

Physik der sozio-ökonomischen Systeme *mit dem Computer*

*JOHANN WOLFGANG GOETHE UNIVERSITÄT
18.12.2020*

MATTHIAS HANAUSKE

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

7. Vorlesung

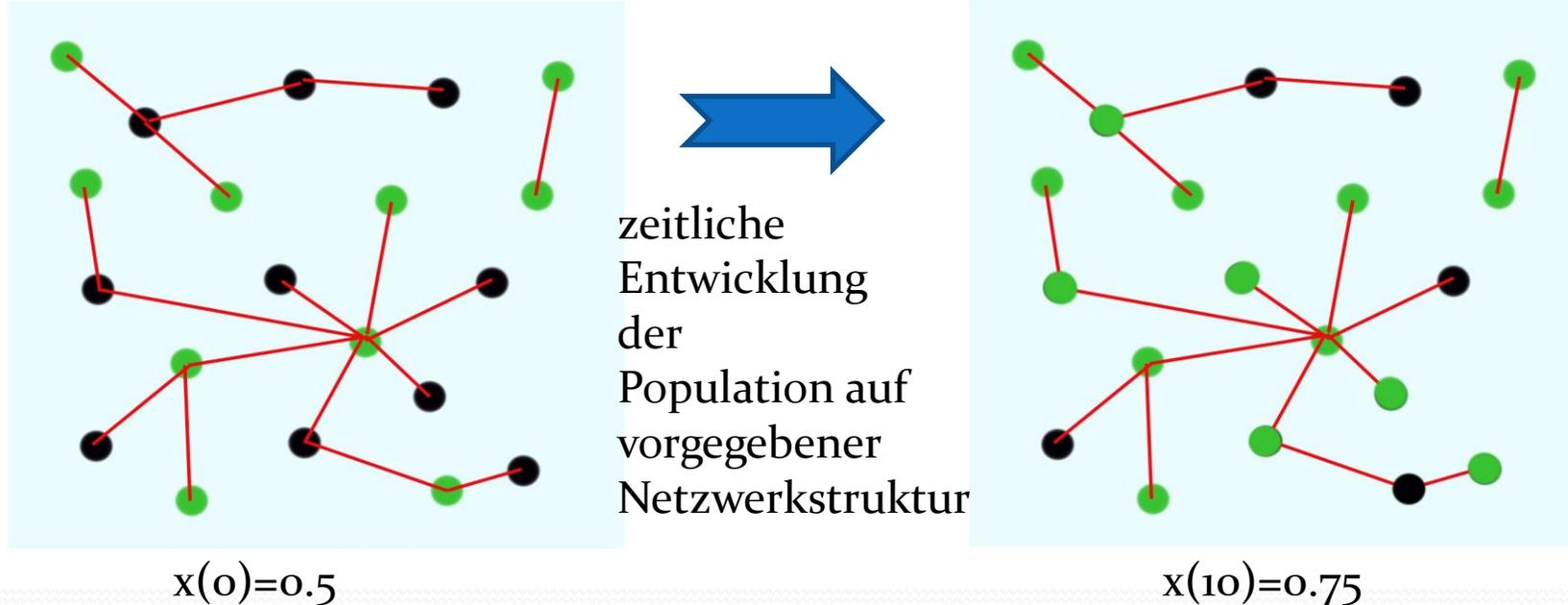
Aufgrund der Corona Krise findet die Vorlesung und die freiwilligen Übungstermine in diesem Semester nur Online statt.

Plan für die heutige Vorlesung

- Kurze Wiederholung der Inhalte der 6. Vorlesung
- Einführung in die Theorie der komplexen Netzwerke
 - Die Klasse der exponentiellen Netzwerke
 - Die Klasse der skalenfreien Netzwerke
 - Preferential Attachment
 - Das Barabasi-Albert Modell
 - Skalenfreie Netzwerke in der Realität
 - Multipartite Netzwerke
 - Das Autoren- Zitationsnetzwerk der wissenschaftlichen Information

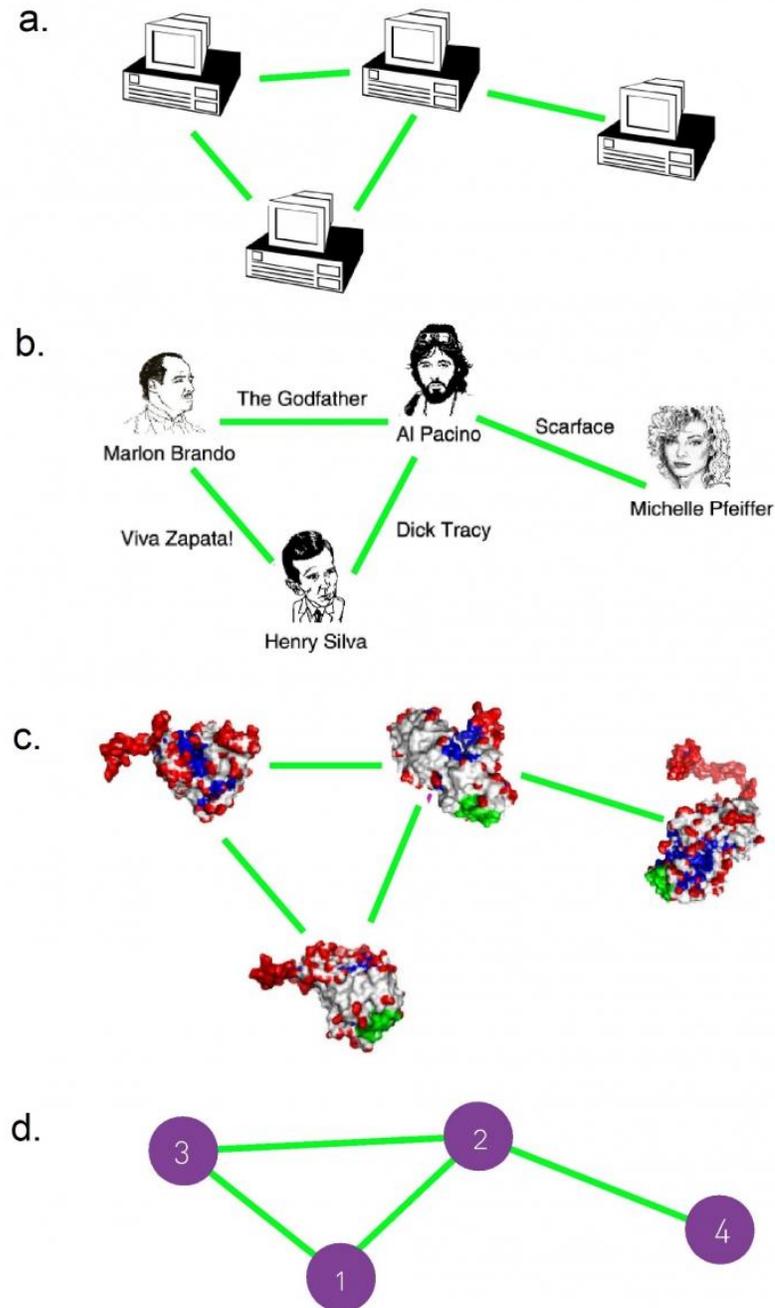
Evolutionäre Spieltheorie auf komplexen Netzwerken

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

Komplexe Netzwerke Knoten und Kanten



Different Networks, Same Graph

The figure shows a small subset of (a) the Internet, where routers (specialized computers) are connected to each other; (b) the Hollywood actor network, where two actors are connected if they played in the same movie; (c) a protein-protein interaction network, where two proteins are connected if there is experimental evidence that they can bind to each other in the cell. While the nature of the nodes and the links differs, these networks have the same graph representation, consisting of $N = 4$ nodes and $L = 4$ links, shown in (d).

Abbildung entnommen von:

Network Science by Albert-László Barabási

<http://networksciencebook.com/>

Viele der im Teil 2 behandelten Themen sind in diesem Buch ausführlich behandelt.

Theorie der komplexen Netzwerke (III)

(Beispiele unterschiedlicher komplexer Netzwerke)

- a) Nicht gerichtetes und ungewichtetes Netzwerk einer einzigen Knotenart.
- b) Nicht gerichtetes und ungewichtetes Netzwerk dreier verschiedener Knotenarten, wobei zusätzlich drei verschiedene Kantenarten existieren.
- c) Nicht gerichtetes aber gewichtetes Netzwerk. Sowohl die Knoten als auch die Kanten des Netzwerks besitzen zahlenmäßige Gewichtungen.
- d) Gerichtetes aber nicht gewichtetes Netzwerk. Es existiert nur eine Knoten- und gerichtete Kantenart.

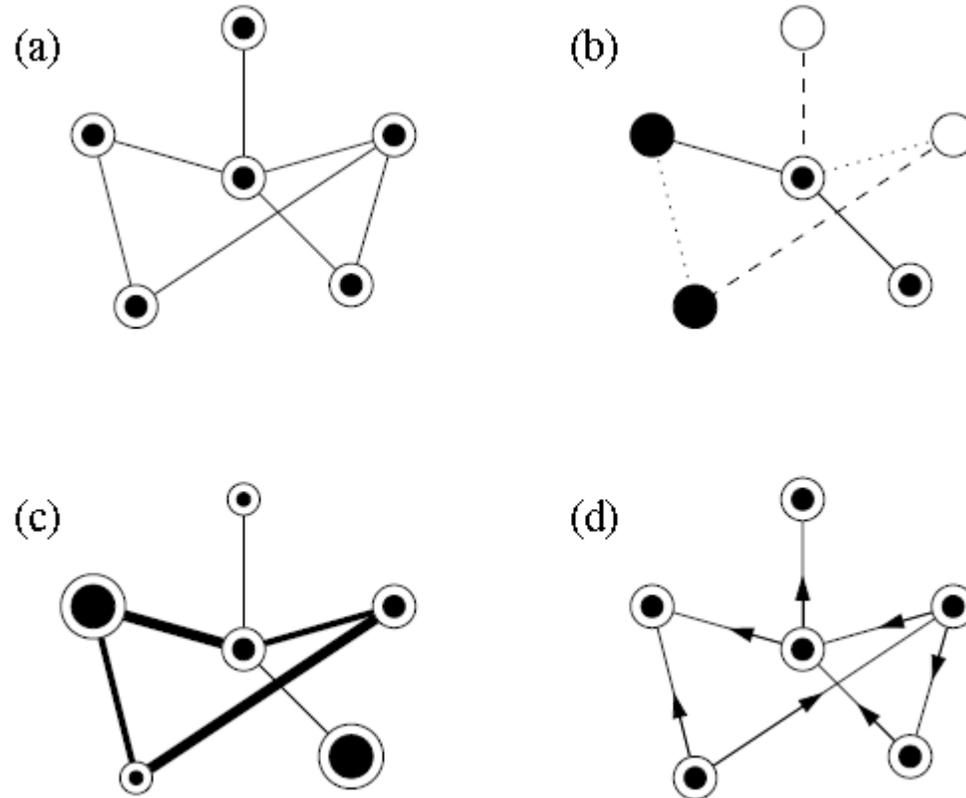


Abbildung: Unterschiedliche Netzwerktypen
Die Abbildung ist dem folgenden Artikel entnommen:
M. E. J. Newman,
„The structure and function of complex networks”

Netzwerk-Klassen

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften unterscheidet man die folgenden Netzwerk-Klassen:

i. Zufällige Netzwerke

Die einzelnen Kanten bei *zufälligen Netzwerke* werden von den Knoten (Spielern) nach einem rein zufälligen Muster ausgewählt.

ii. „Kleine Welt“-Netzwerke (small-world networks)

- i. „Kleine Welt“-Netzwerke zeichnen sich durch einen kleinen Wert der durchschnittlichen kürzesten Verbindung zwischen den Knoten des Netzwerkes und einem großen Wert des Clusterkoeffizienten aus.

iii. Exponentielle Netzwerke

iv. Skalenfreie Netzwerke

Wichtige Netzwerk charakterisierende Größen

Teil II.2 Einführung in die Theorie der komplexe Netzwerke - Mozilla Firefox

Teil II.2 Einführung in die T x +

https://itp.uni-frankfurt.de/~hاناuske/VPSOC/T2/II-2.html

170%

☆ 📄 🌐 ☰

Meistbesucht Getting Started

- **Der Knotengrad k_i**

Der Knotengrad des Knotens i ist gleich der Anzahl der Kanten die der Knoten i besitzt. Bei gerichteten Netzwerken unterscheidet man zwischen dem eingehenden k_i^{in} und ausgehenden Knotengrad k_i^{out} . Bei gewichteten Netzwerken summiert man über die Zahlenfaktoren der gewichteten Kanten.

- **Der durchschnittliche Knotengrad $\langle k \rangle$**

Der durchschnittliche Knotengrad eines ungerichteten Netzwerks $\langle k \rangle$ ist gegeben durch

$$\langle k \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_i = \frac{2L}{N}, \text{ wobei } L = \text{die gesamte Anzahl der Links (Kanten) des Netzwerks ist.}$$

- **Die Nachbarschaftsmatrix (Adjazenzmatrix) A_{ij}**

Die Nachbarschaftsmatrix des Netzwerkes beschreibt, welche Knoten des Graphen durch eine Kante verbunden sind. Zeigt eine Kante von Knoten j auf den Knoten i , dann ist der zugehörige Matrixwert $A_{ij} = 1$, wohingegen ein Eintrag $A_{ij} = 0$ bedeutet, dass keine Kante von j nach i zeigt. Bei ungerichteten Netzwerken ist die Nachbarschaftsmatrix symmetrisch. Der Knotengrad k_i des Knotens i (bzw. k_i^{in} und k_i^{out} bei gerichteten Graphen) lässt sich mittels der Nachbarschaftsmatrix wie folgt bestimmen: $k_i = \sum_{j=1}^N A_{ij}$ ($k_i^{\text{in}} = \sum_{j=1}^N A_{ij}$ und $k_i^{\text{out}} = \sum_{j=1}^N A_{ji}$ bei gerichteten Graphen), wobei die gesamte Anzahl der Kanten sich wie folgt bestimmen lässt: $L = \sum_{i,j=1}^N A_{ij}/2$ und die Größe N die Anzahl der Knoten des Netzwerkes bezeichnet. In gewichteten Netzwerken sind die Einträge der Nachbarschaftsmatrix nicht mehr auf Null und Eins beschränkt $A_{ij} = w_{ij}$.

- **Die Verteilungsfunktion der Knotengrade $P(k) = N(k)/N$**

Zufällige Netzwerke

Verteilungsfunktion
der Knotengrade

$$P(k)$$

bzw. $N(k) := N * P(k)$

VI. CLASSICAL RANDOM GRAPHS, THE ERDÖS-RÉNYI MODEL

The simplest and most studied network with undirected edges was introduced by Erdős and Rényi (ER model) [77,78]. In this network:

- (i) the total number of vertices, N , is fixed;
- (ii) the probability that two arbitrary vertices are connected equals p .

One sees that, on average, the network contains $pN(N-1)/2$ edges. The degree distribution is binomial,

$$P(k) = \binom{N-1}{k} p^k (1-p)^{N-1-k}, \quad (4)$$

so the average degree is $\bar{k} = p(N-1)$. For large N , the distribution, Eq. (4) takes the Poisson form,

$$P(k) = e^{-\bar{k}} \bar{k}^k / k!. \quad (5)$$

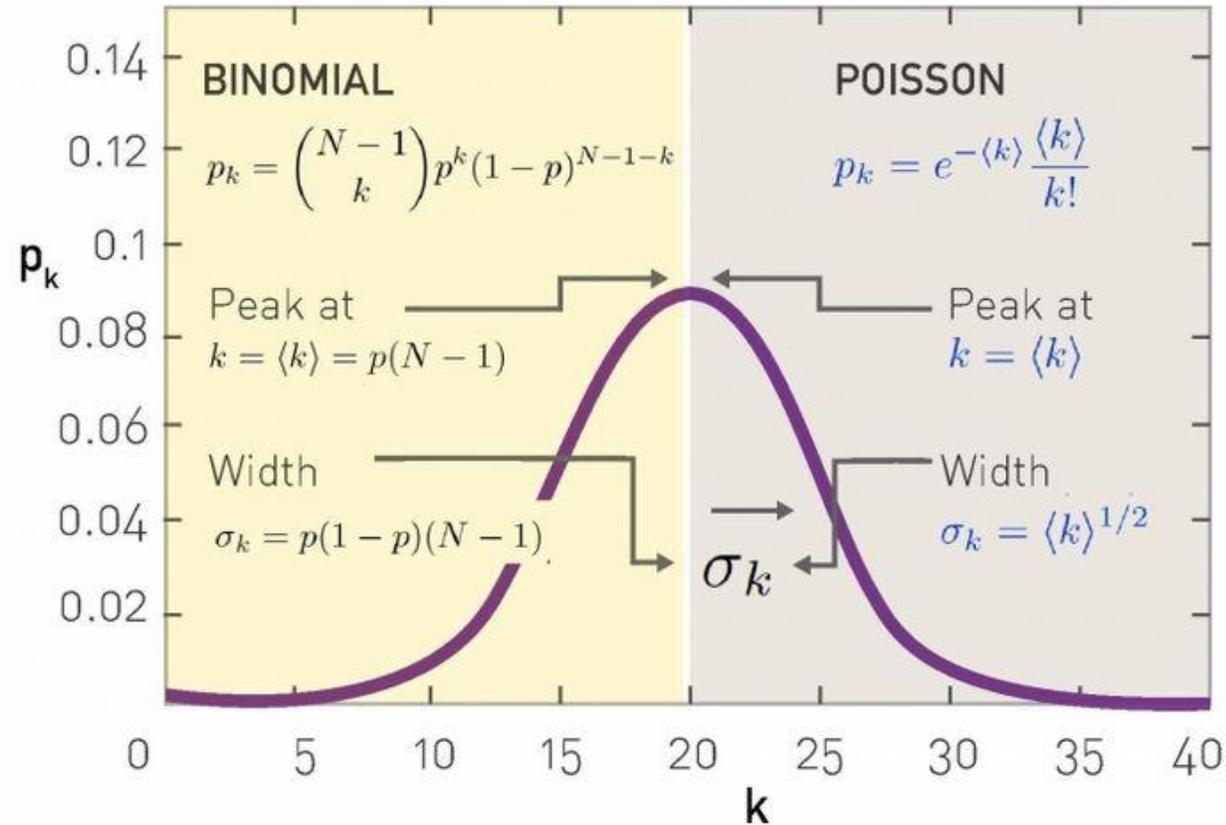


Image 3.4

Binomial vs. Poisson Degree Distribution

The exact form of the degree distribution of a random network is the binomial distribution (left half). For $N \gg \langle k \rangle$ the binomial is well approximated by a Poisson distribution (right half). As both formulas describe the same distribution, they have the identical properties, but they are expressed in terms of different parameters: The binomial distribution depends on p and N , while the Poisson distribution has only one parameter, $\langle k \rangle$. It is this simplicity that makes the Poisson form preferred in calculations.

