

Seminar Wissensmanagement & Wissensprozesse in Organisationen

Identifikation von Wissensträgern in Unternehmen: Social Network Analysis



Olga Kunina, Marko Pilop & Henryk Plötz
([kunina|pilop|ploetz](mailto:kunina|pilop|ploetz@informatik.hu-berlin.de))@informatik.hu-berlin.de
<http://www.informatik.hu-berlin.de/~pilop>

WS 2004/2005
25. Januar 2005 (Revision: 1.40)

Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Psychologie
Lehrstuhl Organisations- & Sozialpsychologie
Dozent: Dipl.-Psych. Bertolt Meyer

Zusammenfassung

Dies ist die Ausarbeitung zu unserem Vortrag „Identifikation von Wissensträgern in Unternehmen: Social Network Analysis“ im Seminar „Wissensmanagement und Wissensprozesse in Organisationen“ an der Humboldt-Universität zu Berlin. Ergänzend zu unseren Folien von <http://www.informatik.hu-berlin.de/~pilop/SocialNetworkAnalysis> werden wir hier genauer die Grundbegriffe, Erhebungsmethoden und Kennzahlen von sozialen Netzwerken ausführen und diese Kenntnisse an einem ausführlicheren Beispiel unter detaillierterer Angabe der Berechnungsmethoden vertiefen.

Diese Ausarbeitung basiert auf den Quellen [Cross und Parker \(2004\)](#) und [Jansen \(2003\)](#).

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1. Möglichkeiten der Analyse von sozialen Netzwerken	6
1.2. Gliederung	6
2. Grundbegriffe	7
2.1. Netzwerk	7
2.2. Relationen	7
2.3. Analyseebenen	7
2.3.1. Die Dyade	7
2.3.2. Die Triade	8
2.3.3. Gruppen innerhalb von Netzwerken	8
2.3.4. Gesamtnetzwerke	9
2.4. Merkmalstypen	9
2.4.1. Merkmale von Individuen	9
2.4.2. Merkmale von Kollektiven	10
3. Erhebung von Netzwerkdaten	11
3.1. Erhebungsmethoden	11
3.2. Methoden der Stichprobenauswahl	11
3.3. Vorgehensweise bei der relationalen Methode	12
3.4. Exkurs: Probleme bei der Stichprobenauswahl	13
4. Netzwerkanalytische Kennzahlen	14
4.1. Beschreibung von Akteuren	14
4.2. Beschreibung von Gesamtnetzen	15
4.3. Beschreibung indirekter Beziehungen	15
4.3.1. Pfade	15
4.3.2. Cutpoints	18
4.3.3. Kreise und Cliques	18
4.3.4. Fazit	18
5. Beispiel	19
5.1. Visualisierung	19
5.2. Berechnung	19
5.2.1. Pfaddistanzmatrix	22
5.2.2. Erreichbarkeitsmatrix	22
5.2.3. Cutpoints	23

5.2.4. Degree	23
5.2.5. Dichte	25
5.2.6. Betweenness	25
5.2.7. Closeness	26
5.2.8. Cliquensuche	27
6. Fazit	31
A. Abbildungsverzeichnis	32
B. Listings	33
C. Literatur	34
D. Beispieldaten	35

1. Einleitung

1.1. Möglichkeiten der Analyse von sozialen Netzwerken

Die Analyse von sozialen Netzwerken ermöglicht die Erfassung der Beziehungsstrukturen innerhalb von Organisationen und die Identifikation der Wissensträger in Unternehmen. Für viele psychologische Fragestellungen in einem Betrieb wie z. B. „Wie kann man die Produktivität des Unternehmens durch eine geeignete Besetzung der Führungspositionen steigern?“ ist es notwendig die soziale Beziehungsstruktur innerhalb der Gruppen zu untersuchen. Dadurch kann man die wichtigen Entscheidungsträger im Unternehmen identifizieren. In der Realität stimmt die hierarchische Struktur einer Organisation häufig nicht mit der tatsächlichen internen Beziehungsstruktur überein. So hat z. B. die höchste Führungsebene meistens weniger Einblick in die Firma als die Manager in den mittleren Hierarchieebenen. Die zentralen Personen, die entscheidend zum Informationsaustausch zwischen verschiedenen Abteilungen beitragen, können sich auch in der untersten Hierarchieebene befinden. Solchen Mitarbeitern sollte man höhere Führungspositionen zuweisen, da ein reger Informationsaustausch innerhalb des Unternehmens einen entscheidenden Einfluss auf seine Produktivität hat.

1.2. Gliederung

In dieser Seminararbeit wird zunächst erläutert, welche Analyseebenen sowie welche Merkmale von Individuen und Kollektiven bei der Analyse der sozialen Netzwerke betrachtet werden können. Als nächstes werden verschiedene Methoden zur Datenerhebung und einige netzwerkanalytische Kennzahlen dargestellt. Im letzten Abschnitt werden die Ergebnisse der sozialen Netzwerkanalyse für die Seminargruppe vorgestellt.

2. Grundbegriffe

2.1. Netzwerk

Ein Netzwerk besteht aus einer Menge von Knoten und Kanten (aus *Netzwerk* (2004)). Die Knoten symbolisieren dabei die Elemente des Netzwerkes und die Kanten die Verbindungen zwischen ihnen.

Ein Netzwerk läßt sich als Graph modellieren, bzw. im Soziogramm veranschaulichen. Im folgenden werden vier der fünf häufig verwendeten Analyseebenen vorgestellt. Dabei wird das Ego-zentrierte Netzwerk ausgelassen.

2.2. Relationen

Die Kanten im Graphen des Netzwerkes entsprechen der jeweils untersuchten Relation. Wird ein Netzwerk untersucht, so geschieht dies immer in Bezug auf eine Relation, wodurch sich auch nur Aussagen in Bezug auf diese treffen lassen. Relationsinhalte können Transaktionen sein, wenn etwas übergeben wird, Kommunikation modellieren, wenn man fragt, wer mit wem kommuniziert, Gefühls-, Macht- oder Verwandtschaftsbeziehungen sein. Grenzüberschreitende Relationen treten auf, wenn man beispielsweise untersucht, wer in verschiedenen Vorständen Mitglied ist.

Die Intensität der Relation kann entweder dichotom oder per Ratingskala erhoben werden. Je nach dem Inhalt der Relation kann die Intensität zum Beispiel Ausmass, Häufigkeit oder Wichtigkeit bedeuten.

2.3. Analyseebenen

2.3.1. Die Dyade

Da man in einem Netzwerk die Verbindungen zwischen den Teilnehmern darstellt, sind für die sinnvolle Anwendung mindestens zwei Knoten notwendig. Betrachtet man nun genau zwei Knoten eines Netzwerkes, und ihre Beziehungen untereinander, so befasst man sich mit einer Dyade, der kleinsten möglichen Einheit in einem Netzwerk. In einem

Netzwerk mit N Akteuren existieren $\binom{N}{2} = \frac{N^2-N}{2}$ verschiedene Dyaden. Die Betrachtung von Dyaden dient zum Beispiel einer lokalen Analyse in Bezug auf die strukturellen Eigenschaften. Dabei unterscheidet man drei mögliche Strukturtypen:

N-Typ

Der Null-Typ kennzeichnet zwei Knoten ohne jede Beziehung zwischen ihnen.

A-Typ

Der Asymetric-Typ kennzeichnet eine einseitige Beziehung zwischen den Knoten. Dabei sind zwei verschiedene Fälle möglich ($a \rightarrow B$ und $A \leftarrow B$).

M-Typ

Der Mutual-Typ kennzeichnet eine gegenseitige Beziehung zwischen den Knoten.

2.3.2. Die Triade

Erweitert man die Struktur der Dyade um einen weiteren Knoten, so gelangt man zur Analyseebene der Triade. Diese besteht aus drei Knoten und ihren Beziehungen. Sie werden zur Untersuchung von Kleingruppen herangezogen, um zum Beispiel Kooperation zu untersuchen. Dadurch ergeben sich $2^6 = 64$ verschiedene Typen nach dem Schema, dass auch bei den Dyaden verwendet wurde. Allerdings lassen sie sich auf 16 verschiedene Strukturtypen reduzieren, wenn man voraussetzt, dass die Namen der Knoten fest sind. Dadurch werden rotationssymmetrische Varianten vernachlässigt.

An diesen Kleingruppen lässt sich erstmals die Transitivität der Beziehungen untersuchen. Eine Beziehung ist Transitiv, wenn Knoten A in Beziehung zu Knoten B steht, und Knoten B in Verbindung mit Knoten C steht, so stehen auch Knoten A und C in Beziehung. Solche untereinander stark verbundenen Gruppen sind für die Bildung bzw. Untersuchung von Cliques interessant.

2.3.3. Gruppen innerhalb von Netzwerken

Folgt man dem diesem Trend der Erweiterung der zu untersuchenden Struktur, so kommt man zu zahlreichen neuen Analyseebenen. Strukturen, die aus 4 Knoten bestehen heißen Quadrupel, aus 5 Knoten Quintupel. Letztendlich bezeichnet man sie allgemein als k -Tupel, wobei k der Anzahl der Knoten entspricht. Diese Strukturen werden zu einer Analyseebene zusammengefasst.

Dabei ist eine Gruppierung möglich nach *engen Beziehungen*, man untersucht Cliquen oder *ähnlichen Aussenbeziehungen*, indem man nur eine strukturelle Äquivalenz betrachtet.

