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

1. Vorlesung

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

Plan für die heutige Vorlesung

- Festlegung der Übungsgruppentermine
- Internetseite der Vorlesung
- Lernplatformen 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
  - Strategienmenge 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/~hanauske/VPSOC/ bzw.
  http://th.physik.uni-frankfurt.de/~hanauske/ VPSOC / VPSOC2021.html

- Übungsaufgaben auf der Online-Lernplatform Lon Capa:
  http://lon-capa.server.uni-frankfurt.de/

- Weitere Materialien auf der Online-Lernplatform 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-Lernplatform OLAT
- Online-Lernplatform 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!

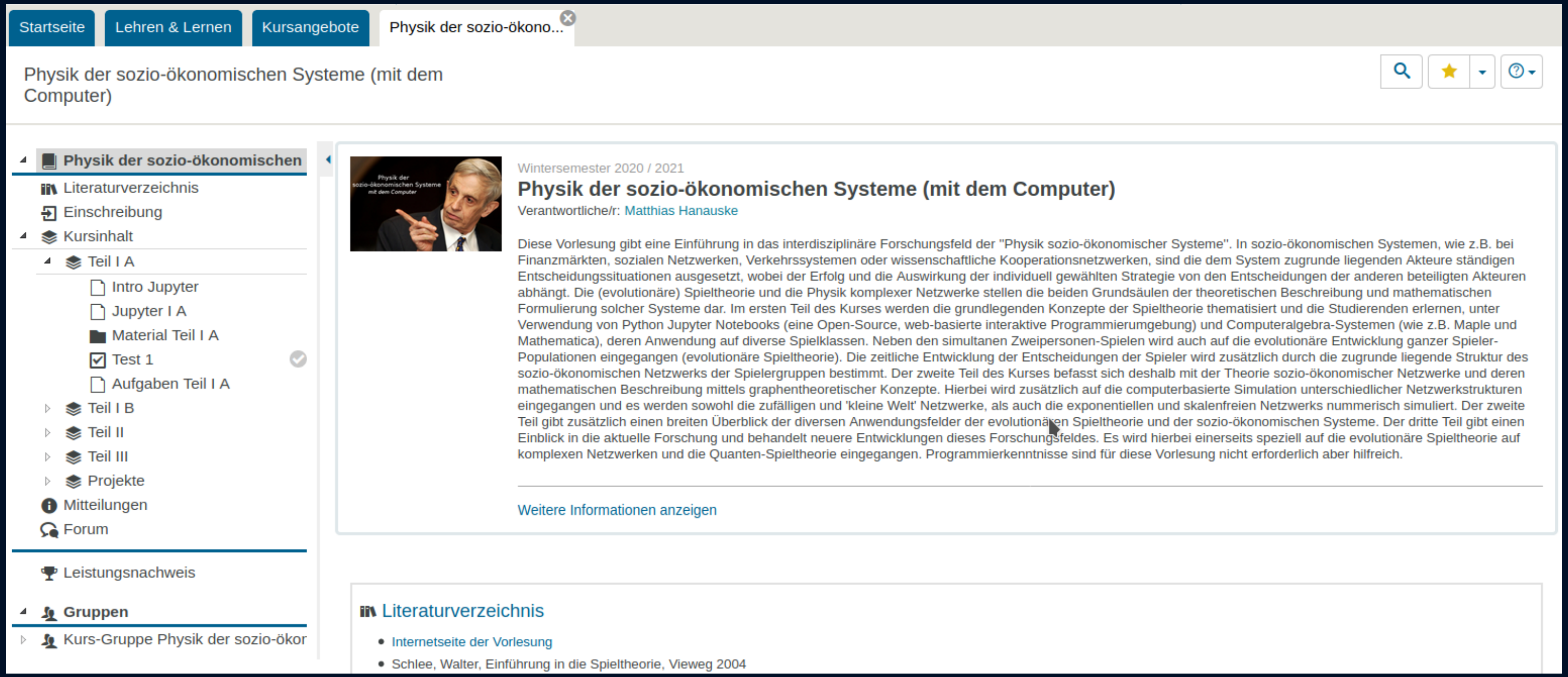
Diese Internetseite fasst die Online-Angebote der Vorlesung *Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer* zusammen. Auf der linken Seite finden Sie die einzelnen Vorlesungspräsentationen (pdf-Dateien), Computerprogramme und weiterführende Links. Die Vorlesungstermine (Zoom Meetings, synchrones 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

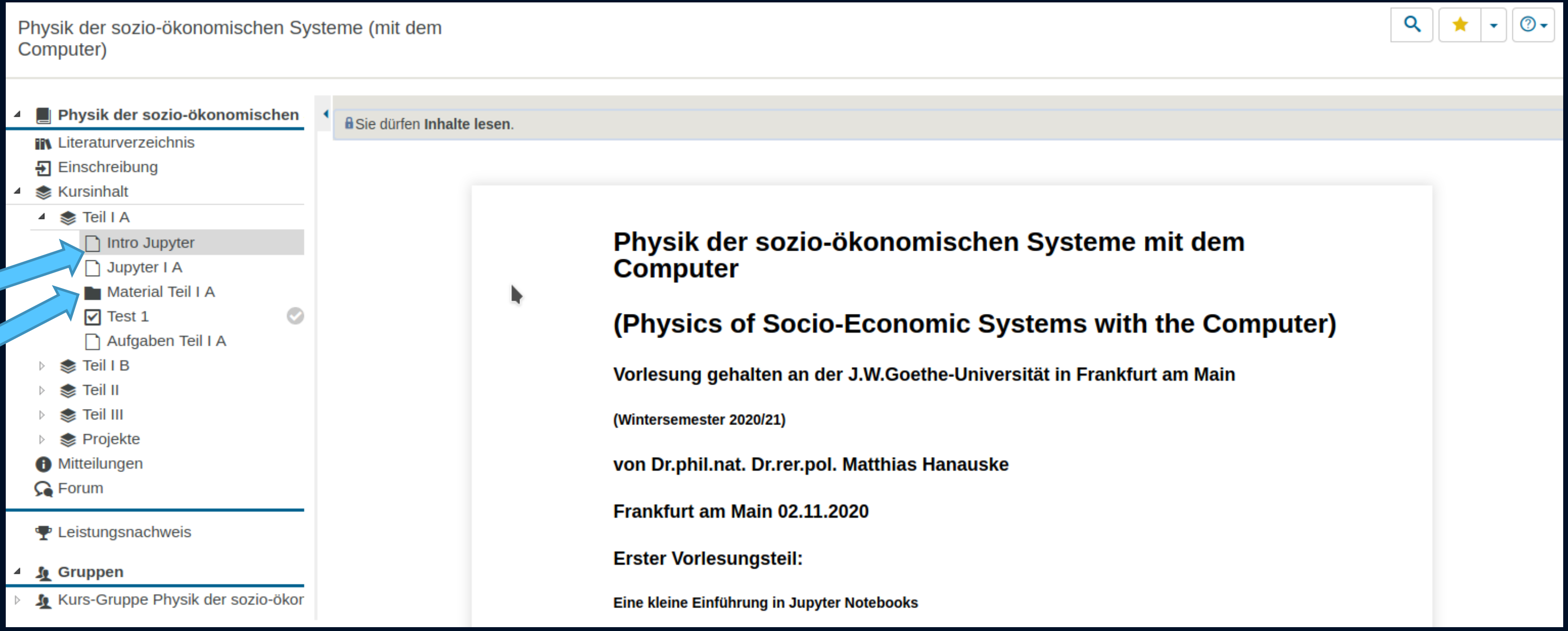
- Schlee, Walter, Einführung in die Spieltheorie, Vieweg 2004
- Hofbauer, Josef, and Karl Sigmund. Evolutionary games and population dynamics. Cambridge university press, 1998
- Martin A. Nowak, Evolutionary Dynamics - Exploring the Equations of Life, 2006
- Albert-Laszlo Barabasi, Network science, Cambridge 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)

Die OLAT Seite

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



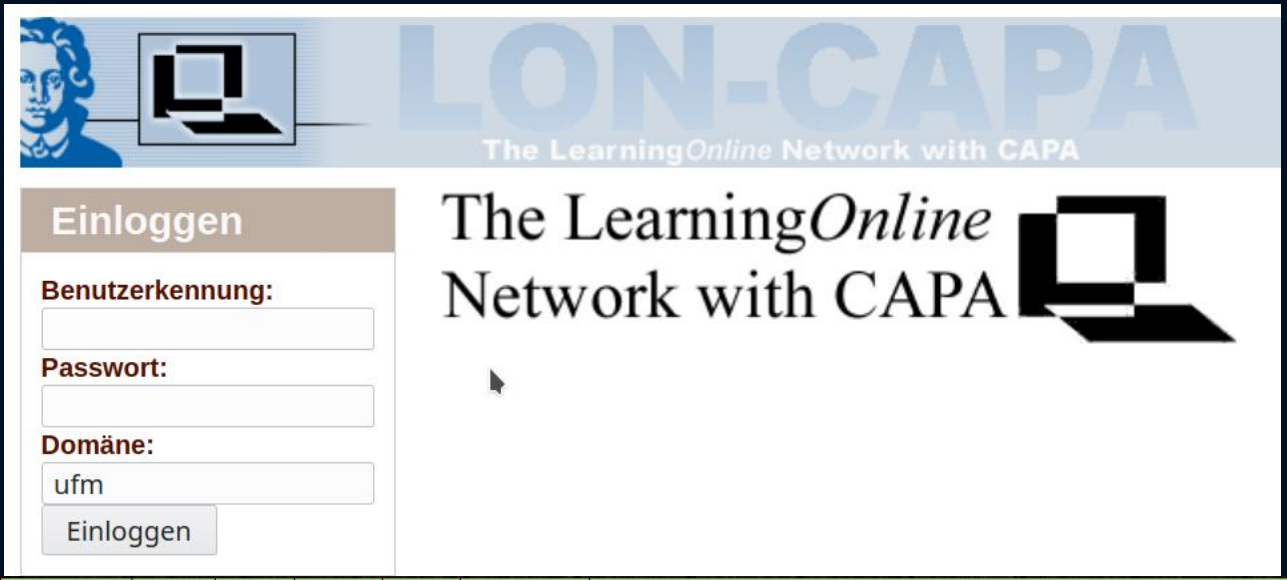
Auf der OLAT Seite des Kurses finden Sie die Jupyter Notebooks zum Ansehen und zum herunterladen