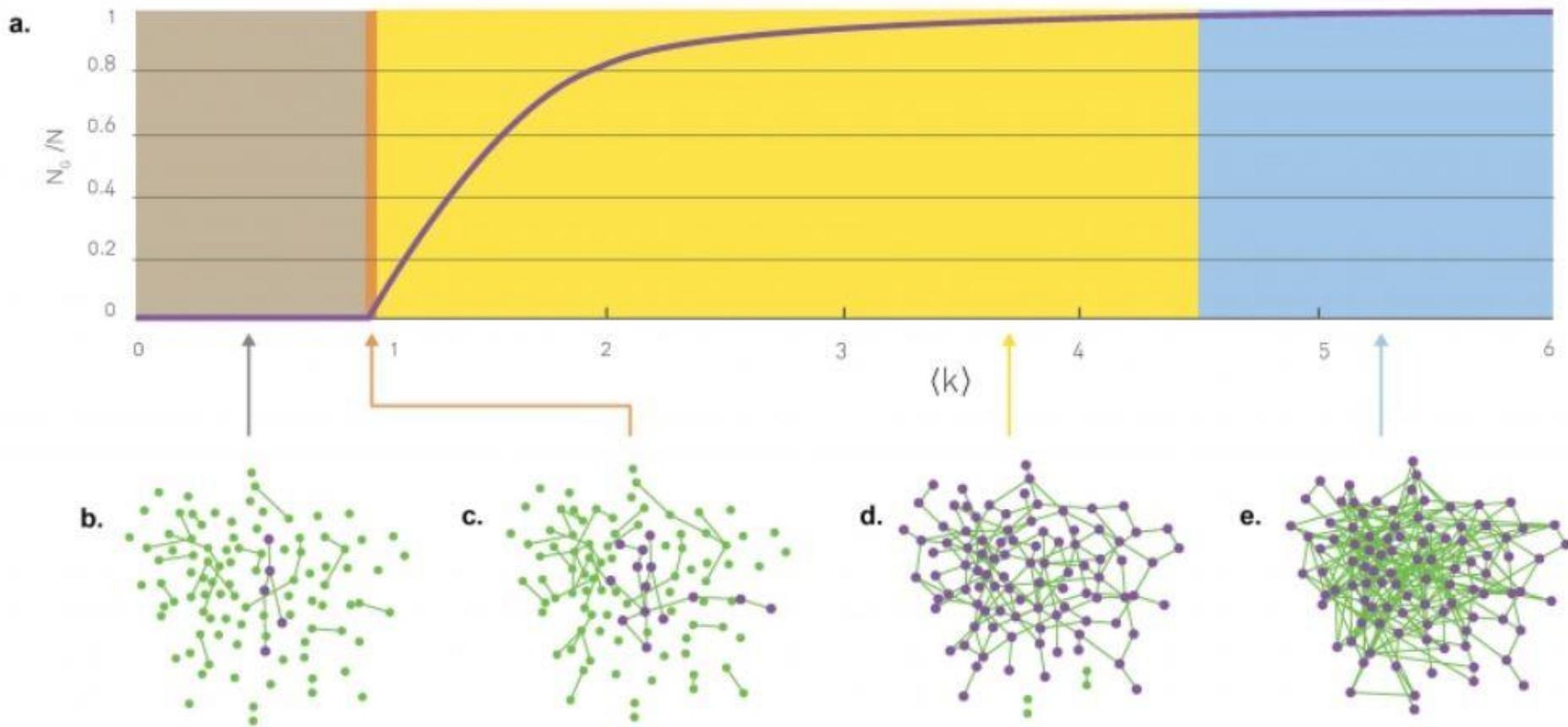


Image 3.7

Evolution of a Random Network

- The relative size of the giant component in function of the average degree $\langle k \rangle$ in the Erdős-Rényi model. The figure illustrates the phase transition at $\langle k \rangle = 1$, responsible for the emergence of a giant component with nonzero N_G
- A sample network and its properties in the four regimes that characterize a random network.

Jupyter Notebook: RandomNetworks.ipynb

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

Zweiter Vorlesungsteil:

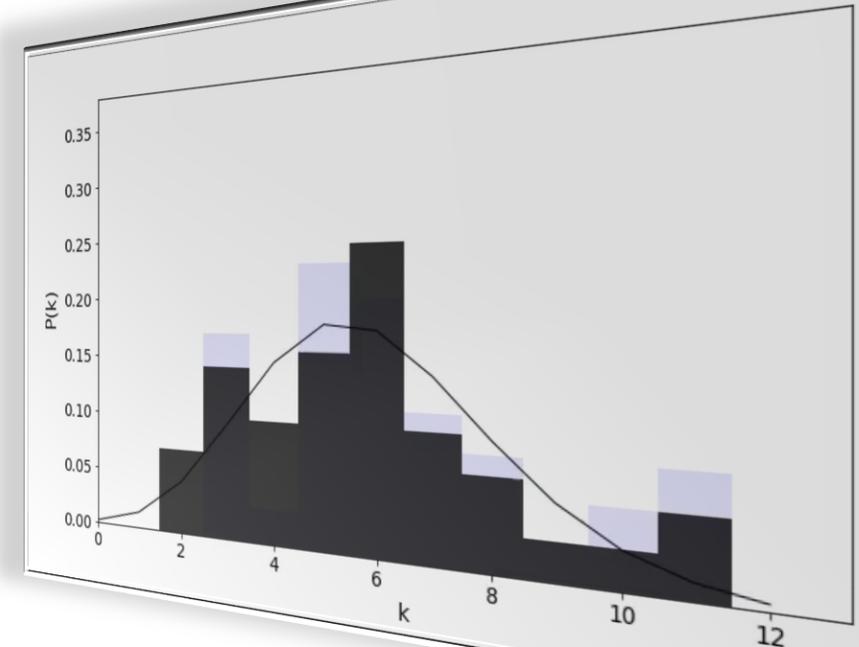
Zufällige komplexe Netzwerke (random networks)

Einführung

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften unterscheidet man die folgenden Netzwerk-Klassen: Zufällige Netzwerke (Random Networks: Die einzelnen Kanten bei zufälligen Netzwerke werden von den Knoten (Spielern) nach einem rein zufälligen Muster ausgewählt), Kleine Welt-Netzwerke (Small World Networks, Kleine Welt-Netzwerke zeichnen sich durch einen kleinen Wert der durchschnittlichen kürzesten Verbindung zwischen den Knoten des Netzwerkes und einem großen Wert des Clusterkoeffizienten aus), Exponentielle Netzwerke (Exponential Networks) und Skalenfreie Netzwerke (Scale-Free Networks).

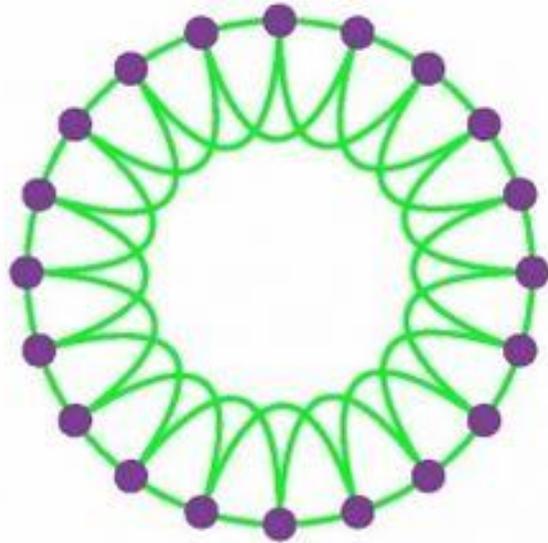
Bei einigen Modellnetzwerken können analytische Ergebnisse gewonnen werden. Im folgenden betrachten wir die Klasse der zufällige Netzwerke. Die einzelnen Kanten bei zufälligen Netzwerken werden von den Knoten (Spielern) nach einem rein zufälligen Muster ausgewählt. Im Erdos-Renyi Modell (Erdos and Renyi, 1959) werden N Knoten zufällig mit L ungerichteten Kanten verbunden. Die Wahrscheinlichkeit p , das ein Knoten mit dem anderen verbunden ist demnach $p = \frac{2L}{N(N-1)}$. Die Verteilungsfunktion der Knotengrade $P(k)$ ist binomialverteilt:

$$P(k) = N(k)/N = \binom{N-1}{k} p^k (1-p)^{N-1-k}$$



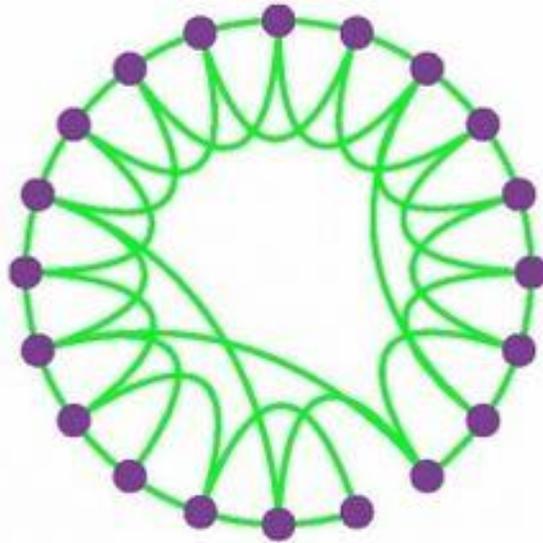
a.

REGULAR



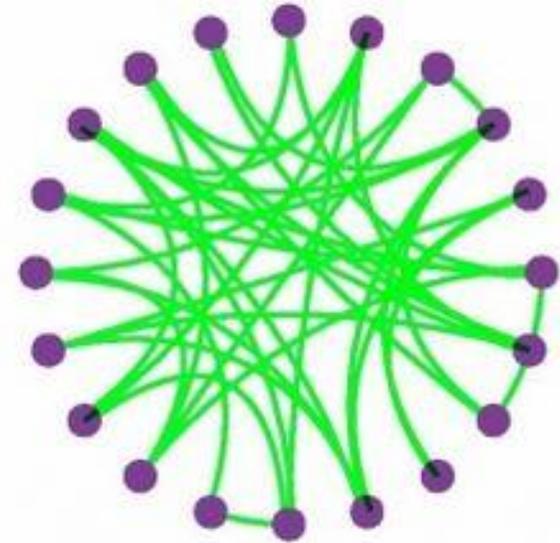
b.

SMALL-WORLD



c.

RANDOM



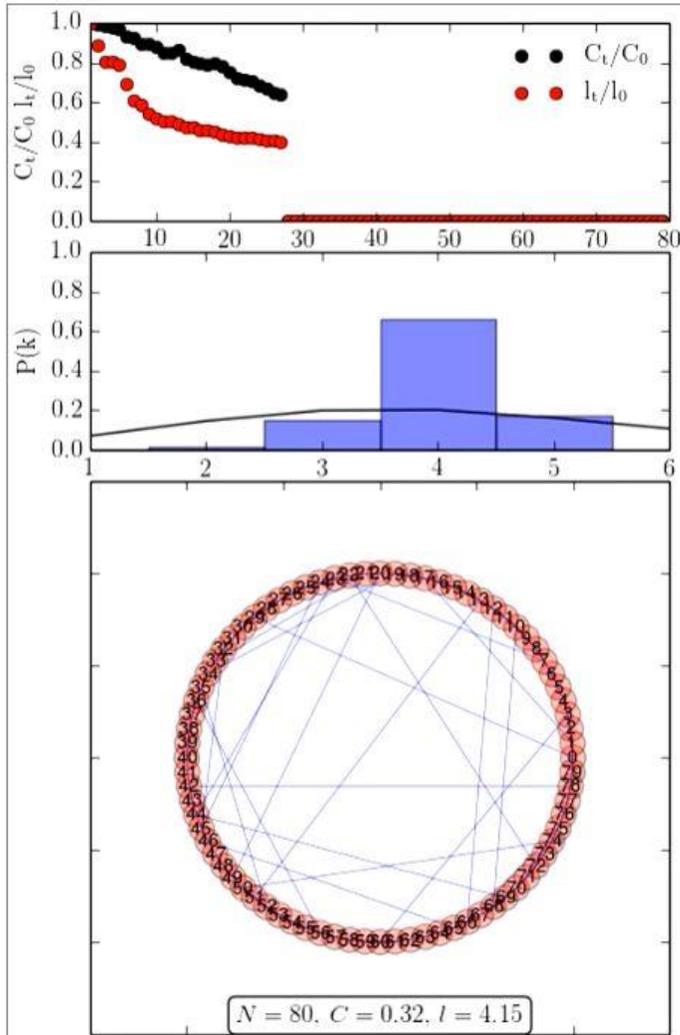
$p = 0$



$p = 1$

Increasing randomness

II.2.2 Kleine Welt Netzwerke (Small-World Networks)



Übergang zwischen einem regulären Netzwerk, einem *Kleine Welt* Netzwerk und einem zufälligen Netzwerk (Python Skript [VPSOC-SmallWorld-Network_evol.py](#)).

Kleine Welt-Netzwerke zeichnen sich durch einen kleinen Wert der durchschnittlichen kürzesten Verbindung zwischen den Knoten des Netzwerkes und einem großen Wert des Clusterkoeffizienten aus. Ein einfaches Modell welches den Übergang von einem Netzwerk mit regulärer Struktur (Gitter-ähnlicher Struktur) über ein *kleines Welt* Netzwerk hin zu einem zufälligen Netzwerk veranschaulicht, wurde von Watts und Strogatz im Jahre 1998 vorgestellt: Im einfachsten Fall startet man hierbei mit einem eindimensionalen Gitter-Netzwerk mit N Knoten, wobei jeder Knoten mit seinen K -nächsten Nachbarn (hier speziell $K=2$) verbunden ist. Nun löscht man mit der Wahrscheinlichkeit p jede der existierenden Verbindungen (Kanten) und stellt eine neue Kante im Netzwerk in zufälliger Weise her. Für $p=0$ bleibt die ursprüngliche Gitterstruktur erhalten und für $p=1$ erzeugt man ein vollständig zufälliges Netzwerk. Watts und Strogatz konnten in ihrem Modell zeigen, dass man schon für kleine p ($0 < p \ll 1$) ein *kleines Welt*-Netzwerk erzeugt, das durch einen kleinen Wert der durchschnittlichen kürzesten Verbindung zwischen den Knoten und einem großen Wert des Clusterkoeffizienten gekennzeichnet ist.

Die linke, nebenstehende Abbildung zeigt eine Animation eines leicht abgeänderten Watts-Strogatz Modells. Zum Zeitpunkt $t=0$ startet man wiederum mit einer regulären Gitterstruktur (hier $N=80, K=2$). Zu jedem folgenden Zeitpunkt wird nun zufällig eine Kante im Netzwerk ausgewählt, die in zufälliger Weise neu angeordnet wird. Im Laufe der Zeitentwicklung erkennt man, dass sich die Verteilungsfunktion der Knotengrade immer mehr an die binomialverteilte Funktion des zufälligen Netzwerkes annähert ($P(k)$, siehe schwarze Kurve im mittleren Diagramm in der linken Animation). Im oberen Diagramm der linken Animation ist hingegen der normierte Wert des Clusterkoeffizienten (C_t/C_0 , schwarze Punkte) und der normierte Wert der durchschnittlichen kürzesten Verbindung zwischen den Knoten des Netzwerkes (l_t/l_0 , rote Punkte) als Funktion des Iterationszeitpunktes t dargestellt. Man erkennt, dass sich l_t schon nach wenigen Iterationsschritten schnell verkleinert - im Bereich $5 < t < 20$ hat das Netzwerk eine klare *Kleine Welt*-Struktur. Für große Zeiten nähert sich das Netzwerk immer weiter einem zufälligen Netzwerk an.

