

Johannes Göllner, Christian Meurers,  
Andreas Peer, Günter Povoden

## **Einführung in die Soziale Netzwerkanalyse und exemplarische Anwendungen**

Wissensmanagement im ÖBH –  
Systemdefinition, -beschreibung und -begrenzung  
zur Szenarioentwicklung und -modellierung

Supplement im Rahmen der Reihe  
„Grundlagen zum Wissensmanagement im ÖBH“



**Sonderpublikation**

Schriftenreihe der  
Landesverteidigungsakademie



**Sonderpublikation**

Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie

Johannes Göllner, Christian Meurers,  
Andreas Peer, Günter Povoden

## **Einführung in die Soziale Netzwerkanalyse und exemplarische Anwendungen**

**Wissensmanagement im ÖBH –  
Systemdefinition, Systembeschreibung und Systembegrenzung zur Szenarioentwicklung  
und Szenariomodellierung**

Supplement im Rahmen der Reihe  
„Grundlagen zum Wissensmanagement im ÖBH“

**05/2011/S**  
Wien, April 2011

**Impressum:**

Amtliche Publikation der Republik Österreich / Bundesminister für  
Landesverteidigung und Sport  
Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie

**Medieninhaber, Herausgeber, Hersteller:**

Republik Österreich / Bundesminister für Landesverteidigung und Sport  
BMLVS, Rossauer Lände 1, 1090 Wien

**Redaktion:**

BMLVS / LVAK  
ZentDok  
Landesverteidigungsakademie  
Stiftgasse 2a, 1070 Wien  
ObstdhmfD Ing. Mag. Klaus Mak  
lvak.zentdok.wm@bmlvs.gv.at

**Erscheinungsjahr:**

April 2011

**Druck:**

Reprozentrum Wien  
1070 Wien, Stiftgasse 2a

# Inhalt

<b>1. Kurzfassung/Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Grundlagen .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Grundlagen der Graphentheorie .....</b>	<b>6</b>
3.1.1. Grundbegriffe und Definitionen .....	7
3.1.2. Darstellungsformen .....	10
<b>3.2. Beschreibung von Netzwerken .....</b>	<b>12</b>
3.2.1. Ego-zentrierte Netzwerkforschung .....	12
3.2.2. Gesamtnetzwerkforschung .....	13
3.2.2.1. Closure Network .....	13
3.2.2.2. Brokerage Network .....	14
3.2.2.3. Structural Fold .....	15
3.2.3. 1-mode und 2-mode Netzwerke .....	15
3.2.4. Dyaden und Triaden .....	16
3.2.5. Brokerage Roles .....	19
3.2.6. Cliquen .....	20
<b>3.3. Beschreibung und Anwendung der Sozialen Netzwerkanalyse .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4. Exzellente Netzwerke .....</b>	<b>25</b>
<b>3.5. Autokatalytische Zyklen .....</b>	<b>28</b>
<b>4. Ausgewählte Verfahren der Sozialen Netzwerkanalyse .....</b>	<b>30</b>
4.1. Methoden der Datengewinnung .....	30
4.2. Bestimmung von Zentralitätsmaßen .....	31
4.3. Bestimmung von Prestigemaßen .....	33
4.4. Die Bedeutung der „Structural Balance“ – Beziehungen zwischen Akteuren ..	35
<b>5. Werkzeuge .....</b>	<b>38</b>
5.1. Pajek .....	38
5.2. VISON .....	38
5.3. UCINET .....	39
5.4. NetDraw .....	40
5.5. Die JUNG-Library .....	40
5.6. NetMiner .....	41
5.7. TheBrain .....	43
5.8. ThoughtSpace .....	44

<b>6.</b>	<b>Anwendungsbeispiele .....</b>	<b>45</b>
<b>6.1.</b>	<b>Analyse des KIRAS-Forschungsprogramms .....</b>	<b>45</b>
6.1.1.	Einleitung .....	45
6.1.2.	Untersuchungsparameter .....	46
6.1.3.	Zielnetzwerk .....	46
6.1.4.	Brokerage Roles .....	49
6.1.5.	Zentralitätsmaße .....	52
<b>6.2.</b>	<b>Machtnetzwerke .....</b>	<b>53</b>
<b>6.3.</b>	<b>Kritische Infrastruktur .....</b>	<b>57</b>
6.3.1.	Einleitung .....	57
6.3.2.	Anwendung .....	58
6.3.3.	Darstellung der Netzwerke .....	58
6.3.4.	Analyse spezifischer Netzwerke .....	61
<b>6.4.</b>	<b>Weitere Anwendungsbeispiele .....</b>	<b>63</b>
6.4.1.	Vernetzung österreichischer Forschungseinrichtungen .....	63
6.4.2.	Unternehmen Österreichs .....	63
6.4.3.	Überblick und Orientierung durch Soziale Netzwerkanalyse .....	64
6.4.4.	Beteiligungsnetzwerk österreichischer Unternehmen .....	65
6.4.5.	Vernetzung im 6. EU-Rahmenprogramm .....	65
6.4.6.	Beziehungsgefüge zwischen österreichischen Forschungseinrichtungen .....	66
6.4.7.	Position Österreichs im 6. EU-Rahmenprogramm .....	67
6.4.8.	Positionen im Netzwerk .....	68
6.4.9.	Arzneistoffe .....	69
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>70</b>
<b>8.</b>	<b>Index .....</b>	<b>71</b>
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>73</b>
<b>9.1.</b>	<b>Bücher .....</b>	<b>73</b>
<b>9.2.</b>	<b>Zeitschriften und Journale .....</b>	<b>74</b>
<b>9.3.</b>	<b>Online Quellen .....</b>	<b>75</b>
<b>9.4.</b>	<b>Sonstige Quellen .....</b>	<b>77</b>
<b>10.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>78</b>
<b>11.</b>	<b>Autoren .....</b>	<b>80</b>
<b>12.</b>	<b>Beiträge .....</b>	<b>80</b>
<b>13.</b>	<b>Lektorat .....</b>	<b>80</b>
<b>14.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>81</b>

## 1. Kurzfassung/Abstract

Die Analyse von Netzwerken hat in der empirischen Sozialforschung in den letzten Jahren einen immer größeren Stellenwert eingenommen. Gerade in Zeiten von Sozialen Netzwerken wie "Facebook" oder "Twitter" rückt die Analyse dieser Netzwerke ins Zentrum der Betrachtung. Die Soziale Netzwerkanalyse beschäftigt sich dabei aber nicht mit den Akteuren und ihren Eigenschaften selbst, sondern untersucht die Beziehungen zwischen den Akteuren. Die Soziale Netzwerkanalyse kann aber auch für organisationale, prozessuale, technische, mathematische Netzwerke wie beispielsweise „Future Networks“ oder „Supply Chain Networks“ zum Einsatz kommen.

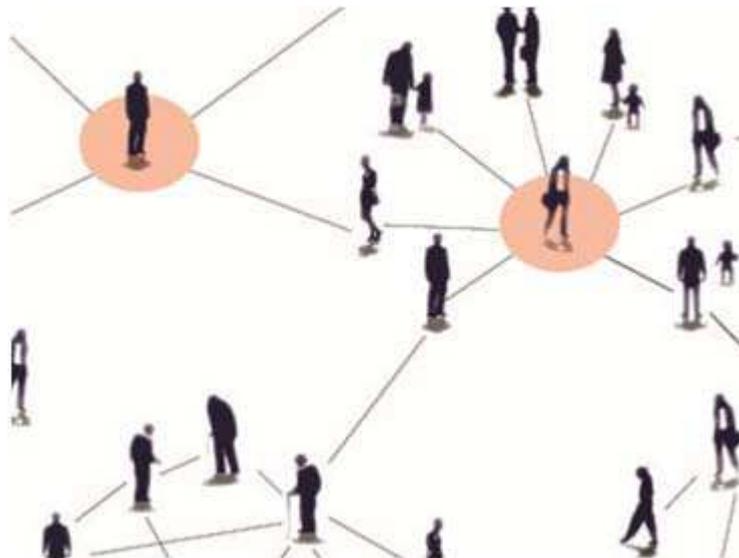
Die Publikation beschäftigt sich mit der transdisziplinären Wissenschaft der Sozialen Netzwerkanalyse und gibt eine Einführung in theoretische Grundlagen und Definitionen. Sie beschreibt außerdem gängige Verfahren wie beispielsweise die Bestimmung von Zentralitätsmetriken, Prestigemaßen oder der „Structural Balance“ und stellt desweiteren diverse Softwaretools vor, die die Analyse von Sozialen Netzwerken unterstützen. Anhand einiger Anwendungsbeispiele wird gezeigt, was die Soziale Netzwerkanalyse zu leisten vermag.

Social Network Analysis has raised to a central point of interest in the empirical social research. Social Networks like „Facebook“ and „Twitter“ have led the focus on the analysis of these networks. Social Network Analysis does not deal with the actors in the system, but with the relationships between them. Social Network Analysis can also be used for the work with organisational, process-related, technical, or mathematical networks like „Future Networks“ or „Supply Chain Networks“ for example.

This paper gives an introduction to the Social Network Analysis, its theoretical basics and algorithms and operations like centrality and prestige metrics. Furthermore several software tools supporting the Social Network Analysis are presented and the capability of Social Network Analysis is demonstrated by some use cases.

## 2. Einleitung

Die Soziale Netzwerkanalyse ist eine relativ junge Wissenschaft, deren Wurzeln in der Mitte des 20. Jahrhunderts liegen. Sie ist eine transdisziplinäre Wissenschaft und bedient sich vieler Methoden aus den Bereichen der Soziologie, Physik, Naturwissenschaften und Mathematik. Es geht dabei um „eine Reihe formaler Verfahren zur Analyse von Beziehungen zwischen Akteuren und deren Mustern als auch um eine Theorieperspektive auf eben solche Beziehungen.“<sup>1</sup>, oder einfacher formuliert um ein „quantitatives Verfahren zur Auswertung von relationalen Daten bestehend aus Einheiten und Beziehungen.“<sup>2</sup> Dabei konzentriert sich die Soziale Netzwerkanalyse nicht auf die Eigenschaften der Akteure, sondern versucht die Relationen und Beziehungsstrukturen zwischen den Knoten auszuwerten.



**Abbildung 1 – Akteure und Beziehungen**

Netzwerke bestehen also aus Akteuren (z. B. Personen, Organisationen, Firmen, Teams) und bestimmten Relationen – Beziehungen wie Freundschaft, Beteiligung, Mitgliedschaft etc. – die die Akteure miteinander verbinden.<sup>3</sup>

Das bedeutet nichts anderes, als dass durch die rein formale Darstellung von Beziehungen zwischen Personen, Organisationen oder allgemeinen Elementen in einem Netzwerk oder Graphen auch die Anwendung mathematischer Operationen auf dieses Netzwerk möglich wird. Aus solchen Algorithmen berechnete Werte bieten in Zusammenhang mit dem untersuchten System Interpretationsmöglichkeiten, die nicht nur eine genaue Analyse des untersuchten Netzwerks zulassen, sondern auch völlig neue Sichten auf Zusammenhänge und Korrelationen eröffnen und so Verknüpfungen, Gewichtungen und Gruppierungen von Elementen sichtbar machen, die zuvor nicht zu erfassen waren.

Die Soziale Netzwerkanalyse ist aber mehr als die Reduktion auf Formalismen, Algorithmen und der statistischen Auswertung von Werten. Gerade heute ist die Bedeutung des

<sup>1</sup> Haas Jessica, Mützel Sophie, „Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie in Deutschland. Eine empirische Übersicht und theoretische Entwicklungspotentiale“ in [Stegbauer Christian (Hrsg.), „Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie - Ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2008, S. 49

<sup>2</sup> Serdült Uwe, „Soziale Netzwerkanalyse: eine Methode zur Untersuchung von Beziehungen zwischen sozialen Akteuren“ in [„Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaft“], Facultas, Wien, 2/2002, S. 128

<sup>3</sup> Graphik © FAS.research 2004

Netzwerkbegriffs immanent, wir bewegen uns in vernetzten Kommunikationsplattformen wie „Facebook“, „Twitter“ oder „XING“ haben ein Netzwerk von Freunden, Arbeitskollegen, Studienkollegen, sind Mitglieder in Vereinen und Interessensgemeinschaften und sind so in die Gesellschaft eingebettet oder eben anders gesagt mit ihr vernetzt. Aber auch Organisationen und Unternehmen arbeiten mit Regierungen, anderen Unternehmen, Banken, Wirtschaftstreibenden und vielen anderen Organisationen zusammen und bilden so Netzwerke. Alleine der Begriff des „Networkings“ hat in den letzten Jahren massiv an Bedeutung gewonnen, ein guter „Networker“ ist ein Mensch, der viele Kontakte in unterschiedlichsten Lebensbereichen hergestellt hat und sich dieser zu bedienen weiß. Soziale Netzwerkanalyse kann auch verwendet werden, um „communities of interest, practice, science und knowledge“<sup>4</sup> zu beschreiben und zu analysieren. Doch der Netzwerkbegriff ist nicht nur positiv besetzt, Lobbyismus und Korruption, die Bildung von Seilschaften oder Kartellen sind nur ein paar negative Auswirkungen der fortschreitenden Vernetzung der Gesellschaft.<sup>5</sup>

Die Soziale Netzwerkanalyse versucht nun diese Netzwerke zu beschreiben, sie zu analysieren, ihre Struktur zu erforschen und zu untersuchen, wie man Netzwerke bzw. die Gesellschaft im Allgemeinen über die Einflussnahme auf solche Netzwerke steuern kann. „Netzwerke werden heute als eine zusätzliche Ebene der Handlungskoordination „neben“ oder „über“ den individuellen oder korporativen Akteuren verstanden.“<sup>6</sup>

Die Soziale Netzwerkanalyse kann als mögliche Methode zur Systembeschreibung im Rahmen einer Szenarioplanung verwendet werden,<sup>7</sup> da die Beziehung zwischen Knoten (zum Beispiel Akteuren wie Organisationen, Staaten, Individuen, etc.) und deren Verhaltensweisen damit abgebildet werden kann.

Dieses Dokument gibt eine Einführung in die Soziale Netzwerkanalyse und behandelt zunächst die Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der Sozialen Netzwerkanalyse, beschäftigt sich dann mit den wichtigsten Begriffen und Definitionen aus der Graphentheorie und schafft so die Basis für die Anwendung von Algorithmen auf Netzwerke. In weiterer Folge werden die wichtigsten Methoden der Sozialen Netzwerkanalyse behandelt<sup>8</sup> und eine Auswahl an Tools und Softwareprogrammen vorgestellt, die sich für die Visualisierung von Netzwerken, aber auch für die Anwendung diverser Algorithmen und Metriken auf den Graphen eignen. Im letzten Teil wird anhand von mehreren praktischen Anwendungsbeispielen aus unterschiedlichen Domänen noch einmal die Soziale Netzwerkanalyse veranschaulicht.

---

<sup>4</sup> Vgl. Mak Klaus, Hofmeister Klemens, Göllner Johannes [et al.], „WM-Projekt Forschungsmanagementsystem (FMS) – ÖBH Modell: „Die Forschungsbilanz ÖBH““, Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 15/2010/S, Reprintzentrum Wien, 2010, S.27

Und vgl. Landesverteidigungsakademie, „Selbstevaluierung der Landesverteidigungsakademie „EVAL 2009““, Berichtsentwurf Stand 25.01.2010, S. 25

Und vgl. „Forschung im Österreichischen Bundesheer“, Version 02, Anlage zum Militärstrategischen Konzept, GZ. 92150/17-MilStrat/2008, 2009, S. 18, Punkt 68

<sup>5</sup> Vgl. Jansen Dorothea, „Einführung in die Netzwerkanalyse - Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele“, VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2006, S. 11f

<sup>6</sup> Jansen Dorothea, „Einführung in die Netzwerkanalyse - Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele“, VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2006, S. 11f

<sup>7</sup> Göllner Johannes, Meurers Christian, Peer Andreas [et al.], „Wissensmanagement im ÖBH. Systemdefinition, -beschreibung und -begrenzung zur Szenarioentwicklung und -modellierung. Teil 2: Darstellung von Ausgewählten Methoden und Teilsystemen“ in [„Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 13/2010“], Reprintzentrum Wien 2010, S. 41ff

<sup>8</sup> Es besteht hier kein Anspruch auf Vollständigkeit. Die große Bandbreite der Wissenschaften, in der die soziale Netzwerkanalyse zum Einsatz kommt, repräsentiert eine ebenso große Bandbreite an Methoden, die zur Analyse herangezogen werden können. Daher wollen wir an dieser Stelle nur die wichtigsten Methoden vorstellen.

### 3. Grundlagen

Allgemein verstehen wir unter Netzwerken einfache oder multiple Verbindungen zwischen einzelnen Elementen im Rahmen eines bestimmten Systems oder Kontext. Betrachten wir beispielsweise das soziale Netzwerk „Facebook“, so können wir die dort registrierten Personen als Elemente oder Knoten sehen, die miteinander in Beziehung stehen und so vernetzt sind. Die Anzahl der Knoten sowie die Menge der abgebildeten Relationen sind dabei variabel, man kann aber im Grunde genommen bereits ab einer Menge von zwei Elementen und einer Verbindung zwischen ihnen von einem Netzwerk sprechen.

Der intuitive Netzwerkbegriff beschreibt also ein Netzwerk als eine Menge von Elementen, die in irgendeiner Form miteinander verbunden sind. Dabei wird zunächst weder die Art der Elemente noch die Art der Relationen unterschieden.

Strukturell ist ein solches Netzwerk als Graph zu beschreiben, also als Tupel  $G=(V, E)$ , wobei  $V$  die Menge der Knoten und  $E$  die Menge der Kanten des Graphen darstellt. Sedgewick definiert einen Graphen als *„eine Menge von Knoten (oder Ecken) und Kanten. Knoten sind einfache Objekte, die Namen und andere Eigenschaften haben können; eine Kante ist eine Verbindung zwischen zwei Knoten.“*<sup>9</sup>

Aufgrund der Tatsache, dass also die formale Beschreibung eines Netzwerkes ein Graph ist, können im Kontext dieser Arbeit die Begriffe „Netzwerk“ und Graph“ als synonym verstanden werden. Wir werden dennoch mit Masse den Begriff „Netzwerk“ verwenden, halten uns aber an die mathematischen Definitionen unter Beibehaltung der dort üblichen Begriffe.

Daher ist es zunächst auch irrelevant, wie dieser Graph aufgebaut ist, alleine das Abbilden von Knoten und Kanten bildet nach dieser Definition und in unserem Verständnis bereits ein Netzwerk. Insofern sind auch alle graphentheoretischen Grundlagen, alle Algorithmen und Methoden als Lösungsansätze für bekannte Probleme wie z.B. das Finden von „Minimal Spannenden Bäumen“ oder das „Traveling Salesman Problem“ auf jedes Netzwerk anwendbar. Jedes Netzwerkproblem kann daher ebenso mathematisch als graphentheoretisches Problem beschrieben werden.

#### 3.1. Grundlagen der Graphentheorie

Wie bereits oben erwähnt, kann jedes Netzwerk formal durch einen Graphen beschrieben werden. Graphen sind aber mit einer umfangreichen Nomenklatur verknüpft, daher wollen wir uns hier den wichtigsten Grundbegriffen und Definitionen aus der Graphentheorie widmen, um die Basis für ein Verständnis im Umgang mit Graphen und in weiterer Folge mit Netzwerken zu schaffen.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Sedgewick Robert, *"Algorithmen in C"*, Addison-Wesley, Bonn [u.a.], 1992, S. 474

<sup>10</sup> Vgl. Sedgewick Robert, *"Algorithmen in C"*, Addison-Wesley, Bonn [u.a.], 1992, S. 474

### 3.1.1. Grundbegriffe und Definitionen

Ein Graph ist ja bekannter Weise nichts anderes, als eine (nichtleere) Menge an Knoten  $V$  und einer Menge an Kanten  $E$  und wird als Tupel  $G=(V, E)$  dargestellt.<sup>11</sup>

Die Kanten des Graphen können dabei gerichtet<sup>12</sup> oder ungerichtet sein. Sind alle Kanten eines Graphen ungerichtet, spricht man von einem ungerichteten Graphen, sind alle gerichtet, heißt der Graph gerichteter Graph.

**Definition:** ungerichteter Graph<sup>13</sup>

Ein *ungerichteter Graph* ist ein Paar  $G=(V, E)$ , wobei gilt:

- $V$  ist eine endliche, nichtleere Menge (die Elemente werden Knoten genannt)
- $E$  ist eine ungeordnete endliche Menge von Kanten  $\{v, w\}$  mit  $v, w \in V$  und  $v \neq w$ .

Eine Kante ist also ein Paar von Knoten; ist  $e=\langle v, w \rangle \in E$ , dann heißt  $v$  der Anfangsknoten von  $e$  und  $w$  der Endknoten von  $e$ . Kanten der Form  $\langle v, v \rangle$  werden auch Schleifen genannt.

Im ungerichteten Fall können die Kanten auch als *zweielementige Knotenmenge* aufgefasst werden. Üblich ist jedoch die tupelschreibweise  $(v, w)$  anstelle von  $\{v, w\}$ . Für ungerichtete Graphen gilt offensichtlich  $(v, w)=(w, v)$ . In ungerichteten Graphen werden zwei Knoten  $v, w$ , die über eine Kante miteinander verbunden sind (d.h.  $(v, w) \in E$ ), auch *benachbart* genannt.

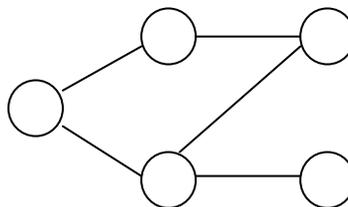


Abbildung 2 – ungerichteter Graph<sup>14</sup>

<sup>11</sup> Vgl. Jungnickel Dieter, "Graphs, networks and algorithms", Springer, Berlin [u.a.], 2008, S. 2ff

Und vgl: "Einführung in die Graphen-Theorie", mathematik-netz.de, [<http://mathematik-netz.de/pdf/GrundlagenGraphen.pdf>, 29.11.2010], S. 1

<sup>12</sup> Gerichtet bedeutet, dass diese Kante nur einer Richtung durchlaufen werden kann.

<sup>13</sup> Die Definitionen der folgenden Seiten stammen alle von den Quellen:

"Einführung in die Graphen-Theorie", mathematik-netz.de, [<http://mathematik-netz.de/pdf/GrundlagenGraphen.pdf>, 29.11.2010] und

Porembski, Marcus, "Grundlagen der Graphentheorie" in ["Kombinatorische Optimierung I"], [<http://www.mathematik.uni-marburg.de/Math-Net/v03s/Kap2.pdf>, 01.12.2010]

<sup>14</sup> eigene Darstellung

**Definition:** Digraph= directed graph

Ein *gerichteter Graph* ist ein Paar  $G_1=(V, E)$ , wobei gilt:

- $V$  ist eine endliche, nichtleere Menge
- $E$  ist eine endliche Menge von Kanten wobei gilt,  $E \subseteq V \times V$ .

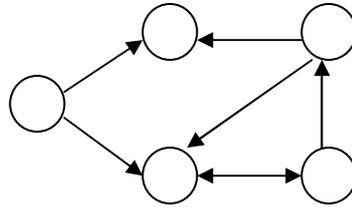


Abbildung 3 – gerichteter Graph<sup>15</sup>

**Definition:** Grad

Der *Grad* eines Knotens ist die Gesamtzahl der eingehenden und ausgehenden Kanten. Bei gerichteten Graphen spricht man entsprechend vom *Eingangsgrad (indegree)* bzw. vom *Ausgangsgrad (outdegree)*.

**Definition:** Pfad

Ein *Pfad* ist eine Folge von Knoten  $p:=v_1, \dots, v_n$ , so dass für  $1 \leq i \leq n-1$  gilt:  $(v_i, v_{i+1}) \in E$ .

Die *Länge L* des Pfades  $p$  ist die Anzahl der Kanten auf dem Pfad; also  $L(p)=n-1$ . Ein einzelner Knoten  $v_1$  stellt einen Pfad der Länge 0 dar.

Ein Pfad  $p$  heißt *einfach*, wenn alle Knoten auf dem Pfad paarweise verschieden sind. Dabei ist als Ausnahme  $v_1=v_n$  erlaubt.

Ein Knoten  $w$  heißt von Knoten  $v$  *erreichbar* (in  $G$ ), wenn es einen Pfad  $p:=v_0, v_1, \dots, v_r$  in  $G$  gibt, sodass  $v_0 = v$  und  $v_r = w$ .

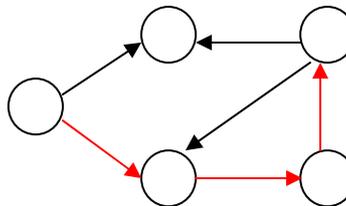


Abbildung 4 – Einfacher Pfad<sup>16</sup>

**Definition:** Zyklus oder Kreis

Ein einfacher Pfad  $p:=v_1, \dots, v_n$  in einem *gerichteten* Graphen, dessen Länge mind. 1 (d.h.  $n>0$ ) ist und in dem der erste und der letzte Knoten identisch sind ( $v_1=v_n$ ) heißt *einfacher Zyklus*.

Ein einfacher Pfad  $p:=v_1, \dots, v_n$  in einem *ungerichteten* Graphen, dessen Länge mind. 3 (d.h.  $n>2$ ) ist und in dem der erste und der letzte Knoten identisch sind ( $v_1=v_n$ ) heißt *einfacher Zyklus*.

Ein *Zyklus* ist ein Pfad  $p:=v_1, v_2, \dots, v_m$  der sich aus einfachen Zyklen zusammensetzt. Jeder einfache Zyklus ist also ein Zyklus.

Ein Graph  $G$  heißt *azyklisch* (oder *zyklenfrei* oder *kreisfrei*), falls es keine Zyklen in  $G$  gibt. Häufig spricht man auch von der *Zyklenfreiheit* einer Kantenmenge  $E' \subseteq E$  und meint damit die *Zyklenfreiheit* des Teilgraphen  $G'=(V, E')$ .

<sup>15</sup> eigene Darstellung

<sup>16</sup> eigene Darstellung

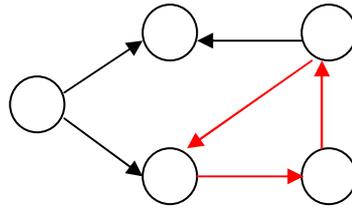


Abbildung 5 – Kreis<sup>17</sup>

**Definition:** Stark verbunden

Zwei Knoten  $v$  und  $w$  eines gerichteten Graphen  $G=(V, E)$  heißen *stark verbunden* (strongly connected), wenn es einen Pfad von  $v$  nach  $w$  und einen Pfad von  $w$  nach  $v$  gibt.

Eine *stark verbundene Komponente* (oder starke Komponente) ist ein Teilgraph mit maximaler Knotenzahl, in dem alle Knoten paarweise verschieden sind. Für eine starke Komponente  $G'=(V', E')$  gilt also: Es gibt keinen Teilgraphen  $G''=(V'', E'')$  mit  $V \supseteq V'' \supseteq V'$  oder  $E \supseteq E'' \supseteq E'$ , der ebenfalls eine starke Komponente ist.

Ein gerichteter Graph  $G$ , der nur aus einer einzigen starken Komponente  $G'$  besteht, heißt *stark verbundener Graph*.

In der Literatur wird auch anstatt der Begriffe „stark verbunden“ und „stark verbundene Komponente“ synonym „zusammenhängend“ und „Zusammenhangskomponente“ verwendet.<sup>18</sup>

Eine besondere Klasse von Graphen, die uns vor allem später noch begegnen wird und sogenannte 2-mode-Netzwerke formal beschreibt ist jene der Bipartiten Graphen.

**Definition:** Bipartit

Graphen, bei denen alle Kanten ausschließlich zwischen zwei Mengen an Knoten verlaufen. Das bedeutet, dass sich die Knoten in zwei (disjunkte) Mengen einteilen lassen und keine Kanten zwei Knoten derselben Menge verbinden.<sup>19</sup>

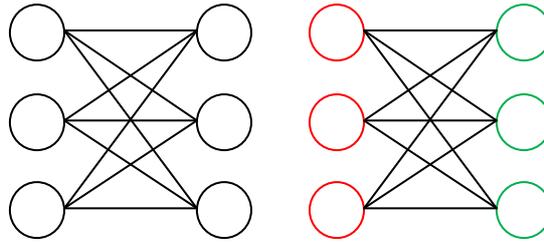
$G = (V, E)$  heißt *bipartit*, wenn  $V$  in zwei Klassen  $V_1, V_2$  unterteilt werden kann, so dass je zwei verschiedene Knoten der gleichen Klasse nicht benachbart sind. Wir schreiben dann  $G = (V_1, V_2, E)$ .  $G$  heißt *vollständig bipartit*, wenn  $G$  bipartit ist und  $V_1, V_2$  so gewählt werden können, dass je zwei Ecken aus verschiedenen Klassen benachbart sind.<sup>20</sup>

<sup>17</sup> eigene Darstellung

<sup>18</sup> Vgl. Jungnickel Dieter, "Graphs, networks and algorithms", Springer, Berlin [u.a.], 2008, S. 2ff und vgl. "Einführung in die Graphen-Theorie", mathematik-netz.de, [http://mathematik-netz.de/pdf/GrundlagenGraphen.pdf, 29.11.2010]

<sup>19</sup> Vgl. Sedgewick Robert, "Algorithmen in C", Addison-Wesley, Bonn [u.a.], 1992, S. 563

<sup>20</sup> Vgl. Porembski Marcus, "Grundlagen der Graphentheorie" in [„Kombinatorische Optimierung I“], [http://www.mathematik.uni-marburg.de/Math-Net/v03s/Kap2.pdf, 01.12.2010], 2003, S. 14f



**Abbildung 6 – Bipartiter Graph<sup>21</sup>**

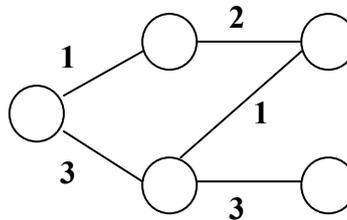
**Definition:** Gewichteter Graph<sup>22</sup>

In einem gewichteten Graphen werden den Kanten Werte zugeordnet. Diese Werte stellen je nach Anwendungsbereich Kosten, Zeitdauern, Entfernungen etc. dar.

