

# Physik der sozio-ökonomischen Systeme *mit dem Computer*

*JOHANN WOLFGANG GOETHE UNIVERSITÄT  
06.11.2020*

*MATTHIAS HANAUSKE*

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

## 1. Vorlesung

Aufgrund der Corona Krise findet die Vorlesung und die freiwilligen Übungstermine in diesem Semester nur Online statt.

# Plan für die heutige Vorlesung

- Kurzer Überblick der Inhalte der Vorlesung
- Festlegung der Übungsgruppentermine
- Login-Accounts für den Remote Login auf den Server des Instituts für Theoretische Physik (ITP) der Goethe Universität
- 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  
Übungstermine: Werden in der ersten Vorlesung vereinbart
- Vorlesungs-Materialien (asynchronen Lehrangebote):  
<http://th.physik.uni-frankfurt.de/~hанаuske/VPSOC/> bzw.  
<http://th.physik.uni-frankfurt.de/~hанаuske/VPSOC/VPSOCorona.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 Systemen mit dem Computer von Dr.phil.nat.Dr.rer.pol. Matthias Hanauske

[Home](#) [Research](#) [Contact](#)

[Einführung](#)

[Teil I](#)

[Teil II](#)

[Teil III](#)

[E-Learning](#)

Physik der  
sozio-ökonomischen Systeme  
mit dem Computer



## Online Vorlesungen und Zusatzmaterialien

Augrund der Corona Krise findet die Vorlesung und die Übungstermine in diesem Semester nur Online statt. Auf die dafür eingerichtete Internetseite gelangen Sie, wenn Sie die nebenstehende Abbildung anklicken.



Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer  
(Physics of Socio-Economic Systems with the Computer)  
Vorlesung WS 2020/2021, Fr. 15-17.00 Uhr

Augrund der Corona Krise findet die Vorlesung und die Übungstermine in diesem Semester nur Online statt (näheres siehe [HIER](#)).

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 Akteuren 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 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

# 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 auf der LON-CAPA Seite mit Ihrem HRZ-Account (s...-Nummer) einloggen.

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

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](#)

# 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/>



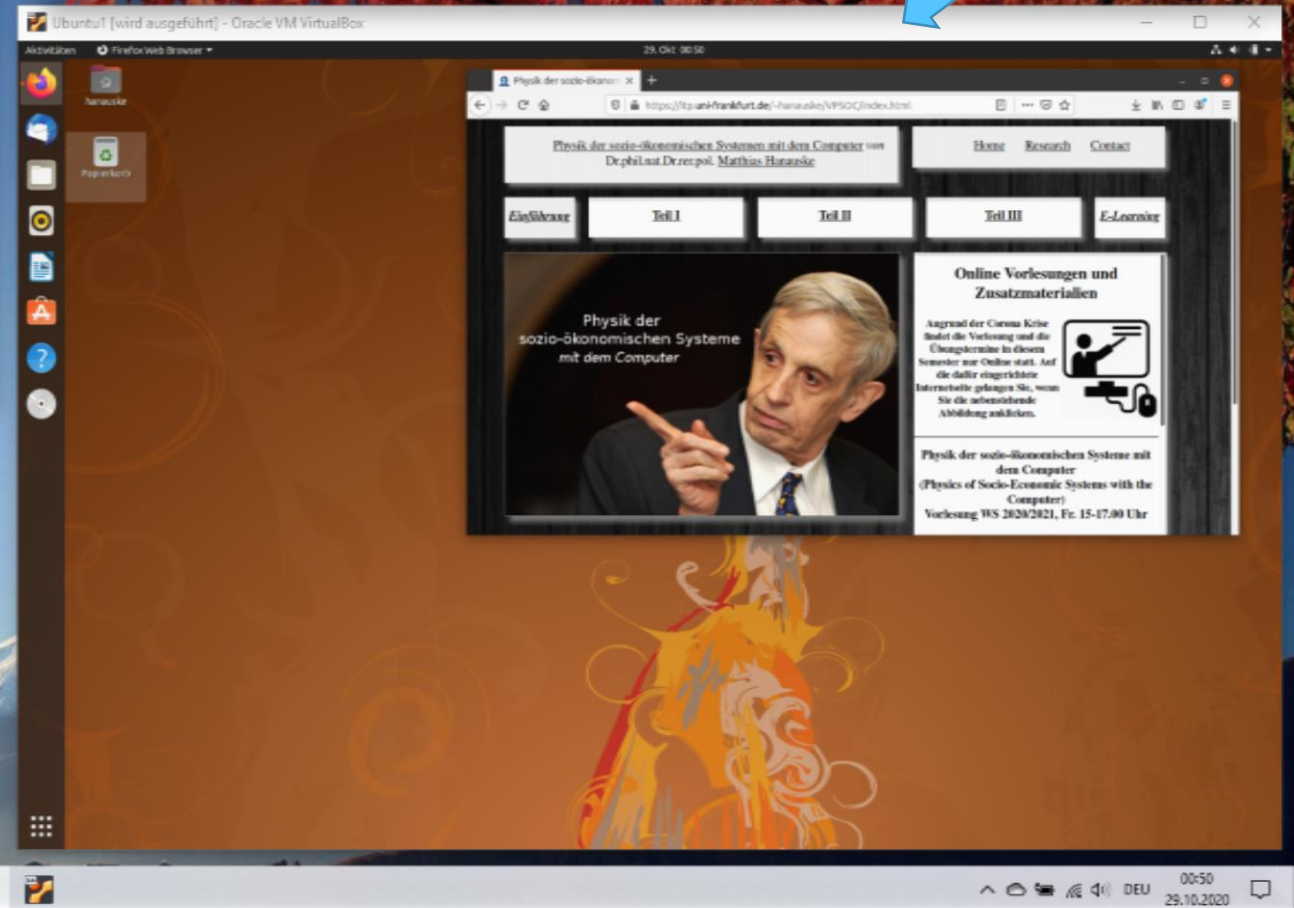
# Remote Login von anderen Betriebssystemen (z.B. Windows)

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>

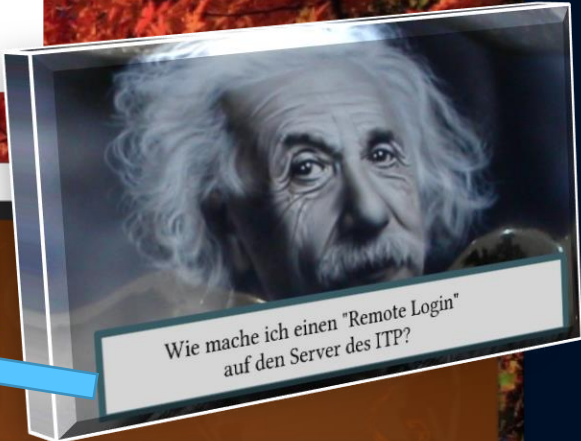
Anleitung siehe z.B.  
<https://youtu.be/5saoacU4pmY>