2.3.4. Gesamtnetzwerke

Letztendlich existiert noch die Analyseebene der Gesamtnetzwerke. Im Blickpunkt stehen dabei zum Beispiel Aussagen über die Netzwerkdichte. Weiterhin kann man nach komplexeren Strukturmustern, als bisher betrachtet, suchen. Ein paralleles Untersuchen verschiedener Beziehungen ist ebenso möglich.

2.4. Merkmalstypen

Untersucht man soziale Netzwerke, so lassen sich zwei verschiedene Merkmalstypen unterscheiden. Dies wird in der Frage: „Wer ist der Merkmalsträger?“ klar. Entweder untersucht man Merkmale von Individuen, oder Kollektiven.

2.4.1. Merkmale von Individuen

Absolute Merkmale

Absolute Merkmale sind konstant in verschiedenen Kontexten. Dazu gehört zum Beispiel das Geschlecht. Bisherige Untersuchungen in der Psychologie, wie zum Beispiel die Fragebogenuntersuchung, bezogen sich meist auf absolute Merkmale von Individuen.

Relationale Merkmale

Relationale Merkmale kennzeichnen die Beziehung eines Elementes zu einem anderen. Die Merkmale sind also Eigenschaften von Paaren, wie zum Beispiel Schulfreunde.

Komparative Merkmale

Bei komparativen Merkmalen vergleicht man die Merkmalsausprägung eines Elementes mit dem analogen Merkmal des Kollektivs. Das setzt eine klare Abgrenzung des Kollektivs voraus. Im Prinzip wird dadurch die Stellung eines Individuums im Kollektiv untersucht.

Kontextuelle Merkmale

Kontextuelle Merkmale sind für alle Elemente gleich, denn der Kontext entspricht den Eigenschaften des Kollektivs. Zum Beispiel wenn man Bürger eines Landes mit einem bestimmten Bruttosozialprodukt betrachtet.

2.4.2. Merkmale von Kollektiven

Analytische Merkmale

Analytische Merkmale lassen sich rechnerisch aus den absoluten Merkmalen der Kollektivmitglieder gewinnen. Dies kann zum Beispiel mittels deskriptiver Statistik geschehen, um Mittelwerte, Streuung oder Korrelation zu bestimmen.

Strukturelle Merkmale

Die strukturellen Merkmale lassen sich rechnerisch aus den relativen Merkmalen der Kollektivmitglieder gewinnen. Daraus leitet man zum Beispiel Masszahlen wie die Dichte eines Netzwerkes ab.

Globale Merkmale

Im Gegensatz zu analytischen und strukturellen Merkmalen sind globale Merkmale nicht auf die Merkmale der Kollektivmitglieder zurückführbar. Die Gebietsgrösse eines Wahlkreises ist ein Beispiel dafür.

3. Erhebung von Netzwerkdaten

3.1. Erhebungsmethoden

Netzwerkdaten müssen wie alle Daten in der Sozialforschung erhoben werden. Da hierbei aber Beziehungsdaten erfasst werden, sind dafür Verfahren notwendig, die über die traditionelle Methodik der Sozialforschung hinausgehen.

Beziehungen zwischen Akteuren in kleinen Gruppen können beispielsweise durch die Beobachtung erhoben werden. Ein großer Nachteil dieses Verfahren ist seine eingeschränkte Anwendbarkeit in größeren Gruppen. Dazu kommt, dass diese Methodik finanziell und zeitlich sehr aufwendig ist, da u. a. mehrere Beobachter benötigt werden und die Datenauswertung komplex ist.

Eine weitere Quelle von Netzwerkdaten bilden statistische Datensammlungen, Archive und Handbücher. So können die Daten zu Handelsbeziehungen aus den Import- und Exportberichten, die von statistischen Ämtern veröffentlicht werden, ermittelt werden.

Das wichtigste Erhebungsverfahren für die Gewinnung von Netzwerkdaten ist die Befragung der Akteure zu ihren Beziehungen. Dabei können Akteure sowohl einzelne Personen als auch kooperative Partner (z. B. Verbände oder Unternehmen) sein. Wenn alle Gruppenmitglieder befragt werden, spricht man von einer *Totalerhebung*. Wenn dagegen nur ein Teil der Stichprobe ausgewählt wird, stellt sich die Frage, wie man eine repräsentative Stichprobe finden kann. Auf diese Problematik wird gleich ausführlicher eingegangen. Aus statistischer Sicht ist es in jedem Falle von Vorteil, ein Netzwerk vollständig, d. h. total zu erheben. In der Praxis ist es jedoch häufig eine Kosten- und Zeitfrage, die auch von der eingesetzten Messmethode abhängt. Einen standardisierten Fragebogen könnte man in einer 100-Mann Firma bei allen Mitarbeitern einsetzen, die Durchführung eines standardisierten Interviews mit allen Gruppenmitgliedern würde dagegen jegliche zeitliche und finanzielle Kapazitäten sprengen.

3.2. Methoden der Stichprobenauswahl

Entscheidet man sich dafür, nur einen Teil der Stichprobe zu untersuchen, muss als erstes die Frage geklärt werden, welche Akteure dazu gehören und welche nicht. Hierbei wer-

den zwei methodische Ansätze unterschieden – der nominalistische und der realistische Ansatz.

Im *nominalistischen Ansatz* wird das Trennmerkmal vom Forscher theoretisch begründet. Zum Beispiel könnte ein Forscher bei der Untersuchung verschiedener Führungsstile definieren, dass nur Manager in Führungspositionen, die länger als 7 Jahre bei dem Unternehmen arbeiten, befragt werden sollen. Diese Methode, Akteure aufgrund von bestimmten Rechten und Positionen auszuwählen, nennt man *Positionsmethode*. Ein Problem bei diesem Ansatz ist jedoch die Tatsache, dass die so definierten Gruppenmitglieder sich nicht unbedingt als eine Gruppe empfinden.

Die *realistischen Methoden* setzen dagegen an der Wahrnehmung oder am Verhalten der Gruppenmitglieder an. Wer zur Gruppe dazugehört oder als dazugehörig betrachtet wird, muss in der untersuchten Stichprobe sein. Bei der *Entscheidungsmethode* werden die Personen als eine kohärente Gruppe betrachtet, die auf ausgewählten Einladungslisten bzw. Lobbylisten stehen oder an bestimmten relevanten Ereignissen teilnehmen. Die Schwierigkeit bei dieser Methode besteht darin, festzulegen, welche Liste bzw. welches Ereignis für die Erhebung relevant sind. Bei der *Reputationsmethode* verlässt man sich bei der Wahl der zu befragenden Personen auf Informanten- bzw. Expertenurteile. Eine weitere Möglichkeit bietet das *Schneeballverfahren*. Diese besondere Methode der Stichprobenziehung geht zunächst von einem engen Personenkreis (der ersten Zone) aus. Dieser Personenkreis wird dann bezüglich der relevanten Fragestellung, z. B. „Mit wem besprechen Sie wichtige Entscheidungen?“, befragt. Als nächstes werden die von der ersten Zone befragten Personen (zweite Zone) untersucht, dann diejenigen die diese Personen nennen (dritte Zone) usw. Die entscheidende und schwierige Frage ist hierbei, wann man den Ziehungsprozess abbricht. Die verlässlichste Möglichkeit, die Gruppenstruktur zu erfassen, ist die *relationale Methode*, bei der die Beziehungen in der Gruppe über ein soziales Netzwerk erhoben werden. In den folgenden Abschnitten wird ausschließlich auf die Vorgehensweise bei der relationalen Methode eingegangen.

3.3. Vorgehensweise bei der relationalen Methode

Als erstes wird festgelegt, welche Akteure befragt werden sollen. Danach wird entschieden, welche Relationen sollen erfasst werden. Mögliche Relationen wären: Informations-, Ressourcenaustausch, affektive Beziehungen, Mitgliedschaften oder konkrete Interaktionen.

Im dritten Schritt wird die Skalierung und Gerichtetheit der Relation definiert. Eine Relation heißt binär, wenn es zwei Antwortalternativen (Liegt eine Beziehung vor? ja/nein) gibt. Alternativ könnte man auch nach der Intensität der Beziehung auf der

Skala von 1 bis 5 fragen oder die drei einflussreichsten Gruppenmitglieder nennen lassen. Zusätzlich zum Skalierungsniveau ist auch die Richtung der Relation entscheidend. Die Relation „kennen“ ist ungerichtet (wenn A B kennt, so kennt B auch A). Die Relation „mögen“ ist dagegen gerichtet (Wenn A B mag, heißt es noch lange nicht, dass B auch A mag).

Im vierten Schritt wird entschieden, ob den Befragten eine vollständige Personenliste vorgelegt wird oder ob sie die Beziehungspersonen frei benennen sollen. Für die Vorgabe einer vollständigen Liste spricht, dass alle Befragte die gleiche Entscheidungsgrundlage haben, vor allem dann wenn keine klare formale Netzwerkabgrenzung möglich ist. Die freie Abfrage sollte nur dann eingesetzt werden, wenn die Gruppenmitglieder sich gut genug kennen.

Die letzte Entscheidung betrifft das Antwortformat. Zum einen kann man die Zahl der anzugebenden Wahlen vorgeben (z. B. „Nennen Sie 3 Personen, mit denen Sie regelmäßig Informationen austauschen.“). Diesen Ansatz bezeichnet man als *fixed choice*. Problematisch hierbei ist die hohe Wahrscheinlichkeit der Verzerrung der Struktureigenschaften des Netzwerkes, vor allem dann, wenn Personen mit sehr wenigen Beziehungen gezwungen sind weitere Personen zu nennen oder Personen mit vielen Bekanntschaften sich unnötigerweise auf bestimmte Personenanzahl einschränken müssen.