Ein Graph  $G=(V, E)$  heißt *bewerteter* oder *gewichteter* Graph, wenn jeder Kante  $e \in E$  eine reelle Zahl  $w(e) \in \mathbb{R}$  zugeordnet ist.

Die Funktion  $w: E \rightarrow \mathbb{R}$  heißt Bewertung von  $E$ .

Beispiel: Straßenkarte (Knoten=Orte, Kanten=Straßen, Gewichte =km zw. den Orten)



**Abbildung 7 – Gewichteter Graph<sup>23</sup>**

Diese Definitionen aus der Graphentheorie bilden die Grundlage im Umgang mit Graphen und in weiterer Folge mit Netzwerken. Algorithmen, die in der sozialen Netzwerkanalyse zum Einsatz kommen, operieren auf diesen Graphen und bieten je nach Problemstellung verschiedene Lösungen an. Die Palette reicht hier von einfachen Traversierungen bis hin zu Partitionen und den klassischen Problemen wie dem „Minimal Spannenden Baum“ oder dem „Traveling Salesman Problem“.

**3.1.2. Darstellungsformen**

Neben der typischen Visualisierung von Graphen als Anordnung von Kreisen und Linien in einer Grafik müssen wir aber beachten, dass ein Graph unabhängig von seiner Darstellung definiert ist.<sup>24</sup>

Insbesondere für die Anwendung von Algorithmen bieten sich bessere Darstellungsformen wie Listen oder Matrizen an, in denen die Knoten und deren Beziehungen zueinander definiert sind. In der Informatik bilden viele Datenstrukturen als solches bereits Graphen und werden entsprechend im System verwaltet.

<sup>21</sup> eigene Darstellung

<sup>22</sup> Vgl. "Software Engineering - Graphen", Institut für Wirtschaftsinformatik, Linz, [[http://www.swe.uni-linz.ac.at/teaching/lva/ws01-02/algo2\\_uebung/Uebung2/graphen1.pdf](http://www.swe.uni-linz.ac.at/teaching/lva/ws01-02/algo2_uebung/Uebung2/graphen1.pdf), 01.12.2010], 2001, S. 1

<sup>23</sup> eigene Darstellung

<sup>24</sup> Vgl. Sedgewick Robert, "Algorithmen in C", Addison-Wesley, Bonn [u.a.], 1992, S. 474

## Adjazenzliste<sup>25</sup>

In einer Adjazenzliste werden Graphen als verkettete Listen dargestellt, in denen jeder Knoten eine Liste seiner Nachbarn bzw. Nachfolger besitzt. Attribute wie Gewicht oder andere Eigenschaften werden bei den Elementen direkt abgebildet.

## Adjazenzmatrix<sup>26</sup>

Eine Adjazenzmatrix bildet einen Graphen in einer Matrizenform ab. Dabei wird die Menge der Knoten sowohl in den Spalten als auch in den Zeilen der Matrix abgebildet. Besteht nun eine Kante zwischen einem Knoten A und B so wird in der Matrix an der Stelle  $a_{A,B}$  der Wert 1 eingetragen, existiert keine Kante, bleibt der Eintrag 0. Für den Beispielgraphen würde die Adjazenzmatrix wie folgt aussehen:

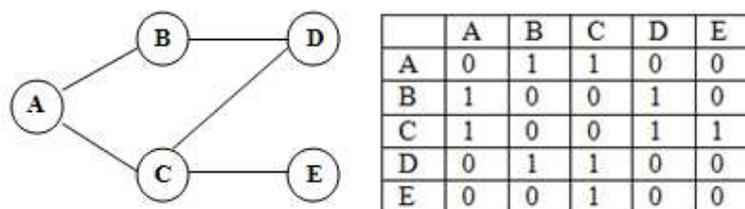


Abbildung 8 – Adjazenzmatrix<sup>27</sup>

Die Matrix ist also eine symmetrische  $m*m$  Matrix für eine Knotenanzahl  $m$ . Bei bipartiten Graphen kann man die Matrix auch als  $n*m$  Matrix darstellen, wobei  $n$  die Knotenmenge  $V_1$  und  $m$  die Knotenmenge  $V_2$  darstellt.

## Inzidenzmatrix<sup>28</sup>

In einer Inzidenzmatrix werden dagegen die Beziehungen der Knoten zu ihren Kanten abgebildet. Sie ist immer eine  $n*m$  Matrix, wobei  $n$  die Anzahl der Kanten und  $m$  die Anzahl der Knoten ist. Verbindet eine Kante  $e_l$  die Knoten  $v_1$  und  $v_2$ , so erfolgt in der Matrix an der Stelle  $b_{e_l,v_1}$  sowie an der Stelle  $b_{e_l,v_2}$  der Eintrag 1. Unser obiges Beispiel besitzt folgende Inzidenzmatrix:

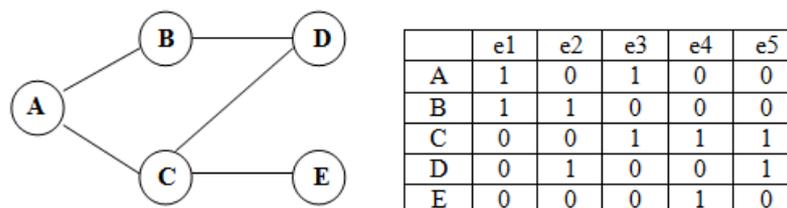


Abbildung 9 – Inzidenzmatrix<sup>29</sup>

<sup>25</sup> Vgl. Sedgewick Robert, "Algorithmen in C", Addison-Wesley, Bonn [u.a.], 1992, S. 479f

<sup>26</sup> Vgl. Sedgewick Robert, "Algorithmen in C", Addison-Wesley, Bonn [u.a.], 1992, S. 477f

<sup>27</sup> Eigene Darstellung

<sup>28</sup> Teschl Gerald, Teschl Susanne, „Mathematik für Informatiker Band 1 – Diskrete Mathematik und Lineare Algebra“, 3. Auflage, Springer Verlag Berlin [u.a.], 2008, S. 418

<sup>29</sup> Eigene Darstellung

## 3.2. Beschreibung von Netzwerken

Wir haben Netzwerke bereits als Menge von Elementen, die miteinander in Beziehung stehen und formal als Graph beschrieben werden, kennengelernt. Abseits der formalen und mathematischen Grundlagen hat aber auch die Soziale Netzwerkanalyse Begriffe und Klassifikationen von Netzwerken geprägt, denen wir uns an dieser Stelle widmen wollen.

Dabei treffen wir auf verschiedene Klassifikationen von Netzwerken, die in ihrer gesamten Sichtweise in unterschiedlichen Ansätzen begründet sind. Im Bereich der Sozialen Netzwerkanalyse wird daher zunächst einmal grundlegend zwischen der ego-zentrierten und der Gesamtnetzwerk-Forschung unterschieden.

### 3.2.1. Ego-zentrierte Netzwerkforschung

*„Unter einem ego-zentrierten Netzwerk versteht man das um eine fokale Person, das Ego, herum verankerte soziale Netzwerk. Zu diesem Netzwerk gehören die sogenannten Alteri, die Beziehungen zwischen Ego und den Alteri, und die Beziehungen zwischen den Alteri. Des Weiteren werden zusätzlich absolute Eigenschaften des Egos und seiner jeweiligen Alteri erhoben.“<sup>30</sup>*

Die Ego-zentrierte Netzwerkforschung versucht also, Netzwerke aus der Sicht eines einzelnen Akteurs, des Egos, zu beschreiben und seine Beziehungen zu anderen Akteuren, den Alteri, abzubilden. Sie beschränkt sich daher im Vergleich zur Gesamtnetzwerkforschung nur auf einen Teil der Realität und stellt einen minimal-netzwerkanalytischen Zugang dar. Daraus folgt auch ein wesentlicher Nachteil dieses Ansatzes, denn Positionen und Rollenverflechtungen lassen sich oft genauso wenig zufriedenstellend beschreiben, wie Gruppen- oder Cliquesbildungen.<sup>31</sup>

Wesentliche Maße zur Charakterisierung von Ego-zentrierten Netzwerken sind die *Netzwerkgröße*, die *Dichte*, die *Multiplexität* und die *Diversitätsmasse* für Attributdaten der Alteri.

Die *Netzwerkgröße* ergibt sich dabei aus der Anzahl der Knoten bzw. Alteri, während die *Dichte* das Verhältnis der Anzahl der vorhandenen Beziehungen im Netzwerk zur Zahl der möglichen Kanten beschreibt.

Das Maß der *Multiplexität* besagt, dass Beziehungen zwischen Ego und Alteri nicht nur auf einer Ebene existieren können. So könnte beispielsweise ein Freund des Egos gleichzeitig auch ein Arbeitskollege sein.

Die *Diversität* von Attributen der Alteri ist definiert durch die Standardabweichung und den Variationskoeffizienten.<sup>32</sup>

Diese Maßzahlen können eng mit dem Bereich des „Social Capital“ verbunden werden. Man geht dabei davon aus, dass *„Individuen sich Handlungschancen nicht nur durch materiellen*

---

<sup>30</sup> Jansen Dorothea, *„Einführung in die Netzwerkanalyse - Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele“*, VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2006, S. 80

<sup>31</sup> Vgl. Jansen Dorothea, *„Einführung in die Netzwerkanalyse - Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele“*, VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2006, S. 79

<sup>32</sup> Serdült Uwe, *„Soziale Netzwerkanalyse: eine Methode zur Untersuchung von Beziehungen zwischen sozialen Akteuren“* in [„Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaft“], Facultas, Wien, 2/2002, S. 137

*Kapitalbesitz oder durch ihre eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten (Humankapital) eröffnen, sondern auch aus ihrer Einbettung in soziale Systeme Gewinn ziehen können.*“<sup>33</sup>

### 3.2.2. Gesamtnetzwerkforschung

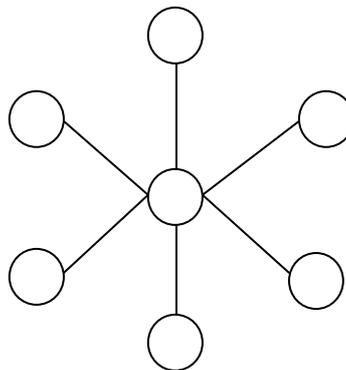
Die Gesamtnetzwerkforschung konzentriert sich nicht auf ein Individuum im Fokus des Netzwerks, sondern versucht, die gesamte Breite der Domäne zu erfassen und zu untersuchen. Dabei werden gemäß Terminologie der FAS.research<sup>34</sup> zunächst drei Grundtypen von Netzwerken unterschieden:

- Closure Network
- Brokerage Network
- Structural Fold Network

Alle diese Netzwerktypen haben ihre spezifischen Eigenschaften und Charakteristika und sollen anhand eines kurzen Beispiels erklärt werden.

#### 3.2.2.1. Closure Network

Das Closure Network bildet ein in sich geschlossenes System auf das von außen nicht zugegriffen werden kann. Es hat keine Relationen nach außen und ist daher nicht durch externe Faktoren beeinflussbar. Aus der klaren nach innen gerichteten Struktur ergibt sich eine hohe Identifikation der Akteure mit dem Netzwerk sowie eine hohe Synchronisation untereinander. Closure Networks haben aber einen großen Nachteil, denn sie sind stark zentralisiert. Fällt nun der zentrale Knoten aus, so ist im Netzwerk keine Kommunikation mehr möglich und es existieren keine Beziehungen zwischen den Elementen mehr.



**Abbildung 10 – Closure Network<sup>35</sup>**

*Beispiel Pizzadienst:*

*In einem Wiener Gemeindebezirk hat ein Pizzalieferservice aufgesperrt. Alle Fahrer und Bestellungen werden über einen zentralen Mitarbeiter koordiniert. Dieser verwaltet auch die*

---

<sup>33</sup> Jansen Dorothea, "Einführung in die Netzwerkanalyse - Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele", VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2006, S. 105

<sup>34</sup> Die FAS.research GmbH ist eine sozialwissenschaftliche Forschungsgesellschaft für angewandte Strukturanalyse mit Hauptsitz in Wien. URL: <http://www.fas.at/>

<sup>35</sup> Eigene Darstellung

*Aufträge und gibt dem Koch die Weisung, welche Pizza er backen soll. Das ganze Unternehmen hat nur wenige Mitarbeiter, es ziehen aber alle an einem Strang, denn die Konkurrenz ist stark. „Wir sind Pizza“ lautet der Leitspruch des Unternehmens.*

*Fällt nun der leitende Mitarbeiter aus, so bekommen weder Fahrer noch Koch weitere Aufträge. Bestellungen werden nicht mehr abgearbeitet, die anderen Mitarbeiter sind ziel- und führungslos. Das Unternehmen kann so nicht lange überleben, das Netzwerk bricht zusammen.*

### 3.2.2.2. Brokerage Network

Das „Brokerage Network“ konzentriert sich demgegenüber auf Knoten, die solche abgeschlossenen Systeme, Netze oder Teilnetzwerke miteinander verbinden. Über bestimmte Knoten, welche auch „Broker“ genannt werden, läuft die gesamte Kommunikation zwischen den Teilnetzwerken. Daraus ergibt sich eine hohe Verletzlichkeit des gesamten Systems. Fällt ein „Broker“ aus, dann gibt es keine Verbindung mehr zwischen den Teilnetzwerken und eine Kommunikation und Zusammenarbeit ist nicht mehr möglich.

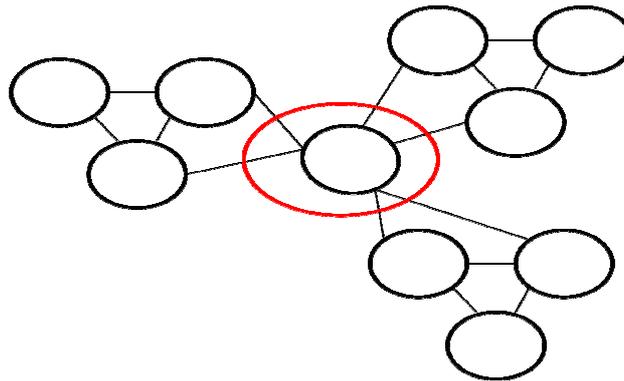


Abbildung 11 – Brokerage Network<sup>36</sup>

*Beispiel Pizzadienst:*

*Unser Pizzaservice hat expandiert, er ist nun in mehreren Bezirken tätig. In jeder Filiale gibt es einen Koch, mehrere Fahrer und einen leitenden Mitarbeiter, der alles koordiniert und die Aufträge abwickelt. Zusätzlich hat das Unternehmen einen Manager installiert, der die Aufträge an die freien Filialen delegiert, den Nahrungsmittelnachschub verwaltet usw. Er nimmt die Rolle des „Brokers“ ein, fällt er aus, sind die Teilnetzwerke, also die Filialen durchaus noch arbeitsfähig, allerdings können sie nicht miteinander kommunizieren. Das Unternehmen wird zwar nicht sofort untergehen, aber das Netzwerk zersplittert ebenfalls in seine Teilnetzwerke.*

<sup>36</sup> Eigene Darstellung aus Göllner Johannes, Meurers Christian, Peer Andreas [et.al.] *„Wissensmanagement im ÖBH. Systemdefinition, -beschreibung und –begrenzung zur Szenarioentwicklung und –modellierung. Teil 1: Allgemeine Systemdefinition und Systembeschreibung“* in [„Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 12/2010“], Reprintzentrum Wien, Wien, 2010, S.44

### 3.2.2.3. Structural Fold

Im Structural Fold Network dagegen befindet sich nicht ein Akteur alleine in der Position des Brokers, sondern mehrere Broker stellen die Beziehungen zwischen Teilen des Netzwerks her. Diese Broker liegen in der sogenannten „Strukturellen Falte“ oder eben „Structural Fold“ des Netzwerks. Die Stärke dieser Struktur ergibt sich aus der Redundanz der Verbindungen, der Ausfall eines einzelnen Knotens löst nicht sofort den Kollaps des gesamten Systems aus.

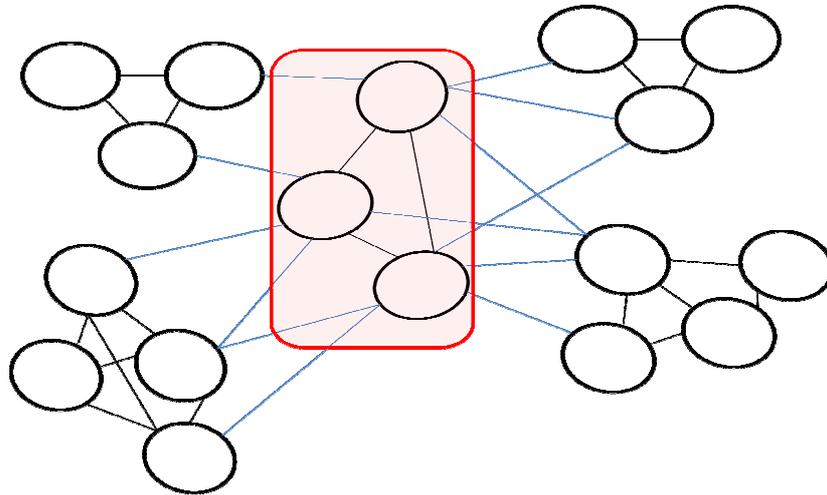


Abbildung 12 – Structural Fold Network<sup>37</sup>

*Beispiel Pizzadienst:*

*Unser Unternehmen hat wieder expandiert. Eine eigene Management-Abteilung koordiniert nun die Aufträge, Lieferungen und Fahrer der Filialen. Der Ausfall eines einzelnen Managers hat keine Auswirkungen auf die Arbeitsfähigkeit des Unternehmens und kann locker verkraftet werden. Das Netzwerk bleibt stabil.*

### 3.2.3. 1-mode und 2-mode Netzwerke

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Klassifikationen finden wir in der Sozialen Netzwerkanalyse manchmal noch die Unterscheidung zwischen sogenannten 1-mode und 2-mode Netzwerken. Diese Klassifikation zielt auf die Struktur des Netzwerkes ab und unterscheidet dabei, ob es unterschiedliche Klassen von Knoten gibt. Ein Netzwerk, das eine Firmenstruktur abbildet, könnte beispielsweise den Knotentyp „Mitarbeiter“ und den Knotentyp „Abteilung“ haben, wobei zwischen Knoten gleichen Typs keine Relationen existieren dürfen. Es handelt sich also um disjunkte Knotenmengen  $U$  und  $V$  und eine Menge von Relationen  $R \subseteq U \times V$ . Eine solche Struktur lässt sich als bipartiter Graph beschreiben, wie wir ihn bereits oben kennengelernt haben.

Ein 2-mode-Netzwerk kann auch als normales Netzwerk (1-mode) mit den Knotenteilmengen  $U$  und  $V$  beschrieben werden, in dem Kanten nur zwischen den beiden Teilmengen existieren dürfen.<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Eigene Darstellung aus Göllner Johannes, Meurers Christian, Peer Andreas [et.al.] *Wissensmanagement im ÖBH. Systemdefinition, -beschreibung und -begrenzung zur Szenarioentwicklung und -modellierung. Teil 1: Allgemeine Systemdefinition und Systembeschreibung* in [„Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 12/2010“], Reprintzentrum Wien, Wien, 2010, S. 46

Daher können 2-mode-Netzwerke in Adjazenzmatrizen und ähnlichen Darstellungsformen leicht beschrieben werden, was den Umgang mit solchen Netzwerktypen sehr erleichtert.

### 3.2.4. Dyaden und Triaden

*„Dyaden und Triaden können im Rahmen der Netzwerkanalyse mit unterschiedlicher Bedeutung auftreten, nämlich*

- *als eigenständige „Einheiten“, die zum Gegenstand der Aussage gemacht werden;*
- *als sozialer Kontext für die zur Dyade gehörenden Akteure bzw. als sozialer Kontext für die zur Triade gehörenden Akteure oder Dyaden;*
- *als Bestandteile eines größeren Beziehungsnetzes, dessen Struktur vereinfachend auf die Struktur-Formen der in ihm enthaltenen Dyaden und Triaden zurückgeführt wird.“<sup>39</sup>*

Dabei versteht man unter Dyaden Knotenpaare und unter Triaden Kontentripel, die entweder als Teilgraph oder als einzelne Einheiten vorkommen können. Allerdings kommen *„Dyaden und Triaden in der Netzwerkanalyse i.e.S. - um es vorweg zu nehmen - als Einheiten des eigentlichen Interesses „Aussage-Einheiten“) praktisch nicht vor. Diese Rolle spielen sie vielmehr traditionell in anderen Zusammenhängen.“<sup>40</sup>*

Dyaden sind also Teilgraphen aus zwei Knoten und allen Kanten die zwischen diesen Knoten existieren. Jede Dyade  $(i, j)$  kann dabei vier verschiedene Zustände annehmen:

- es existiert keine Kante (Nulldyade)
- die Kante  $(i, j)$  ist vorhanden, nicht aber  $(j, i)$
- die Kante  $(j, i)$  ist vorhanden, nicht aber  $(i, j)$
- die Kante  $(i, j)$  und die Kante  $(j, i)$  sind vorhanden (mutuelle Dyade)

Die Kanten  $(i, j)$  und  $(j, i)$  sind dabei aber nur unterscheidbar, wenn der Graph beschriftet ist, mathematisch heißt das, die beiden Zustände sind isomorph, also ohne Beschriftung nicht voneinander unterscheidbar.

Daher gibt es für Dyaden grundsätzlich nur drei Isomorphieklassen oder Dyadentypen:

- es existiert genau eine Kante zwischen den Knoten; diese Klasse nennt man a-symmetrisch
- Mutuelle Dyaden: es existieren mehrere Kanten zwischen den Knoten
- Nulldyaden: es existiert keine Kante zwischen den Knoten

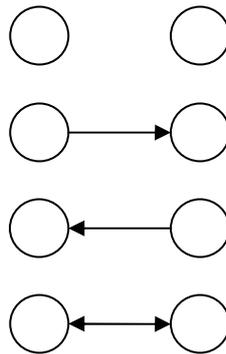
---

<sup>38</sup> Vgl. Zaversnik Matjaz, Batagelj Vladimir, Mrvar Andrej, *"Analysis and visualization of 2-mode networks"*, [<http://www.math.uni-klu.ac.at/stat/Tagungen/Ossiach/Zaversnik.pdf?q=Tagungen/Ossiach/Zaversnik.pdf>, 07.03.2011], S. 1

<sup>39</sup> Hummel Hans J., Sodeur Wolfgang, *„Dyaden und Triaden“* in [Stegbauer Christian, Häußling Roger, *"Handbuch Netzwerkforschung"*], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010, S. 379

<sup>40</sup> Hummel Hans J., Sodeur Wolfgang, *„Dyaden und Triaden“* in [Stegbauer Christian, Häußling Roger, *"Handbuch Netzwerkforschung"*], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010, S. 379

Mutuelle Dyaden und Nulldyaden kann man auch als symmetrisch bezeichnen.<sup>41</sup>

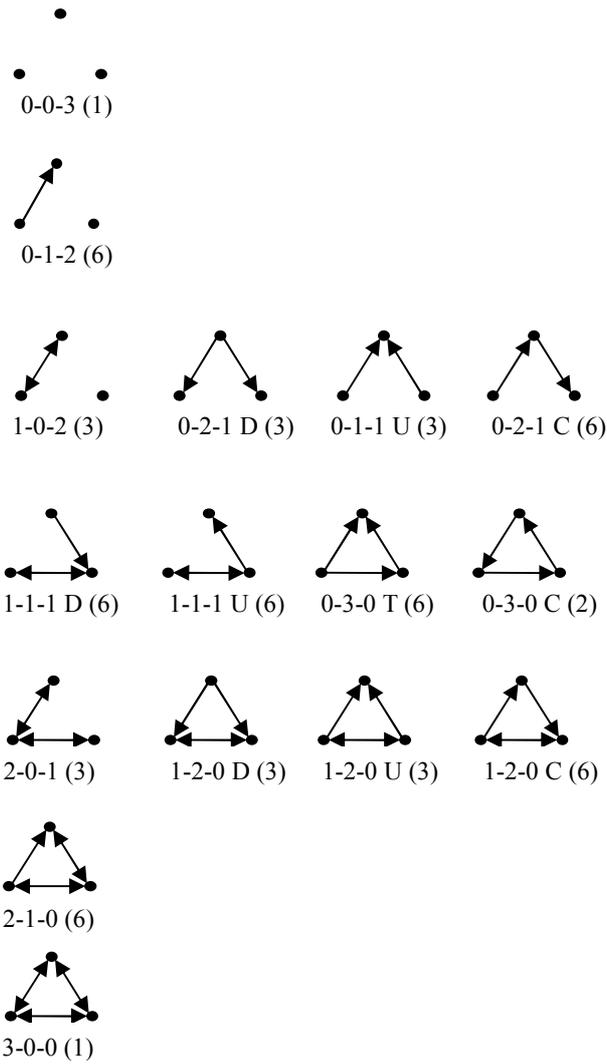


**Abbildung 13 – Isomorphieklassen von Dyaden**

Triaden dagegen sind Teilgraphen, die aus drei Knoten und den entsprechenden Kanten dazwischen bestehen. Ähnlich wie bei den Dyaden sind auch hier 16 Isomorphieklassen oder Triadentypen (von theoretisch 64 Zuständen) zu unterscheiden.

---

<sup>41</sup> Vgl. Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur Wolfgang, "Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden" in [„Studienskripten zur Soziologie“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005, S. 182f



**Abbildung 14 – Isomorphieklassen von Triaden<sup>42</sup>**

P.W. Holland und S. Leinhardt führten die sogenannte M-A-N Notation ein, nach der man die verschiedenen Triadentypen klassifizieren kann. An erster Stelle der Notation steht die Anzahl mutueLLer Dyaden in der Triade, dann folgt die Anzahl asymmetrischer Dyaden und zuletzt die Anzahl der Nulldyaden. Wie Abbildung 14 zeigt, bedeutet U (up), dass die asymmetrische Beziehung von der symmetrischen weg führt. D (down) bedeutet, dass sie zu ihr hin zeigt. T (transitive) steht für transitiv, C (cyclic) für zyklisch, womit gemeint ist, dass zwei asymmetrische Beziehungen nie zum selben Endpunkt zeigen oder denselben Ursprung haben. In Klammer ist die Anzahl der Repräsentanten angeführt.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Holland Paul W., Leinhardt Samuel, "A method for detecting structure in sociometric data." in ["American Journal of Sociology"], 1970, S. 198ff

<sup>43</sup> Vgl. Holland Paul W., Leinhardt Samuel, "A method for detecting structure in sociometric data." in ["American Journal of Sociology"], 1970, S. 198ff

### 3.2.5. Brokerage Roles

In der Sozialen Netzwerkanalyse ist es oft interessant, die Rolle von einzelnen Akteuren im Netzwerk zu bestimmen. Dazu kennt man die sogenannten „brokerage roles“, die sich in fünf verschiedene Typen teilen lassen und die den Informationsfluss und Austausch im Netzwerk gleichsam als Mediator steuern können.

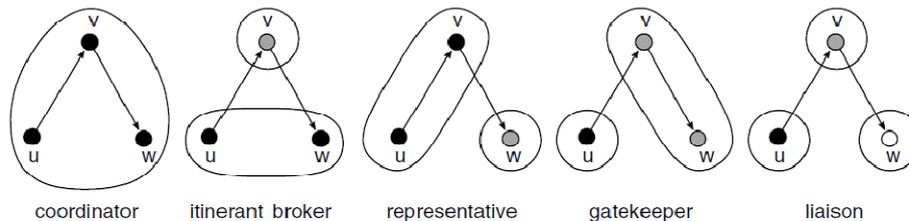


Abbildung 15 – Brokerage Roles<sup>44</sup>

Dazu werden wieder Dreiecksbeziehungen zwischen Akteuren, also Triaden, betrachtet, wobei der Knoten  $v$  in der Abbildung oben den Mediator darstellt:

- **Coordinator Broker:**  
Der Mediator ist selbst Teil der Gruppe.
- **Itinerant Broker:**  
Die Mitglieder einer Gruppe besitzen einen Mediator von außen.

In den weiteren drei Rollen geht es um den Austausch zwischen verschiedenen Gruppen:

- **Representative Broker:**  
Der Mediator regelt den Fluss von Information innerhalb seiner Gruppe und ist gegenüber anderen Gruppen der Repräsentant oder Ansprechpartner.
- **Gatekeeper Broker:**  
Der Mediator regelt den Fluss von Information in seine Gruppe und tritt sozusagen als „Torwächter“ auf. Er bestimmt welche und wie viel Information überhaupt die Gruppe erreicht.
- **Liaison Broker:**  
Der Mediator steuert den Fluss von Information zwischen Mitgliedern anderer Gruppen, ohne selbst Teil einer dieser Gruppen zu sein.

Diese fünf Typen von Brokerage Roles wurden für sogenannte Transaktionsnetzwerke konzipiert und können grundsätzlich nur auf Netzwerke mit gerichteten Verbindungen angewandt werden, allerdings ist es möglich, diese Rollen auch in ungerichteten Netzwerken zu identifizieren, wenn man auf die Unterscheidung zwischen „representative“ und „gatekeeper“ verzichtet.<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Nooy Wouter de, Mrvar Andrej., Batagelj Vladimir., *Exploratory social network analysis with Pajek*, Cambridge University Press, 2005, S. 151

<sup>45</sup> Vgl. Nooy Wouter de, Mrvar Andrej, Batagelj Vladimir, *Exploratory social network analysis with Pajek*, Cambridge University Press, 2005, S. 151

### 3.2.6. Cliques

In der Sozialen Netzwerkanalyse werden wir auch immer wieder mit dem Begriff von Cliques konfrontiert. Darunter versteht man nichts anderes, als Teilnetzwerke, in denen jeder Knoten mit jedem anderen verbunden ist. Mathematisch gesehen sprechen wir daher von vollständigen (Teil-)Graphen.<sup>46</sup>

Mittels Algorithmen lassen sich Cliques in komplexen Graphen finden und als Subgraph auswerten. Diesen Cliques kann besondere Bedeutung zukommen, da sie eine gut vernetzte Struktur innerhalb des Netzwerkes bilden.

## 3.3. Beschreibung und Anwendung der Sozialen Netzwerkanalyse

Die Soziale Netzwerkanalyse gilt als quantitatives Verfahren zur Auswertung von relationalen Daten bestehend aus Einheiten und Beziehungen.

