

Physik der sozio-ökonomischen Systeme *mit dem Computer*

*JOHANN WOLFGANG GOETHE UNIVERSITÄT
23.12.2022*

MATTHIAS HANAUSKE

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

10. Vorlesung

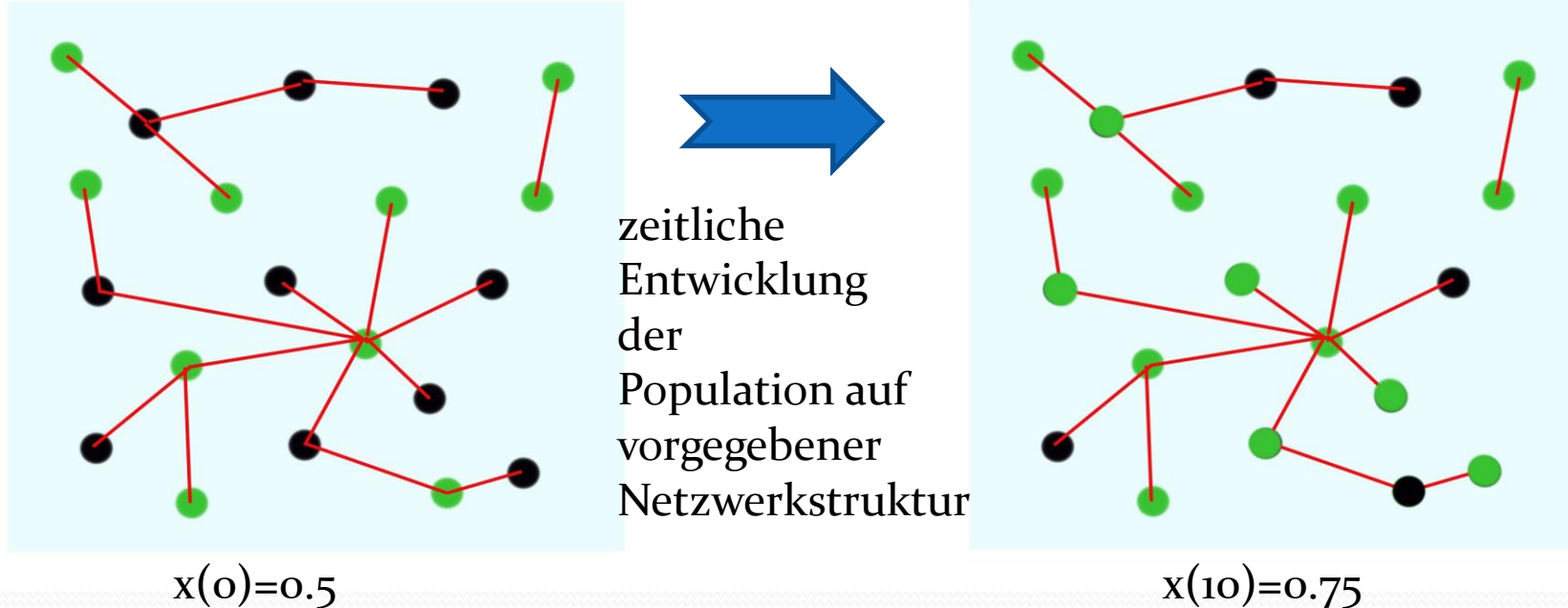
In diesem Semester (WS 2022/23)
findet die Vorlesung und die Übungstermine
in Präsenz (und auch Online) statt.

Plan für die heutige Vorlesung

- Evolutionäre Spieltheorie auf komplexen Netzwerken
 - Spiele auf einem räumlichen Netzwerk (Spatial Games)
 - Dominante (2 x 2)-Spiele auf einem räumlichen Gitter
 - Räumliche Koordinations- und Anti-Koordinationsspiele
 - Spiele auf vollständig verbundenen Netzwerken
 - Spiele auf zufälligen, „kleine Welt“ und skalenfreien Netzwerken
- Einführung in die Objekt-orientierte Programmierung

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

Inhalte von Teil III

Einführung

Teil I

Teil II

Teil III

E-Learning

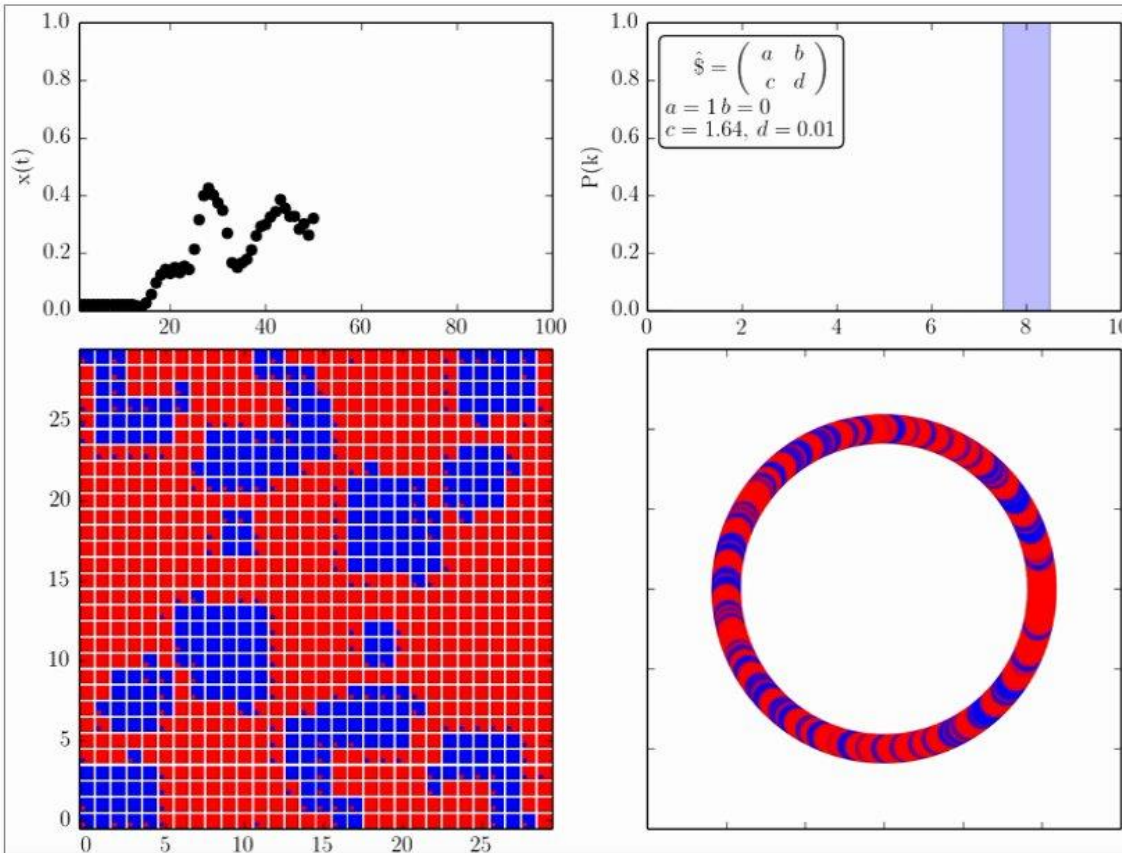
III.1 Evolutionäre Dynamik auf komplexen Netzwerkstrukturen

Die Verknüpfung der Theorie komplexer Netzwerke (siehe Teil II der Vorlesung) mit der evolutionären Spieltheorie (siehe Teil I der Vorlesung) stellt ein vielversprechendes mathematisches Modell dar, welches sowohl der interdisziplinären Grundlagenforschung, als auch der angewandten, empirischen Netzwerkforschung dienen kann. In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise einer Miteinbeziehung komplexer Netzwerktopologien in die evolutionäre Spieltheorie beschrieben. Die dann auf einem solchen komplexen Netzwerk ablaufenden Entscheidungsprozesse können in den meisten Fällen lediglich mittels numerischer, agenten-basierter Computersimulationen veranschaulicht werden.