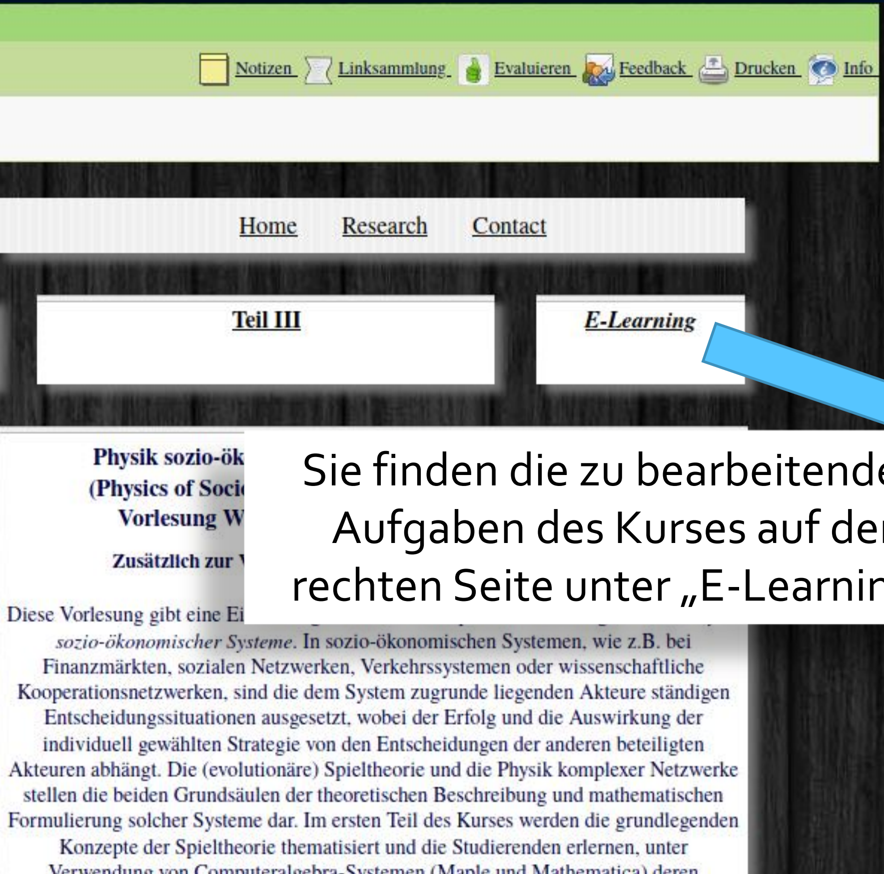


Die LON-CAPA Seite

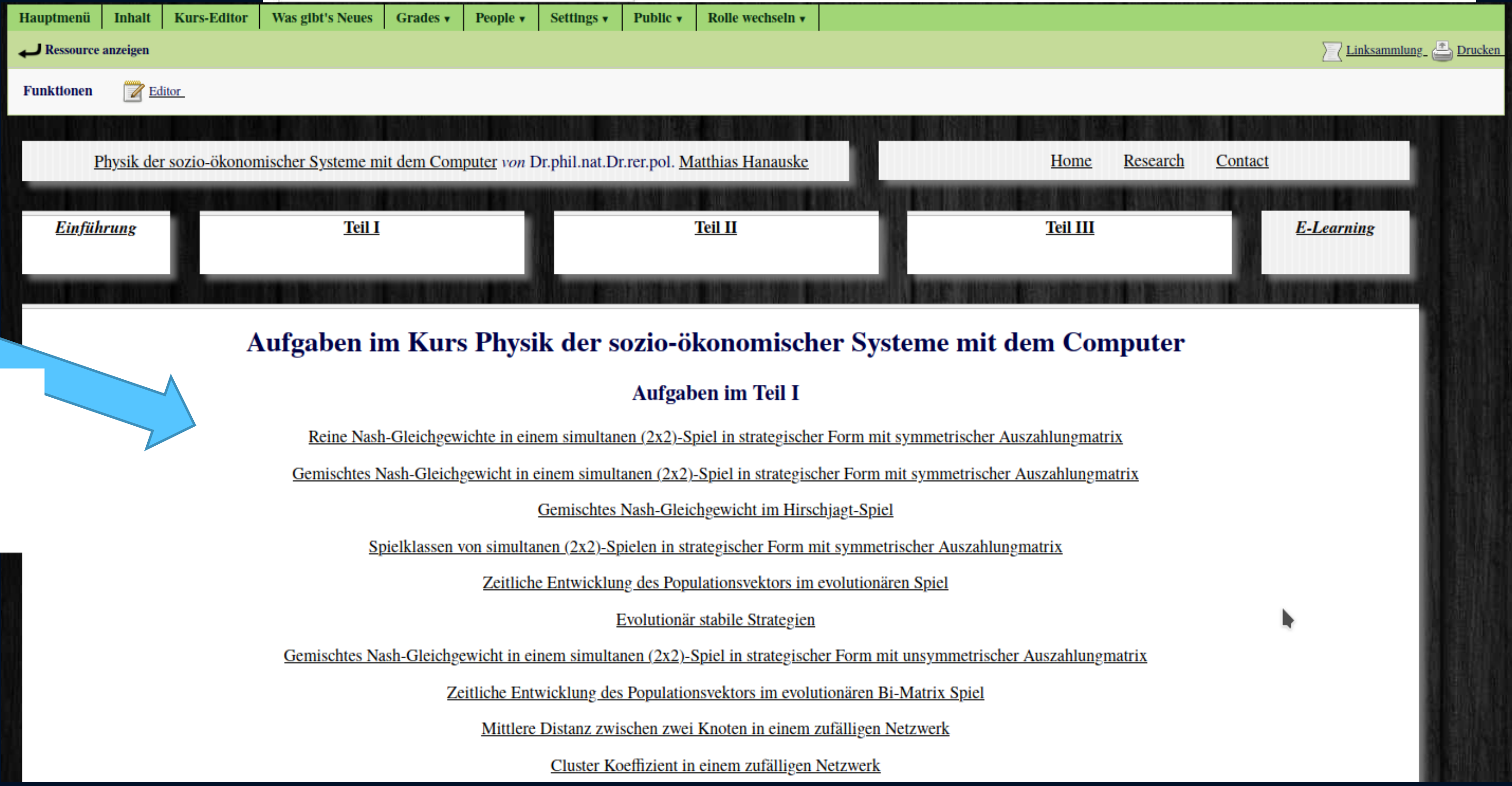
http://lon-capa.server.uni-frankfurt.de/

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“



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....

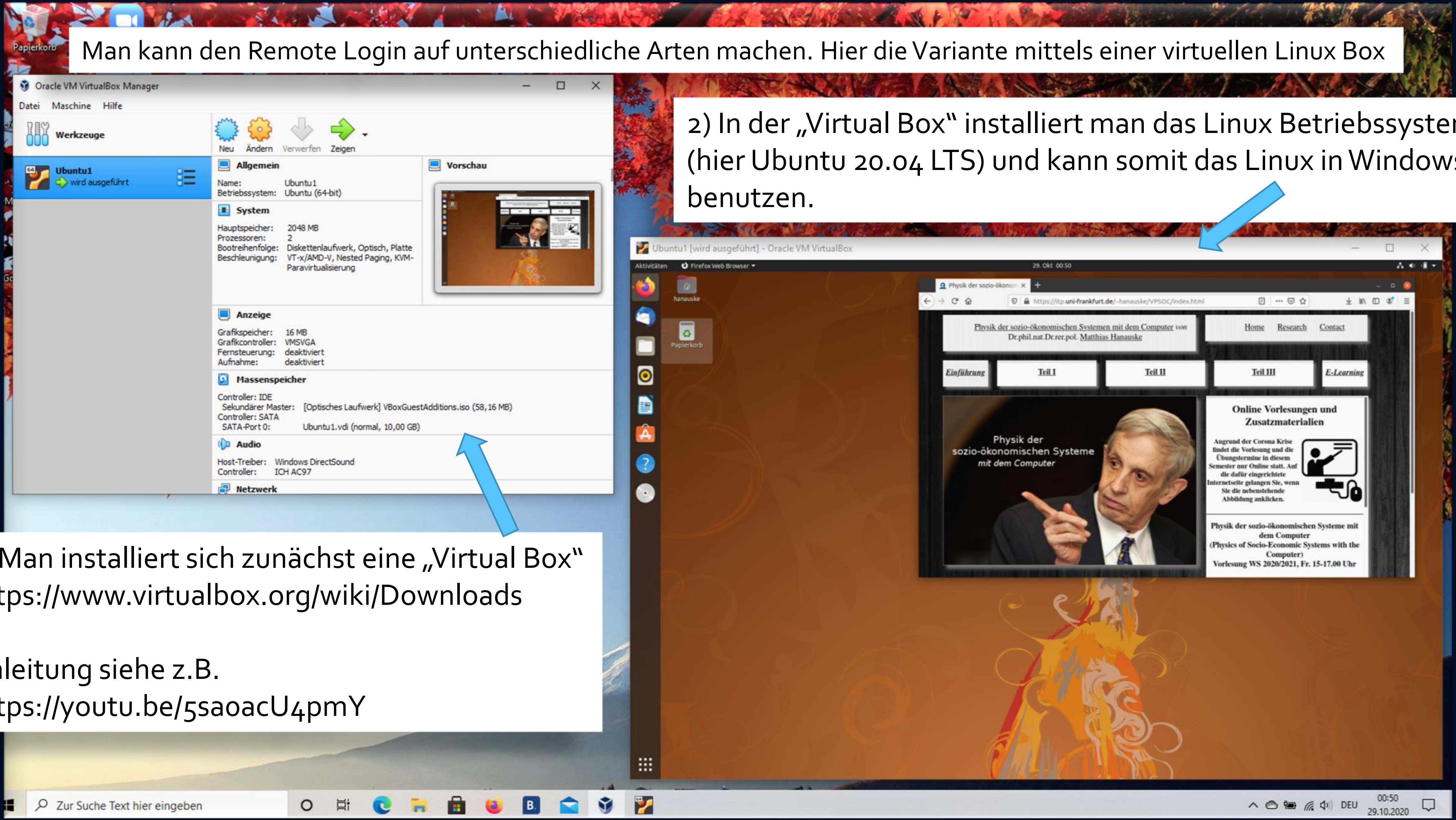
Der Account für die Rechner des ITP wird Ihnen dann per E-Mail gesendet, falls nicht, dann melden Sie sich bitte. Mittels eines *Remote Login* können Sie sich durch einen Fernzugriff auf den Desktop des Servers des ITP verbinden und Anwendungsprogramme (z.B. Maple oder Mathematica) oder Simulationsprogramme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