3.4. Exkurs: Probleme bei der Stichprobenauswahl

Bei der Analyse von Netzwerkdaten ist es häufig nicht möglich, die gesamte Population zu untersuchen. Für ein aussagekräftiges Ergebnis ist es in diesen Fällen entscheidend, eine repräsentative Teilstichprobe zu ziehen, die die zugrunde liegende Grundgesamtheit adäquat widerspiegelt. Das Problem von Stichproben für relationale Daten liegt darin, dass nur zwischen den Stichproben-Personen relationale Daten erhoben werden können. Alle Relationen der Stichproben-Personen zu Nicht-Stichproben-Personen können dagegen nicht erfasst werden. Diese Tatsache soll an einem Beispiel veranschaulicht werden.

In einer Firma mit 50.000 Beschäftigten soll die Kommunikationsstruktur zwischen den Mitarbeitern untersucht werden. Aus Kosten- und Zeitgründen entscheidet sich der Forscher dafür, 500 (1%) Beschäftigte zu befragen. Leider fehlen in seinem Ergebnis 99% der Beziehungen aus der Grundgesamtheit. Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass die in der Teilstichprobe repräsentierten Beziehungsdaten den Daten in der Grundgesamtheit entsprechen. Gibt es z. B. zentrale Personen im Unternehmen, die mehrere Abteilungen miteinander verbinden, so ist es wichtig diese zu befragen, da sonst der Eindruck entstehen würde, dass alle Abteilungen isoliert voneinander arbeiten, obwohl das in der Realität nicht der Fall ist.

4. Netzwerkanalytische Kennzahlen

Die Beziehungsstruktur eines Netzwerks kann auf zwei Arten dargestellt werden – als ein Soziogramm oder als eine Matrix. Ein Soziogramm ist ein Graph, in dem die Knoten die Personen innerhalb des Netzwerkes symbolisieren. Die Verbindungen zwischen den Personen kennzeichnen die Beziehungen zwischen den Personen. Im Soziogramm lässt sich die Netzwerkstruktur graphisch veranschaulichen. Bei mehr als 15 Akteuren werden die Soziogramme aber sehr schnell unübersichtlich.

In den Datenmatrizen werden die angegebenen Daten tabellarisch angeordnet. In der Abbildung 4.1 werden in den Zeilen und Spalten der Matrix die befragten Personen dargestellt. Die 1 in der ersten Zeile und zweiten Spalte bedeutet z. B., dass Anna mit Peter bekannt ist, die 0 in der ersten Zeile und dritten Spalte bedeutet, dass Anna nicht mit Susan bekannt ist.

Die Matrixdarstellung ist für statistische Berechnungen sinnvoll. So können mathematische Kennwerte mit Hilfe von Matrizenrechnung bestimmt werden. In folgenden Abschnitten wird auf die wichtigsten Kennwerte in der sozialen Netzwerkanalyse eingegangen. Dabei werden beide Darstellungsformen verwendet.

4.1. Beschreibung von Akteuren

Die grundlegendste Maßzahl zur Charakterisierung eines Akteurs ist der Verbundenheitsgrad (Degree). Er gibt an, wie viele Beziehungen ein Akteur innerhalb des Netzwerkes eingeht. Der Verbundenheitsgrad informiert über die Eingebundenheit des Akteurs in die Gruppe und ist so ein einfaches Maß für die Zentralität des Akteurs. Stark einge-

	Anna	Peter	Susan	Tim
Anna	-	1	0	1
Peter	1	-	1	0
Susan	0	1	-	0
Tim	1	0	0	-

Abbildung 4.1.: Die gerichtete Relation „Kennen“ in der Matrixdarstellung

bundene Personen erfahren Achtung im Netzwerk und können unter Umständen den Informationsfluss im Netzwerk beeinflussen und an Macht gewinnen.

Im Soziogramm in der Abbildung 4.2 sind die Kommunikationsbeziehungen zwischen den Mitarbeitern eines Unternehmens dargestellt. Im abgebildeten Netzwerk hätte der Mitarbeiter Cole den Verbundenheitsgrad 10. Er ist von allen Mitgliedern am stärksten in das Netzwerk eingebunden und nimmt daher beim Informationsaustausch im Unternehmen eine zentrale Rolle ein.

In gerichteten Graphen unterscheidet man zwischen Eingangs- und Ausgangsgrad (In- und Outdegree). Der Ausgangsgrad gibt an, wie viele andere Teilnehmer der Akteur selbst gewählt hat und das Eingangsgrad, wie häufig er von anderen Personen gewählt wurde. Im Beispielgraphen in der Abbildung 4.3 ist die Relation „mögen“ dargestellt. Hier hätte Sascha den Ausgangsgrad 1 und den Eingangsgrad 0.

4.2. Beschreibung von Gesamtnetzen

Wie schnell sich eine Neuigkeit verbreitet, hängt von der Verbundenheit eines Netzwerkes, seiner Dichte, ab. Je dichter ein Netzwerk ist, desto schneller und effizienter ist der Informationsfluss im Unternehmen. Die Dichte ist definiert als das Verhältnis der vorhandenen Beziehungen zu den grundsätzlich möglichen Beziehungen.

Mit der Größe der Netzwerke muss allerdings die Dichte grundsätzlich abnehmen. Die Ursache dafür ist die begrenzte Kapazität der Beziehungsaspekte der einzelnen Faktoren. Besteht ein Netzwerk aus 15 Akteuren, so ist es durchaus möglich, dass alle untereinander direkte Beziehungen unterhalten. Betrachtet man dagegen eine Gruppe aus 150 Personen, so müsste jeder Akteur 149 Beziehungen unterhalten und dies übersteigt seine zeitlichen und sozialen Ressourcen. Daher gilt: Je größer ein Netzwerk, desto geringer ist in der Regel seine Dichte. Für die Dichte eines Netzwerkes ist außerdem der Gegenstand des Netzwerkes entscheidend. Verwandtschafts- bzw. Beziehungsnetzwerke sind in der Regel dichter als die beruflichen Netzwerke; Kontaktnetzwerke sind meistens dichter als Hilfsnetzwerke.

4.3. Beschreibung indirekter Beziehungen

4.3.1. Pfade

In Graphen gibt es so genannte Wege und Pfade. Im Soziogramm in der Abbildung 4.2 gibt es z. B. folgenden Weg von Cole zu O'Brian: Cole \rightarrow Shapiro \rightarrow Paine \rightarrow Stock \rightarrow Shapiro \rightarrow O'Brian. Ein Pfad ist ein Weg zwischen zwei nicht benachbarten

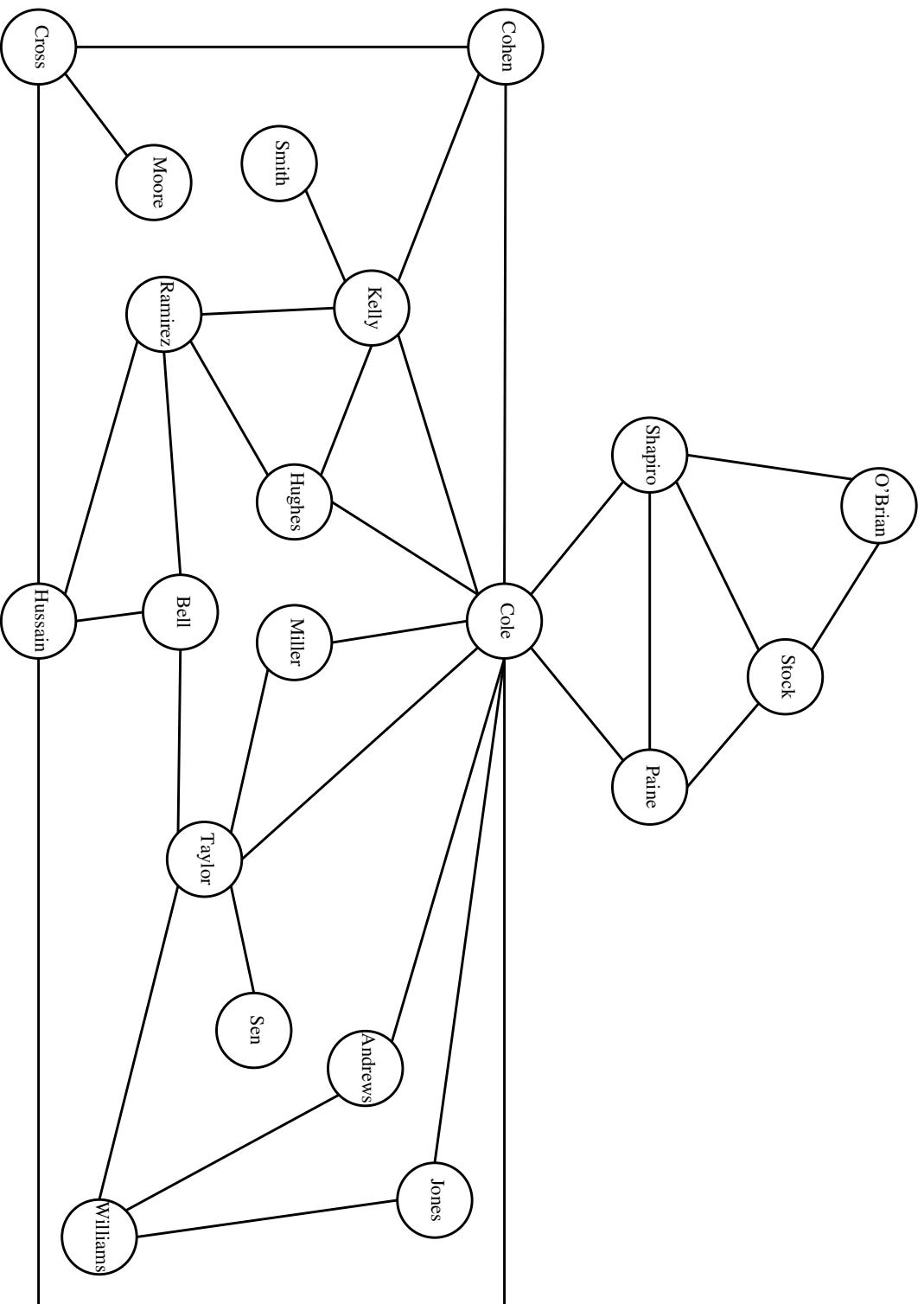


Abbildung 4.2.: Kommunikationsbeziehungen zwischen den Mitarbeitern eines Unternehmens (aus Cross und Parker (2004))