Katzmair beschreibt die Soziale Netzwerkanalyse als *„umfassende, integrative, transdisziplinäre Disziplin, welche es VertreterInnen der unterschiedlichsten Forschungsbereiche wie Soziologie, Ökonomie, Informatik, Psychologie, Betriebswirtschaft, Biologie, Mathematik, Urbanistik ebenso wie Consultern, KünstlerInnen oder KunsttheoretikerInnen ermöglicht, Probleme in ihren jeweiligen Feldern in einer gemeinsamen Sprache, der Sprache der Mathematik und der Algorithmik, zu formulieren und zu bearbeiten.“*<sup>47</sup>

Sie bedient sich also der verschiedensten Methoden aus den unterschiedlichsten Wissenschaften und versucht, so gewonnene Daten in Netzwerken abzubilden. Dabei versucht sie, das Verhalten eines Sozialen Netzwerkes, also einer genau definierten Menge von *Akteuren* und ihrer Beziehungen, zu erklären.<sup>48</sup>

Dies ist auch ein wesentlicher Grund für die Flexibilität, Innovativität und Akzeptanz der Sozialen Netzwerkanalyse: *„Diversität der Disziplinen bei gleichzeitiger Adoptabilität und Stringenz der Modellbildung – basierend auf der Sprache der Mathematik und Informatik“*<sup>49</sup>

Dabei ist aber der Begriff „Social Network Analysis“ selbst ein wenig irreführend und verbirgt eigentlich das große Ausmaß an Transdisziplinarität und Interdisziplinarität der Netzwerkanalyse. So beschäftigen sich beispielsweise Biologen, Physiker und Informatiker mit Netzwerken, die höchstens im weitesten Sinn als sozial zu bezeichnen sind<sup>50</sup>. Solche Netzwerke können sein:

---

<sup>46</sup> Vgl. Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur Wolfgang, *„Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden“* in [„Studienskripten zur Soziologie“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005, S. 73f

<sup>47</sup> Katzmair Harald, FAS.research, *„Social Network Analysis - Die Wissenschaft von der Messung, Visualisierung und Simulation sozialer Beziehungen“*, [[http://90.146.8.18/de/archiv\\_files/20041/FE\\_2004\\_katzmair\\_de.pdf](http://90.146.8.18/de/archiv_files/20041/FE_2004_katzmair_de.pdf), 01.12.2010], 2004, S. 227

<sup>48</sup> Vgl. Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur Wolfgang, *„Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden“* in [„Studienskripten zur Soziologie“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005, S. 16

<sup>49</sup> Katzmair Harald, FAS.research, *„Social Network Analysis - Die Wissenschaft von der Messung, Visualisierung und Simulation sozialer Beziehungen“*, [[http://90.146.8.18/de/archiv\\_files/20041/FE\\_2004\\_katzmair\\_de.pdf](http://90.146.8.18/de/archiv_files/20041/FE_2004_katzmair_de.pdf), 01.12.2010], 2004, S. 227

<sup>50</sup> Vgl. Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur Wolfgang, *„Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden“* in [„Studienskripten zur Soziologie“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005, S. 16

- Soziale Netzwerke
- Technische Netzwerke
- Thematische Netzwerke
- Prozessuale Netzwerke
- Organisationale Netzwerke
- Supply Chain Networks
  - Versorgungs-Netzwerke (grundsätzlich Leistungserbringungsfunktion)
  - Basis-Netzwerke (grundsätzlich Enabler Funktion)

Historisch gesehen hat sich die Soziale Netzwerkanalyse Anfang des 20. Jahrhunderts aus der Soziometrie entwickelt, einer vom österreichisch-amerikanischen Arzt, Psychologen und Soziologen Jacob Moreno begründeten empirischen Methode der Sozialforschung, die Beziehungen zwischen Mitgliedern einer Gruppe in einer sogenannten *Soziomatrix* erfasst, graphisch in einem *Soziogramm*<sup>51</sup> darstellt und analysiert.<sup>52</sup> Die so visualisierten Gruppenstrukturen galten als wesentlich für die psychologische Gesundheit und Leistungsfähigkeit, die Methode selbst war allerdings nur für Kleingruppen praktikabel und diente mehr zur Darstellung von Strukturen als für die Analyse.

Etwas später bildete der amerikanische Mathematiker Frank Harary Netzwerke in Graphen ab und schaffte damit einen Durchbruch in der Entwicklung der Netzwerkanalyse. Die Analyse von Netzwerken mit graphentheoretischen Modellen, Algorithmen und Metriken gehört heute zum Standardrepertoire der Netzwerkanalyse.

Nach und nach etablierte sich die Netzwerkanalyse als eigene Forschungsrichtung, insbesondere auch durch die Fortschritte des Engländers Harrison C. White, der mit seiner Forschungsgruppe die Blockmodellanalyse entwickelte, einen Algorithmus, der in der Lage war, aus den Beziehungsdaten auf der Ebene der Individuen auf gesamtgesellschaftliche Positions- und Rollenstrukturen zu schließen.<sup>53</sup>

In diesem Zusammenhang wurde durch den Franzosen Pierre Bourdieu auch der Begriff des „*social capital*“ geprägt, der „*die Gesamtheit der aktuellen und potenziellen Ressourcen, die mit der Teilhabe am Netz sozialer Beziehungen gegenseitigen Kennens und Anerkennens verbunden sein können*“ geprägt. „*Im Gegensatz zum Humankapital bezieht sich das soziale Kapital nicht auf natürliche Personen an sich, sondern auf die Beziehungen zwischen ihnen.*“<sup>54</sup>

---

<sup>51</sup> Formal gesehen handelt es sich bei der Soziomatrix und beim Soziogramm um nichts anderes, als eine Adjazenzmatrix bzw. der visuellen Darstellung eines Graphen. Die Grundlagen der Graphentheorie werden in Kapitel 3.5 behandelt.

<sup>52</sup> Vgl. Seite „Soziometrie“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 24. Mai 2010, 15:27 UTC. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Soziometrie&oldid=74730651> (Abgerufen: 1. Dezember 2010, 20:11 UTC)

<sup>53</sup> Vgl. Jansen Dorothea, *„Einführung in die Netzwerkanalyse - Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele“*, VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2006, S. 40

<sup>54</sup> Seite „Soziales Kapital“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 6. August 2010, 12:59 UTC. URL: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Soziales\\_Kapital&oldid=77509235](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Soziales_Kapital&oldid=77509235) (Abgerufen: 1. Dezember 2010, 20:45 UTC)

Heute beschäftigt sich die Soziale Netzwerkanalyse unter anderem mit:

- Kommunikationsbeziehungen,
- Kooperationsbeziehungen,
- Formellen Beziehungen,
- Wirtschaftlichen Beziehungen und
- Teilnahme an Ereignissen und Mitgliedschaften.<sup>55</sup>

Netzwerke werden dabei als „Kanäle, über die sich Personen, Organisationen etc. Zugang zu Kapital, Wissen und sozialen Beziehungen verschaffen“<sup>56</sup> gesehen.

Mithilfe der Sozialen Netzwerkanalyse kann daher das vielfältige Universum sozialer, wirtschaftlicher und politischer Beziehungen erfasst, visualisiert und bewertet werden. Nur wer weiß, wie ein Netzwerk aufgebaut ist und in welcher Beziehung die Akteure zueinander stehen, kann das Beziehungsgeflecht auch steuern.

„Durch die Soziale Netzwerkanalyse wird so beispielsweise ersichtlich, wer „Opinionleader“ ist, wer die Verfügbarkeit von Informationen kontrolliert, wer neue Kunden gewinnt, wie flexibel das Netz in Notsituationen reagiert, wie sich ein Kartell verfestigt oder wer neue Ideen ins System einspeist.“<sup>57</sup> Die Soziale Netzwerkanalyse ermöglicht aber auch die Untersuchung von Maßnahmenwirksamkeit in der Politik, Strukturen im Internet, Nahrungsketten oder Beziehungen im Welthandel oder zeigt, wie die Infrastruktur von Siegern, Mitläufern und Verlierern aussieht.

Aber nicht nur die Existenz von Beziehungen, auch deren Art, Anzahl und Qualität sind von Bedeutung. Netzwerkforscher analysieren unterschiedliche Beziehungsaspekte eines Systems.<sup>58</sup>

Fragestellungen zu Beziehungen aus dem Bereich der Forschung können gemäß Katzmaier nach Art der Beziehung beispielsweise lauten:<sup>59</sup>

- **Kooperationsbeziehungen**
  - Wer forscht mit wem gemeinsam?
  - Wer publiziert mit wem gemeinsam?
  - Wer zitiert wen?

---

<sup>55</sup> Vgl. Göllner Johannes, Meurers Christian, Peer Andreas [et.al.], *Wissensmanagement im ÖBH. Systemdefinition, -beschreibung und -begrenzung zur Szenarioentwicklung und -modellierung. Teil 1: Allgemeine Systemdefinition und Systembeschreibung* in [„Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 12/2010“], Reprintzentrum Wien, Wien, 2010, S. 43

<sup>56</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Die soziale Infrastruktur der Innovation – Die Analyse sozialer Netzwerke im Feld der Technologie- und Innovationspolitik“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 12

<sup>57</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Die soziale Infrastruktur der Innovation – Die Analyse sozialer Netzwerke im Feld der Technologie- und Innovationspolitik“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 12

<sup>58</sup> Vgl. Katzmaier Harald, FAS.research, „Die soziale Infrastruktur der Innovation – Die Analyse sozialer Netzwerke im Feld der Technologie- und Innovationspolitik“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 12ff

<sup>59</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Die soziale Infrastruktur der Innovation – Die Analyse sozialer Netzwerke im Feld der Technologie- und Innovationspolitik“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 13ff

- **Formelle Beziehungen**
  - Wer ist wem berichtspflichtig?
  - Wer ist Shareholder von welchem Forschungsunternehmen?
  - Wem gehören welche Patentrechte?
  
- **Kommunikationsbeziehungen**
  - Wer holt sich von wem Ratschläge und Tipps?
  - Wer redet in einem Forschungsbetrieb mit wem?
  - Wer ist mit wem über virtuelle Kommunikationsinfrastruktur verbunden?
  
- **Wirtschaftliche Beziehungen**
  - Wer ist Sponsor welcher wissenschaftlichen Konferenz?
  - Wer ist Kunde von welchem Forschungsunternehmen?
  - Wer ist Lieferant von welchem Forschungsunternehmen?
  
- **Affiliationen, Mitgliedschaften**
  - Wer ist Mitglied eines Beirats, einer Jury?
  - Wer ist Gutachter oder Herausgeber welcher Zeitschrift?
  - Wer lebt, arbeitet und forscht wo?

Strategische Fragestellungen könnten sein:

- **Analyse, Unterstützung für strategische Entscheidungen:**
  - Feldanalyse: In welche Kontexte und Strukturen ist ein Akteur, ein Technologiefeld oder eine Wissenschaftsdisziplin eingebettet?
  - Identifikation strategischer Akteure: Welche Akteure, Technologiefelder oder Wissenschaftsdisziplinen sind die zentralsten, einflussreichsten und „auffälligsten“?
  - Partnersuche und Einloggen in Netzwerke: Welche strukturellen Eigenschaften haben (potenzielle) Partner?
  
- **Evaluierung, Controlling, Monitoring:**
  - Dynamische Netzwerkanalyse: Wie verändern sich Netzwerke im Laufe der Zeit?
  - Innovationspotenzialmessung: Welche Netzwerkstrukturen haben mehr Potenzial als andere? Wie müssen exzellente und nachhaltig innovationsfähige Strukturen aussehen?
  - Markt- und Konkurrenzanalyse in technologiepolitischen Feldern: Welche Klassen oder Gruppen von Akteuren haben ähnliche strukturelle Eigenschaften.

Die Soziale Netzwerkanalyse beruht auf drei Säulen:<sup>60</sup>

- Der Messung sozialer Beziehungen (Anwendung von Strukturindikatoren).
- Der Visualisierung von Beziehungen (Anwendung von Graph-Drawing-Technologie).
- Der Simulation von Beziehungsdynamiken (Anwendung von Agent Based Modeling und p\* Statistiken).

Die Netzwerkforschung beschäftigt sich also nicht nur mit der Analyse und der Visualisierung von vorhandenen Netzwerkstrukturen, sondern auch mit Entwicklungen und Prozessen innerhalb des Netzwerkes. Netzwerke sind hochdynamisch, reagieren und interagieren mit ihrer Umwelt und entwickeln sich stetig weiter.

Die breite Palette der Anwendungsmöglichkeiten der Sozialen Netzwerkanalyse erlaubt daher in weiterer Folge den umfassenden Einsatz netzwerkbasierter Simulationsmodelle unter anderem als Unterstützungstool in Entscheidungsprozessen, zur Erstellung von Strategiekonzepten im Bereich der Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik und im Rahmen von SWOT-Analysen<sup>61</sup>.

Dabei wird versucht, Fragen<sup>62</sup> wie:

- Was sind die besten Strategien, um das Innovationspotenzial eines Netzwerkes zu verbessern?
- Welche Effekte auf die Effizienz und Innovationsfähigkeit eines Netzwerkes entstehen, wenn neue Akteure hinzugefügt werden?
- Zwischen welchen Akteuren sollten Beziehungen aufgebaut werden, um die Robustheit und die Effizienz des Netzwerkes zu optimieren?
- Wo müssen Links hinzugefügt oder abgebaut werden, um die Transaktionskosten zu minimieren?
- Wie wirkt sich die Veränderung des Anreizsystems (neue Programme, neue Fördermodelle oder -richtlinien) auf die Netzwerkstrategien der Akteure aus und zu welchen Effekten auf der Makroebene führt dies?
- Wie adaptiv und widerstandsfähig reagiert ein Netzwerk auf externe Schocks (z.B. Technologieänderungen, Markteinbrüche) und Änderungen in der Zusammensetzung auf der Akteurebene (z.B. Firmengründungen, Mergers, Konkurse, Auftreten neuer internationaler Player auf lokalen Märkten)?

---

<sup>60</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Komplexe Systeme erforschen – Die Simulation von Netzwerken“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 23ff

<sup>61</sup> SWOT: Strength-Weakness-Opportunities-Threads: Eine Stärken-Schwächen Analyse, die auch Handlungsoptionen und Bedrohungen berücksichtigt.

<sup>62</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Komplexe Systeme erforschen – Die Simulation von Netzwerken“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 23

zu beantworten. Ziel ist es, herauszufinden, welche Netzwerkstrategien mittelfristig einem Akteur zu einer verbesserten Position im Netzwerk verhelfen (Verbesserung hinsichtlich Gewinn, Informationen, Macht, Kapital, Wissen, etc.). Solche Strategien können sein:

- Close Strategie: Versuch, nach außen hin abgeschlossene Strukturen zu schaffen - der Akteur ist mit seiner direkten Umgebung eng vernetzt.
- Jump-Strategie: Verbindung mit Akteuren aus weit entfernten Netzwerkregionen.
- Zufällige Vernetzung ohne Strategie.
- Passives Verhalten (wird von anderen Beziehungen eingeladen).

Zufällige Netzwerkstrukturen fördern eine Close Strategie, für hoch zentralisierte Netzwerke sind Jump-Strategien erfolgversprechender, da das Vorgehen von der Peripherie oft die einzige Möglichkeit ist, um sich in ein sich abschließendes Zentrum vorzuarbeiten oder um sich ein neues Zentrum aufzubauen. Die Jump-Strategie bietet desweiteren den Vorteil, dass sich das Netzwerk nach externen Schocks (Konkurse, Sabotage, Terrorattacken) schneller erholt, da weiter entfernte, nicht betroffene Akteure aktivieren werden können.

### 3.4. Exzellente Netzwerke

Netzwerke, die fähig sind, trotz Veränderungen in der Zusammensetzung ihrer Akteure, deren Beziehungen zueinander sowie Änderungen ihrer Zielfunktionen kohärent zu bleiben, werden auch als „Exzellente Netzwerke“ bezeichnet. Sie sind in der Lage, die komplexen Ansprüche ihrer individuellen Zielfunktionen (z.B. Aufgabe, Nutzen, Wert, Produkt) nachhaltig zu bewältigen. Die Parameter der Effizienz, Stabilität und Diversität sind skalierbar, können also den entsprechenden Bedingungen und Zielfunktionen optimal angepasst werden. Das Netzwerk ist dadurch adaptiv und robust genug, um verschiedene Zustände und Vernetzungen anzunehmen.<sup>63</sup>

*„Im Unterschied zu einem nur „idealen“ Netzwerk kann ein „exzellentes“ Netzwerk viele verschiedene Zielfunktionen prozessieren: Exzellente Netzwerke sind polymorph und multifunktional. Ein exzellentes Netzwerk ist aufgrund seiner strukturellen Effizienz, Stabilität und Diversität in der Lage, auf Änderungen in den Zielfunktionen sowie auf externe Störungen robust und anpassungsfähig zu reagieren, ohne dabei seine mittel- und längerfristige Entwicklungsfähigkeit einzubüßen (globale Netzwerkeigenschaften der Robustness, Adaptability, Evolvability).“<sup>64</sup>*

Um ein Netzwerk als „exzellente“ klassifizieren zu können, müssen aber zunächst folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Zielfunktion hat das Netzwerk zu erfüllen und wie gut wird diese Funktion bewältigt?
- Welches Maß und System der Bewertung (Valorisationssystem) ist geeignet?

---

<sup>63</sup> Vgl. Katzmaier Harald, FAS.research, „Exzellente Netzwerke – Dimensionen und Kriterien aus der Perspektive der Komplexitätsforschung und Sozialen Netzwerkanalyse“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 26

<sup>64</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Exzellente Netzwerke – Dimensionen und Kriterien aus der Perspektive der Komplexitätsforschung und Sozialen Netzwerkanalyse“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 26

Das bedeutet, dass sich die Struktur und Form des Netzwerkes seinen Zielfunktionen unterwirft. Struktural Fold Netzwerke sind für bestimmte Anforderungen besser geeignet als Closure-Strukturen, während in wieder anderen Fällen die Closure-Struktur oder eine Mischform aus beiden besser geeignet ist. Es gibt also keinen „Idealtypus“ eines Netzwerkes, exzellente Netzwerke schaffen vielmehr jene Strukturen, die sie brauchen, um weiterhin produzieren, Suchprozesse durchführen oder neue Zielfunktionen (Innovationen) hervorbringen und integrieren zu können.<sup>65</sup>

*„Exzellenz ist ein dynamischer Begriff, der jeweils andere Ausprägungen und Regeln der Rekombination von Beziehungen im Netzwerk verlangt und entsprechend in unterschiedlichen Formen zu Tage tritt („Polymorphie von Netzwerktypen).“<sup>66</sup>*

Für die Bewertung der Exzellenz greift es daher zu kurz, nur betriebswirtschaftliche Kriterien wie „Effizienz“ und „Effektivität“ anzuwenden. Vielmehr müssen auch die Kriterien Robustheit (Resilience), Nachhaltigkeit (Adaptability) und Entwicklungsfähigkeit (Evolvability) berücksichtigt werden. Exzellente Netzwerke sind komplex und in ihren Eigenschaften skalierbar, sie werden daher auch als „Multi-Scale-Networks“ verstanden.

Aus der Vielzahl der Struktur-Indizes, welche die Soziale Netzwerkanalyse in den letzten Jahren hervorgebracht hat, wurden durch die FAS.research jene ausgewählt, die nach den langjährigen Erfahrungen aus der Praxis die höchste Validität aufweisen. Die entscheidenden Parameter dieser Netzwerke ergeben sich hinsichtlich der Exzellenz für eine bestimmte Zielfunktion daher aus den Indikatoren der Effizienz, der Stabilität und der Diversität.<sup>67</sup>

---

<sup>65</sup> Vgl. Katzmaier Harald, FAS.research, „Exzellente Netzwerke – Dimensionen und Kriterien aus der Perspektive der Komplexitätsforschung und Sozialen Netzwerkanalyse“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 32

<sup>66</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Exzellente Netzwerke – Dimensionen und Kriterien aus der Perspektive der Komplexitätsforschung und Sozialen Netzwerkanalyse“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 32

<sup>67</sup> Vgl. Katzmaier Harald, FAS.research, „Exzellente Netzwerke – Dimensionen und Kriterien aus der Perspektive der Komplexitätsforschung und Sozialen Netzwerkanalyse“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 34ff

## Exzellenz-Dimensionen

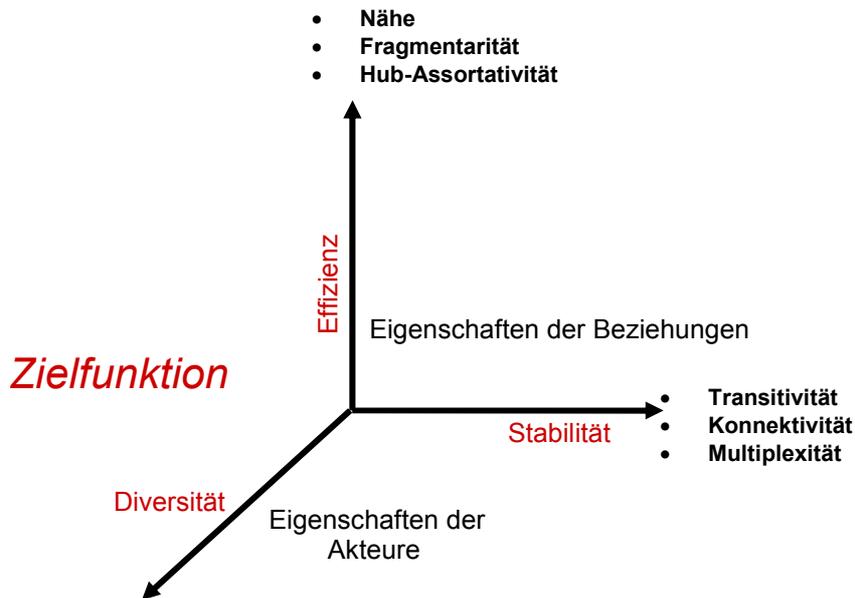


Abbildung 16 – Exzellenz Dimensionen<sup>68</sup>

Diese Indikatoren lassen sich wie folgt beschreiben:<sup>69</sup>

### Effizienz

- Nähe: Durchschnittliche Distanz im Netzwerk abhängig von der Netzwerkstruktur und von der Position der Akteure.
- Fragmentarität: Prozentsatz der Akteure, die durch direkte oder indirekte Kontakte nicht erreicht werden können.
- Hub-Assortivität: Abhängigkeit der Gesamtzentralität von der Zentralität weniger Akteure, die miteinander verbunden sind.

### Stabilität

- Transitivität: Anzahl der gemeinsamen Nachbarn von zwei Akteuren.
- Konnektivität: Anzahl der Akteure/Beziehungen deren Entfernung zum Auseinanderfallen des Netzwerks führt.
- Multiplexität: Mehrere Beziehungsebenen verbinden die Akteure.

### Diversität

- Entropie: Anzahl und Verteilung von Akteuren mit unterschiedlichen Eigenschaften.
- Nischenbreite: Art und Menge der Ressourcennutzung von Akteuren.

<sup>68</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Exzellente Netzwerke – Dimensionen und Kriterien aus der Perspektive der Komplexitätsforschung und Sozialen Netzwerkanalyse“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 33

<sup>69</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Exzellente Netzwerke – Dimensionen und Kriterien aus der Perspektive der Komplexitätsforschung und Sozialen Netzwerkanalyse“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 35ff

### 3.5. Autokatalytische Zyklen

Komplexe Systeme und Netzwerke, die ja als solche verstanden werden, sind grundsätzlich nur sehr schwer zu beschreiben. Gerade das Verständnis dieser Systeme ist aber „wichtig, da viele von ihnen von biologischer oder sozialer Relevanz sind, beispielsweise Erdbebenfrüherkennung, Seuchenausbreitung, Konsequenzen der Regulierung des Finanzmarktes oder die Optimierung von strategischem Management in großen Betrieben. Das grundlegende Verständnis komplexer Systeme bildet die Grundlage für die Beantwortung der Frage: „Wie kann Innovation optimal gesteuert werden?“<sup>70</sup>

Die Systembeschreibung komplexer Systeme muss daher für die Überprüfbarkeit und Nachvollziehbarkeit letztlich in mathematischer Form oder Naturgesetzen vorliegen, wobei im Verständnis solcher Systeme selbst kleine Erfolge ein großer Fortschritt sind. Methoden, um komplexe Systeme mit Hilfe der Sprache der Mathematik zu beschreiben, sind beispielsweise Differentialgleichungen, Spieltheorie, Netzwerktheorie, Informationstheorie, nichtlineare Systeme, Chaostheorie, oder auch Algorithmen der Genetik und andere Naturgesetze.

Das Wissen über Innovationsprozesse ist dabei von entscheidender Bedeutung, da es neue Standards im strategischen Management ermöglicht. Innovationsprozesse können dabei in verschiedenen Bereichen ablaufen (Produkt, Werkstoff, Produktionsverlauf, Vertriebskanal, Rohstoffe, ...).

Dies entspricht durchaus einem evolutionären Ansatz, die besten Ideen setzen sich durch, allerdings bestimmt dabei auch das Umfeld und das umgebende Wertesystem (Wirtschaft, Wissenschaftskultur, etc.), welche Ideen etabliert werden.<sup>71</sup>

*„Dabei darf nicht vergessen werden, dass sich die Umwelt durch die Existenz der neu etablierten Idee verändert und umgestaltet. Wenn es gelingt, das Konzept der Innovation quantitativ zu beschreiben, dann wird es möglich sein, diesen Prozess effizient zu steuern und zu manipulieren.“<sup>72</sup>*

Innovation braucht aber um sich durchzusetzen und ihre Umwelt nachhaltig zu beeinflussen einen Selektionsdruck und daher eine kritische Masse neuer Ideen. Diese Masse kann durch die Steuerung des Netzwerkes beeinflusst werden. Systeme, die ein hohes Innovationspotential aufweisen, sind anpassungsfähig, robust und effizient, erfüllen also jene Kriterien, die wir im Rahmen der „Exzellente Netzwerke“ kennengelernt haben. Neue Ideen und Innovationen ermöglichen Rückkopplungen, die eine nachhaltige, schubartige Veränderung des Gesamtsystems bewirken können. Solche Vorgänge werden in der Systemwissenschaft als Schließen eines „Autokatalytischen Zyklus“ bezeichnet, daher ist es sinnvoll, solche Zyklen als Ansatzpunkt für Innovationsmanagement zu suchen. Autokatalytische Zyklen entstehen spontan und überall im System und müssen sich nicht unbedingt immer positiv auf die weitere Entwicklung des Netzwerkes auswirken. Daher ist

---

<sup>70</sup> Thurner Stefan, „Was Ameisen, Hirnströme, Börsenkurse und Innovationsmanagement verbindet - Erforschung von „Komplexen Systemen““ in [Katzmair Harald, Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [\[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 16

<sup>71</sup> Thurner Stefan, „Was Ameisen, Hirnströme, Börsenkurse und Innovationsmanagement verbindet - Erforschung von „Komplexen Systemen““ in [Katzmair Harald, Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [\[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 16ff

<sup>72</sup> Thurner Stefan, „Was Ameisen, Hirnströme, Börsenkurse und Innovationsmanagement verbindet - Erforschung von „Komplexen Systemen““ in [Katzmair Harald, Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [\[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 17

ein visionäres Innovationsmanagement wichtig, das weiß, in welche Richtung sich das Netzwerk entwickeln soll und Kontrolle über die Ressourcen ausübt.<sup>73</sup>

---

<sup>73</sup> Vgl. Thurner Stefan, „Was Ameisen, Hirnströme, Börsenkurse und Innovationsmanagement verbindet - Erforschung von „Komplexen Systemen““ in [Katzmair Harald, Broschüre „Exzellente Netzwerke“],  
[[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011], S. 18  
Hinweis: Cluster sind der statische Rahmen, in dem jedoch Akteure und Technologien dynamisch agieren, Beziehungen und Relationen sich ändern, und sich unterschiedliche „subregions“ und „units“ ausprägen können.

## 4. Ausgewählte Verfahren der Sozialen Netzwerkanalyse

Die soziale Netzwerkanalyse konzentriert sich wie bereits erwähnt auf die Beziehungen zwischen Akteuren und nicht auf Eigenschaften und Merkmale der Akteure selbst. Graphentheorie, Gruppentheorie und Matrixalgebra bilden dabei die mathematischen Grundlagen für Bildung von Indikatoren für diese Beziehungen. Im Gegensatz zur an den Merkmalen von Akteuren orientierten Soziologie geht die Soziale Netzwerkanalyse davon aus, dass die Eigenschaften der Beziehungen zwischen den Akteuren abhängig von deren Beziehungsmustern sind („mein Feind kann nicht dein Freund sein!“).

Diese Netzwerke stellen sich daher als komplex-dynamische Systeme dar, in denen diese Muster erfasst und für verschiedene Ebenen quantifizierbar dargestellt werden können.

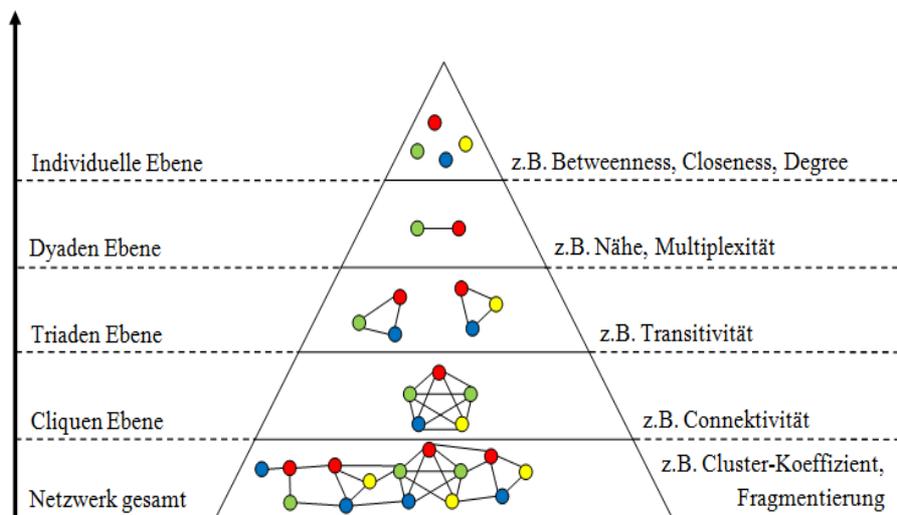


Abbildung 17 – Ebenen der Messung in der Netzwerkanalyse<sup>74</sup>

### 4.1. Methoden der Datengewinnung

Die Soziale Netzwerkanalyse versteht sich als transdisziplinäre Wissenschaft und bedient sich daher Methoden aus allen Wissenschaften.

