

Richard Heidler

Erhebung, Visualisierung und  
mathematische Analyse sozialer Netzwerke –  
eine methodenorientierte Einführung  
in die sozialwissenschaftliche Netzwerkanalyse

FÖV

49

Discussion Papers

Richard Heidler

**Erhebung, Visualisierung und  
mathematische Analyse sozialer Netzwerke -  
eine methodenorientierte Einführung  
in die sozialwissenschaftliche Netzwerkanalyse**

**FÖV 49  
Discussion Papers**

Deutsches Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung Speyer

2009

Nicht im Buchhandel erhältlich

Schutzgebühr: € 5,-

Bezug: Deutsches Forschungsinstitut  
für öffentliche Verwaltung Speyer  
Postfach 14 09  
67324 Speyer

<http://www.foev-speyer.de>

Dipl.-Soziologe Richard Heidler

Forschungsreferent im Projekt „Organisationale, nationale und europäische Einflüsse auf die Netzwerkstrategie und Netzwerkfähigkeit von Forschungsgruppen“ unter der wissenschaftlichen Leitung von Univ.-Prof. Dr. Dorothea Jansen am Deutschen Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung Speyer

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
2. Systematische Erhebung von Netzwerkdaten .....	3
3. Visualisierung von Netzwerken .....	9
4. Mathematische Analyse von Netzwerken .....	16
5. Fazit .....	23
Literatur .....	26



## 1. Einleitung

Die Untersuchung sozialer Netzwerke und die Einbindung der Analyse sozialer Netzwerke in sozialwissenschaftliche Untersuchungen nimmt seit Jahren zu. Dabei haben die neuen mathematischen Verfahren zur Untersuchung sozialer Netzwerke, die insbesondere im Anschluss an den von Harrison White und seinen Schülern initiierten sogenannten „Harvard-Breakthrough“ (Scott 2000) entstanden sind auch die Entwicklung von Theorien zu sozialen Netzwerken befruchtet.<sup>1</sup> Eine von Knox et al. (2006) vorgenommene Differenzierung unterscheidet zwischen sozialen Netzwerken als *Metapher*, *Form* und *Methode*. Unter Netzwerken als *Metapher* verstehen die Autoren die Zunahme der Verwendung des Begriffes soziales Netzwerk als „Mode-Wort“ in Wissenschaft und Alltag. Die Entstehung von reflexiven Formen des Beziehungsaufbaus, wie sie sich in Web-Communities wie Xing und Facebook äußert hat sogar das Verb des „netzwerkens“ (auch im englischen: „networking“) entstehen lassen. Castells hat schon 2001 das Entstehen einer Netzwerkgesellschaft diagnostiziert. Krücken und Maier (2003) stellen fest, dass das Netzwerkkonzept bürokratische Modelle von Organisationen als Legitimationsgrundlage abgelöst hat und zum Mythos der Innovationsgesellschaft geworden ist. Eine metaphorische Verwendung des Netzwerkbegriffs findet hier auch in sozialwissenschaftlichen Texten statt, die die Überlegenheit von Netzwerken bei der Erzeugung von Innovationen unhinterfragt voraussetzen.

Daneben findet aber auch ein stärker theorieorientierter Diskurs statt, der Netzwerke als eigene soziale *Form* beschreibt. Harrison White, einer der Gründungsfiguren der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse,<sup>2</sup>

---

1 Statt dieser am englischsprachigen Begriff „Social Network Analysis“ angelehnten Bezeichnung, wird im deutschsprachigem Raum auch von „Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie“ als neuem Paradigma gesprochen, um die Verbindung von theoretischen und methodischen Konzepten deutlich zu machen.

2 Vorläufer der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse reichen vor die Zeit der Harvard-Renaissance zurück und lassen sich insbesondere in der Soziometrie und der britischen Sozialanthropologie finden (Freeman 2004). Whites Bedeutung liegt vor allem darin, durch seinen Hintergrund als Physiker die mathematischen Grundlagen der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse vorangetrieben und sie mit relationalen theoretischen Ideen verbunden zu haben. Eine ganze Generation heute renommierter Soziologen wie Mark Granovetter, Michael Schwartz, Kathleen Carley, Ronald Breiger, Barry Wellman und Peter Bear-

sieht soziale Netzwerke als Resultat von Prozessen in denen Identitäten (Personen, Organisationen usw.) über ihre Umwelten Kontrolle zu erlangen suchen und sich in Ihnen verankern und darüber stabilisieren (*White 2008*). Beziehungen werden dabei über „stories“ interpretiert und mit Bedeutung gefüllt. Dabei können Beziehungen multiplexen (vielgestaltigen) Charakter haben (Freundschafts-, Informationsaustausch, finanzielle Unterstützung) und darüber verschiedene Netzwerksphären (Netdoms) miteinander verbinden. Durch das Hin- und Herschalten (coupling/de-coupling) in verschiedene Netzwerksphären und Kontrollversuche innerhalb dieser Sphären konstituieren sich Identitäten. Aufgrund der Vielgestaltigkeit von Beziehungen können Netzwerke quer zu funktionalen Systemen wie dem Wirtschafts- oder dem Politiksystem liegen und somit eine eigene Strukturierungslogik entwickeln (*Holzer 2008*).

Eine zweite einflussreiche Perspektive, die Netzwerke als eigene soziale Form interpretiert, hat sich aus der Transaktionskostentheorie entwickelt (*Williamson 1975*). Ausgangspunkt der Theorie ist die Frage, wieso nicht alle Transaktionen über den Markt geregelt werden. Die Theorie geht davon aus, dass jede Tauschhandlung Transaktionskosten verursacht. Handelt es sich bei den Tauschgütern um unspezifische und in ihrem Wert unsichere Güter, wie beispielsweise die Arbeitskraft eines Mitarbeiters, ist eine Hierarchie (eine Organisation) als Koordinationsform effizienter als der Markt. Powell (1990) hat diese Unterscheidung in Markt und Hierarchie erweitert und eine dritte, hybride Organisationsform eingefügt, das Netzwerk. Es zeichnet sich durch reziproke, vertrauensförmig eingebettete Beziehungen aus und kann bei bestimmten Gütern wie einer komplexen Dienstleistung eine effizientere Koordinationsform als Märkte und Hierarchien sein. Sie liegt damit funktional zwischen Märkten und Hierarchien. Diese Perspektive war einflussreich darin Netzwerken bestimmte Eigenschaften zuzuschreiben (gleichberechtigt, vertrauensmäßig organisiert, innovationsfördernd). Allerdings können aus einer Perspektive der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse auch Hierarchien und Märkte als Netzwerke verstanden werden (*Jansen/Wald 2007*).

Wenn nun soziale Netzwerke weder als Metapher noch als eigene Form begriffen werden, sondern methodisch bearbeitet werden, so gibt es doch auch hier auf einer weniger abstrakten Ebene einige Grundannahmen über soziale Netzwerke, die als eine Art „netzwerkanalytischer Konsens“ gesehen werden (*Wellman 1988*). Dieser sollte, wenn im Folgenden die *Methoden* der Netzwerkanalyse beschrieben werden, im

---

*man* wurden von ihm in einer netzwerktheoretischen Perspektive geformt (*Freemann 2004*).

Blick behalten werden. Nicht Attribute (Geschlecht, Alter, Bildungsstand usw.) wie in Erhebungsverfahren einer „Variablensoziologie“ stehen im Vordergrund, sondern soziale Beziehungen (*Emirbayer* 1997). Akteure sind dabei vielgestaltig in soziale Beziehungen eingebettet, die deren Handlungsmöglichkeiten sowohl einschränken als auch ausweiten. Netzwerke wirken allerdings über die einfache Zweierbeziehung (Dyade) hinaus. Auch Beziehungen zweiter und dritter Ordnung (der Freund eines Freundes), Verknüpfungen von Beziehungstypen (Freunde von Geschäftspartnern usw.) und Beziehungsbarrieren, sowie nicht vorhandene Beziehungen (strukturelle Löcher) spielen dabei eine Rolle und stehen mit Akteuren in Wechselwirkung. Zudem können Netzwerke eine sich selbst verstärkende Eigenlogik besitzen. Diese Annahmen bilden sozusagen die netzwerkanalytische Intuition auf deren Basis sich eine Vielzahl an netzwerkanalytischen Methoden entwickelt hat. Diese Methoden sollen nun im weiteren Verlauf der Einführung im Vordergrund stehen.

Netzwerkanalytische Methoden haben sich im Wesentlichen auf drei Ebenen entwickelt (*Freemann* 2004). Soziale Netzwerke lassen sich...

- ... systematisch empirisch erheben
- ... graphisch visualisieren
- ... mathematisch untersuchen

Werkzeuge aus diesen drei Bereichen gehören zu den zentralen Techniken der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse. Im Folgenden soll in alle drei Bereiche jeweils eingeführt werden. Dabei werden exemplarische Methoden angesprochen und auch durch beispielhafte Untersuchungen illustriert. Diese Einführung erhebt dabei nicht den Anspruch einen vollständigen Überblick zu ermöglichen, sondern einen Einblick in die Logik einiger ausgewählter Methoden zu geben, sowie Basisinformationen zur Verfügung zu stellen.

## 2. Systematische Erhebung von Netzwerkdaten

Die Erhebung von Netzwerkdaten geht bis ins 19. Jahrhundert zurück, als in frühen Erhebungen beispielsweise das Dominanzverhalten von Bienen untersucht wurde (*Pierre Huber*). Weitere frühe Erhebungen von Netzwerken bezogen sich auf kindliches Verhalten, z.B. auf die Frage welches Kind mit wem spielt (*Almack, Wellman, Bott, Hagmann*; Vgl. *Freemann* 2004).



Um die Erhebung von Netzwerkdaten vorzubereiten sollte erst einmal deutlich sein, auf welche Art Netzwerkdaten formal notiert werden. Netzwerkdaten werden meistens in einer quadratischen Soziomatrix mit  $n \times n$  Feldern notiert. Die Zeilen  $i$  stehen für ausgehende Beziehungen und die Spalten  $j$  für eingehende Beziehungen. In den Feldern  $x_{ij}$  wird, handelt es sich nicht um metrische Daten einer Beziehungsstärke (z.B. Geldströme), eine vorhandene Beziehung mit einer Eins und eine fehlende Beziehung mit einer Null kodiert. Für die beispielhafte Tabelle in Abbildung 1 ist  $x_{43} = x_{dc} = 1$ , also hat Akteur D eine Beziehung zu Akteur C.