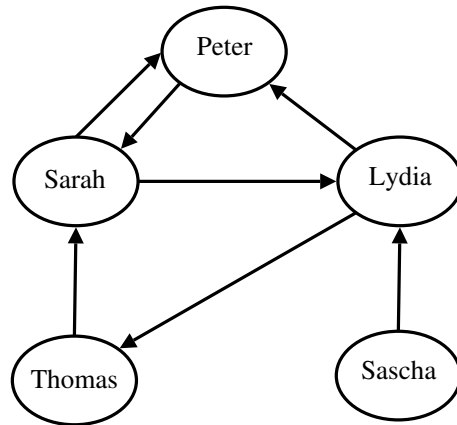


Abbildung 4.3.: Ein Beispiel für eine gerichtete Beziehung an der Relation „Mögen“

Punkten, in dem kein Knoten doppelt vorkommen darf. Ein gültiger Pfad von Cole zu O’Brian wäre z. B. Cole → Shapiro → Paine → Stock → O’Brian. Wie man in diesem Beispiel gut sehen kann, gibt es von einem Akteur zum anderen häufig mehrere Pfade. Besonders interessant ist dabei der kürzeste Pfad von Person A zu Person B. Man nennt diesen auch *Geodesic*. Diese kürzesten Pfadlängen zwischen zwei Personen werden in der *Pfaddistanzmatrix* eingetragen.

Bei den gerichteten Graphen müssen die Pfeilrichtungen beachtet werden. So existiert in der Abbildung 4.3 ein Weg von Sascha zu Peter über Lydia. Es gibt aber keinen Weg von Sarah zu Sascha.

Welche psychologische Bedeutung hat die Länge des Geodesic? Je kürzer die Pfadlänge, desto störfreier und schneller erfolgt die Informationsverbreitung zwischen den beiden Personen. Eine hohe Pfadlänge bringt Störungen im Informationsfluss sowie längere Kommunikationswege mit sich. Im oben genannten Beispiel könnte z. B. Cole schnell und unkompliziert Kontakt mit Paine aufnehmen, weil er ihn persönlich kennt. Jones dagegen müsste Paine entweder indirekt über Cole ansprechen oder Paine auf einem anderen offiziellen Weg erreichen. Eine hohe Pfadlänge bedeutet also nicht, dass kein Informationsaustausch möglich ist, sondern es heißt lediglich, dass dieser erschwert ist, da von beiden Seiten mehr Motivation erforderlich ist, um Kontakt zur anderen Person herzustellen. Gibt es zwischen zwei Akteuren mehrere alternative Wege, so erhöht dies die Robustheit der Beziehung. Fehlt eine für einen Pfad relevante Person aus dem Netzwerk, so gibt es immer noch eine andere Möglichkeit die andere Person zu erreichen. Die Anzahl der alternativen Pfade zwischen zwei Akteuren wird in der *Erreichbarkeitsmatrix* eingetragen.

Bei dichotomen Daten hat die Länge der Verbindung zwischen zwei Punkten keine Bedeutung, bei mehrfach skalierten Antworten (z. B. kenne A sehr gut - kenne A gut - kenne A kaum - kenne A gar nicht) kann sie eine Aussage über die Intensität der Bekanntschaft beinhalten.

4.3.2. Cutpoints

In vielen Soziogrammen findet man zentrale Personen, deren Eliminierung zum Zerfall des Netzwerkes führt. Im oben genannten Beispiel wäre das z. B. Cole. Würde man ihn aus dem Graph entfernen, so würden zwei voneinander unabhängige Gruppen entstehen – der Informationsfluss zwischen ihnen wäre unterbrochen. Solche zentrale Akteure nennt man Cutpoints.

4.3.3. Kreise und Cliques

Wie man in diesem Beispiel gut sehen kann, lassen sich in Soziogrammen häufig Kreise identifizieren. Kreise sind Pfade, wo Eingangspunkt gleich dem Ausgangspunkt ist. Eine besondere Form von Kreisen sind so genannte Cliques. Das sind Gruppen von Personen, die alle untereinander in Beziehung stehen. Solche Konstellationen können interne Gruppenbildung andeuten. Diese sorgt innerhalb der Clique für eine stabile und schnelle Informationsübertragung; der Kontakt zu anderen Gruppenmitgliedern kann jedoch erschwert sein.

4.3.4. Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch die Analyse von sozialen Netzwerken die Beziehungsstruktur von Gruppen untersucht werden kann. Die Verbundenheit des Netzwerkes ist umso stärker, je höher ihre Dichte und je größer der durchschnittliche Verbundenheitsgrad der Akteure ist. Man kann mit Hilfe dieser Methode zentrale Personen identifizieren, deren Ausschluss zum Zerfall des Netzwerkes führen würde. Die Pfadlängen und Cliques geben Hinweise auf die Robustheit eines Netzwerkes.

5. Beispiel

Teile der vorhergegangenen Analyseverfahren sollen im Folgenden an einem Beispiel verdeutlicht werden. Zum Zweck der Datenerhebung wurden dabei alle Teilnehmer des Seminars in der Veranstaltung am 2. November 2004 aufgefordert ihren Namen sowie die Namen aller anderen Teilnehmer die sie kennen auf einen Zettel zu schreiben und diesen abzugeben. Nachdem die Namen von den Zetteln soweit wie möglich in Übereinstimmung mit der Teilnehmerliste gebracht (d.h. Schreibfehler korrigiert, unvollständige Namen, sofern möglich, ergänzt) wurde entstand ein Datensatz mit 55 Personen. Dieser Datensatz wurde dann symmetrisiert und alle Personen entfernt die mit keiner Kante in Verbindung stehen. Danach enthielt der Datensatz noch 40 Personen und ist so in Form der Soziomatrix in Anhang D zu finden.

5.1. Visualisierung

Als erster, einfacher Schritt bei der Analyse des erfassten sozialen Netzwerks eignet sich die Visualisierung in Form eines Graphen. Dazu wurden die Daten mit Hilfe eines Shell-Skripts und awk („GNU Awk 3.1.3“, 1989, 1991-2003) in das Format von dot (Ellson et al., 1996) gebracht, mit neato in ein dia-File gerendert und mit dia (Larsson, Chépélov, & Clausen, 1999) dann noch ein wenig ästhetisch nachbearbeitet. Die so entstandene Grafik 5.1 gibt einen Überblick über das Netz.

Wenn man in diesem Netz jetzt zum Beispiel die Zugehörigkeit der Studenten zu ihren Studienfächern einfärbt, wie in Abbildung 5.2, erkennt man gleich die erste Struktur: Die Studenten der Psychologie (linker und oberer Teil) und die Studenten der Informatik (rechter, unterer Teil) bilden zwei weitgehend voneinander getrennte, aber untereinander gut verbundene Gruppen.

5.2. Berechnung

Das Angebot an freier Software zur Arbeit mit sozialen Netzen ist recht beschränkt. Der Social Network Visualizer (Kalamaras, 2004) ist noch bei weitem nicht ausgereift und

