

| | $s_1^2 \hat{=} Hh$ | $s_1^2 \hat{=} Hr$ |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| $s_1^1 \hat{=} Aa$ | (10 , 10) | (0 , 0) |
| $s_2^1 \hat{=} Az$ | (0 , 0) | (0 , 0) |

Das Nash-Gleichgewicht im Gefangenendilemma

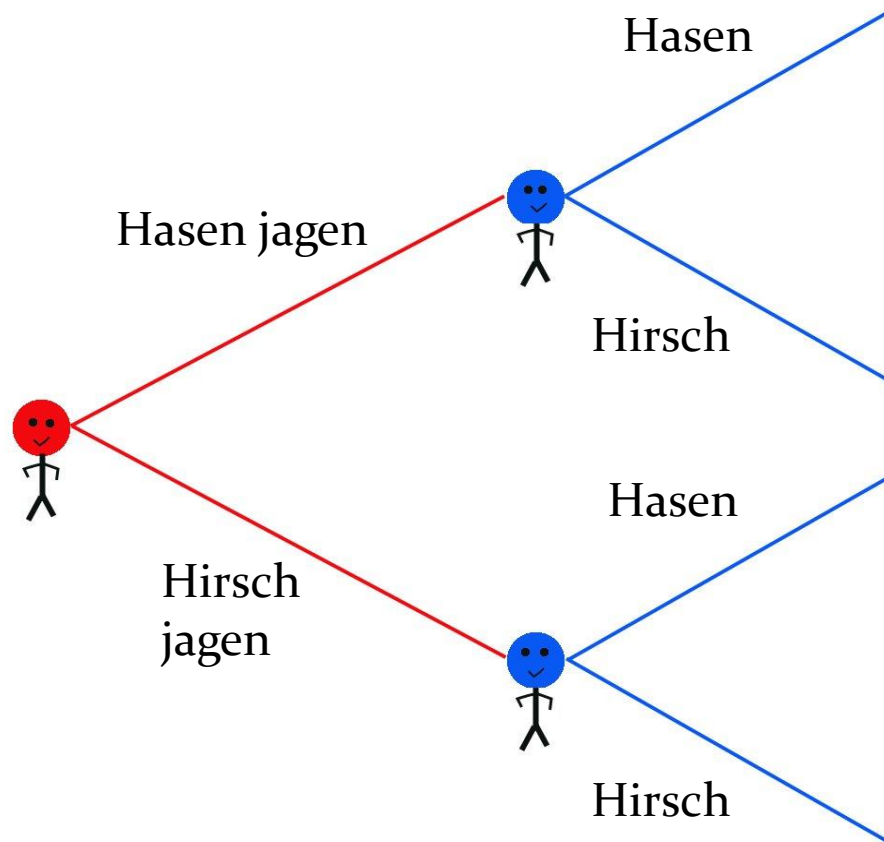
| | Spieler B Gestehe | Spieler B Gestehe nicht |
|----------------------------|----------------------|----------------------------|
| Spieler A Gestehe | $(-7, -7)$ | $(-1, -9)$ |
| Spieler A Gestehe nicht | $(-9, -1)$ | $(-3, -3)$ |

Das Nash-Gleichgewicht im Gefangenendilemma ist eine Dominante Strategie

| | Spieler B Gestehe | Spieler B Gestehe nicht |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------|
| Spieler A Gestehe | $(-7, -7)$ | $(-1, -9)$ |
| Spieler A Gestehe nicht | $(-9, -1)$ | $(-3, -3)$ |

Rousseaus Hirschjagd - Spiel

| | Hasen | Hirsch |
|--------|--------|--------|
| Hasen | (2, 2) | (4, 0) |
| Hirsch | (0, 4) | (5, 5) |



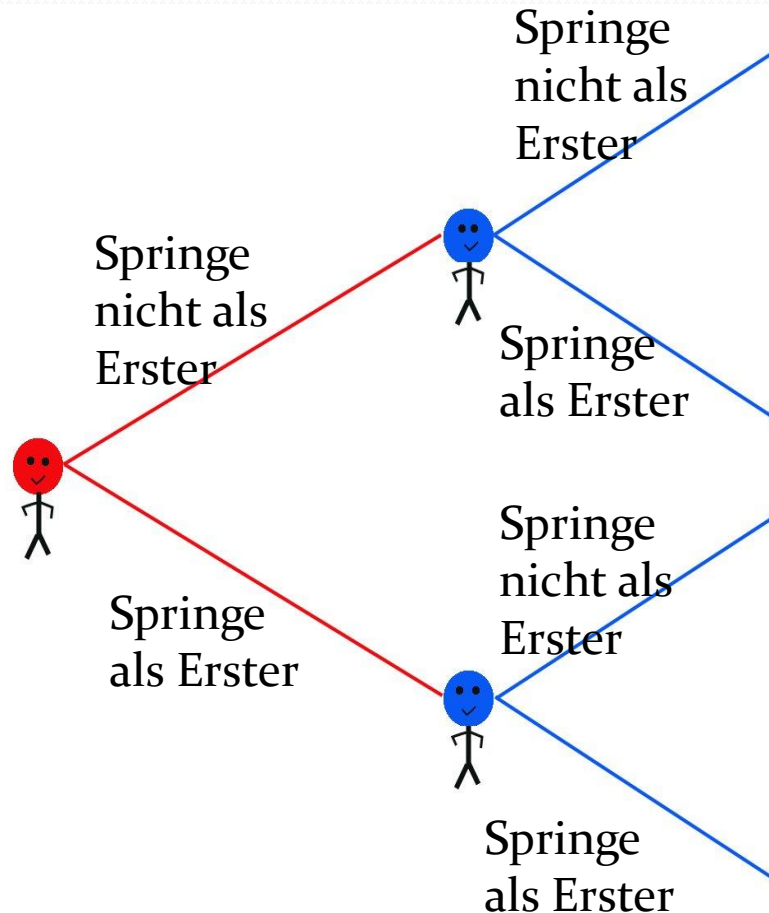
Zwei Jägern ist es im Laufe der Jagd gelungen einen Hirsch und vier Hasen einzukreisen. Die Jäger stehen nun vor der Entscheidung die Hasen entkommen zu lassen und gemeinsam den Hirsch zu erlegen oder sofort das Feuer auf die Hasen zu eröffnen. Entscheiden sich beide dafür den Hirsch zu erlegen, dann hat der Hirsch keine Chance. Einen Hirsch kann man für 10 Goldmünzen verkaufen. Entscheiden sich beide für die Hasenjagd, dann erschießt jeder Jäger zwei Hasen, für die man jeweils eine Goldmünze bekommt. Entscheidet sich jedoch nur einer für die Hirschjagd, so kann der Hirsch entkommen und derjenige der sich für die Hasenjagd entschieden hat kann alle vier Hasen erlegen.