Die Daten können dabei beispielsweise durch Beobachtungen und Befragungen erhoben werden. Für die Beurteilung von Gesamtnetzwerken werden vor allem sekundäre Daten benötigt, da eine Befragung extrem aufwendig ist.

<sup>74</sup> Katzmaier Harald, FAS.research, „Messen – Beziehungen unter der Lupe. Wie aus Relationen Daten werden.“ in [Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01.02.2011], S. 21

Sekundäre Datenanalysen wären beispielsweise:

- Daten-Tracking (Zeiterfassung, Informationsströme, Serverzugriffe, ...)
- Server-Logfiles (E-Mails, Telefonkontakte, Chat-Logs, ...)
- Datenbankinformationen
- Mitgliederverzeichnisse (Verteiler, Mailinglisten)
- Blogs/Wikis

Um das System zu beschreiben, werden verschiedene Parameter erhoben wie z.B. die Dichte, Größe, Durchmesser, Zentralität, Diversität, Offenheit und Anbindungen des gesamten Netzwerkes.

Untersuchenswerte Relationen können sein:

- Informationsaustausch
- Ressourcenaustausch (Geld, Material, Personal)
- Mitgliedschaftsbeziehungen (Parteien, Gremien, Vorstände)
- Innovationsprozesse (Team, Kooperationen)
- Affektive Beziehungen (Freunde, Ratgeber)
- Gruppen/Cliquen (Eliten)

Parameter der Gesamtnetzwerkanalyse sind beispielsweise soziometrische Kennwerte wie Größe, Dichte oder Beziehungstärke.<sup>75</sup>

#### 4.2. Bestimmung von Zentralitätsmaßen

Um die Rolle und die Bedeutung der Akteure in einem Netzwerk messbar und berechenbar zu machen, werden verschiedene Metriken auf das Netzwerk angewandt. Dieser Vorgang wird auch „Bestimmung der Zentralität“ genannt und bezeichnet die *„Wichtigkeit der Lage eines Akteurs sowohl in ungerichteten Netzwerken als auch – bezüglich der ausgehenden Wahlen eines Akteurs – in gerichteten Netzwerken“*<sup>76</sup>

Allerdings scheint es in der Netzwerkforschung bislang keine allgemein gültige Definition von Zentralität zu geben, *„sodass ungefähr so viele Zentralitätsmaße existieren, wie es Vorstellungen von der „Wichtigkeit“ eines Akteurs in einem Netzwerk gibt.“*<sup>77</sup>

Zentralitätsmaße sind knotenbezogene Maße, die Aussagen über die Bedeutung des Knoten liefern, aber nicht über das Netzwerk als Ganzes. Sie geben Aufschluss über die Bedeutung eines Akteurs in der Beziehungsstruktur eines Netzwerkes und definieren eine lineare Ordnung innerhalb der Knotenmenge durch Zuweisung numerischer Werte und machen so

---

<sup>75</sup> Vgl. Götzbrucker Gerit, *„Soziale Netzwerkforschung/SNA (social network analysis) als Methode der Sozialwissenschaft“*, Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft, Universität Wien, [[http://www.univie.ac.at/methodenforum/src/Text\\_Netzwerkanalyse\\_Goetzbrucker.pdf](http://www.univie.ac.at/methodenforum/src/Text_Netzwerkanalyse_Goetzbrucker.pdf), 01.11.2010]

<sup>76</sup> Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur Wolfgang, *„Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden“* in [„Studienskripten zur Soziologie“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005, S. 45

<sup>77</sup> Mutschke Peter, *„Zentralitäts- und Prestigemaße“* in [Stegbauer Christian, Häußling Roger, *„Handbuch Netzwerkforschung“*], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010, S. 365

vergleichende Aussagen über die relative strukturelle Position von Knoten und somit eine Identifizierung zentraler Akteure möglich.<sup>78</sup>

Wir wollen uns an dieser Stelle nur mit den wichtigsten Zentralitätsmaßen beschäftigen und diese kurz untersuchen:

- **Degree-Zentralität:**  
(*Zentral ist, wer die meisten Kontakte hat.*)

Die Degree-Zentralität eines Akteurs misst die Anzahl der Beziehungen, über die er verfügt, sie ist also nichts anderes als die Anzahl der Kanten, die einen Knoten mit einem anderen verbinden. Ein Akteur ist zentral, wenn er sehr viele Beziehungen hat und daher sehr aktiv im Netzwerk ist.

- **Closeness-Zentralität:**  
(*Zentral ist, wer schneller erreichbar ist.*)

Die Closeness-Zentralität misst für jeden Knoten die Pfaddistanz zu allen anderen Akteuren des Netzwerks. Je geringer dieser Wert ist, desto größer ist die Closeness-Zentralität und umso leichter kann ein Akteur alle anderen im Netzwerk erreichen.

Das bedeutet, dass die Closeness-Zentralität Aussagen darüber zulässt, wie „nahe“ ein Akteur den Anderen ist. Diese „Nähe“ kann beispielsweise bedeuten, dass Informationen über diesen Knoten sehr rasch verbreitet werden können, er also zentraler Punkt für die Interaktionsprozesse im Netzwerk ist.

Dabei werden wie bereits erwähnt die Pfaddistanzen berechnet, also die Distanz  $d$  ausgehend von einem Knoten  $n_i$  hin zu allen möglichen Endknoten oder Akteuren  $n_j$ . Die Closeness-Zentralität  $C_c$  ergibt sich dabei als Kehrwert der Summe aller möglichen Distanzen geteilt durch die um 1 verminderte Anzahl  $g$  aller Akteure:

$$C_c(n_i) = \frac{(g - 1)}{\sum_{j=1, j \neq i}^g (d(n_i, n_j))}$$

Je näher dieser Wert bei 1 liegt, desto höher ist die Closeness-Zentralität des Knotens, desto näher ist also der Akteur zu allen anderen.<sup>79</sup>

- **Betweenness-Zentralität:**  
(*Zentral ist, wer die größte Kontrolle hat.*)

Die Betweenness-Zentralität misst die Häufigkeit eines Knotens innerhalb aller möglichen Pfade zwischen Knotenpaaren. Zentral im Sinne der Betweenness ist ein Akteur also dann, wenn er sich in einer Position zwischen zwei anderen Akteuren befindet, die keinen direkten Kontakt zueinander haben. Ein Akteur mit hoher Betweenness kann Beziehungen zwischen anderen kontrollieren und den

---

<sup>78</sup> Vgl. Mutschke Peter, „Zentralitäts- und Prestigemaße“ in [Stegbauer Christian, Häußling Roger, "Handbuch Netzwerkforschung"], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010, S. 365

Und vgl. Hamill Jonathan T., "Analysis of layered social networks", Air Force Institute of Technology, 2006, S. 26f

<sup>79</sup> Vgl. Wasserman Stanley, Faust Katherine, "Social network analysis : methods and applications", Cambridge University Press, Cambridge; New York; Melbourne, 1995, S. 185

Informationsfluss im Netzwerk behindern oder forcieren. Solche Knoten nehmen kritische Rollen im Netzwerk ein. Die Betweenness-Zentralität wird berechnet als:

$$C_b(n_i) = \frac{\sum_{j < k; k \neq i} \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}}}{(g-1) \times (g-2)/2}$$

wobei  $g_{jk}(n_i)$  die Anzahl der kürzesten Verbindungen zwischen Akteur j und Akteur k, die Akteur i enthalten und  $g_{jk}$  Anzahl der kürzesten Verbindungen zwischen Akteur j und Akteur k insgesamt beschreiben.

Die Betweenness-Zentralität kann aber auch auf die Kanten, also die Beziehungen selbst angewandt werden. Eine Beziehung oder Kante ist dann zentral, wenn sie für die Interaktionsprozesse innerhalb des Netzwerkes, dem sogenannten „Flow“<sup>80</sup> von Bedeutung ist. Das heißt nichts anderes, als dass ein großer Teil der Information oder Kommunikation über diese Kante fließt.<sup>81</sup> Man spricht in diesem Zusammenhang in weiterer Folge auch vom „maximalen Fluss“ zwischen zwei Knoten, ausgehend von der Annahme, dass die Kanten beschränkte Kapazitäten haben und unterschiedlich belastbar sind. Der so berechnete Wert wird auch „Flow Betweenness“ genannt.

- **Authority Weight:**  
(Zentral ist, wer einflussreiche Freunde hat.)

Das Authority Weight misst, wie oft ein Akteur mit anderen Akteuren verbunden ist, die selbst wiederum viele Beziehungen (d.h. einen hohen Degree) haben.

Weiters kennt man in der Sozialen Netzwerkanalyse noch weitere Zentralitätsmaße wie beispielsweise:

- Information Centrality
- Eigenvector Centrality
- Flow Betweenness (siehe oben)
- Entropy Centrality
- Random Walk Betweenness

### 4.3. Bestimmung von Prestigemaßen

Die oben beschriebenen Zentralitätsmaße eignen sich sehr gut, um Akteure in einem Netzwerk aus ungerichteten Beziehungen zu charakterisieren. Liegen aber gerichtete Beziehungen vor, so müssen wir zwischen zwei Arten von Akteuren unterscheiden:

- zentral hinsichtlich der eingehenden Beziehungen
- zentral hinsichtlich der ausgehenden Beziehungen

<sup>80</sup> Vgl. Mutschke Peter, „Zentralitäts- und Prestigemaße“ in [„Handbuch Netzwerkforschung“], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010, S. 366

<sup>81</sup> Vgl. Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur Wolfgang, „Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden“ in [„Studienskripten zur Soziologie“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005, S. 67f

Während man im Fall ausgehender Beziehungen ohne weiteres die bereits bekannten Zentralitätsmaße anwenden kann, wird für die eingehenden Verbindungen der Begriff „Prestige“ verwendet.<sup>82</sup>

Prestigemaße finden „also nur in gerichteten Netzwerken und auch dort nur in den Fällen Anwendung, wo der betrachtete Knoten Rezipient von Verbindungen ist, die von anderen ausgehen.“<sup>83</sup>

Eingehende Kanten bedeuten ein bestimmtes Maß an „Beliebtheit“, „Wichtigkeit“, „Wahl“<sup>84</sup> oder eben „Ansehen“ - die deutsche Übersetzung von „Prestige“.

Konkret werden drei Werte betrachtet:

- **Degree-Prestige**  
(In-Degree)

Analog zur Degree-Zentralität beschreibt das Degree-Prestige die Anzahl der eingehenden Kanten eines Knotens. „Zu beachten ist, dass sich Degree und Degree-Prestige eines Akteurs diametral gegenüber stehen können. Dies ist z.B. der Fall, wenn ein wissenschaftlicher Autor viele andere Autoren zitiert (hoher Degree), selbst aber nicht zitiert wird (Degree-Prestige von 0). Prestigemaßzahlen messen daher nicht nur den Grad der Einbettung eines Akteurs in das Beziehungsgeflecht eines Netzwerkes, im Fokus steht vielmehr die sich aus der Wertschätzung anderer ergebende „Ungleichheit zwischen den Akteuren“.<sup>85</sup> Dabei wird auch der relative Innengrad eines Knotens berechnet als

$$\frac{\text{Anzahl eingehender Beziehungen}}{(\text{Anzahl der Akteure im Netzwerk}) - 1}$$

Der relative Innengrad hängt also nicht mehr direkt von der Anzahl der Akteure ab und stellt daher einen standardisierten Index für Prestige dar.<sup>86</sup>

- **Proximity-Prestige**  
(In-Closeness)

Das Proximity-Prestige berücksichtigt neben den direkten auch die auf indirekt auf einen Knoten gerichteten Beziehungen. Sie misst im Unterschied zur Closeness aber nicht Summe der Distanzen, sondern die durchschnittliche Länge der Pfade.

---

<sup>82</sup> Vgl. Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur Wolfgang, "Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden" in [„Studienskripten zur Soziologie“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005, S. 27f

<sup>83</sup> Mutschke Peter, "Zentralitäts- und Prestigemaße" in [„Handbuch Netzwerkforschung“], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010, S. 371f

<sup>84</sup> Der Begriff „Wahl“ wird so verstanden, dass ein Akteur von einem anderen „ausgewählt“ wird

<sup>85</sup> Mutschke Peter, "Zentralitäts- und Prestigemaße" in [„Handbuch Netzwerkforschung“], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010, S. 372

<sup>86</sup> Vgl. Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur Wolfgang, "Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden" in [„Studienskripten zur Soziologie“], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005, S. 32

- **Rank-Prestige**  
(„Eigenvektor-Prestige“)

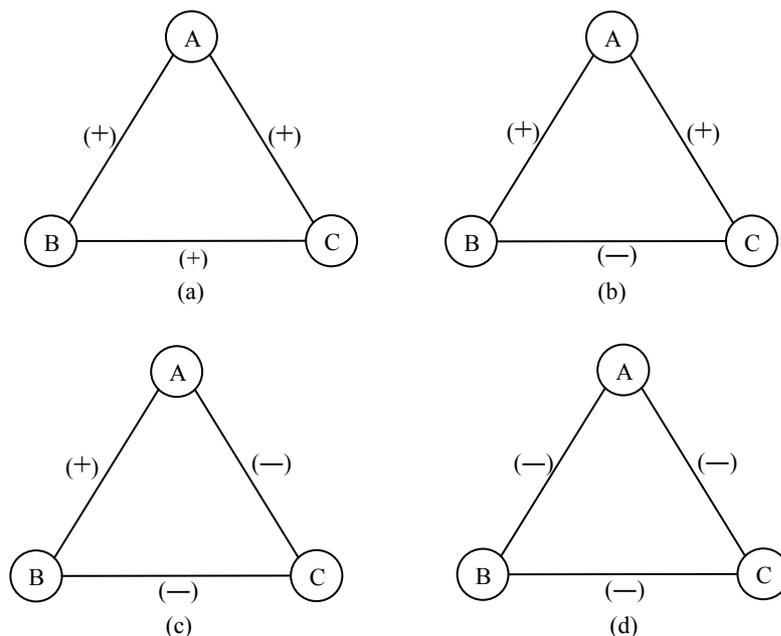
Der Wert des Rank-Prestige misst, wie oft ein Akteur von anderen prestigereichen Akteuren „gewählt“ wird und beschreibt daher nicht nur das „Ansehen“, sondern auch den Rang innerhalb einer Menge von Akteuren. Das Rank-Prestige basiert auf der gewichteten „Summe der In-Degrees, die ein Akteur von anderen Knoten erhält.“<sup>87</sup>

#### 4.4. Die Bedeutung der „Structural Balance“ – Beziehungen zwischen Akteuren

Wie wir bereits oben festgestellt haben, ist die Analyse von Beziehungen und Beziehungsstrukturen eine der wichtigsten Aufgaben in der Sozialen Netzwerkanalyse. Beziehungen zwischen Akteuren können dabei positiv (z.B. Zusammenarbeit, Sympathie, Freundschaft) oder negativ (Konflikt, Feindschaft, Mobbing) gewertet werden.

Zur Kennzeichnung in sozialen Netzwerken werden die Kanten zwischen den Knoten mit + (plus) oder – (minus) gekennzeichnet. Die Analyse der Struktur eines Netzwerkes hinsichtlich positiver oder negativer Beziehungen lässt Rückschlüsse auf die Stabilität zu. Auch kleinräumige Spannungen können massive Auswirkungen auf ein globales Netzwerk haben.

Wenn man eine Clique betrachtet, also ein Netzwerk, wo alle miteinander in Kontakt stehen, wird jede Kante entweder mit (-) oder mit (+) gekennzeichnet, je nachdem ob die Beziehung feindlich oder freundschaftlich ist.



**Abbildung 18 – Bewertung von Beziehungen**

<sup>87</sup> Mutschke Peter, "Zentralitäts- und Prestigemaße" in [„Handbuch Netzwerkforschung“], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010, S. 372

Jedes bewertete Dreieck (Triade) kann folgende Beziehungen aufweisen:

- (a) A, B, und C sind alle Freunde: es herrscht ein Gleichgewicht.
- (b) A ist mit B und C befreundet, aber B und C sind verfeindet: kein Gleichgewicht.
- (c) A und B sind befreundet, C ist ein gemeinsamer Feind: es herrscht ein Gleichgewicht.
- (d) A, B und C sind gegenseitig verfeindet, kein Gleichgewicht.<sup>88</sup>

Eine Dreiecksbeziehung (Abb.17) kann dabei wie folgt aussehen:

1. Bei einer vorgegebenen Personengruppe A, B und C sind alle untereinander befreundet; Dreieck (a)
2. Es gibt eine positive Beziehung und zwei negative: Zwei sind befreundet und haben einen gemeinsamen Gegner; (c)
3. Zwei positive Beziehungen und eine negative bringt Instabilität in das System; (b): A ist mit B und mit C befreundet, jedoch verstehen B und C sich nicht. Das bringt Stress in das System: Entweder wird A versuchen, B und C zusammen zu bringen, oder A wird unter Druck gesetzt, gegen B oder C zu sein.
4. Ein Zustand, wo alle untereinander verfeindet sind, ist ebenfalls instabil, da die Suche nach Bündnissen den Zustand zu verändern sucht.

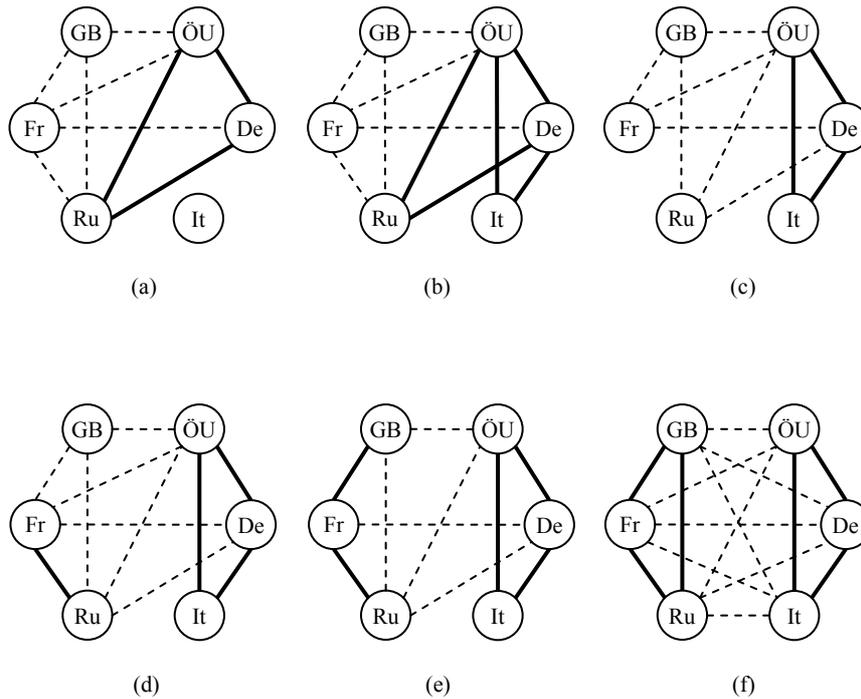
Dreiecksbeziehungen mit einer oder drei positiven Beziehungen sind also im Gleichgewicht (stabil), während solche mit keiner oder zwei positiven Beziehungen instabil sind.<sup>89</sup> Instabile Verhältnisse zeigen immer die Tendenz, sich in einen stabilen Zustand zu begeben. Herrscht beispielsweise zwischen Akteuren Stress oder psychologische Dissonanz, so werden diese Akteure bestrebt sein, den Druck zu minimieren und damit eine Änderung hin zu stabilen Strukturen zu forcieren. Umgekehrt ist davon auszugehen, dass gemeinsame Freunde, eines Akteurs, die miteinander noch keine positive Beziehung unterhalten, sich irgendwann entweder anfreunden oder aber versuchen werden, den Akteur gegen den anderen Freund aufzubringen. Instabile Netzwerke sind also immer bestrebt, stabile Strukturen auszubilden.

Betrachtet man ein Netzwerk mit einer beliebigen Anzahl von Knoten, so kann man die Stabilität überprüfen, indem man jede Dreiecksbeziehung nach dieser Methode analysiert. Ein sehr gutes Beispiel finden wir bei Easley und Kleinberg, die die politischen Verhältnisse gegen Ende des 19. Jahrhunderts analysiert haben und die Entwicklung der Bündnisse der europäischen Großmächte bis hin zum Vorabend des Ersten Weltkriegs anschaulich darstellen.

---

<sup>88</sup> Vgl. Easley David, Kleinberg Jon, *"Networks, crowds, and markets reasoning about a highly connected world"*, Cambridge Univ. Press, Cambridge [u.a.], 2010, S. 108

<sup>89</sup> Zum besseren Verständnis kann man trivialerweise das Produkt der Kantenbewertungen bilden: (-) \* (-) \* (+) = (+) während (-) \* (+) \* (+) = (-)



**Abbildung 19 – Die Entstehung von Allianzen in Europa von 1872 bis 1907<sup>90</sup>**

GB, Fr, Ru, It, De, ÖU stehen für Groß-Britannien, Frankreich, Russland, Italien, Deutschland und Österreich-Ungarn.

- (a) Dreikaiserabkommen 1873-1881 (ÖU, De, Ru);
- (b) Dreikaiserbund 1881 (ÖU, De, Ru);
- (c) Keine Verlängerung des 1897 geschlossenen Rückversicherungsvertrag zwischen Deutschland und Russland 1890;
- (d) Russisch französisches Abkommen (Zweiverband) 1891 (Militärkonvention), 1894 (Bündnis);
- (e) Entente Cordiale 1904 (zw. GB und Fr);
- (f) Triple Entente (GB, Fr, Ru, Weiterentwicklung der Entente Cordiale) 1907.

Unterbrochene Linien stehen für negative Verhältnisse, die dicken durchgezogenen Linien für Bündnisse bzw. positive Beziehungen.

<sup>90</sup> Vgl. Easley David, Kleinberg Jon, "Networks, crowds, and markets reasoning about a highly connected world", Cambridge Univ. Press, Cambridge [u.a.], 2010, S. 114

## 5. Werkzeuge

In den letzten Jahren haben sich am Markt zahlreiche Tools und Softwareanwendungen etabliert, die den Umgang mit (sozialen) Netzwerken erleichtern, diese visualisieren und die Anwendung von diversen Algorithmen im Analyseverfahren möglich machen. Die wichtigsten Werkzeuge werden in diesem Kapitel exemplarisch vorgestellt.

### 5.1. Pajek

Pajek ist eine Java-basierte Softwareanwendung die von den Netzwerkforschern Vladimir Batagelj und Andrej Mrvar entwickelt wurde. Das Wort „Pajek“ steht im Slowenischen für das deutsche „Spinne“, einem Tier, dessen Natur es ist, Netze zu bauen und sich in solchen zu bewegen. Pajek bietet eine breite Palette von Operationen und Algorithmen, die auf Netzwerke angewendet werden können. Es dient nicht nur der Visualisierung, sondern lässt auch Clustering, Partitionierung und die Berechnung sämtlicher Zentralitätsmetriken auch auf Teilnetzwerken zu.

Pajek steht für nichtkommerziellen Gebrauch kostenlos zur Verfügung und ist eines der Standardprogramme im Bereich der Sozialen Netzwerkanalyse. Es ermöglicht nicht nur den Umgang mit sehr großen Datenmengen, sondern bietet auch alle Methoden und Tools zur effizienten und vollständigen Analyse von Netzwerken.

Der Umgang mit Pajek ist grundsätzlich leicht zu erlernen, setzt aber doch ein Grundwissen im Bereich der Sozialen Netzwerkanalyse voraus. Es besteht vor allem durch seine große Funktionalität und die Kostenfreiheit.<sup>91</sup>

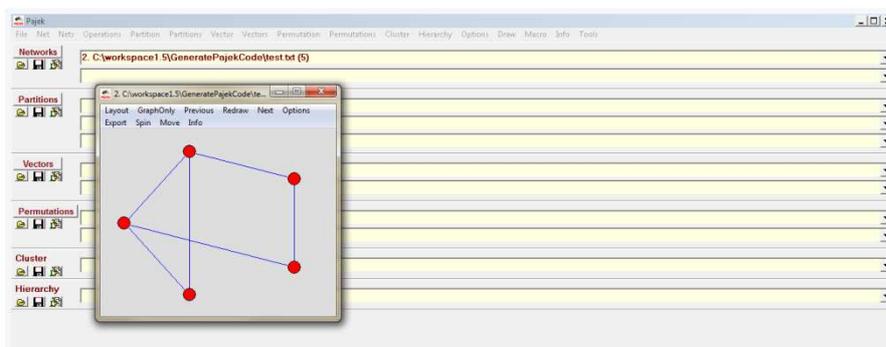


Abbildung 20 – Benutzeroberfläche Pajek

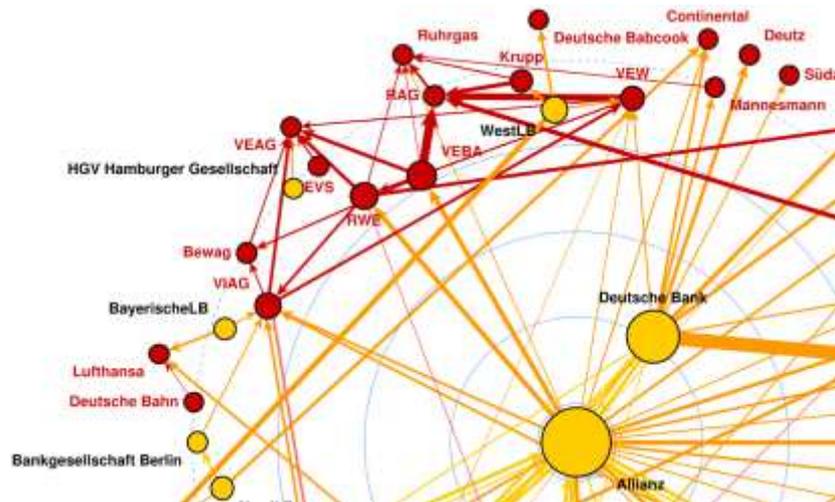
### 5.2. VISIONE

Das Programm VISIONE wurde im Rahmen eines Langzeitforschungsprogramms entwickelt und stellt neben „Pajek“ ein Standardprodukt am Sektor der Visualisierungs- und Graphensoftware dar. Es unterliegt dem Copyright der Universität Karlsruhe (TH) und der Universität Konstanz, kann aber kostenlos genutzt und verbreitet werden.

VISIONE ist darauf spezialisiert, soziale Netzwerke darzustellen und sowohl Experten als auch Neulingen auf dem Gebiet der Sozialen Netzwerkanalyse innovative Methoden zur

<sup>91</sup> Vgl. "Pajek Wiki", [<http://pajek.imfm.si/doku.php>, 28.02.2011]

Analyse zur Verfügung zu stellen. Es bietet ein auf die Soziale Netzwerkanalyse zugeschnittenes interaktives User Interface und ermöglicht so die Visualisierung von Netzwerkdaten. Ähnlich wie Pajek ermöglicht das Programm die Anwendung einer breiten Palette von Algorithmen auf das Netzwerk und wertet Metriken wie Zentralitäts- oder Prestigemaße aus.<sup>92</sup>



**Abbildung 21 – Anwendungsbeispiel Visone**

### 5.3. UCINET

Das kostenpflichtige Programm UCINET wurde vom amerikanischen Netzwerkforscher Steve Borgatti entwickelt und bedient sich des freien Visualisierungstools NetDraw. Es ermöglicht den Umgang mit sozialen Netzwerken, kann mit einer großen Menge an Knoten umgehen und bietet viele Analysemethoden wie Zentralitätsmaße, die Identifikation von Untergruppen im Netzwerk, die Analyse von Rollen der Akteure, statistische Analysen und Matrizenoperationen.

UCINET bietet eine breite Palette an Möglichkeiten im Umgang und zur Analyse von Netzwerken und liefert geschulten Anwendern so die Grundlage für die Soziale Netzwerkanalyse. Die Visualisierung der erzeugten Graphen erfolgt über die Software NetDraw, die wir später noch kennenlernen werden.<sup>93</sup>

<sup>92</sup> Vgl. "visone", visone project team, [<http://www.visone.info>, 28.02.2011]

<sup>93</sup> Vgl. "UCINET", Analytic Technologies, [<http://www.analytictech.com/ucinet/>, 28.02.2011]

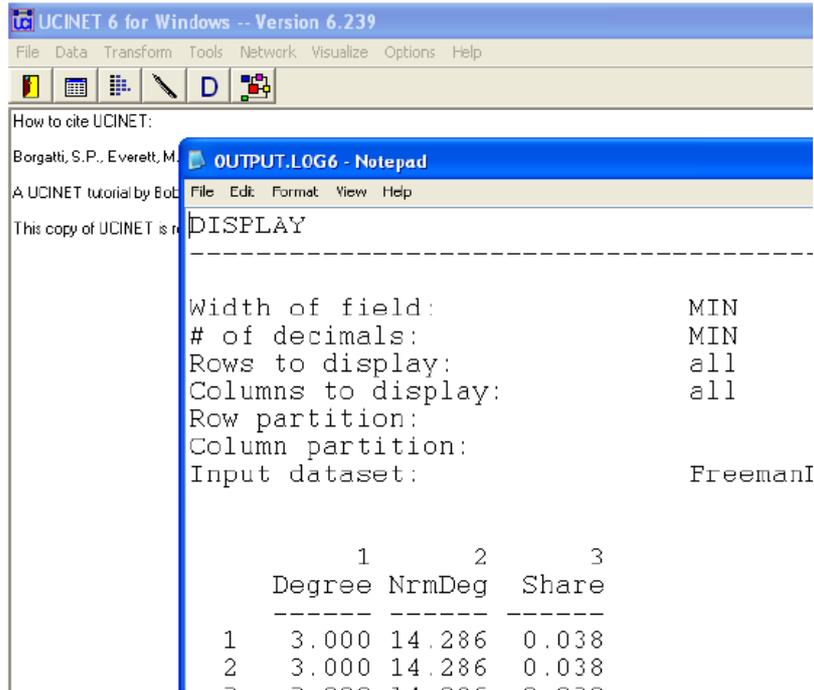


Abbildung 22 – UCINET Oberfläche<sup>94</sup>

#### 5.4. NetDraw

NetDraw ist eine einfache Visualisierungssoftware für Netzwerke aller Art. Es bietet keine Analysefunktionen an und eignet sich rein zum Darstellen von Graphen. NetDraw wurde wie UCINET vom amerikanischen Netzwerkforscher Steve Borgatti entwickelt und ermöglicht die Visualisierung verschiedener Netzwerktypen wie 1-mode und 2-mode Netzwerken. Darüber hinaus bietet es die Möglichkeit, visualisierte Netzwerke in verschiedene Datenformate zu exportieren.<sup>95</sup>

#### 5.5. Die JUNG-Library

Die *Java Universal Network/Graph Framework* ist eine Java-Bibliothek für die Modellierung, Analyse und Visualisierung von Daten, die als Graph dargestellt werden können. Sie steht unter der "Berkeley Software Distribution License" frei und kostenlos zur Verfügung. Die Bibliothek unterstützt zahlreiche Funktionen zur Repräsentierung von Entitäten und Relationen wie beispielsweise gerichtete und ungerichtete Graphen oder Graphen mit doppelten Kanten und deckt die Breite der graphentheoretischen Herausforderungen ab. Dadurch ermöglicht sie die Entwicklung komplexer Analyseprogramme für den Umgang mit großen Datenmengen. Sie erlaubt die Anwendung zahlreicher Algorithmen für graphentheoretische Fragen, die Soziale Netzwerkanalyse, statistische Analysen, diverse Metriken und vieles mehr.