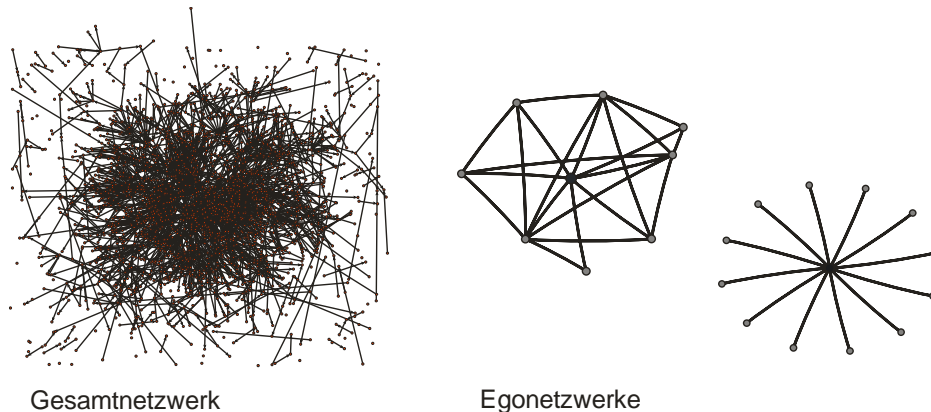
#### Soziomatrix

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	1	0	0	0	0	0	1
B	1	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	1	1	1	0	0
D	0	1	1	0	1	1	0	1
E	0	1	1	0	0	1	0	0
F	0	0	1	1	1	0	0	0
G	0	0	1	0	1	1	0	1
H	0	0	1	1	1	0	1	0

Dichte: 0,429

**Tabelle 1:** Soziomatrix

Um solch eine Soziomatrix wie in Tabelle 1 zu erhalten, müssen Daten für ein *Gesamtnetzwerk* erhoben werden. Neben Gesamtnetzwerken können auch *ego-zentrierte* Netzwerke erhoben werden. Bei der Erhebung von Netzwerkdaten ist die Entscheidung für die Erhebung ego-zentrierter Netzwerke oder eines Gesamtnetzwerkes eine wichtige Basisentscheidung mit Konsequenzen für das Forschungsdesign und den weiteren Forschungsverlauf.



**Abbildung 1:** Gesamtnetzwerk und Egonetzwerke

Bei ego-zentrierten Netzwerken werden stichprobenartig Akteure (Egos) befragt. Diese Akteure werden dann bezüglich Ihrer Beziehungen (beispielsweise Freundschaften) interviewt. Die genannten Beziehungspartner werden auch Alteri genannt. In einem zweiten Schritt werden die Egos auch nach den Alter-Alter Beziehungen gefragt, also beispielsweise welche ihrer Freunde untereinander befreundet sind. Franke und Wald (2005) haben beispielsweise mit Hilfe qualitativer Interviews Forschungsgruppenleiter nach deren Kooperationspartnern, sowie nach Beziehungen der Kooperationspartner untereinander befragt. Eine bewährte Strategie der Erhebung ego-zentrierter Netzwerke ist es, über einen *Namensgenerator* die Beziehungspartner zu erheben. Über weitere Fragen werden dann die Beziehungen spezifiziert, sowie Alter-Alter Beziehungen erhoben (auch *Namensinterpretatoren* genannt). Ein klassischer Namensgenerator wurde von Burt (1984: 314) entwickelt.

“From time to time, most people discuss important matters with other people. Looking back over the last six months - who are the people with whom you discussed matters important to you?”

Über diesen Generator und weitere Fragen wurde z.B. die Beeinflussung politischer Präferenzen untersucht. Durch die Erhebung von Egonetzwerken entsteht also um jeden Akteur ein Beziehungsnetzwerk, welches allerdings nur eine Stufe weit reicht.

Bei der Erhebung von Gesamtnetzwerken versucht man die kompletten Beziehungen innerhalb einer Netzwerkpopulation zu erheben. Klassische Beispiele sind die Netzwerke von Schulklassen. Hier ist das Netzwerk klar abgegrenzt und Freundschaftsbeziehungen untereinander können für die gesamte Klasse erhoben werden. Eine Frage lautet z.B. bei Knecht (2007): „Welche Klassenkameraden sind deine besten Freunde?“

(max. 12 Nennungen)“, hierbei ist es möglich eine komplette Liste der Klassenkameraden vorzulegen. Die Abgrenzung von Netzwerken kann unter Umständen relativ kompliziert sein. Wichtig ist, dass die Netzwerkabgrenzung nach einem einheitlichen Kriterium erfolgt. Einem realistischen Ansatz folgend wird eine im Feld vorherrschende Abgrenzung übernommen (z.B. alle Schüler einer Klasse). Einem nominalistischen Ansatz folgend wird eine vom Forscher analytisch vorgenommene Abgrenzung gewählt (z.B. alle Chemiker die innerhalb eines Jahres mindestens einen Artikel geschrieben haben) (*Laumann et al. 1983*).<sup>3</sup>

Beide Erhebungsformen bieten jeweils Vor- und Nachteile, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind. Der größte Vorteil von ego-zentrierten Netzwerken ist, dass klassische Verfahren der Stichprobenziehung verwendet werden können. So ist es möglich Aussagen über große Populationen zu treffen (*Wolf 2004*). Bei der Erhebung von Gesamtnetzwerken wird per Definition keine Stichprobe gezogen. Die Erfassung der Struktur eines Gesamtnetzwerkes steht und fällt mit der möglichst vollständigen Erfassung der Akteure. Wird beispielsweise der zentrale Vermittler in einem Netzwerk nicht befragt, so kann das Netzwerk in einzelne unverbundene Cliques zerfallen. Aus diesem Grund sind Gesamtnetzwerke auch besonders anfällig für Non-Response und fehlende Werte (*Erlhofer 2008*). Deshalb muss auf eine sinnvolle Netzwerkabgrenzung bei der Erhebung von Gesamtnetzwerken besonders Wert gelegt werden.

Insgesamt ist bei der Erhebung ego-zentrierter Netzwerke mit einem geringeren Erhebungsaufwand zu rechnen. Allerdings tritt hier besonders das Problem der Validität der Angaben Egos zu den Alter-Alter Beziehungen auf. Inwieweit kann ein Akteur die Beziehungen zwischen seinen Partnern valide einschätzen?<sup>4</sup> Egozentrierte Netzwerke bilden immer nur einen beschränkten Ausschnitt größerer Netzwerke. Den in der Einleitung beschriebenen Grundannahmen einer strukturellen Perspektive entspricht deshalb die Erhebung von Gesamtnetzwerken weit mehr. Hier lässt sich die vollständige Vielfalt der netzwerkanalytischen Methoden anwenden und insbesondere Struktureigenschaften auf der Makroebene untersu-

---

3 Eine Sonderform ist die Erhebung von Netzwerken mit Hilfe des Schneeballprinzips, das sich insbesondere für „versteckte“ Bevölkerungsgruppen eignet. Hierbei wird das Netzwerk sukzessive über Partner der Befragten Personen ausgeweitet (*Marsden 2005*).

4 Mit der Frage der Validität von Egos Angaben über Merkmale und Beziehungen der Alteri beschäftigt sich ausgiebig *Wolf (2004)*. Er kommt dabei zu dem Schluss, dass die Validität der Daten, trotz der genannten Schwierigkeiten relativ gut ist.

chen. Auch lässt sich erst hier das volle Potenzial netzwerkanalytischer Visualisierungstechniken anwenden.

Ego-zentrierte Netzwerke		Gesamtnetzwerke	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
Stichprobenziehung möglich	Beschränkte Auswertungsmöglichkeit	Volle Methodenvielfalt anwendbar	Großer Erhebungsaufwand
Erhebungsaufwand reduziert	Validität der Alter-Alter Beziehungen u.U schlecht	Struktureigenschaften werden sichtbar	Netzwerkabgrenzung schwierig
		Visualisierungsmöglichkeiten	Non-Response problematisch

**Tabelle 2:** Vor- und Nachteile von Egozentrierten Netzwerken und Gesamtnetzwerken

Ein wichtiges Unterscheidungskriterium für soziale Beziehungen ist deren Stärke. Mark Granovetter unterscheidet in einer klassischen netzwerkanalytischen Untersuchung zwischen „strong“ und „weak ties“. „Strong ties“ sind stark durch Vertrauen eingebettet und führen in den sozialen Nahbereich, „weak ties“ dagegen sind lose Beziehungen die zu sozial weiter entfernten Personen führen können. Granovetter (1973) zeigt, dass sich Jobchancen eher über diese sogenannten „weak ties“ ergeben, was ihn zu dem Titel „the strength of weak ties“ für seine Untersuchung veranlasste.

Beziehungen die erhoben werden, können auch in ihrer Art vielfältig sein. Typische Beziehungsformen, die erhoben werden sind: Informationsaustausch, Ressourcenaustausch, Reputation, Mitgliedschaft, Verwandtschaftsbeziehungen, affektive Beziehungen, konkrete Interaktionen (Jansen 2006, Kapitel 3). In einer klassischen Studie zum Aufstieg der Medici in der Frührenaissance erheben Padgett und Ansell (1993) neun verschiedene Beziehungstypen, wie Heiratsbeziehungen, gemeinsame Immobilien, Patronage und Freundschaft.<sup>5</sup>

---

5 Die Studie von Padgett/Ansell ist eine klassische netzwerkanalytische Untersuchung. Sie zeigen, dass sich der Aufstieg der Medici aus ihrer speziellen Position im Netzwerk der florentiner Familien erklären lässt. Ihre Schlüsselposition ergibt sich aus der Trennung von Heirats- und Handelsbeziehungen, die sich aus ihrer Geschichte ergibt und es ihnen ermöglicht die anderen Familien zu-

