

# Sense-Making Strategien in Matrix- und Graphvisualisierungen

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

**Diplom-Ingenieurin**

im Rahmen des Studiums

**Medieninformatik**

eingereicht von

**Bettina Gastecker, Bakk. tech.**

Matrikelnummer 0500280

an der Fakultät für Informatik

der Technischen Universität Wien

Betreuung: Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.phil. Margit Pohl

Mitwirkung: Dipl.-Ing. Johanna Doppler, BSc

Wien, 23. Juli 2018

---

Bettina Gastecker

---

Margit Pohl



# Sense-Making Strategies in Matrix- and Graphvisualisations

DIPLOMA THESIS

submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

**Diplom-Ingenieurin**

in

**Media Informatics**

by

**Bettina Gastecker, Bakk. tech.**

Registration Number 0500280

to the Faculty of Informatics

at the TU Wien

Advisor: Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.phil. Margit Pohl

Assistance: Dipl.-Ing. Johanna Doppler, BSc

Vienna, 23<sup>rd</sup> July, 2018

---

Bettina Gastecker

---

Margit Pohl



# Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Bettina Gastecker, Bakk. tech.  
3375 Krummnußbaum, Eduard Fenzl-Straße 10

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Wien, 23. Juli 2018

---

Bettina Gastecker



# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich gerne bei allen bedanken, die mich während meines Studiums motiviert und beim Verfassen dieser Arbeit unterstützt haben.

Als erstes gilt mein besonderer Dank meiner Betreuerin Frau Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.phil. Margit Pohl, die mir während des gesamten Diplomarbeitsprozesses immer wieder mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist. Vielen Dank für die vielen Anregungen und für die Übernahme der Betreuung von meiner Arbeit. Ebenso möchte ich mich an dieser Stelle bei Frau Dipl.-Ing. Johanna Doppler BSc. bedanken, die mir bei der Erstellung der Arbeit viele Inputs lieferte.

Ein besonderer Dank gilt vor allem meinem Freund Georg, der mich während des Studiums in allen guten und schlechten Phasen unterstützt hat und mich immer wieder motiviert hat weiter zu machen.

Meiner Studienkollegin Eva möchte ich ebenfalls meinen Dank aussprechen. Wir verbrachten während des Studiums viele gemeinsame Stunden in denen wir unsere Sorgen und Freuden teilen konnten.

Zuletzt möchte ich mich noch bei meinen Eltern und Schwiegereltern bedanken, die mir immer wieder die nötige Arbeitszeit für die Diplomarbeit verschaffen konnten. Meinen Kindern Jakob und Elisa möchte ich abschließend noch für die notwendige Ablenkung bedanken, wodurch ich wieder einen freien Kopf für die Vollendung meiner Diplomarbeit bekam.



# Kurzfassung

Die visuelle Aufbereitung von Informationen ist im Bereich der Informatik eine von vielen wichtigen Thematiken. Betrachtet man die vorhandene Literatur so kann man erkennen, dass es hierzu unzählige Arbeiten gibt. Diese Diplomarbeit spezialisiert sich in dieser Hinsicht auf zwei Visualisierungsarten: die erweiterte Adjazenzmatrix und das Node-Link-Diagramm. Im Rahmen der Arbeit wird auf die Vor- und Nachteile der jeweiligen Visualisierungen bei gewissen Aufgabenstellungen näher eingegangen. Zusätzlich wurde versucht diverse sense-making Strategien der AnwenderInnen zu identifizieren. Als Grundlage hierfür diente eine Studie der Technischen Universität Wien und der Middlesex University in England, die die Interaktion mit dem System sowie die Sense-Making-Strategien, die die BenutzerInnen anwendeten, untersuchte. Im Rahmen der Arbeit wird diese Studie beschrieben und diesbezüglich auch auf die Verwendung beider verwendeter visueller Repräsentationen näher eingegangen. Die Auswertung erfolgte durch die Verwendung der qualitativen Inhaltsanalyse, wobei die Analyseschritte mittels Kategoriensystem erfolgten. Bei den Ergebnissen wurden erst die Teilnehmer charakterisiert und in weiterer Folge die einzelnen Kategorien ausgewertet. Hierbei konnte herausgefunden werden, dass beide Darstellungen ihre Vor- und Nachteile haben und deren jeweilige Anwendung von der Art der Problemstellung abhängt. Außerdem wurden 10 Sense-Making-Strategien identifiziert.



# Abstract

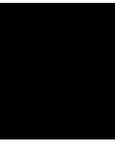
The visual preparation of information is one of many important topics in the field of computer science. If the existing literature is examined, it could be realized that there are reams of papers based at this topic. In this regard this diploma thesis specialises in two types of visualisation: the advanced adjacency matrix and the node-link-graph. In the context of this thesis, the advantages and disadvantages of the respective visualisations for certain tasks are discussed in more detail. In addition it has been tried to identify various sense-making strategies of the users. The basis for this was a study from the Vienna University of Technology and the Middlesex University in England, which tested the the interaction with the system and the sense-making strategies used by the users. In the context of the work, this study is described and in this regard, the use of both visual representations is discussed in more detail. The evaluation was carried out by using the qualitative content analysis, whereby the analysis steps where carried out by a set of categories. In the results, the participants were first characterised and subsequently the individual categories were evaluated. In this connection it could be detected that both representations have their advantages and disadvantages and that their respective practice depends on the nature of the problem. In addition, 10 sense-making-strategies were identified.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract</b>	<b>xi</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation und Problemstellung . . . . .	1
1.2 Ziel der Arbeit . . . . .	2
1.3 Methodisches Vorgehen . . . . .	2
1.4 Struktur der Arbeit . . . . .	2
<b>2 Related Work</b>	<b>5</b>
2.1 Soziale Netzwerke . . . . .	5
2.2 Dynamische Darstellungen . . . . .	6
2.3 Node-Link-Diagramm oder Adjazenzmatrix? . . . . .	6
2.4 Doppelte Adjazenzmatrix . . . . .	10
<b>3 Sense-making Strategien</b>	<b>13</b>
3.1 Heuristik . . . . .	13
3.2 Strategien . . . . .	14
3.3 Sense-Making . . . . .	14
<b>4 Visuelle Repräsentation und Studie</b>	<b>17</b>
4.1 Visual analytics for sense-making in criminal intelligence analysis (VALCRI) . . . . .	17
4.2 Visuelle Repräsentation . . . . .	18
4.3 Node-Link-Diagramm . . . . .	18
4.4 Erweiterte Adjazenzmatrix . . . . .	20
4.5 Studie . . . . .	21
<b>5 Qualitative Inhaltsanalyse</b>	<b>23</b>
5.1 Allgemeines . . . . .	23
5.2 Thinking-aloud . . . . .	25
5.3 Emergent Themes Analyse . . . . .	26

5.4	Verwendung der qualitativen Inhaltsanalyse bei der Auswertung der Studie	27
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>35</b>
6.1	Charakterisierung der einzelnen StudienteilnehmerInnen . . . . .	35
6.2	Auswertung der Ergebnisse der Kategorisierung . . . . .	37
6.3	Probleme bei der Kategorisierung . . . . .	46
6.4	Auswertung in Zahlen . . . . .	48
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>61</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>67</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>69</b>



# Einleitung

## 1.1 Motivation und Problemstellung

Im Rahmen des Projekts VALCRI sind unter anderem zwei Visualisierungen entstanden, die der Polizei helfen sollen einen besseren Einblick in die Vernetzung von Straftätern zu erhalten. In weiterer Folge soll es mit dieser graphischen Unterstützung einfacher sein bestimmte Muster aufzudecken und den Trend der kriminellen Aktivitäten zu erkennen. Es werden nur Straftäter berücksichtigt, die zu zweit oder zu mehr Verbrechen begehen. Somit können Daten von Verbrecherpaaren (wie etwa die zeitliche Entwicklung, die Häufigkeit und die Art des Deliktes) anhand einer erweiterten Adjazenzmatrix (zukünftig kurz Matrix genannt) beziehungsweise mithilfe eines Node-Link-Diagramms betrachtet werden. In der Matrix werden Nachbarn 2. Grades (also nicht direkte Nachbarn, sondern solche, die über eine dritte Person vermittelt werden) explizit visualisiert. Im Node-Link-Diagramm reichen diese Vernetzungen selbstverständlich noch weiter. [SHK<sup>+</sup>16]

Um die Interaktion mit dem System sowie die Sense-Making-Strategien, die die BenutzerInnen in beiden Visualisierungen anwendeten, zu untersuchen wurde eine Studie mit insgesamt 31 StudentInnen von zwei verschiedenen Universitäten (21 von der Technischen Universität Wien und 10 von der Middlesex University in England) durchgeführt. Hierbei wurden den StudentInnen nach einer kurzen Einführung verschiedene Aufgaben gestellt. Die darauffolgenden offenen thinking-aloud Sessions wurden mittels Audio- und Bildschirmaufnahmen festgehalten.