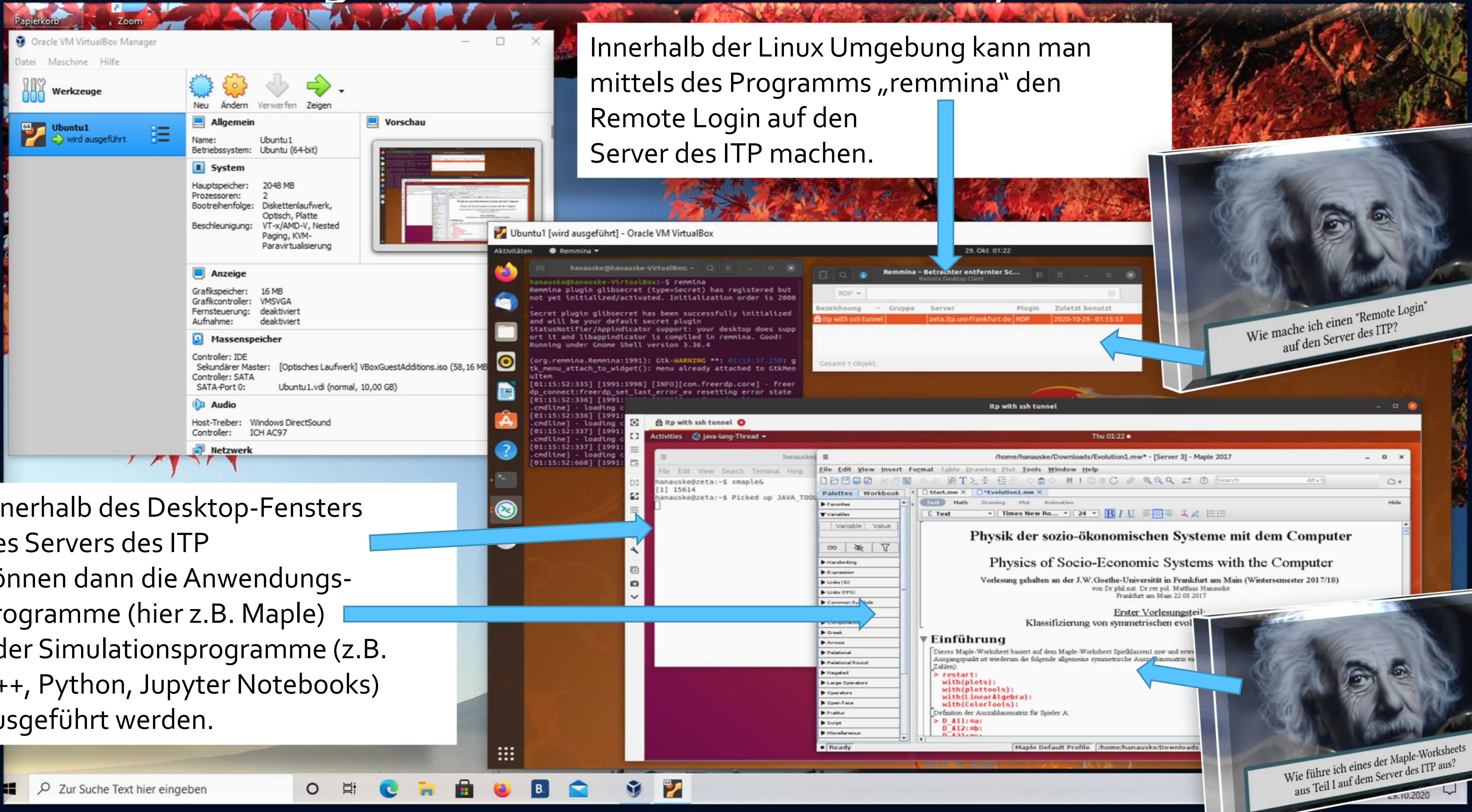
2) In der „Virtual Box“ installiert man das Linux Betriebssystem (hier Ubuntu 20.04 LTS) und kann somit das Linux in Windows benutzen.

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.

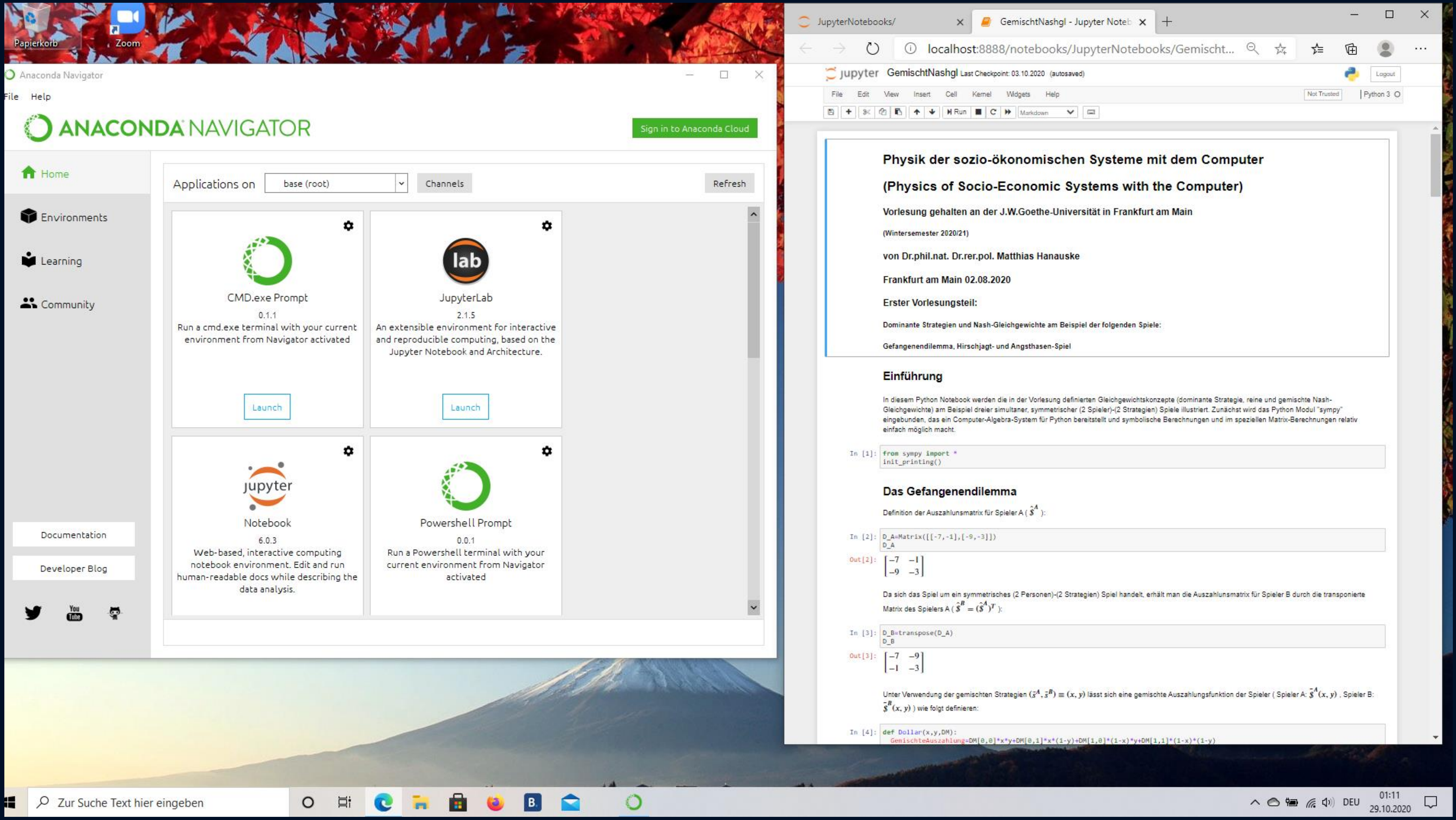


Innerhalb des Desktop-Fensters des Servers des ITP können dann die Anwendungs-programme (hier z.B. Maple) oder Simulationsprogramme (z.B. C++, Python, Jupyter Notebooks) ausgeführt werden.