Nash-Gleichgewichte im Hirschjagd-Spiel

| | Spieler B Hasen jagen | Spieler B Hirsch jagen |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Spieler A Hasen jagen | $(2, 2)$ | $(4, 0)$ |
| Spieler A Hirsch jagen | $(0, 4)$ | $(5, 5)$ |

Das Angsthasen-Spiel

| | Springe nicht | Springe |
|---------------|---------------|----------|
| Springe nicht | $(-1, -1)$ | $(2, 0)$ |
| Springe | $(0, 2)$ | $(1, 1)$ |



Basierend auf dem Film von Nicholas Ray „Denn sie wissen nicht was sie tun“ aus dem Jahre 1955 (Hauptdarsteller „James Dean“): Jimbo und sein Erzfeind Buzz machen eine Mutprobe und rasen in ihren Autos auf eine Klippe zu. Derjenige ist der Angsthase, der als erster aus seinem Auto rausspringt. Der erzielte Nutzen kann zum Beispiel wie oben angegeben quantifiziert werden.

Nash Gleichgewichte im Angsthasen Spiel

| | Spieler B Weiche nicht aus | Spieler B Weiche aus |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Spieler A Weiche nicht aus | $(-10, -10)$ | $(2, 0)$ |
| Spieler A Weiche aus | $(0, 2)$ | $(1, 1)$ |

Beispiel: Das Angsthasen-Spiel (Chicken Game)

Das *Angsthasen-Spiel* ist ein simultanes (2 Personen)-(2 Strategien) Spiel und kann z.B. mittels der folgenden Geschichte illustriert werden (siehe z.B. S.16 in [2]).

"Auf einer einsamen Landstraße in Indien, bei der es nur eine geteerte Fahrbahn gibt, kommen sich zwei Autos mit hoher Geschwindigkeit entgegen. Beide Fahrer stehen nun vor der Entscheidung ob sie dem Anderen die Fahrbahn überlassen und Ausweichen oder mit hoher Geschwindigkeit weiterfahren um zu hoffen, dass der Andere ausweicht." Eine weitere Deutung des *Angsthasen-Spiel* basiert auf dem Film von Nicholas Ray "Denn sie wissen nicht was sie tun" aus dem Jahre 1955 (mit James Dean): "Jimbo und sein Erzfeind Buzz machen eine Mutprobe und rasen in ihren Autos auf eine Klippe zu. Derjenige ist der Angsthase, der als erster aus seinem Auto herausspringt."

Ähnliche Spiele: Chicken Game, das Spiel mit dem Untergang, das Falke-Taube Spiel

Beispiel eines (2 Personen)-(3 Strategien) Spiels:

Schere-Stein-Papier

(2 – Personen) – (3 – Strategien) – Spiel Γ :

$\Gamma := (A, (S^1, S^2), (\$^1, \$^2))$

Menge der Spieler : $A = \{1, 2\} = \{\text{Alice}, \text{Bob}\}$

Strategienmenge des 1 - ten Spielers (Alice):

$S^1 = \{s_1^1, s_2^1, s_3^1\} = \{\text{Stein}, \text{Schere}, \text{Papier}\}$

Strategienmenge des 2 - ten Spielers :

$S^2 = \{s_1^2, s_2^2, s_3^2\} = \{\text{Stein}, \text{Schere}, \text{Papier}\}$

Auszahlungsfunktion des 1. und 2. Spielers :

$\$^1 : S^1 \times S^2 \rightarrow \mathbb{R}$ und $\$^2 : S^1 \times S^2 \rightarrow \mathbb{R}$ mit

$\$^1(\text{Stein}, \text{Stein}) = 0$ und $\$^2(\text{Stein}, \text{Stein}) = 0$

$\$^1(\text{Stein}, \text{Schere}) = 1$ und $\$^2(\text{Stein}, \text{Schere}) = -1$

$\$^1(\text{Stein}, \text{Papier}) = -1$ und $\$^2(\text{Stein}, \text{Papier}) = 1$

...

| | Stein | Schere | Papier |
|--------|--------|--------|--------|
| Stein | (0,0) | (1,-1) | (-1,1) |
| Schere | (-1,1) | (0,0) | (1,-1) |
| Papier | (1,-1) | (-1,1) | (0,0) |