III.1.1 Spatial Games: Evolutionäre räumliche Spiele

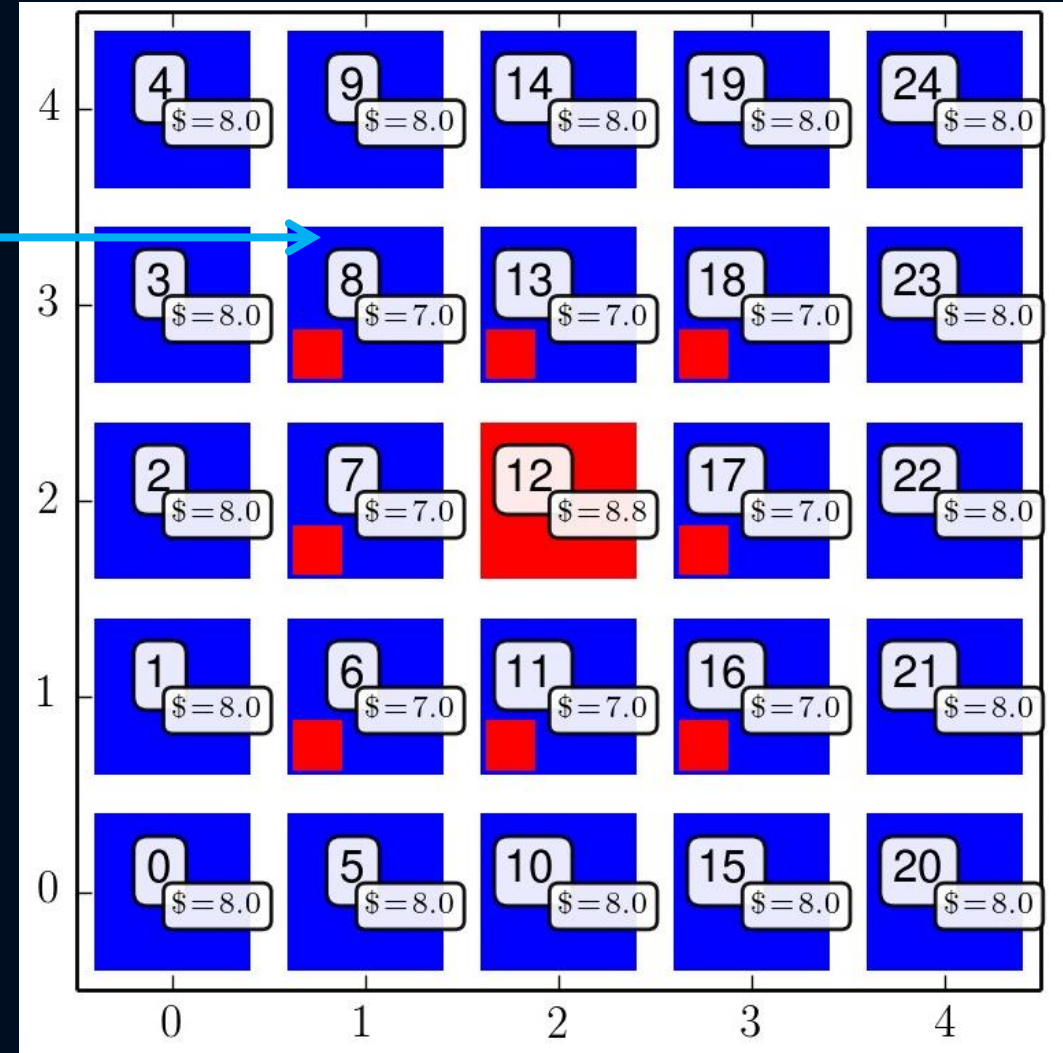
In diesem Unterpunkt werden die Spieler einer endlich großen Population auf einem räumlichen Gitter angeordnet, wobei jeder Spieler nur mit seinen nächsten Nachbarn spielen kann (*Moore Nachbarschaft*). Das zugrundeliegende Netzwerk der Spielerknoten besitzt somit eine reguläre Struktur und im betrachteten 2-dimensionalen Fall spielt jeder Spieler pro Spielperiode mit acht Spielern (Knotengrad $k_i = 8 \forall i \in \mathcal{I}$). Wir beschränken uns im folgenden auf symmetrische 2x2-Spiele (siehe Teil I.1.4: Ansatz eines allgemeinen (2 Personen)-(2 Strategien) Spiels mit symmetrischer Auszahlungsmatrix und Parametern a, b, c und d). Die Spielerknoten spielen pro Iteration mit jedem ihrer Nachbarn und am Ende von jedem Zeitschritt vergleichen die Spieler ihren summierten Gewinn/Verlust mit den Nachbarspielern ihres Umfeldes. Ist die Auszahlung eines Spielers höher als der eigene Auszahlungswert, so ändern der Spieler in der nächsten Spielperiode seine Strategie; ist sein eigener Wert der höchste, so bleibt er auch in der nächsten Iteration bei seiner gespielten Strategie.

In dem oberen Link finden Sie eine Beispiel, das an das 9. Kapitel des Buches Martin A. Nowak, Evolutionary Dynamics - Exploring the Equations of Life, 2006 angelehnt ist und ein Gefangenendilemma auf einem räumlichen 2-dimensionalen Gitter beschreibt. In Abhängigkeit der Stärke der Dominanz der Strategie und der Anfangskonfiguration der Strategiewahl der Spieler sind unterschiedliche zeitlichen Entwicklungen der Population möglich. Die nebenstehende Animation zeigt die zeitliche Entwicklung einer speziellen sogenannten *Walker*-Anfangsbedingung, die nach der Kollision der beiden *Walker*-Strukturen eine Art explosionsartige Ausbreitung der blauen Strategie verursacht (siehe Python Skript VPSOC-RandomNetwork_evol.py). Das linke obere Diagramm veranschaulicht die zeitliche Entwicklung des Populationsvektors $x(t)$. Obwohl die klassische evolutionäre Spieltheorie vorhersagt (siehe Teil I), dass der Anteil der Spieler die die dominante rote Strategie wählt im Laufe der Zeit kontinuierlich zunehmen sollte und gegen den Wert $\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t)) = 0$ konvergiert, bildet sich bei



Python Programm Spatial Games

In diesem Python Programm wird die Menge der Spieler (hier $N=24$) auf einem 2D-Gitter mit Moorschen Nachbarschaftsbedingungen angeordnet (siehe S:147 in M.A.Nowak, „Evolutionary Dynamics“). In jeder Iterationsperiode spielt jeder Spieler mit seinen nächsten Nachbarn ein symmetrisches (2x2)-Spiel. Am Ende einer Periode vergleicht jeder Spieler seinen Gesamtgewinn mit seinen Nachbarn und bestimmt in einem „Update Rule“ seine Strategie in der nächsten Spielperiode.



Die rechte Simulation benutzt die folgenden Werte der Auszahlungsmatrix (siehe linke Abb.): $a=1$, $b=0$, $c=1.1$ und $d=0.01$

Beachte!: Definition von b und c ist in M.A.Nowak, „Evolutionary Dynamics“ vertauscht.

	Spieler B Strategie 1 $y=1$	Spieler B Strategie 1 $y=0$
Spieler A Strategie 1 $x=1$	(a , a)	(b , c)
Spieler A Strategie 2 $x=0$	(c , b)	(d , d)