Neben den hier dargestellten Netzwerkeigenschaften von zufälligen und kleinen Welt Netzwerken findet sich eine ausführliche Darstellung in [Chapter 3: Albert-Laszlo Barabasi, Network Science](#). In der Section 3

Jupyter Notebook: SmallWorldNetworks.ipynb

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

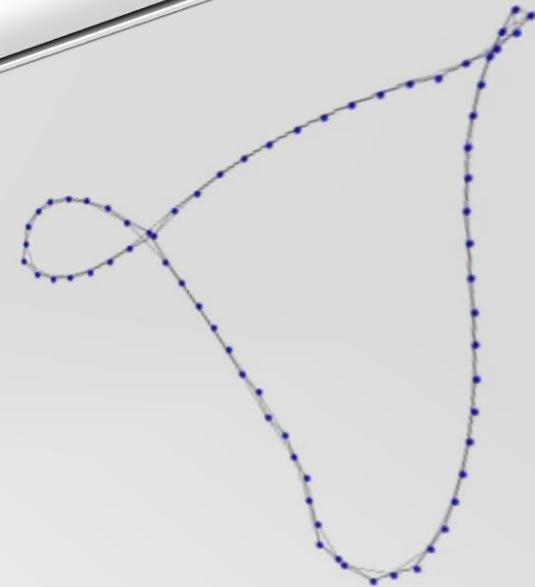
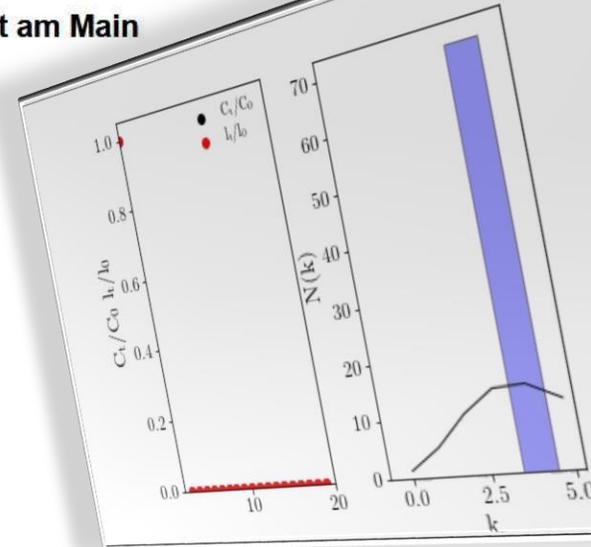
Zweiter Vorlesungsteil:

Kleine Welt Netzwerke (small world networks)

Einführung

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften unterscheidet man die folgenden Netzwerk-Klassen: Zufällige Netzwerke (Random Networks: Die einzelnen Kanten bei zufälligen Netzwerke werden von den Knoten (Spielern) nach einem rein zufälligen Muster ausgewählt), Kleine Welt-Netzwerke (Small World Networks, Kleine Welt-Netzwerke zeichnen sich durch einen kleinen Wert der durchschnittlichen kürzesten Verbindung zwischen den Knoten des Netzwerkes und einem großen Wert des Clusterkoeffizienten aus), Exponentielle Netzwerke (Exponential Networks) und Skalenfreie Netzwerke (Scale-Free Networks). Bei einigen Modellnetzwerken können analytische Ergebnisse gewonnen werden. Im folgenden betrachten wir die Klasse der kleinen Welt Netzwerke.

"Kleine Welt"-Netzwerke zeichnen sich durch einen kleinen Wert der durchschnittlichen kürzesten Verbindung zwischen den Knoten des Netzwerkes und einem großen Wert des Clusterkoeffizienten aus. Ein einfaches Modell welches den Übergang von einem Netzwerk mit regulärer Struktur (Gitter-ähnlicher Struktur) über ein "kleines Welt"-Netzwerk hin zu einem zufälligen Netzwerk veranschaulicht, wurde von Watts und Strogatz im Jahre 1998 vorgestellt. Im einfachsten Fall startet man hierbei mit einem eindimensionalen Gitter-Netzwerk mit N Knoten, wobei jeder Knoten mit seinen K -nächsten Nachbarn (im folgenden Beispiel speziell $K=2$) verbunden ist. Nun löscht man mit der Wahrscheinlichkeit p jede der existierenden Verbindungen (Kanten) und stellt eine neue Kante im Netzwerk in zufälliger Weise her. Für $p=0$ bleibt die ursprüngliche Gitterstruktur erhalten und für $p=1$ erzeugt man ein vollständig verbundenes Netzwerk. Watts und Strogatz konnten in ihrem Modell zeigen, dass man schon für kleine p ($0 < p \ll 1$) ein "kleines Welt"-Netzwerk erzeugt, das durch einen kleinen Wert der durchschnittlichen kürzesten Verbindung zwischen den Knoten und einem großen Wert des Clusterkoeffizienten gekennzeichnet ist. Im folgenden



Network Science

by Albert-László Barabási

Personal Introduction

1. Introduction

2. Graph Theory

3. Random Networks

4. The Scale-Free Property

5. The Barabási-Albert Model

6. Evolving Networks

7. Degree Correlations

8. Network Robustness

9. Communities

10. Spreading Phenomena

Preface

<http://networksciencebook.com/>

Start Reading

English

Русский

Magyar

فارسی

日本語

Section 3.2

The Random Network Model

Wie erzeugt man mittels eines mathematischen Algorithmus ein zufälliges Netzwerk (siehe Box 3.1)

Section 3.4

Degree Distribution

Wie sieht die Verteilungsfunktion der Knotengrade in zufällige Netzwerken aus (siehe Image 3.4 Binomial vs. Poisson Degree Distribution)

Section 3.5

Real Networks are Not Poisson

Vergleich: Real existierende Netzwerke \leftrightarrow Zufällige Netzwerke (siehe Image 3.6 Degree Distribution of Real Networks)

Section 3.6

The Evolution of a Random Network

Relativen Größe des Hubs (grösster verbundener Knotencluster) hängt von dem durchschnittlichen Knotengrad des Netzwerkes ab.
Definition von unterschiedlichen Regimen in zufälligen Netzwerken (subcritical, supercritical, fully connected) (siehe Image 3.7 Evolution of a Random Network)

Section 3.7

Real Networks are Supercritical

Sind real existierende Netzwerke subcritical, supercritical oder fully connected? (siehe Table 3.1 Are Real Networks Connected? und Image 3.9 Most Real Networks are Supercritical)

Section 3.8

Small Worlds

Definition der kleinen Welt Eigenschaft in komplexen Netzwerken "In the language of network science the small world phenomenon implies that the distance between two randomly chosen nodes in a network is short." Mittlerer Abstand zwischen zwei Knoten im Netzwerk $\langle d \rangle$ bestimmt die Eigenschaft von kleinen Welt Netzwerken (siehe Image 3.10 Six Degree of Separation and Image 3.11 Why are Small Worlds Surprising? und Table 3.2 Six Degrees of Separation)

Section 3.9

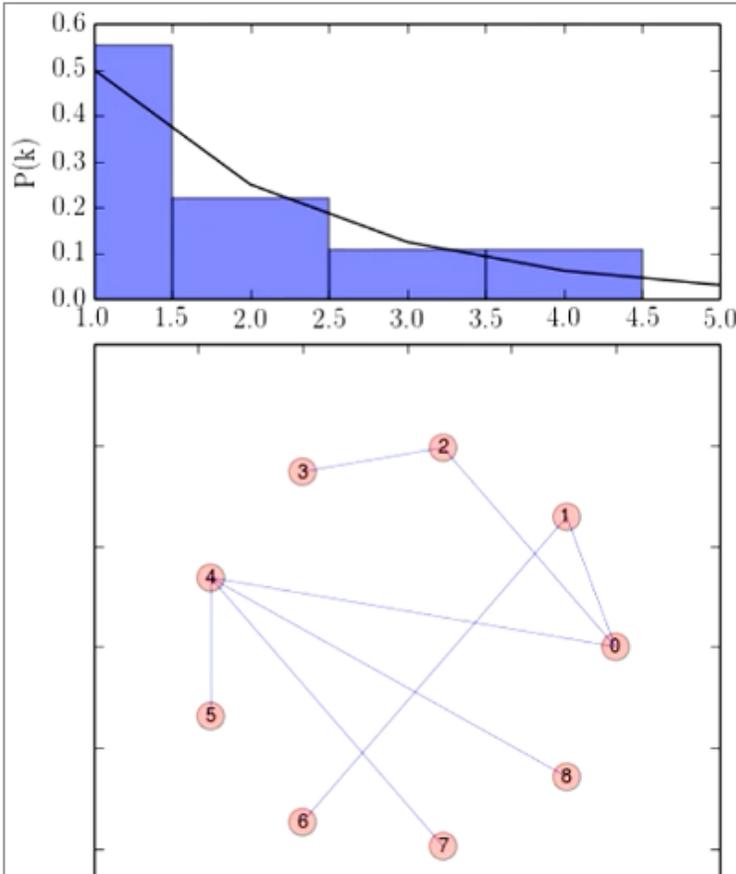
Clustering Coefficient

Der Clusterkoeffizient in real existierenden und zufälligen Netzwerken (siehe Image 3.13 Clustering in Real Networks und Box 3.9 Watts-Strogatz Model)

Vorlesung 7

In dieser Vorlesung werden die Eigenschaften von *exponentiellen* und *skalenfreien* Netzwerken thematisiert und die zugrundeliegenden Prinzipien ihrer Entstehung besprochen.

Exponentielle Netzwerke



Die nebenstehende Abbildung veranschaulicht die iterative Erzeugung eines exponentiellen Netzwerkes mittels eines zeitlichen Anwachsens der Netzwerkknoten. Zur Zeit $t=0$ besteht das Netzwerk aus lediglich zwei Knoten (Knoten 0 und Knoten 1), welche durch eine ungerichtete Kante miteinander verbunden sind. Diesem Netzwerk fügt man nun in jedem Zeitabschnitt $\Delta t = 1$ einen weiteren Knoten hinzu und verbindet diesen in zufälliger Weise mit einem der Knoten des bestehenden Netzwerkes. Das erste Bild der Animation veranschaulicht das Netzwerk zur Zeit $t=1$, wobei sich durch Zufall der neue Knoten (Knoten 2) mit dem Knoten 0 verlinkt hat. Im Laufe der Zeit entwickelt sich ein *exponentielles Netzwerk* dessen Struktur im unteren Bild der nebenstehenden Animation im NetworkX-'shell layout' dargestellt ist. Die Verteilungsfunktion der Knotengrade (blaue Balken im oberen Bild der Animation) nähert sich für große Zeiten dem folgenden exponentiellen Verlauf an: $P(k) = 2^{-k}$ (siehe schwarze Kurve im oberen Bild). Obwohl sich die in das Netzwerk hinzugefügten Knoten in rein zufälliger Weise mit dem Rest des Netzwerkes verlinken, entsteht eine Verteilungsfunktion der Knotengrade, die sehr unterschiedlich zu dem

Vorlesung 7

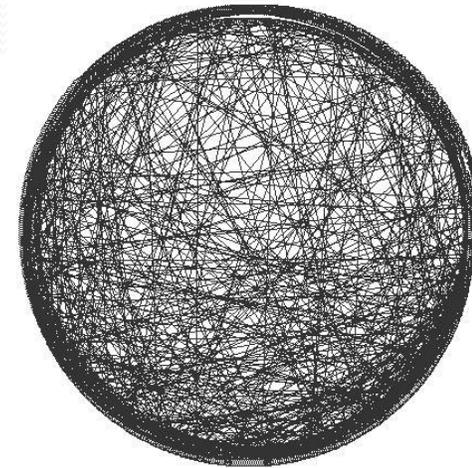
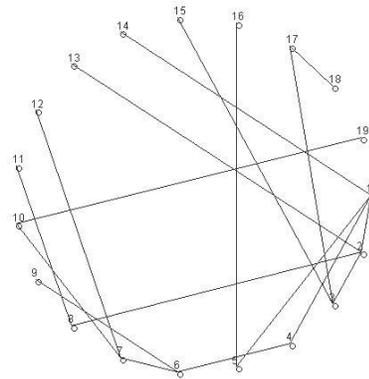
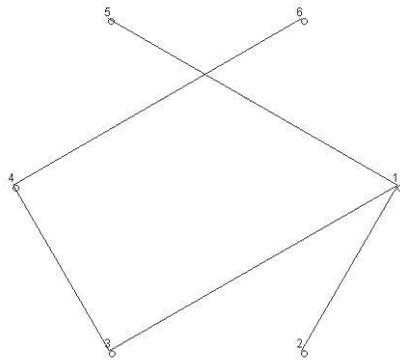
In der vorigen Vorlesung hatten wir die beiden Netzwerk-Klassen der zufälligen und 'kleine Welt' Netzwerke kennengelernt. In dieser Vorlesung befassen wir uns mit den Eigenschaften von *exponentiellen* und *skalenfreien* Netzwerken. In exponentiellen und skalenfreien Netzwerken besitzen sehr viele Knoten wenig Kanten und einige wenige Knoten sehr viele Kanten. Im Gegensatz zu zufälligen Netzwerken ist die Verteilungsfunktion der Knotengrade ($P(k)$) somit nicht binomialverteilt, sondern folgt einem anderen mathematischen Verhalten.

Exponentielle Netzwerke entstehen auf natürliche Weise mittels eines zeitlichen Anwachsens der Netzwerkknoten. Betrachtet man z.B. ein Netzwerk, das zunächst nur aus einer geringen Anzahl von Knoten und Kanten besteht und fügt diesem Netzwerk nach und nach weitere Netzwerk Knoten hinzu, wobei man jeden neuen Knoten in zufälliger Weise mit einem der Knoten des bestehenden Netzwerkes verlinkt, so erhält man ein exponentielles Netzwerk (siehe Animation im linken Panel dieser Vorlesung). Die Verteilungsfunktion der Knotengrade bei exponentiellen Netzwerken folgt näherungsweise dem folgenden mathematischen Gesetz: $P(k) = 2^{-k}$.

Die Klasse der *skalenfreien Netzwerke* ist die wohl wichtigste aller Netzwerk-Klassen da diese topologische Eigenschaft in vielen real existierenden Netzwerken realisiert ist (siehe Table 4.1: Albert-Laszlo Barabasi, Network Science). Die Verteilungsfunktion der Knotengrade von skalenfreien Netzwerken wird mathematisch durch eine 'power-law distribution' beschrieben ($P(k) \sim k^{-\gamma}$), wobei viele real existierende komplexe Netzwerke einen Exponenten γ im folgenden Wertebereich besitzen $2 < \gamma < 3$. Die Bezeichnung *skalenfrei* gründet hierbei auf der

Exponentielle und Skalenfreie Netzwerke

- Bei exponentiellen und Skalenfreien Netzwerken besitzen viele Knoten wenig Kanten und einige wenige Knoten sehr viele Kanten.
- Im folgenden wollen wir die Konstruktion eines solchen Netzwerks mittels einer Computersimulation betrachten:



Jupyter Notebook: ExpScaleFreeNetworks.ipynb

Konstruktion eines
exponentiellen Netzwerkes

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

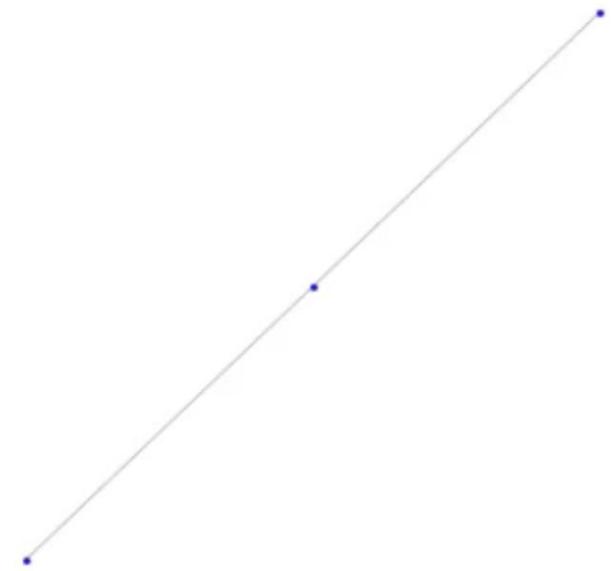
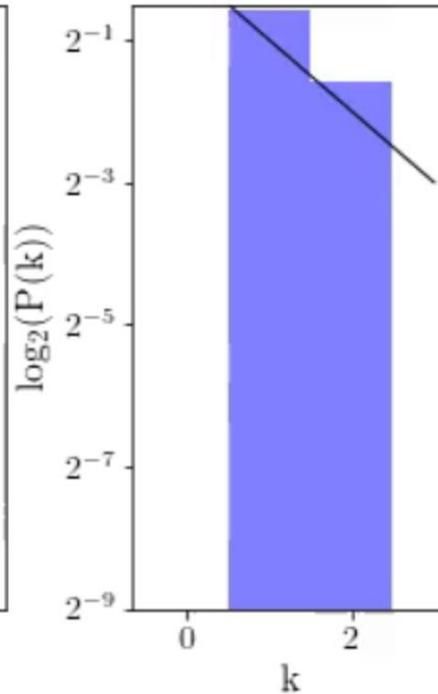
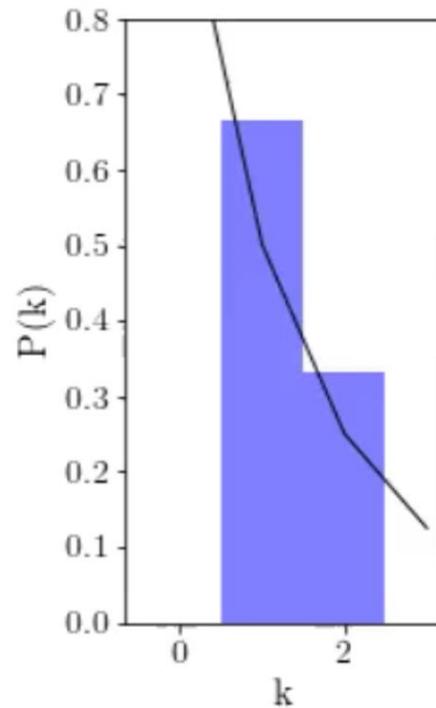
W.Goethe-Universität in Frankfurt am Main

Vorlesung gehalten an
(Wintersemester 2020/21)

von Dr.phil.nat. Dr.r.
Frankfurt am Main

Zweiter Vorlesung

Exponentielle und



Konstruktion eines Skalenfreien Netzwerks

Das im folgenden konstruierte skalenfreie Netzwerk besitzt zwei wesentliche Eigenschaften:

- Zeitliches Anwachsen der Knoten
- Die Kantenwahl eines neu in das Netzwerk hinzukommenden Knotens erfolgt nach dem Prinzip des „Preferential Attachment“ (Die Knoten die schon viele Kanten haben bekommen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eine neue Kante, als die Knoten die bisher keinen, oder wenige Kanten aufweisen können)

Das Java-Applet der Netzwerksimulation

The screenshot shows a Java applet window titled "Applet Netzwerk3 started". The interface is divided into several sections:

- Network Graph:** A large, dense, circular network graph on the left side.
- Controls:** "Start" and "Stop" buttons in the center.
- Parameters:** Input fields for "Erscheinung" (set to 200), "Anz. Zitate pro Periode (z)" (set to 1), "Anz. Papers pro Periode (M)" (set to 1), and "Anfangszitate (k0)" (set to 1).
- Thread counter:** "Thread counter t= 645".
- Data Table:** A table showing network statistics over time (t=0 to t=11).
- Plots:** Six plots arranged in a 2x3 grid, showing the evolution of network statistics over time.