<sup>94</sup> "UCINET Quick Start Guide", Analytic Technologies, [http://www.analytictech.com/ucinet/documentation/quickstart.pdf, 28.02.2011], S. 5

<sup>95</sup> "NetDraw", Analytic Technologies, [http://www.analytictech.com/netdraw/netdraw.htm, 28.02.2011]

Die JUNG-Library stellt eine Visualisierungsumgebung zur Verfügung, die den Umgang mit relationalen Daten nicht nur erleichtert, sondern dem Anwender die Grundlage bietet, selbst Programme, Algorithmen und Analysefunktionen zu implementieren.<sup>96</sup>

Um die JUNG-Library anwenden zu können, sind allerdings fundierte Kenntnisse in der Programmiersprache Java sowie in Algorithmen und Datenstrukturen nötig.

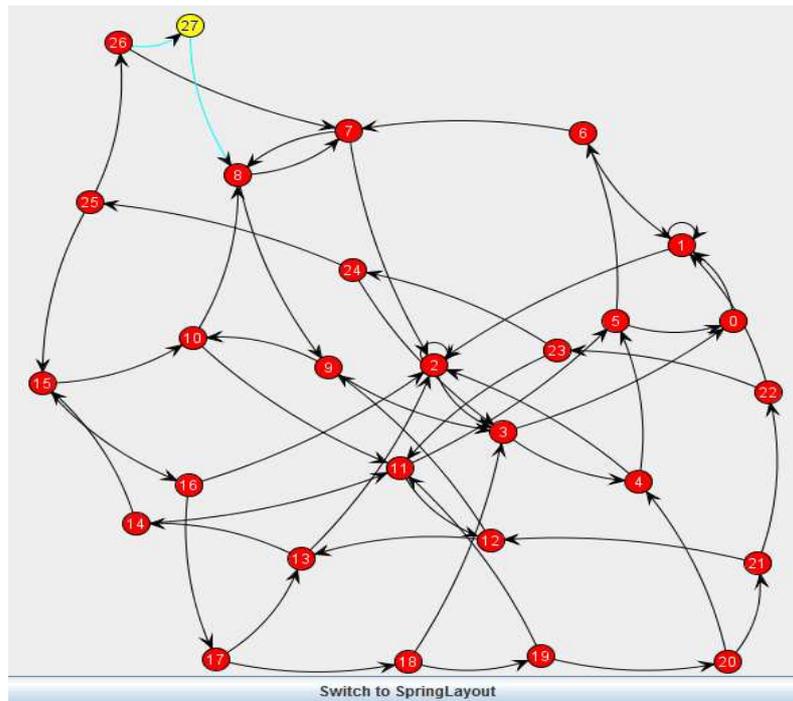
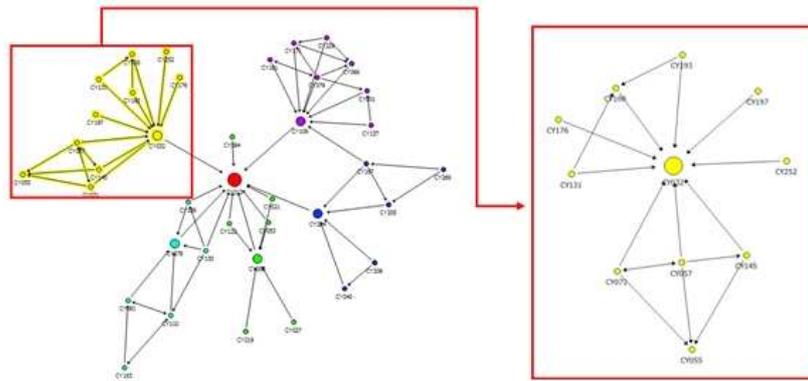


Abbildung 23 – Anwendungsbeispiel der JUNG-Library

## 5.6. NetMiner

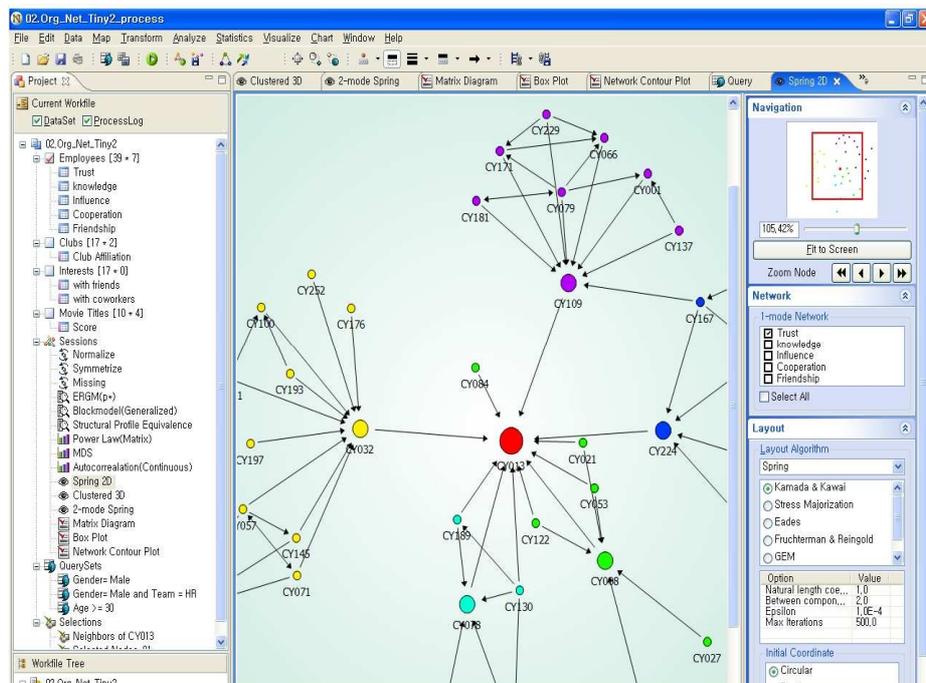
Ein weiteres Tool am großen Markt der Netzwerkanalysesoftware ist das kostenpflichtige Programm NetMiner. Es liegt in der Version 3 vor und unterstützt den Anwender im Auffinden von Strukturen und Mustern innerhalb des Netzwerks. Es besteht durch sein zugrundeliegendes Datenmodell, kann mit sehr großen Netzwerken umgehen und ermöglicht die interaktive Integration von Visualisierung und Analyse. Es bietet die Möglichkeit, Antworten auf „Was-wäre-wenn“-Fragen zu finden, indem es eine flexible Selektion von visualisierten Daten ermöglicht und Änderungen sofort graphisch darstellt. Dies garantiert eine hohe Effizienz im Analysevorgang.

<sup>96</sup> Vgl. "JUNG - Java Universal Network/Graph Framework", [<http://jung.sourceforge.net/index.html>, 28.02.2011]



**Abbildung 24 – Interaktive Datenmodifikation zur visuellen Analyse<sup>97</sup>**

Desweiteren ermöglicht es die Anwendung von Work-Flow Mechanismen und stellt Statistiken und Diagramme zur Verfügung. Mit dem Programm NetMiner ist ein umfassender Analyseprozess effizient und zeitnah möglich.<sup>98</sup>



**Abbildung 25 – NetMiner Oberfläche<sup>99</sup>**

<sup>97</sup> "NetMiner What-if Analysis", [[http://www.netminer.com/NetMiner/feature\\_04.jsp](http://www.netminer.com/NetMiner/feature_04.jsp), 28.02.2011]

<sup>98</sup> Vgl. "NetMiner", [<http://www.netminer.com>, 28.02.2011]

<sup>99</sup> "NetMiner Overview", [[http://www.netminer.com/NetMiner/img/netminer3\\_big.jpg](http://www.netminer.com/NetMiner/img/netminer3_big.jpg), 28.02.2011]

## 5.7. TheBrain

Die Software „TheBrain“ der Firma „TheBrain Technologies LP“ liegt in unterschiedlichen kostenpflichtigen Lizenzmodellen vor und deckt die Bandbreite vom individuellen Bedarf über Webanwendungen bis hin zum Management Tool ab. „TheBrain“ ist ein Tool zum Entwickeln, Erstellen und Bearbeiten von sogenannten „Mind Maps“. Das sind Graphen, in denen Assoziationen visualisiert und mit Inhalten verknüpft werden. Mit „TheBrain“ ist es so möglich, komplexe Inhalte, Gedanken, Gedankenkonstrukte und Ideen in einer vernetzten Struktur abzubilden, um so einerseits Zusammenhänge und Schlüsselemente sichtbar zu machen und andererseits die Navigation in komplexen Strukturen zu erleichtern. „TheBrain“ verknüpft Informationen und geht dabei neue Wege abseits von Ordner- und Dateisystemen, lässt aber gleichzeitig die Verknüpfung mit klassischen Inhalten wie Webseiten, Dokumenten und Multimediadateien zu.

„TheBrain“ dient allerdings nur zur reinen Visualisierung. Die Anwendung von Operationen oder Algorithmen wie beispielsweise zur Bestimmung der oben angeführten Zentralitäts- oder Prestigemaße sind in „TheBrain“ ebenso nicht möglich wie die Simulation von Prozessen und Abläufen im Netzwerk.

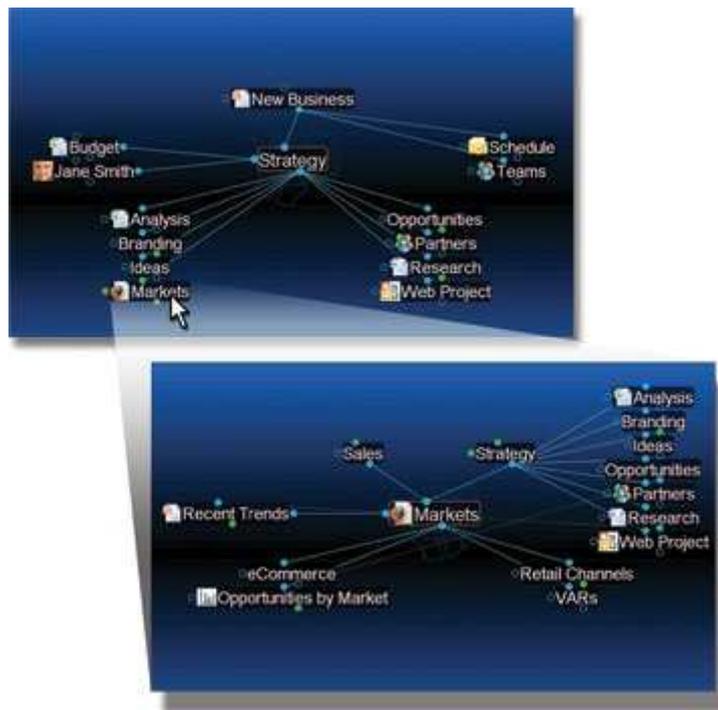


Abbildung 26 – Mind Maps aus "TheBrain"<sup>100</sup>

<sup>100</sup> "TheBrain MindMaps", TheBrain Technologies LP, [http://www.thebrain.com/products/personalbrain/know-more-mind-map/, 28.02.2011]

## 5.8. ThoughtSpace

ThoughtSpace wurde von der Firma IMP entwickelt und ist nicht am freien Markt erhältlich. Es basiert auf dem Brain-Datenformat und ermöglicht eine Visualisierung von Graphen in einem normalen Webbrowser. ThoughtSpace dient an sich zur Darstellung von Navigationsstrukturen und Navigationsnetzen, lässt aber ebenfalls die direkte Verlinkung mit Multimediainhalten zu. Die Möglichkeit der Darstellung von polyhierarchischen Beziehungen und in weiterer Folge die Bewertung von Assoziativen Netzwerken war Gegenstand eines eigenen Forschungsprojektes an der Zentralkodokumentation der Landesverteidigungsakademie.

Gerade die Möglichkeit, über einen Graphen interaktiv durch das Netzwerk zu navigieren hat in Verbindung mit der sogenannten „Type-and-Fly“ Suche – einer Sprungarithmetik mit der Knoten leicht und direkt fokussiert werden können – alternative und vor allem innovative Navigationsmöglichkeiten aufgezeigt, die in naher Zukunft eine Effizienzsteigerung in der Suche von Inhalten im Netzwerk erwarten lassen.

Die Anwendung von Algorithmen sowie mathematischen Operationen zur Ermittlung von diversen Metriken und Werten ist in ThoughtSpace nicht möglich.



Abbildung 27 – AssNet der Bundeheer-Homepage<sup>101</sup>

<sup>101</sup> Auszug aus dem UseCase „bmlvs.gv.at“ des BMLVS/WFE-WM-Forschungsprojektes „AssNet – Assoziative Navigationsnetzwerke“, Zentralkodokumentation der Landesverteidigungsakademie, 2010, Bearbeiter: Meurers Christian, Pilles Hans Christian, Stockinger Ron, "AssNet bmlvs.gv.at", [http://www.thoughtspace.at/assnet/bmlv\_inet/, 01.03.2011]

## 6. Anwendungsbeispiele

### 6.1. Analyse des KIRAS-Forschungsprogramms

#### 6.1.1. Einleitung<sup>102</sup>

KIRAS ist ein nationales Sicherheitsforschungsprogramm zur Förderung der Sicherheitsforschung in Österreich. Es wird unter Verantwortung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) betrieben und fördert nationale Forschungsvorhaben mit dem Ziel der Erhöhung der Sicherheit Österreichs und seiner Bevölkerung.

Das Programm hat eine Laufzeit von 9 Jahren (ab 2005) und versucht durch die verpflichtende Einbindung von Bedarfsträgern bei Verbundprojekten der Erfordernis der Anwendungsorientiertheit gerecht zu werden.

KIRAS grenzt sich dabei klar von der Rüstungsforschung ab und besitzt einen eindeutigen zivilen Programmfokus, da *Sicherheitsforschung hinsichtlich seiner verteidigungspolitischen Anforderungen keine wehrtechnisch orientierte Materie ist.*<sup>103</sup> Diese Abgrenzung zwischen Rüstungs- und Verteidigungsforschung einerseits, und Sicherheitsforschung andererseits, erfolgt in Übereinstimmung mit dem zukünftigen Europäischen Sicherheitsforschungsprogramms der Europäischen Union und seiner diesbezüglichen Abgrenzung von verteidigungspolitischen Forschungsfragen.

Das Forschungsprogramm versucht eine breite Palette von Sektoren abzudecken und ist in den Bereichen

- Energie
- Wasser
- Lebensmittel
- Gesundheitswesen
- Finanzwesen
- Öffentliche Sicherheit, Ordnung und öffentliche Verwaltung
- Verkehr und Transport
- Weltraum und Forschung
- Wissenschaftliche Infrastruktur
- Kommunikation und Information

aktiv. Dabei soll durch einen integrativen Ansatz basierend auf einer geistes- und sozialwissenschaftlichen Herangehensweise das strategische Querschnittsziel der Berücksichtigung gesellschaftlicher Fragestellungen in allen Aspekten der Sicherheitsforschung erreicht werden. Die Ziele des Programms sind:

---

<sup>102</sup> Zusammenfassung, KIRAS Sicherheitsforschungsprogramm, [<http://www.kiras.at>, 07.03.2011]

<sup>103</sup> KIRAS Sicherheitsforschung, [<http://www.kiras.at/das-programm/grundlagen-von-kiras/>, 07.03.2011]

- Erhöhung der Sicherheit und des Sicherheitsbewusstseins der Bürgerinnen und Bürger
- Generierung sicherheitspolitisch erforderlichen Wissens
- Erzielung von Wissens-, Verfahrens- und Technologiesprüngen
- Wachstum der heimischen Sicherheitswirtschaft
- Auf- und Ausbau von Exzellenz im Bereich Sicherheitsforschung

Eine große Bandbreite an geförderten Projekten soll unter der Einbindung von Bedarfsträgern, Forschungsunternehmen, Universitäten, Fachhochschulen und weiteren Organisationen langfristig auch dazu führen, qualifizierte Arbeitsplätze zu schaffen bzw. zu sichern und einen Beitrag zur österreichischen Wertschöpfungskette zu leisten.

### **6.1.2. Untersuchungsparameter**

Im Rahmen der Sozialen Netzwerkanalyse wurde die Projekt- und Organisationsstruktur des KIRAS-Programmes analysiert. Dazu wurden alle Organisationen und KIRAS-Projekte im Zeitraum 2007 bis 2010 berücksichtigt und die Beziehungen der Organisationen zu den Projekten in einem Netzwerk abgebildet. Die Beziehungen wurden gewichtet, um die Unterscheidung zwischen einfachen Projektbeteiligungen einerseits und den Konsortialführern, Projekteinbringern sowie Projektinitiatoren andererseits darstellen und so Machtstellungen von Organisationen innerhalb der Projektlandschaft abbilden zu können. Dabei wurden 168 Projektpartner, 81 Projekte und 380 Beziehungen identifiziert und abgebildet.<sup>104</sup>

Die erfassten Daten wurden in eine selbstentwickelte MySQL Datenbank portiert, wobei Teilorganisationen zusammengefasst wurden, um die organisationale Gesamtstruktur betrachten zu können.

Eine ebenfalls selbst entwickelte Java-Applikation ermöglichte in weiterer Folge das schnelle Generieren der Konfigurationsdateien zur weiteren Verarbeitung im Softwaretool „Pajek“. Dadurch konnte sowohl die schnelle Reproduzierbarkeit, als auch eine gute Skalierbarkeit der vorhandenen Daten sichergestellt werden.

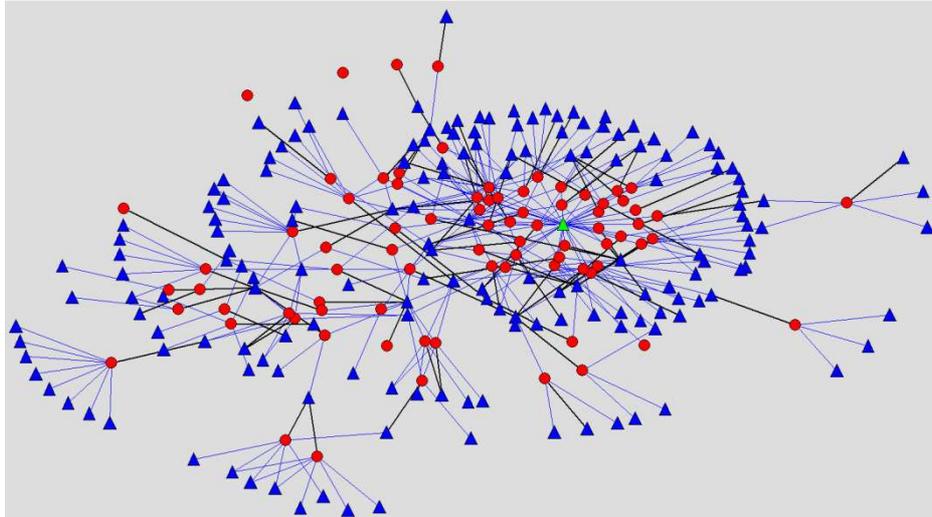
### **6.1.3. Zielnetzwerk<sup>105</sup>**

Das sich daraus ergebende Zielnetzwerk stellte sich wie folgt dar, wobei die Dreiecke die Organisationen und die Kreise die Projekte darstellen. Die Organisation BMLVS ist als grünes Dreieck markiert, aufgrund der besseren Lesbarkeit wurden die Namen der Organisationen und Projekte ausgeblendet.

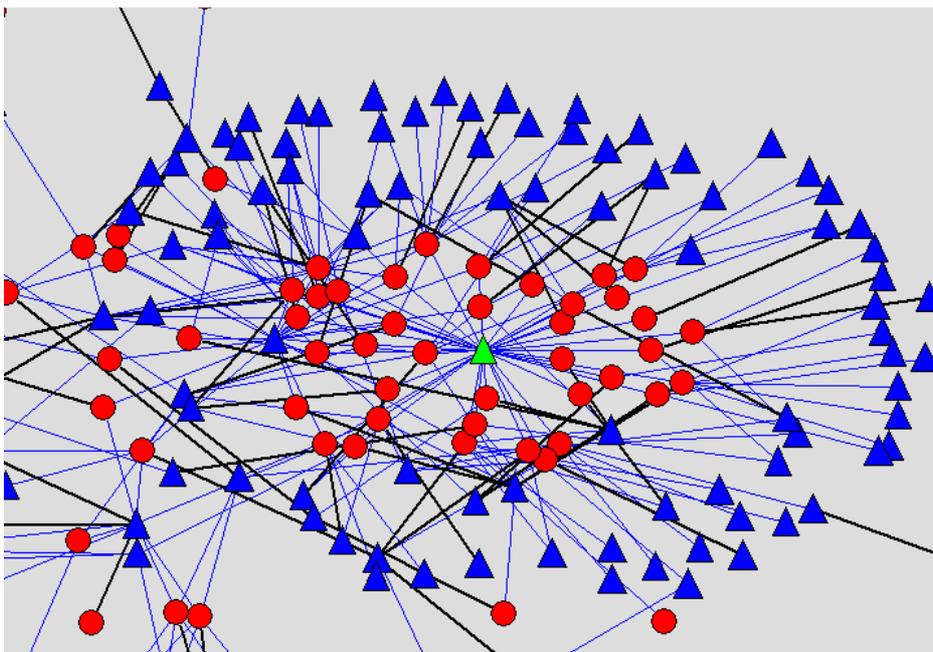
---

<sup>104</sup> Sämtliche Daten stammen aus frei zugänglichen Quellen

<sup>105</sup> Die Abbildungen in den folgenden Kapiteln befinden sich zur genaueren Ansicht im Anhang.



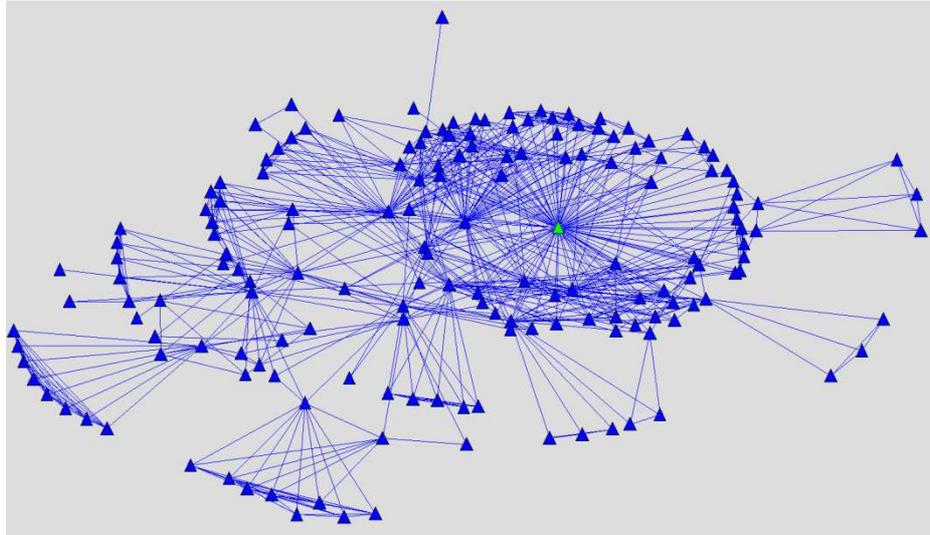
**Abbildung 28 – Gesamtansicht KIRAS-„Universum“**



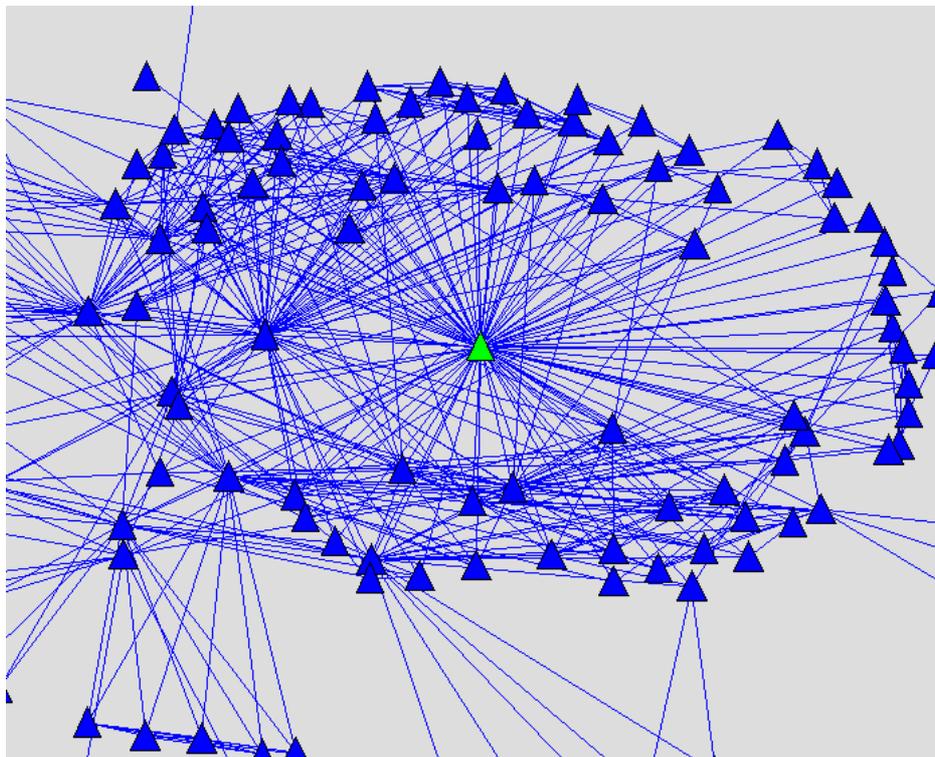
**Abbildung 29 – Detailansicht KIRAS-„Universum“**

Wir erkennen bereits hier die Gesamtstruktur der KIRAS-Landschaft und die zentrale Einbettung des BMLVS in das gesamte Forschungsprogramm. Rund um die Organisation des BMLVS sind zahlreiche Projekte angesiedelt und man erkennt die „Structural Fold“ dieser Teilstruktur. Außerhalb sind noch weitere kleinere Teilnetzwerke verknüpft, die sich als „Closure Networks“ darstellen. Die Struktur als solches ist ein bipartiter Graph oder eben ein 2-mode Netzwerk, da die Organisationen und Projekte nur wechselseitige Beziehungen besitzen.

Als nächster Schritt wurde ein Algorithmus angewandt, der dieses 2-mode Netzwerk in ein 1-mode Netzwerk transformierte, um so die Beziehungen zwischen den Organisationen direkt darstellen zu können. Das Ergebnis dieser Operation ergab folgendes Bild:



**Abbildung 30 – Gesamtansicht 1-mode Netzwerk der Organisationen**



**Abbildung 31 – Detailansicht 1-mode Netzwerk der Organisationen**

Auch hier erkennt man wieder sehr schön die zentrale Einbettung des BMLVS in die Netzwerkstruktur der KIRAS-Landschaft. Betrachten wir nun die Beziehungen zum BMLVS:

Editing Network: 2. Network from COLS in affiliation network N1 (168). Vertex:17		
File		
1-17	val=1.0000	/ ÖIIP-BMLV [SKIT 1.1]
2-17	val=1.0000	/ FHS St. Pölten-BMLV [StegIT 1.1]
3-17	val=1.0000	/ Internic-BMLV [StegIT 1.1]
4-17	val=1.0000	/ KFEG-BMLV [GÖPL-AUT 1.2]
5-17	val=1.0000	/ FIWI-BMLV [TULMON 2.1]
6-17	val=1.0000	/ AGES-BMLV [TULMON 2.1]
7-17	val=1.0000	/ DIAMOND-BMLV [PUKIN 2.1]
13-17	val=1.0000	/ NÖ-BMLV [PUKIN 2.1]
12-17	val=1.0000	/ BMI-BMLV [PUKIN 2.1]
11-17	val=1.0000	/ BMWA-BMLV [PUKIN 2.1]
10-17	val=1.0000	/ TU Graz-BMLV [PUKIN 2.1]
9-17	val=1.0000	/ Joanneum Research GmbH-BMLV [PUKIN 2.1]
8-17	val=1.0000	/ Rheinmetall-BMLV [PUKIN 2.1]
15-17	val=1.0000	/ Fa. Frequentis GmbH-BMLV [C2DSAS 2.1]
12-17	val=1.0000	/ BMI-BMLV [C2DSAS 2.1]
14-17	val=1.0000	/ Uni Klagenfurt-BMLV [C2DSAS 2.1]
15-17	val=1.0000	/ Fa. Frequentis GmbH-BMLV [GÖPL-VKT 3.1]
12-17	val=1.0000	/ BMI-BMLV [GÖPL-VKT 3.1]
16-17	val=1.0000	/ BKA-BMLV [GÖPL-VKT 3.1]
17-18	val=1.0000	/ BMLV-SAS Institut [GÖPL-VKT 3.1]
17-163	val=1.0000	/ BMLV-TU Wien [GÖPL-VKT 3.1]
17-21	val=1.0000	/ BMLV-Thales Rail Signalling Solutions Gmbh [GÖPL-VKT 3.1]
17-20	val=1.0000	/ BMLV-VRVIS Gmbh [GÖPL-VKT 3.1]
17-19	val=1.0000	/ BMLV-Software Gmbh [GÖPL-VKT 3.1]
4-17	val=1.0000	/ KFEG-BMLV [VISKY 3.1]
17-24	val=1.0000	/ BMLV-Fa. Infraprotect Gmbh [VISKY 3.1]
17-23	val=1.0000	/ BMLV-MA 31 Wien [VISKY 3.1]
17-22	val=1.0000	/ BMLV-Linz Gas [VISKY 3.1]
17-25	val=1.0000	/ BMLV-Austrian Research Centers [NASDAG 3.1]
17-26	val=1.0000	/ BMLV-FZ Telekom Wien [NASDAG 3.1]
17-27	val=1.0000	/ BMLV-ÖTI [FUNCL-DEMO 3.1]
17-34	val=1.0000	/ BMLV-SORA Institute for Social Research and Analysis [FUNCL-DEMO 3.1]

Abbildung 32 – Beziehungen des BMLVS in der KIRAS-Umgebung

#### 6.1.4. Brokerage Roles

Die Auswertung der Brokerage Roles, wie wir sie oben bereits kennengelernt haben, ist hinsichtlich der Unterscheidung zwischen „representative“ und „gatekeeper“ Akteuren nicht möglich, da es sich bei dieser Abbildung des KIRAS-Netzwerkes um einen ungerichteten Graphen handelt.<sup>106</sup> Betrachten wir daher zunächst die Rolle der „Itinerants“, also jener Akteure, die als außenstehende Mediatoren für eine Gruppe dienen.