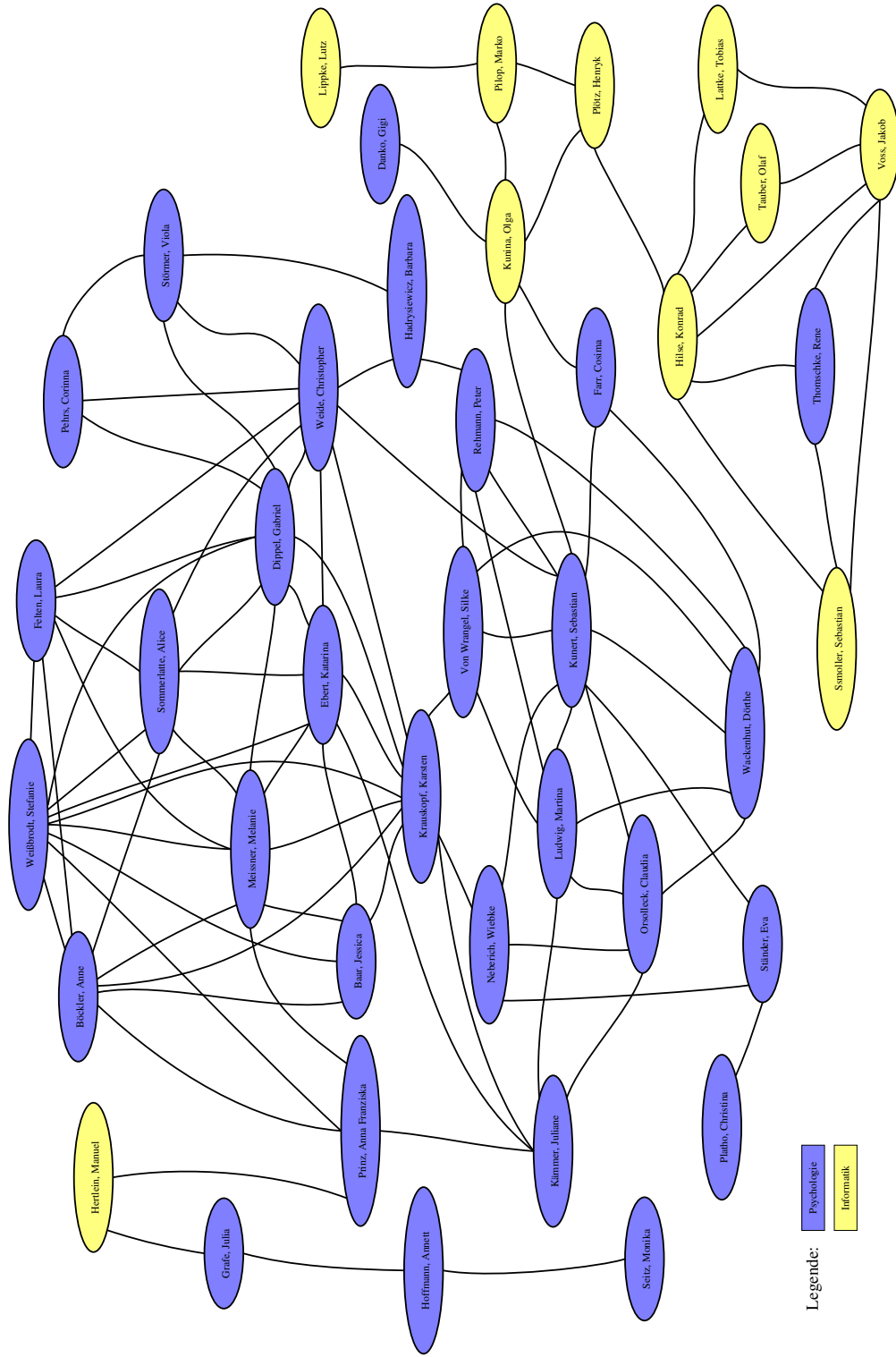


Abbildung 5.2.: Das soziale Netz der Bekanntschaften in der Seminargruppe, eingefärbt nach Fächern

kaum benutzbar. Aus diesem Grund wurden nur einfache Berechnungen gemacht und dazu selbstgeschriebene Programme in Octave („GNU Octave“, 1998) benutzt.¹

5.2.1. Pfaddistanzmatrix

Die Berechnung der Pfaddistanzmatrix erfolgt im wesentlichen wie in Jansen (2003) beschrieben: Die Folge

$$\begin{aligned}K_0 &:= \mathbf{1} \\K_n &:= K_{n-1} \times A\end{aligned}$$

gibt für eine Adjazenzmatrix A jeweils Matrizen K_n die angeben, wieviele Wege der Länge n zwischen den Knoten liegen. In der Funktion 5.1 findet sich diese Berechnung in der Zeile 7.

Listing 5.1: Die Funktion `calcd` zur Berechnung der Pfaddistanzmatrix (`calcd.m`).

```
1 function D = calcd(A)
2
3     D = zeros(size(A));
4
5     K = eye(size(A));
6     for i = 1:size(A,1),
7         K = K * A;
8         D += ((D == 0) & (K > 0)) .* i;
9     endfor;
10    D = D .* ~eye(size(D));
11 endfunction
```

K_n enthält also für alle Knoten, zwischen denen mindestens ein Weg existiert, einen Wert größer 0, und an allen anderen Stellen eine 0. Die `for`-Schleife in der Funktion geht nun alle n durch und setzt in der Matrix D (wird mit 0 initialisiert) dann eine Stelle auf n , wenn in K_n an der Stelle zum ersten mal eine Zahl größer 0 vorkommt.

Die entstehende Pfaddistanzmatrix findet sich in D.3. Man sieht dort, dass die längsten vorkommenden Pfade eine Länge von 11 haben und alle diese Pfade haben den Knoten Seitz (in der Abbildung am linken Rand) an einem Ende.

5.2.2. Erreichbarkeitsmatrix

Eine binarisierte Form der Erreichbarkeitsmatrix entsteht aus der Pfaddistanzmatrix trivial, indem alle Elemente mit einem Wert größer 0 auf 1 gesetzt werden und der Rest

¹Die Existenz des `sna`-Paketes (Butts, 2004) für R („The R Project for Statistical Computing“, 2004) ist uns erst später bekannt geworden.

auf 0 bleibt.

5.2.3. Cutpoints

Die Berechnung der Pfaddistanzmatrix kann man jetzt zur Findung von Cutpoints heranziehen: Man berechnet zunächst die Pfaddistanzmatrix D für die ursprüngliche Adjazenzmatrix A . Anschließend geht man alle Knoten durch und entfernt sie aus der Adjazenzmatrix, d.h. man setzt die i te Zeile und die i te Spalte in der Adjazenzmatrix fest auf 0, um den Knoten i aus der Matrix zu entfernen.

Das Programm 5.2 führt diese Berechnung durch: Als erstes wird D als Pfaddistanzmatrix berechnet. Dann geht eine Schleife alle Knoten i durch, erstellt eine zweite Adjazenzmatrix $A2$ in der dieser Knoten fehlt und berechnet davon die Pfaddistanzmatrix $D2$. Von der originalen Pfaddistanzmatrix wird noch eine modifizierte Version $D1$ erstellt in der ebenfalls der Knoten i fehlt. Zeile 12 zählt dann, an wievielen Stellen in $D1$ eine Zahl größer 0 existiert (zwei Knoten sich gegenseitig erreichen können) während gleichzeitig in $D2$ dort eine 0 steht (die Knoten sich nach Entfernung vom Knoten i nicht mehr erreichen). Wenn diese Zahl größer 0 ist, ist ein Cutpoint identifiziert und wird ausgegeben.

Listing 5.2: Das Programm `cutpoints` zur Findung der Cutpoints (`cutpoints.m`).

```
1 D = calcd(A);
2 for i = 1:size(A,1),
3     A2 = A;
4     A2(i,1:size(A2,2)) = zeros(1, size(A2,2));
5     A2(1:size(A2,1),i) = zeros(size(A2,1), 1);
6     D2 = calcd(A2);
7
8     D1 = D;
9     D1(i,1:size(D,2)) = zeros(1, size(D1,2));
10    D1(1:size(D,1),i) = zeros(size(D1,1), 1);
11
12    missing = sum(sum((D1 > 0) & (D2 == 0)));
13    if missing > 0,
14        printf("%i\n", i);
15    endif;
16 endfor
```

Abbildung 5.3 zeigt die so gefundenen Cutpoints im Netz.

5.2.4. Degree

Die Berechnung des Degree ist aus der Soziomatrix trivial: Es werden einfach alle Elemente einer Zeile aufsummiert, in Octave sehr leicht mit $G = \text{sum}(A)$. Das berechnet aus