# 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.



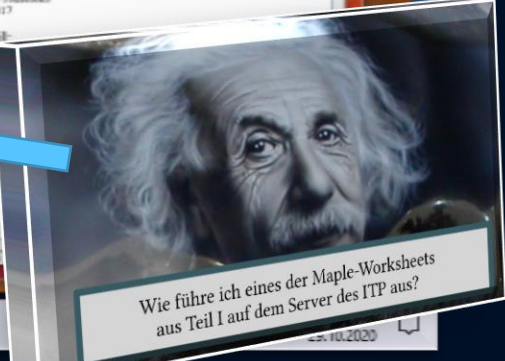
Oracle VM VirtualBox Manager  
Datei Maschine Hilfe  
Werkzeuge  
Allgemein  
Name: Ubuntu1  
Betriebssystem: Ubuntu (64-bit)  
System  
Hauptspeicher: 2048 MB  
Prozessoren: 2  
Bootreihenfolge: Diskettenlaufwerk, Optisch, Platte  
Beschleunigung: VT-x(AMD-V), Nested Paging, KVM-Paravirtualisierung  
Anzeige  
Grafikspeicher: 16 MB  
Grafikcontroller: VMSVGA  
Fernsteuerung: deaktiviert  
Aufnahme: deaktiviert  
Massenspeicher  
Controller: IDE  
Sekundärer Master: [Optisches Laufwerk] VBoxGuestAdditions.iso (58,35 MB)  
Controller: SATA  
SATA-Port 0: Ubuntu1.vdi (normal, 10,00 GB)  
Audio  
Host-Treiber: Windows DirectSound  
Controller: ICH AC97  
Netzwerk

```
hanaske@hanaske-VirtualBox:~$ remmina
Remmina plugin glibsecret (type=Secret) has registered but not yet initialized/activated. Initialization order is 2009
Secret plugin glibsecret has been successfully initialized and will be your default secret plugin
Statuskoeffizient/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 **: 01:15:17: 250: g tk_menu_attach_to_widget(): menu already attached to GtkMenuItem
[01:15:52:335] [1991:2998] [INFO][com.freerdp.core] - freerdp_connect:freerdp_set_last_error_ex resetting error state
[01:15:52:336] [1991:2998] [WARNING] - loading c
.cmdline) - loading c
[01:15:52:337] [1991:2998] [WARNING] - loading c
.cmdline) - loading c
[01:15:52:337] [1991:2998] [WARNING] - loading c
.cmdline) - loading c
[01:15:52:668] [1991:2998] [WARNING] - loading c
.cmdline) - loading c
```

Bezeichnung	Gruppe	Server	Plugin	Zuletzt benutzt
itp with ssh tunnel		beta.itp.uni-frankfurt.de	RDP	2020-10-29 - 01:15:53

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.

itp with ssh tunnel  
Activities java-lang-Thread  
[home/hanaske/Downloads/EvolutionLms\*] - [Server 3] - Maple 2017  
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 2017/18)  
von Dr. phil. nat. Dr. rer. phil. Matthias Hanaske  
Frankfurt am Main 22.01.2017  
Erster Vorlesungsteil  
Klassifizierung von symmetrischen evolutionären Spielen  
Einführung  
Dieses Maple-Worksheet basiert auf dem Maple-Worksheet Spielökonomie und enthält eine Ausgangspunkt ist wiederum die folgende allgemeine systematische Aussage (siehe auch [2]):  
> restart;  
with(plots);  
with(plottools);  
with(linearAlgebra);  
with(colorTools);  
Definition der Auszahlungsmatrix für Spieler A:  
> D\_A1:=ma;  
D\_A12:=nb;  
D\_A13:=nc;



# 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 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 title, author information (Dr. phil.nat. Dr.rer.pol. Matthias Hanauske), and a section titled 'Einführung' (Introduction) which discusses game theory concepts like the Prisoner's Dilemma. Below the text, there are code cells with Python code and their corresponding outputs. The code includes imports, matrix definitions, and a function definition. The outputs show matrix representations and numerical results.



# 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)

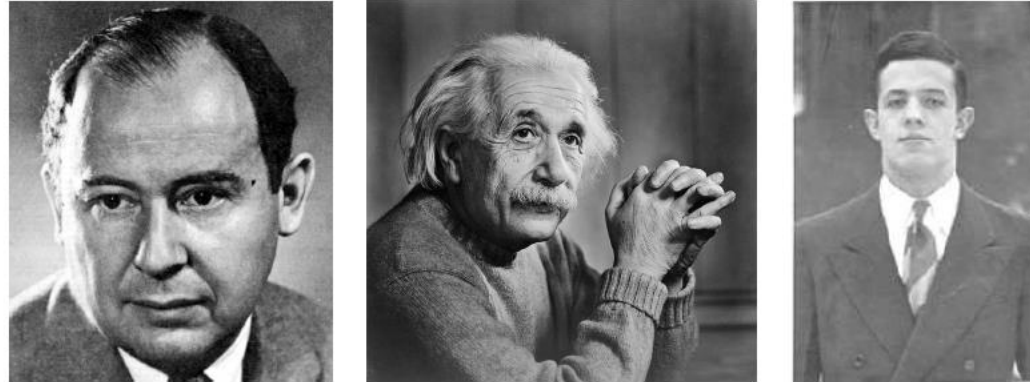


Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

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)

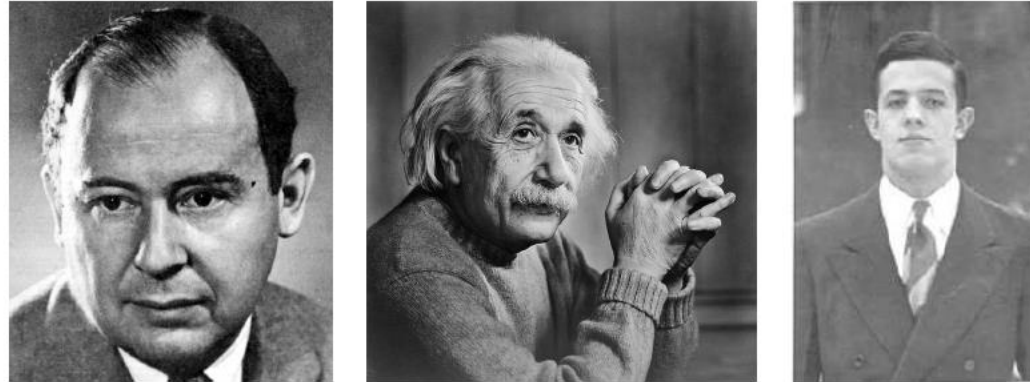


Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

*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)