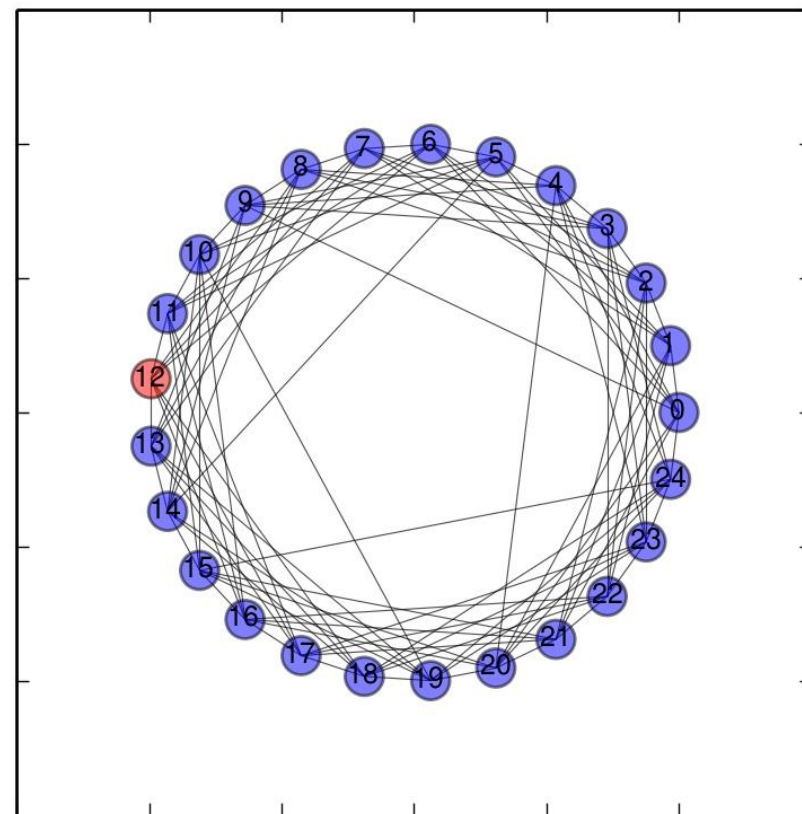
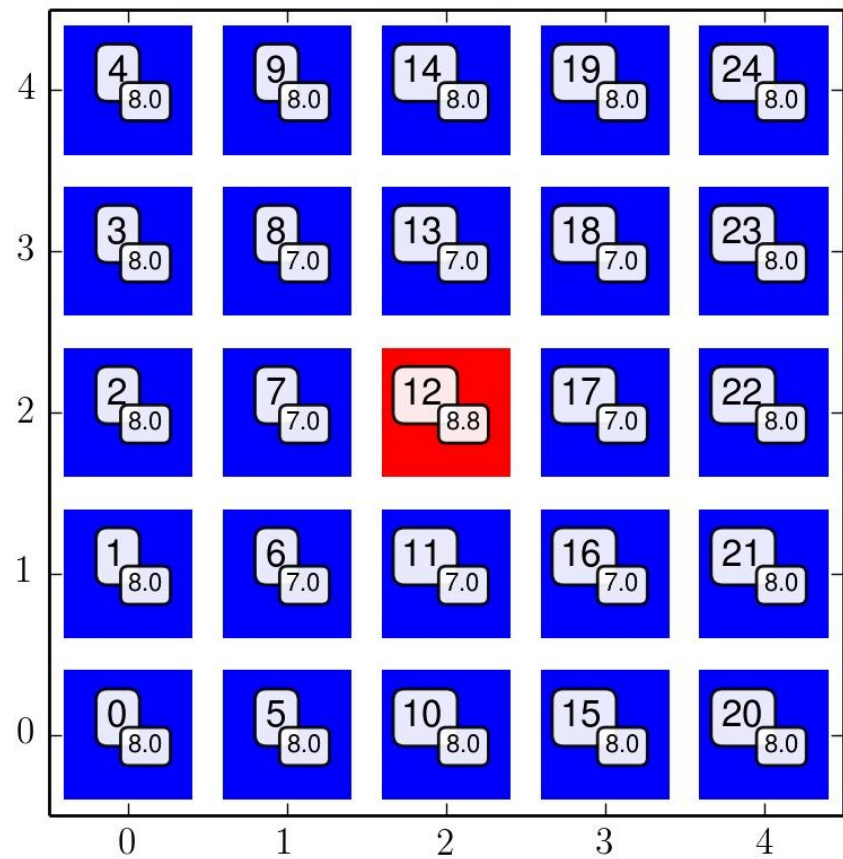
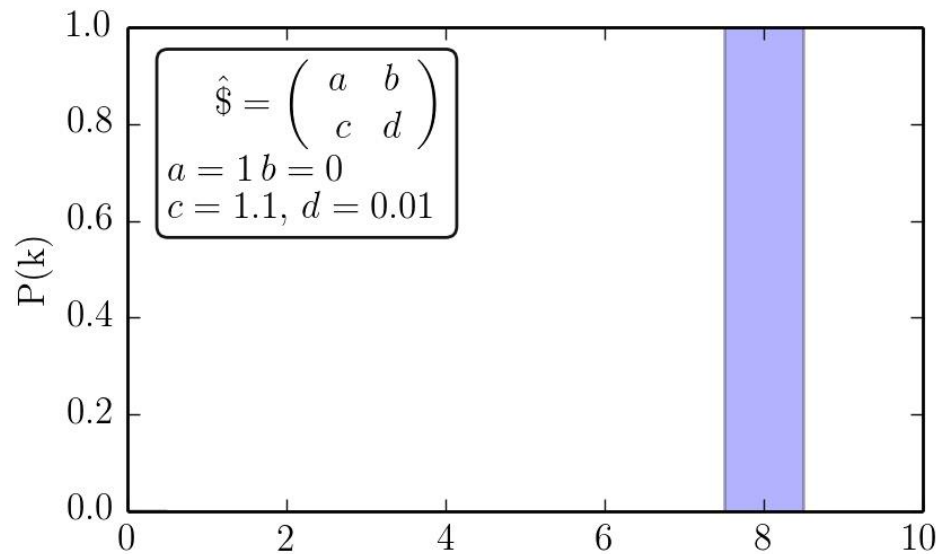
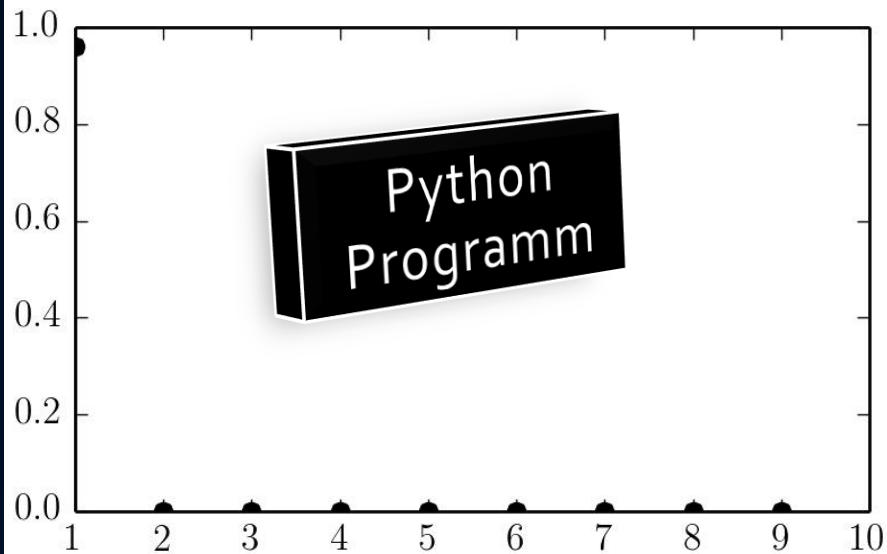
Update Rules und der Entscheidungsprozess

Spieler mit Knotennummer 8 hatte in der aktuellen Periode Strategie „blau“ gespielt und eine gesamte Auszahlung von $\$=7$ erhalten. Er wird in der nächsten Periode „rot“ spielen (siehe kleines rotes Kästchen), da einer seiner nächsten Nachbarn (Knoten 12) eine höhere Auszahlung als er hatte und dieser die Strategie „rot“ spielte.

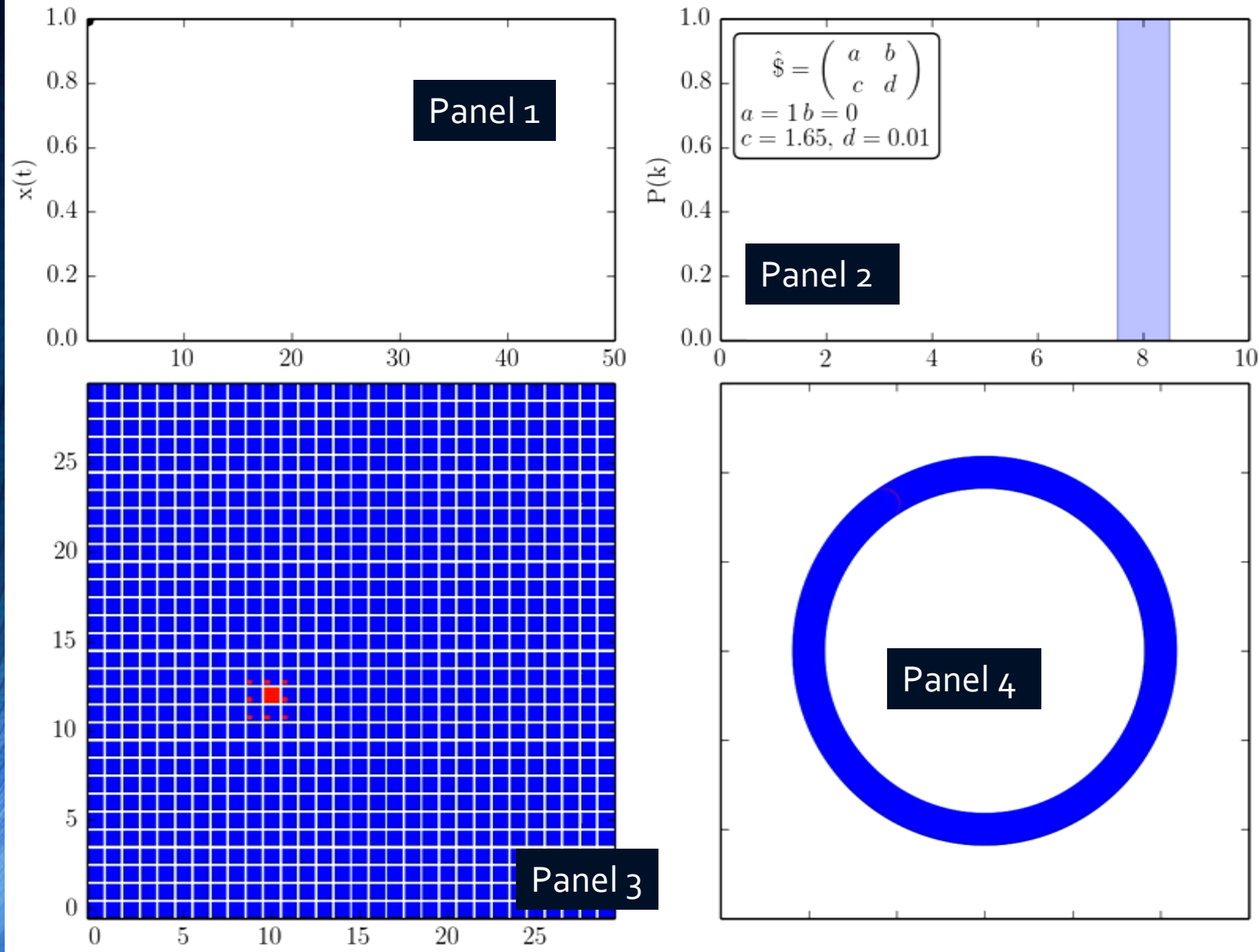
Betrachtetes Gefangenendilemma-ähnliches (2x2)-Spiel