Im Rahmen der Diplomarbeit sollen nun die 21 Videos der österreichischen Studierenden analysiert werden um einen genaueren Einblick in die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten der Visualisierungen zu erhalten und etwaige Probleme und Präferenzen heraus zu kristallisieren.

Es gibt zwar bereits mehrere Arbeiten die sich mit der Bedeutung die die Art der Visualisierung hat beschäftigen, jedoch handelt es sich hierbei um Untersuchungen

mit künstlichen Aufgaben. Der große Unterschied dieser Diplomarbeit zu den bereits vorliegenden Forschungen besteht darin, dass in diesem Fall der Studie realistische Problemstellungen zugrunde liegen.

### 1.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit ist es, die spezifischen Vor- und Nachteile der Matrix bzw. der Node-Link-Diagramme für die bestehende Aufgabenstellung herauszukristallisieren. Zusätzlich sollen noch diverse Strategien, die die UserInnen anwenden um sinnvolles Wissen aus den Visualisierungen abzuleiten, identifiziert werden (sense-making Strategien).

### 1.3 Methodisches Vorgehen

Für die Diplomarbeit werden verschiedene wissenschaftliche Methoden herangezogen. Zuerst erfolgt anhand der Literaturrecherche ein Vergleich zwischen Matrix und Node-Link-Diagramm und es werden die Vor- und Nachteile, die die jeweilige Visualisierung mit sich bringt, erwähnt. Danach werden anhand der Videos, welche die thinking-aloud Sessions und Bildschirm- bzw. Audioaufnahmen beinhalten, verschiedene Kategorien erarbeitet, damit die getätigten Aussagen der StudienteilnehmerInnen zugeordnet werden können.

Dann erfolgt eine qualitative Inhaltsanalyse. Hierbei wird erst das Ausgangsmaterial bestimmt (Festlegung des Materials, Analyse der Entstehungssituation) und dann eine Forschungsfrage formuliert. Nachdem eine Entscheidung für das jeweilige Ablaufmodell getroffen wurde, wird jede Kategorie einzeln betrachtet und darauf geachtet welche Äußerungen die Beteiligten bei den jeweiligen Rubriken tätigen. Zum Schluss wird das gesammelte Material zusammengefasst und strukturiert. [May08] Zuletzt findet noch eine Diskussion über die erworbenen Kenntnisse statt.

### 1.4 Struktur der Arbeit

Im ersten Abschnitt der Diplomarbeit werden anhand der Literaturrecherche Arbeiten mit den Themen soziale Netzwerke, Node-Link-Diagramme und/oder Adjazenzmatrix vorgestellt um einen kurzen Einblick in die Thematik zu geben. Im Kapitel Sense-making Strategien wird diese Methode näher betrachtet und erklärt.

Im Abschnitt visuelle Repräsentation und Studie wird zunächst das Projekt VALCRI näher erklärt. Danach wird das verwendete Node-Link-Diagramm und die erweiterte Adjazenzmatrix präzisiert und in weiterer Folge die durchgeführte Studie erörtert.

Das Kapitel qualitative Inhaltsanalyse gibt einen allgemeinen Überblick über die Methode. Im Anschluss daran erfolgt noch eine kurze Ausführung betreffend thinking-aloud und Emergent Themes Analyse. Danach wird erläutert, wie die qualitative Inhaltsanalyse bei der Auswertung der Studie verwendet wird.

Den Abschluss der Arbeit bilden die Kapitel Ergebnisse und Diskussion. Bei den Ergebnissen werden erst die einzelnen StudienteilnehmerInnen charakterisiert. Danach erfolgt die Auswertung der Ergebnisse der Kategorisierung und es wird auf die Probleme, welche bei der Kategorisierung entstanden sind, eingegangen. Zuletzt erfolgt im Kapitel Ergebnisse noch eine Auswertung in Zahlen.



# Related Work

## 2.1 Soziale Netzwerke

In der heutigen Zeit gewinnen soziale Netzwerke immer mehr an Bedeutung. Nicht nur im beruflichen Umfeld (neue Arbeitsstelle, Beförderung), sondern auch im privaten Bereich (Informationsaustausch, sich profilieren) ist es üblich auf bestehende Beziehungen zurückzugreifen. Im Sinne des derzeit stattfindenden Informationszeitalters ist auch eine Online-Vernetzung keine Seltenheit mehr. Dies erkennt man schon allein an den Erfolg diverser Social Media Plattformen wie zum Beispiel Facebook. [Fuh16]

*„Ein soziales Netzwerk steht für das Muster an Sozialbeziehungen zwischen einer Menge von Akteuren. Sozialbeziehungen bezeichnen beobachtbare Regelmäßigkeiten der Interaktion zwischen Akteuren und entsprechende Verhaltenserwartungen.“* [Fuh16]

Die Beziehungen können hierbei entweder ungerichtet bzw. symmetrisch (wie dies beispielsweise bei Freundschaften der Fall ist) oder asymmetrisch (ein Beispiel hierfür wäre die Loyalität eines Mitarbeiters gegenüber seinem Vorgesetzten) sein. Die einzelnen Akteure können sowohl Einzelpersonen als auch Organisationen oder Staaten sein. [Fuh16]

Für eine einfachere Lesbarkeit von Daten ist es oft notwendig diese in visueller Form aufzubereiten. Dies kann beispielsweise in einem Node-Link-Diagramm oder mithilfe einer Matrix erfolgen. Im Node-Link-Diagramm werden die Akteure als Knoten (in Form von Punkten) und deren Beziehungen zueinander als Kanten (Linien oder Pfeile) dargestellt. Ein zusammenhängendes Node-Link-Diagramm wird als Komponente bezeichnet. So kann es auch vorkommen, dass mehrere Komponenten in einer Ansicht dargestellt werden. Bei der Visualisierung von Freundschaften in Schulklassen wäre dies beispielsweise der Fall, wenn mehrere voneinander unabhängige Cliques existieren. Damit die graphische Aufbereitung übersichtlicher wird, werden miteinander verbundene Knoten nebeneinander positioniert. [Fuh16]

Seit Mitte der 1940er Jahre wird die Matrix für die Darstellung von Netzwerken verwendet, wobei es sich in diesem Zusammenhang um eine Tabelle handelt, deren Zeilen und Spalten die Knoten im Netzwerk präsentieren. Auch hier ist die Visualisierung von asymmetrischen bzw. gerichteten Beziehungen möglich. Da jedoch im Regelfall symmetrische Beziehungen vorliegen ist die Matrix spiegelsymmetrisch. Die dadurch entstandene Diagonale bleibt meist leer, wobei jedoch die Möglichkeit besteht auch diese mit Daten zu befüllen. Dies wäre beispielsweise in einem Zitationsnetzwerk von Nutzen, da man hier sehen könnte, ob sich die diversen Autoren auch selbst zitieren. [Fuh16]

### 2.2 Dynamische Darstellungen

Einen Überblick über den Stand der Möglichkeiten für die Visualisierung von Daten die sich dynamisch verändern ist in der Arbeit “The State of the Art in Visualizing Dynamic Graphs,”[BBDW14] von F. Beck et. al. zu finden. Hier wurde festgestellt, dass bei dynamischen Graphdarstellungen die Zeitrepräsentation als Hauptunterscheidungsmerkmal dient. Dabei wird entweder ein Balkendiagramm mit Zeitintervall oder ein animierter Graph verwendet. Die dynamische Stabilität muss hierbei besonders beachtet werden. Nachdem ausreichend Literatur gesammelt und kategorisiert wurde ist festgestellt worden, dass in diesem Bereich noch ausreichend geforscht werden kann, da noch viele ungeklärte Probleme untersucht werden müssen. [BBDW14]