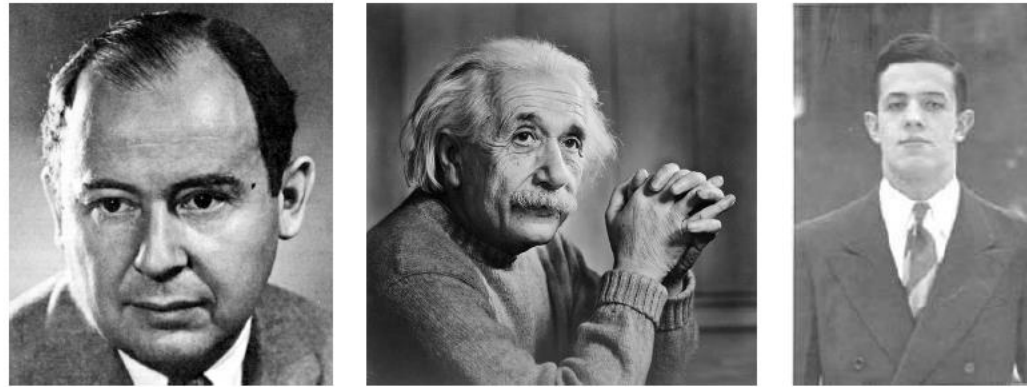


Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

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

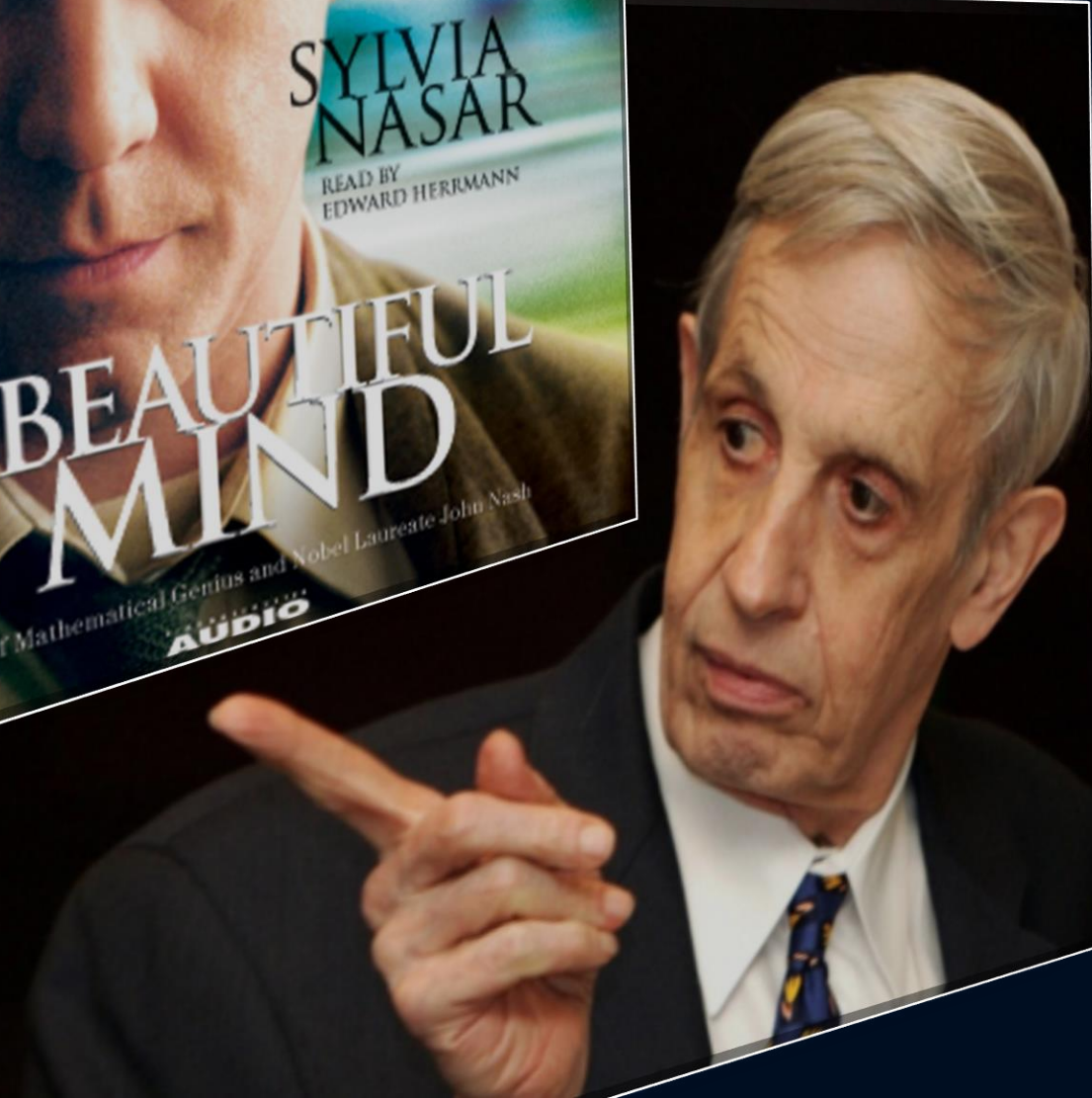
John F. Nash Jr. The Bargaining Problem. *Econometrica*, 18:155–162, 1950.

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





[Einführung](#)

[Teil I](#)

[Teil II](#)

[Teil III](#)

[E-Learning](#)

# Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer



## Online Vorlesungen und Zusatzmaterialien

Augrund der Corona Krise findet die Vorlesung und die Übungstermine in diesem Semester nur Online statt. Auf die dafür eingerichtete Internetseite gelangen Sie, wenn Sie die nebenstehende Abbildung anklicken.



Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer  
(Physics of Socio-Economic Systems with the Computer)  
Vorlesung WS 2020/2021, Fr. 15-17.00 Uhr

Augrund der Corona Krise findet die Vorlesung und die Übungstermine in diesem Semester nur Online statt (näheres siehe [HIER](#)).

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 Akteuren 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 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

## 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  $m_\mu$  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  $\mathcal{S}^\mu$  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