Neben Befragung und Beobachtung können Netzwerkbeziehungen auch über prozessproduzierte Daten, also Dokumente usw. erhoben werden. Für die schon erwähnte Untersuchung zu den Medici wurden insbesondere Steuerregister ausgewertet. Über eine Dokumentenanalyse wird die umfangreiche, von den zu untersuchenden Akteuren unabhängige Erhebung von Netzwerkdaten ermöglicht. Eine besondere Form der Datenerhebung ist die Erhebung über „two-mode data“, die zu einer Person/Ereignis-Matrix führt (Borgatti 2009). Hierbei werden Personen in den Zeilen und „Ereignisse“ in den Spalten notiert. Ereignisse können z.B. der gemeinsame Besuch eines Ausschusses bei Politikern sein. Aus solchen Daten lassen sich dann auch Soziomatrizen erstellen, wenn man davon ausgeht, dass der gemeinsame Besuch eines Ausschusses eine Beziehung darstellt. Eine gemeinsame Publikation von zwei Wissenschaftlern kann z.B. als wissenschaftliche Kooperationsbeziehung gewertet werden. Newmann (2001) hat auf dieser Basis beispielsweise ein umfangreiches Koautorennetzwerk für 16.708 Astrophysiker erstellt. Die Erhebung solch umfangreicher Daten wird insbesondere durch die Fortentwicklung von Computern und die Möglichkeiten solche Daten automatisiert zu erheben vorangetrieben. Hier wurden zuletzt sehr umfangreiche Datensätze erstellt, die die Untersuchung von Netzwerkstrukturen auf einer nationalen oder sogar globalen Ebene ermöglichen. Auf nationaler Ebene haben Onnela et al. (2006) die Telefonbeziehungen von 4,6 Millionen Mobilfunkteilnehmern über einen Zeitraum von 18 Wochen ermittelt, was etwas 20% der Gesamtbevölkerung entsprach. Hierbei maßen sie auch die Beziehungsstärke anhand der Länge der Telefonanrufe. Sie konnten dabei Granovetters „weak-ties versus strong-ties“ Hypothese insofern bestätigen, als dass sie zeigen konnten, dass innerhalb von Cliques starke Beziehungen herrschen. Beziehungen die eine große Netzwerkdistanz überwinden sind dagegen eher schwach.<sup>6</sup> Das bisher umfangreichste soziale Netzwerk wurde von Leskovec et al. (2008) un-

---

nehmend reflexiv gegeneinander auszuspielen. Dies bezeichnen die Autoren als „robust action“.

- 6 Diese Untersuchung ist deshalb interessant, da sie zeigt, dass die Beziehungsstärke weder durch persönliche Eigenschaften, noch durch die Gesamtnetzwerkstruktur erklärt werden kann. Würde die Beziehungsstärke von den einzelnen Personen abhängen, würde sie unabhängig von der lokalen Struktur variieren. Wäre das Netzwerk auf einen bestmöglichen Gesamtaustausch an Informationen optimiert, dann müssten gerade Beziehungen die hohe Distanzen überwinden besonders stark sein (wie das z.B. bei technischen Netzwerken wie dem Internet oder biologischen Netzwerken wie dem Gehirn der Fall ist). D.h. die Beziehungsstärke wird hauptsächlich durch die lokale Beziehungsstruktur beeinflusst (Onnela et al. 2006).

tersucht, die das komplette Nachrichten-Netzwerk des MSN-Messenger mit 180 Millionen Nutzern untersucht haben. Ein Überblick über einige interessante Netzwerkerhebung mit prozessproduzierten Daten gibt Tabelle 3.

Beziehungstyp	Akteure	Autor(en)
Vorhandensein der Währung auf fremdländischen Markt	45 Länder, Jahr 1890-1910	Flandreau & Jobst 2005
Koautorenbeziehungen	16.708 Astrophysiker	Newman 2001
Online-Messenger-Kommunikationsbeziehungen	180 Millionen Nutzer	Leskovec & Horvitz 2008
Heirats-, Handels-, Politische- und Freundschaftsbeziehungen	92 Elite-Familien in Florenz 1400-1434	Padgett & Ansell 1993
Telefonanrufe	4,6 Mio Mobilfunkteilnehmer	Onnela et al. 2006

**Tabelle 3:** Einige Untersuchungen mit prozessproduzierten Daten

### 3. Visualisierung von Netzwerken

Die Visualisierung sozialer Netzwerke spielt eine Schlüsselrolle in der Entwicklung der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse. Zum einen liefert sie theoretische Erkenntnisse über soziale Phänomene, zum anderen hilft sie dem Forscher seine Ergebnisse zu kommunizieren (*Freeman 2000*). Visualisierungen sozialer Netzwerke stellen Akteure im Allgemeinen als Punkte und Beziehungen als Linien dar. Erste Visualisierungen dieser Art wurden von Jakob Moreno (1934) vorgenommen der sich für Beziehungen innerhalb von Kleingruppen interessierte und dafür die Technik der Soziometrie entwickelte. In diesen ersten Bildern sind die Akteure meist als Dreiecke und Punkte weitgehend zufällig angeordnet und über verschiedenfarbige Pfeile für positive oder negative Beziehungen verbunden. Solche handgezeichneten Bilder waren mitunter relativ unübersichtlich, konnten aber mit viel Geschick des Zeichners auch schon eine hervorragende Aussagekraft entwickeln (*Freeman 2000*). Seit den 50er Jahren haben sich automatisierte Techniken der Visualisierung von Netzwerken entwickelt und heute ist eine Vielzahl von Softwarepro-

grammen zur grafischen Darstellung sozialer Netzwerke verfügbar (Pajek und Visone sind zwei in den Sozialwissenschaften verbreitete Programme).

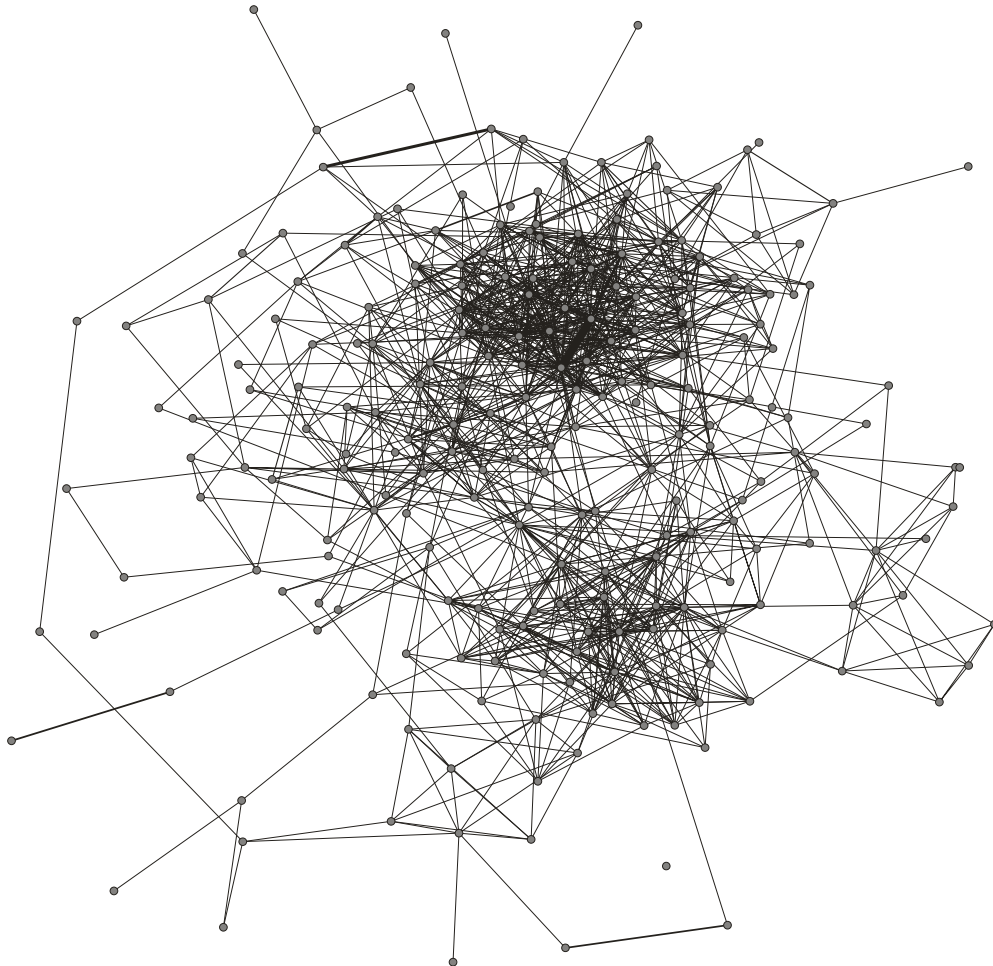
Heute sind grafische Repräsentationen sozialer Netzwerke ein integraler Bestandteil netzwerkanalytischer Untersuchungen (*Krempel* 2008). Die Netzwerkvisualisierung ermöglicht es verschiedene Informationen gleichzeitig darzustellen und so komplexe Zusammenhänge deutlich zu machen. Das Grundkonzept der meisten Verfahren der Netzwerkvisualisierungen ist, soziale Distanzen<sup>7</sup> zwischen Akteuren über Raumdistanzen im zweidimensionalen Raum zu repräsentieren. Ähnlich wie mit Hilfe von Landvermessern im 17. und 18. Jahrhundert Landkarten entstanden sind, entstehen über diese Techniken soziale Karten, über die Netzwerkpositionen, Strukturen, Interdependenzen oder Einflusssphären abgebildet werden können (*Krempel* 2005, 2008). Um dies zu erreichen werden heute meist sogenannte Spring-Embedder eingesetzt. Die Idee solcher Verfahren ist, dass Beziehungen wie Federn funktionieren. Sind verbundene Akteure zu nah aneinander stoßen sie sich ab, sind sie zu weit voneinander entfernt, ziehen sie sich an. Nun werden diese Kräfte im zweidimensionalen Raum zum Ausgleich gebracht, bis eine möglichst geringe Spannung besteht. Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich dann darin, wie sie diese Federkräfte berechnen. Der Kamada-Kawai Algorithmus (1989) berechnet die Kräfte über Pfaddistanzen für alle Akteure, bei dem Fruchtermann-Reingold Algorithmus (1991) werden Knoten nur von den benachbarten Knoten angezogen und von allen anderen abgestoßen, weshalb er etwas schneller ist (vgl. *Pfeffer* 2008). Selbst bei sehr großen Netzwerken sind über solche Verfahren noch Strukturen erkennbar. Das in Abbildung 2 mit dem Kamada-Kawai Verfahren visualisierte Netzwerk zeigt die Koautorenbeziehungen zwischen den 225 Astrophysikern, die im Jahr 2005/2006 am meisten publiziert haben. Dabei erfolgt die Berechnung der Beziehungsstärke anhand der Zahl der gemeinsamen Kopublikationen, relativiert durch die Zahl der beteiligten Autoren.<sup>8</sup> Astrophysiker sind mit einem grauen Punkt markiert. Es wird

---

7 Die einfachste Form innerhalb eines Netzwerkes soziale Distanzen zu operationalisieren ist die sogenannte Pfaddistanz. Die Pfaddistanz (auch geodesic distance) gibt die kürzeste Zahl an Beziehungen an über die zwei Akteure miteinander verbunden sind.