	Spieler B Strategie 1	Spieler B Strategie 2
Spieler A Strategie 1	$(1, 1)$	$(0, c)$
Spieler A Strategie 2	$(c, 0)$	$(0.01, 0.01)$

The diagram shows a 2x2 game matrix with four strategy combinations. The top-left cell (1,1) is light gray, the top-right cell (0,c) is light gray, the bottom-left cell (c,0) is light gray, and the bottom-right cell (0.01,0.01) is dark gray. Four blue curved arrows form a cycle: from (1,1) to (0,c), from (0,c) to (0.01,0.01), from (0.01,0.01) to (c,0), and from (c,0) to (1,1).



Evolutionäre Spieltheorie auf komplexen Netzwerken



Das Python Programm visualisiert in vier unterschiedlichen „Panels“ die Evolution des „Spatial Games“. In Panel 1 wird die zeitliche Entwicklung des Populationsvektors $x(t)$ veranschaulicht. Panel 2 zeigt die Verteilungsfunktion der Knotengrade $P(k)$ des zugrundeliegenden Moorschen Netzwerks. Panel 3 zeigt die Entwicklung der Strategieentscheidung der einzelnen Spielerknoten in der benutzten räumlichen Anordnung. Panel 4 veranschaulicht dagegen die Menge der Spieler in einem Kreis, geordnet nach ihrer Knotenzahl.

Neben der Auszahlungsmatrix, den implementierten Update Rules und der zugrundeliegenden Netzwerkstruktur hängt die zeitliche Entwicklung auch von den gewählten Anfangsbedingungen ab (hier wurde ein roter Spieler in einem Umfeld von blauen Spielern angeordnet).

Jupyter Notebook: Evolutionäre räumliche Spiele *Klasse der dominanten Spiele*

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)

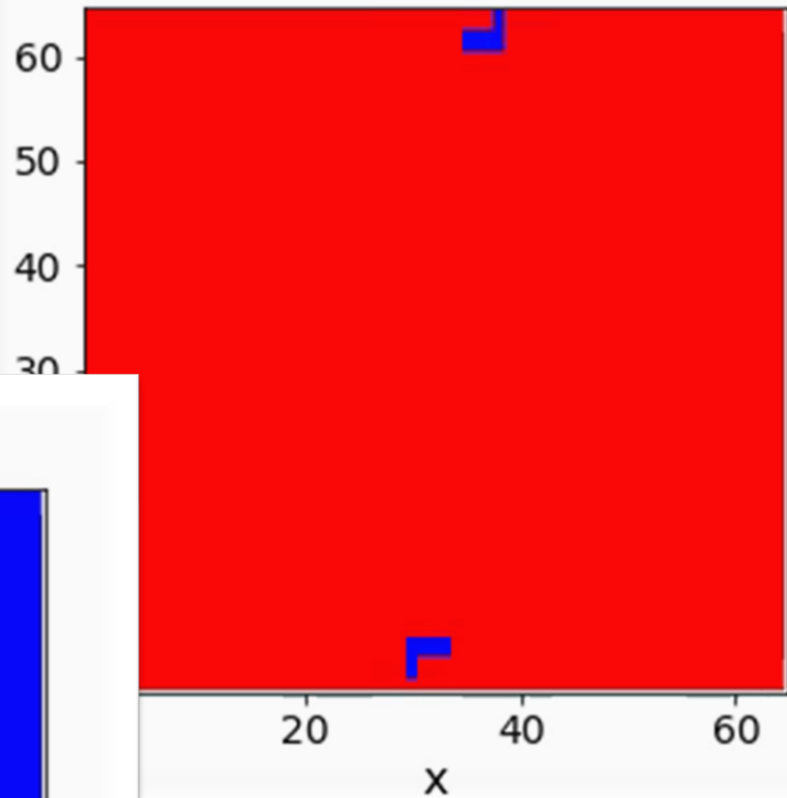
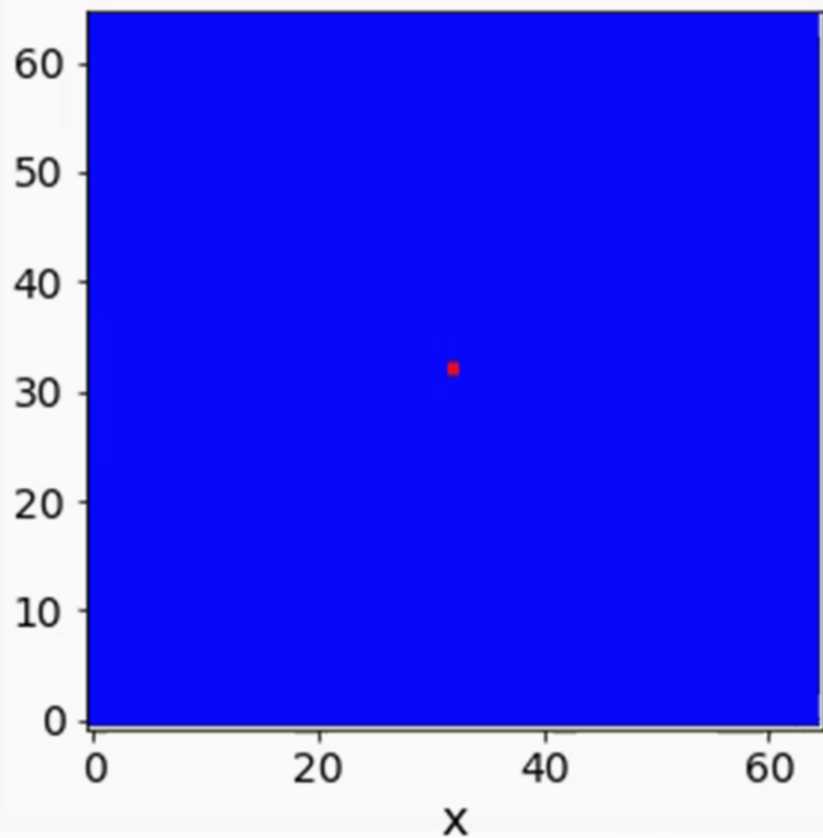
von Dr.phil.nat. Dr.rer.pol. Matthias Hanauske
Frankfurt am Main 02.11.2020

Dritter Vorlesungsteil:

Evolutionäre räumliche Spiele (spatial games)
Beispiel: Dominante Spiele

Einführung

Die Verknüpfung der Theorie komplexer Netzwerke (siehe Teil II
vielversprechendes mathematisches Modell dar, welches sowohl
Netzwerkforschung dienen kann. In diesem Kapitel wird die Vo



Jupyter Notebook: Evolutionäre räumliche Spiele Klasse der Koordinations- und Anti-Koordinationsspiele