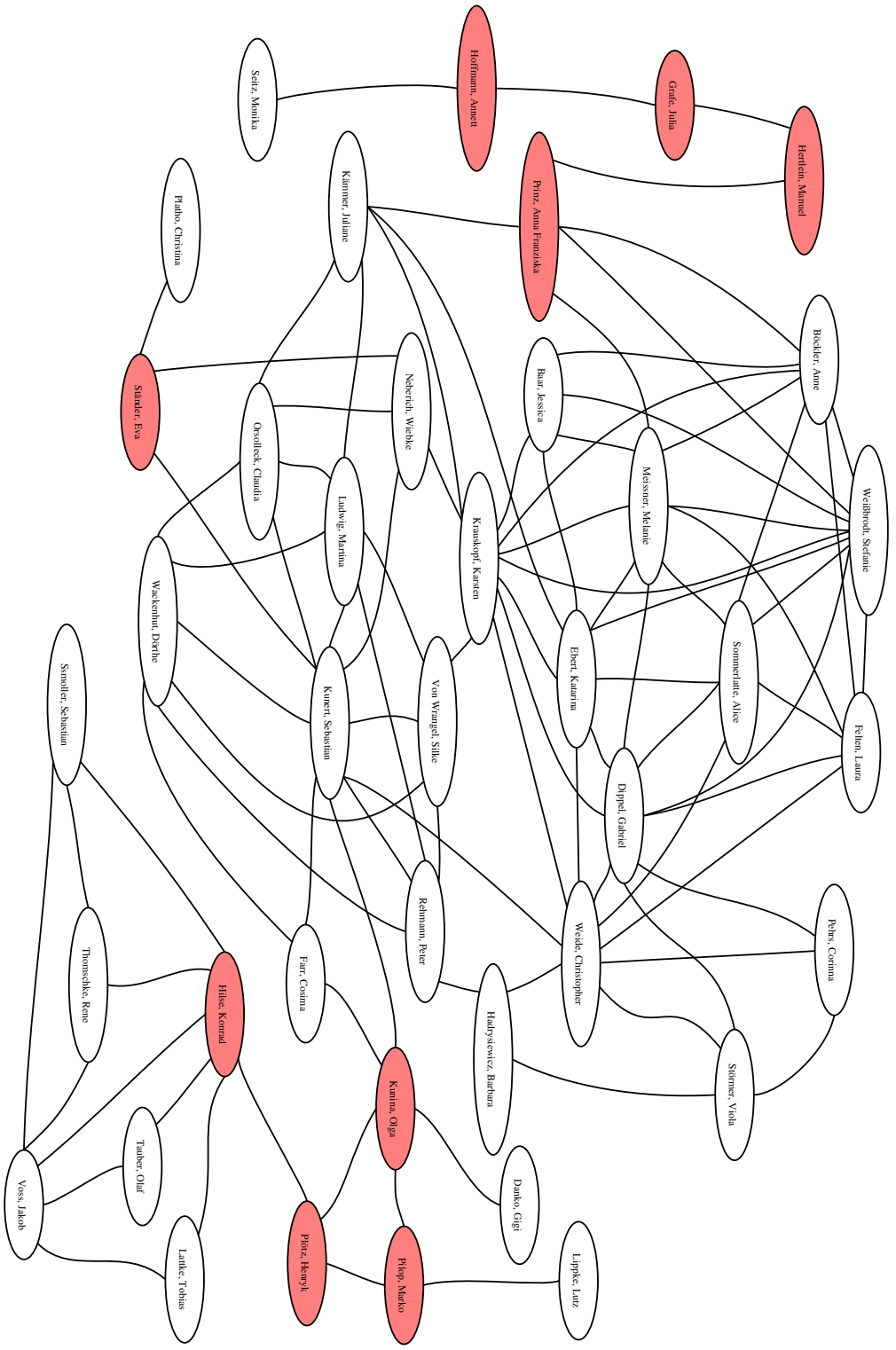


Abbildung 5.3.: Die identifizierten Cutpoints im Netz

der Adjazenzmatrix A einen Vektor G , dessen Elemente für jeden Knoten den Degree angeben. Die Tabelle D.1 gibt zu jedem Teilnehmer auch seinen Degree an.

5.2.5. Dichte

Aus dem Vektor G lässt sich auf die selbe Weise dann auch einfach die Anzahl der Beziehungen errechnen, indem man alle Elemente des Vektors aufsummiert und durch 2 teilt: $b = \text{sum}(G)/2$. Für das Beispiel ist b gleich 94. Mit der Anzahl der Beziehungen und der Information, dass maximal $\binom{40}{2} = 780$ Beziehungen möglich wären, lässt sich die Dichte zu $\frac{94}{780} = 0.12051 \approx 12\%$ berechnen.

5.2.6. Betweenness

Die Betweenness eines Knotens, also die Anzahl der kürzesten Pfade auf denen dieser Knoten liegt, lässt sich errechnen, wenn man eine Matrix hat, in der für alle Knoten die Länge des kürzesten Pfades zwischen ihnen angegeben ist. Dazu kann man eine einfache Modifikation der Funktion 5.1 verwenden: anstatt die Länge des kürzesten Pfades in die Matrix C einzutragen, wird in Zeile 8 in der Funktion 5.3 die Anzahl, also der entsprechende Wert der Matrix K_n , eingetragen.

Listing 5.3: Die Funktion `calcc` zur Berechnung der Anzahl der kürzesten Pfade (`calcc.m`).

```

1 function C = calcc(A)
2
3     C = zeros(size(A));
4
5     K = eye(size(A));
6     for i = 0:size(A,1),
7         C += ((C == 0) & (K > 0)) .* K;
8         K = K * A;
9     endfor;
10
11 endfunction

```

Wenn die Matrix C bekannt ist, kann man das Bellman criterion (Brandes, 2001, Lemma 1) benutzen, welches besagt, dass ein Knoten v genau dann auf dem kürzesten Pfad zwischen zwei Knoten s und t liegt, wenn die Länge des kürzesten Pfades zwischen s und t gleich der Summe der Länge der kürzesten Pfade zwischen s und v und zwischen v und t ist.

Das Programm 5.4 berechnet nun diese Matrix C , sowie die Pfaddistanzmatrix D und geht danach alle Knoten durch. Für jeden Knoten v überprüft es mit der obigen Regel für alle möglichen Paare von Knoten s und t ob v auf einem kürzesten Pfad zwischen

v und t liegt. Für alle Paare s und t , für die das der Fall ist, summiert es die Anzahl der kürzesten Pfade zwischen s und t , auf denen v liegt, geteilt durch die Anzahl der kürzesten Pfade zwischen s und t auf. Zum Schluss muss das erhaltene Ergebnis noch durch 2 geteilt werden, da der hier betrachtete Graph ja nicht gerichtet ist.

Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle D.1 eingetragen. Man sieht, dass der Knoten mit der bei weitem größten Betweenness Kunert ist, dann folgen Kunina, Plötz, Hilse und Weide, etc.

Listing 5.4: Das Programm `betweenness` zur Berechnung der Betweenness der Knoten (`betweenness.m`).

```

1 C = calcc(A);
2 D = calcd(A);
3
4 CB = zeros(size(C,1),1);
5 for v = 1:length(CB),
6     for t = 1:size(C,1),
7         for s = 1:size(C,2),
8             if (s != v) && (v != t),
9                 if D(s,t) == (D(s,v) + D(v,t)),
10                    CB(v) += (C(s,v) * C(v,t))/C(s,t);
11                endif;
12            endif;
13        endfor;
14    endfor;
15 endfor;
16
17 CB /= 2;

```

5.2.7. Closeness

Ein anderes Zentralitätsmaß, die Closeness, lässt sich wieder einfach matrixtheoretisch berechnen: Die Closeness eines Knotens v gibt das Reziproke der durchschnittlichen Länge der kürzesten Pfade von v zu allen anderen Knoten t an. Die Länge der kürzesten Pfade findet sich in der Pfaddistanzmatrix, man muss also nur noch über eine Spalte mitteln und das Reziproke bilden. In Octave $CC = 1 ./ (\text{sum}(D) / (\text{size}(D,1) - 1))$.

Die Ergebnisse sind abermals in Tabelle D.1 eingetragen. Der Knoten mit der geringsten Closeness ist Seitz, was nicht überraschend ist, da in 5.2.1 ja schon erkannt wurde, dass dieser die längsten kürzesten Pfade hat. Der Knoten mit der größten Closeness ist – wieder wenig überraschend – Kunert.

5.2.8. Cliquensuche

Die Findung von Cliques ist nicht ganz so einfach mit Matrizenrechnung zu bewältigen. Stattdessen wird ein rekursiver Algorithmus verwendet. In einem ersten Schritt wird die Adjazenzmatrix A um die Hauptdiagonalelemente zu einer Matrix E ergänzt.

Danach versucht der Algorithmus durch Entfernen von einzelnen Knoten (also Spalten und den dazugehörigen Zeilen) diese Matrix so zu verkleinern bis Teilmatrizen übrig bleiben die nur noch aus 1-Elementen bestehen, also Cliques darstellen. Die Indizes dieser Knoten werden dann ausgegeben.

Das Programm 5.6 macht das, indem es sich die Matrix E nimmt und nacheinander jeden Knoten i zum Zielknoten bestimmt. Darauf wird dann eine Funktion `reduce` angewendet die die Zeile des Zielknotens untersucht (in Zeile 2) und die Indizes aller Elemente größer als 0 findet (werden in a gespeichert). Dann wird eine neue Matrix $E2$ konstruiert (Zeile 5) die nur noch die zu diesen Elementen gehörenden Knoten enthält. Wenn diese Matrix eine Clique ist, werden die dazugehörigen Indizes ausgegeben, ansonsten wird mit dieser Matrix wieder genauso vorgegangen: Jeder Knoten j wird Zielknoten von `reduce`. Die Funktion bricht ab, wenn die Matrix nicht wenigstens 3 Elemente enthält, also nurmehr eine Dyade ist.

Listing 5.5: Die Funktion `reduce` (`reduce.m`).

```
1 function b = reduce(E, b, i),
2     a = find(E(i,:));
3     if(length(a) < size(E,1)),
4         E2 = E(a,a);
5         b = b(a);
6         if(length(b) > 2),
7             if(E2 == ones(size(E2))),
8                 b
9             else ,
10                for j = 1:size(E2,1),
11                    reduce(E2, b, j);
12                endfor;
13            endif;
14        endif;
15    endif;
16 endfunction;
```

Listing 5.6: Das Programm `calccliques` zur Cliquesfindung (`calccliques.m`).

```
1 E = A + eye(size(A));
2
3 for i = 1:size(E,1),
4     reduce(E, 1:size(E,1), i);
5 endfor;
```

Die 7 so gefundenen 5er-Cliquen sind:

- Baar, Böckler, Krauskopf, Meissner, Weißbrodt
- Baar, Ebert, Krauskopf, Meissner, Weißbrodt
- Böckler, Felten, Meissner, Sommerlatte, Weißbrodt
- Dippel, Ebert, Krauskopf, Meissner, Weißbrodt
- Dippel, Ebert, Meissner, Sommerlatte, Weißbrodt
- Dippel, Felten, Meissner, Sommerlatte, Weißbrodt
- Kunert, Ludwig, Rehmann, von Wrangel, Wackenhut

Diese Cliquen sind in Abbildung 5.4 visualisiert, dabei wurde jeder Clique (willkürlich) ein Symbol zugewiesen und jeder an der Clique beteiligte Knoten mit dem Symbol markiert.