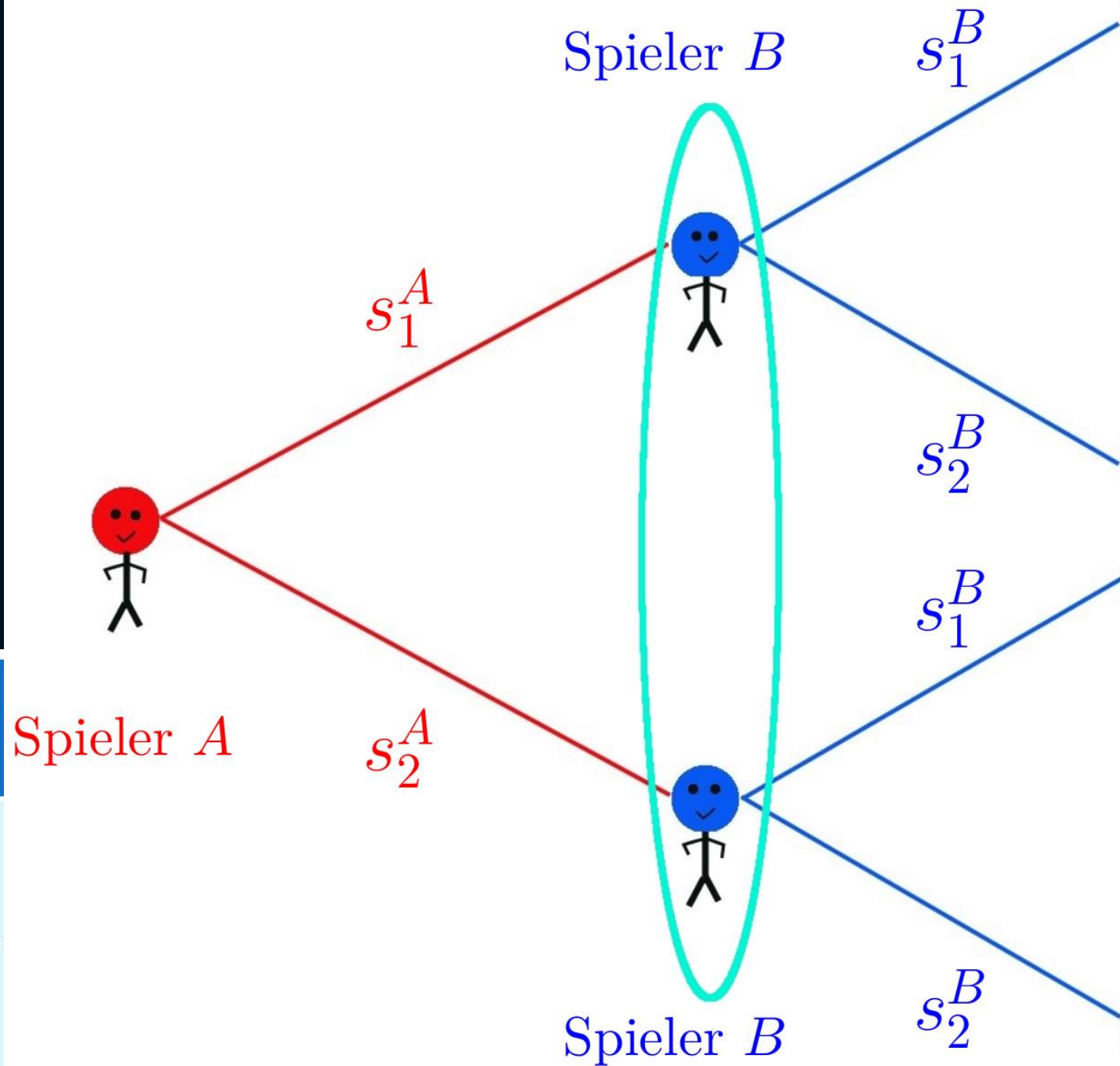
## Definition des Spiels:

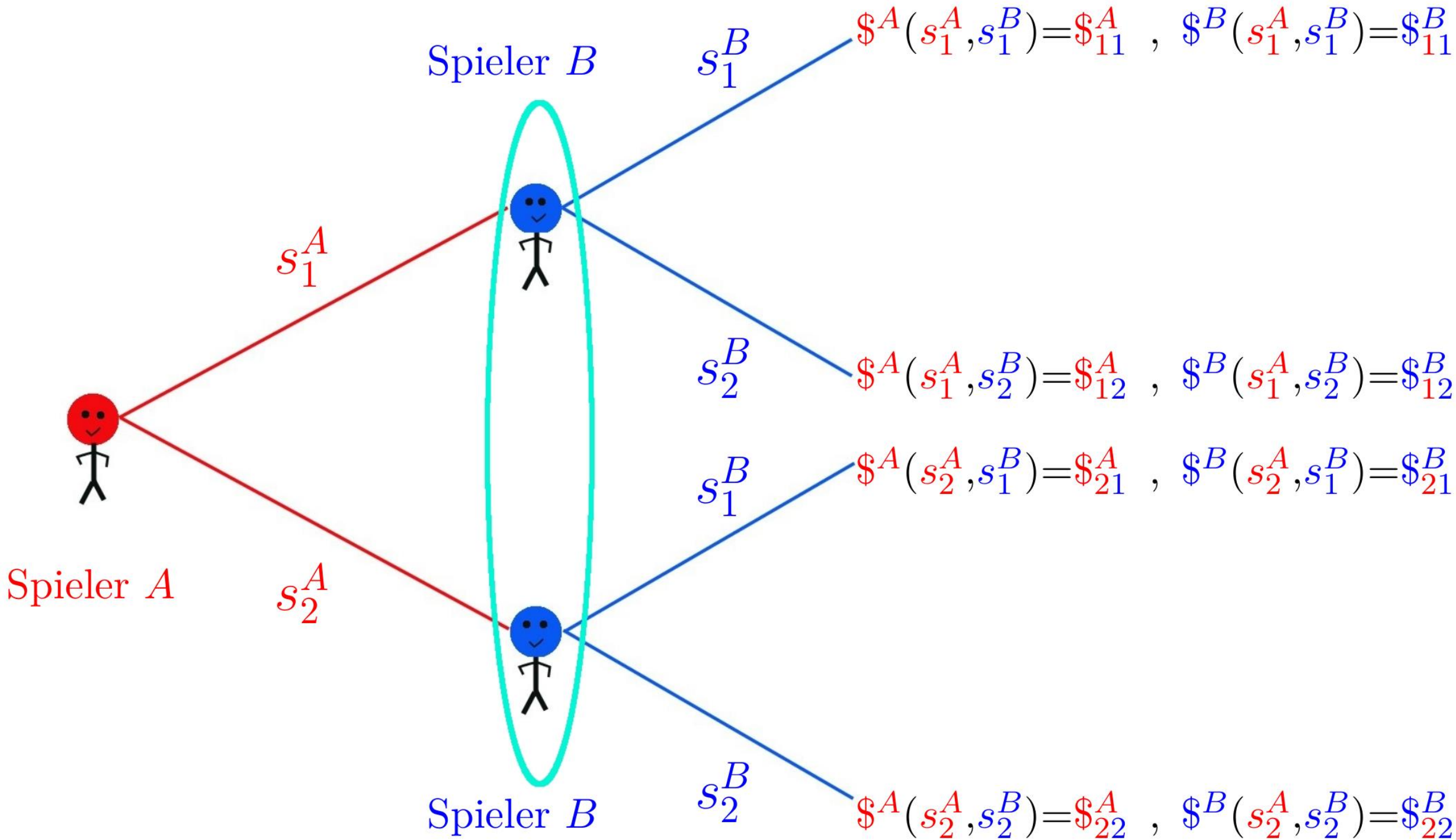
Menge der Spieler: A und B

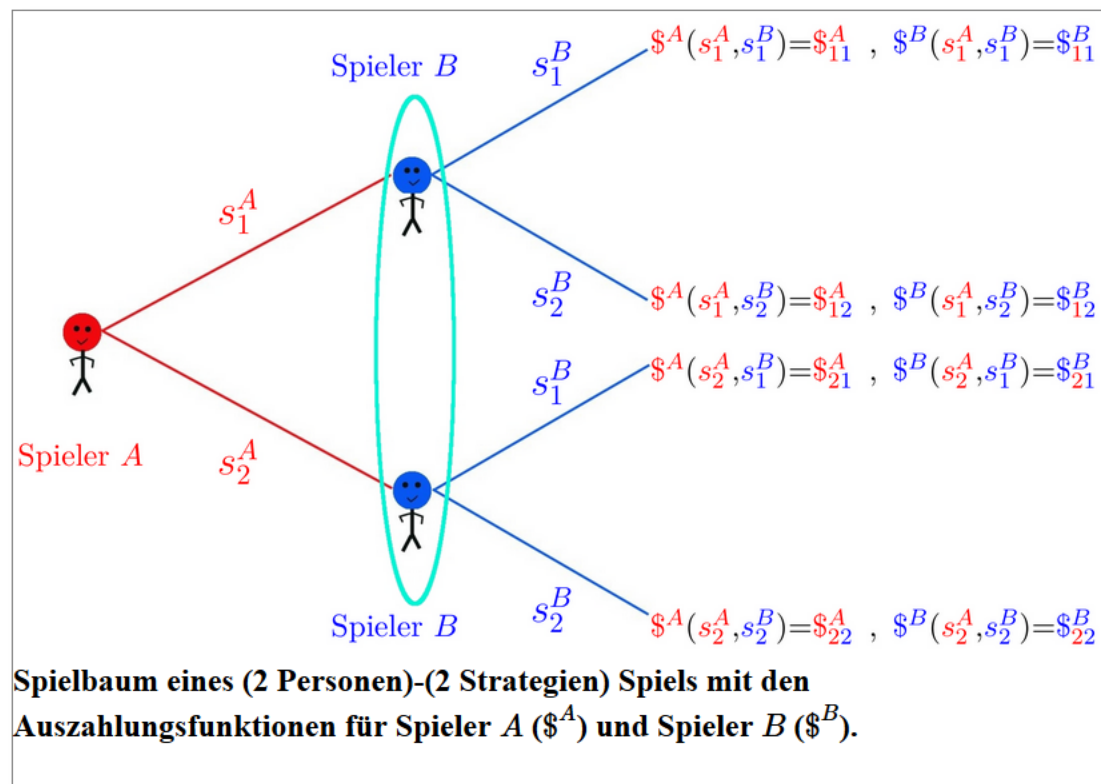
Menge der Strategien: 1 und 2

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  $(2 \times 2)$  Spiel somit wie folgt:

$(2 \times 2)$  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:

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

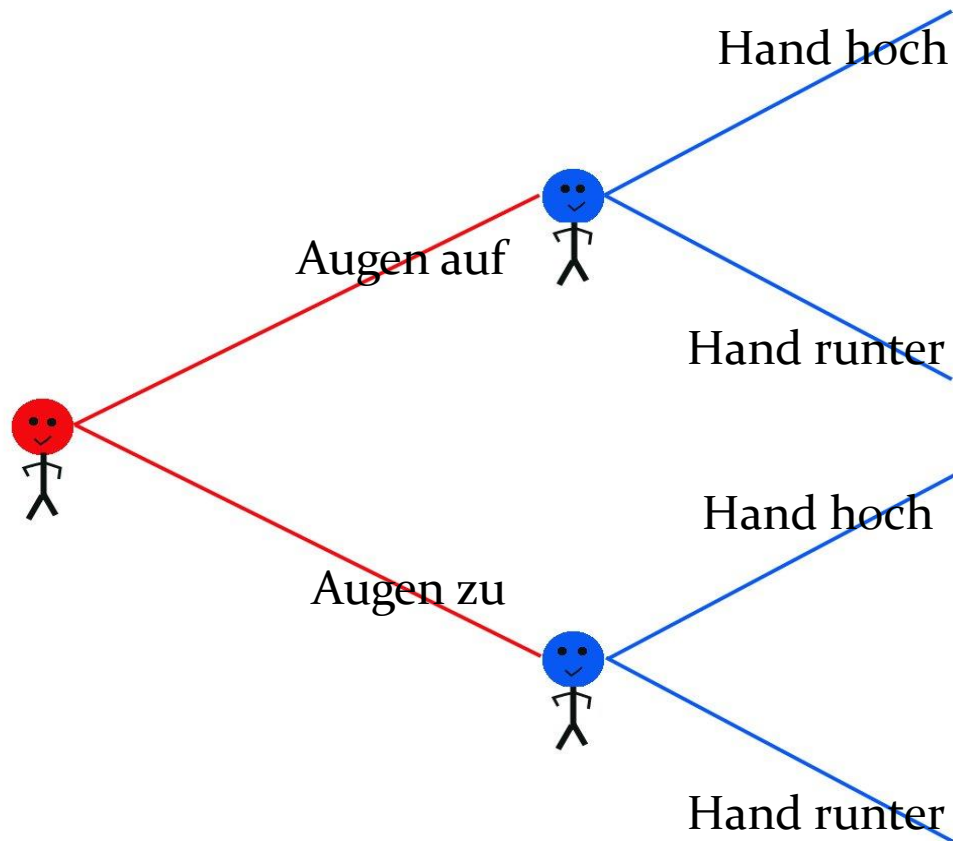
Auszahlungsmatrix der Spieler A und B:

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

Die nebenstehende Abbildung zeigt den Spielbaum eines simultanen (2 Personen)-(2 Strategien) Spiels. Die ovale, türkisene 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  $\Gamma$  :

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

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 :