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".

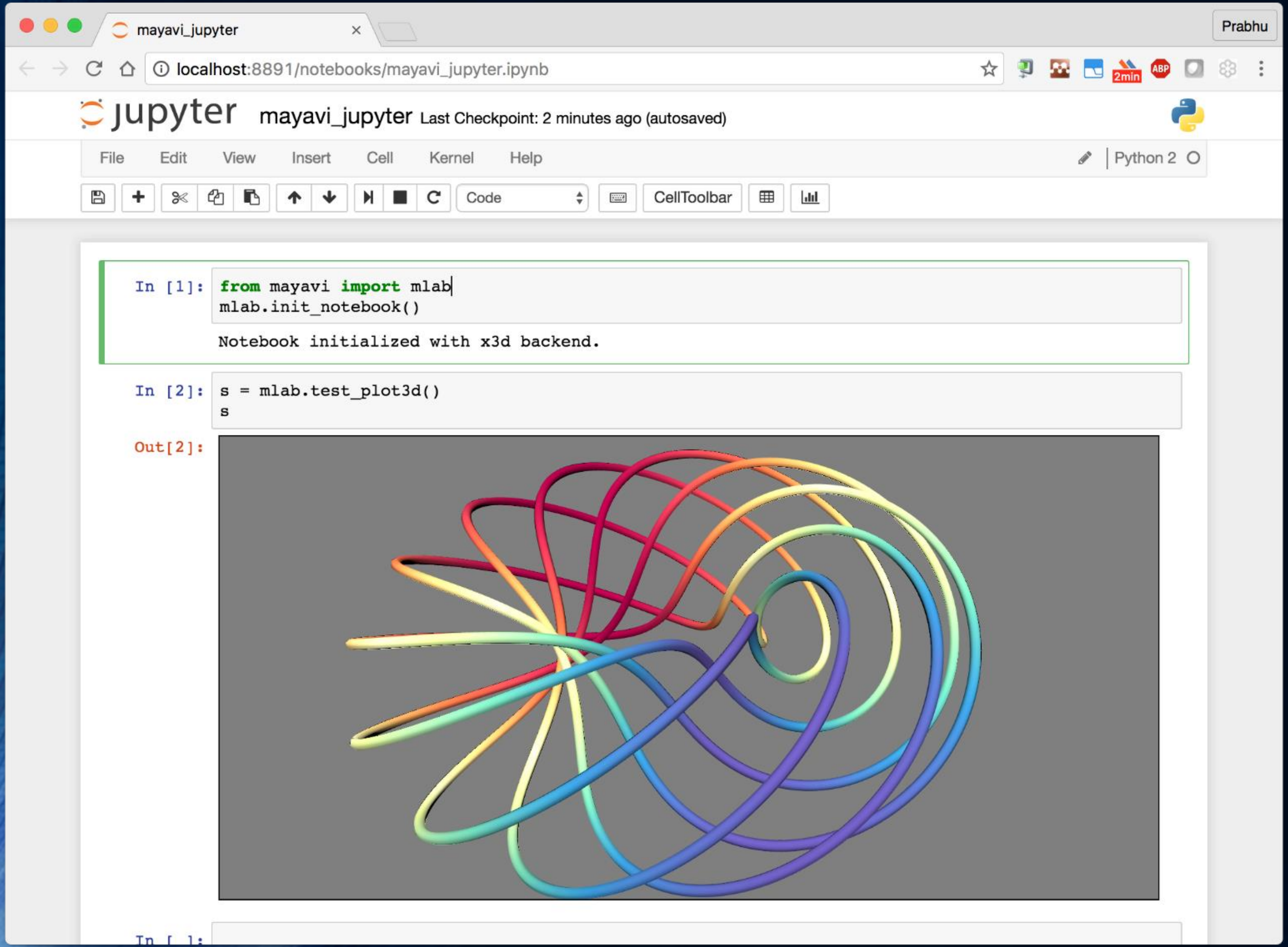
Unter Windows kann man Jupyter recht einfach mittel Anaconda installieren

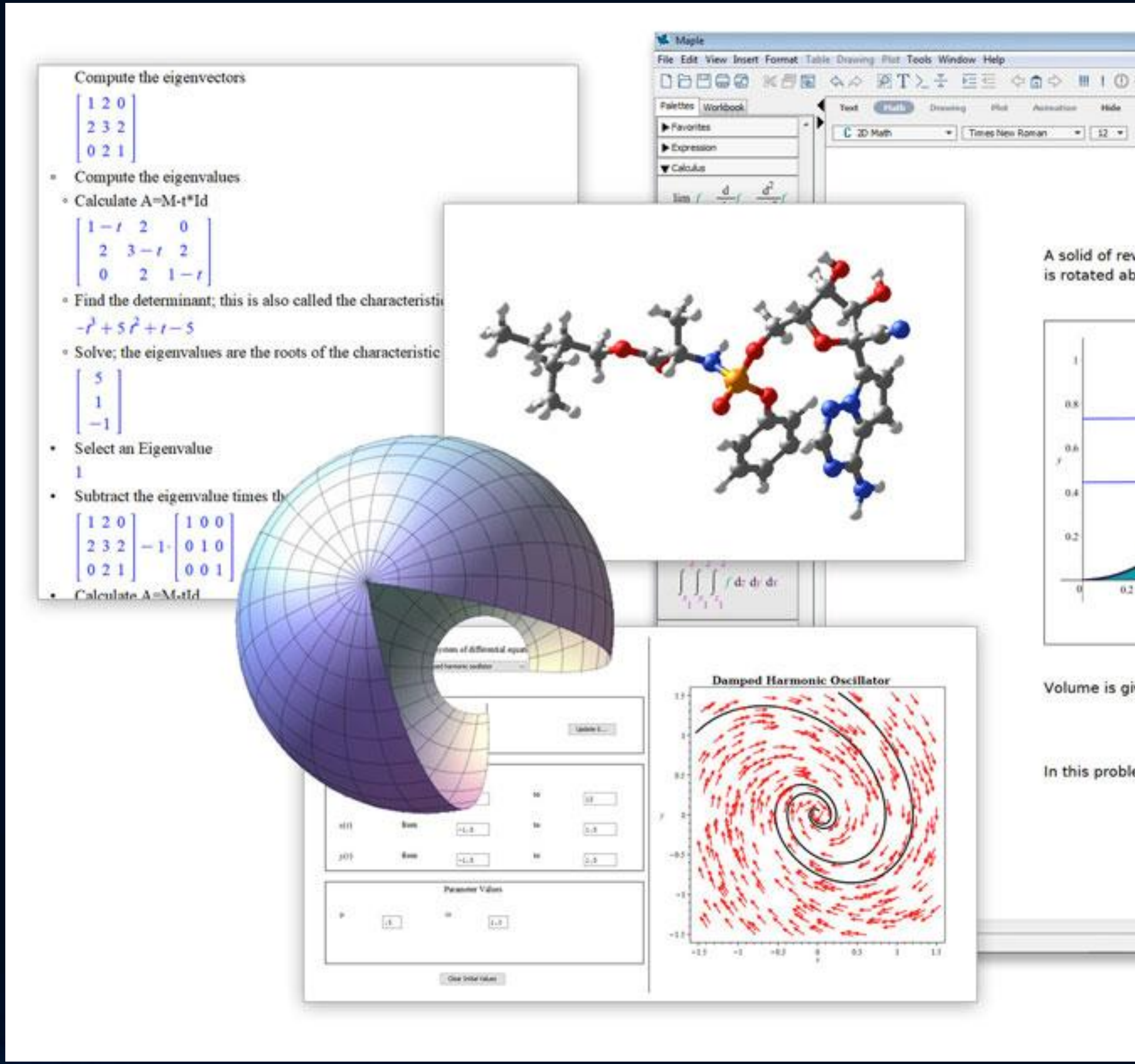


Kurze Einführung in

Maple Worksheets

Jupyter Notebooks





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 Wirtschaftwissenschaftler 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)

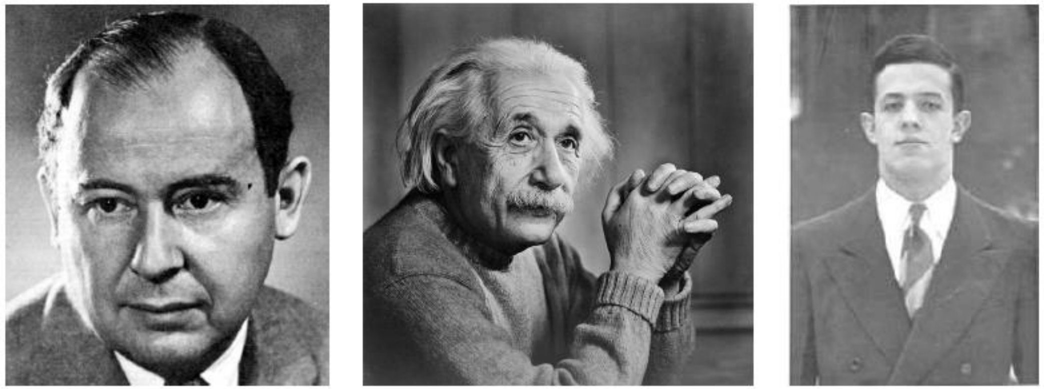


Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

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)

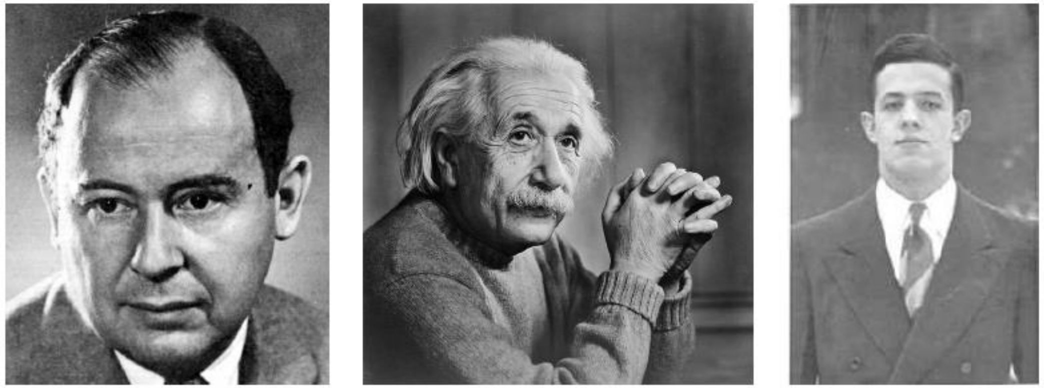


Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

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)

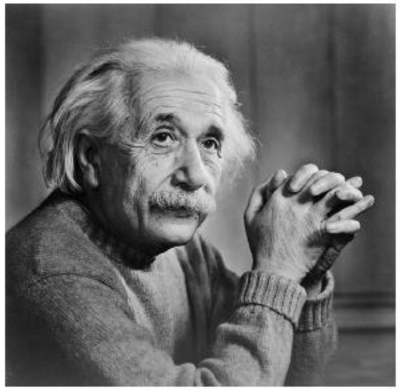




Figure: Johann von Neumann, Albert Einstein und John Forbes Nash Jr.