8 Jede Kopublikation zwischen 2 Autoren wird durch die Zahl der Autoren -1 geteilt. Erfolgt beispielsweise eine Kopublikation zwischen vier Autoren, so ist die Beziehungsstärke ein Drittel (da jeder der Autoren, seine Bemühungen auf drei weitere Autoren aufteilt). Gibt es mehrere Kopublikationen zwischen zwei Autoren werden die Werte aufsummiert.

deutlich, dass in dem Netzwerk zwei zentrale vernetzte Cliquen vorhanden sind, sowie einige periphere Akteure. Solch eine Visualisierung lässt sich relativ komfortabel mit Pajek erstellen.



**Abbildung 2:** Die 225 aktivsten Astrophysiker weltweit, Visualisierung mit dem Kamada-Kawai Algorithmus (Pajek) (eigene Berechnungen)

Neben dem Federmechanismus gibt es noch weitere Kriterien die bei der Visualisierung von Netzwerken berücksichtigt werden und die zudem die „Lesbarkeit“ von Netzwerkvisualisierungen erhöhen sollen. Diese können Teil von Visualisierungsalgorithmen sein, haben aber auch für handgestellte Netzwerkschaubilder Gültigkeit (Pfeffer 2008). Die Zahl der sich überschneidenden Kanten sollte minimiert werden, die Fläche sollte einigermaßen gleichmäßig genutzt werden und die Winkel zwischen zwei Beziehungen sollten maximiert werden. Zudem ist es sinnvoll, wenn Struktureigenschaften wie Symmetrien oder Zentralitäten in die Visualisierung miteinfließen.



Neben diesen Regeln die insbesondere die Anordnung der Punkte und Linien betreffen, gibt es noch weitere Möglichkeiten die Visualisierung zu optimieren (Pfeffer 2008). Die Punkte können in ihrer Farbe variieren um verschiedene Ausprägungen von Attributen darzustellen, oder in ihrer Größe variieren um die Ausprägung von metrischen Variablen zu symbolisieren. In Abbildung 3 wird nun eine weitere Visualisierung vorgestellt, die zeigt, wie gut über Visualisierungen Netzwerkstrukturen und Mechanismen visuell begreifbar werden.

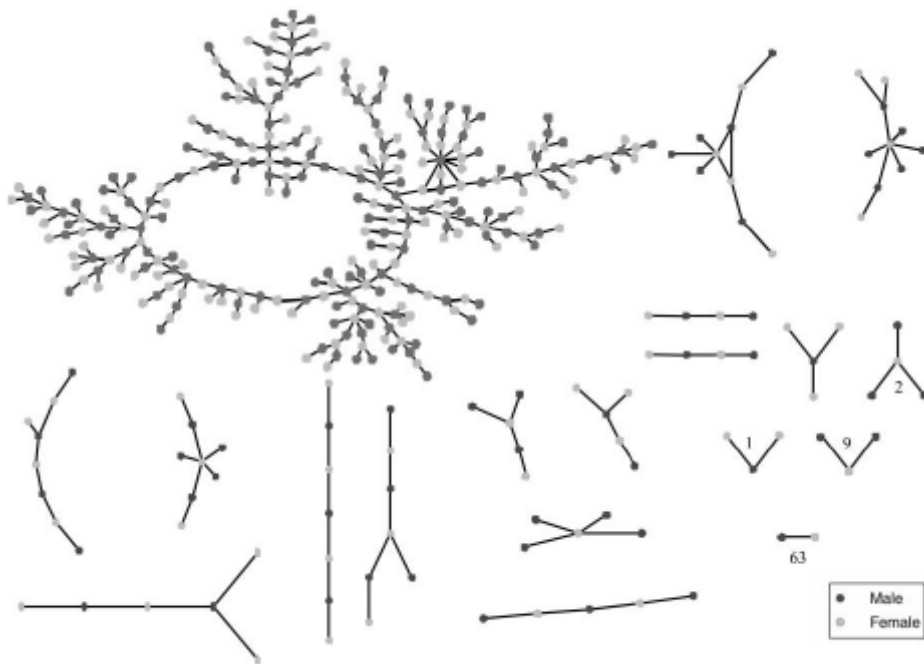


FIG. 2.—The direct relationship structure at Jefferson High

**Abbildung 3:** Bearman et al. 2004, das Sexualnetzwerk der Jefferson High

Bearman et al. (2004) befragten 832 Schüler an einer amerikanischen Highschool (der Jefferson High) nach deren Sexualbeziehungen innerhalb der letzten 18 Monate. In der Visualisierung des Netzwerkes wurden Männer dunkelgrau und Frauen hellgrau markiert. Auf den ersten Blick fällt die baumartige Struktur des Netzwerkes auf. Die von anderen Forschern angenommenen Strukturen für Sexualnetzwerke wie Zentrum-Peripherie-Strukturen oder Cliquenstrukturen treffen auf das erhobene Netzwerk nicht zu. Insbesondere augenfällig ist das Fehlen von kleinen Beziehungskreisen. Mit Hilfe einiger theoretischer Überlegungen kann schon alleine auf Basis der Visualisierung erklärt werden, wie diese Struktur zustande kommt. Die kleinstmögliche Kreisstruktur ist bei heterosexuellen Beziehungen ein Viererkreis. Dieser wird aber durch normati-

ve Verbote unmöglich gemacht. Angenommen Bob ist mit Carol zusammen und Alice mit Ted. Wenn nun Bob Carol für Alice verlässt und Alice Ted verlässt, müsste nun Ted mit Carol zusammenkommen, damit sich der Vierer-Kreis schließt. Sie ist aber aus Teds Sicht die Exfreundin des neuen Partners seiner Exfreundin. Solch eine Partnerwahl würde einen Statusverlust für die Schüler bedeuten, selbst wenn sie sich dieser Regel nicht voll bewusst sind. Bearman et al (2004: 75) schreiben dazu:

„Most adolescents would probably stare blankly at the researcher who asked boys: Is there a prohibition in your school against being in a relationship with your old girlfriend's current boyfriend's old girlfriend? It is a mouthful, but it makes intuitive sense. Like adults, adolescents choose partners with purpose from the pool of eligible partners. But beyond preferences for some types of partners over others -for example, preferences for partners interested in athletics, who do not smoke, or who will skip school to have more fun - adolescents prefer partners who will not cause them to lose status in the eyes of their peers.”

Simulationsanalysen der Autoren mit einigen weiteren Parametern belegen schließlich, dass sich die visualisierte Netzwerkstruktur so erklären lässt. Ein weiteres Beispiel einer Visualisierung zeigt, wie mit Hilfe von Farben und Pfeilgrößen Struktureigenschaften von Netzwerken sichtbar gemacht werden können (Abbildung 4).

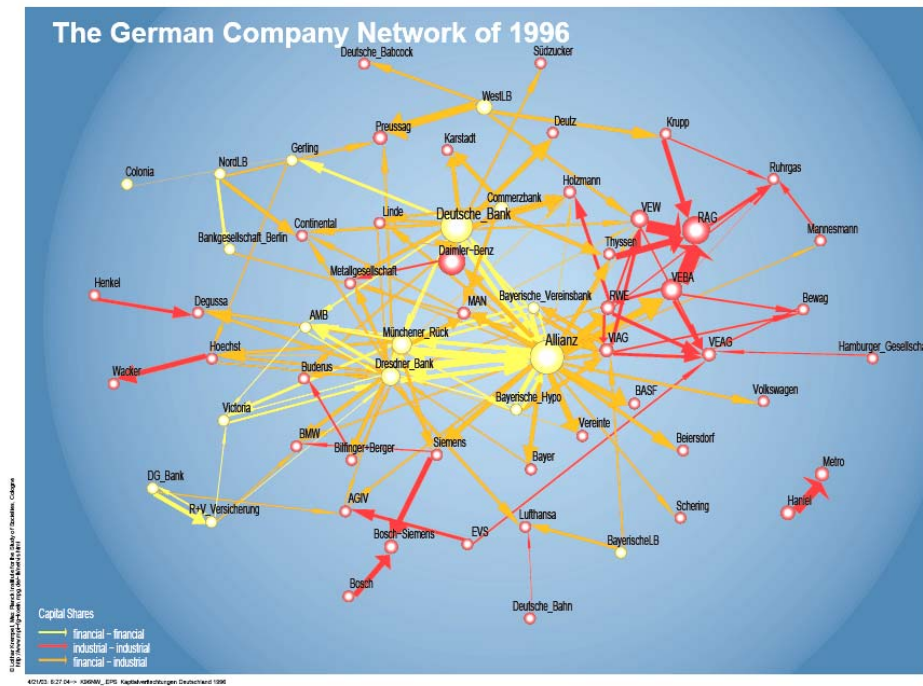
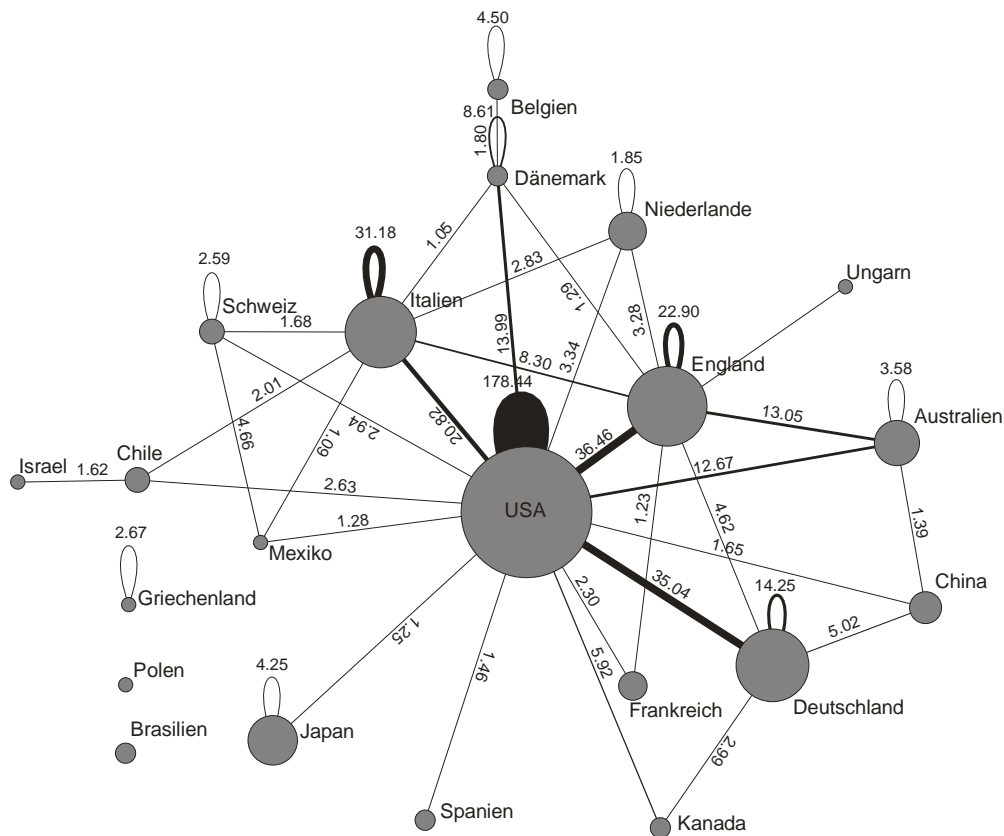


Fig. 1. Image of the German company network of 1996 by Höpner and Krempel [3].