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

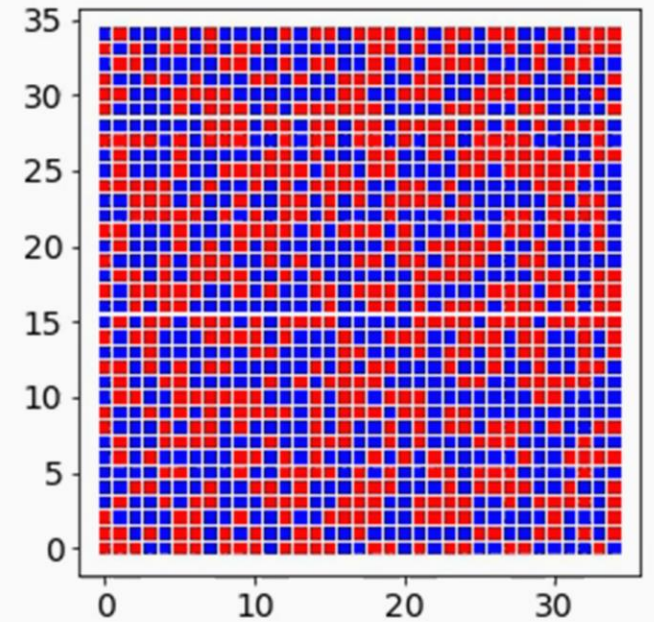
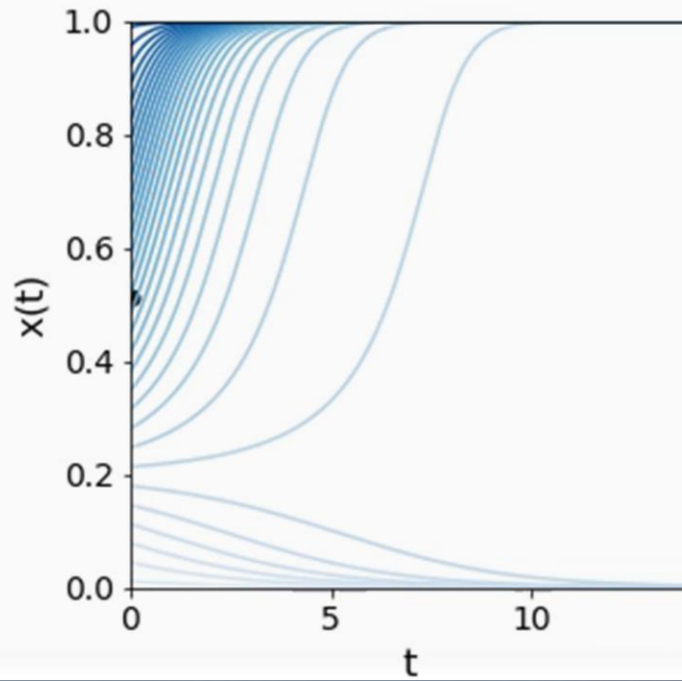
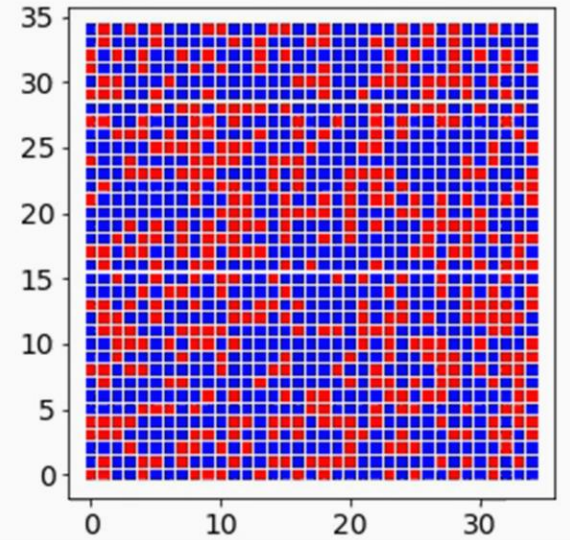
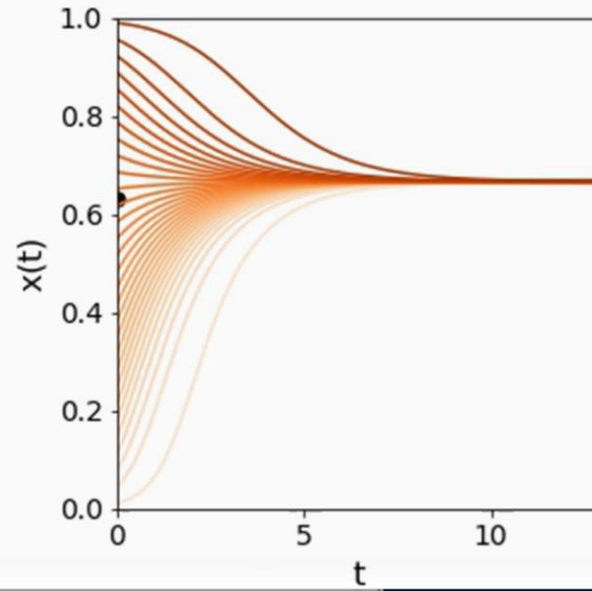
Dritter Vorlesungsteil:

Evolutionäre räumliche Spiele (spatial games)

Beispiel: Koordinations- und Anti-Koordinationsspiele

Einführung

Die Verknüpfung der Theorie komplexer Netzwerke (network theory) mit der Theorie der evolutionären räumlichen Spiele (spatial games) wird in diesem Kapitel durch ein mathematisches Modell dargestellt, welches die Netzwerkforschung dienen kann. In diesem Kapitel werden die evolutionären räumlichen Spiele (spatial games) numerisch, agenten-basierter Computersimulationen (agent-based computer simulations) beschrieben. Die dann auf einem sozio-ökonomischen System (socio-economic system) basierenden Computersimulationen (computer simulations) werden in der nächsten Vorlesungsteil (next lecture) dargestellt.



Jupyter Notebook: Evolutionäre Spiele auf unterschiedlichen komplexen Netzwerken

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 31.12.2020

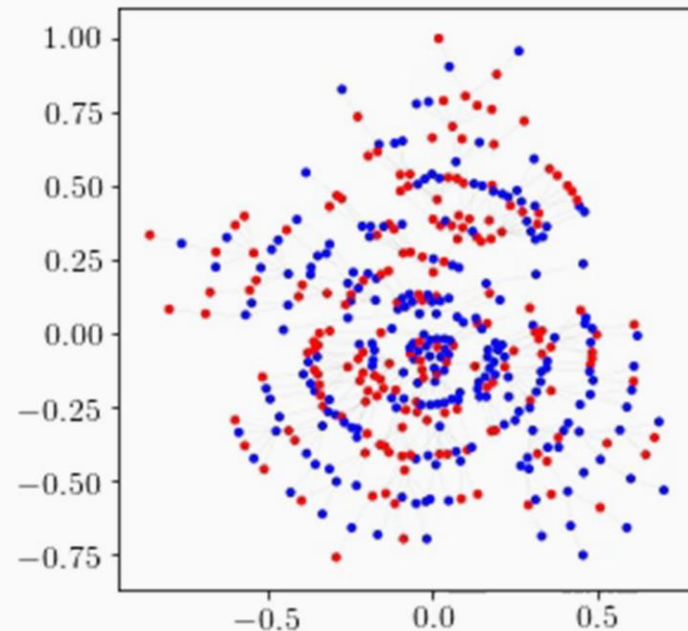
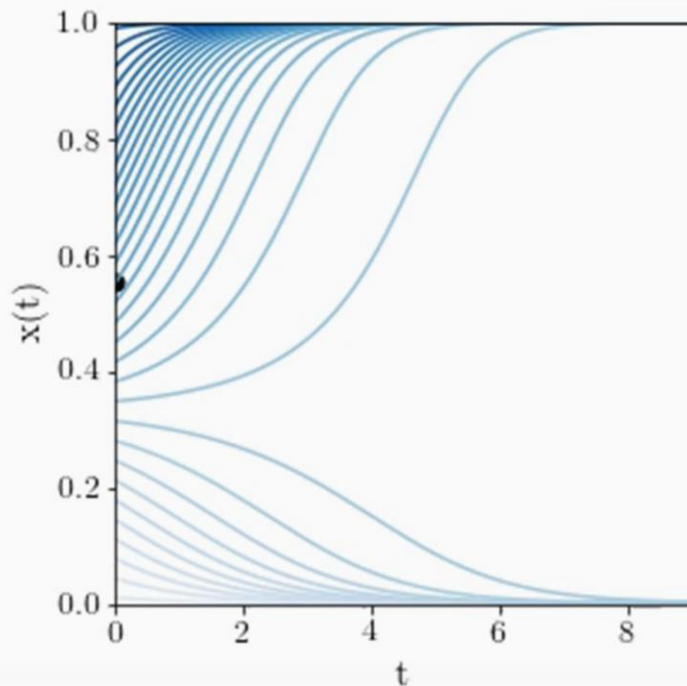
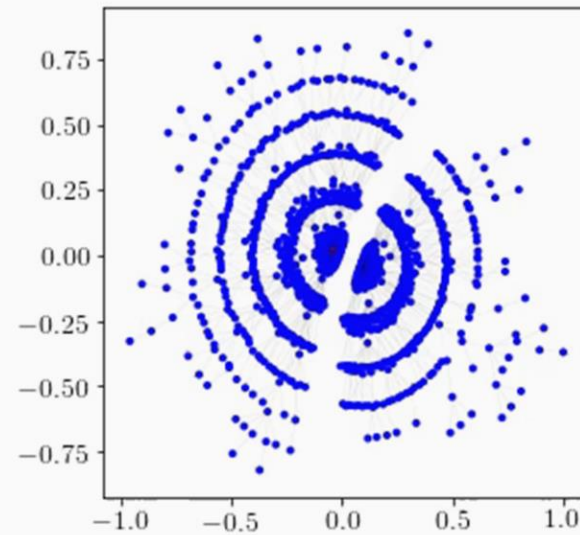
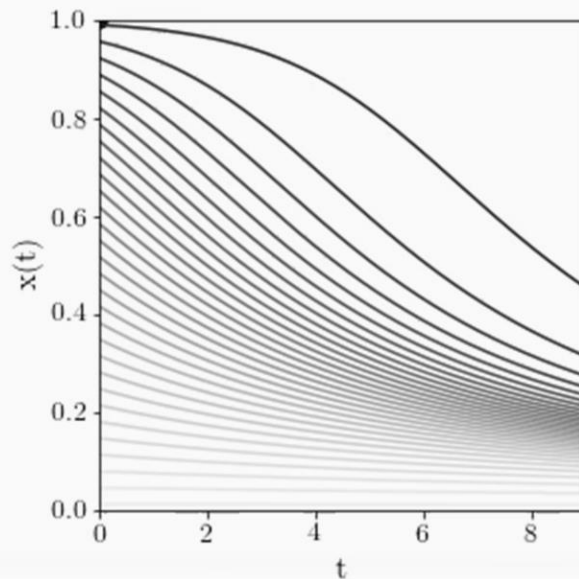
Dritter Vorlesungsteil:

Evolutionäre Spiele auf komplexen Netzwerken

Beispiel: Evolutionäre Spiele auf unterschiedlichen Netzwerk-

Einführung

Die Verknüpfung der Theorie komplexer Netzwerke (siehe Teil II) mit der Spieltheorie dienen kann. In diesem Kapitel wird die Verknüpfung der Theorie komplexer Netzwerke (siehe Teil II) mit der Spieltheorie beschrieben. Die dann auf einem solchen komplexen Netzwerk basierender Computersimulationen werden in den letzten Jupyter Notebooks hatten wir die Spieltheorie auf einem nächsten Nachbarn spielen kann (Moore Nachbarn) und in der nächsten 2-dimensionalen Fall spielen



Einführung in die Objekt-orientierte Programmierung

Die meisten Programmieretechniken, die wir bis jetzt kennengelernt haben, verwendeten den Programmwurfstil der *prozeduralen Programmierung* und wir benutzten meist die Programmiersprache Python bzw. verwendeten Python Jupyter Notebooks. Wir werden nun einerseits den Fokus immer mehr auf die Strukturierung von Programmen legen (das Programmierparadigma der objektorientierten Programmierung) und dies zunächst am Beispiel des in C++ integrierten Klassenkonzept beschreiben.

Das Konzept der objektorientierten Programmierung beruht auf der alltäglichen Erfahrung, dass man Objekte nach zwei Maßstäben beurteilt: Ein Objekt besitzt einerseits messbare Eigenschaften und ist aber auch andererseits über seine Verhaltensweisen definiert. Eine C++ Klasse ist ein benutzerdefinierter neuer Datentyp, der durch das Schlüsselwort 'class' gekennzeichnet wird und die gesamte Idee der objektorientierten Programmierung beruht gänzlich auf diesem Konzept der Klasse. In einer C++ Klasse werden die messbaren Eigenschaften des Objektes in Instanzvariablen (Daten-Member) gespeichert und durch Konstruktoren werden diese Daten-Member dann initialisiert. Die Verhaltensweisen des Objektes werden durch klasseninterne Funktionen, die sogenannten Member-Funktionen beschrieben. In dem folgenden Link werden die Grundlagen der Objekt-orientierten Programmierung und C++ Klassen allgemein vorgestellt und die dort besprochenen Konzepte werden in den nächsten Vorlesungen benutzt, um das Verhalten der Spieler auf einem komplexen Netzwerk in Objekt-orientierter Weise in den C++ und Python Programmen zu implementieren.

Einführung in die Programmierung

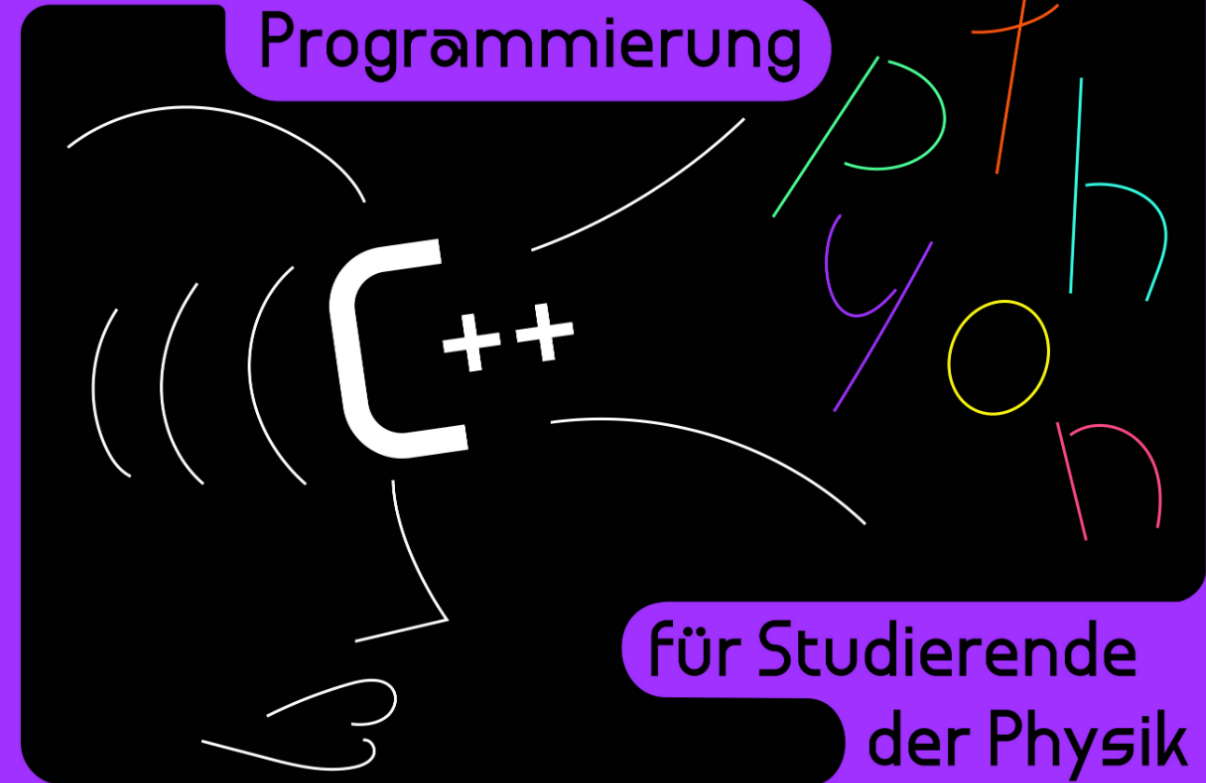
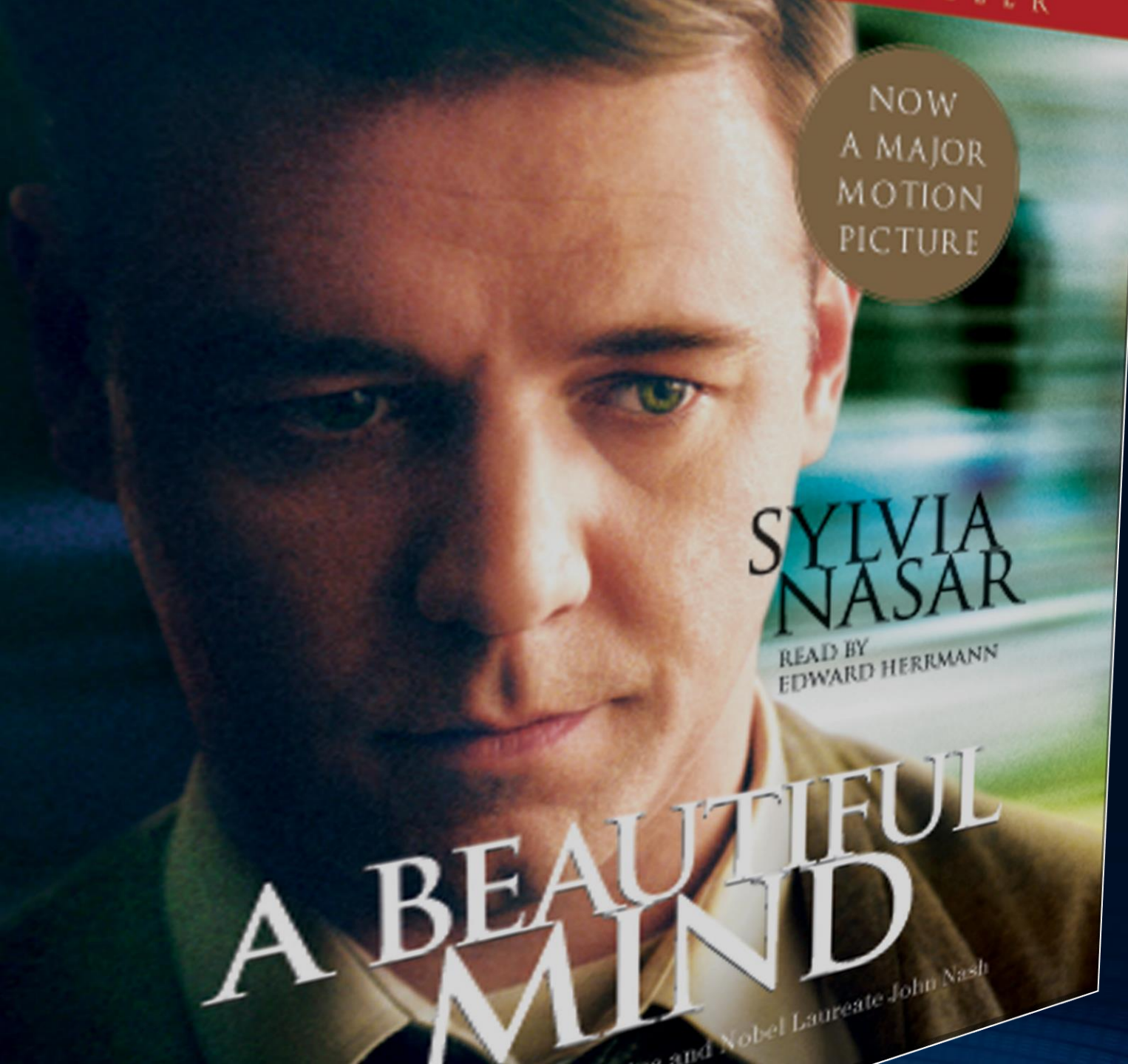