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

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

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

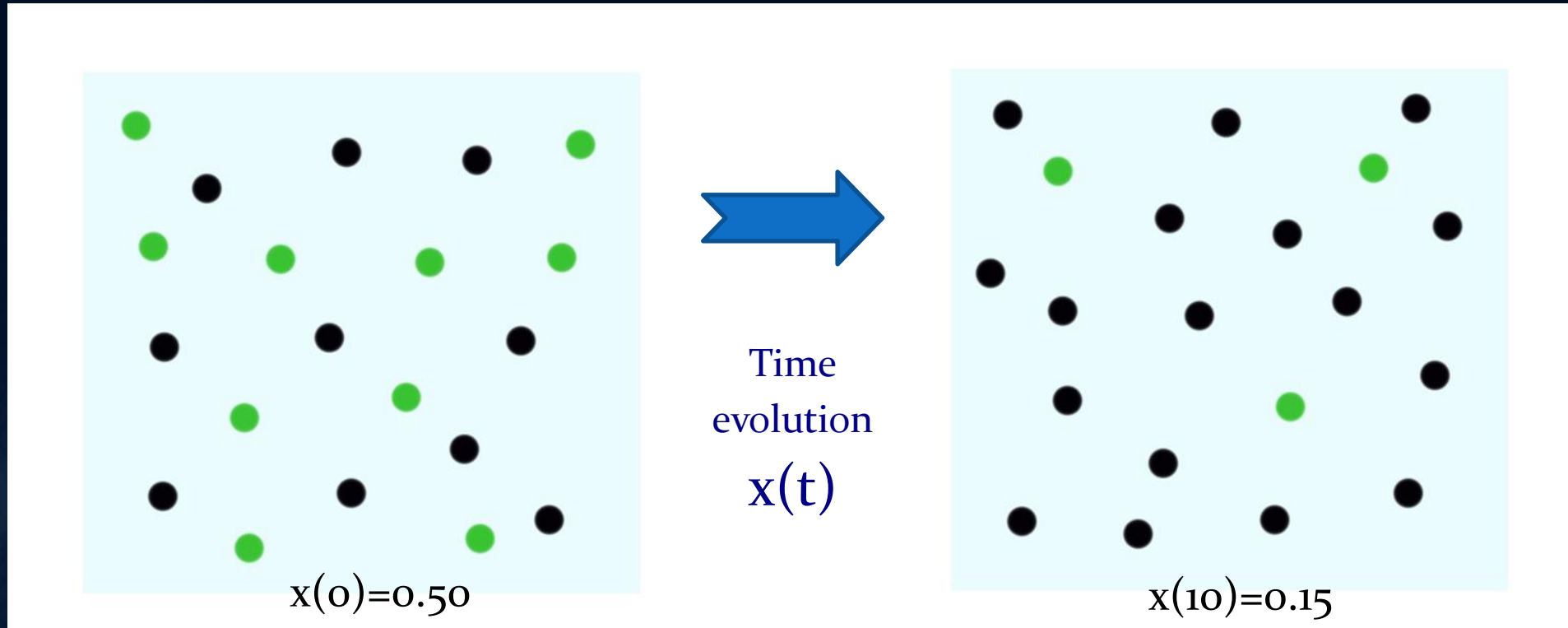
$\$^1(\text{Augen zu, Hand hoch}) = 0$

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

Auszahlungsfunktion des 2. Spielers wie 1.

# Evolutionäre Spieltheorie

Evolutionary game theory describes the dynamical evolution of the strategic behavior of an entire population of players.

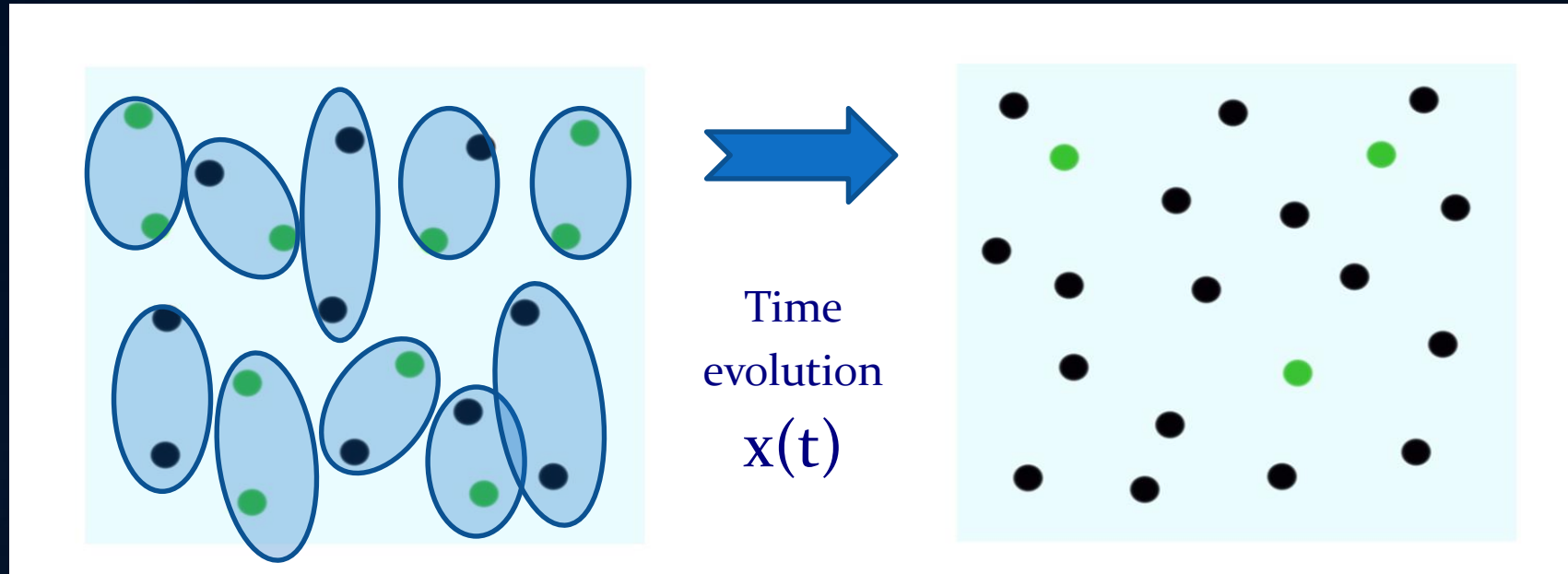


Strategien der Spieler: (Grün , Schwarz)

$x(t)$  : Anteil der Spieler die die Strategie „Grün“ zur Zeit  $t$  spielen.

# Evolutionäre Spieltheorie

The individual actors within the considered population play a continuous repetition of the game with each other.



In each time step, two players meet randomly to play the game, they receive their payoffs and then move to the next game partner to play the same game in the next time step.



# 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  $\Gamma$  :

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

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

Strategienmenge des 1-ten Spielers (Alice):

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

Strategienmenge des 2-ten Spielers :

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

Auszahlungsfunktion des 1. und 2. Spielers :

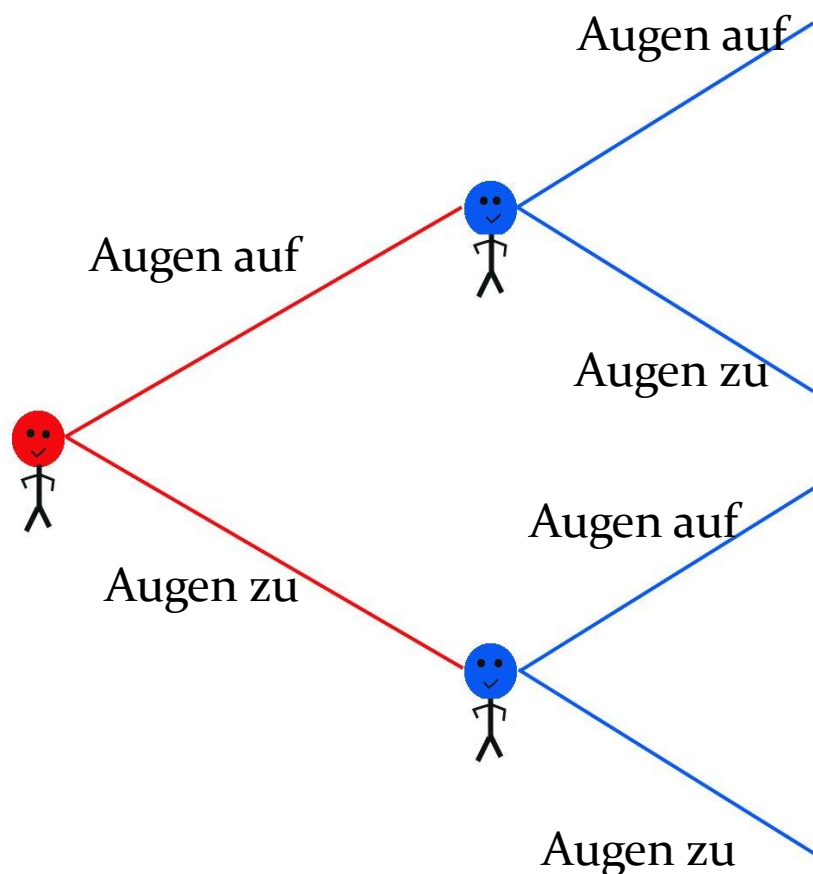
$$\$^1 : S^1 \times S^2 \rightarrow \mathbb{R} \text{ und } \$^2 : S^1 \times S^2 \rightarrow \mathbb{R} \text{ mit}$$