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

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-Lernplatform OLAT
- Online-Lernplatform 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: $\mathcal{I} = \{1, 2, \ldots, N\}$
  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: $\mathcal{S} = \mathcal{S}^1 \times \mathcal{S}^2 \times \ldots \times \mathcal{S}^N$
  Jeder Spieler $\mu \in \mathcal{I}$ besitzt eine eigene Menge an reinen Strategien $\mathcal{S}^\mu = \left\{s_1^\mu, s_2^\mu, \ldots, s_{m_\mu}^\mu\right\}$, wobei jede dieser m_μ Strategien eine für ihn mögliche Entscheidung darstellt.
- Präferenzordnungen der Spieler, quantifiziert durch eine vektorwertige Auszahlungsfunktion:
  $\$ = \left(\$^1, \$^2, \ldots, \$^N\right) : \mathcal{S} \to \mathbb{R}^N$
  Nachdem jeder Spieler (ohne die Entscheidung seiner Mitspieler zu kennen) eine Strategie aus seiner Strategienmenge $\mathcal{S}^\mu$ 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

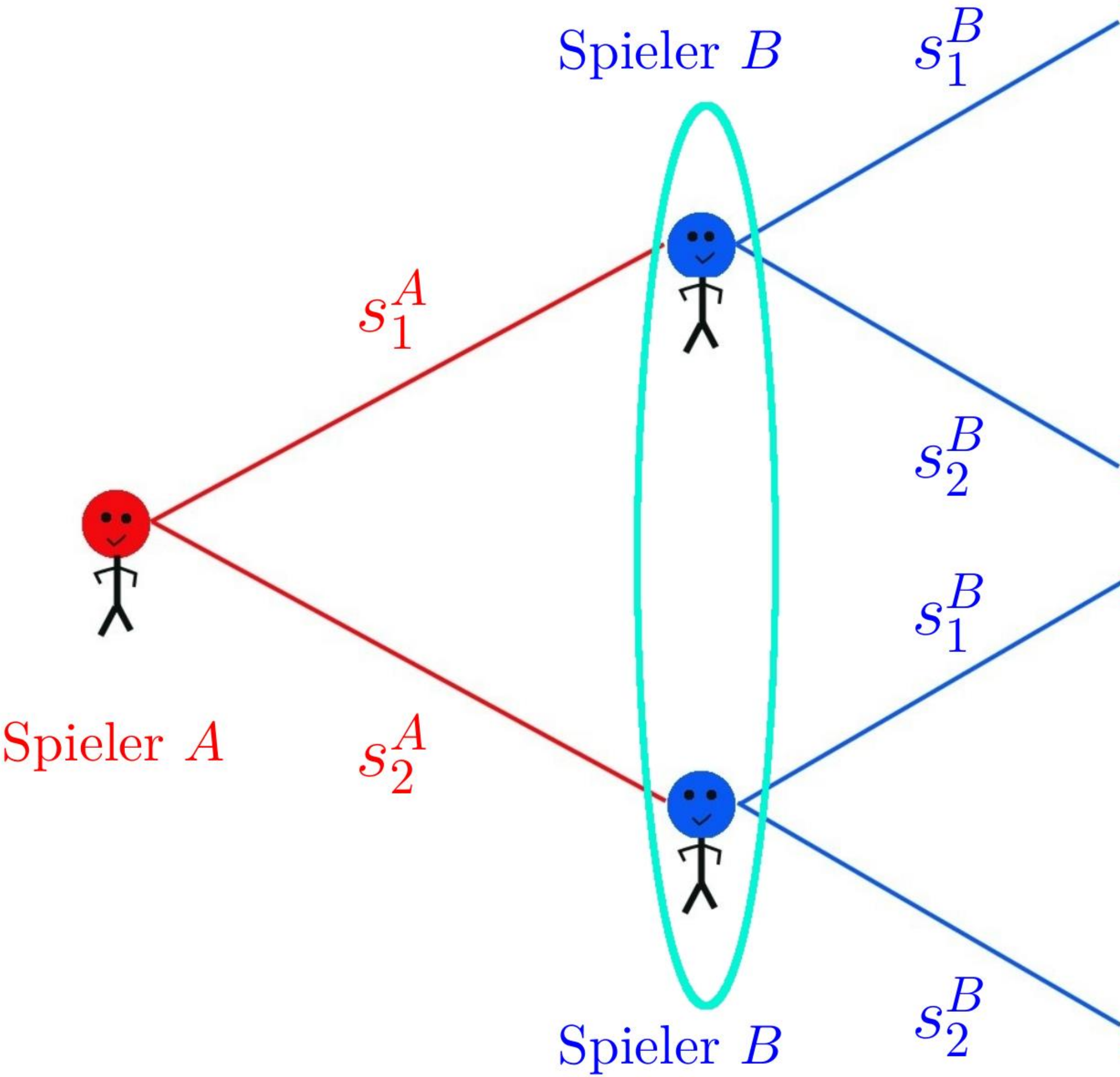
Definition des Spiels:

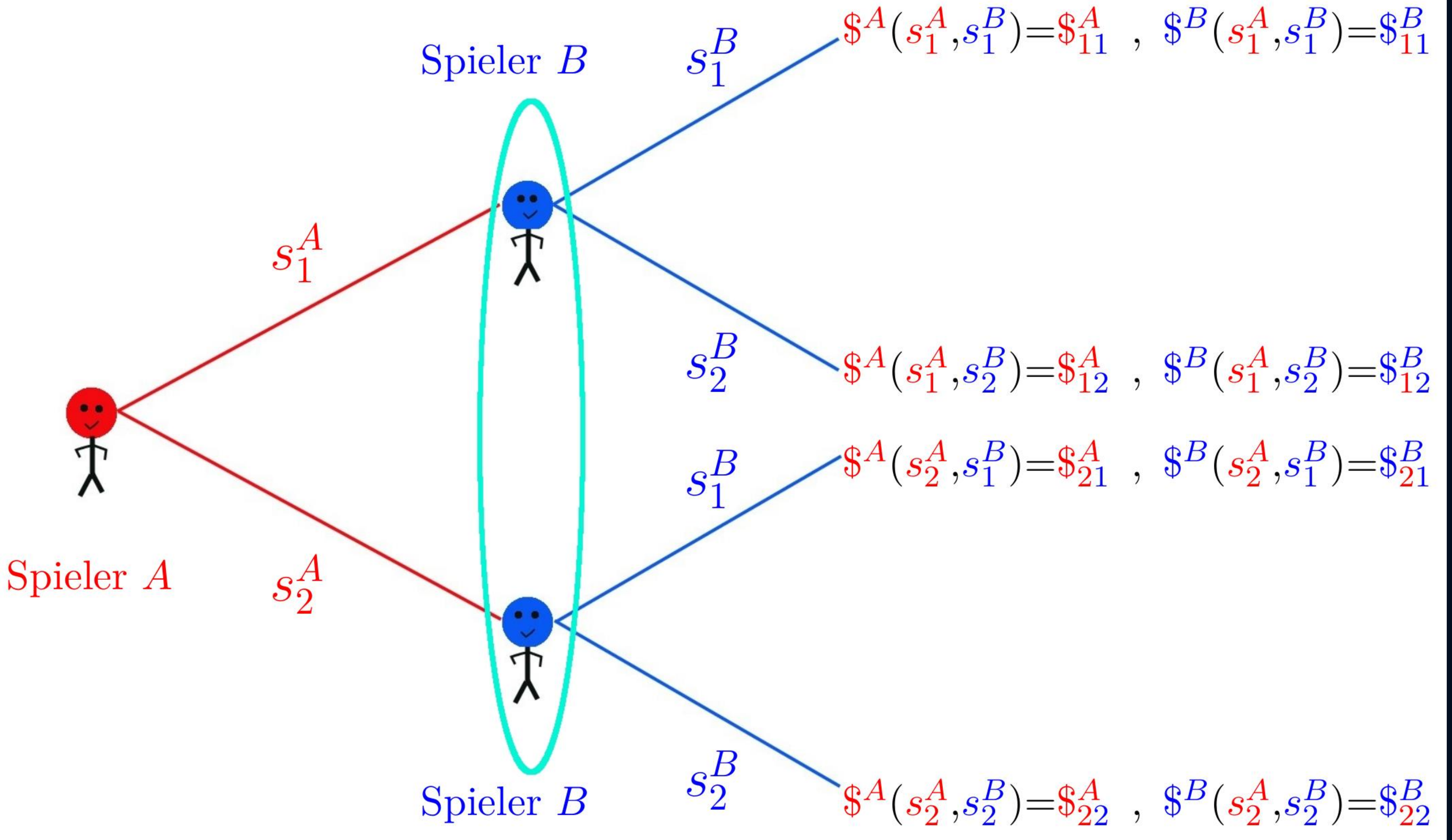
Menge der Spieler: A und B

Menge der Strategien: 1 und 2

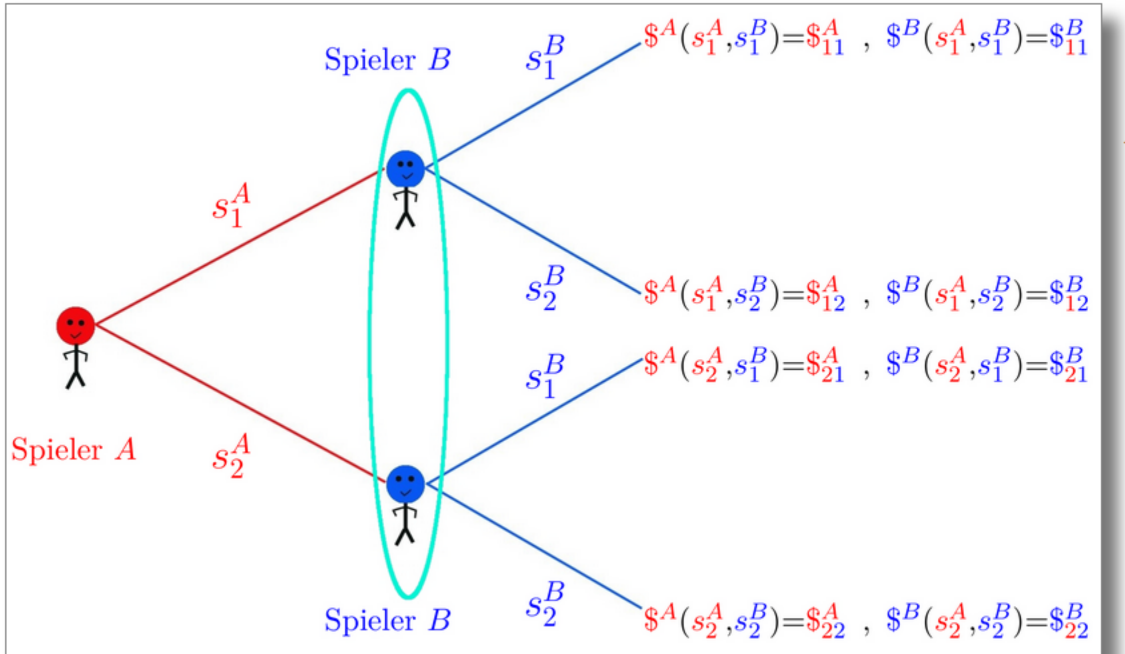
Auszahlungstabelle:

	Spieler B wählt Strategie 1	Spieler B wählt Strategie 2
Spieler A wählt Strategie 1	$(\$^A_{11}, \$^B_{11})$	$(\$^A_{12}, \$^B_{12})$
Spieler A wählt Strategie 2	$(\$^A_{21}, \$^B_{21})$	$(\$^A_{22}, \$^B_{22})$





Spieler B
s_1^B
$\$^A(s_1^A,s_1^B)=\$_{11}^A$, $\$^B(s_1^A,s_1^B)=\$_{11}^B$
s_1^A
s_2^B
$\$^A(s_1^A,s_2^B)=\$_{12}^A$, $\$^B(s_1^A,s_2^B)=\$_{12}^B$
s_1^B
$\$^A(s_2^A,s_1^B)=\$_{21}^A$, $\$^B(s_2^A,s_1^B)=\$_{21}^B$
Spieler A
s_2^A
s_2^B
Spieler B
$\$^A(s_2^A,s_2^B)=\$_{22}^A$, $\$^B(s_2^A,s_2^B)=\$_{22}^B$



Spielbaum eines (2 Personen)-(2 Strategien) Spiels mit den Auszahlungsfunktionen für Spieler A ($\$^A$) und Spieler B ($\$^B$).

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:

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

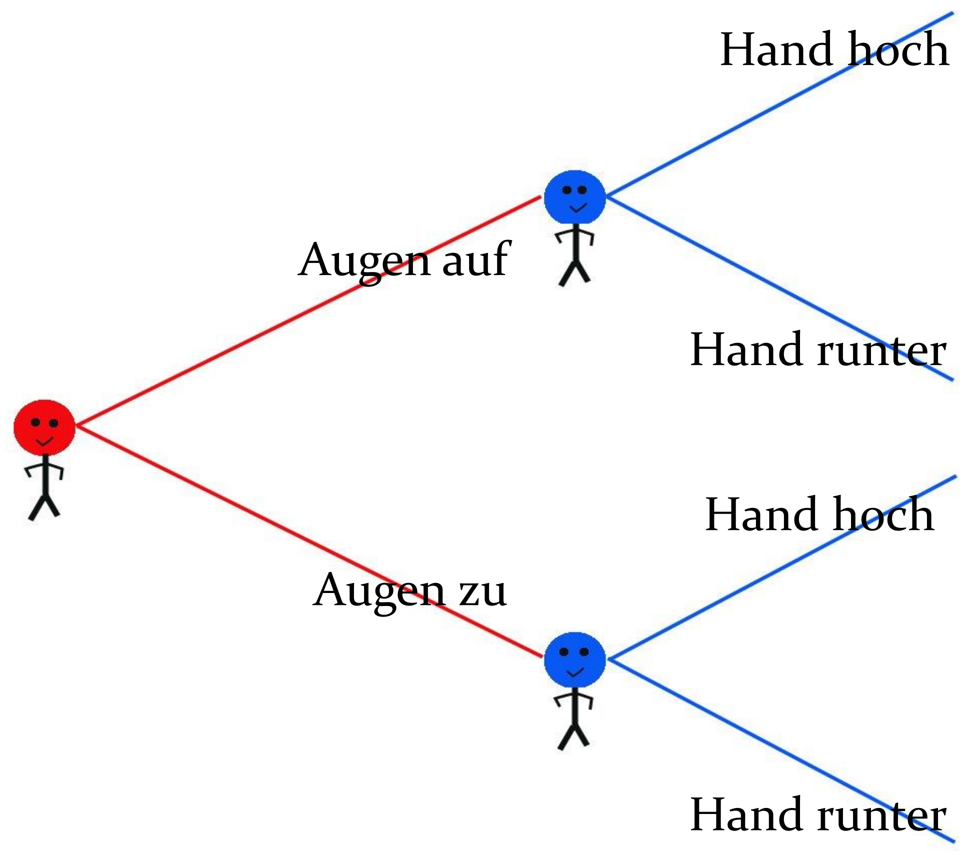
Auszahlungsmatrix der Spieler A und B:

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

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

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

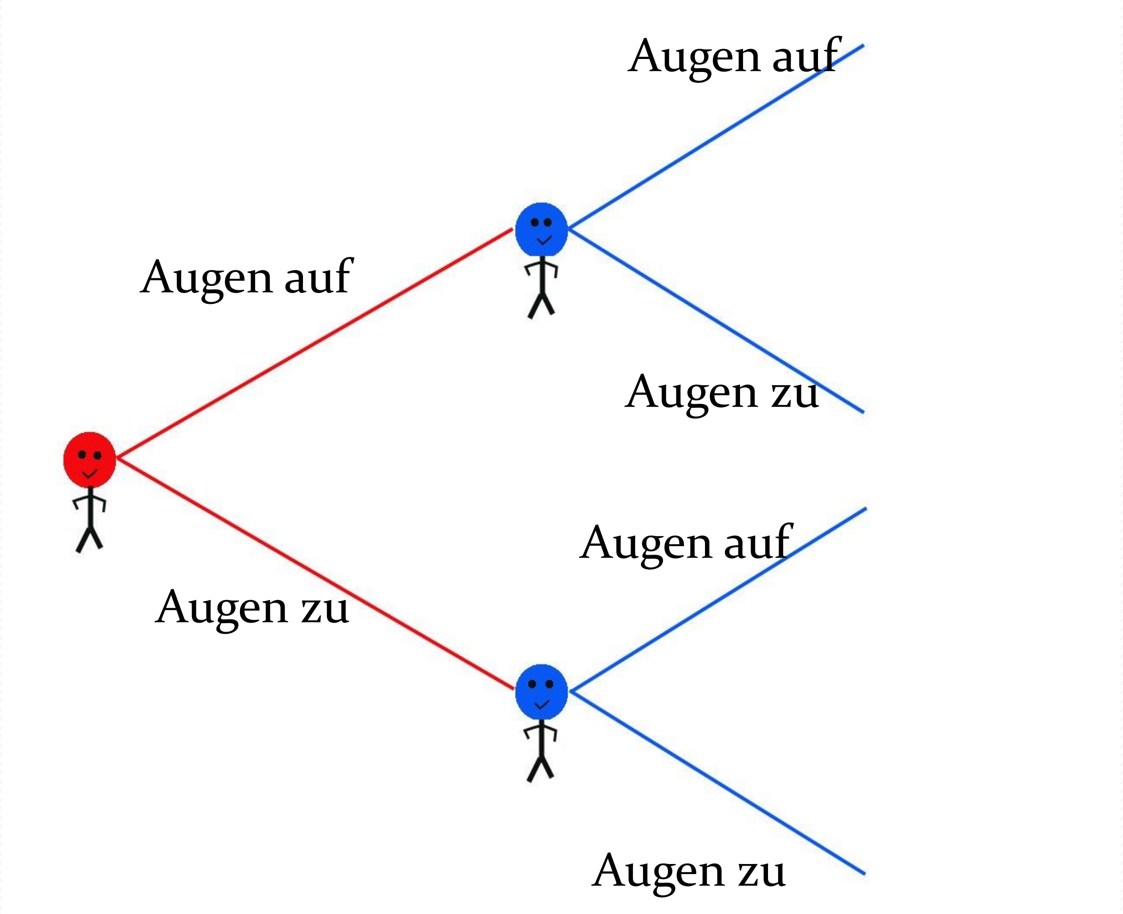


$(2 - Personen) - (2 - Strategien)$
$- \; Spiel \;\; \Gamma$:
$\Gamma := (\mathrm{A}, (\mathrm{S}^1, \mathrm{S}^2), (\$^1, \$^2))$
$Menge$ der Spieler : $\mathrm{A} = \{1,2\}$
$= \{\text{Alice, Bob}\}$
Strategienmenge des 1−ten Spielers (Alice):