t	N(t)	log(N(t))
0	336	5.817111159963204
1	150	5.0106352940962555
2	75	4.31748811353631
3	42	3.7376696182832684
4	12	2.4849066497880004
5	18	2.8903717578961645
6	5	1.6094379124341003
7	6	1.791759469228055
8	0	-Infinity
9	1	0.0
10	0	-Infinity
11	0	-Infinity

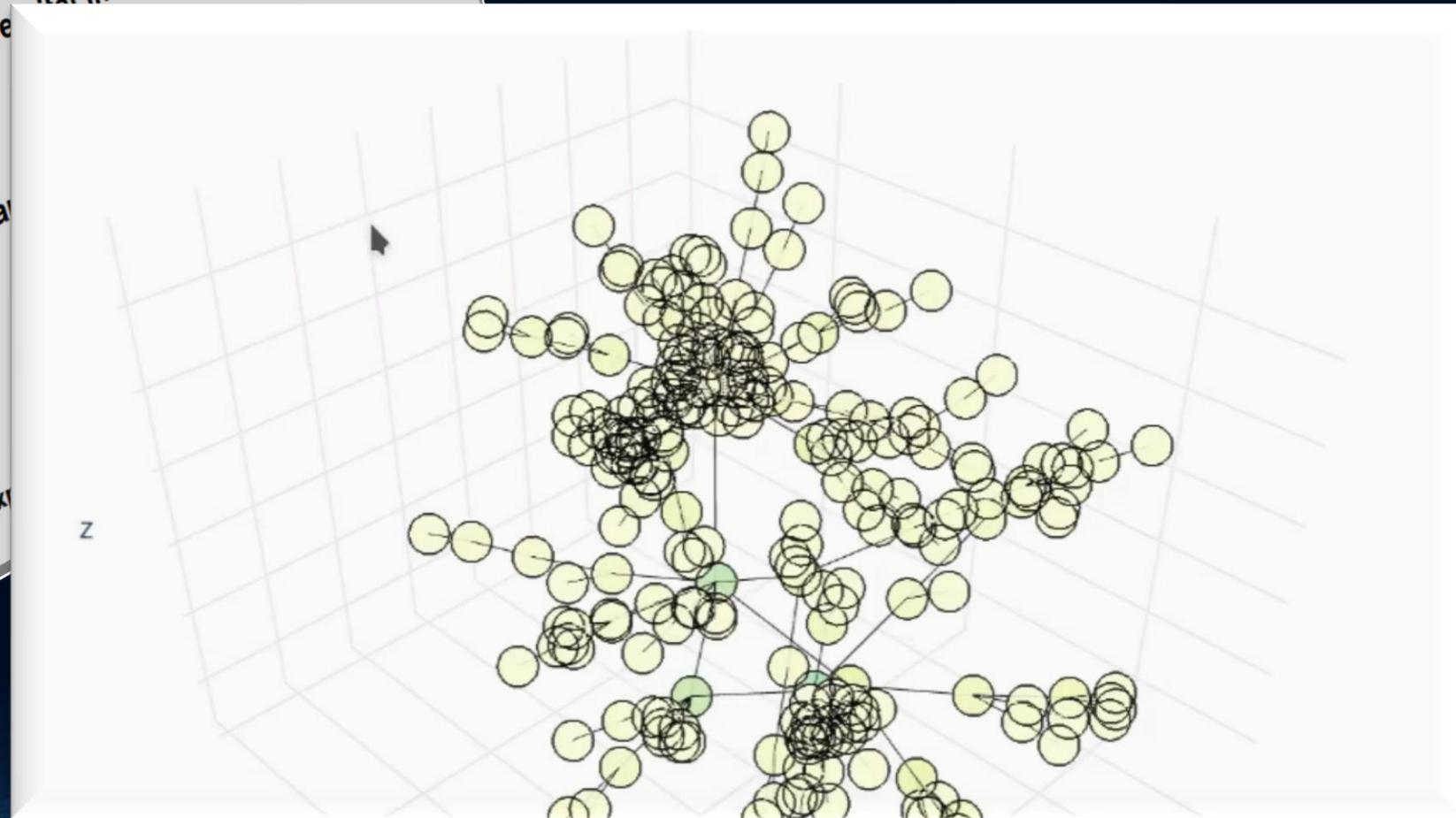
The plots show the following data series:

- Top-left: $N(k)$ vs k (blue dots)
- Top-middle: $\ln(N(k))$ vs k (blue dots)
- Top-right: $\ln(N(\ln(k)))$ vs k (blue dots)
- Bottom-left: $N(k)$ vs k (red dots)
- Bottom-middle: $\ln(N(k))$ vs k (red dots)
- Bottom-right: $\ln(N(\ln(k)))$ vs k (red dots)

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 Hana
Frankfurt am Main 02.11.2020
Zweiter Vorlesungsteil:
Exponentielle und skalenfreie Netzwerke (exp

Jupyter Notebook:
ExpScaleFreeNetworks.ipynb

Bild eines
skalenfreien Netzwerkes



Diameter of the World-Wide Web

Despite its increasing role in communication, the World-Wide Web remains uncontrolled: any individual or institution can create a website with any number of documents and links. This unregulated growth leads to a huge and complex web, which becomes a large directed graph whose vertices are documents and whose edges are links (URLs) that point from one document to another. The topology of this graph determines the web's connectivity and consequently how effectively we can locate information on it. But its enormous size (estimated to be at least 8×10^8 documents¹) and the continual changing of documents and links make it impossible to catalogue all the vertices and edges.

The extent of the challenge in obtaining a complete topological map of the web is illustrated by the limitations of the commercial search engines: Northern Light, the search engine with the largest coverage, is estimated to index only 38% of the web¹. Although much work has been done to map and characterize the Internet's infrastructure², little is known about what really matters in the search for information — the topology of the web. Here we take a step towards filling this gap: we have used local connectivity measurements to construct a topological model of the World-Wide Web,

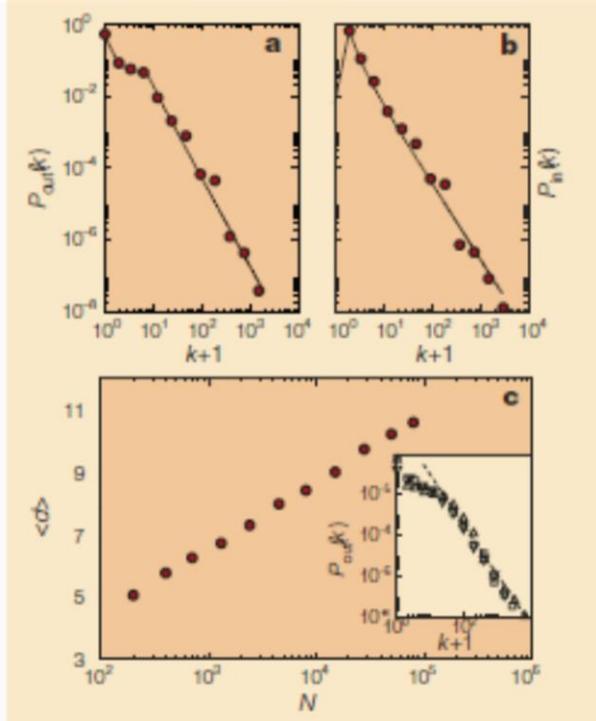


Figure 1 Distribution of links on the World-Wide Web. **a**, Outgoing links (URLs found on an HTML document); **b**, incoming links (URLs pointing to a certain HTML document). Data were obtained from the complete map of the nd.edu domain, which contains 325,729 documents and 1,469,680 links. Dotted lines represent analytical fits used as input distributions in constructing the topological model of the web; the tail of the distributions follows $P(k) \sim k^{-\gamma}$, with $\gamma_{out} = 2.45$ and $\gamma_{in} = 2.1$. **c**, Average of the shortest path between two documents as a function of system size, as predicted by the model. To check the validity of our predictions, we determined d for documents in the domain nd.edu. The measured $\langle d_{nd.edu} \rangle = 11.2$ agrees well with the prediction $\langle d_{5 \times 10^5} \rangle = 11.6$ obtained from our model. To show that the power-law tail of $P(k)$ is a universal feature of the web, the inset shows $P_{out}(k)$ obtained by starting from whitehouse.gov (squares), yahoo.com (triangles) and snu.ac.kr (inverted triangles). The slope of the dashed line is $\gamma_{out} = 2.45$, as obtained from nd.edu in **a**.

A particularly important quantity in a search process is the shortest path between two documents, d , defined as the smallest number of URL links that must be followed to navigate from one document to the other. We find that the average of d over all pairs of vertices is $\langle d \rangle = 0.35 + 2.06 \log(N)$ (Fig. 1c), indicating that the web forms a small-world network^{5,7}, which characterizes social or biological systems. For $N = 8 \times 10^8$, $\langle d_{web} \rangle = 18.59$; that is, two randomly chosen documents on the web are on average 19 clicks away from each other.

**Réka Albert, Hawoong Jeong,
Albert-László Barabási**

*Department of Physics, University of Notre Dame,
Notre Dame, Indiana 46556, USA*
e-mail: alb@nd.edu

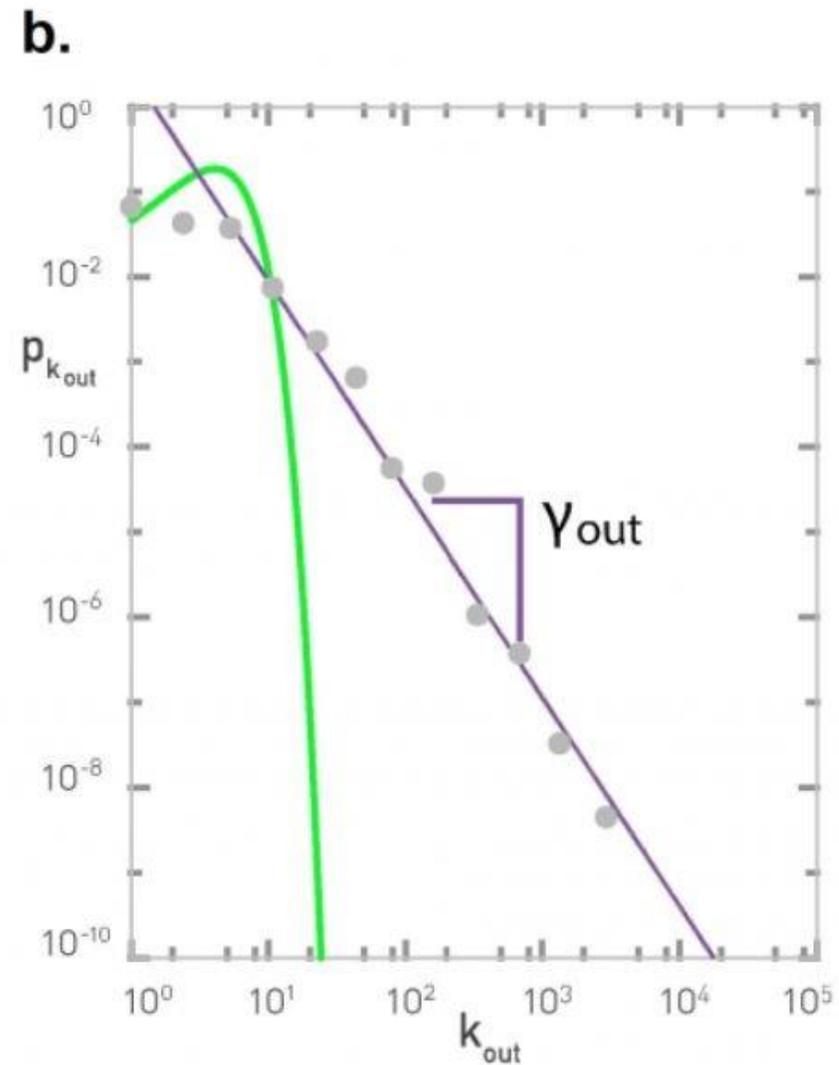
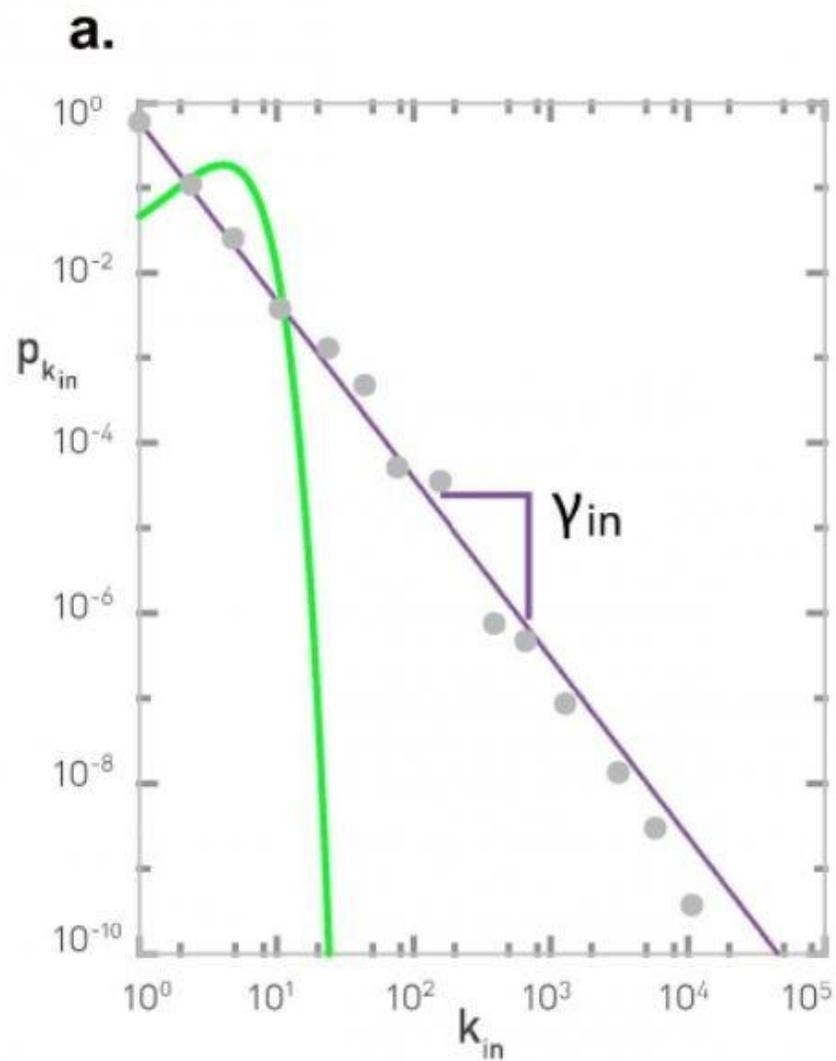


Image 4.2

The Degree Distribution of the WWW

The incoming (a) and outgoing (b) degree distribution of the WWW sample mapped in the 1999 study of Albert *et al.* [1].

The degree distribution is shown on double logarithmic axis (log-log plot), in which a power law follows a straight line.

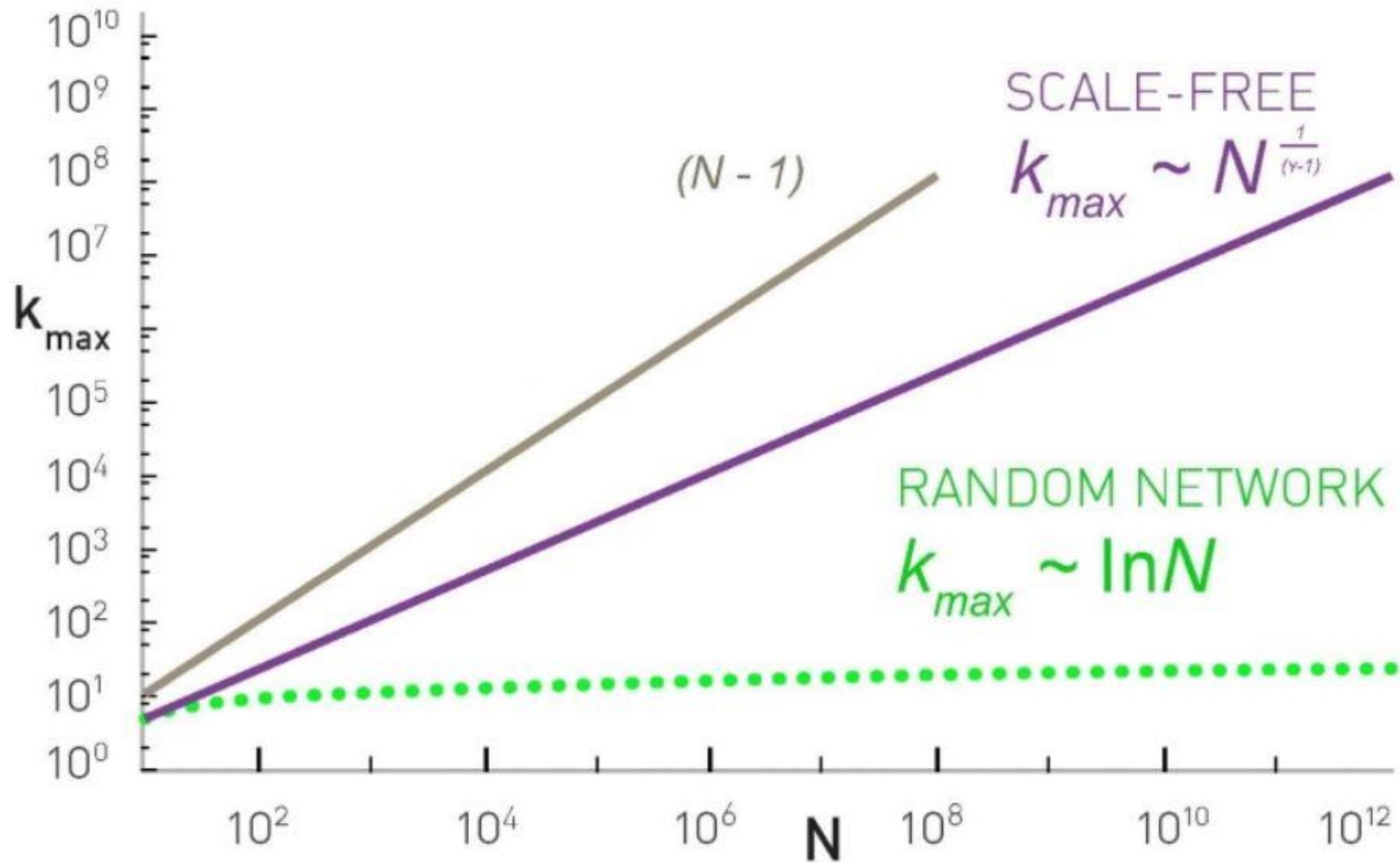


Image 4.5

Hubs are Large in Scale-free Networks

Image 4.2

Die Verteilungsfunktion der Knotengrade des Internets (WWW, links zwischen Internetseiten, gerichtetes Netzwerk) wird mathematisch durch eine „power-law distribution“ beschrieben.