#### Abbildung 4: Höpner/Krempel (2003)

In dieser Visualisierung werden die Beteiligungen der 100 größten deutschen Unternehmen im Jahr 1996 auf Basis von Daten der Monopolkommission gezeigt (Höpner/Krempel 2003). Die Größe der Punkte ergibt sich hierbei sowohl über die Beteiligungen an anderen Unternehmen, als auch über die Beteiligung anderer Unternehmen an den Akteuren, im Verhältnis zum Umsatz. Zudem sind Industrieunternehmen rot gekennzeichnet und Finanzunternehmen gelb. Auch die Pfeile sind je nach Beziehungstyp farblich markiert. Das Schaubild zeigt zuerst einmal, dass in Deutschland zwischen den größten Unternehmen eine umfassende Vernetzung vorhanden ist und das Netzwerk nicht (wie z.B. in Japan) in einzelne Cliquen zerfällt. Es lässt sich aus dem Schaubild auch ablesen, dass Finanzinstitutionen eine zentrale Position im Netzwerk einnehmen. Dabei ist interessant, dass die Finanzinstitutionen im Gegensatz zu den Industrieunternehmen keine wechselseitigen Beteiligungen haben (Höpner/Krempel 2003).

Sind Netzwerke groß und unübersichtlich, wie das Netzwerk der weltweit produktivsten Astrophysiker in Abbildung 2, kann es sinnvoll sein, Akteure in dem Netzwerk anhand von Attributen zu Gruppen zusammenzufassen. Dies wurde für das Netzwerk aus Abbildung 2 getan. Dabei wurden die Astrophysiker nach Ländern in Gruppen zusammengefasst.



**Abbildung 4:** Das Koautorennetzwerk der 225 aktivsten Astrophysiker 2005/2006 als *a priori* Blockmodell nach Ländern. Beziehungen mit einer Stärke unter 1 wurden entfernt. (eigene Berechnungen)

Hierbei zeigen die Pfeile nun nicht mehr Beziehungen zwischen einzelnen Astrophysikern an, sondern zwischen Gruppen von Astrophysikern. Die Pfeildicke und die Beschriftung der Pfeile geben an, wie hoch der gemeinsame Kopublikationswert zwischen den Ländern ist. Die geschwungenen Pfeile, die zu den Kreisen zurückführen, geben die Stärke der Kopublikationen innerhalb der Gruppen an. Die Fläche der Kreise ist proportional zur Größe der Gruppen. Allerdings hängt die Höhe der Beziehungen natürlich auch von der Größe der jeweiligen Gruppen ab. Eine diesbezügliche Normierung wurde hier nicht vorgenommen. Die Grafik zeigt, dass die USA für viele Astrophysiker, neben dem eigenen Land, ein zentraler Kooperationspartner ist. Eine solche Darstellung, bei der die Beziehungen innerhalb und zwischen nach Attributen gruppierten Akteuren dargestellt werden, nennt man *a priori* Blockmodell. Bei einem *a posteriori* Blockmodell hingegen werden die Akteure nicht nach Attribu-

ten gruppiert, sondern anhand ähnlicher Positionen innerhalb der Netzwerkstruktur (*Wasserman/Faust 1994; Heidler 2006*).<sup>9</sup> Die Ergebnisse beider Verfahren können visualisiert werden und mit Hilfe von Farben, Beschriftungen und Kreis- sowie Pfeilgrößen einen guten Überblick über die Netzwerkstruktur geben.

#### 4. Mathematische Analyse von Netzwerken

Nachdem nun erläutert wurde, wie nach der Erhebung von Netzwerken über deren Visualisierung Ergebnisse erzielt werden können, soll nun kurz angerissen werden, wie über mathematische Analyseverfahren quantitativ fundierte Aussagen zu sozialen Netzwerken getroffen werden können. Dabei soll insbesondere auf drei Verfahren zur mathematischen Analyse von Netzwerken eingegangen werden: Erstens, akteursbasierte Maßzahlen,<sup>10</sup> zweitens, Blockmodellanalysen und drittens, dynamische Ansätze. Dabei soll hier nicht der Anspruch erhoben werden diese Verfahren umfänglich zu erläutern, sondern es soll die Richtung skizziert werden, in welche diese Verfahren arbeiten. Zur Umsetzung der mathematischen Analysen gibt es eine Vielzahl verschiedener Softwareprogramme. Soweit möglich werden hier beispielhaft einige Programme genannt, mit denen sich die beschriebenen Analysen durchführen lassen. Ein Überblick über die verfügbare Software zur Netzwerkanalyse findet sich bei Huisman und van Duijn (2005).

Akteursbasierte Maße werden vielfach verwendet um die direkte Einbettung von Akteuren in ein Netzwerk zu beschreiben.<sup>11</sup> Theoretisch werden sie oft als eine Form von „sozialem Kapital“ interpretiert<sup>12</sup>, wobei

---

9 Blockmodellanalyseverfahren werden in Abschnitt 5 noch detaillierter beschrieben.

10 Neben Maßen für einzelne Akteure spielen auch noch Maße für ganze Netzwerke und Maße für Akteursgruppen eine wichtige Rolle in der Netzwerkanalyse. Maße für gesamte Netzwerke sind z.B. die Dichte, die Zentralisierung oder die Hierarchisierung eines Netzwerkes. Gruppenspezifische Maße werden insbesondere in der Cliquenanalyse verwendet, in der versucht wird Akteursgruppen mit einer stark überdurchschnittlichen Vernetzung zu identifizieren (siehe hierzu auch *Jansen/Diaz-Bone 2009*). Beides soll hier nicht weiter berücksichtigt werden.

11 Die meisten der hier besprochenen Maße lassen sich mit den Netzwerkanalyseprogrammen UCINET (größtenteils) und Pajek berechnen.

12 Das soziale Kapital kann als Scharnier zwischen der Makrostruktur von Netzwerken und den Akteuren verstanden werden. Einen Überblick über die theore-

auf theoretischer Ebene Uneinigkeit darüber herrscht, welche Form von Sozialkapital positive Effekte hat (*Jansen 2000*). Diese Uneinigkeit spiegelt sich auch in den verschiedenen akteursbasierten Maßen wider. Wird dabei nur die direkte Nachbarschaft von Akteuren (1-neighborhood) in Betracht bezogen, lassen sich diese Maße sowohl in Gesamtnetzwerken als auch in Ego-Netzwerken erheben. Das simpelste Maß das auf Akteurs-Ebene berechnet werden kann ist der sog. *degree*:

$$d_i = \sum_j x_{ij}, \text{ für } i \neq j$$

Der degree gibt an, wie viele Beziehungen ein Akteur hat. Ein degree von 3 bedeutet, dass ein Akteur drei Beziehungen hat. Man kann zudem zwischen in-degree und out-degree unterscheiden, der in-degree zählt nur die eingehenden Beziehungen und der out-degree die ausgehenden Beziehungen.

Ein komplexeres Maß ist das sogenannte constraint-Maß, an dem sich auch die zwei unterschiedlichen Richtungen der Debatte um die Wirksamkeit von Sozialkapital unterscheiden lassen. Coleman (1988) zufolge entsteht Sozialkapital aus dichten, geschlossenen Netzwerken, da die gegenseitigen Erwartungen der Akteure stabile, vertrauensvolle Beziehungen schaffen und somit zur Mobilisierung von Ressourcen eingesetzt werden können. Burt (1992, 2004) hingegen entwickelte das Konzept der strukturellen Löcher. Wenn es Akteuren gelingt solche strukturellen Löcher zu überbrücken, können sie davon positiv profitieren. Er zeigt beispielsweise, dass Manager „bessere“ Ideen produzieren, wenn sie sich an einer Position befinden, bei der sie strukturelle Löcher überwinden.<sup>13</sup> Eine solche Position ist dann gegeben, wenn über die Position Akteure verbunden werden, die ansonsten unverbunden wären. In Abbildung 5 sind beispielsweise die Netzwerke von zwei wissenschaftlichen Forschungsgruppen visualisiert, die schwarz markiert sind. Die Forschungsgruppe A ist in ein dichtes Netzwerk integriert, die Forschungsgruppe B hingegen überwindet strukturelle Löcher. Sie verbindet andere Forschungsgruppen miteinander, die ansonsten nicht verbunden wären. Eine solche Position wird auch Broker-Position genannt. Das Ausmaß des Vorhandenseins einer Brokerposition wird durch das constraint-Maß berechnet, welches zwischen 0 und 1 variiert, wobei die Brokerposition

---

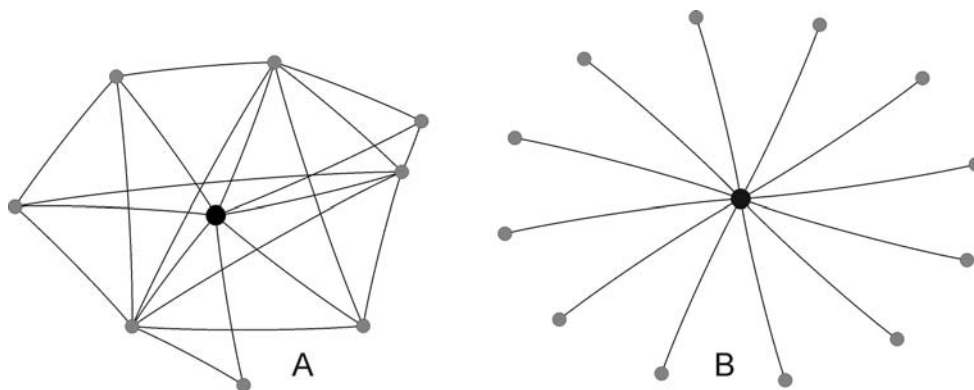
tische Konzeptualisierung und die Operationalisierung von sozialem Kapital findet sich bei *Jansen/Diaz-Bone (2009)*.