In ihrer Arbeit “Egocentric Analysis of Dynamic Networks with EgoLines,”[ZGC<sup>+</sup>16] befassen sich J. Zhao et. al. mit den sogenannten EgoLines. Diese sollen eine interaktive Visualisierung anhand von dynamischen Netzwerken darstellen. Für die Auswertung wird eine egozentrische Analyse erstellt. Hierbei wird nicht das gesamte Netzwerk betrachtet, sondern man konzentriert sich auf einen kleinen Teil des Netzes rund um einen bestimmten Knoten, dem Ego. Zusätzlich werden noch die umliegenden Nachbarn, die Alters, betrachtet. Ein auf diese Weise entstandenes Subnetz wird als Ego-Netzwerk bezeichnet. So umfasst zum Beispiel ein One-Level Ego-Netzwerk nur Alters, die mit dem Ego direkt verbunden sind. Mithilfe von allgemeinen Netzwerkanalyseaufgaben und anhand der Ergebnisse der ExpertInneninterviews wurde das Design erstellt. Dessen Effektivität wurde in einem Experiment mit 18 TeilnehmerInnen getestet. Zusätzlich wurde noch ein Anwendungsfall entwickelt, der sich auf die Erfahrung eines Experten gründet. Zukünftig soll die Skalierbarkeit weiter bearbeitet werden und verschiedene Designs sollen getestet werden. [ZGC<sup>+</sup>16]

### 2.3 Node-Link-Diagramm oder Adjazenzmatrix?

Da sowohl Node-Link-Diagramme als auch Matrixdarstellung ihre Vor- und Nachteile haben, ist es oft schwierig eine Entscheidung für oder gegen eine visuelle Repräsentation zu treffen. Ein häufiges Problem bei der Darstellung von Node-Link-Diagrammen ist deren Größe. Hat man nur wenige Daten die visualisiert werden sollen, ist es einfach deren Verbindungen (in Form von Knoten und Kanten dargestellt) zu erkennen. Schwieriger

wird es jedoch, wenn eine große Datenmenge verarbeitet werden muss. Hier kann es zu einer hohen Fehlerrate kommen, wenn man beispielsweise sich überlappende Linien nicht erkennt oder gewisse Knoten nicht findet, weil einfach zu viele vorhanden sind. Bei der Matrix stellt sich eher das Problem, dass diese auf den ersten Blick etwas kompliziert wirkt, da sie vielen AnwenderInnen nicht so sehr vertraut ist wie die Node-Link-Darstellung.

Da die beiden Darstellungen im Einzelnen manchmal nicht ausreichen versucht man diese zu kombinieren bzw. zu erweitern, um mehr oder genauere Informationen zu erhalten. Werden beispielsweise unterschiedliche Beziehungsarten untersucht, besteht im Node-Link-Diagramm die Möglichkeit die Knoten mit einer anders eingefärbten Kante zu verbinden. In der Matrixdarstellung ist dies nicht möglich. Hier muss eine zweite Matrix erstellt werden, welche im Anschluss über die Erste gelegt wird. [Fuh16]

Die Arbeit „A Comparison of the Readability of Graphs Using Node-Link and Matrix-Based Representations“[GFC04] von M. Ghoniem et al. beschäftigt sich mit der Bewertung der Lesbarkeit von matrixbasierenden Visualisierungen und Node-Link-Diagrammen. Hierbei wurden für ein Experiment mithilfe eines Programms zufällige Graphen in drei verschiedenen Größen (20, 50 und 100 Knoten) erzeugt. Zusätzlich wurden jedem Graphen noch unterschiedliche Kantendichten (0,2; 0,4 und 0,6) zugeordnet, sodass letztendlich insgesamt neun Graphen zur Verfügung standen. Die Studie hatte 36 TeilnehmerInnen, von denen alle entweder DoktorandInnen oder ForscherInnen im Bereich der Computerwissenschaften waren. Nach einer kurzen Demonstration wurde den Teilnehmenden noch die Anweisung gegeben so schnell wie möglich zu antworten. Es wurden insgesamt sieben sehr einfache generische Aufgaben gestellt, welche keine explorativen Elemente beinhalteten. Nachdem das System durch Zufall die Repräsentationen (Matrix oder Node-Link-Diagramm) für die jeweiligen Fragen ausgewählt hatte, fanden insgesamt zwei Serien statt. Diese bestanden aus zwei Teilen. Der Erste diente zum Erlernen des Systems und enthielt folgedessen drei einfache Graphen. Im zweiten Teil wurden dann die restlichen sechs Graphen abgearbeitet.

Anhand der Studie konnte herausgefunden werden, dass Node-Link-Diagramme gut für kleine Graphen geeignet sind, da die TeilnehmerInnen diese besser lesen konnten und auch ein vertrauterer Umgang mit ihnen stattfand. Bei größeren bzw. dichteren Graphen wird empfohlen auf die Matrix zurückzugreifen. Außerdem empfiehlt es sich bei komplexeren Aufgaben weiterführende Interaktionen einzusetzen. Hier könnte man beispielsweise bei der Matrix zusätzlich eine Verbindungskurve zwischen zwei Zellen anbieten. Weiters wurde bemerkt, dass Matrixdarstellungen häufiger verwendet werden sollten, um hier ein vertrauterer Umgang damit zu erhalten. [GFC04]

Im Anschluss daran beschäftigten sich M. Ghoniem et al. in ihrer weiterführenden Arbeit „On the readability of graphs using node-link and matrix-based representations: a controlled experiment and statistical analysis“[GFC05] näher mit der Verwendung von Node-Link-Diagrammen und Matrix-Darstellungen. Hierbei verwendeten sie die Ergebnisse der oben erwähnte Studie als Grundlage für weiterführende statistische Auswertungen mit tieferen Interpretationen. Die vorliegenden Resultate wurden qualitativ und quantitativ ausgewertet und behandelten folgende Schwerpunkte: richtige Antworten pro Aufgabe

und Größe (in Prozent) sowie Verteilung der Antwortzeit für Knotenzahl, Kantenzahl, den meisten Verbindungen und dem Zeitaufwand, der für das Auffinden von Knoten, Kanten, Nachbarn und Pfaden benötigt wurde. Nach eingehender Analyse der Ergebnisse wurde auch hier festgestellt, dass Node-Link-Diagramme gut für kleinere Graphen geeignet sind. Hat man jedoch größere oder dichtere Graphen empfiehlt es sich auf die Matrix auszuweichen. Bei den pfadbasierenden Aufgaben hatten beide Darstellungsformen ihre Schwierigkeiten. Generell wurde in dieser Arbeit ebenfalls festgestellt, dass die Matrix-Visualisierung häufiger genutzt werden sollte, damit die AnwenderInnen sie einfacher lesen können und in weiterer Folge ein vertrauterer Umgang damit stattfinden kann. [GFC05]

Da sowohl die Matrix als auch das Node-Link-Diagramm Vor- und Nachteile haben, ist es wichtig herauszufinden, welche der beiden Darstellungen besser für die gestellte Aufgabe ist und welche Merkmale die Lesbarkeit beeinflussen. Die verwendete Repräsentation soll so einfach und so schnell wie möglich die benötigte Information liefern. Aus diesem Grund ist es notwendig beide Darstellungsformen miteinander zu vergleichen. [KEC06]

Eine Untersuchung, ob für Visualisierungen besser ein Node-Link-Diagramm oder eine Adjazenzmatrix verwendet wird, findet in der Abhandlung „Matrices or node-link diagrams: which visual representation is better for visualising connectivity models?“ [KEC06] von R. Keller et al. statt. Hierfür wurden zwei Experimente durchgeführt.