Image 4.4 und 4.5

In skalenfreien Netzwerken entstehen sehr große Hubs (Hauptunterschied zu zufälligen Netzwerken)

Section 4.4:

Was bedeutet „skalenfrei“?

Tabelle 4.1, Image 4.7 und 4.8:

Skalenfreie Netzwerke mit $\gamma < 3$ besitzen keine sinnvolle interne Knotengradskala. Greift man zufällig einen Knoten aus dem Netzwerk, so kann man seinen Knotengrad nicht vorher einschränken; er kann sehr klein oder sehr sehr groß sein. Die Standardabweichung der Knotengrade divergiert sogar für $N \rightarrow \infty$.

Universality Section 4.5, Box 4.2:

Man beobachtet die skalenfreie Eigenschaft in vielen unterschiedlichen real existierenden komplexen Netzwerken

Section 4.6:

Ultra small world Eigenschaft in realen Netzwerken (abhängig vom Exponenten γ)

Box 4.5:

Auswirkung und unterschiedliche Regime in Abhängigkeit vom Exponenten γ .

Box 4.6:

Warum gibt es keine realen Netzwerke mit $\gamma < 2$?

Box 4.9:

Zusammenfassung der mathematischen Eigenschaften von skalenfreie Netzwerken

Das Barabasi-Albert Model der skalenfreien Netzwerke (Section 5)

<http://networksciencebook.com/chapter/5>

Im BA-Model werden die folgenden Prinzipien bei der Konstruktion des skalenfreien Netzwerkes benutzt:

- a) Zeitliches Anwachsen der Knoten und Kanten
- b) Preferential Attachement (Section 5.2, Image 5.2)

Section 5.1:

Konstruktion eines skalenfreien Netzwerkes mit dem Barabasi-Albert Model

Section 5.6:

Vergleich: Exponentielle Netzwerke \leftrightarrow skalenfreie Netzwerke

Box 5.4:

Zusammenfassung der mathematischen Eigenschaften von skalenfreie Netzwerken

Formation von „Communities“

<http://networksciencebook.com/chapter/9>

Defining Communities

Our sense of communities rests on a second hypothesis ([Image 9.4](#)):

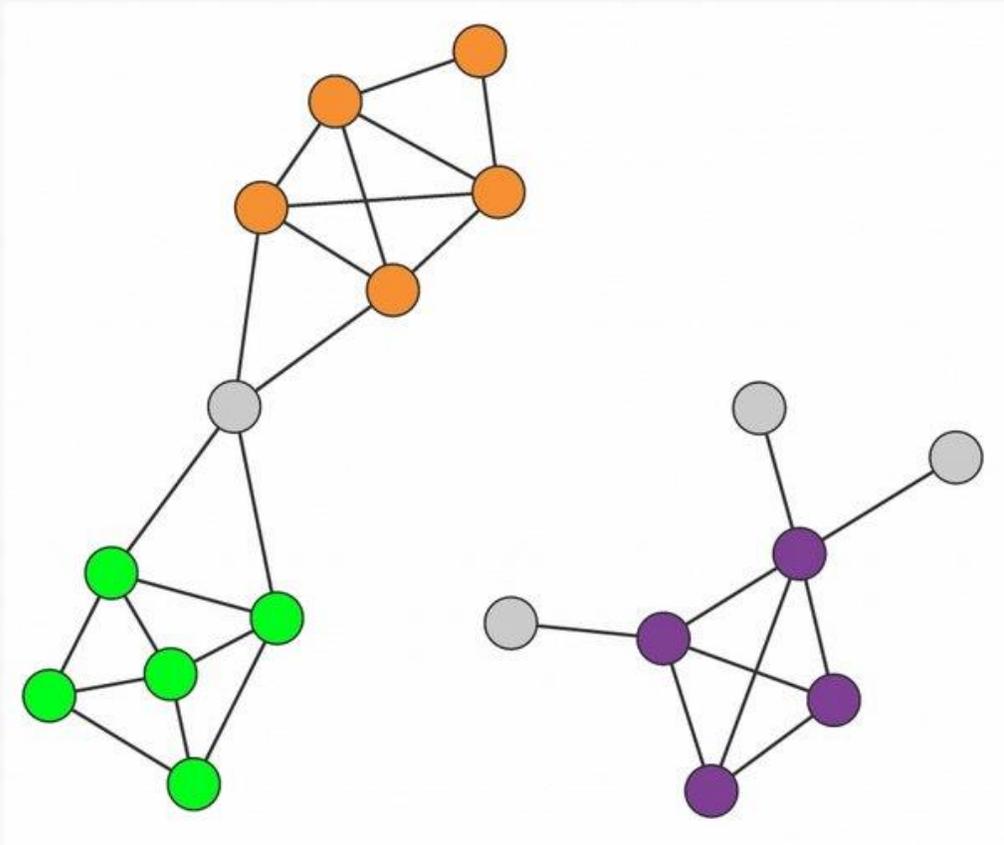


Image 9.4

Connectedness and Density Hypothesis

Communities are locally dense connected subgraphs in a network. This expectation relies on two distinct hypotheses:

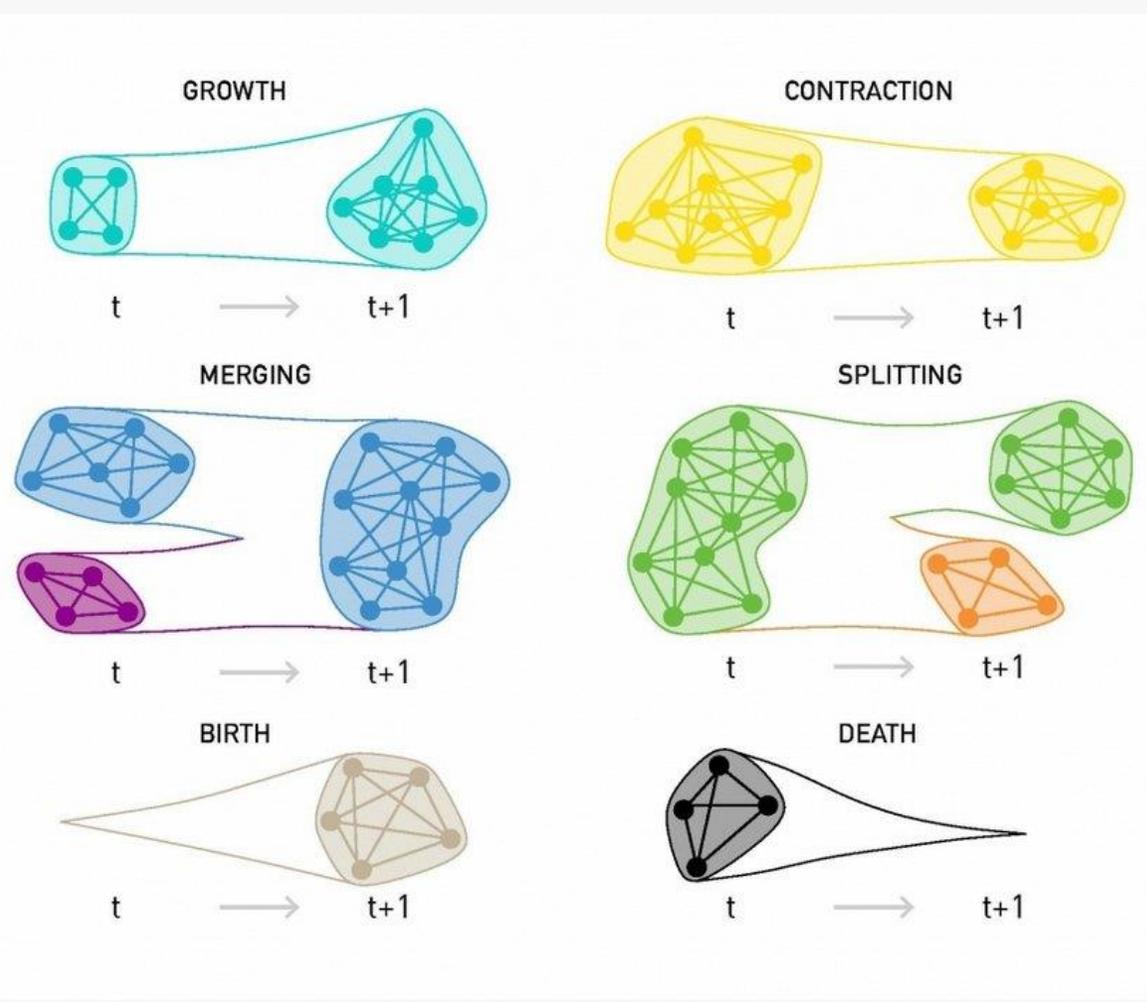


Image 9.31

Evolving Communities

When networks evolve in time, so does the underlying community structure. All changes in community structure are the result of six elementary events in the life of a community, illustrated in the figure: a community can grow or contract; communities can merge or may split; new communities are born while others may disappear. After [50].

Netzwerke in der Biologie

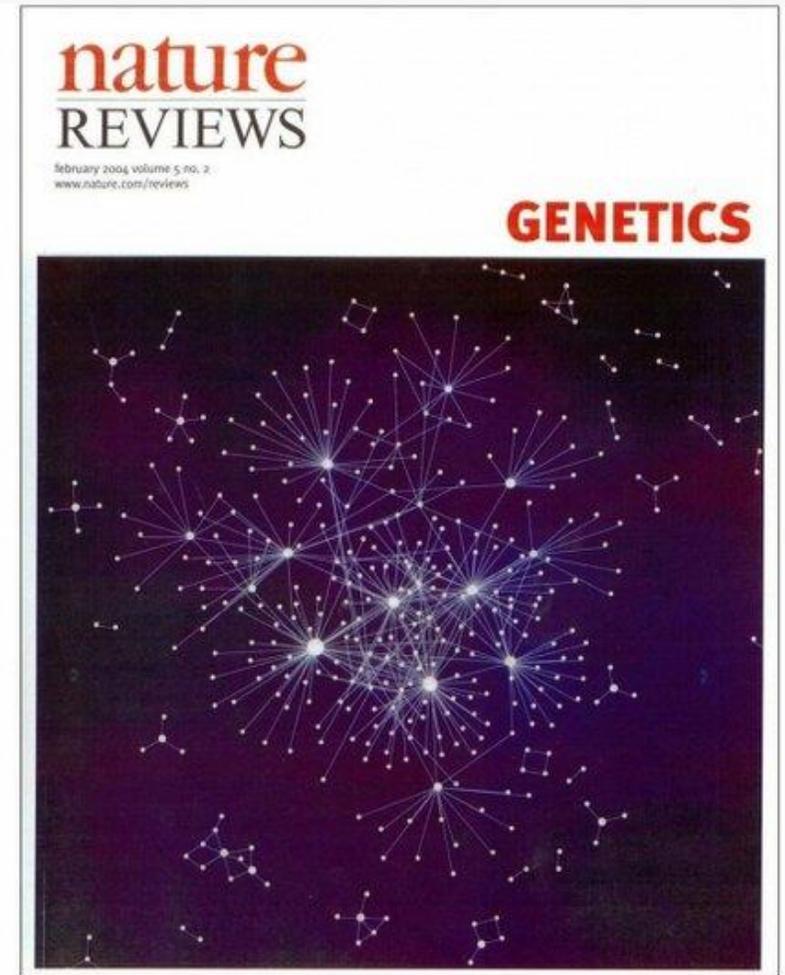
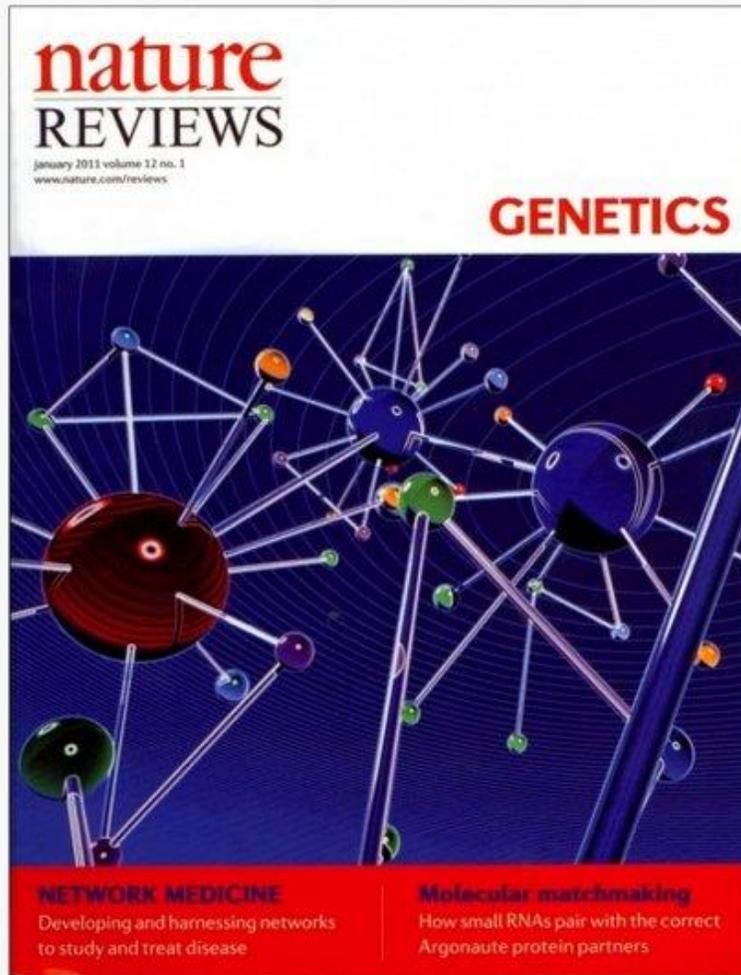
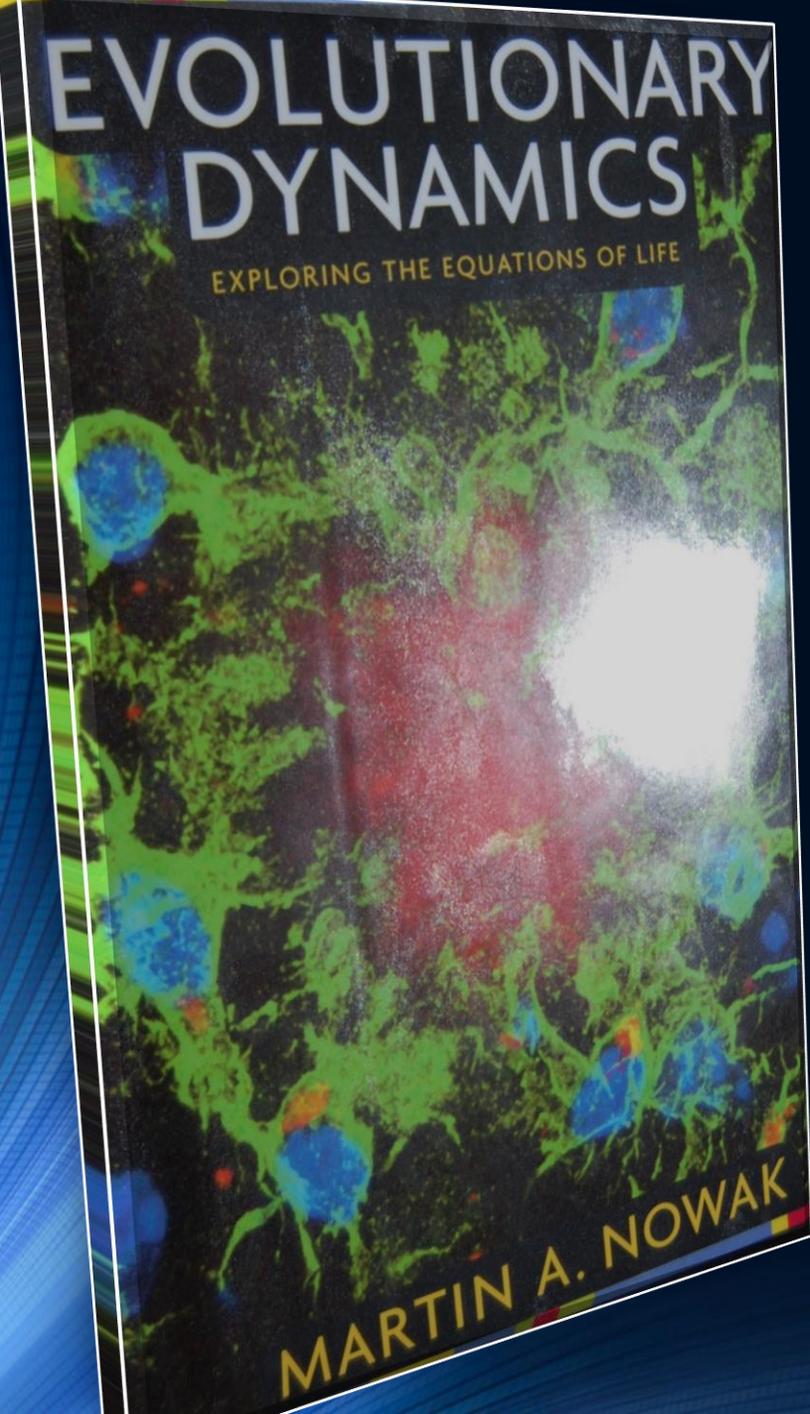


Image 1.5

Network Biology and Medicine

The cover of two issues of *Nature Reviews Genetics*, the leading review journal in genetics. The journal has devoted exceptional attention to the impact of networks: the 2004 cover focuses on *network biology* [8] (top), the 2011 cover discusses *network medicine* [9] (bottom).