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

$$\$^1(Aa, Az) = 2 \quad \text{und} \quad \$^2(Aa, Az) = -1$$

$$\$^1(Az, Aa) = -1 \quad \text{und} \quad \$^2(Az, Aa) = 2$$

$$\$^1(Az, Az) = 1 \quad \text{und} \quad \$^2(Az, Az) = 1$$



# Wir spielen ein Spiel

Nehmen Sie bitte irgendeinen kleinen Gegenstand, der gut in Ihre geschlossene Hand passt (ohne das 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 das 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 Kammera 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)

# Wir spielen ein Spiel (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	$(-1, 2)$	$(1, 1)$

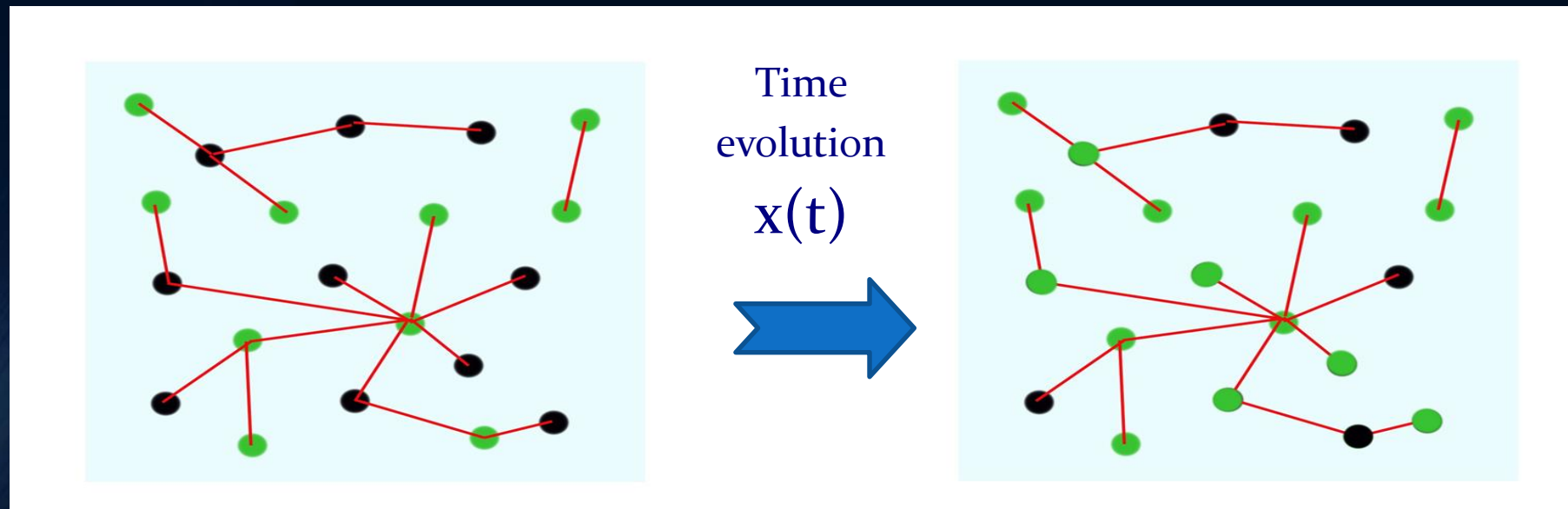


## Wir spielen ein Spiel (Spiel 2)

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)	(5, 5)

# Komplexe Netzwerke (Teil II)

In reality, the connections between the actors of biological and socio-economic systems often show non-trivial topological features. The population of the system can have group dependent sub-structures, clustering properties and the topology of underlying complex network can show simple random, small world or scale free properties. Such network properties are not implemented within classical evolutionary game theory.



Strategies of each node (of each player): (green , black)

$x(t)$  : Fraction of player with strategy „green“ as a function of time  $t$

**Red lines** indicate the connections to potential game partners

# 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



# Evolutionary Game Theory Applications

## 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 1<sup>st</sup> 2011

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

Deadline: December 1<sup>st</sup> 2011

## CONTACT

Prof. Dr. Dirk Helbing, Dr. Jörg Reichardt and Dr. Tobias Preis,  
Chairmen of the Physics of Socio-Economic Systems Division ( $\Phi$ -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