Illustration: Deborah Moldawski

Nächster Zoom Link am 14.07.2022, 14:00-16:00 Uhr: ID: 794 847 5614, PWD: 785453

Die Vorlesung *Einführung in die Programmierung für Studierende der Physik* stellt ein Pflichtmodul im Bachelor Studium Physik der Goethe-Universität Frankfurt dar. Bei regelmäßiger und erfolgreicher Teilnahme an den Übungen/Praktika erhalten Sie eine Zulassung zur Klausur. Den benoteten Schein und sechs Creditpoints erhält man schließlich bei bestandener Klausur. Falls Sie bereits in einem vergangenen Semester (nach der alten Studienordnung) die Zulassung zur Klausur erhalten haben, können Sie direkt an der abschließenden Klausur teilnehmen. Jedoch rate ich Ihnen, die Vorlesung und die Übungen/Praktika trotzdem nochmals zu belegen, da sich die Inhalte und Schwerpunkte zu den vergangenen Vorlesungen unterscheiden könnten.



Wie ich Prof. Nash kennenlernte

3. Weltkongresses der spieltheoretischen Gesellschaft

Session 64: Semi-Plenary B1

Date: July 14, 2008

Time: 10:45 - 12:15

Location: Norris McKormick

Rational Decisions in Large Worlds

JEL codes: c7

By semi-plenary

Presented by: [Kenneth Binmore](#), University College London

Work on a Project to Study Three-Person Cooperative Games Using the 'Agencies Method' in a Variation Employing Attorney-Agents of an Automatic (or Robotic) Type

By semi-plenary

Presented by: [John Nash](#),

Im Sommer 2008 hatte ich die Möglichkeit meine Ergebnisse zur Quantenspieltheorie auf dem 3. Weltkongresses der spieltheoretischen Gesellschaft in Chicago (USA) vorzustellen. Herr Prof. John Nash war ebenfalls auf der Konferenz und hielt einen Vortrag über seine aktuelle Forschung .



GAMES 2008



THIRD WORLD CONGRESS OF THE GAME THEORY SOCIETY

JULY 13 - 17, 2008, EVANSTON, ILLINOIS, USA

Photo courtesy of © [Josh McKinnon](#)

[EDITED - Games 2008 Program - Sunday, 4 PM](#)

Founded in January 1999, the Game Theory society aims to promote the investigation, teaching, and application of game theory.

Game theory studies strategic interaction in competitive and cooperative environments. Half a century old, it has already revolutionized economics, and is spreading rapidly to a wide variety of fields.

Every four years the Society hosts its World Congress. The first was held in Bilbao, Spain in 2000. The second was held in Marseille, France in 2004. The third is to be held on the Evanston Campus of Northwestern University, in the United States.

Please send inquiries to games2008@kellogg.northwestern.edu

[SCHEDULE NOW AVAILABLE](#)

[Please click here](#)

HOME

COMMITTEE MEMBERS

PLENARY SPEAKERS

SPEAKER INFORMATION



Rhodium

Center for Game Theory
and Economic Behavior,
Kellogg School of
Management

Platinum



Gold

Managerial Economics and
Decision Sciences, Kellogg
School of Management

Silver





Aufgenommen
während des 3.
Weltkongresses
der
spieltheoretischen
Gesellschaft,
Sommer 2008,
Chicago, USA



Aufgenommen
während des 3.
Weltkongresses
der
spieltheoretisch
en Gesellschaft,
Sommer 2008,
Chicago, USA



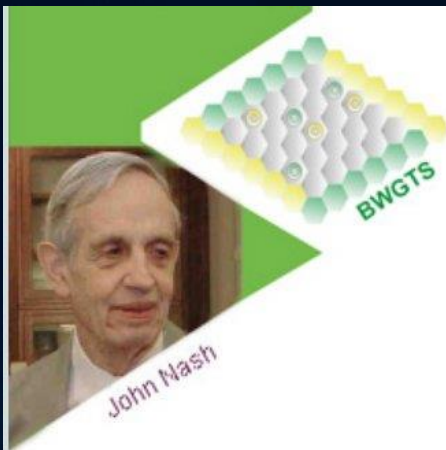
Prof.Dr. John Nash

aufgenommen
während des 3.
Weltkongresses
der
spieltheoretische
n Gesellschaft,
Sommer 2008,
Chicago, USA

Am letzten Tag der
Konferenz sprach ich
Herrn Nash auf seinen
Vortrag an und wir
unterhielten uns - unter
anderem auch über das
Einstein-Rosen-Podolsky
Paradoxon.



Das Nash-Fest in Sao Paulo (Brasilien, 2010)



John Nash

SECOND BRAZILIAN WORKSHOP OF THE GAME THEORY SOCIETY

in honor of JOHN NASH, on the occasion of the 60th anniversary of Nash equilibrium



Event

Program

Papers

Registration

Travel & Venue

[General Information](#) [Financial Support](#) [Location](#)
[Sponsors](#) [Committee](#) [Participants](#) [Contact us](#)

General Information

It is a great pleasure to invite you to participate in the SECOND BRAZILIAN WORKSHOP OF THE GAME THEORY SOCIETY, the 1st São Paulo School of Advanced Sciences on Game Theory of FAPESP - The State of São Paulo Research Foundation. It will be held at the University of São Paulo, from July 29 to August 4, 2010. The event will honor JOHN NASH, on the occasion of the 60th anniversary of Nash equilibrium.

The workshop will offer the participants the opportunity to interact with some of the most productive researchers in Game Theory. The week-long event will consist of conferences, contributed papers sessions and mini-courses which will start at the introductory level and will reach the frontiers of current research. All graduate students should send a recommendation letter from their supervisors to bwgt2010@usp.br.

Videos des Workshops unter [http//..](http://..)