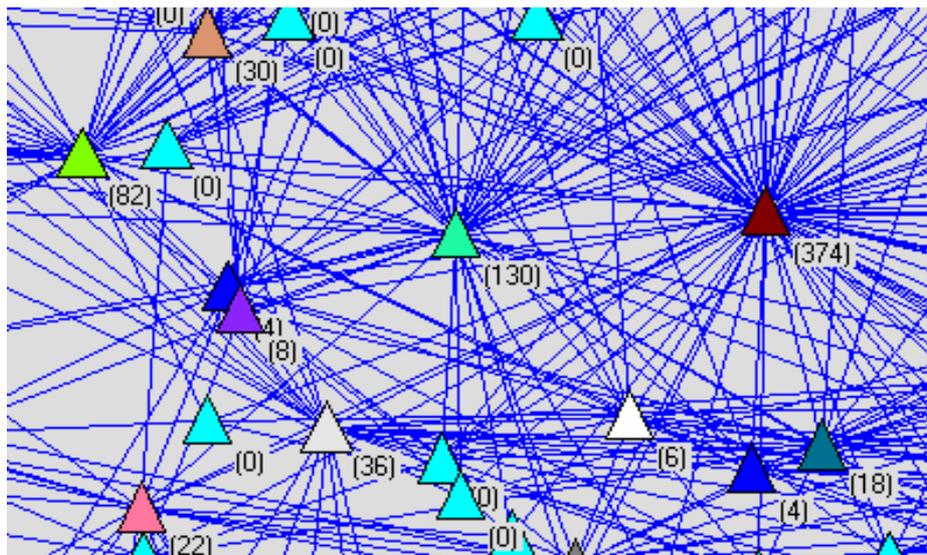


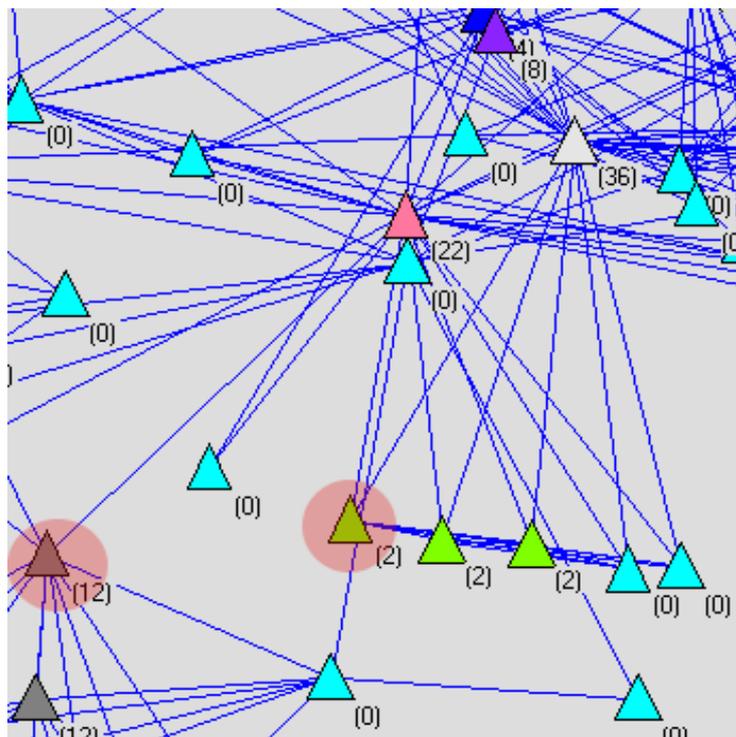
Abbildung 33 – Brokerage Roles: Itinerant Brokers

<sup>106</sup>Für die Auswertung der Rollen müssen Cluster im Netzwerk gefunden werden. Mit dem für unsere Untersuchung verwendeten Clustering war eine Auswertung der Akteure nur hinsichtlich der „Itinerant“- und „Liasion“-Rollen sinnvoll.

Wir erkennen die zentrale Rolle des BMLVS (dunkelrot, 374), des BMI (grün, 130), der TU Wien (hellgrün, 82), der Johannes Kepler Universität Linz (grau, 36), des BKA (orange, 30) und weiterer Organisationen.

Diese Akteure sind in der Lage, den Informationsaustausch innerhalb anderer Gruppen zu steuern, was die Führungsrolle innerhalb von Projekten nahelegt. Die angesprochenen Organisationen befinden sich dabei in der „Structural Fold“ des Netzwerkes.

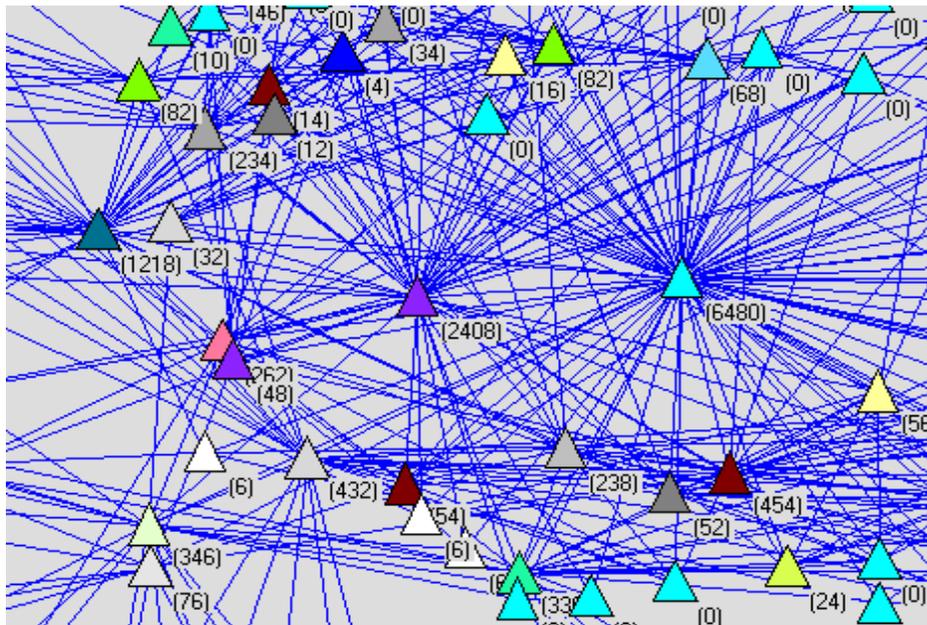
Interessant ist an dieser Stelle auch die Position des Österreichischen Roten Kreuzes (rosa, 22), das, wie auf der Gesamtdarstellung im Anhang ersichtlich, ebenfalls eine zentrale Rolle einnimmt und die gut vernetzte Struktur mit den Closure Network Strukturen am Randbereich des Netzwerkes verbindet:



**Abbildung 34 – Brokerage Roles: Itinerant Brokers an der Peripherie**

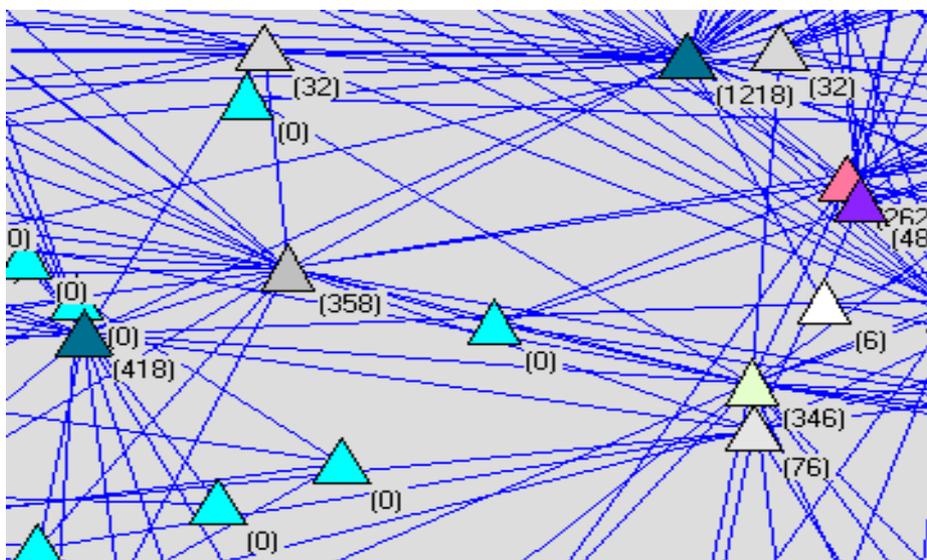
Wir erkennen auch Akteure, die innerhalb dieser Closure Strukturen die Rolle des Itinerant Brokers einnehmen, beispielsweise die Freiwillige Feuerwehr Schwechat (2) oder die Salzburg Research Forschungsgesellschaft mbH (12). Diese Organisationen scheinen nur in einzelnen Projekten am Forschungsprogramm teilzunehmen, nehmen in ihren Bereichen aber wichtige Positionen ein.

Die Betrachtung der „Liasion“-Akteure, also jener, die den Austausch zwischen verschiedenen Gruppen steuern, ohne selbst Mitglied in einer dieser Gruppen zu sein, liefert ein differenzierteres Bild:



**Abbildung 35 – Brokerage Roles: Liasion Brokers**

Wir erkennen auch hier wieder die zentralen Rollen der bereits oben angesprochenen Organisationen wie beispielsweise dem BMLVS (türkis, 6480), dem BMI (violett, 2408), der TU Wien (dunkelgrün, 1218) oder der Johannes Kepler Universität Linz (grau, 432). Allerdings nehmen hier auch andere Organisationen wichtige Positionen im Netzwerk ein wie beispielsweise die TU Graz (rosa, 262), das Joanneum Research (rot, 454) oder die Industriellenvereinigung (grün, 82).



**Abbildung 36 – Brokerage Roles: Liasion Brokers an der Peripherie**

Auch an den Schnittpunkten zu den Closure Strukturen finden wir weitere Broker wie ÖBB (blaugrün, 418), das Österreichische Rote Kreuz (gelb, 346) oder die Universität für Bodenkultur (grau, 358). Mit dieser zweiten Arithmetik konnten wir daher weitere Akteure, die in der KIRAS-Landschaft eine wichtige Rolle spielen, identifizieren.

### 6.1.5. Zentralitätsmaße

Zusätzlich zur Auswertung der Brokerage Role wurden noch die Zentralitätsmetriken Betweenness und Closeness bestimmt. Die Auswertung dieser Zentralitätsmaße kann in Pajek sowohl graphisch als auch tabellarisch dargestellt werden.

Die Auswertung nach der Betweenness-Zentralität, also der Häufigkeit, in der ein Akteur in einem Pfad zwischen zwei anderen Knoten liegt, die keine direkte Verbindung zueinander haben, ergibt folgende Reihung:

```

3. Betweenness centrality in N2 (168)
-----
Dimension: 168
The lowest value:      0.0000000
The highest value:    0.4097968

Highest values:

```

Rank	Vertex	Value	Id
1	17	0.4097968	BMLV
2	12	0.1226410	BMI
3	71	0.1176470	Österreichisches Rotes Kreuz
4	163	0.1151942	TU Wien
5	164	0.0911467	BOKU
6	166	0.0848424	Universität Innsbruck
7	168	0.0763000	ÖBB
8	44	0.0761656	Arsenal Research
9	89	0.0747683	Salzburg Research Forschungsgesellschaft mbH
10	61	0.0640480	AIT
11	40	0.0425599	Johannes Kepler Uni Linz
12	10	0.0370882	TU Graz
13	46	0.0328981	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
14	9	0.0198120	Joanneum Research GmbH
15	67	0.0175577	Siemens AG

**Abbildung 37 – Zentralitätsmaß Betweenness**

Auch in dieser Metrik ist das BMLVS ein zentraler Akteur im Netzwerk, gefolgt vom BMI und dem Österreichischen Roten Kreuz. Anders als bei den Brokerage Roles erhalten wir an dieser Stelle aber eine andere Reihung der Werte, wodurch auch andere Organisationen relativ weit oben zu finden sind. So ist uns bisher noch nicht aufgefallen, dass beispielsweise auch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik eine zentrale Rolle im Netzwerk besetzt und an beachtlicher 13.Stelle zu finden ist.

Die Auswertung nach der Betweenness-Zentralität ist ein Indikator, wer im Netzwerk die Kontrolle hat und daher Führungspositionen einnimmt.

Die Closeness-Zentralität stellt sich dagegen wie folgt dar:

```

-----
4. All closeness centrality in N2 (168)
-----
Dimension: 168
The lowest value:      0.0119048
The highest value:    0.5850755

Highest values:
-----
Rank  Vertex      Value      Id
-----
  1    17          0.5850755  BMLV
  2    12          0.5122013  BMI
  3   163          0.4765847  TU Wien
  4    71          0.4734492  Österreichisches Rotes Kreuz
  5    10          0.4540333  TU Graz
  6    61          0.4497768  AIT
  7     9          0.4455993  Joanneum Research GmbH
  8    40          0.4374729  Johannes Kepler Uni Linz
  9    44          0.4361472  Arsenal Research
 10   168          0.4348295  ÖBB
 11   39          0.4208438  AeroSpy Sense & Avoid Technology GmbH
 12    7          0.4171843  DIAMOND
 13   68          0.4159785  Umweltbundesamt GmbH
 14   15          0.4147797  Fa. Frequentis GmbH
 15   16          0.4124028  BKA
-----
Sum          55.7212170
-----

```

**Abbildung 38 – Zentralitätsmaß Closeness**

Wenig überraschend sind auch hier die Organisationen BMLVS und BMI an vorderster Stelle zu finden, allerdings identifizieren wir auch hier wieder neue Akteure wie beispielsweise das Bundeskanzleramt (BKA) auf Schlüsselpositionen. Diese Auswertung zeigt uns Akteure, die schnell erreichbar sind und so Informationen aufgrund ihrer Position im Netzwerk schnell verbreiten können.

Wir haben also mithilfe der Zentralitätsmetriken und der Auswertung der Brokerage Roles die Schlüsselorganisationen im KIRAS-Universum identifiziert und außerdem noch weitere wichtige Akteure gefunden, die entweder in den Randbereichen des Netzwerkes „lokale“ Führungspositionen innehaben oder über die Informationen schnell und effizient im Netzwerk verbreitet werden können. Daraus lässt sich nicht nur ableiten, welche Organisationen für den Erfolg des KIRAS-Programmes unbedingt nötig sind, sondern auch welche Akteure steuernd auf die weitere Entwicklung einwirken können. In diesem Kontext können in weiterer Folge das Verhalten und Strategien von Organisationen einerseits interpretiert und andererseits durch richtiges Einwirken gesteuert werden.

## 6.2. Machtnetzwerke

Ein besonders interessantes Anwendungsbeispiel der Sozialen Netzwerkanalyse erschien im Juli 2009 als Titelgeschichte im damaligen „trend“. Die FAS.research erstellte dabei eine aufwändige Landkarte<sup>107</sup> der Machtzentren Österreichs und versuchte die Fragen zu beantworten:

<sup>107</sup> Darstellung im Anhang

- Wer hat in Österreich den größten Einfluss auf die Entscheidungen der Bundesregierung?
- Wer sind die Top-Manager, die bedeutenden Unternehmer, die Spitzen von Interessensverbänden, deren Macht so weit reicht, dass sie die Rahmenbedingungen für die gesamte Wirtschaft mitbestimmen können?<sup>108</sup>

Dabei war allerdings zu beachten, dass sich die Frage, wer wie viel Einfluss in Österreichs Wirtschaft hat, nicht objektiv festlegen lässt, sondern jede Analyse davon abhängt, auf welchen Aspekt von Machtausübung der Schwerpunkt gelegt wird. Katzmaier definiert dabei Macht als „*Impact mal Netzwerk. Oder einfach ausgedrückt: Geld mal Beziehungen.*“<sup>109</sup>

Ergebnis der Analyse war neben der Landkarte der Machtzentren Österreichs eine Liste der einhundert Mächtigsten in der Wirtschaft.

RANG	NAME	FUNKTION
1	Christian Konrad	Generalanwalt, Österreichischer Raiffeisenverband
2	Hans Dichand	Herausgeber, „Kronen Zeitung“
3	Ludwig Scharinger	VstVors, Raiffeisenlandesbank Oberösterreich AG
4	Andreas Treichl	VstVors, Erste Group Bank AG
5	Christoph Leitl	Präsident, Wirtschaftskammer Österreich
6	Brigitte Ederer	VstVors, Siemens AG Österreich
7	Günter Geyer	VstVors, Wiener Städtische Versicherung AG Vienna Insurance Group
8	Siegfried Wolf	Vorstand, Magna International Europe AG
9	Veit Sorger	Präsident, Österreichische Industriellenvereinigung
10	Erich Hampel	VstVors (bis Herbst 2009), UniCredit Bank Austria AG
11	Wolfgang Anzengruber	VstVors, Verbund Österreichische Elektrizitätswirtschafts AG
12	Walter Rothensteiner	VstVors, Raiffeisen Zentralbank Österreich AG
13	Franz Rauch	Geschäftsführender Gesellschafter, Rauch Fruchtzäpfle GmbH & Co
14	Stephan Koren	VstVors-Stv, Bawag P.S.K. AG
15	Erwin Hameseder	VstVors, Raiffeisenlandesbank Niederösterreich-Wien AG
16	Franz Gasselsberger	VstVors, Oberbank AG
17	Claus J. Raidl	Präsident Generalrat, Österreichische Nationalbank
18	Luciano Cirina	VstVors, Generali Holding Vienna AG
19	Horst Pirker	VstVors, Styria Medien AG
20	Karl Stoss	VstVors, Casinos Austria AG

**Abbildung 39 – Die 100 Mächtigsten in der Wirtschaft, Auszug der Top 20<sup>110</sup>**

Der in dieser Analyse mächtigste Mann ist also Raiffeisen-Generalanwalt Christian Konrad. Dabei wurde berücksichtigt, wie sehr eine Person zu anderen Personen, Institutionen und Unternehmen vernetzt ist, denn „*es ist ja auch wichtig, dass jemand zu Machtzentren, die nicht nur mit denen der Branche, in der er tätig ist, zusammenhängen, einen guten Zugang*

<sup>108</sup> Forsthuber Martina, Martinek Thomas, Sempelmann Peter, „Wer Österreichs Wirtschaft lenkt“, in [„trend 7/2009“], 2009, S. 52

<sup>109</sup> Katzmaier Harald nach Forsthuber Martina, Martinek Thomas, Sempelmann Peter, „Wer Österreichs Wirtschaft lenkt“, in [„trend 7/2009“], 2009, S. 54

<sup>110</sup> Forsthuber Martina, Martinek Thomas, Sempelmann Peter, „Wer Österreichs Wirtschaft lenkt“, in [„trend 7/2009“], 2009, S. 53

*hat. Wer beispielsweise auch stark mit kulturellen und gesellschaftlichen Institutionen verbunden ist, der gewinnt noch weiter an Macht.“<sup>111</sup>*

Die Analyse der FAS.research zeigt auch fünf klare Machtcluster in Österreich auf. Zum einen sind dies die regionalen Zentren

- Niederösterreich,
- Wien und
- Oberösterreich,

die sich gegenseitig überlappen und in den jeweils anderen Raum hineinreichen. Zum anderen wurden zwei weitere Sektoren identifiziert, die Machtzentren bilden, dies sind

- der Energiesektor und
- der Bereich der staatlichen bzw. teilstaatlichen Unternehmen.

Für jeden dieser Bereiche wurden im Rahmen der Analyse die „Big Five“, also die fünf mächtigsten Personen im Cluster, identifiziert<sup>112</sup>:

---

<sup>111</sup> Katzmaier Harald nach Forsthuber Martina, Martinek Thomas, Sempelmann Peter, „*Wer Österreichs Wirtschaft lenkt*“, in [„*trend 7/2009*“], 2009, S. 56

<sup>112</sup> Vgl. Forsthuber Martina, Martinek Thomas, Sempelmann Peter, „*Wer Österreichs Wirtschaft lenkt*“, in [„*trend 7/2009*“], 2009, S. 56ff

## **Big Five. Große Niederösterreicher**

- 1 Christian Konrad, Raiffeisen-Holding NÖ-Wien
- 2 Erwin Hameseder, Raiffeisenlandesbank NÖ-Wien
- 3 Frank Hensel, Rewe Austria
- 4 Burkhard Hofer, EVN
- 5 Leo Wallner, Präsident des ÖOC

## **Big Five. Macht im Zentrum**

- 1 Hans Dichand, „Kronen Zeitung“
- 2 Günter Geyer, Wiener Städtische
- 3 Herbert Kaufmann, Flughafen Wien
- 4 Werner Muhm, AK-Direktor
- 5 Brigitte Ederer, Siemens-Vorstand

## **Big Five. Macht ob der Enns**

- 1 Ludwig Scharinger, Raiffeisenlandesbank OÖ
- 2 Christoph Leitl, Präsident der Wirtschaftskammer
- 3 Hans Asamer, Schotterunternehmer
- 4 Leo Windtner, Energie AG OÖ
- 5 Heinrich Schaller, Börse-Vorstand

## **Big Five. Energiebündel**

- 1 Wolfgang Anzengruber, Verbundgesellschaft
- 2 Wolfgang Ruttenstorfer, OMV
- 3 Gilbert Fritzbeg, Verbundgesellschaft-Aufsichtsrat
- 4 Rudolf Gruber, EVN-Aufsichtsrat
- 5 Karl-Franz Maier, Energie Stmk. AG

## **Big Five. Staatsbetriebe**

- 1 Siegfried Wolf, Magna & ÖIAG-Privatisierungsausschuss
- 2 Karl Stoss, Casinos Austria
- 3 Peter Mitterbauer, ÖIAG-Aufsichtsratsvorsitzender
- 4 Hannes Ametsreiter, Telekom Austria
- 5 Peter Michaelis, ÖIAG-Chef

**Abbildung 40 – „Big Five“ der Machtcluster<sup>113</sup>**

Einen weiteren Aspekt in der Diskussion um Macht und Einfluss in Österreich stellen Bünde, Clubs und Vereine wie beispielsweise der Rotary Club, der Cartellverband, aber auch die Freimaurer dar. Sie bilden eine weitere Netzwerkstruktur im Geflecht der Macht, so sind Christoph Konrad und Erwin Pröll nicht nur über die Wirtschaftsbeziehungen der Raiffeisen Bank und des Landes Niederösterreich vernetzt, sondern beide auch Mitglieder im Rotarier Club. Studentenverbindungen wie die Bajuvaria oder die Norica zählen einflussreiche Politiker wie Außenminister Michael Spindelegger oder Europaparlamentarier Othmar Karas zu ihren Mitgliedern und auch die Freimaurer scheinen nach wie vor aktiv zu sein, wenn auch wesentlich diskreter. So soll Altbundeskanzler Fred Sinowatz oder der Wiener Altbürgermeister Helmut Zilk Mitglieder des Geheimbundes gewesen sein, während Ex-Verkehrsminister Rudolf Streicher oder Strabag-Chef Hans-Peter Haselsteiner aus ihrer Mitgliedschaft bei den Freimaurern kein Geheimnis machen.<sup>114</sup>

Die Netzwerke der Macht sind also vielschichtig und nicht immer leicht zu erkennen. Mit Instrumenten wie der Sozialen Netzwerkanalyse ist dies aber wissenschaftlich fundiert möglich, wie uns das Anwendungsbeispiel der FAS.research gezeigt hat.

<sup>113</sup> Forsthuber Martina, Martinek Thomas, Sempelmann Peter, „Wer Österreichs Wirtschaft lenkt“, in [„trend 7/2009“], 2009, S. 54ff

<sup>114</sup> Vgl. Forsthuber Martina, Martinek Thomas, Sempelmann Peter, „Wer Österreichs Wirtschaft lenkt“, in [„trend 7/2009“], 2009, S. 62

## 6.3. Kritische Infrastruktur<sup>115</sup>

### 6.3.1. Einleitung

Im Zuge des 2. LuC<sup>116</sup> „MBA-Umweltgefahren & Katastrophenmanagement“ an der ABCAbwS<sup>117/118</sup> wurde als Ersatz der MasterThesis im Sinne des Universitätsstudiengesetzes<sup>119</sup> eine Simulation Exercise durchgeführt.

Die Simulation Exercise fand im Zeitraum von 16.11.2006 bis 01.12.2006 mit dem Ziel „Kritische Infrastrukturen“ Österreichs unter Beachtung der Risikoanalyse, der Grundsätze der „Force Protection“ und des nationalen und internationalen Katastrophenschutzes anhand von ausschließlich öffentlich zugänglichen Quellen zu betrachten und zu analysieren.

Aus den Teilnehmern des Lehrganges wurden insgesamt 3 Teams gebildet, welche folgenden Auftrag innerhalb von 14 Tagen durchzuführen hatten:<sup>120</sup>

Analyse und Bewertung von „Kritischen Infrastrukturen“ in Österreich allgemein bezüglich eines angenommenen Sportereignisses in einer Landeshauptstadt.

Zusätzlich verlangte der Auftrag, dass

- das Risk Assessment,
- die Elemente der Force Protection und
- das Katastrophenmanagement

hinsichtlich

- Organisation,
- Struktur,
- Prozesse und
- ökonomischen Ursachen- und Wirkungsketten in Qualität und Quantität

abzubilden sind, wobei die Bewertung die

- zivilen/politischen,
- technischen/industriellen,
- sozio-ökonomischen,
- logistischen und
- Natur- und Umwelt-

Bedrohungen umfassen muss.

---

<sup>115</sup> Göllner Johannes, Kienesberger Gottfried, Peer Andreas, [u.a.], „Analyse und Betrachtung von Kritischen Infrastrukturen - Wissensmanagement im ÖBH - Systemdefinition, -beschreibung, und -begrenzung zur Szenarioentwicklung und -modellierung - Supplement im Rahmen der Reihe „Grundlagen zum Wissensmanagement im ÖBH“, Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 15/2010/S, Reprozentrum Wien, 2010

<sup>116</sup> LuC ... Lehrgang universitären Charakters

<sup>117</sup> ABCAbwS ... ABC-Abwehrschule

<sup>118</sup> Im Sinne der 26. MBA-Verordnung des BMBWK vom 23.12.2003

<sup>119</sup> UniStG 97§ 27f

<sup>120</sup> Vgl. Lehrveranstaltung, LV SIM-01 SIMULATION EXERCISE iRd LuC MBA-Umweltgefahren & Katastrophenmanagement 2006, Befehl -Durchführung der Lehrveranstaltung; GZ.: 6330-0124/GLA/06 vom 16.11.2006

Schritt für Schritt wird der Entwicklungsprozess von der Definition von „Kritischen Infrastrukturen“, über die Bewertung und Reihung, bis hin zum Vorschlagen von geeigneten Maßnahmen, welche dem nationalen und internationalen Katastrophenmanagement entsprechen, beschrieben.