Die erste Studie befasst sich mit der Adjazenzmatrix. Hier wird versucht herauszufinden, welche Faktoren die Lesbarkeit beeinflussen. Anhand der erörterten Literatur wurde festgestellt, dass drei Faktoren (Größe, Dichte und Direktionalität) maßgebend für das bessere Verständnis sind. Je mehr Reihen und Spalten eine Matrix hat, desto länger brauchen die AnwenderInnen um die vorhandenen Daten zu erfassen. Auch die Anzahl der Verbindungen die ein Knoten hat beeinflusst die Zeit die man zum Lesen der Matrix braucht, da hier mehr Markierungen in den Spalten bzw. Reihen zu finden sind. Zuletzt spielt noch die exklusive Beschriftung der vertikalen Achse eine Rolle, da man hierbei immer zuerst die entsprechende Reihe suchen muss und dann erst die einzelnen Spalten betrachten kann. Bei diesem Experiment nahmen 13 Männer und acht Frauen teil, wobei jeder bzw. jede sich entweder in einem technischen Doktoratsstudium befand oder bereits ExpertIn auf dem jeweiligen Gebiet ist. Getestet wurden 22 zufällig generierte Graphen, wobei eine unterschiedliche Anzahl der Knoten (10, 20 oder 40 Knoten) festgelegt wurde. Zusätzlich hatte die eine Hälfte noch eine zehnprozentige Dichte und die andere Hälfte eine 20-prozentige. Nachdem die ProbandInnen verschiedene Aufgaben lösen mussten wurde festgestellt, dass die Adjazenzmatrix der Größe 20 am schnellsten gelesen wurde. Eine Erklärung hierfür ist, dass die TeilnehmerInnen mit der Adjazenzmatrix der Größe 10 begonnen haben und ihr dort erworbenes Wissen dann in der nächsten Stufe anwenden konnten. Die größte Adjazenzmatrix benötigte das längste Zeitintervall. Interessanterweise wurde auch festgestellt, dass die Fehlerrate bei den mächtigeren Visualisierungen geringer war als bei den kleineren. Ein Hinweis für diesen Effekt ist, dass bei größeren Datenmengen genauer gearbeitet wird als bei kleineren. Während die Dichte bei der Dauer der Lesbarkeit auch eine Rolle spielt machte sich dies bei der Direktionalität nur bei der Adjazenzmatrix

der Größe 40 bemerkbar. Eine Beschriftung sowohl der x-Achse als auch der y-Achse sollte dieses Problem jedoch lösen. [KEC06]

Beim zweiten Experiment wurde untersucht, welche der beiden Visualisierungen (Node-Link-Diagramm oder Adjazenzmatrix) besser für die Lesbarkeit geeignet ist. Insgesamt nahmen an der Studie 16 TeilnehmerInnen (fünf weibliche und elf männliche) teil. Alle befanden sich in einem technischen Doktoratsstudium bzw. sind sie bereits ExpertInnen in ihrem Fachgebiet. Nachdem drei Modelle (Herzmodell, deutsche Straßenkarte und Dieselmotor) für die unterschiedlichen Repräsentationen bestimmt wurden erfolgte die Beschreibung der einzelnen Aufgaben. Zusätzlich wurde ein Zeitlimit von maximal einer Minute pro Fragestellung gesetzt und es bestand die Möglichkeit die einzelnen Knoten und Kanten zu selektieren. Alle Teilnehmenden hatten sechs unterschiedliche Probleme zu lösen, wobei jeder Punkt, aufgrund der unterschiedlichen Modelle und Repräsentationen, insgesamt achtmal abgearbeitet wurde. Aufgrund der unterschiedlichen Größe der Modelle und der verschiedenen Schwierigkeitsstufen der Aufgabenstellungen wurde herausgefunden, dass diese zwei Faktoren die Antwortzeit beeinflussen. Weiters wurde bestätigt, dass große und dichte Graphen besser mit einer Adjazenzmatrix visualisiert werden sollten. Für kleine und spärliche Graphen empfiehlt sich hingegen die Verwendung eines Node-Link-Diagramms. Eine Ausnahme für diese Regelung entstand jedoch für das Finden eines Pfades zwischen zwei Knoten. Hier war das Node-Link-Diagramm bei der Studie der klare Favorit. Bei der Verwendung des Dieselmotormodells herrschte eine hohe Fehlerquote. Eine Erklärung hierfür sind die vielen überlappenden Verbindungen im Node-Link-Diagramm bzw. die hohe Anzahl an Markierungen in der Adjazenzmatrix. Obwohl die persönlichen Erfahrungswerte die Leistung der AnwenderInnen beeinflussten, hatten diese keinen größeren Effekt bei der Verwendung des Node-Link-Diagramms. Zuletzt wurde noch festgestellt, dass die Entscheidung für eine der beiden Repräsentationen stark von der Art des Graphen und von der jeweiligen Problematik abhängig ist. Eine wesentliche Erleichterung hierfür wäre die Möglichkeit der gleichzeitigen Verwendung beider Visualisierungen. [KEC06]

In ihrer Arbeit „Finding Structures in Multi-Type Code Couplings with Node-Link and Matrix Visualizations“ [ABZD13] führen A. Abuthawabeh et al. eine qualitative Studie durch, in der sie sich mit der Anwendung von Node-Link-Diagrammen und Matrixvisualisierungen beschäftigen. Bei der Untersuchung wurde eine parallele Node-Link-Visualisierung verwendet. Hierbei handelt es sich um mehrere Node-Link-Diagramme die in unterschiedlichen Spalten nebeneinander angeordnet sind. Bei der verwendeten interaktiven Multi-Matrix Visualisierung wird auf eine Adjazenzmatrix zurückgegriffen. Bei der Studie durfte jede/r TeilnehmerIn auf beide Visualisierungen zurückgreifen. Das Experiment wurde von einem Moderator und einem Beobachter begleitet. Zu Beginn wurde den StudienteilnehmerInnen eine ausgedruckte Version der beiden Visualisierungen präsentiert. Danach durften sie die interaktiven Versionen verwenden. Während der Erhebung wurden Bildschirm- und Audioaufnahmen erstellt. An der Studie nahmen insgesamt sieben Männer und eine Frau teil. Alle besitzen einen Abschluss im Studium der Computerwissenschaften oder der Mathematik und haben gewisse Programmierkenntnisse.

Bei der Studie sollte sowohl das parallele Node-Link-Diagramm als auch die Multi-Matrix verwendet werden. Der einen Hälfte der TeilnehmerInnen wurden kleinere Projekte zur Bearbeitung zugeteilt, die andere bekam mittelgroße. Am Beginn erfolgte eine Anleitung durch den Moderator, danach wurden zwei verschiedene Projekte mit den beiden unterschiedlichen Visualisierungen bearbeitet. Das erste Projekt wurde laut Vorgabe auf Papier bearbeitet, beim Zweiten wurde dann auf die interaktive Version der Darstellungen zurückgegriffen. Für die erfolgten thinking-aloud Sessions bekamen die TeilnehmerInnen keine Zeitvorgaben. Zum Schluss sollte noch ein Fragebogen ausgefüllt werden. Dieser brachte hervor, dass beide Visualisierungen gleich gern genutzt und als nützlich betrachtet wurden. Sowohl das Node-Link-Diagramm als auch die Matrix hätten Ihnen einen guten Überblick aufgezeigt. Obwohl viele TeilnehmerInnen Erfahrungen mit Node-Link-Diagrammen hatten kritisierten sie ein beobachtetes visuelles durcheinander. Eine tägliche Anwendung der beiden Visualisierungen in der Praxis befürworteten nur drei Personen beim Node-Link-Diagramm und nur eine Person bei der Matrix. Gründe hierfür waren, dass die Visualisierungen nicht die richtigen Informationen anzeigten, sie noch nicht anwendungsfähig seien und dass noch zu wenig Erfahrungswerte im Bezug auf die Verwendung vorliegen würden. Trotz der Kritik der TeilnehmerInnen waren beide Darstellungen geeignet für die Studie. Zusammenfassend war festzuhalten, dass die persönlichen Vorlieben Einfluss auf die Wahl der angebotenen Darstellungen hatten. Bei der Betrachtung der Ergebnisse konnte festgestellt werden, dass keine nennenswerten Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen bestanden. [ABZD13]