13 Eine Ausnahme sind hier Frauen und Jung-Manager, die eher von dichten Netzwerken zu einflussreichen Personen profitieren.

umso klarer ist, umso näher die Werte bei null sind. Das constraint-Maß wird wie folgt berechnet,

$$c_{ij} = \sum_j (p_{ij} + \sum_q p_{iq} p_{qj})^2, \text{ for } q \neq i, j,$$

wobei  $p_{ij}$  der Anteil der Zeit/Energie ist, die Akteur  $i$  in den Kontakt  $j$  investiert (Burt 2004, S. 362).<sup>14</sup> In Abbildung 5 wurde beispielhaft das constraint für Forschungsgruppe A und Forschungsgruppe B berechnet.<sup>15</sup>



**Abbildung 5:** Constraint A= 0,406; B=0,083, Clustering Coefficient 1 A=0,5; B=0. (Jansen et al. 2009)

Ein weiteres verbreitetes Maß, mit einer ähnlichen Zielsetzung ist der sogenannte cluster-coefficient. Er misst, wie stark die direkte Umgebung eines Akteurs vernetzt ist. Dabei gibt er den Anteil der vorhandenen Beziehungen an allen möglichen Beziehungen eines Akteurs an. Die Formel lautet folgendermaßen (vgl. Watts/Strogatz 1998)

$$\text{Clustering Coefficient } (C) = \frac{3 \times \text{Number of Triangles on the Graph}}{\text{Number of connected Triples of Vertices}}$$

Akteur A hat beispielsweise einen clustering-coefficient von 0,5. Seine 8 Partner können insgesamt  $7+6+5+4+3+2+1=28$  Beziehungen eingehen, sind aber tatsächlich 14 Beziehungen untereinander eingegangen, also die Hälfte aller möglichen Beziehungen. Eine etwas komplexere Form des clustering-coefficient ist der „clustering-coefficient-2“, der das

14 Hat  $i$  beispielsweise 5 Beziehungen, so ist seine Beziehungsstärke zu  $j$  ein Fünftel.

15 Das betweenness-Maß (Freeman's betweenness centrality, Freeman 1977) hat eine ähnliche Zielsetzung, bezieht aber nicht nur das direkte Umfeld des Akteurs, sondern das ganze Netzwerk mit ein (Jansen 2006).

Prinzip nicht nur auf die direkte Nachbarschaft (1-neighbourhood), sondern auch auf die Nachbarschaft in dem Abstand 2 (2-neighbourhood) ausweitet (*Batagelj/Mvar* 2008). Typisch für Netzwerkanalysen ist es dann solche Akteursmaße für Zentralität oder Sozialkapital mit anderen Maßen in Verbindung zu setzen. So stellt sich zum Beispiel im Zusammenhang mit dem oben vorgestellten constraint-Maß die Frage, ob dichte, geschlossene Netzwerke oder Netzwerkpositionen, die strukturelle Löcher überwinden von Vorteil für die wissenschaftliche Produktivität von Forschungsgruppen sind. Jansen et al. (2009) zeigen, dass dies je nach wissenschaftlicher Disziplin differiert. Aufgrund der unterschiedlichen Produktionslogik ist die Überwindung struktureller Löcher in der Nanowissenschaft von Vorteil, in der Astrophysik hingegen von Nachteil.

Die Blockmodellanalyse ist eine weitere verbreitete Methode um soziale Netzwerke zu analysieren (*Doreian et al. 2005, Heidler 2006*).<sup>16</sup> Sie wurde von Harrison White und einigen seiner Schüler entwickelt und von ihnen zuerst verwendet, um die komplexe Beziehungsstruktur eines amerikanischen Klosters zu untersuchen (*White et al. 1977*). Wie schon am Beispiel von Abbildung 4 illustriert, kann es sinnvoll sein Netzwerkstrukturen mit Hilfe der Zusammenfassung von Akteuren zu Gruppen zu reduzieren. Geschieht dies durch netzwerkexterne, vom Forscher gewählten Gruppenzugehörigkeiten (im Beispiel in Abbildung 4 die Länder der Astrophysiker), spricht man von *a priori* Blockmodellen. Die Blockmodellanalyse kann jedoch noch einen Schritt weiter gehen und Akteure anhand ihrer Position im Netzwerk quasi automatisch Gruppen zuordnen, daraus ergeben sich *a posteriori* Blockmodelle (*Wasserman/Faust 1994*). Die Ähnlichkeit der Position wird hierzu mit verschiedenen Maßen wie strukturelle Äquivalenz, reguläre Äquivalenz oder stochastische Äquivalenz berechnet. Auf Basis dieser Maße werden die Akteure dann Gruppen zugeordnet und ein „reduziertes“ Abbild des Netzwerks erstellt. Das Konzept der „strukturellen Äquivalenz“ ist dabei das einfachste Konzept. Strukturell äquivalent sind Akteure dann, wenn sie genau die gleichen aus- und eingehenden Beziehungen haben. Da perfekte strukturelle Äquivalenz selten gegeben ist, wurden Maße entwickelt um das Ausmaß struktureller Äquivalenz zu messen oder alternative schwächere Äquivalenzdefinitionen entworfen.<sup>17</sup>

---

16 Blockmodellanalysen lassen sich z.B. mit dem Programm Pajek (*Batagelj/Mrvar 2008*) oder dem Programm BLOCKS (*Snijders/Nowicki 1997, 2004*) durchführen, das Teil des StOCNET-Pakets (*Huisman/van Duijn 2003*) ist.

17 Für Angaben zur Berechnung, die Gegenüberstellung verschiedener Verfahren und die Interpretation von Blockmodellen, siehe *Heidler (2009)*.



Das Resultat einer Blockmodellanalyse ist dann ein reduziertes Abbild der Netzwerkstruktur ähnlich wie in Abbildung 4, nur, dass die Akteure nicht anhand eines Attributs, sondern anhand ihrer Netzwerkposition gruppiert werden. Diese Gruppen werden Positionen genannt. Blockmodellanalysen lassen sich auch simultan für mehrere Beziehungsarten durchführen, das für die Abbildung 6 gemacht wurde. Es handelt sich hierbei um ein regionales Interorganisationsnetzwerk im Hochtechnologiebereich mit Universitäten, Forschungseinrichtungen, staatlichen Institutionen und Finanzdienstleistern, das aus 80 Akteuren besteht (für eine detaillierte Analyse siehe *Blümel et al. (2007)*). Für das Netzwerk wurden drei Beziehungstypen erhoben: Forschungsbeziehungen, Geschäftsbeziehungen und Freundschaftsbeziehungen. Für die Blockmodellanalyse wurden fünf Positionen identifiziert. Die Größe der Kreise symbolisiert die Zahl der Akteure, die Dicke der Pfeile die Beziehungsdichte. Die Kreise um die Positionen symbolisieren die interne Beziehungsdichte, also die gruppeninterne Vernetzung. Aus dem Bild lässt sich ablesen, dass es sich um ein Zentrum-Peripherie-Netzwerk handelt.<sup>18</sup> Es gibt zwei zentrale Positionen (A und B), die Position A ist dabei das für Forschungsbeziehungen und die Position B das für Geschäftsbeziehungen relevante Zentrum. Zudem gibt es zwei periphere Positionen C und D die jeweils mit den Zentren vernetzt sind und zudem auch in gewissem Maße intern vernetzt sind. Daneben gibt es eine relativ große und kaum vernetzte Peripherie E. Weiterführende Interpretationen könnten angefügt werden, für einen ersten Einblick in die Funktionsweise der Blockmodellanalyse soll dies erst einmal reichen. Es wurde deutlich, dass die Blockmodellanalyse auf der Makro-Struktur des Netzwerkes ansetzt und Strukturen deutlich macht, die über den einzelnen Akteur hinausgehen. Über die Blockmodellanalyse lassen sich auch größere Netzwerke fassen.

Neben den nun vorgestellten akteursbasierten Maßen und der Blockmodellanalyse soll nun auch ein drittes Analysekonzept kurz angeschnitten werden, das wiederum eine andere Zielrichtung hat. Über das Programm SIENA (Simulation Investigation of Empirical Network Analysis)<sup>19</sup> lässt sich die Evolution von Netzwerken simulationsbasiert empirisch analysieren. Mit dem Programm lässt sich eine sogenannte akteursbasierte stochastische Modellierung der Dynamik von Netzwerken vor-