### 6.3.2. Anwendung

Die SNA wurde dabei grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten, unter Verwendung des Softwareprogrammes PAJEK<sup>121</sup> für die Erfassung, Auswertung und Darstellung verwendet.<sup>122</sup>

### 6.3.3. Darstellung der Netzwerke

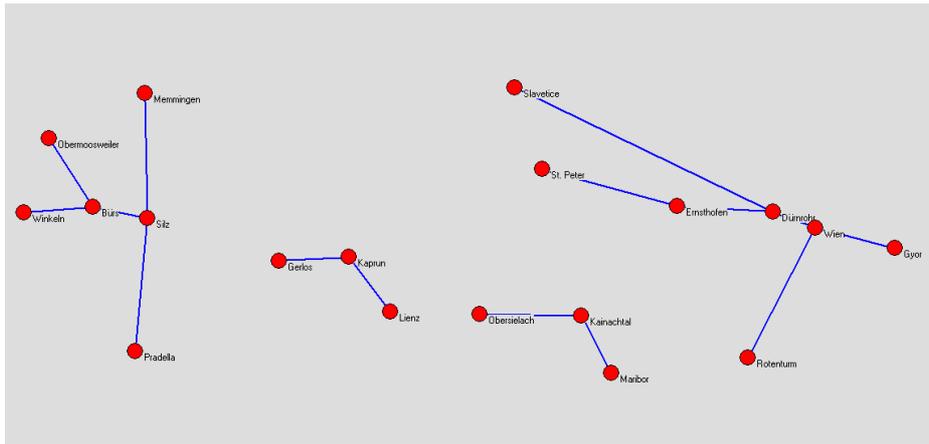
Es wurden damit einerseits die „Kritischen Infrastrukturen“ für sich als Netzwerke dargestellt, damit diese in weiterer Folge miteinander räumlich in Verbindung gebracht werden konnten, wie die folgenden Abbildungen zeigen:

	A	B	C	D	E
1	Bürs	Obermoosweiler			
2	Bürs	Winkeln			
3	Bürs	Silz			
4	Bürs	Obermoosweiler			
5	Obermooswe	Bürs			
6	Obermooswe	Bürs			
7	Winkeln	Bürs			
8	Silz	Bürs			
9	Silz	Memmingen			
10	Silz	Pradella			
11	Memmingen	Silz			
12	Pradella	Silz			
13	Gerlos	Kaprun			
14	Kaprun	Lienz			
15	Lienz	Kaprun			
16	Kaprun	Gerlos			
17	St. Peter	Ernsthofen			
18	Ernsthofen	St. Peter			
19	Ernsthofen	Dürnrohr			
20	Dürnrohr	Ernsthofen			
21	Dürnrohr	Wien			
22	Dürnrohr	Slavetice			
23	Slavetice	Dürnrohr			
24	Wien	Dürnrohr			
25	Wien	Gyor			
26	Wien	Rotenturm			
27	Gyor	Wien			
28	Rotenturm	Wien			
29	Obersielach	Kainachtal			
30	Kainachtal	Obersielach			
31	Kainachtal	Maribor			
32	Maribor	Kainachtal			

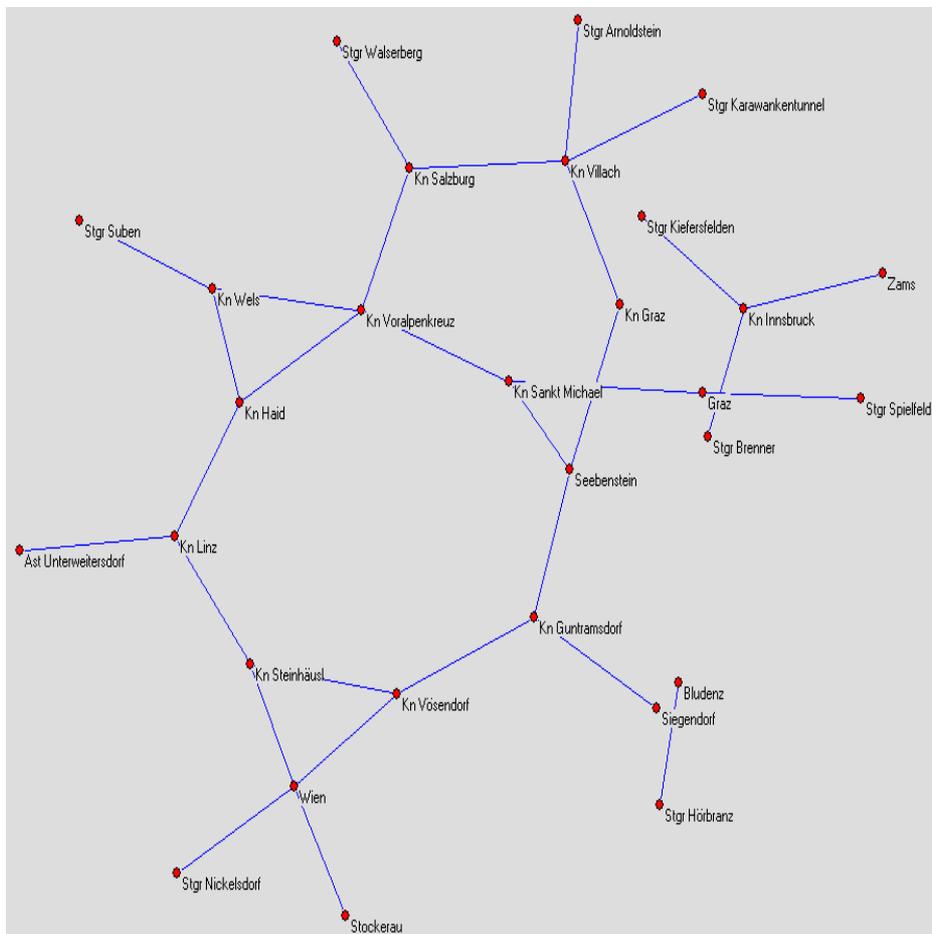
Abbildung 41 – Auszug erfasster Netzknoten 380kV

<sup>121</sup>Mit PAJEK können Graphen und Netzwerke berechnet und visualisiert werden. Erhältlich ist PAJEK unter <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/> (23.11.2010)

<sup>122</sup>Sämtliche Darstellungen beruhen auf Informationen mit Stand Dezember 2006

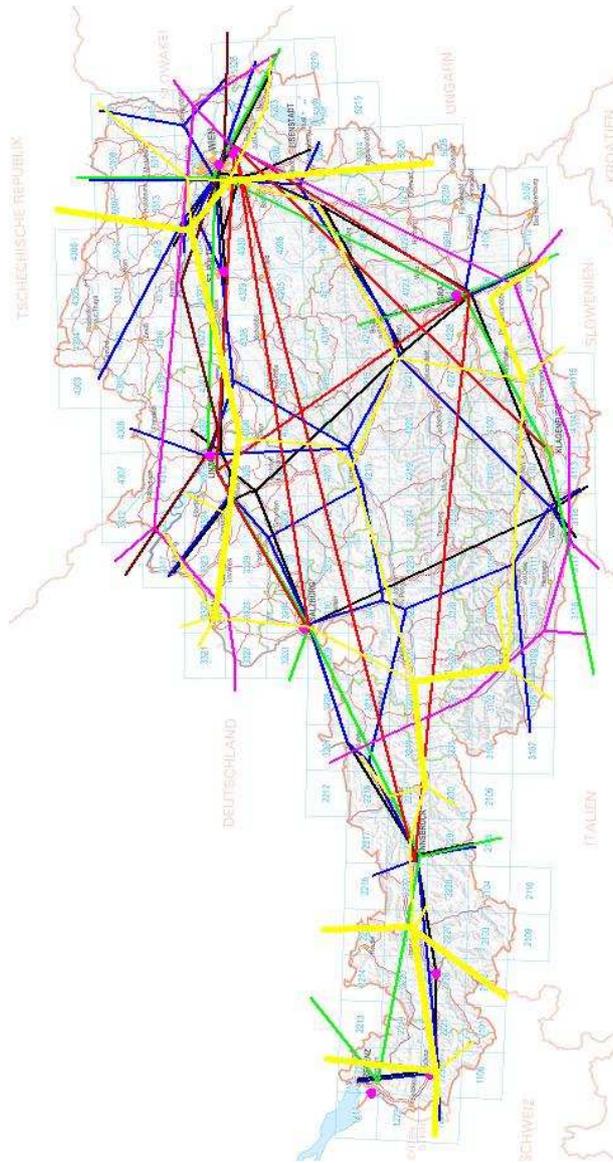


**Abbildung 42 – 380kV-Netz Österreichs mit internationalem Anschluss<sup>123</sup>**



**Abbildung 43 – Darstellung des nationalen Autobahnnetzes**

<sup>123</sup> Quelle: Autor, Folie aus Abschlusspräsentation für Simulation Exercise



**Abbildung 44 – Räumliche Darstellung der Vernetzen  
„Kritischen Infrastrukturen“<sup>124</sup>**

<sup>124</sup> Quelle: Autor, Folie aus Abschlusspräsentation für Simulation Exercise

### 6.3.4. Analyse spezifischer Netzwerke

Andererseits wurden in einem weiteren Schritt interessante Netzwerke weiter analysiert, um eventuelle kritische Pfade zu finden. Anwendung fanden dabei spezifisch die Degree Centrality, die Betweenness Centrality und die Closeness Centrality.

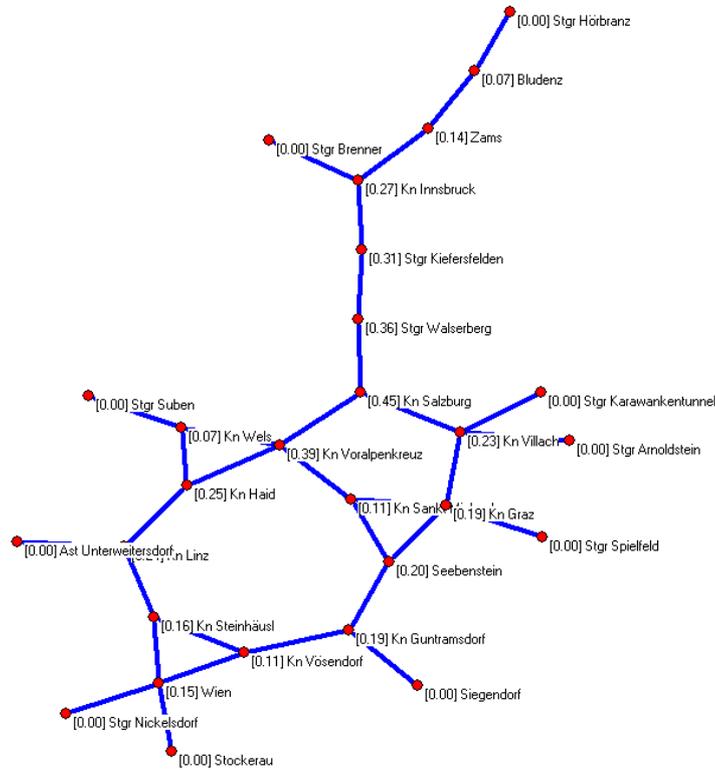


Abbildung 45 – Betweenness Centrality des Autobahnnetzes<sup>125</sup>

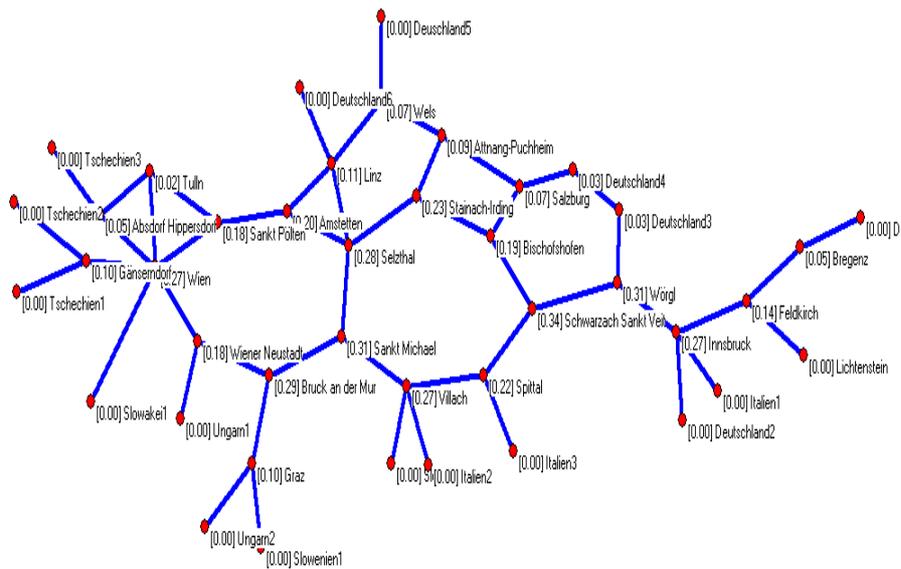


Abbildung 46 – Betweenness Centrality des nationalen Bahnnetzes<sup>126</sup>

<sup>125</sup> Quelle: Autor, Folie aus Abschlusspräsentation für Simulation Exercise

Zusätzlich wurden teilweise die „Kritischen Infrastruktur-Netze“ hinsichtlich Beteiligungen, Aufsichtsratsvernetzung etc. betrachtet.

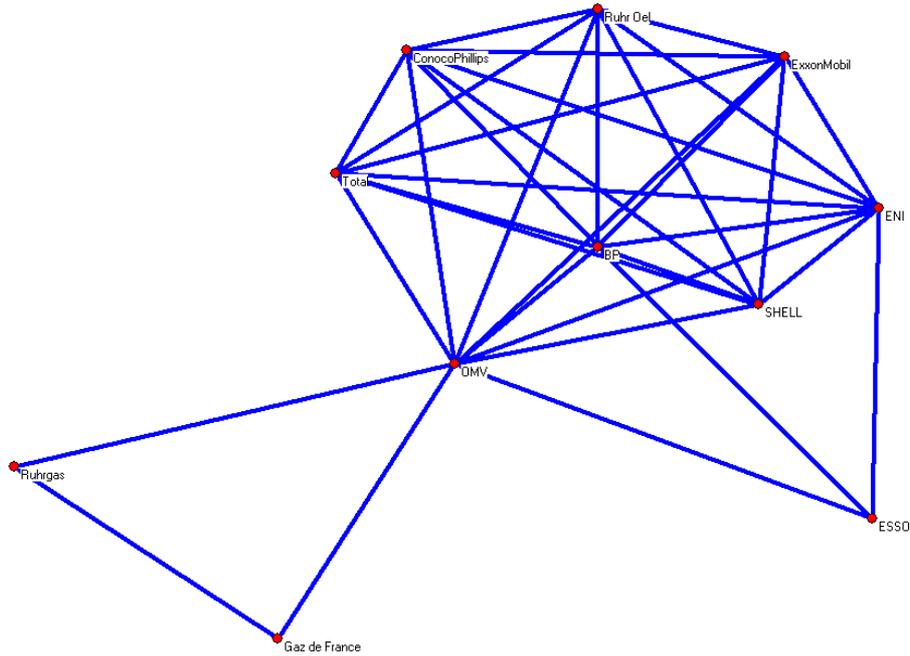


Abbildung 47 – Beteiligungen an Pipeline national

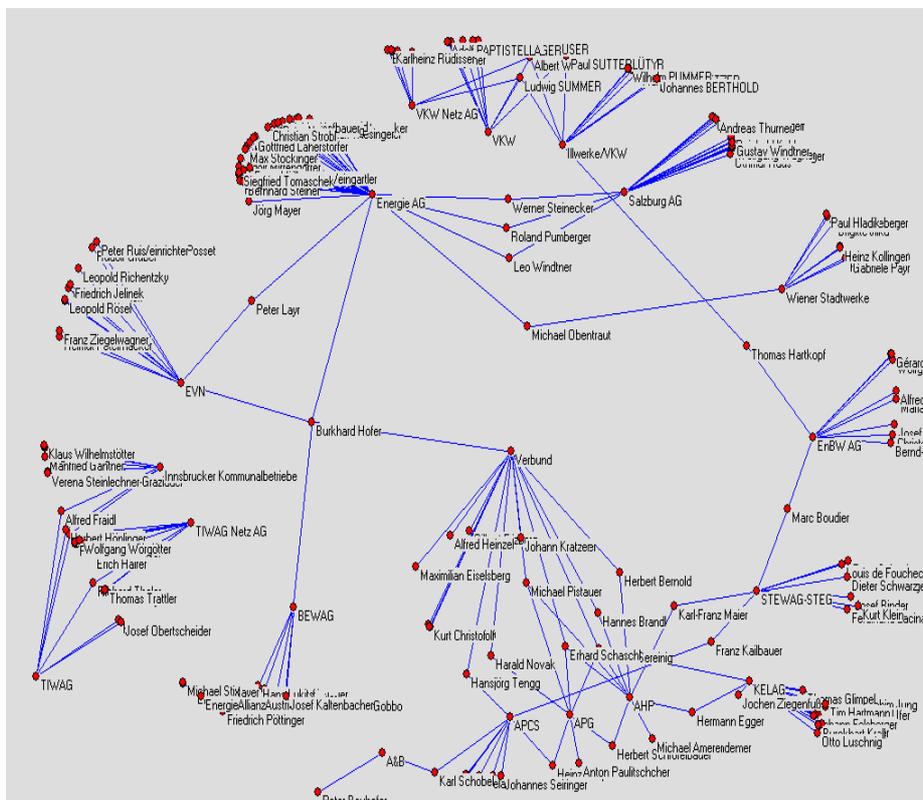


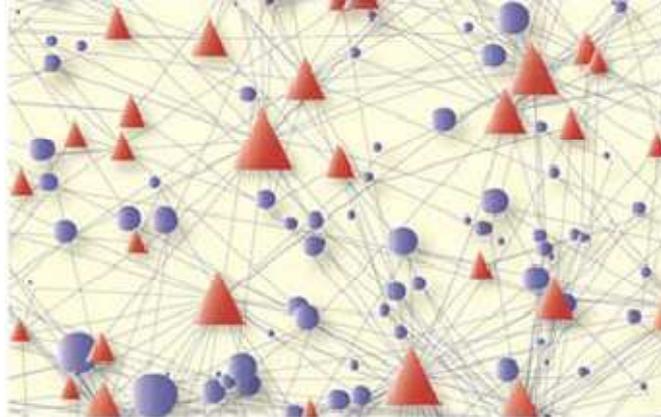
Abbildung 48 – Organe der Energieunternehmen (2-mode)<sup>127</sup>

<sup>126</sup> Quelle: Autor, Folie aus Abschlusspräsentation für Simulation Exercise

<sup>127</sup> Quelle: Autor, Folie aus Abschlusspräsentation für Simulation Exercise

## 6.4. Weitere Anwendungsbeispiele

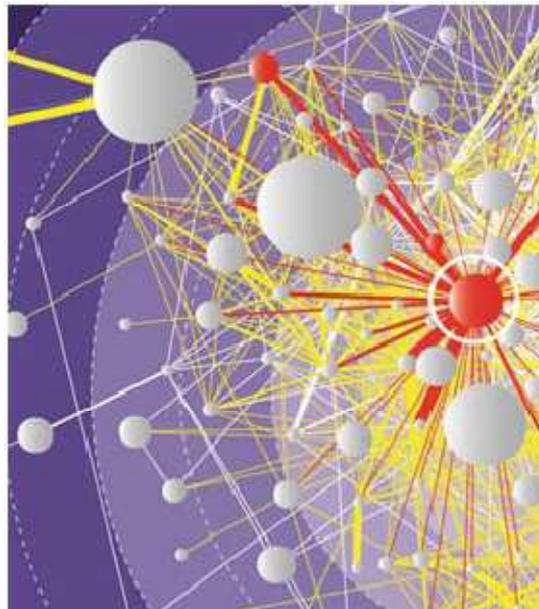
### 6.4.1. Vernetzung österreichischer Forschungseinrichtungen



**Abbildung 49 – Vernetzung österreichischer Forschungseinrichtungen (Ausschnitt)<sup>128</sup>**

Die Vernetzung österreichischer Forschungseinrichtungen (z. B. Fakultäten, Beiräte, Jurys, Institute) durch ihre Mitglieder.<sup>129</sup>

### 6.4.2. Unternehmen Österreichs



**Abbildung 50 – Unternehmen Österreichs (Ausschnitt)<sup>130</sup>**

Das Netzwerk zeigt die wichtigsten Unternehmen Österreichs. Die Größe der Kreise spiegelt die Anzahl der MitarbeiterInnen in den einzelnen Unternehmen wider. Linien stellen

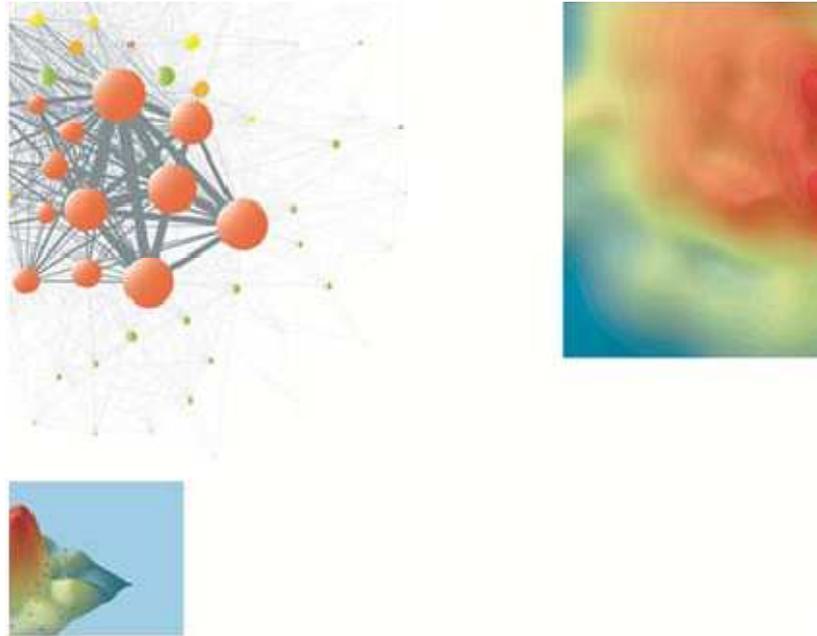
<sup>128</sup> Gesamtdarstellung im Anhang

<sup>129</sup> Analyse und Visualisierung: © FAS.research 2003

<sup>130</sup> Gesamtdarstellung im Anhang

gemeinsame Funktionäre dar. Je dicker die Linie, umso mehr gemeinsame Funktionäre haben die verbundenen Unternehmen. Blaue Kreise stellen Key-Player-Unternehmen dar. Die Key Player sind jene fünf Unternehmen, von denen ausgehend Informationen sich am schnellsten im Unternehmensnetzwerk verbreiten.<sup>131</sup>

### 6.4.3. Überblick und Orientierung durch Soziale Netzwerkanalyse



**Abbildung 51 – Überblick und Orientierung durch Soziale Netzwerkanalyse (Ausschnitt)<sup>132</sup>**

Komplexe Strukturen werden sichtbar, verständlich und kontrollierbar. Diese Darstellung zeigt die Verbindungen zwischen kooperierenden Akteuren. Die Stärke der Linie bildet die Intensität der Kooperation ab und die Größe der Kreise ist abhängig von der Aktivität des betreffenden Akteurs im Netzwerk (Degree-Zentralität).<sup>133</sup>

Geografische Informationssysteme übersetzen klassische Netzwerkdarstellungen in dreidimensionale Landschaften, die bestimmte Intensitäten noch besser erfahrbar machen.<sup>134</sup>

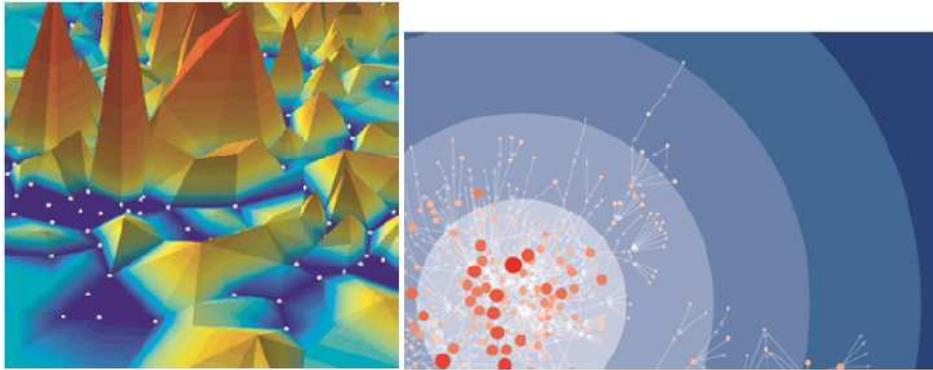
<sup>131</sup> Analyse und Visualisierung: © FAS.research 2003

<sup>132</sup> Gesamtdarstellung im Anhang

<sup>133</sup> Analyse und Visualisierung: © FAS.research 2004

<sup>134</sup> Analyse und Visualisierung: © FAS.research 2004

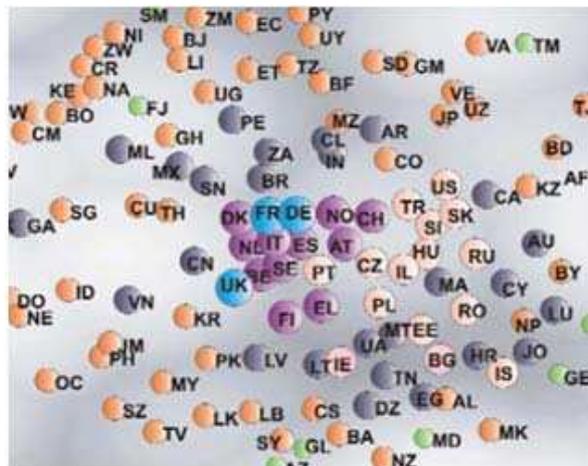
#### 6.4.4. Beteiligungsnetzwerk österreichischer Unternehmen



**Abbildung 52 – Beteiligungsnetzwerk österreichischer Unternehmen (Ausschnitt)<sup>135</sup>**

Die Visualisierung basiert auf dem Beteiligungsnetzwerk österreichischer Unternehmen und stellt Kapitalquellen und Kapitalsenken dar. Die Visualisierung mittels des Geo-Information-Systems (GIS) wandelt Netzwerkmaße in geografische Maße um und zeigt so eindrucksvoll die Landschaft aus „Bergen“ (Unternehmen, die an der Spitze von Beteiligungsketten stehen) und „Tälern“ (Unternehmen, die selbst an keinem anderen Unternehmen beteiligt sind).<sup>136</sup>

#### 6.4.5. Vernetzung im 6. EU-Rahmenprogramm



**Abbildung 53 – Autokatalytische Sichtweise der Vernetzung im 6. EU-Rahmenprogramm (Ausschnitt)<sup>137</sup>**

<sup>135</sup> Gesamtdarstellung im Anhang

<sup>136</sup> Quelle: Firmenbuch Österreich, Grundgesamtheit: die 2150 umsatzstärksten Unternehmen Österreichs, Auswahl: Hauptkomponente des Beteiligungsnetzwerks (844 Unternehmen).  
Analyse und Visualisierung: © FAS.research 2004

<sup>137</sup> Gesamtdarstellung im Anhang



### 6.4.7. Position Österreichs im 6. EU-Rahmenprogramm

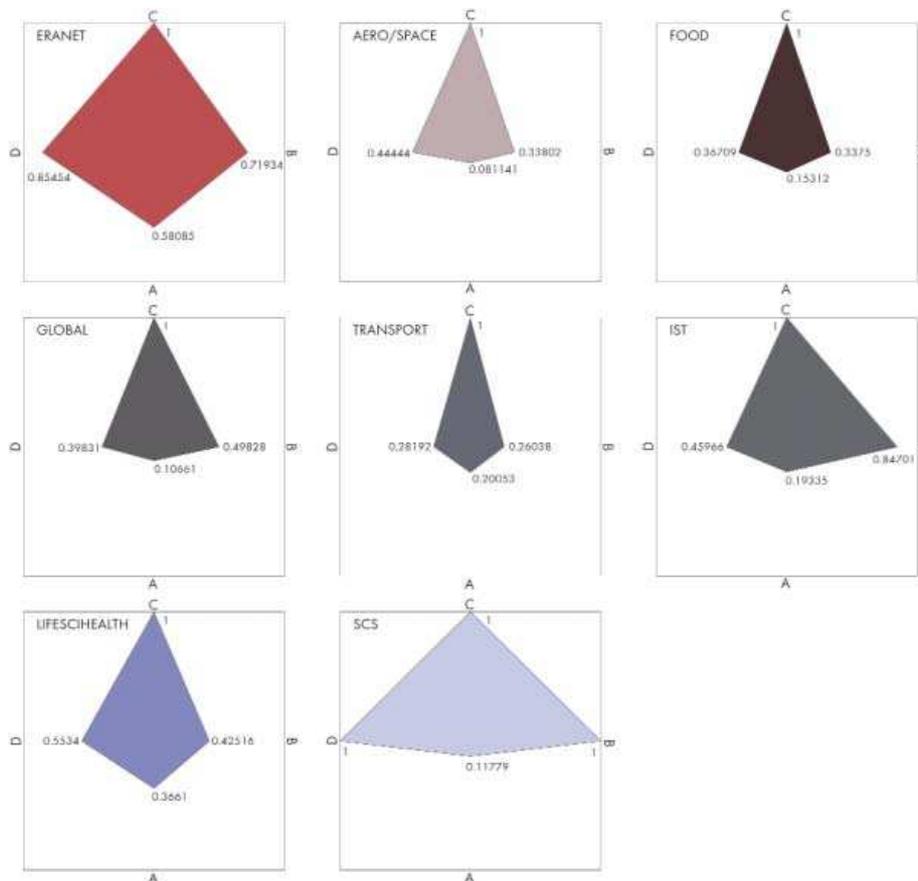
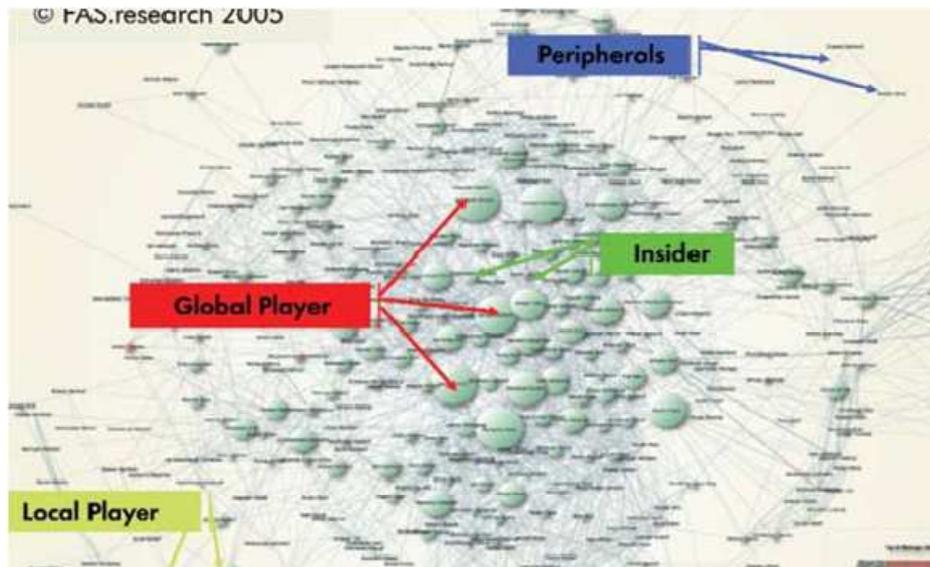


Abbildung 56 – Position Österreichs im 6. EU-Rahmenprogramm

Die geometrische Figur der „Diamanten“ zeigt die Position Österreichs in den einzelnen Programmen des 6. EU-Rahmenprogramms hinsichtlich der Zentralitätsmaße Authority (A), Betweenness (B), Closeness (C) und Degree (D). Je näher der Wert an 1 ist, umso größer ist die Zentralität Österreichs in diesem Programmnetzwerk, das aus jenen Projekten aufgebaut wurde, an denen österreichische Institutionen als Projektpartner beteiligt waren. Die Degree-Korrelation (oder Hub-Assortativität) bestimmt die Farbzueweisung: Ein hoher Rotanteil bedeutet, dass das entsprechende Netzwerk stark hierarchisch strukturiert ist, ein hoher Blauanteil signalisiert starken Wettbewerb.<sup>141</sup>

<sup>141</sup> Analyse und Plots: COSY, HNO Med. Uni Wien. Daten: Europäische Kommission Quelle: PROVISO, ein Projekt des BMBWK, BMVIT, BMLFUW und BMWA [www.bmbwk.gv.at/proviso]