### 2.4 Doppelte Adjazenzmatrix

Wie bereits erwähnt wurde, kann ein Node-Link-Diagramm auch als Adjazenzmatrix visualisiert werden. Diese ist quadratisch (also eine  $n \times n$ -Matrix) und bei ungerichteten Node-Link-Diagrammen immer symmetrisch. Die jeweiligen Knoten des Node-Link-Diagrammes repräsentieren die einzelnen Zeilen und Spalten. Verbindungen zwischen den Knoten werden durch Einträge in die jeweiligen Areale (Zeile und Spalte) gekennzeichnet. Aufgrund der Symmetrie entsteht in der Matrix eine Diagonale. Diese ist im Regelfall nicht befüllt, es sei denn ein Knoten weist eine Schlinge auf (das heißt er ist quasi mit sich selbst verbunden). [Drm07]

K.Dinkla et al. beschreiben in Ihrer Arbeit „Dual Adjacency Matrix: Exploring Link Groups in Dense Networks“ [DRW15], dass Knotengruppierungen oft nicht ausreichend sind, da Verbindungsgruppierungen benötigt werden. Während manche Netzwerke von der Bündelung der einzelnen Punkte profitieren, ist es für andere wieder von Vorteil deren Verbindungslinien zu clustern. Dies ist beispielsweise bei der Visualisierung von sozialen Netzwerken der Fall. Da es sich hierbei oft um sehr dichte Netzwerke handelt, ist es für den/die BetrachterIn oft schwer ein Muster zu erkennen. Möchte man beispielsweise die Interaktionen (als Linien dargestellt) einer Person (als Knoten dargestellt) mit anderen Personen betrachten, ist es für die einfachere Lesbarkeit von Vorteil die Verbindungen zu gruppieren. Somit kann man auf einen Blick die Netzwerke des ausgewählten Knotens

erkennen. Weiters besteht die Möglichkeit beide Gruppierungstechniken miteinander zu kombinieren, indem man eine doppelte Adjazenzmatrix verwendet.

Anhand dieser Anforderungen und vorher durchgeführten Interviews mit zwei ExpertInnen wurde ein Prototyp entwickelt und getestet. Die erste Testperson war männlich und ein Experte in der Analyse von komplexen Netzwerken. Zusätzlich richtet sich sein Hauptaugenmerk darauf Gemeinschaften nachzuvollziehen. Nach einer kurzen Einführung durch den Autor, konnte der Fachmann die doppelte Adjazenzmatrix bereits innerhalb einer kurzen Zeitspanne effektiv verwenden. So war es ihm zum Beispiel möglich, Fragen bezüglich Knoten- und Verbindungsgemeinschaften zu beantworten. Ohne die Unterstützung des Prototyps wäre dies nur sehr schwierig zu lösen gewesen. Die zweite Testperson war weiblich und eine Expertin in Neurowissenschaften. Sie gab an, noch nie Serviceprogramme für die gegebene Problematik verwendet zu haben. Nachdem sie einen anderen Erkundungsprozess als der erste Experte durchlaufen hatte kamen einige Fragen ihrerseits auf. Weiters verwendete sie den Prototypen beispielsweise um die Qualität der Kantengruppierungen zu beurteilen. [DRW15]

Anhand dieser Testphase wurde festgestellt, dass die doppelte Adjazenzmatrix gut bei kleinen und dichten Netzwerken eingesetzt werden kann. Der große Vorteil dieser Visualisierung ist die doppelte Darstellung von Kantengruppierungen. Eine mögliche Alternative zur doppelten Adjazenzmatrix wäre eine reguläre Adjazenzmatrix. Diese ist zwar leichter zu verstehen, hat aber den großen Nachteil, dass durch die Farbcodierung nur eine begrenzte Anzahl von Kantengruppierungen dargestellt werden kann. Zusätzlich wird die Navigation der interaktiven Kantengruppierungen verkompliziert. Somit wurde mit der doppelten Adjazenzmatrix eine große Errungenschaft für die Darstellung von Kantengruppierungen erreicht. [DRW15]



# Sense-making Strategien

Der Prozess des Sense-Making ist ein breiter Begriff, der viele relevante Forschungsfelder wie etwa Heuristik, logisches Denken oder auch das Zurechtlegen von Strategien umfasst. Für ein besseres Verständnis ist es daher von Vorteil einige verwandte Forschungsthemen näher zu betrachten, bevor man sich mit der eigentlichen Thematik des sense-making näher auseinandersetzt.

## 3.1 Heuristik

Der Begriff Heuristik umfasst ein weites Gebiet und wird von den verschiedensten Forschern kontrovers diskutiert. [PDH17] In ihrer Arbeit „Human Problem Solving“ [NS<sup>+</sup>72] beschreiben A. Newell und H.A. Simon Heuristik als eine problemlösende und -vereinfachende Methode. Zusätzlich wird bei dieser Vorgehensweise noch die Größe der Problemstellung verringert. D. Kahnemann beschreibt hingegen in seiner Arbeit „Thinking fast and slow“ [KE11] die negativen Seiten dieser Methode. Anhand seiner Forschungsergebnisse folgerte er, dass Heuristik eine schnelle, fehleranfällige Methode sei, die von den Probanden mühelos eingesetzt werde. Besonders bemerke man die hohe Fehleranfälligkeit bei kleineren Stichproben. G. Gigerenzer hat diesbezüglich jedoch eine kontroverse Ansicht. In seinen Büchern „Gut Feelings: The Intelligence of the Unconscious“ [Gig07] und „Adaptive Thinking: Rationality in the Real World“ [Gig00] stellte er fest, dass Menschen ihre alltäglichen Entscheidungen oft nicht aufgrund von logischem Denken treffen, sondern sich hier eher auf ihr Bauchgefühl und die Heuristik, welche meist schnell und unbewusst erfolgt, verlassen. Meist werden diese Beschlüsse noch zusätzlich unter Zeitdruck und ähnlichen schlechten Voraussetzungen gefällt. Weiters stellte G. Gigerenzer fest, dass man die Entscheidungen anderer Personen am besten verstehen kann, wenn man auch das dazugehörige Umfeld kennt. Für den sense-making Ansatz sind vor allem zwei Heuristiken von Relevanz. Als erstes sei hier die „Take the Best“ Heuristik erwähnt, bei der Personen sich für eine Lösung entscheiden die zwar nicht die optimalste oder

beste ist, jedoch als akzeptable Alternative gewählt wird. Die zweite Methode, welche noch erwähnenswert ist, ist die „Recognition“ Heuristik. Hierbei wird der Ansatz verfolgt, dass es den jeweiligen Personen leichter fällt eine für sie optimale Lösung zu finden, wenn bereits eine gewisse Art von Hintergrundwissen zu einem Thema vorhanden ist. P. Johnson-Laird geht hier noch einen Schritt weiter, indem er Intuition und Bauchgefühl für die unbewusste Entscheidungsfindung positiv hervorhebt. Bei der Beobachtung dieses Prozesses könne man weit mehr Informationen herausfinden als bei bewussten und wohl überlegten Entscheidungen. [JL06] [PDH17]

## 3.2 Strategien

Wie in der Heuristik gibt es auch im Bereich der Strategien viele Forschungsfelder und Untersuchungen. In ihrer Arbeit „Strategic Aspects of human cognition: Implications for understanding human reasoning„[LF05] definierten P. Lemaire und L. Fabre den Begriff Strategie als

*„a self contained set of processes that need to be applied for solving a task.“* [LF05]