---

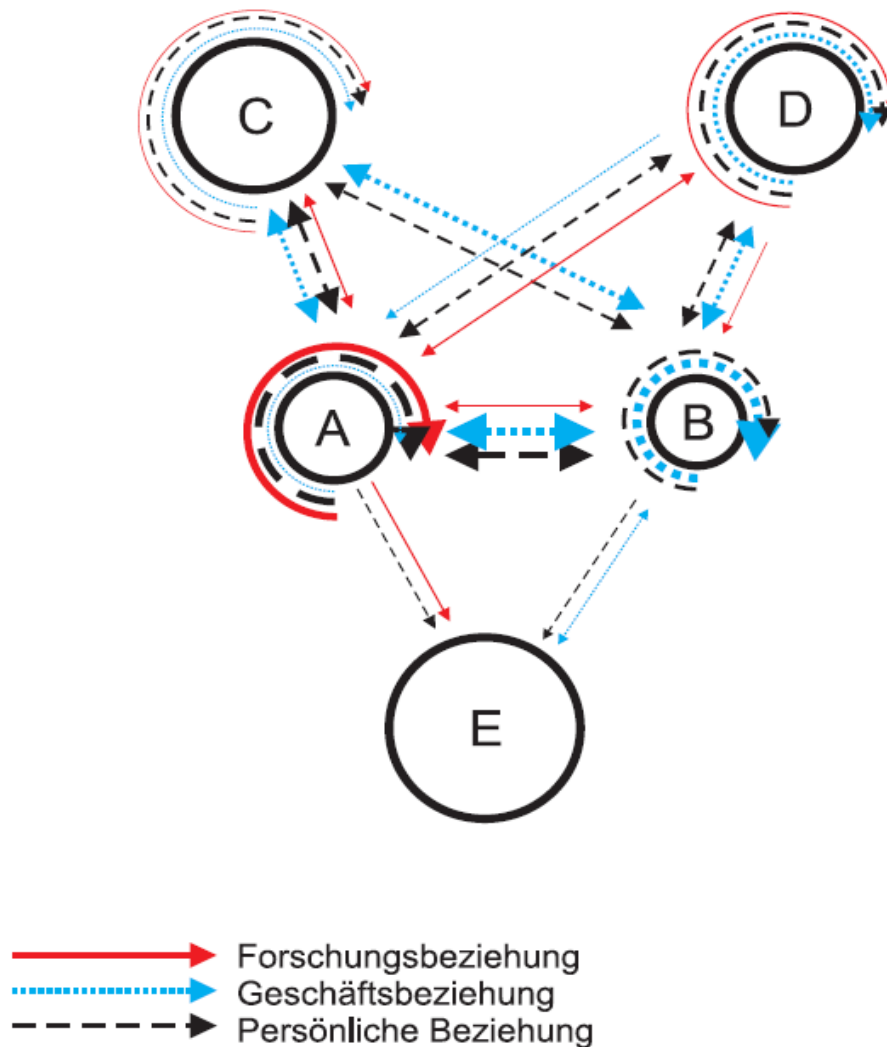
18 Weitere typische Netzwerkstrukturen die durch Blockmodellanalysen erkannt werden können sind z.B. Hierarchie-, Ring- oder Cliquesstrukturen.

19 SIENA ist in das Softwarepaket StOCNET integriert, die Vorgehensweise ist über das Manual (*Snijders et al. 2007*) dokumentiert.

nehmen.<sup>20</sup> Dafür müssen attributionale (z.B. Geschlecht, Alter, Rauchverhalten) und gerichtete oder ungerichtete relationale (z.B. ein Freundschaftsnetzwerk) Daten für alle Akteure einer zusammenhängenden Gruppe zu mindestens zwei Zeitpunkten vorliegen. Solche Daten werden als *network-behavior panel data* bezeichnet (Steglich et al. 2004). Vom Forscher wird dann eine Nutzenfunktion für die Akteure entworfen, über die die Dynamik des Netzwerks modelliert wird. Diese wird dann anhand der empirischen Netzwerkdaten geprüft. Die Nutzenfunktion bestimmt wie Beziehungen eingegangen, beibehalten oder aufgelöst werden. Akteure können z.B. dazu neigen Beziehungen zu erwidern (Reziprozität), Beziehungen zu einem Freund eines Freundes einzugehen (Transitivität), oder Beziehungen zu besonders populären Akteuren einzugehen (preferential attachment). Über die Nutzenfunktion lassen sich verschiedene dieser Effekte kombinieren. Diese Hypothesen bauen auf sozialwissenschaftlichen Theorien mittlerer Reichweite auf, wie z.B. der Balancetheorie oder dem Merton-Effekt (Heidler 2008).

---

20 Das von Tom Snijders und Kollegen entwickelte Verfahren wird anschaulich unter weitgehendem Verzicht auf Formeln in dem Tutorial von Snijders et al. (2008) beschrieben. Einen Überblick über die theoretischen Hintergründe des Verfahrens findet sich bei Heidler (2008).



**Abbildung 6:** Image-Graph einer Blockmodellanalyse eines regionalen Interorganisationsnetzwerkes im Hochtechnologiebereich “optische Technologien”, mit den Beziehungstypen und 80 Akteuren. Die Größe der Kreise gibt die Zahl der Akteure wieder, die Dicke die Beziehungsdichte (Blümel et al. 2007).

Werden auch noch die Attribute in die Modellierung miteinbezogen, kann zum Beispiel auch der Effekt eines ähnlichen Musikgeschmacks (Homophilie) oder des unterschiedlichen Geschlechts (Heterophilie)<sup>21</sup> auf die Aufnahme, Beibehaltung oder Auflösung von Beziehungen getestet werden. In komplexeren Modellen wird nicht nur die Aufnahme, Beibehaltung oder Beendigung von Beziehungen modelliert, sondern auch wie

21 Die Konzepte von Homophilie und Heterophilie gehen auf *Merton* und *Lazarsfeld* (1978) zurück.

diese Beziehungen wiederum auf Attribute zurückwirken. Dadurch kann beispielsweise geklärt werden ob Schüler die miteinander in Beziehung stehen und ein gleiches Rauchverhalten aufzeigen, sich überhaupt nur kennengelernt haben weil sie geraucht haben (Selektion), oder ihre Beziehungen dazu geführt haben, dass sie rauchen (Einfluss).<sup>22</sup> Je nachdem welche Variablen also erklärt werden sollen (die „abhängige Variable“ ist die zu erklärende Variable) und um welche unabhängigen Variablen es sich handelt (Relationen oder Attribute), können also verschiedene in Tabelle 4 dargestellte Hypothesen mit SIENA auf Signifikanz untersucht werden. Anders als bei der Blockmodellanalyse geht es hier also nicht um die Makrostruktur eines Netzwerkes, sondern um die Mikroprozesse der Evolution von Netzwerken.

		<b>Abhängige Variable</b>	
		Attribute	Relationen
<b>Unabhängige Variable</b>	Attribute	<i>Nur als Kontrollvariable</i>	Selektion
	Relationen	Einfluss	Reziprozität Balance Preferential attachment Cliquenbildung

**Tabelle 4:** Typische Hypothesen zur Evolution sozialer Netzwerke

## 5. Fazit

Die Erhebung von Netzwerken ist mit vielen für das Forschungsdesign wichtigen Entscheidungen verbunden. Dabei stellt sich insbesondere die Frage nach der richtigen Netzwerkabgrenzung, der relevanten Beziehungsinhalte und der passenden Erhebungsmethode. Die Visualisierung von Netzwerken kann, wie gezeigt wurde, eine eigenständige Datenauswertung darstellen, aber sie kann auch mit mathematischen Verfahren kombiniert werden. Die Methoden der Auswertung von Netzwerkdaten können sehr unterschiedlich sein. Von Verfahren, die wie klassische

---

22 Genau diese Frage behandeln Snijders et al. (2007).

Kausalanalysen mit abhängigen und unabhängigen Variablen arbeiten, über auf der Makroebene angesiedelte Strukturanalysen, bis hin zur Modellierung von Netzwerkdynamiken, hat sich ein vielseitiges Arsenal an Instrumenten entwickelt. Nachdem nun die Grundlagen der Erhebung von Netzwerkdaten, der Visualisierung von Netzwerken und der mathematischen Analyse von Netzwerken erläutert wurden, sollte zumindest ein grober Überblick über die Leistungsfähigkeit der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse gegeben worden sein.

Allerdings konnte insbesondere bezüglich der mathematischen Auswertungen von sozialen Netzwerken nur ein begrenzter Ausschnitt beleuchtet werden. Speziell Small-World-Analysen zu großen Netzwerken wurden nicht betrachtet.<sup>23</sup> Small-World-Analysen basieren auf dem empirischen Ergebnis, dass sich soziale Netzwerke häufig durch drei Eigenschaften auszeichnen. Sie sind cliquenförmig strukturiert (weisen also z.B. einen höheren durchschnittlichen cluster-coefficient auf als Zufallsnetzwerke), besitzen niedrige durchschnittliche Pfaddistanzen (wie zum Beispiel das MSN-Netzwerk in dem die Teilnehmer durchschnittlich nur knapp unter 7 Schritte voneinander entfernt sind) und haben eine ungleiche degree-Verteilung. Eine ungleiche degree-Verteilung (z.B. eine Power-Law-Verteilung) liegt dann vor, wenn einige Akteure sehr viele Beziehungen haben, die meisten allerdings sehr wenige.<sup>24</sup> Akteurbasierte Maße, Blockmodellanalyse, dynamische Analysen und Small-World-Analysen bilden jedoch insgesamt ein recht breites Spektrum an Analysemöglichkeiten in der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse ab. Auch wenn die „Netzwerktheorie“ hier unterbeleuchtet blieb, sollte diese kurze Einführung ansatzweise einen Eindruck geben, wie eng theoretische Konzepte mit den methodischen Verfahren in der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse verbunden sind (Trezzini 1998).

Die sozialwissenschaftliche Netzwerkanalyse ist dabei heute selbst bestens vernetzt. International ist sie über die Fachgesellschaft INSNA (International Network of Social Network Analysis)<sup>25</sup> organisiert, die mit der Sunbelt einmal im Jahr eine internationale Konferenz abhält. In

---

23 Diese Analysemethoden wurden im Anschluss an einen bahnbrechenden Aufsatz von *Watts/Strogats* (1998) von Physikern entwickelt und haben sich als fruchtbar für die SNA erwiesen. Einen gut lesbaren Überblick bietet *Newman* (2000)

24 Genauer gesagt: Wenn die Verteilung der degree-Werte einer exponentiellen Funktion folgt.

25 Die Website der INSNA mit vielen nützlichen Informationen findet sich unter: <http://www.insna.org/> (abgerufen am 2. Februar 2009).

Deutschland ist die Arbeitsgemeinschaft Netzwerkforschung innerhalb der deutschen Gesellschaft für Soziologie in Gründung, auch hier werden regelmäßig Tagungen veranstaltet. Zudem gib es eine deutsche (SNA.DE)<sup>26</sup> und eine internationale (SOCNET)<sup>27</sup> Mailingliste.