$\mathrm{S}^1 = \{s_1^1, s_2^1\} = \{\text{Augen auf , Augen zu}\}$
Strategienmenge des 2−ten Spielers:
$\mathrm{S}^2 = \{s_1^2, s_2^2\} = \{\text{Hand hoch, Hand runter}\}$
Auszahlungsfunktion des 1−ten Spielers:
$\$^1\colon \; \mathrm{S}^1 \times \mathrm{S}^2 \to \Re \;\; \text{mit}$
$\$^1(\text{Augen auf, Hand hoch}) = 10$
$\$^1(\text{Augen auf, Hand runter}) = 0$
$\$^1(\text{Augen zu, Hand hoch}) = 0$
$\$^1(\text{Augen zu, Hand runter}) = 0$
Auszahlungsfunktion des 2. Spielers wie 1.

Beispiel Nr.1

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



$(2-Personen)-(2-Strategien)-Spiel \quad \Gamma:$

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

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

Strategienmenge des 1-ten Spielers (Alice):

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

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:

$\$^1 : S^1 \times S^2 \to \Re$ und $\$^2 : S^1 \times S^2 \to \Re$ mit

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

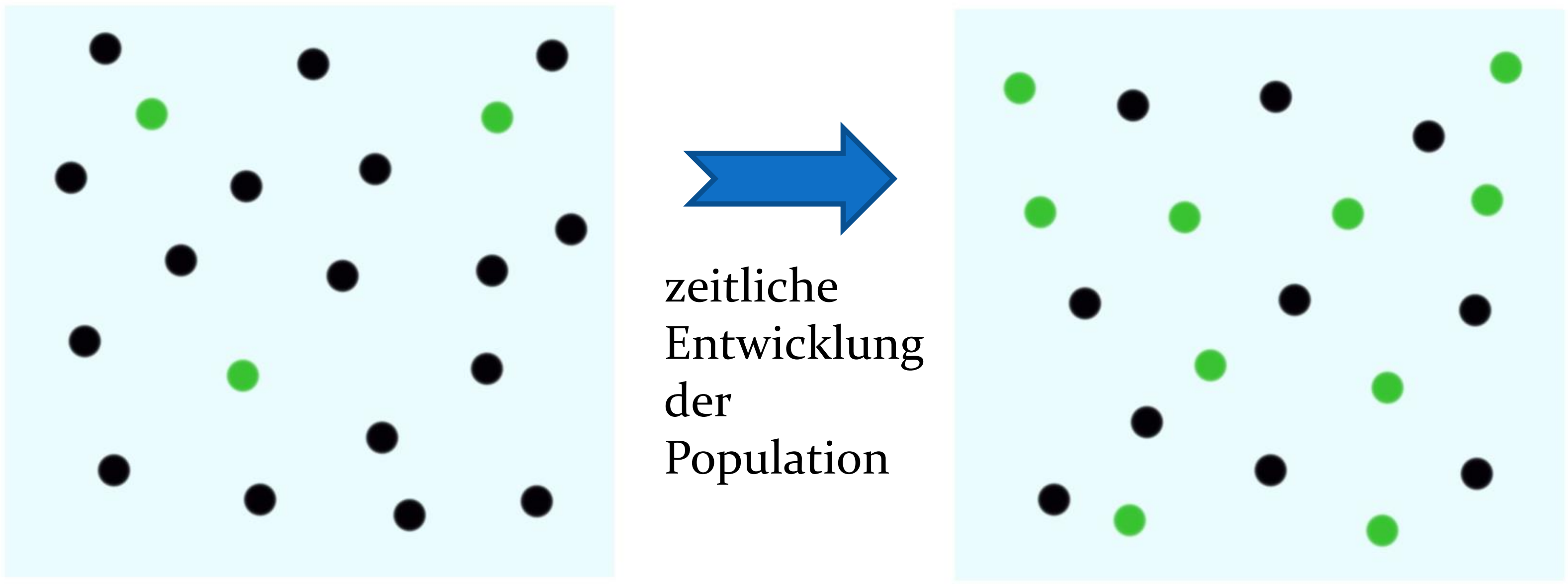
$\$^1(Aa, Az) = 2$ und $\$^2(Aa, Az) = -1$

$\$^1(Az, Aa) = -1$ 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.

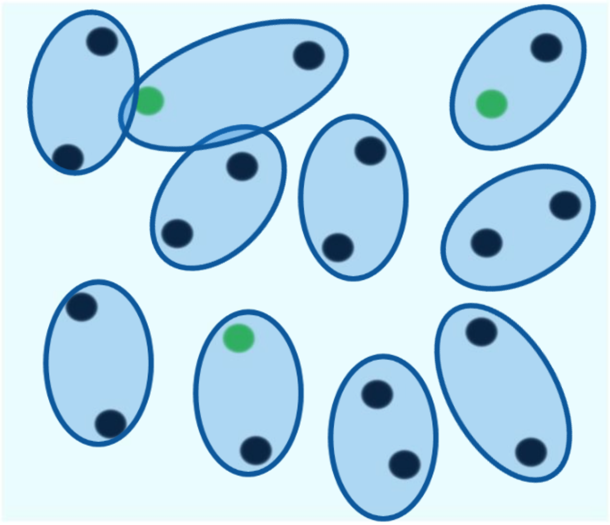


$x(0)=0.15$ $\qquad$ $x(10)=0.5$

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

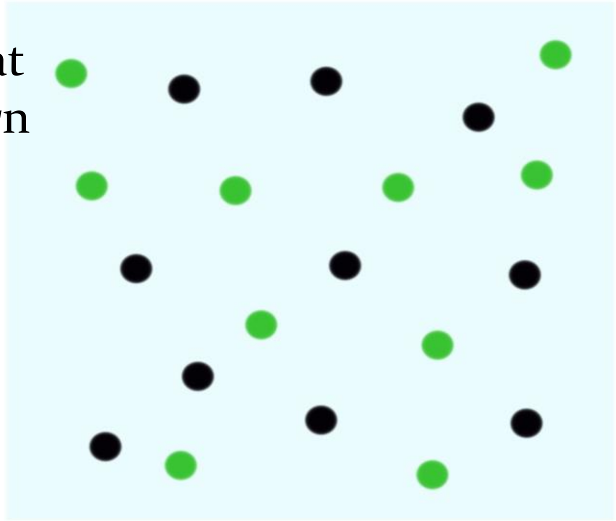
Evolutionäre Spieltheorie

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.

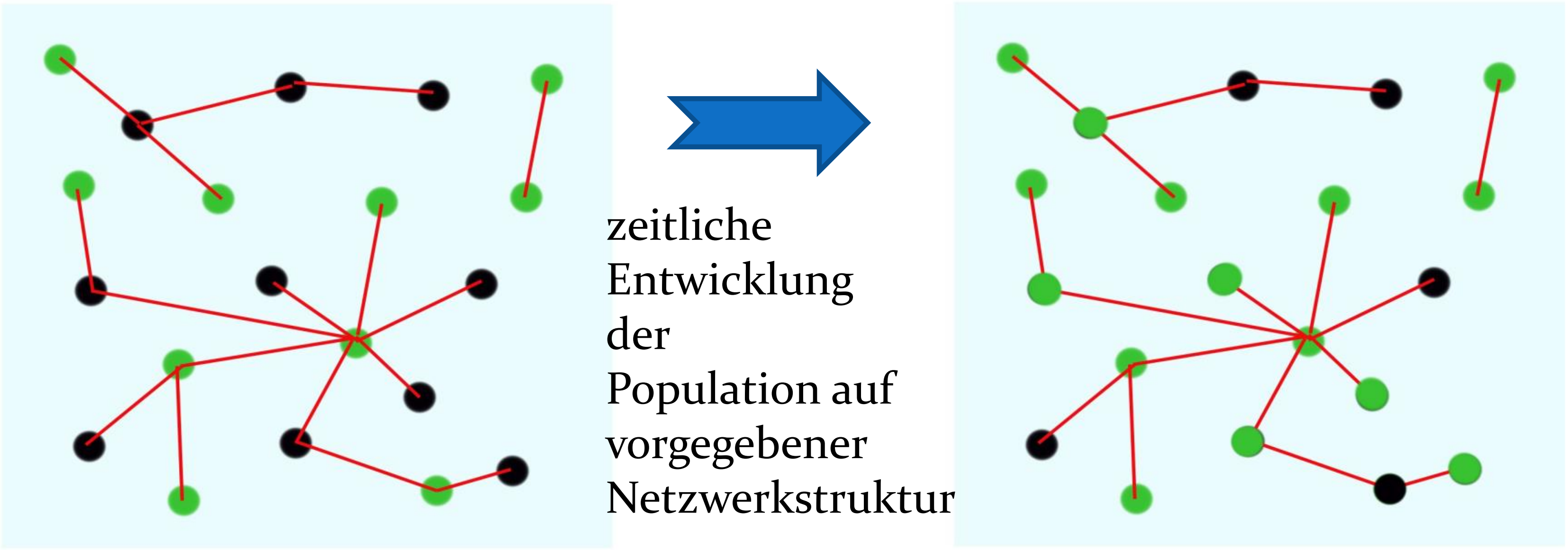


x(10)=0.5

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.