Die 7 gefundenen 4er-Cliquen sind (siehe auch 5.5):

- Böckler, Meissner, Prinz, Weißbrodt
- Dippel, Pehrs, Störmer, Weide
- Dippel, Ebert, Krauskopf, Weide
- Dippel, Ebert, Sommerlatte, Weide
- Dippel, Felten, Sommerlatte, Weide
- Hilse, Ssmoller, Thomschke, Voss
- Kunert, Ludwig, Orsolleck, Wackenhut

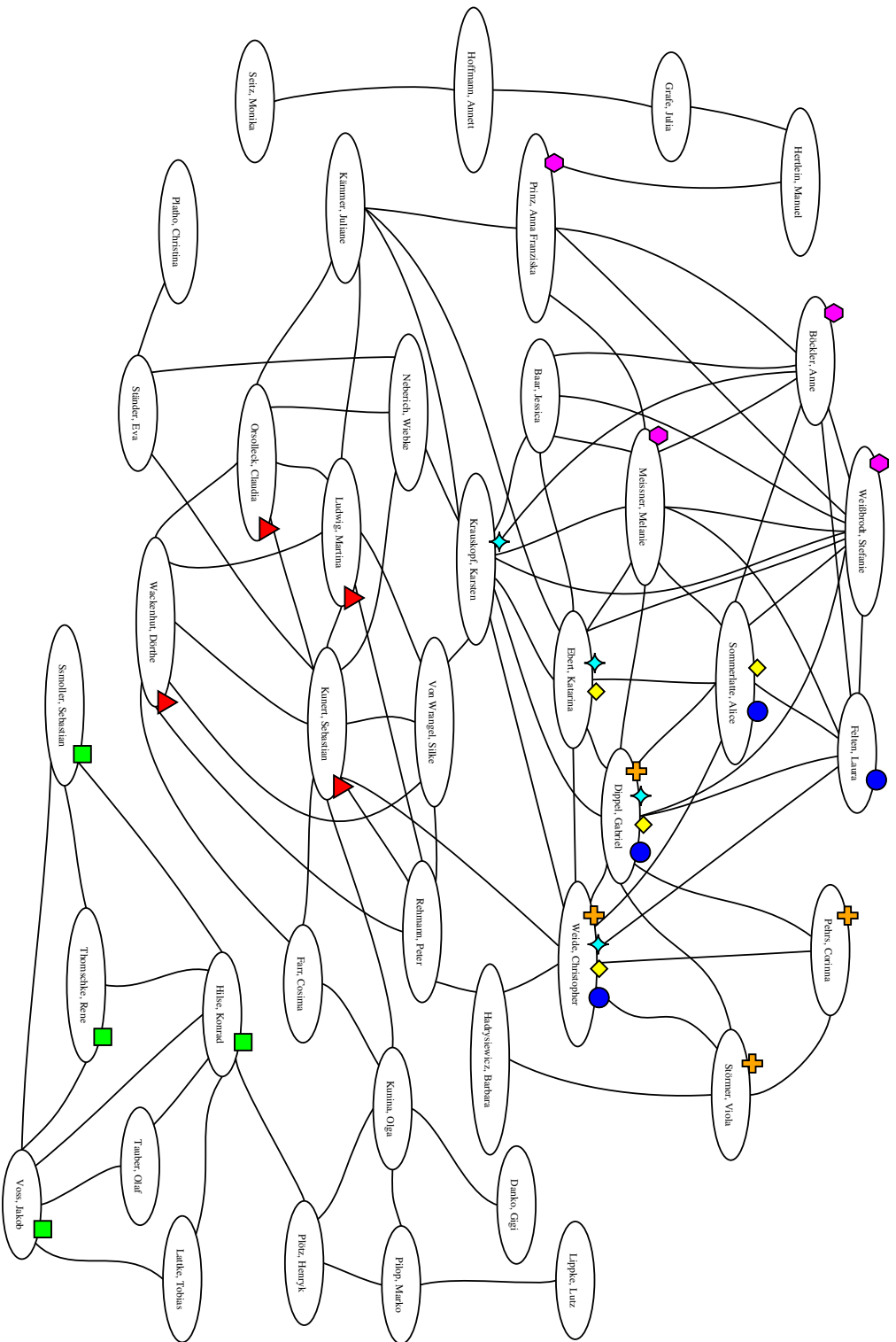


Abbildung 5.5.: Die identifizierten 4er-Cliquen

6. Fazit

Die Analyse von sozialen Netzwerken ermöglicht die Erfassung der Beziehungsstrukturen innerhalb einer Gruppe. Es können dabei verschiedene Merkmale von Individuen und Kollektiven untersucht werden. Für die Erhebung der nötigen Netzwerkdaten kann man entweder den nominalistischen oder den realistischen Ansatz verwenden.

Die Beziehungsstruktur einer Gruppe kann durch bestimmte statistische Kennzahlen beschrieben werden: Die Verbundenheit eines Netzwerkes ist umso stärker je höher seine Dichte und je größer der durchschnittliche Verbundenheitsgrad der Akteure ist.

Mit der Analyse der sozialen Netzwerke lassen sich zentrale Personen identifizieren, deren Ausschluss zum Zerfall des Netzwerkes führen würde. Die Pfadlängen und Cliques geben Hinweise auf die Robustheit eines Netzwerkes.

A. Abbildungsverzeichnis

4.1. Die gerichtete Relation „Kennen“ in der Matrixdarstellung	14
4.2. Kommunikationsbeziehungen zwischen den Mitarbeitern eines Unternehmens (aus Cross und Parker (2004))	16
4.3. Ein Beispiel für eine gerichtete Beziehung an der Relation „Mögen“	17
5.1. Das soziale Netz der Bekanntschaften in der Seminargruppe	20
5.2. Das soziale Netz der Bekanntschaften in der Seminargruppe, eingefärbt nach Fächern	21
5.3. Die identifizierten Cutpoints im Netz	24
5.4. Die identifizierten 5er-Cliquen	29
5.5. Die identifizierten 4er-Cliquen	30
D.1. Die Teilnehmer in der Soziomatrix	35
D.2. Soziomatrix der Seminarteilnehmer	36
D.3. Pfaddistanzmatrix der Seminarteilnehmer	37

B. Listings

5.1. Die Funktion <code>calcd</code> zur Berechnung der Pfaddistanzmatrix (<code>calcd.m</code>).	22
5.2. Das Programm <code>cutpoints</code> zur Findung der Cutpoints (<code>cutpoints.m</code>).	23
5.3. Die Funktion <code>calcc</code> zur Berechnung der Anzahl der kürzesten Pfade (<code>calcc.m</code>).	25
5.4. Das Programm <code>betweenness</code> zur Berechnung der Betweenness der Knoten (<code>betweenness.m</code>).	26
5.5. Die Funktion <code>reduce</code> (<code>reduce.m</code>).	27
5.6. Das Programm <code>calccliques</code> zur Cliquenfindung (<code>calccliques.m</code>).	27

C. Literatur

- Brandes, U. (2001). A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*(25(2)), 163–177. (Elektronisch verfügbar unter <http://www.inf.uni-konstanz.de/algo/publications/b-fabc-01.pdf>)
- Butts, C. (2004). Social network analysis tools [Computerprogramm]. (Verfügbar unter <http://erzuli.ss.uci.edu/R.stuff>)
- Cross, R., Parker, A. (2004). *The hidden power of social networks*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- Ellson, J., Gansner, E., Koren, Y., Koutsofios, E., Mocenigo, J., North, S. (1996). Graphviz - Graph Visualization Software [Computerprogramm]. (Verfügbar unter <http://www.graphviz.org/>)
- GNU Awk 3.1.3 [Computerprogramm]. (1989, 1991-2003). Free Software Foundation. (Verfügbar unter <http://www.gnu.org/software/gawk/gawk.html>)
- GNU Octave [Computerprogramm]. (1998). University of Wisconsin, Department of Chemical Engineering. (Verfügbar unter <http://www.octave.org/>)
- Jansen, D. (2003). *Einführung in die Netzwerkanalyse* (2. Auflage). Opladen, Deutschland: Leske + Budrich.
- Kalamaras, D. B. (2004). Social networks visualiser [Computerprogramm]. (Verfügbar unter <http://socnetv.tripod.com/>)
- Larsson, A., Chépélov, C., Clausen, L. (1999). Dia a drawing program [Computerprogramm]. (Verfügbar unter <http://www.gnome.org/projects/dia/>)
- Netzwerk [Webseite]. (2004). Wikimedia Foundation Inc. (<http://de.wikipedia.org/wiki/Netzwerk>)
- The R project for statistical computing [Computerprogramm]. (2004). (Verfügbar unter <http://www.r-project.org/>)