Anhand dieser Definition kann man erkennen, dass kaum ein Unterschied zwischen Strategie und Heuristik besteht. Um ein gegebenes Problem zu lösen, greifen die jeweiligen Charaktere zu unterschiedlichen Strategien. Diese sind meist abhängig von der Umgebung in der sie sich befinden und von der gestellten Aufgabe. Friel et al. [FCB01] beschäftigten sich näher mit dem Verständnis von Graphen in Bezug auf die möglichen Strategieentwicklungen. Generell machen sich die Betrachter erst nach und nach mit dem Graphen vertraut, um dann mit dem gewonnenen Wissen und dem resultierenden entstandenen mentalen Modell Folgerungen aus den vorhandenen Daten ziehen zu können. Im Endergebnis sollte es den Beobachtern möglich sein, die eingesetzten Strategien zu erkennen, um in weiterer Folge zu sinnvollen Ergebnissen gelangen zu können. Grundsätzlich werden Graphen entweder oberflächlich betrachtet oder es werden die vorhandenen Daten noch weiter analysiert, um somit mehr Informationen als angegeben sind herauslesen zu können. Je besser der Graph verstanden wird, umso mehr Ergebnisse können daraus gewonnen werden. Grundsätzlich kann man die vorhandenen Daten erfassen, man kann zwischen den Daten lesen und bei genauer Betrachtungsweise mehrere weitreichendere Zusammenhänge erfassen. In ihrer thinking-aloud Studie definierten Ratwani et al. [RTBD08] zwei verschiedene Aufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad und fanden heraus, dass die Probanden bei den komplexeren Aufgaben wiederholende Tätigkeiten ausführten. Auch der Einsatz von Diagrammen bot bei der Lösung der schwierigen Aufgaben eine gute Alternative. [PDH17]

## 3.3 Sense-Making

In seiner Arbeit „Making Sense of Sensemaking in the Digital World“[Pir09] definiert P. Pirolli den Begriff sense-making folgendermaßen:

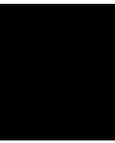
*„a natural kind of human activity in which large amounts of information about a situation or topic are collected and deliberated upon to form an understanding that becomes the basis for problem solving and actions.“ [Pir09]*

Im Allgemeinen versuchen Menschen erlebte Erfahrungen durch Sichtweisen, Blickpunkte oder Rahmen zu verstehen. Zusammenfassend kann man diese Art des Sinngebens als sogenannten Frame bezeichnen. G. Klein et al. beschäftigen sich in ihrer Arbeit “Making Sense of Sensemaking 2: A Macrocognitive Model, [KMH06] näher mit dieser Thematik. So fanden sie heraus, dass Frames nicht nur Daten definieren, sondern auch Daten formen. Werden neue Daten erworben verändern sich auch die dazugehörigen Frames. Dies bedeutet, dass Frames ausgearbeitet, hinterfragt und verworfen werden können. Bei ihren Forschungen entdeckten sie fünf Bereiche von empirischen Ergebnissen. Bei der kausalen Argumentation findet eine Übergangssequenz statt, bei der eine spezielle Situation basierend auf drei bis vier kausalen Faktoren in eine andere verändert wird. Durch den Einsatz von Hypothesen können zwar durch Abweichungen erwartete Annahmen angegriffen werden, jedoch kann hier dann durch eine Anpassung oder Reframeierung eine erweiterte Erkenntnis gewonnen werden. Durch Lernprozesse und Feedback ist es den Menschen auch möglich ihre sense-making Strategien zu verbessern. Sense-making ist jedoch keine Fähigkeit die erworben werden kann. Man kann zwar bei Beobachtungen diverse Unterschiede zwischen den ProbandInnen feststellen, jedoch kann man diese in Verbindung mit der jeweiligen Motivation, welche sowohl ins positive als auch ins negative führen kann, in Verbindung bringen. Das Auftreten von Bestätigungsfehlern ist kaum zu beobachten. In solchen Fällen handelt es sich meist um einen Wechsel zwischen zwei unterschiedlichen Frames, da der ursprünglich gewählte Frame Ungenauigkeiten aufwies. Grundsätzlich kann man sagen, dass Frames veränderbar und deren Daten gestaltbar sind. Letztendlich muss noch erwähnt werden, dass sie manchmal eine just-in-time Qualität besitzen. [KMH06]

In ihrer Arbeit “The Sensemaking Process and Leverage Points for Analyst Technology Technology as Identified Through Cognitive Task Analysis, [PC05] unterteilen P. Pirolli und S. Card den analytischen Prozess in zwei Schleifen. In der sogenannten Foraging Loop wird am Beginn nach Informationen gesucht. Diese werden anschließend gefiltert, gelesen und entnommen, um in weiterer Folge ein entsprechendes Schema zu entwickeln. Bei der Sense-Making Loop wird hingegen mit Hilfe eines ausgearbeiteten Konzeptes versucht eine optimale Lösung zu finden. [PC05]

Während der klassische sense-making Ansatz sich auf das Finden, Organisieren und Zusammenfügen von Informationen bezieht, bezeichnen A. Blandford et al. in ihrer Arbeit “Conceptual Design for Sensemaking“ [BFA14] diese Methode als Informationsreise. Hierbei wird im ersten Schritt ein Bedürfnis identifiziert. Danach sollen Informationen gefunden und in weiterer Folge bestätigt und interpretiert werden. Zuletzt sollen die nun entstandenen Inhalte verwendet werden. Generell sollten sense-making Werkzeuge für ihre BenutzerInnen transparent sein und es sollte ihnen möglich sein, mit den vorhandenen Darstellungen zu arbeiten. Zusätzlich ist noch als weiterer positiver Aspekt zu erwähnen, dass die ProbandInnen durch für sie neue Konzepte noch weitere, für sie vorher unbekannte,

Erkenntnisse gewinnen können. Es liegt in der Natur der Dinge, dass jeder Mensch eine eigene Persönlichkeit hat und somit auch eigene Interessen und Überlegungsstrategien entwickelt. Geeignete Werkzeuge helfen ihm dabei aus den gesammelten Informationen sinnvolles Wissen abzuleiten. [BFA14]



# Visuelle Repräsentation und Studie

## 4.1 Visual analytics for sense-making in criminal intelligence analysis (VALCRI)

Im Rahmen des Projekts VALCRI, welches von der europäischen Union gefördert wird, wurde ein halbautomatisches Analysesystem entwickelt, das hilft Verbindungen zu finden die von Menschen öfters übersehen werden. Dieses System kann sowohl bei der Vorbeugung von Verbrechen als auch bei der Untersuchung eines Verbrechens verwendet werden. Weiters ermöglicht es AnalystInnen Situationen zu rekonstruieren, neue Einsichten zu gewinnen und vorhandene Spuren zu verfolgen. VALCRI kann sowohl eigenständig als auch gemeinsam mit Menschen Daten aus unterschiedlichen Quellen analysieren. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden mit leicht verständlichen Visualisierungen dargestellt, erläutern mögliche Verbrechen und unterstützen das Finden von rigorosen Argumenten. Das System ist schnell, genau und arbeitet mit objektiver Intelligenz, das heißt, dass keine menschlichen Fehler begangen werden oder gewisse Vorlieben Einfluss auf das Ergebnis nehmen. Durch das Aufzeigen neuer Perspektiven können alternative Wege begangen werden, womit eine große Anzahl von Ereignissen, die man ansonsten übersehen hätte, sichtbar wird. [VAL]

Mithilfe von VALCRI können spannende oder verdächtige Informationen schnell aus den Datensätzen gefiltert werden. Die intelligente Suchfunktion macht es einfach, auch größere Datenmengen aufzuspüren. Aktuelle Daten werden in Echtzeit mit den historischen Daten analysiert und die vorhandenen Informationen werden deutlich dargestellt. Das System ist sicher und kreativ, ist sich der menschlichen Aspekte bewusst und entwickelt sich im Laufe der Zeit. Anhand der interaktiven, visualisierungsbasierten Benutzeroberfläche können die Datenerfassung, die Analyse und die Hypothese vereint werden. [VAL]

### 4.2 Visuelle Repräsentation

Im Rahmen des Projekts VALCRI sind unter anderem zwei Visualisierungen entstanden, die der Polizei helfen sollen einen besseren Einblick in die Vernetzung von Straftätern zu erhalten. Somit soll es vereinfacht werden bestimmte Muster aufzudecken und den Trend der kriminellen Aktivitäten zu erkennen. Es werden nur Straftäter berücksichtigt, die zu zweit oder zu mehr Verbrechen begehen.