- 
- 26 Die Internet-Adresse lautet:  
<https://dlist.server.uni-frankfurt.de/mailman/listinfo/sna-de> (abgerufen am 2. Februar 2009)
- 27 Insbesondere die SOCNET-Liste erfreut sich einer regen Aktivität und bietet einen guten Einblick in die aktuelle theoretische und methodische Debatte unter den Forschern die sich mit der sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse beschäftigen. Die Internet-Adresse lautet:  
<http://www.analytictech.com/connections/socnet.htm> (abgerufen am 2. Februar 2009)

## Literatur

- Batagelj, V./Mrvar, A.* (2008), Program for Analysis and Visualization of Large Networks – Reference Manual List of commands with short explanation version 1.24.
- Bearman, P. S./Moody, J./Stovel, K.* (2004), Chains of Affection: The Structure of Adolescent Romantic and Sexual Networks, *American Journal of Sociology* 110, S. 44-91.
- Blümel, C./Heidler, R./Lerch, F.* (2007), Struktur vor Entscheidung. Ein Beitrag zur Diskussion der Governance in Interorganisationsnetzwerken aus struktureller Perspektive, in: Wagner, D./Lattemann, C./Kupke, S./Legel, A. (Hrsg.), *Governance-Theorien oder Governance als Theorie?*, Wissenschaftlicher Verlag, Berlin.
- Borgatti, S. P.* (2009), 2-Mode Concepts in Social Network Analysis, *Encyclopedia of Complexity and System Science* (im Erscheinen).
- Borgatti, S. P./Everett, M. G./Freeman, L. C.* (2002), *Ucinet 6 for Windows: Software for social network analysis*, Harvard: Analytic Technologies.
- Burt, R. S.* (1984), Network items in the general social survey, *Social Networks* 6, S. 293-340.
- Burt, R. S.* (1992), *Structural Holes*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Burt, R. S.*, (2004), Structural Holes and Good Ideas, in: *American Journal of Sociology* 110, S. 349-399.
- Castells, M.* (2001), *Der Aufstieg der Netzwerkgesellschaft, Das Informationszeitalter*, Bd. 1, Opladen.
- Coleman, J. S.* (1988), Social capital in the creation of human capital, in: *American Journal of Sociology* 94, Supplement, S. 95-120.
- Doreian, P./Batagelj, V./Ferligoj, A.* (2005), *Generalized blockmodeling*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Emirbayer, M.* (1997), Manifesto for a relational sociology, *American Journal of Sociology*, 103, S. 281-317.
- Erlhofer, S.* (2008), Missing data in der Netzwerkanalyse, in: Stegbauer, S. (Hrsg.), *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie – ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften*, VS Verlag.
- Flandreau, M./Jobst, C.* (2005), The ties that divide: A network analysis of the international monetary system, 1890–1910, *The Journal of Economic History*, 65, S. 977-1007.

- Franke, K./Wald, A.* (2005), Möglichkeiten der Triangulation quantitativer und qualitativer Methoden in der Netzwerkanalyse, in: Hollstein, B./Straus, F. (Hrsg.), *Qualitative Netzwerkanalyse. Konzepte, Methoden, Anwendungen*, VS Verlag.
- Freeman, L. C.* (1977), A set of measures of centrality based on betweenness, *Sociometry* 40, S. 35-41.
- Freeman, L. C.* (2000), Visualizing social networks, *Journal of social structure* 1, S. 1-15.
- Freeman, L. C.* (2004), *The development of social network analysis*, BookSurge LLC.
- Fruchterman, T. M. J./Reingold, E. M.* (1991), Graph Drawing by Force-Directed Placement, *Software: Practice and Experience* 21, S. 1129-1164.
- Granovetter, M.* (1974), The strength of weak ties, *American Journal of Sociology* 78, S. 1360-1380.
- Heidler, R.* (2006), *Die Blockmodellanalyse – Theorie und Anwendung einer netzwerkanalytischen Methode*, Deutscher Universitätsverlag.
- Heidler, R.* (2008), Zur Evolution sozialer Netzwerke. Theoretische Implikationen einer akteursbasierten Methode, in: Stegbauer, C. (Hrsg.), *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie: Ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 359-372.
- Heidler, R.* (2009), Positionale Verfahren – Blockmodellanalyse, in: Stegbauer, C./Häußling, R., *Handbuch Netzwerkforschung*. VS Verlag.
- Holzer, B.* (2008), Netzwerke und Systeme. Zum Verhältnis von Vernetzung und Differenzierung, in: Stegbauer, S. (Hrsg.), *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie – ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften*. VS Verlag.
- Höpner, M./Krempel, L.* (2003), The Politics of the German Company Network, MPIfG Working Paper 2003/9.
- Huisman, M./van Duijn, M. A.* (2005), Software for social network analysis, in: Carrington, P. J./Scott, J./Wasserman, S. (Hrsg.), *Models and Methods in social network analysis*, Cambridge University Press.
- Huisman, M./Van Duijn, M. A. J.* (2003), StOCNET: Software for the statistical analysis of social networks, *Connections*, 25, S. 7-26.
- Jansen, D.* (2000): Netzwerke und soziales Kapital. Methoden zur Analyse struktureller Einbettung, in: Weyer, J. (Hrsg.), *Soziale Netzwer-*



- ke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung, Oldenbourg, S. 35-62.
- Jansen, D.* (2006), Einführung in die Netzwerkanalyse – Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele, VS Verlag.
- Jansen, D./Diaz-Bone, R.* (2009), Netzwerkstrukturen als soziales Kapital – Konzepte und Methoden zur Analyse struktureller Einbettung, in: Weyer, J. (Hrsg.), Soziale Netzwerke: Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung, Oldenbourg.
- Jansen, D./von Görtz, R./Heidler, R.* (2009), Knowledge Production and the structure of collaboration networks in two scientific fields, Paper under review.
- Jansen, D./Wald, A.* (2007), Netzwerktheorien, in: Benz, A./Lütz, S./Schimank, U./Simonis, G. (Hrsg.), Handbuch Governance, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kamada, T./Kawai, S.* (1989), An algorithm for drawing general undirected graphs, Information processing letters 31, S. 7-15.
- Knecht, A.* (2007), Friendship selection and friends influence, Phd-Thesis, PrintPartners Iskamp.
- Knox, H./Savage, M./Harvey, P.* (2006), Social networks and the study of relations: networks as method, metaphor and form, Economy and Society, 35, S. 113-140.
- Krempel, L.* (2005), Visualisierung komplexer Strukturen – Grundlagen der Darstellung mehrdimensionaler Netzwerke, Campus Verlag.
- Krempel, L.* (2008), Netzwerkanalyse. Ein wachsendes Paradigma, in: Stegbauer, S. (Hrsg.), Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie – ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften, VS Verlag.
- Krücken, G./Meier, F.* (2003), „Wir sind alle überzeugte Netzwerktäter“. Netzwerke als Formalstruktur und Mythos der Innovationsgesellschaft, in: Soziale Welt 54, S. 71-92.
- Laumann, E. O./Marsden, P. V./Prensky, D.* (1983), The boundary specification problem in network analysis. In Applied network analysis: a methodological introduction, Sage.
- Leskovec, J./Horvitz, E.* (2008), Planetary-Scale Views on a Large Instant-Messaging Network, Proceedings of WWW 2008, Beijing, Chin.
- Marsden, P.* (2005), Recent Developments in Network Measurement, in: Carrington, P. J./Scott, J./Wasserman, S. (Hrsg.), Models and Methods in Social Network Analysis, Cambridge University Press.

- Merton, R. K./Lazarsfeld, P. F.* (1978), Friendship as social process: a substantive and methodological analysis. In Freedom and control in modern society, Octagon Books, New York.
- Moreno, J. L.* (1934), Who shall survive?, Nervous and Mental Disease Publishing Company.
- Newman, M. E. J.* (2000): Models of the small world: A review, Journal of Statistical Physics 101, S. 819-841.
- Newman, M. E. J.* (2001), Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results, Physical Review E, 64, S. 1-8.
- Onnela J. P./Saramaki J./Hyvonen J./Szabo G./Lazer D./Kaski K./Kertesz, J./Barabasi A. L.* (2007), Structure and tie strengths in mobile communication networks“, PNAS 104, S. 7332-7336.
- Padgett, J. F./Ansell, C. K.* (1993), Robust action and the rise of the medici, American Journal of Sociology, 98, S. 1259-1319.
- Pfeffer, J.* (2008), Visualisierung sozialer Netzwerke, in: Stegbauer, S. (Hrsg.), Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie – ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften, VS Verlag.
- Powell, W. W.* (1990), Neither market nor hierarchy. Network Forms of Organization, in: Research in Organizational Behavior 12, S. 295-336.
- Scott, J. P.* (2000), Social network analysis: A handbook, SAGE Publications, Paperback.
- Snijders, T. A. B./Nowicki, K.* (1997), Estimation and prediction for stochastic block models for graphs with latent block structure, Journal of Classification, 14, S. 75-100.
- Snijders, T. A. B./Nowicki, K.* (2004), Manual for BLOCKS version 1.6.
- Snijders, T. A. B./Steglich, C. E./Schweinberger, M./Huisman, M.* (2007, 16. April), Manual for SIENA version 3.
- Snijders, T. A. B./Steglich, C. E./van de Bunt, G. G.*, Introduction to actor-based models for network dynamics, Tutorial.
- Steglich, C./Snijders, T./Pearson, M.* (2007), Dynamic networks and behavior: Separating selection from influence (Submitted for publication, revised version)
- Trezzini, B.* (1998), Theoretische Aspekte der Sozialwissenschaftlichen Netzwerkanalyse, Schweizerische Zeitschrift für Soziologie 24, S. 511-514.

- Wasserman, S./Faust, K. (1994), Social network analysis: Methods and applications, Cambridge University Press, Cambridge.*
- Watts, D. J./Strogatz, S. H. (1998), Collective dynamics of "small-world" networks, in: Nature 393, S. 440-442.*
- Wellman, B./Berkowitz, S. (1988), Introduction: Studying social structures. In Social structures: A network approach (Kap. 1), Cambridge University Press, Cambridge.*
- White, H. C. (2008), Identity and Control: How Social Formations Emerge (Second Edition), Princeton University Press.*
- White, H./Boorman, S./Breiger, R. (1977), Social structure from multiple networks, I. Blockmodels of roles and positions, American Journal of Sociology, 81, S. 730-780.*
- Williamson, O. E. (1975), Markets and Hierarchies, Analysis and Anti-Trust Implications, New York: The Free Press.*
- Wolf, C. (2004), Egozentrierte Netzwerke. Erhebungsverfahren und Datenqualität, Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie Sonderheft 44, S. 244-73.*