D. Beispieldaten

Nummer	Name	Degree	Betweenness	Closeness
1	Baar	5	0.2	0.27857
2	Böckler	7	13.2348	0.29104
3	Danko	1	0.0	0.25325
4	Dippel	9	30.69591	0.325
5	Ebert	8	20.11557	0.32773
6	Farr	3	5.5	0.312
7	Felten	6	10.17857	0.30952
8	Grafe	2	74.0	0.19212
9	Hadrysiewicz	3	5.16667	0.28058
10	Hertlein	2	108.0	0.23077
11	Hilse	6	172.0	0.23214
12	Hoffmann	2	38.0	0.16318
13	Kämmer	5	110.54762	0.325
14	Krauskopf	10	99.84335	0.34513
15	Kunert	10	361.94286	0.39394
16	Kunina	5	299.0	0.33621
17	Lattke	2	0.0	0.19024
18	Lippke	1	0.0	0.21311
19	Ludwig	6	53.45635	0.34211
20	Meissner	9	25.41172	0.3
21	Neberich	4	36.75476	0.33621
22	Orsolleck	5	48.60714	0.33621
23	Pehrs	3	0.0	0.28676
24	Pilop	3	38.0	0.26897
25	Platho	1	0.0	0.23353
26	Plötz	3	198.0	0.27857
27	Prinz	5	143.0641	0.28467
28	Rehmann	5	13.61111	0.325
29	Seitz	1	0.0	0.14079
30	Sommerlatte	7	10.65549	0.31452
31	Ssmoller	3	0.0	0.19118
32	Ständer	3	38.0	0.30233
33	Störmer	4	2.47222	0.29104
34	Tauber	2	0.0	0.19024
35	Thomschke	3	0.0	0.19118
36	von Wrangel	5	27.72857	0.33913
37	Voss	5	2.5	0.19307
38	Wackenhut	6	7.11667	0.325
39	Weide	9	172.2848	0.36449
40	Weißbrodt	9	25.41172	0.3

Abbildung D.1.: Die Teilnehmer in der Soziomatrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40							
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1							
2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1						
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1						
5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1						
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0						
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1						
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0						
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0						
12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
14	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1					
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0				
16	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0				
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0			
20	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
28	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung D.2.: Soziomatrix der Seminarteilnehmer

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1	0	1	5	2	1	4	2	4	3	3	6	5	2	1	3	4	7	6	3	1	2	3	3	5	4	5	2	3	6	2	7	3	3	7	7	2	7	3	2	1	
2	1	0	5	2	2	4	1	3	3	2	6	4	2	1	3	4	7	6	3	1	2	3	3	5	4	5	1	3	5	1	7	3	3	7	7	2	7	3	2	1	
3	5	5	0	4	4	2	4	7	4	6	3	8	4	4	2	1	4	3	3	5	3	3	4	2	4	2	5	3	9	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	5	
4	2	2	4	0	1	3	1	4	2	3	5	5	2	1	2	3	6	5	3	1	2	3	1	4	4	4	2	3	6	1	6	3	1	6	6	2	6	3	1	1	
5	1	2	4	1	0	3	2	4	2	3	5	5	1	1	2	3	6	5	2	1	2	2	2	4	4	4	2	3	6	1	6	3	2	6	6	2	6	3	1	1	
6	4	4	2	3	3	0	3	6	3	5	3	7	3	3	1	1	4	3	2	4	2	2	3	2	3	2	4	2	8	3	4	2	3	4	4	2	4	1	2	4	
7	2	1	4	1	2	3	0	4	2	3	5	5	3	2	2	3	6	5	3	1	3	3	2	4	4	4	2	3	6	1	6	3	2	6	6	3	6	3	1	1	
8	4	3	7	4	4	6	4	0	6	1	8	1	3	4	5	6	9	8	4	3	5	4	5	7	7	7	2	5	2	4	9	6	5	9	9	5	9	5	5	3	
9	3	3	4	2	2	3	2	6	0	5	5	7	3	2	2	3	6	5	2	3	3	3	2	4	4	4	4	1	8	2	6	3	1	6	6	2	6	2	1	3	
10	3	2	6	3	3	5	3	1	5	0	7	2	2	3	4	5	8	7	3	2	4	3	4	6	6	6	1	4	3	3	8	5	4	8	8	4	8	4	4	2	
11	6	6	3	5	5	3	5	8	5	7	0	9	5	5	3	2	1	3	4	6	4	4	5	2	5	1	6	4	10	5	1	4	5	1	1	4	1	4	4	6	
12	5	4	8	5	5	7	5	1	7	2	9	0	4	5	6	7	10	9	5	4	6	5	6	8	8	8	3	6	1	5	10	7	6	10	10	6	10	6	6	4	
13	2	2	4	2	1	3	3	3	3	2	5	4	0	1	2	3	6	5	1	2	2	1	3	4	4	4	1	2	5	2	6	3	3	6	6	2	6	2	2	2	
14	1	1	4	1	1	3	2	4	2	3	5	5	1	0	2	3	6	5	2	1	1	2	2	4	3	4	2	2	6	2	6	2	2	6	6	1	6	2	1	1	
15	3	3	2	2	2	1	2	5	2	4	3	6	2	2	0	1	4	3	1	3	1	1	2	2	2	2	3	1	7	2	4	1	2	4	4	1	4	1	1	3	
16	4	4	1	3	3	1	3	6	3	5	2	7	3	3	1	0	3	2	2	4	2	2	3	1	3	1	4	2	8	3	3	2	3	3	3	2	3	2	2	4	
17	7	7	4	6	6	4	6	9	6	8	1	10	6	6	4	3	0	4	5	7	5	5	6	3	6	2	7	5	11	6	2	5	6	2	2	5	1	5	5	7	
18	6	6	3	5	5	3	5	8	5	7	3	9	5	5	3	2	4	0	4	6	4	4	5	1	5	2	6	4	10	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	6	
19	3	3	3	3	2	2	3	4	2	3	4	5	1	2	1	2	5	4	0	3	2	1	3	3	3	3	2	1	6	3	5	2	3	5	5	1	5	1	2	3	
20	1	1	5	1	1	4	1	3	3	2	6	4	2	1	3	4	7	6	3	0	2	3	2	5	4	5	1	3	5	1	7	3	2	7	7	2	7	3	2	1	
21	2	2	3	2	2	2	3	5	3	4	4	6	2	1	1	2	5	4	2	2	0	1	3	3	2	3	3	2	7	3	5	1	3	5	5	2	5	2	2	2	
22	3	3	3	3	2	2	3	4	3	3	4	5	1	2	1	2	5	4	1	3	1	0	3	3	3	3	2	2	6	3	5	2	3	5	5	2	5	1	2	3	
23	3	3	4	1	2	3	2	5	2	4	5	6	3	2	2	3	6	5	3	2	3	3	0	4	4	4	3	3	7	2	6	3	1	6	6	3	6	3	1	2	
24	5	5	2	4	4	2	4	7	4	6	2	8	4	4	2	1	3	1	3	5	3	3	4	0	4	1	5	3	9	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	5	
25	4	4	4	4	3	4	7	4	6	5	8	4	3	2	3	6	5	3	4	2	3	4	4	0	4	5	3	9	4	6	1	4	6	6	3	6	3	3	4		
26	5	5	2	4	4	2	4	7	4	6	1	8	4	4	2	1	2	2	3	5	3	3	4	1	4	0	5	3	9	4	2	3	4	2	3	4	2	2	3	3	5
27	2	1	5	2	2	2	2	4	1	6	3	1	2	3	4	7	6	2	1	3	2	3	5	5	5	0	3	4	2	7	4	3	7	7	3	7	3	3	1		
28	3	3	3	3	2	2	3	5	1	4	4	6	2	1	2	5	4	1	3	2	2	3	3	3	3	3	0	7	3	5	2	2	5	5	1	5	1	5	1	2	3
29	6	5	9	6	6	8	6	2	8	3	10	1	5	6	7	8	11	10	6	5	7	6	7	9	9	9	4	7	0	6	11	8	7	11	11	7	11	7	7	5	
30	2	1	4	1	1	3	1	4	2	3	5	5	2	2	2	3	6	5	3	1	3	3	2	4	4	4	2	3	6	0	6	3	2	6	6	3	6	3	1	1	
31	7	7	4	6	6	4	6	9	6	8	1	10	6	6	4	3	2	4	5	7	5	5	6	3	6	2	7	5	11	6	0	5	6	2	1	5	1	5	5	7	
32	3	3	3	3	3	2	3	6	3	5	4	7	3	2	1	2	5	4	2	3	1	2	3	3	1	3	4	2	8	3	5	0	3	5	5	2	5	2	2	3	
33	3	3	4	1	2	3	2	5	1	4	5	6	3	2	2	3	6	5	3	2	3	3	1	4	4	4	3	2	7	2	6	3	0	6	6	3	6	3	1	2	
34	7	7	4	6	6	4	6	9	6	8	1	10	6	6	4	3	2	4	5	7	5	5	6	3	6	2	7	5	11	6	2	5	6	0	2	5	1	5	5	7	
35	7	7	4	6	6	4	6	9	6	8	1	10	6	6	4	3	2	4	5	7	5	5	6	3	6	2	7	5	11	6	1	5	6	2	0	5	1	5	5	7	
36	2	2	3	2	2	2	3	5	2	4	4	6	2	1	1	2	5	4	1	2	2	2	3	3	3	3	1	7	3	5	2	3	5	5	0	5	1	2	2		
37	7	7	4	6	6	4	6	9	6	8	1	10	6	6	4	3	1	4	5	7	5	5	6	3	6	2	7	5	11	6	1	5	6	1	1	5	0	5	5	7	
38	3	3	3	3	1	3	5	2	4	4	6	2	2	1	2	5	4	1	3	2	1	3	3	3	3	1	7	3	5	2	3	5	5	1	5	0	2	3			
39	2	2	3	1	1	2	1	5	1	4	4	6	2	1	1	2	5	4	2	2	2	2	1	3	3	3	3	2	7	1	5	2	1	5	5	2	5	2	0	2	
40	1	1	5	1	1	4	1	3	3	2	6	4	2	1	3	4	7	6	3	1	2	3	2	5	4	5	1	3	5	1	7	3	2	7	7	2	7	3	2	0	

Abbildung D.3.: Pfaddistanzmatrix der Seminarteilnehmer