Somit können Daten von Verbrecherpaaren (wie etwa die zeitliche Entwicklung, die Häufigkeit und die Art des Deliktes) anhand eines Node-Link-Diagramms beziehungsweise mithilfe einer erweiterten Adjazenzmatrix (zukünftig kurz Matrix genannt) betrachtet werden. In der Matrix werden Nachbarn 2. Grades (also nicht direkte Nachbarn, sondern solche, die über eine dritte Person vermittelt werden) explizit visualisiert. Im Node-Link-Diagramm reichen diese Vernetzungen selbstverständlich noch weiter. [SHK<sup>+</sup>16]

Beide Darstellungen wurden mittels Data Driven Documents (d3), einer JavaScript Bibliothek, welche für Visualisierungen im World Wide Web verwendet werden kann, implementiert. Hierbei ist es möglich Daten an das Standard Document Object Model (DOM) zu binden und diese direkt zu manipulieren. [BOH]

Im Rahmen einer Studie, welche im Kapitel 4.5 näher beschrieben wird, wurden beide Darstellungen unter Anwendung von offenen thinking-aloud Sessions, die mittels Audio- und Bildschirmaufnahmen festgehalten wurden, getestet. An der Studie nahmen auch 21 TeilnehmerInnen der technischen Universität Wien teil. Im Rahmen der Diplomarbeit sollen nun die 21 Videos der österreichischen Studierenden analysiert werden, um einen genaueren Einblick in die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten der Visualisierungen zu erhalten und etwaige Probleme und Präferenzen heraus zu kristallisieren. Die Auswertung erfolgt mithilfe von vorher festgelegten Kategorien im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse. Deren Ergebnis soll Aufschluss darüber geben ob die erarbeiteten Rubriken treffend gewählt wurden oder ob es Probleme bei der Zuordnung gab. Weiters soll herausgefunden werden, ob eine der beiden Visualisierungen (Node-Link-Diagramm oder Matrix) bevorzugt verwendet wurde und ob es Auffälligkeiten bei der Vorgehensweise der diversen ProbandInnen gibt.

Das Ziel der Arbeit ist es, die spezifischen Vor- und Nachteile der Matrix bzw. der Node-Link-Diagramme für die bestehende Aufgabenstellung herauszukristallisieren. Zusätzlich sollen noch diverse Strategien, die die UserInnen anwenden um sinnvolles Wissen aus den Visualisierungen abzuleiten, identifiziert werden (sense-making Strategien).

### 4.3 Node-Link-Diagramm

Im oberen Bereich des Node-Link-Diagramms ist die Legende mit den jeweiligen farblich zugeordneten Verbrechenskategorien und die dazugehörige Gewichtung (diese wird von der Polizei festgelegt) zu finden. Darunter ist eine Legende platziert, die jedem der drei dargestellten Jahre eine eigene Farbe zuweist (2013 ist hellblau, 2014 hellgrün und 2015

ist dunkelblau). Dieses Farbschema ist so gewählt, dass es auch für Farbenblinde kein Problem darstellt die einzelnen Zeitintervalle zu unterscheiden. Zusätzlich hat jedes Jahr auch noch einen eigenen Linientyp (2013 gepunktet, 2014 strichliert und 2015 ist eine durchgehende Linie).

Die abgebildeten Köpfe mit Oberkörperanschnitt stellen die Straftäter dar. Anhand der Verbindungslinien kann man erkennen, in welchem Jahr die jeweiligen Paare miteinander in Kontakt standen. Die Beziehungen sind in unterschiedlichen Farben und Linientypen angezeigt, wobei die aktuellsten Ereignisse auf Grund ihres Erscheinungsbildes präsenter wirken und somit leichter zu erkennen sind, da gegenwärtige Delikte für die Polizeiarbeit mehr von Bedeutung sind als ältere. Hat ein Personenpaar über mehrere Jahre hinweg gemeinsam Straftaten begangen, werden die entsprechenden Verbindungslinien in gestapelter Form, also mehrere verschiedenfarbige und verschiedenartige Linien nebeneinander, dargestellt.

Anhand der Dicke der Linien kann man sowohl die Anzahl der strafbaren Handlungen als auch deren Gewichtung erkennen. Aufgrund dieser zusätzlichen Parameter sind die schwereren Straftaten im Zentrum des Node-Link-Diagramms abgebildet.

Im Gegensatz zur Matrix kann man beim Node-Link-Diagramm nicht sofort erkennen, welche Straftat von den jeweiligen kriminellen Paaren begangen wurde. Um diese Information zu erhalten muss man über die Verbindungslinien hovern. Im Zuge dessen erscheint wie bei der Matrix ein weiteres Fenster mit den bereits im oberen Kapitel beschriebenen Zusatzinformationen.

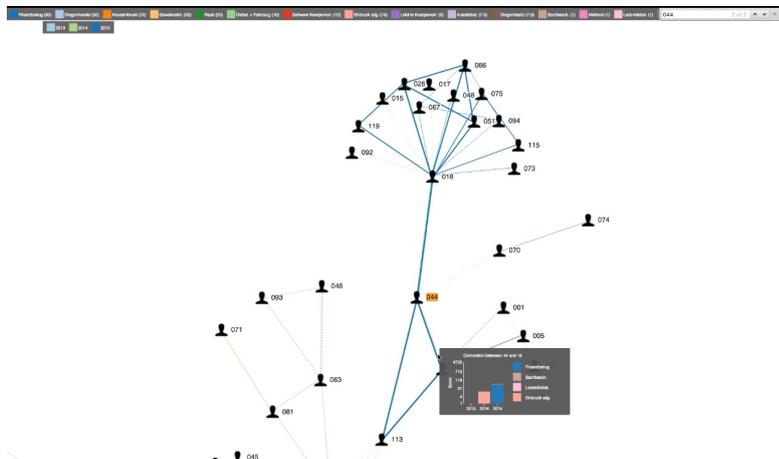


Abbildung 4.1: Node-Link-Diagramm mit zusätzlichem Fenster durch hovering

Im Node-Link-Diagramm erkennt man die indirekten Nachbarn indem man vom ausgewählten Delinquenten die Nachbarn der Nachbarn betrachtet. Sollten aufgrund der Darstellung einige Verbindungen schwer zu erkennen sein, besteht die Möglichkeit die einzelnen Personen zu verschieben (mittels Click & Drag) wodurch das ganze Node-Link-Diagramm in Bewegung gesetzt wird und man somit eine neue Ansicht erhält. Zusätzlich

besteht auch hier die Möglichkeit mittels Mausscroll die Ansicht zu vergrößern oder zu verkleinern.

### 4.4 Erweiterte Adjazenzmatrix

Die erweiterte Adjazenzmatrix (zukünftig kurz Matrix genannt) zeigt in den jeweiligen Zellen die zeitliche Entwicklung, die Häufigkeit sowie die Art des Verbrechens zweier Straftäter an. Die Matrix wird durch eine Diagonale getrennt, wodurch zwei Dreiecke entstehen. Hierbei ist das linke untere Dreieck eine Spiegelung des rechten oberen Dreiecks.

Unter Zuhilfenahme der Legende, welche im oberen Bildbereich zu finden ist, kann man mittels eines Farbsystems erkennen, um welche der 20 Verbrechenskategorien es sich in der jeweiligen Position handelt. Zusätzlich erhält man Informationen über die jeweilige Gewichtung anhand einer Zahl, die sich eingeklammert hinter der jeweiligen Rubrik befindet. Der Score wird von der Polizei festgelegt. Die Höhe der jeweiligen Balken gibt den numerischen Wert der Delikte multipliziert mit der betreffenden Gewichtung an. Somit kann man beispielsweise an der Matrix in der linken oberen Ecke auf einen Blick die schwersten Verbrechen erkennen.