Ausfall von einzelnen Knoten

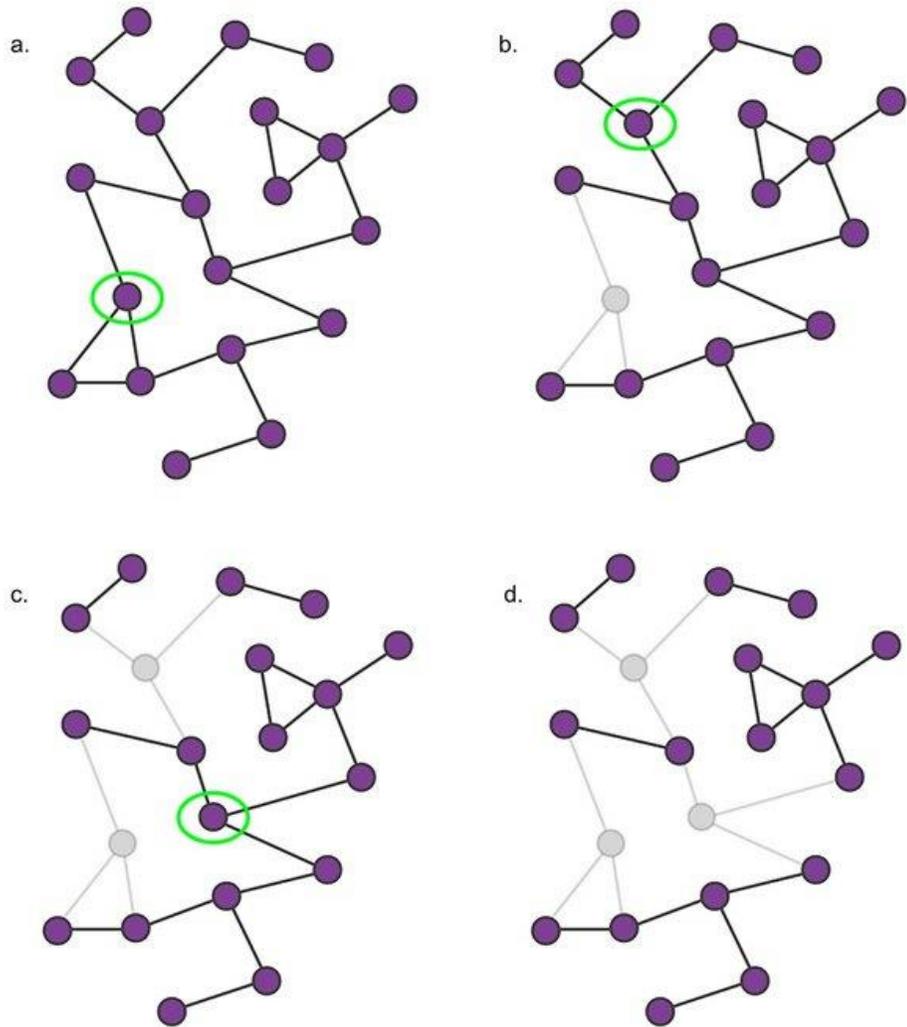


Image 8.3

The Impact of Node Removal

The gradual fragmentation of a small network following the breakdown of its nodes. In each panel we remove a different node (highlighted with a green circle), together with its links. While the removal of the first node has only limited impact on the network's integrity, the removal of the second node isolates two small clusters from the rest of the network. Finally, the removal of the third node fragments the network, breaking it into five non-communicating clusters of sizes $s = 2, 2, 2, 5, 6$.



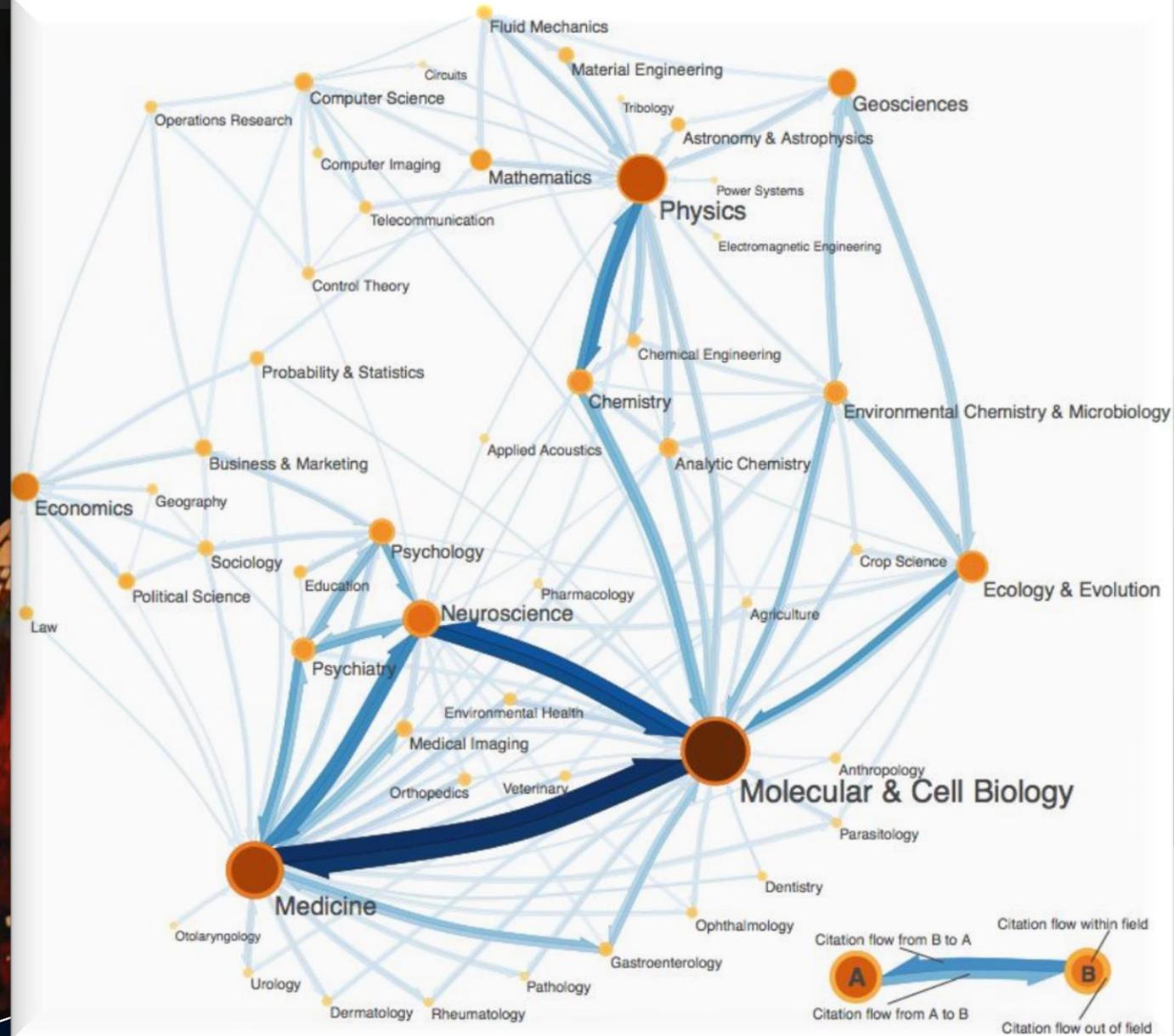
Achilles' heel of the Internet

<http://networksciencebook.com/chapter/8>

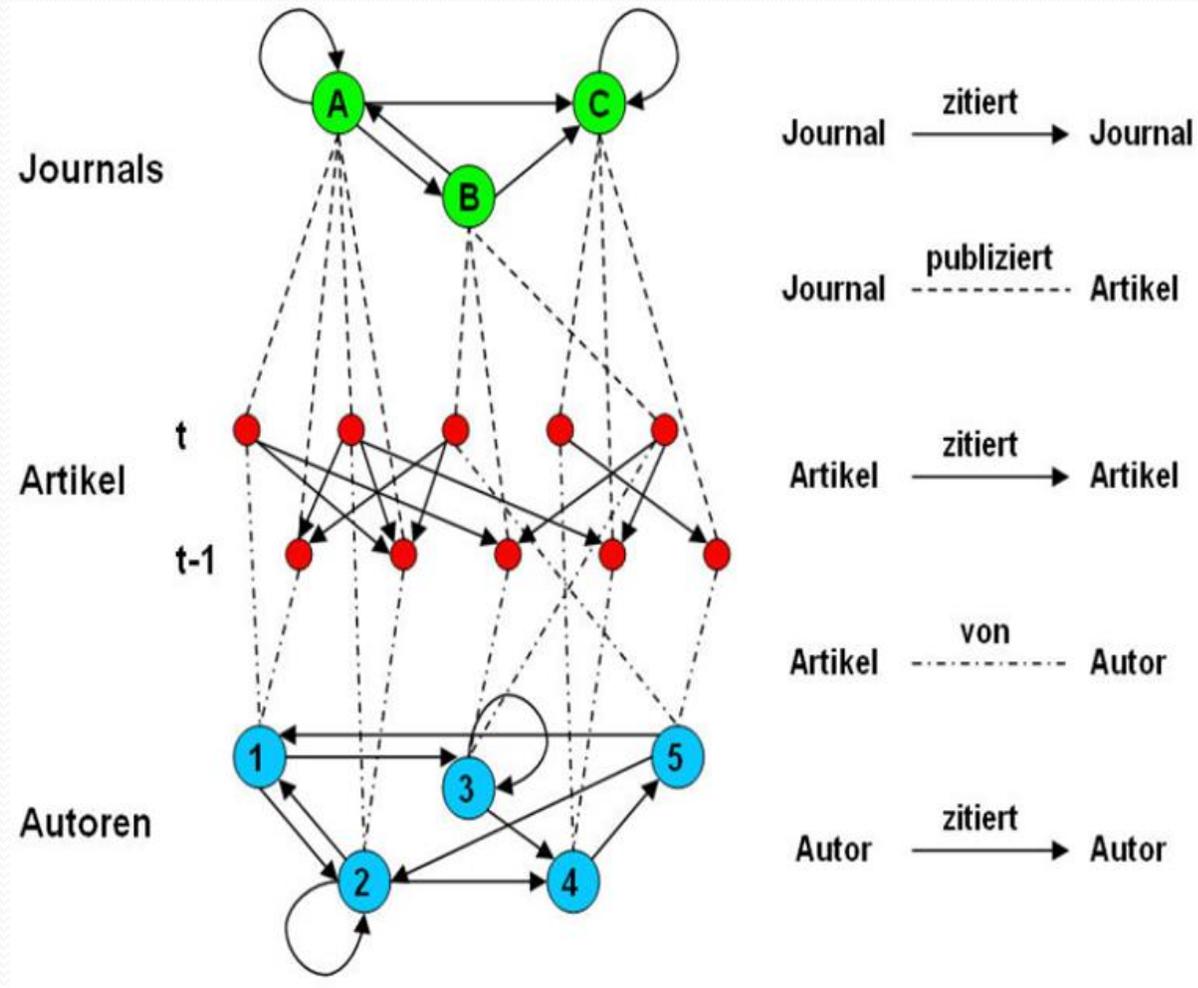
Atlas of Science

Visualizing What We Know

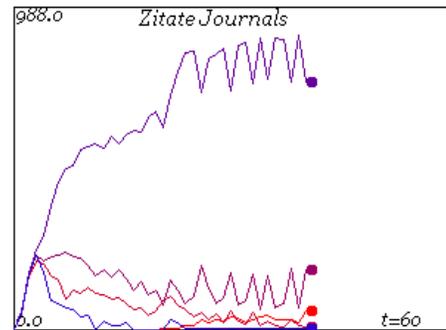
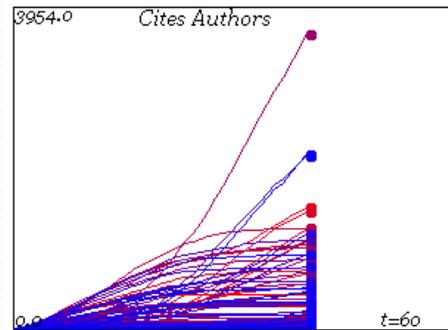
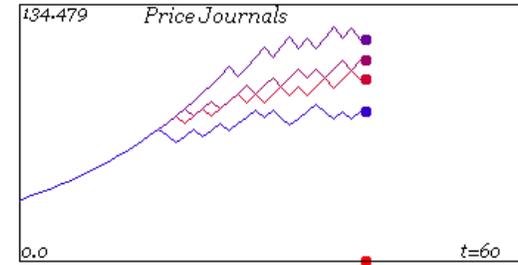
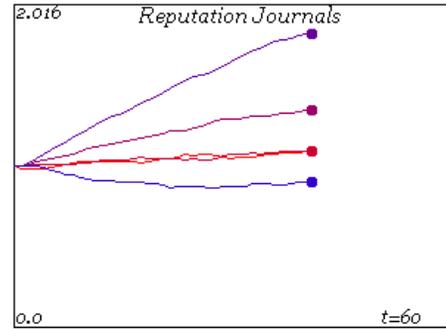
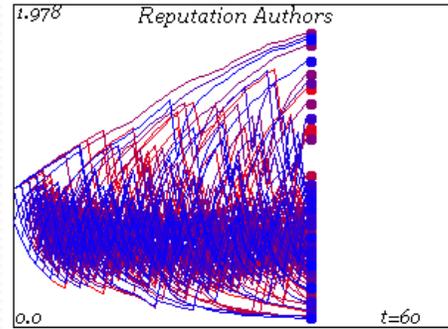
Katy Börner



Schematische Darstellung eines multipartiten Zitationsnetzwerks



Das Java Simulationsapplet

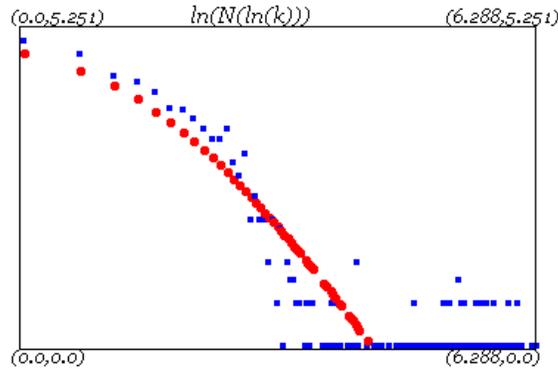
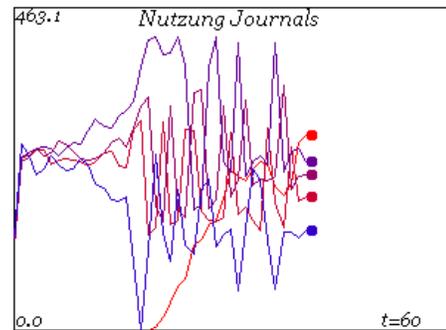
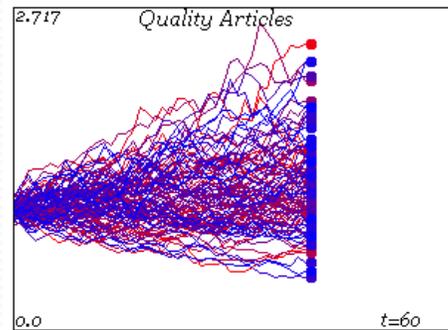


Starting: All Equal Pricing: auch runter

Start Stop

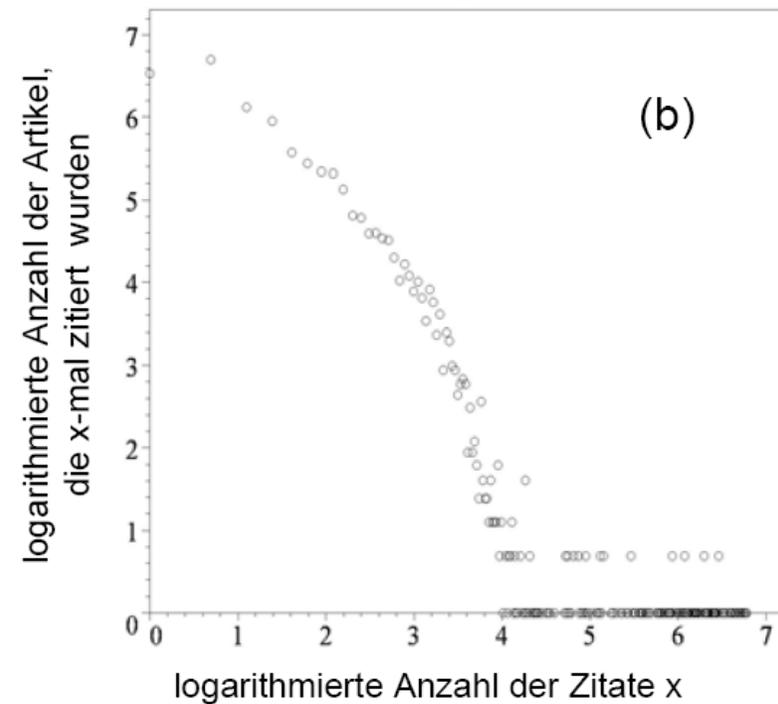
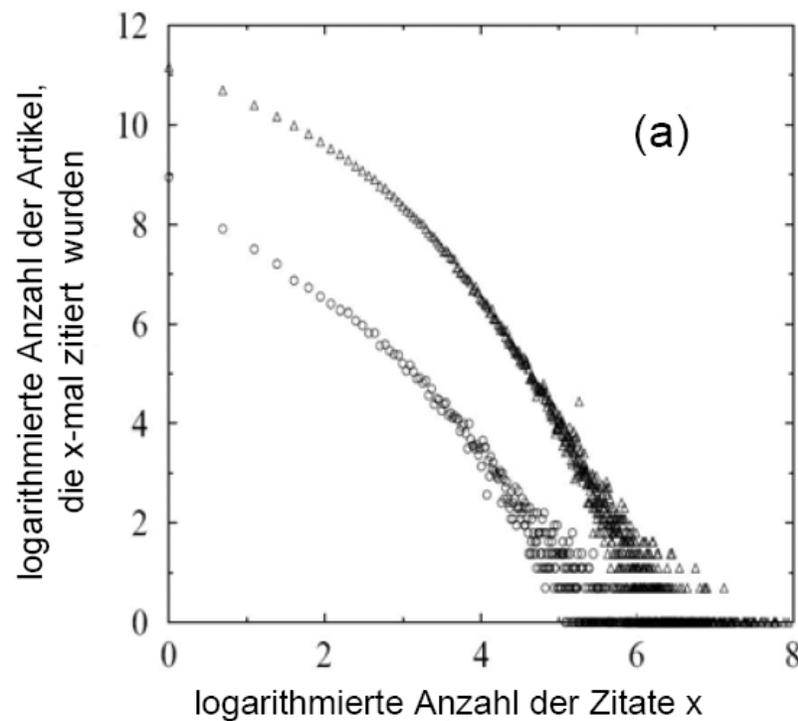
WIAP Wissenschaftliche Informationsversorgung und alternative Preisbildungsmechanismen

Periods	Cites New	FT	sigma	oa Anz
60	2	20	0.05	25
Authors	Cites Old	Read Papers	Bibs	oa Start
100	8	5	3	20
Journals	alpha 1	Pub.Articles	Staat	Lesevers
5	1	12	800	3
Forgetrange	alpha 2	mu	Staatd	
30	1.2	0.005	1	



Vergleich des simulierten Artikelnetzwerks mit empirischen Daten

Das auf der Artikelebene simulierte Zitationsnetzwerk (Abbildung b) stimmt gut mit der in Realität beobachteten Netzwerkstruktur (Abbildung a) überein. In Abbildung a sind die Zitationsnetzwerke der Zeitschrift *Physical Review D* und der Datenbank *ISI (Institute of scientific Information)* aufgetragen.