#### 6.4.8. Positionen im Netzwerk



**Abbildung 57 – Positionen im Netzwerk – Global Player, Insider, Local Player, Peripherals (Ausschnitt)<sup>142</sup>**

Global Player haben im Netzwerk die höchste globale Zentralität inne. Local Player sind zwar am Rande des Netzwerks angesiedelt, genießen dort jedoch eine hohe lokale Zentralität. Insider befinden sich im Zentrum des Netzwerks und stehen in Kontakt mit den Global Playern, besitzen selber aber keine globale „Macht“. Peripherals sind Akteure am Rande des Netzwerks.<sup>143</sup>

<sup>142</sup> Gesamtdarstellung im Anhang

<sup>143</sup> Analyse und Visualisierung: © FAS.research

## 6.4.9. Arzneistoffe

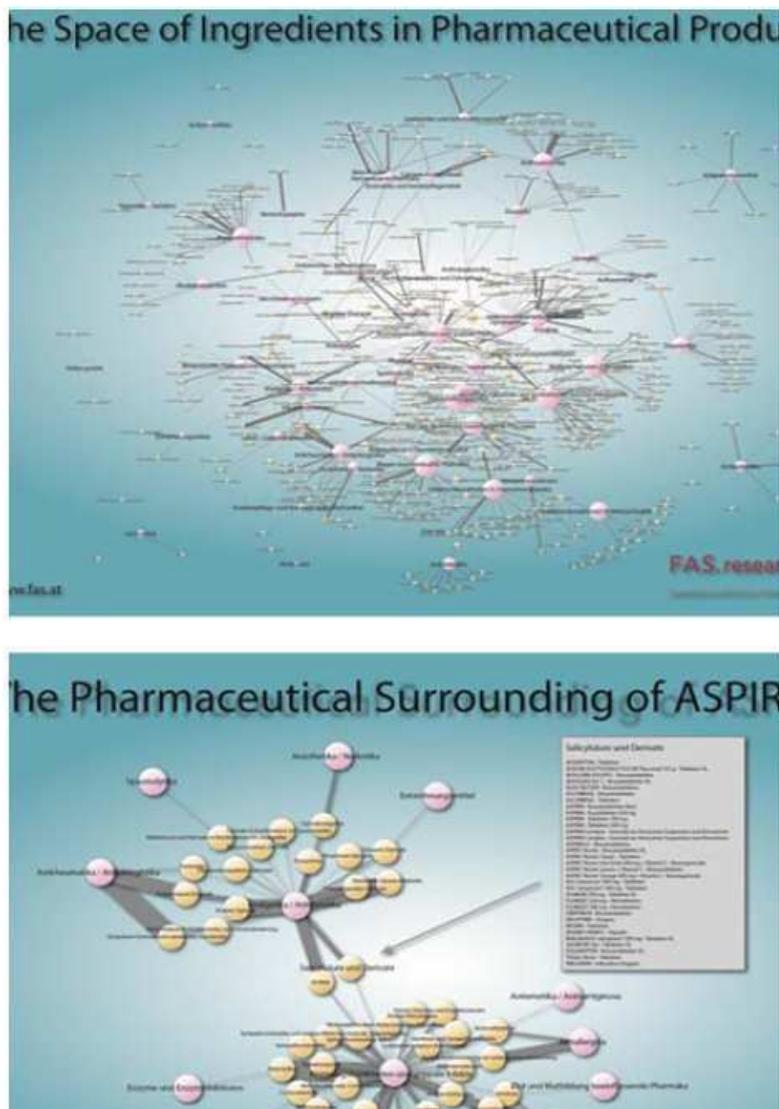


Abbildung 58 – Arzneistoffe (Ausschnitt)<sup>144</sup>

Die Graphiken zeigen Verbindungen zwischen pharmazeutischen Produkten durch gemeinsame Inhaltsstoffe nach den Anwendungsgebieten (Überblicksdarstellung). Am Beispiel von Aspirin sieht man eine Detaildarstellung der Anwendungsgebiete des Inhaltsstoffs und eine Auswahl der zugehörigen Produktbezeichnungen.<sup>145</sup>

<sup>144</sup> Gesamtdarstellung im Anhang

<sup>145</sup> Analyse und Visualisierung: © FAS.research 2004

## 7. Zusammenfassung

Die Soziale Netzwerkanalyse kann als inter- und transdisziplinäre Methode in den verschiedensten Bereichen (Mathematik, Physik, Biologie, Soziologie, Politologie, etc.) angewandt werden. Einführend werden wesentliche Grundlagen der Graphentheorie (gerichtet, ungerichtet, bipartit, etc.) vorgestellt, die die Basis für die Anwendung von Algorithmen auf Netzwerke darstellen. Die Soziale Netzwerkanalyse wird dabei mit unterschiedlichsten Zielsetzungen wie Analyse, Betrachtung, Strategieentwicklung und unter anderem auch Szenarioentwicklung und Szenarioplanung verwendet, da die Beziehungen zwischen Knoten (zum Beispiel Akteuren wie Organisationen, Staaten, Individuen, etc.) und deren Verhaltensweisen damit abgebildet, analysiert und visualisiert werden können.

Die Analyse von Beziehungen und Beziehungsstrukturen ist eine der wichtigsten Aufgaben der Sozialen Netzwerkanalyse. Diese können dabei positiv (z.B. Zusammenarbeit, Sympathie, Freundschaft) oder negativ (Konflikt, Feindschaft, Mobbing) gewertet werden. Betrachtet man ein Netzwerk mit einer beliebigen Anzahl von Knoten, so kann man die Stabilität überprüfen, indem man jede Dreiecksbeziehung nach dieser Methode analysiert. Dreiecksbeziehungen mit einer oder drei positiven Beziehungen sind im Gleichgewicht (stabil), während solche mit keiner oder zwei positiven Beziehungen instabil sind. Instabile Netzwerke sind grundsätzlich bestrebt, stabile Strukturen auszubilden.

Um die Rolle und die Bedeutung der Akteure in einem Netzwerk messbar und berechenbar zu machen, werden verschiedene Metriken, wie beispielsweise Zentralitätsmaße (Degree, Closeness, Betweenness, etc.) berechnet. Die Soziale Netzwerkanalyse beruht auf der Messung und Visualisierung von (sozialen) Beziehungen sowie der Simulation von Beziehungsdynamiken. Dazu werden verschiedene Tools (Pajek, Visone, etc.) kurz erklärt und vorgestellt.

Anhand von praktischen Anwendungsbeispielen unter anderem aus den Bereichen Sicherheitsforschung, Kritische Infrastruktur sowie Soziologie (soziale Rollenverteilungen, Machtnetzwerke), werden mögliche Anwendungen vorgestellt, indem verschiedene Netzwerke visualisiert und teilweise analysiert werden.

## 8. Index

### A

Akteur 3, 4, 5, 12, 13, 16, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 49, 50, 51, 53, 64, 68, 70, 74  
Algorithmus 4, 5, 6, 9, 10, 11, 20, 21, 28, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 70, 74  
Analyse 3, 4, 5, 21, 22, 23, 24, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 54, 55, 57, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 75

### B

Beziehung 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 44, 46, 47, 48, 49, 54, 70, 73, 74, 75  
Broker 14, 15, 19, 51  
Brokerage Network 13, 14, 19, 49, 50, 51, 52, 53

### C

Clique 20, 31, 35  
Closure Network 13, 26, 47, 50, 51

### D

Definition 3, 5, 6, 7, 10  
Diversität 12, 20, 25, 26, 27, 31  
Dyade 16

### E

Effizienz 24, 25, 26, 27, 41  
Element 4, 6, 11, 12, 13

### G

Gesellschaft 5  
Grad 8, 34  
Graph 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 20, 21, 24, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 49, 58, 75, 76  
- gerichtet 7  
Adjazenzliste 11  
Adjazenzmatrix 11, 21  
bipartit 9, 70  
gerichtet 8  
gewichtet 10  
Inzidenzmatrix 11  
Teil- 8, 9, 16, 17  
ungerichtet 7  
Graphentheorie 5, 6, 7, 9, 10, 21, 30, 70, 76  
Grundlagen 3, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 21, 30, 57, 70, 73, 76, 80

### J

JUNG 40, 41, 75

### K

Kante 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 32, 33, 34, 35, 40

Knoten 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 44, 52, 66, 70  
Kreis 8, 9

### M

Methode 4, 5, 12, 21, 31, 36, 70, 74, 75  
Metrik 5, 21, 31, 39, 40, 44, 70  
Multiplexität 12, 27

### N

NetDraw 39, 40, 75  
NetMiner 41, 42, 75  
Netzwerk 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 58, 61, 63, 64, 67, 68, 70, 74, 75, 76  
1-mode 15, 40, 47, 48  
2-mode 9, 15, 16, 40, 47, 62, 76  
Exzellentes 25  
Teil- 14, 38

### O

Organisation 4, 5, 22, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 57, 70

### P

Pajek 19, 38, 39, 46, 52, 70, 74, 76  
Pfad 8, 9, 52  
Prestige 3, 33, 34, 35  
Degree- 34  
Proximity- 34  
Rank 35

### R

Relation 4, 6, 13, 15, 29, 30, 31, 40, 75

### S

Social Capital 12, 21  
Soziale Netzwerkanalyse 3, 4, 5, 12, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 30, 33, 35, 38, 39, 40, 46, 53, 56, 64, 70, 74, 75  
Stabilität 25, 26, 27, 35, 36, 70  
Structural Fold Network 13, 15, 47, 50  
Strukturelle Falte 15  
Supply Chain Networks 3, 21, 80  
System 4, 6, 10, 13, 14, 15, 22, 25, 28, 31, 36, 65  
-beschreibung 5, 14, 15, 22, 28, 73  
Szenario  
- planung 5, 70  
-entwicklung 5, 14, 15, 22, 57, 70, 73

### T

TheBrain 43, 76  
ThoughtSpace 44  
Triade 16, 17, 18, 19, 73

## U

UCINET 39, 40, 76

## V

VISONE 38

Visualisierung 5, 10, 20, 24, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 63,  
64, 65, 66, 68, 69, 70, 73, 75

## W

Wissensmanagement 5, 14, 15, 22, 57, 73, 80

## Z

Zentralität 27, 31, 32, 33, 34, 39, 52, 53, 64, 67, 68, 70

Authority Weight 33

Betweenness- 32

Closeness- 32

Degree- 32

Zielfunktion 25, 26

Zyklus 8

Autokatalytischer 28

Zyklusfreiheit 8

## 9. Literaturverzeichnis

### 9.1. Bücher

Easley David, Kleinberg Jon, "Networks, crowds, and markets reasoning about a highly connected world", Cambridge Univ. Press, Cambridge [u.a.], 2010

Göllner Johannes, Meurers Christian, Peer Andreas [et.al.] "Wissensmanagement im ÖBH. Systemdefinition, -beschreibung und -begrenzung zur Szenarioentwicklung und -modellierung. Teil 1: Allgemeine Systemdefinition und Systembeschreibung" in [ "Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 12/2010"], Reprintzentrum Wien, Wien, 2010

Göllner Johannes, Meurers Christian, Peer Andreas [et.al.], "Wissensmanagement im ÖBH. Systemdefinition, -beschreibung und -begrenzung zur Szenarioentwicklung und -modellierung. Teil 2: Darstellung von Ausgewählten Methoden und Teilsystemen" in [ "Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 13/2010"], Reprintzentrum Wien, 2010

Göllner Johannes, Kienesberger Gottfried, Peer Andreas, [u.a.], „Analyse und Betrachtung von Kritischen Infrastrukturen – Wissensmanagement im ÖBH – Systemdefinition, -beschreibung, und -begrenzung zur Szenarioentwicklung und -modellierung - Supplement im Rahmen der Reihe „Grundlagen zum Wissensmanagement im ÖBH“, Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 15/2010/S, Reprintzentrum Wien, 2010

Haas Jessica, Mützel Sophie, „Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie in Deutschland. Eine empirische Übersicht und theoretische Entwicklungspotentiale“ in [Stegbauer Christian (Hrsg.), "Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie - Ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften"], VS, Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2008

Hamill Jonathan T., "Analysis of layered social networks", Air Force Institute of Technology, 2006

Hummel Hans J., Sodeur Wolfgang, „Dyaden und Triaden“ in [Stegbauer Christian, Häußling Roger, "Handbuch Netzwerkforschung"], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010]

Jansen Dorothea, "Einführung in die Netzwerkanalyse - Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele", VS, Verl. für Sozialwiss., Wiesbaden, 2006

Jungnickel Dieter, "Graphs, networks and algorithms", Springer, Berlin [u.a.], 2008

Katzmair Harald, "Social Network Analysis - Die Wissenschaft von der Messung, Visualisierung und Simulation sozialer Beziehungen" in [Ars Electronica Center (Hrsg.), „Timeshift. Die Welt in 25 Jahren“], 2004

Mak Klaus, Hofmeister Klemens, Göllner Johannes [et.al.], „WM-Projekt Forschungsmanagementsystem (FMS) – ÖBH Modell: „Die Forschungsbilanz ÖBH““, Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie 15/2010/S, Reprintzentrum Wien, 2010

Mutschke Peter, "Zentralitäts- und Prestigemaße" in [Stegbauer Christian, Häußling Roger, "Handbuch Netzwerkforschung"], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010

Nooy Wouter de., Mrvar Andrej, Batagelj Vladimir, "Exploratory social network analysis with Pajek", Cambridge University Press, 2005

Sedgewick Robert, "Algorithmen in C", Addison-Wesley, Bonn [u.a.], 1992

Stegbauer Christian, Häußling Roger, "Handbuch Netzwerkforschung", VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Wiesbaden, 2010

Teschl Gerald, Teschl Susanne, „Mathematik für Informatiker Band 1 – Diskrete Mathematik und Lineare Algebra“, 3.Auflage, Springer Verlag Berlin [u.a.], 2008

Trappmann Mark, Hummell Hans J., Sodeur, Wolfgang, "Strukturanalyse sozialer Netzwerke: Konzepte, Modelle, Methoden" in ["Studienskripten zur Soziologie"], VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2005

Wasserman Stanley, Faust Katherine, "Social network analysis : methods and applications", Cambridge University Press, Cambridge; New York; Melbourne, 1995

## **9.2. Zeitschriften und Journale**

„Forschung im Österreichischen Bundesheer“, Version 02, Anlage zum Militärstrategischen Konzept, GZ. 92150/17-MilStrat/2008, 2009

Forsthuber Martina, Martinek Thomas, Sempelmann Peter, „Wer Österreichs Wirtschaft lenkt“, in [„trend 7/2009“], 2009

Holland Paul W., Leinhardt Samuel, "A method for detecting structure in sociometric data." in ["American Journal of Sociology"], 1970

Serdült Uwe, "Soziale Netzwerkanalyse: eine Methode zur Untersuchung von Beziehungen zwischen sozialen Akteuren" in ["Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaft"], Facultas, Wien, 2/2002

### 9.3. Online Quellen

"Einführung in die Graphen-Theorie", mathematik-netz.de, [<http://mathematik-netz.de/pdf/GrundlagenGraphen.pdf>, 29.11.2010]

Götzenbrucker Gerit, „Soziale Netzwerkforschung/SNA (social network analysis) als Methode der Sozialwissenschaft“, Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft, Universität Wien, [[http://www.univie.ac.at/methodenforum/src/Text\\_Netzwerkanalyse\\_Goetzenbrucker.pdf](http://www.univie.ac.at/methodenforum/src/Text_Netzwerkanalyse_Goetzenbrucker.pdf), 01.11.2010]

"JUNG - Java Universal Network/Graph Framework", [<http://jung.sourceforge.net/index.html>, 28.02.2011]

Katzmair Harald, FAS.research, „Die soziale Infrastruktur der Innovation – Die Analyse sozialer Netzwerke im Feld der Technologie- und Innovationspolitik“ in [Broschüre “Exzellente Netzwerke”], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011]

Katzmair Harald, FAS.research, „Exzellente Netzwerke – Dimensionen und Kriterien aus der Perspektive der Komplexitätsforschung und Sozialen Netzwerkanalyse“ in [Broschüre “Exzellente Netzwerke”], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011]

Katzmair Harald, FAS.research, „Komplexe Systeme erforschen – Die Simulation von Netzwerken“ in [Broschüre “Exzellente Netzwerke”], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011]

Katzmair Harald, FAS.research, „Messen – Beziehungen unter der Lupe. Wie aus Relationen Daten werden.“ in [Broschüre “Exzellente Netzwerke”], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011]

Katzmair Harald, FAS.research, "Social Network Analysis - Die Wissenschaft von der Messung, Visualisierung und Simulation sozialer Beziehungen", [[http://90.146.8.18/de/archiv\\_files/20041/FE\\_2004\\_katzmair\\_de.pdf](http://90.146.8.18/de/archiv_files/20041/FE_2004_katzmair_de.pdf), 01.12.2010], 2004

KIRAS Sicherheitsforschungsprogramm, [<http://www.kiras.at>, 07.03.2011]

KIRAS Sicherheitsforschung, [<http://www.kiras.at/das-programm/grundlagen-von-kiras/>, 07.03.2011]

"NetDraw", Analytic Technologies, [<http://www.analytictech.com/netdraw/netdraw.htm>, 28.02.2011]

"NetMiner", [<http://www.netminer.com>, 28.02.2011]

"NetMiner Overview", [[http://www.netminer.com/NetMiner/img/netminer3\\_big.jpg](http://www.netminer.com/NetMiner/img/netminer3_big.jpg), 28.02.2011]

"NetMiner What-if Analysis", [[http://www.netminer.com/NetMiner/feature\\_04.jsp](http://www.netminer.com/NetMiner/feature_04.jsp), 28.02.2011]

"Pajek Wiki", [<http://pajek.imfm.si/doku.php>, 28.02.2011]

Porembski Marcus, "Grundlagen der Graphentheorie" in [ "Kombinatorische Optimierung I"], [<http://www.mathematik.uni-marburg.de/Math-Net/v03s/Kap2.pdf>, 01.12.2010]

Seite „Soziometrie“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 24. Mai 2010, 15:27 UTC. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Soziometrie&oldid=74730651> (Abgerufen: 1. Dezember 2010, 20:11 UTC)

Seite „Soziales Kapital“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 6. August 2010, 12:59 UTC. URL: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Soziales\\_Kapital&oldid=77509235](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Soziales_Kapital&oldid=77509235) (Abgerufen: 1. Dezember 2010, 20:45 UTC)

"Software Engineering - Graphen", Institut für Wirtschaftsinformatik, Linz, [[http://www.swe.uni-linz.ac.at/teaching/lva/ws01-02/algo2\\_uebung/Uebung2/graphen1.pdf](http://www.swe.uni-linz.ac.at/teaching/lva/ws01-02/algo2_uebung/Uebung2/graphen1.pdf), 01.12.2010], 2001

"TheBrain MindMaps", TheBrain Technologies LP, [<http://www.thebrain.com/products/personalbrain/know-more-mind-map/>, 28.02.2011]

Turner Stefan, „Was Ameisen, Hirnströme, Börsenkurse und Innovationsmanagement verbindet- Erforschung von „Komplexen Systemen““ in [Katzmair Harald, FAS.research, Broschüre „Exzellente Netzwerke“], [[http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente\\_Netzwerke\\_2005-pdf.pdf](http://static.twoday.net/networking/files/Exzellente_Netzwerke_2005-pdf.pdf), 01 02 2011]

"UCINET", Analytic Technologies, [<http://www.analytictech.com/ucinet/>, 28.02.2011]

“UCINET Quick Start Guide”, Analytic Technologies, [<http://www.analytictech.com/ucinet/documentation/quickstart.pdf>, 28.02.2011]

UseCase „bmlvs.gv.at“ des BMLVS/WFE-WM-Forschungsprojektes „AssNet – Assoziative Navigationsnetzwerke“, Zentraldokumentation der Landesverteidigungsakademie, 2010, Bearbeiter: Pilles Hans Christian, Meurers Christian, Stockinger Ron, "AssNet bmlvs.gv.at", [[http://www.thoughtspace.at/assnet/bmlv\\_inet/](http://www.thoughtspace.at/assnet/bmlv_inet/), 01.03.2011]

"visone", visone project team, [<http://www.visone.info>, 28.02.2011]

Zaversnik Matjaz, Batagelj Vladimir, Mrvar Andrej, "Analysis and visualization of 2-mode networks", [<http://www.math.uni-klu.ac.at/stat/Tagungen/Ossiach/Zaversnik.pdf?q=Tagungen/Ossiach/Zaversnik.pdf>, 07.03.2011]

#### **9.4. Sonstige Quellen**

Landesverteidigungsakademie, „Selbstevaluierung der Landesverteidigungsakademie „EVAL 2009““, Berichtsentwurf Stand 25.01.2010

Lehrveranstaltung, LV SIM-01 SIMULATION EXERCISE iRd LuC MBA-Umweltgefahren & Katastrophenmanagement 2006, Befehl -Durchführung der Lehrveranstaltung; GZ.: 6330-0124/GLA/06 vom 16.11.2006

## 10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Akteure und Beziehungen .....	4
Abbildung 2 – ungerichteter Graph.....	7
Abbildung 3 – gerichteter Graph.....	8
Abbildung 4 – Einfacher Pfad.....	8
Abbildung 5 – Kreis .....	9
Abbildung 6 – Bipartiter Graph .....	10
Abbildung 7 – Gewichteter Graph .....	10
Abbildung 8 – Adjazenzmatrix .....	11
Abbildung 9 – Inzidenzmatrix.....	11
Abbildung 10 – Closure Network .....	13
Abbildung 11 – Brokerage Network .....	14
Abbildung 12 – Structural Fold Network.....	15
Abbildung 13 – Isomorphieklassen von Dyaden .....	17
Abbildung 14 – Isomorphieklassen von Triaden .....	18
Abbildung 15 – Brokerage Roles .....	19
Abbildung 16 – Exzellenz Dimensionen.....	27
Abbildung 17 – Ebenen der Messung in der Netzwerkanalyse .....	30
Abbildung 18 – Bewertung von Beziehungen .....	35
Abbildung 19 – Die Entstehung von Allianzen in Europa von 1872 bis 1907.....	37
Abbildung 20 – Benutzeroberfläche Pajek.....	38
Abbildung 21 – Anwendungsbeispiel Visone.....	39
Abbildung 22 – UCINET Oberfläche .....	40
Abbildung 23 – Anwendungsbeispiel der JUNG-Library.....	41
Abbildung 24 – Interaktive Datenmodifikation zur visuellen Analyse.....	42
Abbildung 25 – NetMiner Oberfläche .....	42
Abbildung 26 – Mind Maps aus "TheBrain".....	43
Abbildung 27 – AssNet der Bundeheer-Homepage .....	44
Abbildung 28 – Gesamtansicht KIRAS-„Universum“ .....	47
Abbildung 29 – Detailansicht KIRAS-„Universum“ .....	47
Abbildung 30 – Gesamtansicht 1-mode Netzwerk der Organisationen.....	48
Abbildung 31 – Detailansicht 1-mode Netzwerk der Organisationen .....	48
Abbildung 32 – Beziehungen des BMLVS in der KIRAS-Umgebung .....	49
Abbildung 33 – Brokerage Roles: Itinerant Brokers.....	49
Abbildung 34 – Brokerage Roles: Itinerant Brokers an der Peripherie .....	50
Abbildung 35 – Brokerage Roles: Liasion Brokers .....	51
Abbildung 36 – Brokerage Roles: Liasion Brokers an der Peripherie.....	51
Abbildung 37 – Zentralitätsmaß Betweenness.....	52
Abbildung 38 – Zentralitätsmaß Closeness.....	53
Abbildung 39 – Die 100 Mächtigsten in der Wirtschaft, Auszug der Top 20 .....	54
Abbildung 40 – „Big Five“ der Machtcluster .....	56
Abbildung 41 – Auszug erfasster Netzknoten 380kV.....	58
Abbildung 42 – 380kV-Netz Österreichs mit internationalem Anschluss.....	59
Abbildung 43 – Darstellung des nationalen Autobahnnetzes .....	59
Abbildung 44 – Räumliche Darstellung der Vernetzen „Kritischen Infrastrukturen“ .....	60
Abbildung 45 – Betweenness Centrality des Autobahnnetzes.....	61
Abbildung 46 – Betweenness Centrality des nationalen Bahnnetzes .....	61
Abbildung 47 – Beteiligungen an Pipeline national.....	62
Abbildung 48 – Organe der Energieunternehmen (2-mode).....	62
Abbildung 49 – Vernetzung österreichischer Forschungseinrichtungen (Ausschnitt).....	63

Abbildung 50 – Unternehmen Österreichs (Ausschnitt).....	63
Abbildung 51 – Überblick und Orientierung durch Soziale Netzwerkanalyse (Ausschnitt) ..	64
Abbildung 52 – Beteiligungsnetzwerk österreichischer Unternehmen (Ausschnitt) .....	65
Abbildung 53 – Autokatalytische Sichtweise der Vernetzung im 6. EU-Rahmenprogramm (Ausschnitt) .....	65
Abbildung 54 – Autokatalytische Sichtweise der Vernetzung im 6. EU-Rahmenprogramm; Kern.....	66
Abbildung 55 – Beziehungsgefüge zwischen Forschungseinrichtungen (Ausschnitt) .....	66
Abbildung 56 – Position Österreichs im 6. EU-Rahmenprogramm.....	67
Abbildung 57 – Positionen im Netzwerk – Global Player, Insider, Local Player, Peripherals (Ausschnitt).....	68
Abbildung 58 – Arzneistoffe (Ausschnitt).....	69

## 11. Autoren

Dipl.-Ing. Johannes GÖLLNER, M.Sc., Ltr WM/ZentDok  
Leiter Referat Wissensmanagement an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
*Lektor und Externer Lektor für Risiko-, Krisen- und Wissensmanagement sowie Supply Chain  
Networks an der Landesverteidigungsakademie und ABC-Abwehrschule des ÖBH, der  
Universität für Bodenkultur Wien, der Universität Wien und Donau Universität Krems.*  
johannes.goellner@bmlvs.gv.at

Dipl.-Ing. Christian MEURERS  
Referent Multimedia Dokumentation und Situation Awareness Center an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
christian.meurers@bmlvs.gv.at

Mjr Mag. (FH) Andreas PEER, MBA  
Kdt ABCAbwKp/StbB6, derzeit:  
Projektoffizier Wissensmanagement an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
andreas.peer@bmlvs.gv.at

Dipl.-Ing. Günter POVODEN  
Referatsleiter Grundlagen (Chemie)/Abteilung Weiterentwicklung und höhere  
Fachausbildung an der ABC-Abwehrschule.  
Derzeit dienstzugeteilt im Referat Wissensmanagement an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
abcabws.chemie@bmlvs.gv.at

## 12. Beiträge

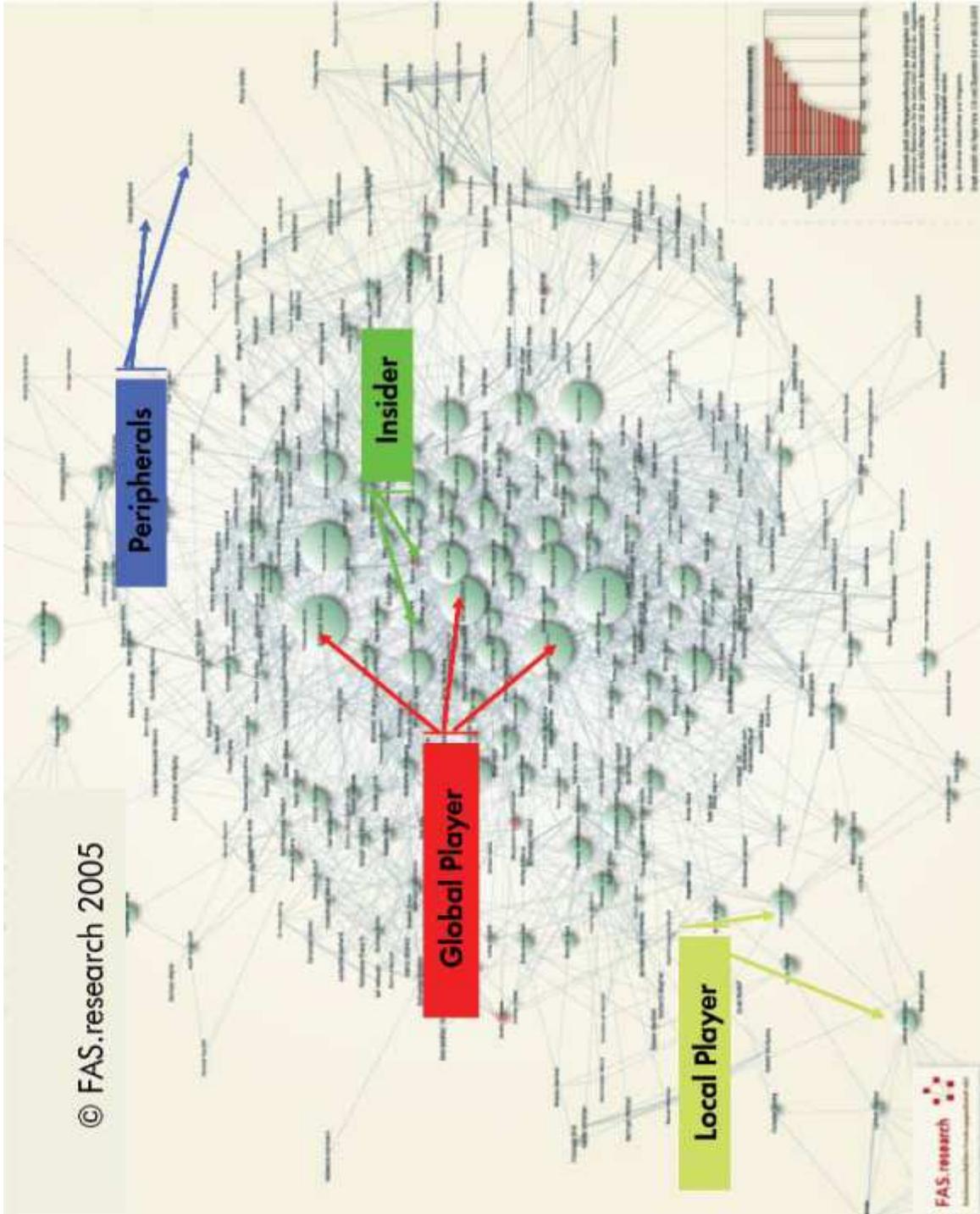
Mag. Peter PRAH  
Referent Wissensmanagementsysteme und Projektmanagement an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
peter.prah@bmlvs.gv.at

## 13. Lektorat

Karl STOLZLEDERER, Bea  
Referent Wissensmanagement und Redaktion an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
karl.stolzleder@bmlvs.gv.at







© FAS.research 2005