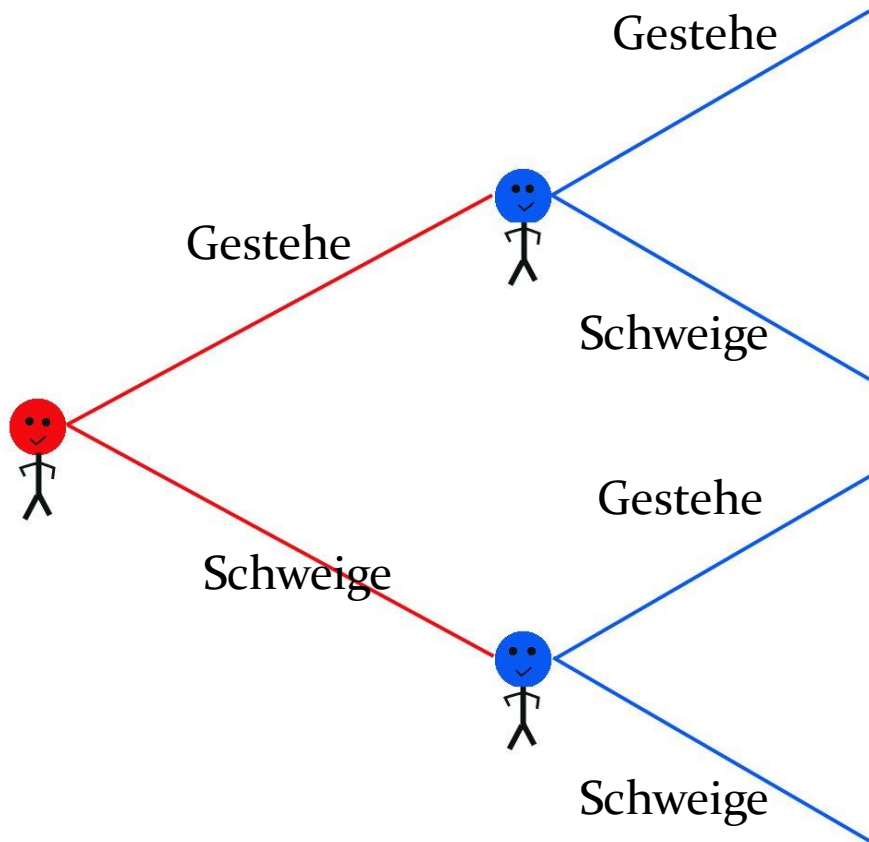
## Focus Session: Science of Science

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



# 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	$(-9, -1)$	$(-3, -3)$



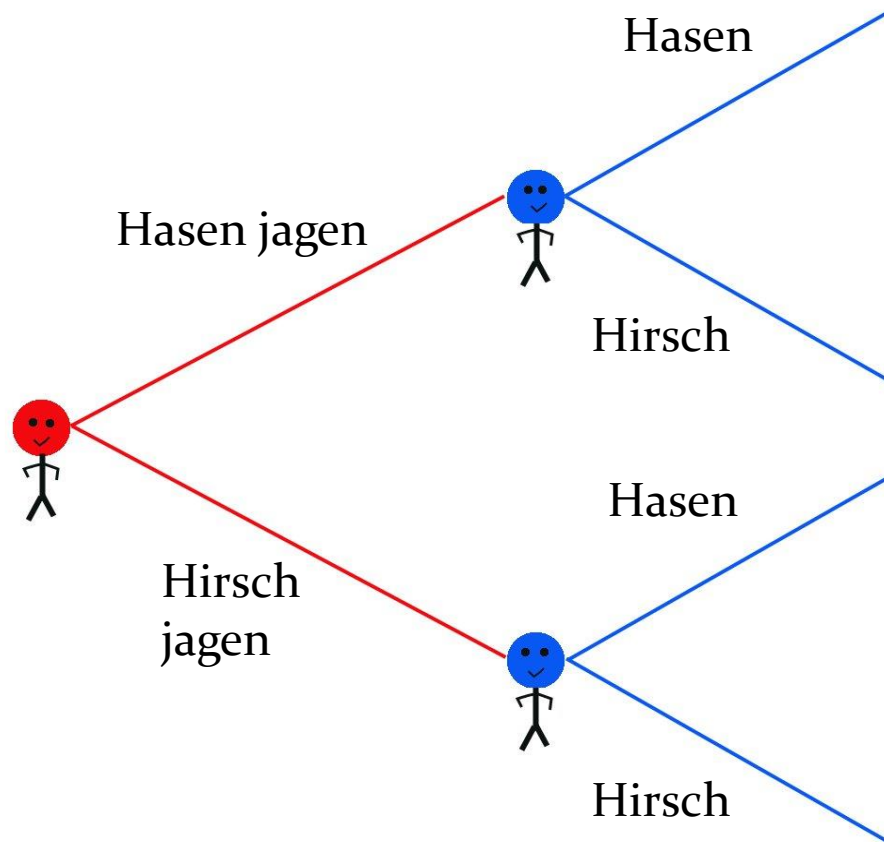
# Das Nash-Gleichgewicht im Gefangenendilemma ist eine Dominante Strategie

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

The diagram illustrates the Prisoner's Dilemma payoff matrix. The top row shows Player A's strategy 'Gestehe' (Confess) and the bottom row shows 'Gestehe nicht' (Do not confess). The left column shows Player B's strategy 'Gestehe' and the right column shows 'Gestehe nicht'. The payoffs are: (Gestehe, Gestehe) = (-7, -7); (Gestehe, Gestehe nicht) = (-1, -9); (Gestehe nicht, Gestehe) = (-9, -1); (Gestehe nicht, Gestehe nicht) = (-3, -3). Red arrows indicate that for Player A, confessing is a dominant strategy because  $-1 > -7$  and  $-3 > -9$ . Blue arrows indicate that for Player B, confessing is a dominant strategy because  $-7 > -1$  and  $-9 > -3$ . The intersection of dominant strategies is the Nash equilibrium at (-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.

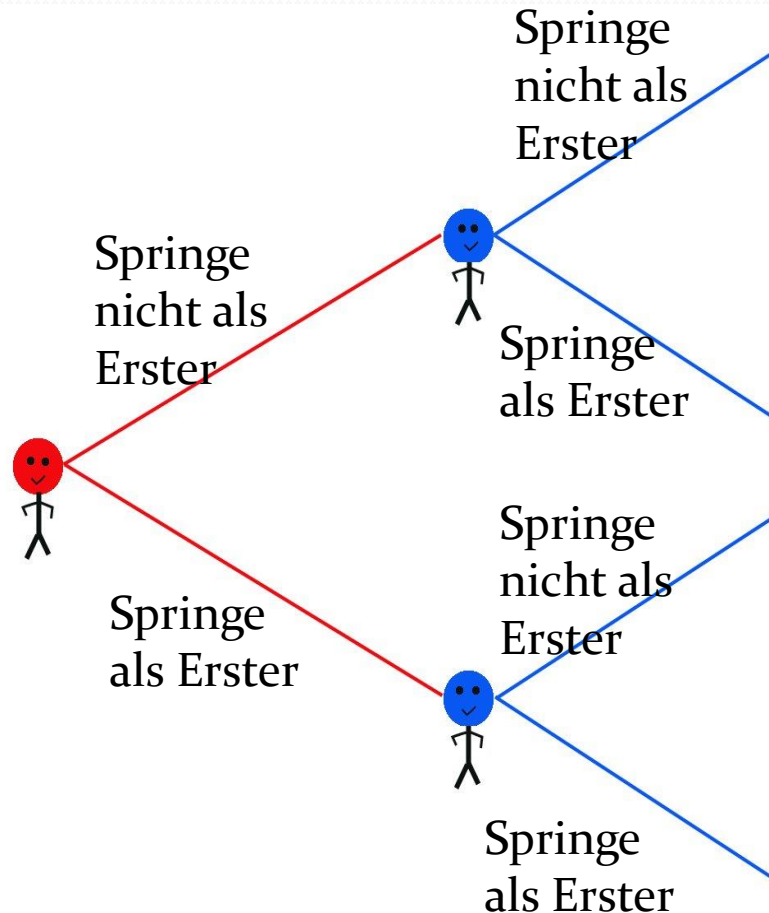
# Nash-Gleichgewichte im Hirschjagd-Spiel

	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  $\Gamma$  :

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

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 :

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

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

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

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

...

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