ORGANIZERS

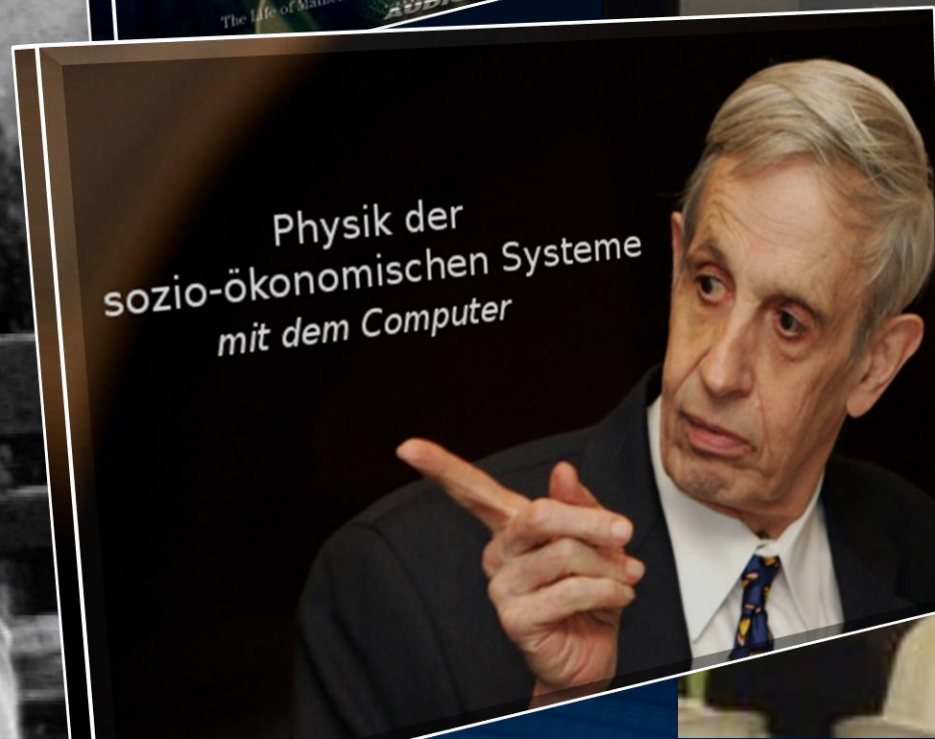
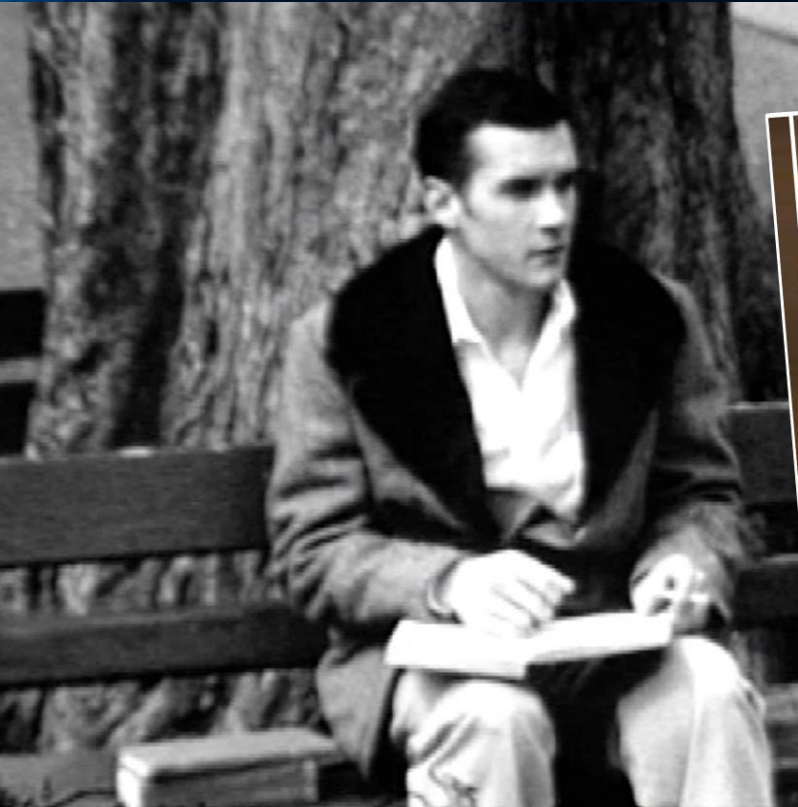


John Forbes Nash

John Forbes Nash Jr.
at Princeton university
in 1949



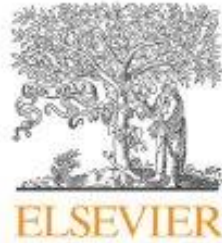
"2nd Brazilian Workshop of the Game Theory Society" in honor of John Nash (27.7. - 04.08.2010, Sao Paulo, Brazil)











Contents lists available at ScienceDirect

Physica A

journal homepage: www.elsevier.com/locate/physa



Doves and hawks in economics revisited: An evolutionary quantum game theory based analysis of financial crises

Matthias Hanauske^{a,*}, Jennifer Kunz^b, Steffen Bernius^a, Wolfgang König^c

^a Institute of Information Systems, Goethe-University, Grüneburgplatz 1, 60323 Frankfurt/Main, Germany

^b Chair of Controlling & Auditing, Goethe-University, Grüneburgplatz 1, 60323 Frankfurt/Main, Germany

^c House of Finance, Goethe-University, Grüneburgplatz 1, 60323 Frankfurt/Main, Germany

ARTICLE INFO

Article history:

Received 14 April 2009

Received in revised form 22 April 2010

ABSTRACT

The last financial and economic crisis demonstrated the dysfunctional long-term effects of aggressive behaviour in financial markets. Yet, evolutionary game theory predicts that

Acknowledgements

M.H. would like to thank John Forbes Nash Jr. for the inspiring discussion during the Third Congress of the Game Theory Society (Games 2008). The conversation initiated and motivated the author to broaden his work to an evolutionary context. J.K. would like to thank Carsten Heineke for helpful comments especially regarding the economic interpretation.

Dear Professor Nash,

I hope you enjoyed the 'Nash-Fest' at Sao Paulo and you and your family are well arrived back at home - it was very nice meeting you again.

After our short conversation at the end of the 'Games 2008'-conference I wrote an article in which I acknowledged you (see page 18). After more than one year, the article is now going to be published in 'Physica A'; I have attached the article to this E-Mail.

Materials concerning the talk I gave at the 'Second Brazilian Workshop of the Game Theory Society' can be found at:

<http://evolution.wiwi.uni-frankfurt.de/BWGT2010/>

All the best greetings from Frankfurt to you and your son John.

Sincerely Yours,
Matthias Hanauske

Dr. phil. nat. Matthias Hanauske
Institut für Wirtschaftsinformatik
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Grüneburgplatz 1

Date: Mon, 9 Aug 2010 18:02:29 -0400 [08/10/2010 12:02:29 AM CEST]

From: John F. Nash <xkjfnj@Princeton.EDU>

To: hanauske@wiwi.uni-frankfurt.de

Subject: Re: Article in which I acknowledged you

1 unnamed 2.04 KB 

This message was written in a character set (X-UNKNOWN) other than your own.

If it is not displayed correctly, [click here](#) to open it in a new window.

Dear Dr. Hanauske,

I know nothing, personally, about "Quantum Game Theory".

For example "quantum computing" has been promising (if it could actually be developed to work in a practical sense) truly fabulous accelerations of the speed of computations.

(To me it seems very paradoxical that we would move from the constraint of "Heisenberg uncertainty" to a great ENHANCEMENT of the ability of machines to find the truth through calculations.)

Until it is materially achieved I will probably remain naturally suspicious of the possibility of "magic benefits through quantization".

But, notwithstanding all uncertainties (and the Uncertainty Principle itself!) I want to thank you sincerely for the kind and well-toned acknowledgment that you gave in your recent publication.

Yours Truly,

John F. Nash, Jr.

#####

Second Brazilian Workshop of the Game Theory Society

Ich lernte Herr Prof. John Nash im Jahre 2008 auf dem 'Third World Congress of the Game Theory Society' an der Northwestern University in der Nähe von Chicago das erste Mal kennen (siehe Bilder im oberen Bereich des rechten Panels) und unterhielt mich auch persönlich mit ihm (über evolutionäre Spieltheorie und das Einstein-Rosen-Podolski Paradoxon). Im Jahre 2010 hatte ich dann das Glück ihn und seine Familie auf einer weiteren Konferenz zu treffen. Die beiden unteren Videos entstanden während des Workshops 'Second Brazilian Workshop of the Game Theory Society', welcher im Jahre 2010 an der Universität Sao Paulo in Brasilien stattfand. Der Workshop wurde anlässlich des 60ten

Jubiläums des Nash-Gleichgewichtes veranstaltet und neben Prof. Nash und seiner Familie waren viele berühmte Spieltheoretiker anwesend. Das linke Video entstand am ersten Tag der Vorlesung als Prof. Nash das erste Mal in den Vortragsaal kam und das rechte Video zeigt eine Fragerunde an Prof. Nash, die von Prof. Marilda Sotomayor organisiert wurde.



Im unteren Bereich des rechten Panels finden Sie Bilder, die während eines Barbecue-Essens entstanden sind. Unter folgendem Link finden Sie das gesamte [Programm des Workshops](#).

Da ich das erste Mal in Brasilien war, schaute ich mir das Land auch ein wenig an und die folgenden Bilder wurden von mir in Rio und dem Pantanal aufgenommen.



Games 2008 - Third World Congress of the Game Theory Society

Kellogg School of Management at Northwestern University (near Chicago)

from July 13 to July 17, 2008



Second Brazilian Workshop of the Game Theory Society

In honor of John Nash, on the occasion of the 60th anniversary of Nash equilibrium

University of Sao Paulo, from July 29 to August 4, 2010



Frohe Weihnachten und einen guten Rutsch ins neue Jahr