Big Author-Hubs in Science



Albert-László Barabási

FOLGEN

Northeastern University, Harvard Medical School
Bestätigte E-Mail-Adresse bei neu.edu - [Startseite](#)

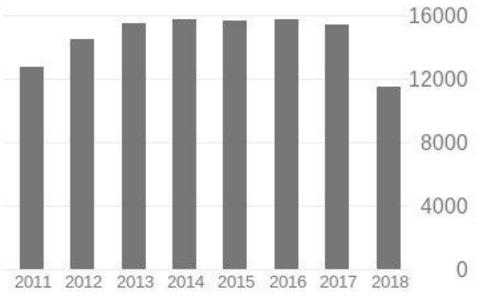
network science statistical physics biological physics physics medicine

EIGENES PROFIL ERSTELLEN

TITEL	ZITIERT VON	JAHR
Emergence of scaling in random networks AL Barabási, R Albert Science 286 (5439), 509-512	32013	1999
Diameter of the world wide web A Reka, H Jeong, AL Barabasi Nature 401 (9), 130-131	24127 *	1999
Statistical mechanics of complex networks R Albert, AL Barabasi Reviews of Modern Physics 74, 47-97	20489	2002
Linked: The New Science Of Networks AL Barabási Basic Books	9437 *	2002
Error and attack tolerance of complex networks R Albert, H Jeong, AL Barabási Nature 406, 378-482	8303	2000
Network biology: understanding the cell's functional organization AL Barabasi, ZN Oltvai Nature reviews genetics 5 (2), 101	6746	2004
The large-scale organization of metabolic networks H Jeong, B Tombor, R Albert, ZN Oltvai, AL Barabási Nature 407 (6804), 651	5364	2000

Zitiert von ALLE ANZEIGEN

	Alle	Seit 2013
Zitate	190647	89820
h-index	132	104
i10-index	301	250



Koautoren ALLE ANZEIGEN

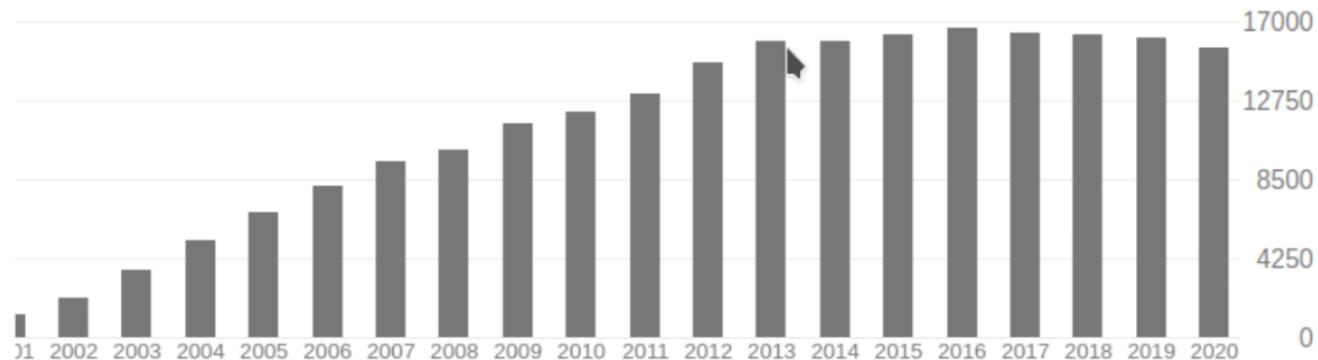
- Reka Albert**
Distinguished Professor, Penn St...
- Hawoong Jeong**
Professor of Physics, KAIST
- Zoltan N. Oltvai**
University of Pittsburgh
- Tamas Vicsek**



Albert-László Barabási

Northeastern University, Harvard Medical School
 Bestätigte E-Mail-Adresse bei neu.edu - [Startseite](#)

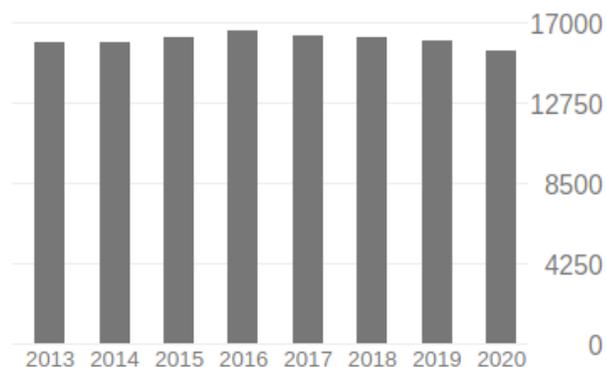
[network science](#) [statistical physics](#) [biological physics](#) [physics](#) [medicine](#)



TITEL	ZITIERT VON	JAHR
Emergence of scaling in random networks AL Barabási, R Albert Science 286 (5439), 509-512	37107	1999
Statistical mechanics of complex networks R Albert, AL Barabasi Reviews of Modern Physics 74, 47-97	22551	2002
Linked: The New Science Of Networks AL Barabási Basic Books	10371 *	2002
Error and attack tolerance of complex networks R Albert, H Jeong, AL Barabási Nature 406, 378-482	9193	2000
Network biology: understanding the cell's functional organization AL Barabasi, ZN Oltvai	8083	2004

Zitiert von [ALLE ANZEIGEN](#)

	Alle	Seit 2015
Zitate	232922	97303
h-index	146	112
i10-index	347	283



Koautoren [ALLE ANZEIGEN](#)



Reka Albert

FOLGEN

Distinguished Professor, [Penn State](#)
Bestätigte E-Mail-Adresse bei psu.edu

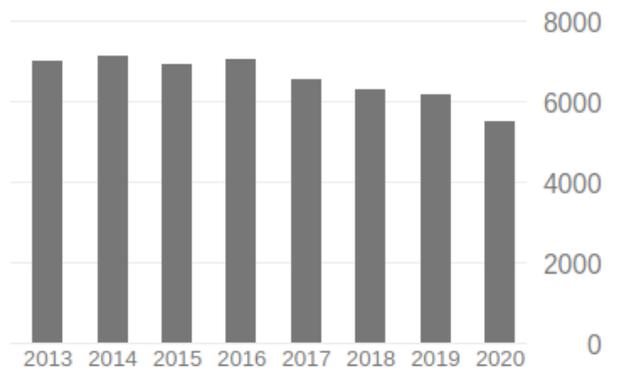
[Network science](#) [Systems Biology](#) [Mathematical Biology](#)

EIGENES PROFIL ERSTELLEN

TITEL	ZITIERT VON	JAHR
synergy-A Python library for calculating, analyzing, and visualizing drug combination synergy DJ Wooten, R Albert Bioinformatics		2020
Parity and time-reversal elucidate decisions in high-dimensional state space--application to attractor scaling in critical Boolean networks JC Rozum, JGT Zañudo, X Gan, R Albert arXiv preprint arXiv:2009.05526		2020
A guard cell abscisic acid (ABA) network model that captures the stomatal resting state P Maheshwari, SM Assmann, R Albert Frontiers in physiology 11, 927		2020
Network model and analysis of the spread of Covid-19 with social distancing P Maheshwari, R Albert arXiv preprint arXiv:2006.09189		2020

Zitiert von [ALLE ANZEIGEN](#)

	Alle	Seit 2015
Zitate	104049	38638
h-index	59	45
i10-index	109	96



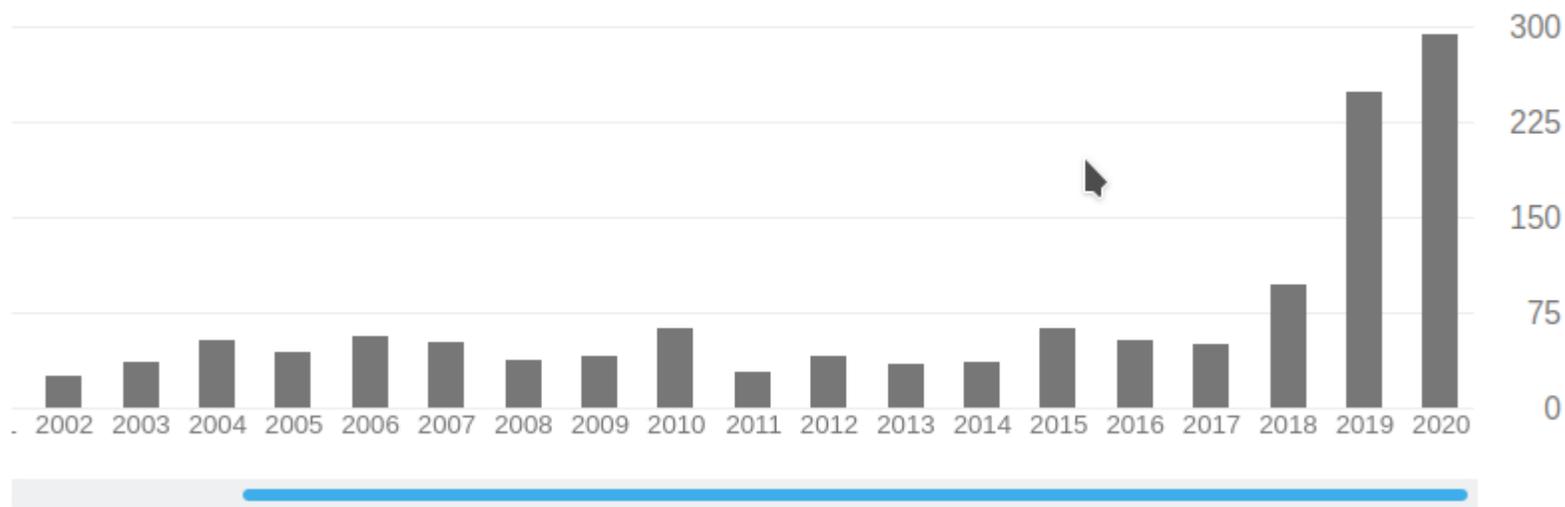
Koautoren [ALLE ANZEIGEN](#)



Matthias Hanauske

Goethe-Universität, Frankfurt |
Bestätigte E-Mail-Adresse bei

Allgemeine Relativitätstheorie
Physik sozio-ökonomischer...

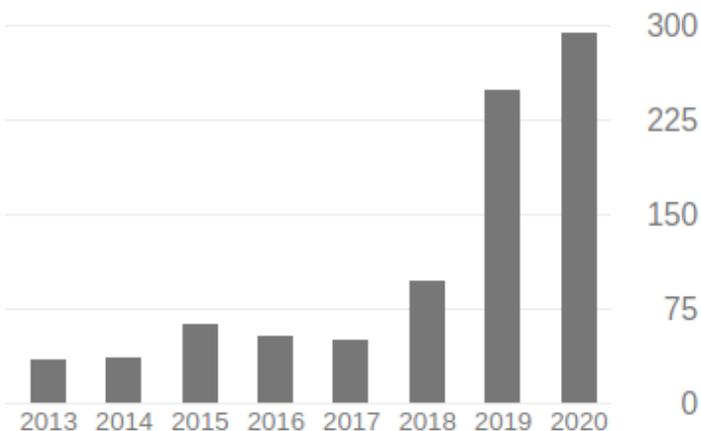


TITEL

ZITIERT VON JAHR

TITEL	ZITIERT VON	JAHR
Phase transition to hyperon matter in neutron stars J Schaffner-Bielich, M Hanauske, H Stöcker, W Greiner Physical review letters 89 (17), 171101	163	2002
Neutron star properties in the quark-meson coupling model S Pal, M Hanauske, I Zakout, H Stöcker, W Greiner Physical Review C 60 (1), 015802	147	1999
Signatures of quark-hadron phase transitions in general-relativistic neutron-star mergers ER Most, LJ Papenfort, V Dexheimer, M Hanauske, S Schramm, ... Physical review letters 122 (6), 061101	117	2019
Nonstrange hybrid compact stars with color superconducting matter I Shovkovy, M Hanauske, M Huang Physical Review D 67 (10), 103004	111	2003

h-index 20 17
i10-index 25 23



Koautoren

ALLE ANZEIGEN

Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem C

(Physics of Socio-Economic Systems with the Com

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

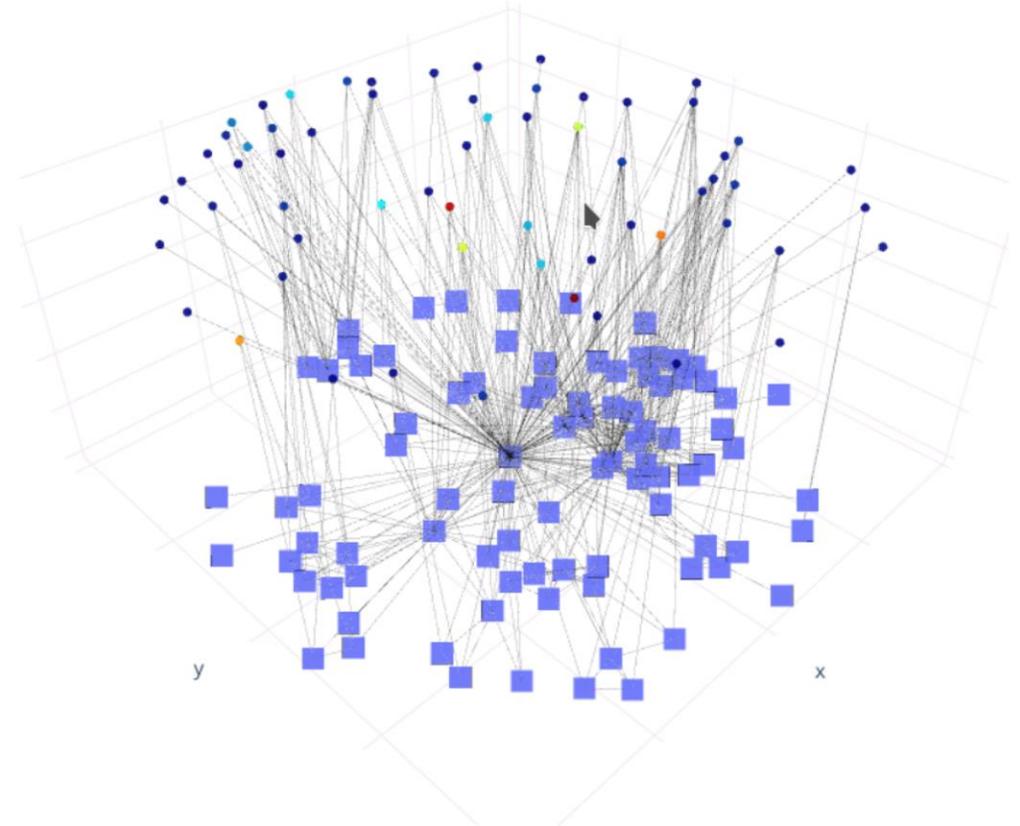
Zweiter Vorlesungsteil:

Zitations- und Autorennetzwerke

Einführung

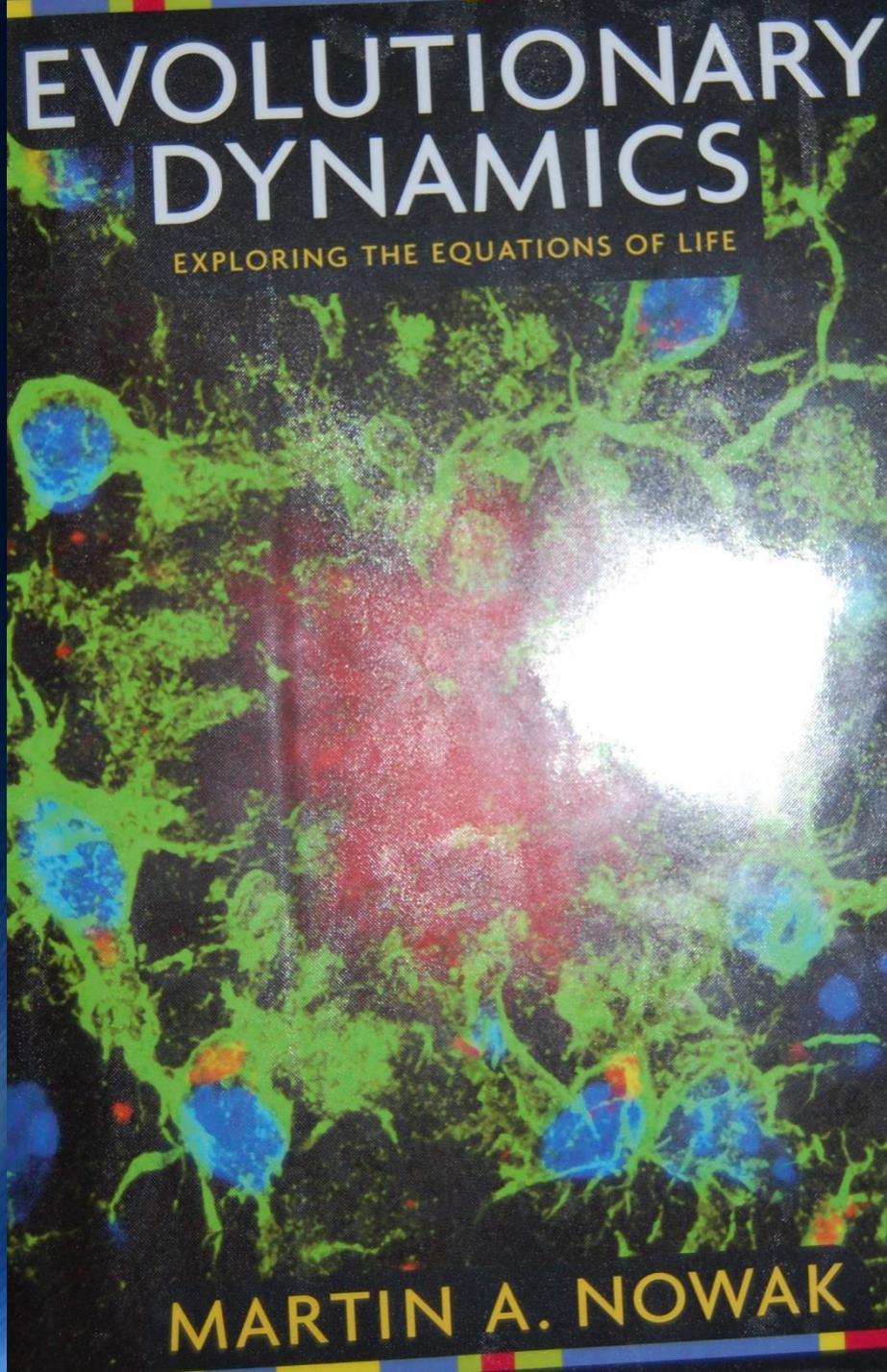
In diesem Jupyter Notebook wird ein Beispiel eines multipartiten Netzwerks betrachtet, das sogenannte Zitations-Autorennetzwerk. In multipartiten Netzwerken kann man die Menge der Netzwerkknoten \mathcal{I} in disjunkte Teilmengen gliedern. Wir betrachten im folgenden den wissenschaftlichen Informationsmarkt, indem Autoren (Teilmenge $\mathcal{A} = \{A, B, \dots\}$ der Netzwerkknoten) wissenschaftliche Artikel/Papers (Teilmenge $\mathcal{P} = \{p_1, p_2, \dots\}$ der Netzwerkknoten) schreiben und in wissenschaftlichen Journalen (Teilmenge \mathcal{J} der Netzwerkknoten) veröffentlichen. Wir beschränken uns jedoch hierbei auf ein bipartites Netzwerk und betrachten lediglich das Autoren-Zitationsnetzwerk ($\mathcal{I} = \mathcal{A} \cup \mathcal{P}$).

Neben diesen unterschiedlichen Knotenarten existieren auch unterschiedliche Kanten in diesem bipartitem Netzwerk. Die Kanten welche die Autoren miteinander verbinden kennzeichnen Koautorenschaften die entstehen können, wenn man einen gemeinsamen Artikel schreibt; diese Kanten haben zahlenmäßige Gewichtung (wieviele Artikel man zusammen geschrieben hat) und sind ungerichtet. Kanten, die Autorenknoten mit Artikelknoten miteinander verknüpfen sind ungerichtet und ungewichtet und kennzeichnen einfach das dieser Autor diesen Artikel geschrieben hat. Diejenige Kanten, die Artikel miteinander verbinden sind dagegen gerichtet und ungewichtet und kennzeichnen das ein Artikel einen anderen zitiert.



Physik der sozio-ökonomischen Systeme mit dem Computer





Einführung in Teil III

Evolutionäre Spieltheorie auf komplexen Netzwerken

Die folgenden Beispiele sind an das Kapitel 9 im Buch M.A. Nowak „**Evolutionary Dynamics**“ (Kapitel 9: Spatial Games) angelehnt.

Inhalte von Teil III

Einführung

Teil I

Teil II

Teil III

E-Learning

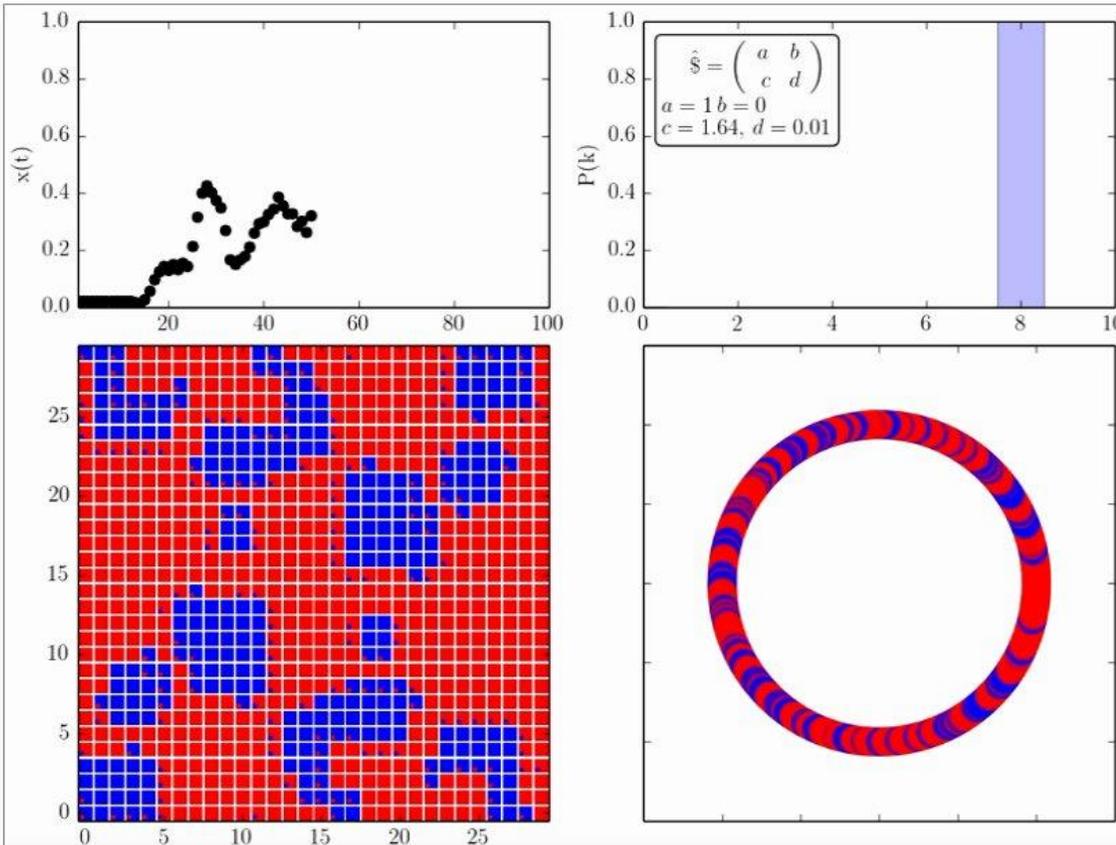
III.1 Evolutionäre Dynamik auf komplexen Netzwerkstrukturen

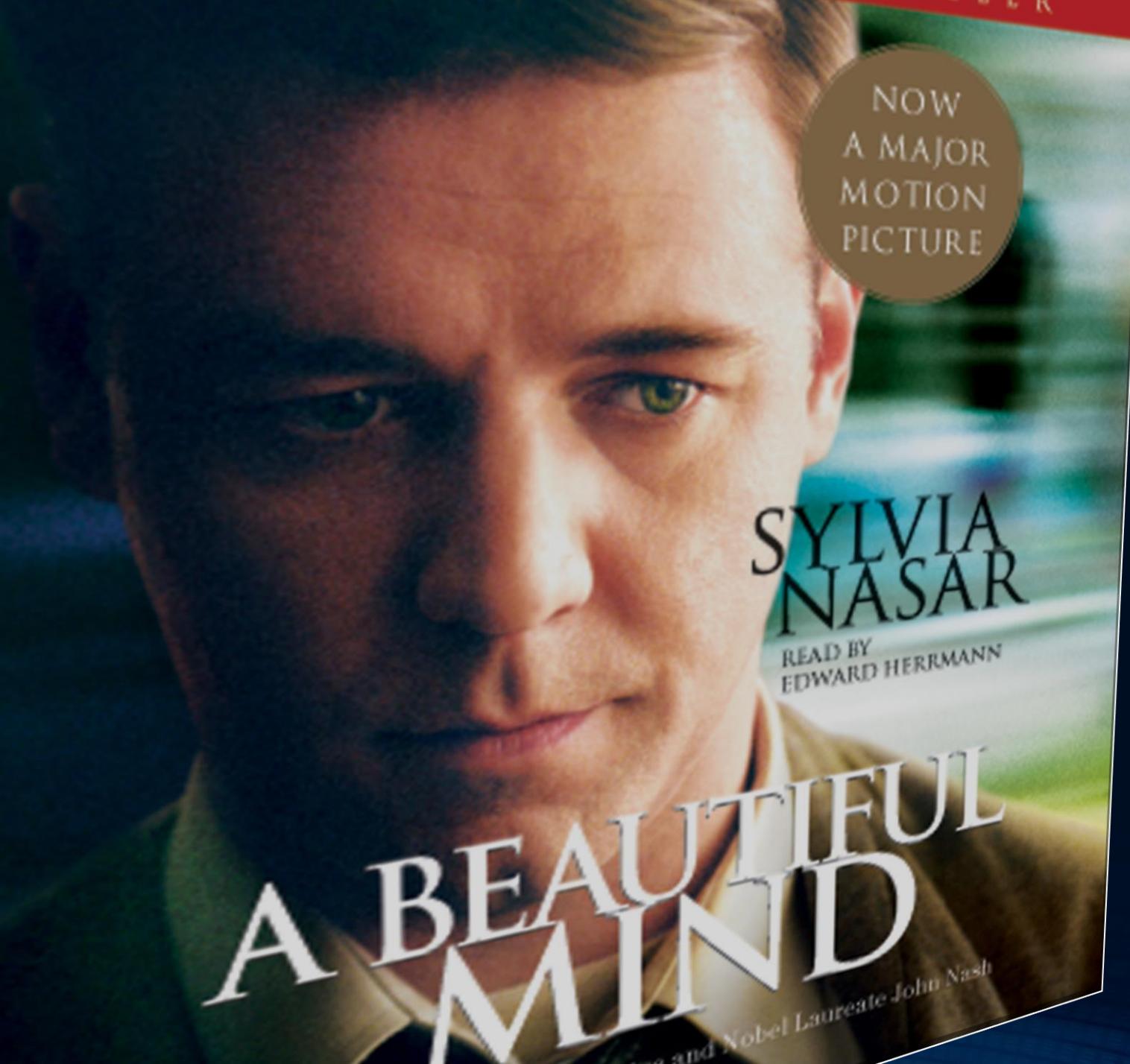
Die Verknüpfung der Theorie komplexer Netzwerke (siehe Teil II der Vorlesung) mit der evolutionären Spieltheorie (siehe Teil I der Vorlesung) stellt ein vielversprechendes mathematisches Modell dar, welches sowohl der interdisziplinären Grundlagenforschung, als auch der angewandten, empirischen Netzwerkforschung 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





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](#)

Rhodium

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

Platinum



Gold

Managerial Economics and
Decision Sciences, Kellogg
School of Management

Silver



[HOME](#)

[COMMITTEE MEMBERS](#)

[PLENARY SPEAKERS](#)

[SPEAKER INFORMATION](#)





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



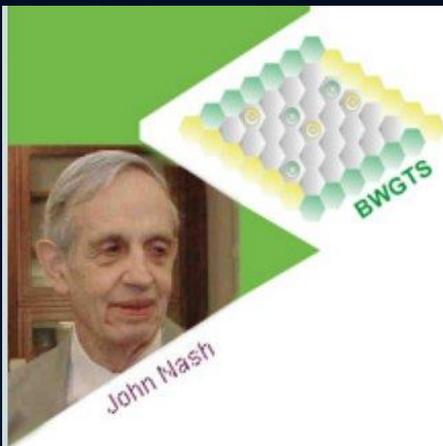
Prof.Dr. John Nash

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)



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.

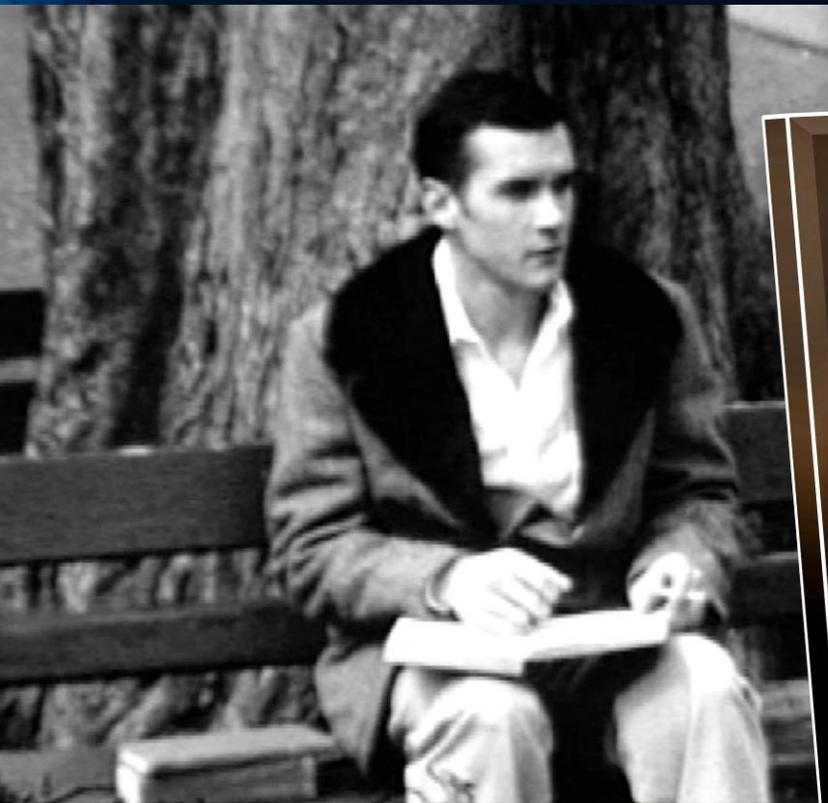
The workshop will offer the participants the opportunity to interact with some of the most productive researchers in Game Theory. The week-long event will consist of conferences, contributed papers sessions and mini-courses which will start at the introductory level and will reach the frontiers of current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

ORGANIZERS

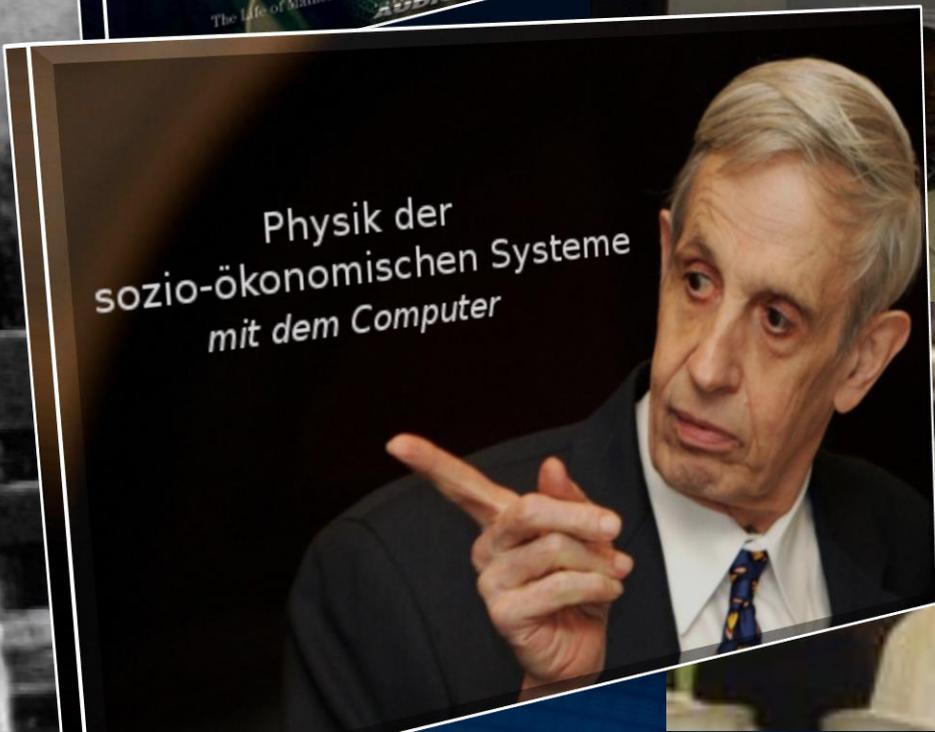


John Forbes Nash

John Forbes Nash Jr.
at Princeton university
in 1949



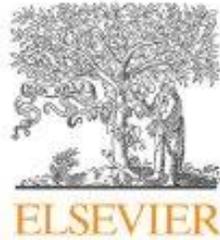
"2nd Brazilian Workshop of the Game Theory Society" in honor of John Nash (27.7. - 04.08.2010, Sao Paulo, Brazil)











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