$x(0)=0.5$ $x(10)=0.75$

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. Perfume, 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)

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 Schadschneider
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 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 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

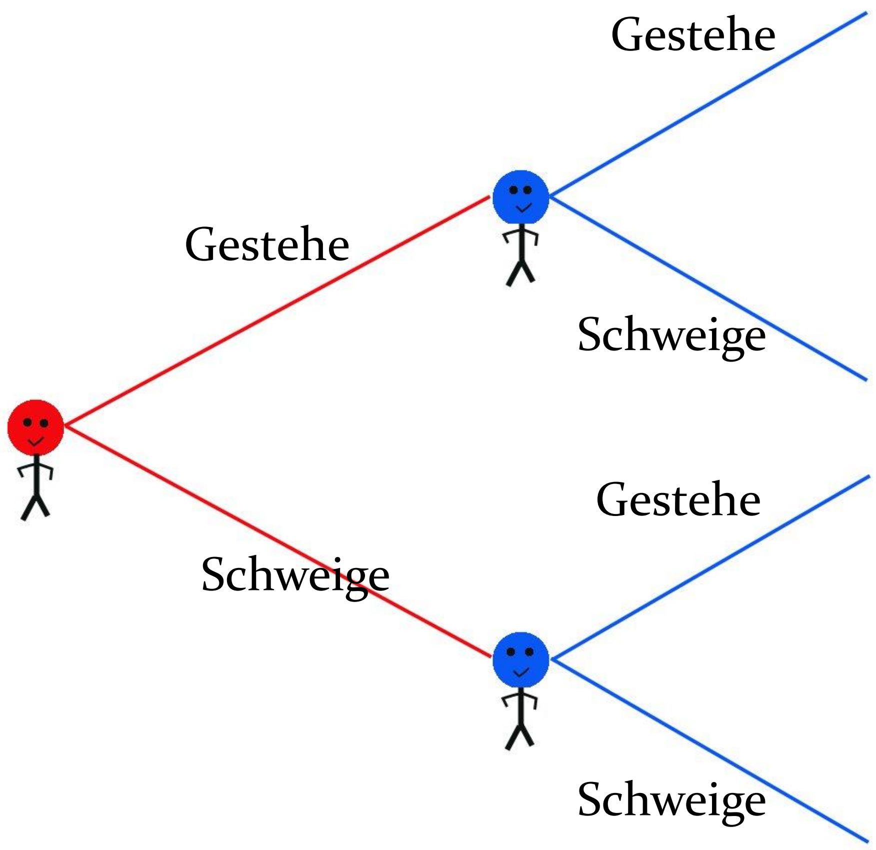
Spieler B Spieler A	Strategie 1 Ohne Kugel	Strategie 2 Mit Kugel
Strategie 1 Ohne Kugel	(2 , 2)	(4 , -1)
Strategie 2 Mit Kugel	(-1 , 4)	(5 , 5)

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

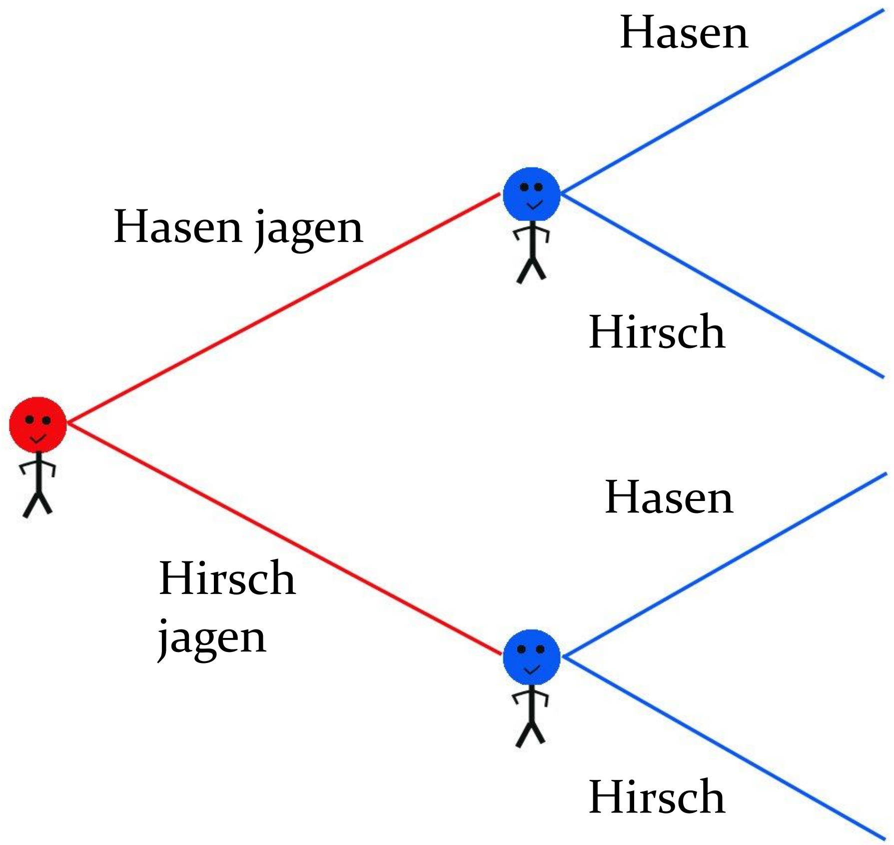
	Spieler B **Gestehe**	Spieler B **Gestehe nicht**
Spieler A **Gestehe**	(-7 , -7)	(-1 , -9)
Spieler A **Gestehe nicht**	(-9 , -1)	(-3 , -3)

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)



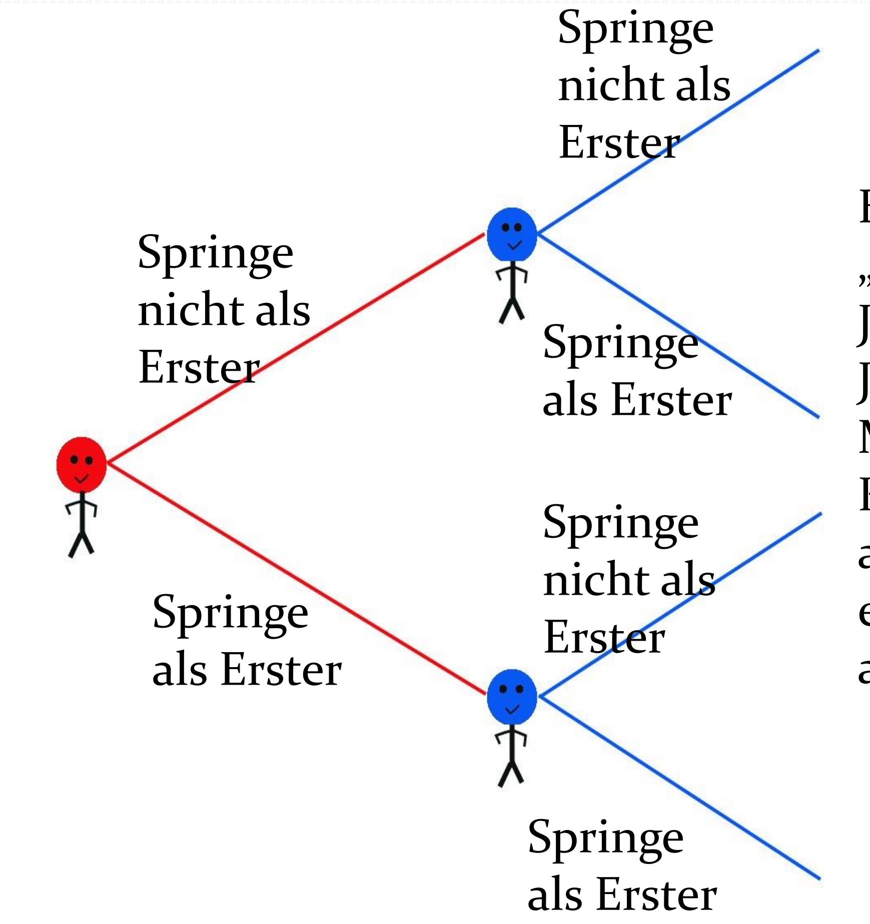
Zwei Jägern ist es im Laufe der Jagd gelungen einen Hirsch und vier Hasen einzukreisen. Die Jäger stehen nun vor der Entscheidung die Hasen entkommen zu lassen und gemeinsam den Hirsch zu erlegen oder sofort das Feuer auf die Hasen zu eröffnen. Entscheiden sich beide dafür den Hirsch zu erlegen, dann 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 herrausspringt."

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

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

Schere-Stein-Papier

$(2-Personen)-(3-Strategien)-Spiel \quad \Gamma:$

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

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

Strategienmenge des 1 - ten Spielers (Alice) :

$S^1 = \{s^1_1, s^1_2, s^1_3\} = \{Stein, Schere, Papier\}$

Strategienmenge des 2 - ten Spielers :

$S^2 = \{s^1_1, s^1_2, s^1_3\} = \{Stein, Schere, Papier\}$

Auszahlungsfunktion des 1. und 2. Spielers :

$\$^1 : S^1 \times S^2 \to \Re$ und $\$^2 : S^1 \times S^2 \to \Re$ mit

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

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

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

...

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