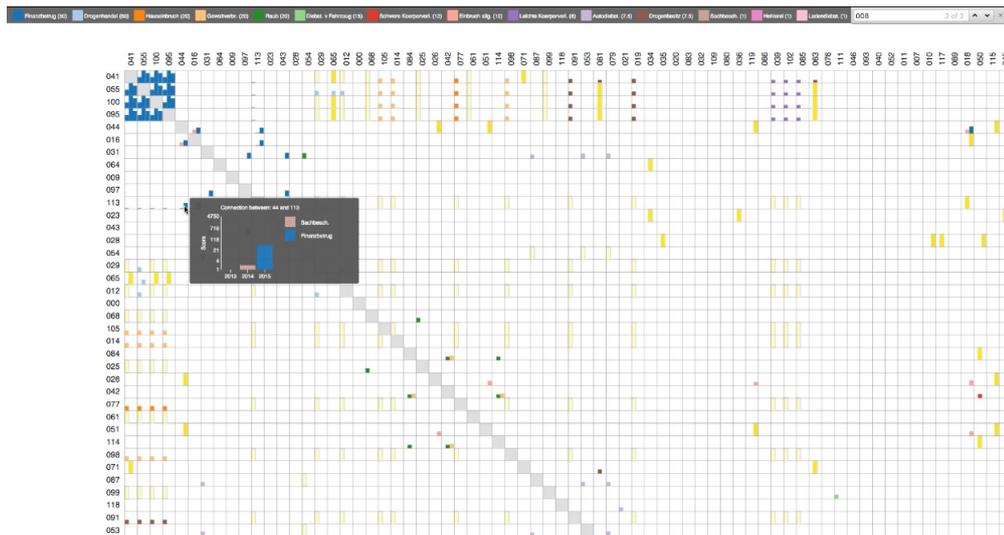


Abbildung 4.2: Matrix mit zusätzlichem Fenster durch hovering

Jedes Täterpaar kann bis zu 3 Säulen angezeigt bekommen, wobei jeweils ein Balken das betreffende Jahr (im Zeitraum von 2013 bis 2015) darstellt. Beginnend mit 2013 folgen die jeweils darauf folgenden Jahre in aufsteigender Reihenfolge, von links nach rechts gelesen. Um die jeweiligen einzelnen Kästchen zu vergrößern bzw. zu verkleinern muss man mit der Maus scrollen.

Für einen genaueren Einblick kann man darüber hinaus noch über die Zellen hovern. Hierbei erscheint ein zusätzliches Fenster, welches Informationen über die jeweiligen Täterpaare gibt (z.B. Verbindung zwischen Nr. 44 und Nr. 113) sowie anhand eines Balkendiagramms deren zeitliche Entwicklung mit den jeweiligen Verbrechenskategorien an der x-Achse (z.B. wurde im Jahr 2014 Sachbeschädigung begangen und im Jahr 2015 erfolgte ein Wechsel zum Finanzbetrug) und den Score an der y-Achse anzeigt.

Um noch einen besseren Einblick in die Vernetzung der jeweiligen Tätergruppen zu bekommen, besteht auch die Möglichkeit sich die Nachbarn 2. Grades (also nicht direkte Nachbarn, sondern solche, die über eine dritte Person vermittelt werden) anzusehen. Hierfür werden in den entsprechenden Zellen gelbe Balken angezeigt, wobei die jeweilige Position und Farbe der Säulen das Jahr angibt in dem die Beziehung aktiv war. Bestand beispielsweise im Jahr 2015 eine Verbindung zu einem indirekten Nachbarn befindet sich in der ausgewählten Zelle an der rechten Seite ein dunkelgelber Balken.

## 4.5 Studie

Anhand einer Studie der Technischen Universität Wien und der Middlesex University in England wurde die Benutzerfreundlichkeit beider Visualisierungen getestet und es wurde untersucht wie Erkenntnisse gewonnen werden (sense-making insight). Hierbei war es den TeilnehmerInnen erlaubt beide Visualisierungen nach eigenem Ermessen zu verwenden. Da beide Darstellungen sehr groß sind, bestand die einzige Einschränkung darin, dass diese nicht gleichzeitig benutzt werden durften, das heißt die ProbandInnen konnten entweder das Node-Link-Diagramm oder die Matrix betrachten.

Für die Durchführung der Evaluation waren zwei Runden geplant. Zuerst wurden insgesamt 31 StudentInnen von zwei verschiedenen Universitäten (21 von der Technischen Universität Wien und zehn von der Middlesex University in England) eingeladen. Die Studierenden der Technischen Universität Wien befanden sich alle am Ende des Bachelor Studiums der Informatik bzw. am Anfang des Master Studiums der Informatik. Die StudentInnen der britischen Universität befanden sich im Doktoratsstudium. Nach einer kurzen Einführung, in der beide Visualisierungen erklärt wurden (bestehend aus einer fünfminütigen Erklärung des Systems und einer zehnminütigen Trainingseinheit), bekamen die StudienteilnehmerInnen folgende Fragen gestellt:

- Suchen Sie Personenpaare deren kriminelle Tätigkeit sich über den gesamten Zeitraum intensiviert hat (das heißt die Höhe der Balken und die Dicke der Verbindungen)
- Suchen Sie nach organisierten Gruppen (größer als zwei Personen), deren kriminelle Aktivität sich in den letzten drei Jahren in Bezug auf die Kategorie geändert hat
- Welche Personen sind vermittelnde Agenten (sogenannte Konnektoren) zwischen zwei Subnetzen? Welche Akteure wären ein guter Ersatz bzw. Nachfolger solcher

Konnektoren, wenn man den Konnektor aus dem Netzwerk entfernen würde unter Betracht bereits bestehender Beziehungen und Erfahrungen in kriminellen Delikten?

- Suchen Sie eine Person mit bemerkenswert vielen Second-Degree-Kontakten im letzten Jahr (das heißt jene indirekten Nachbarn die durch einen gemeinsamen Nachbarn verbunden sind)
- Welche zwei Verbrechenskategorien dominieren das Netzwerk? Diskutieren Sie Ihr Ergebnis
- Wie würden Sie den Trend in diesem Netzwerk in Anbetracht der Kriminalitätsrate und Kategorien einstufen?
- Sind Ihnen noch andere interessante Dinge oder auffällige Muster mit einer der beiden Visualisierungen aufgefallen?

Diese Tasks wurden gemeinsam mit ExpertInnen erstellt und sind realistisch. Die Ausführung der einzelnen Aufgaben wurden mittels Audio- und Bildschirmaufnahmen im Rahmen von thinking-aloud Sessions festgehalten. Im Anschluss erfolgten noch kurze Interviews, die mittels Audioaufnahmen erfasst wurden. Dieses Prozedere wurde sowohl bei den englischen als auch bei den österreichischen StudentInnen durchgeführt. Folgende Fragen wurden bei den Interviews gestellt:

- Welche Visualisierung bevorzugen Sie?
- Welche Aufgabe fanden Sie mit welcher Visualisierung einfacher?
- Welche Vor- und Nachteile sehen Sie zwischen den Visualisierungen?
- Haben Sie Verbesserungsvorschläge?

Die Untersuchung dauerte ohne Durchführung der Interviewfragen im Schnitt 36 Minuten und 45 Sekunden pro TeilnehmerIn, wobei Task 3 mit durchschnittlich 8 Minuten und 2 Sekunden den längsten Zeitaufwand benötigte. Auch die 2. Aufgabe nahm mit durchschnittlich 7 Minuten und 37 Sekunden einen beträchtlichen Teil der benötigten Zeit ein. Aufgabe 7 benötigte mit durchschnittlich 2 Minuten und 53 Sekunden den geringsten Zeitanteil.

Im zweiten Schritt der Studie wurden sechs AnalystInnen der Polizei eingeladen das System anhand der bereits erwähnten Fragestellungen zu testen. Hierbei wurden ebenfalls thinking-aloud Sessions durchgeführt, die mittels Bildschirm- und Audioaufnahmen aufgezeichnet wurden. Im Anschluss wurden die TeilnehmerInnen ersucht einen Fragebogen mit sechs offenen Fragen auszufüllen. Zusätzlich bestand noch die Möglichkeit eigene Wünsche und Gedanken in einem Kommentarfeld preiszugeben. Die geführten Interviews und der zweite Schritt der Studie sind nicht Teil dieser Diplomarbeit und wurden nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

# Qualitative Inhaltsanalyse

## 5.1 Allgemeines

Anhand der Entwicklung der letzten 20 Jahre kann man erkennen, dass in den sozialwissenschaftlichen Forschungsbereichen vermehrt auf qualitativ orientierte Forschungsmethoden zurückgegriffen wird. Jedoch darf auch das quantitative Vorgehen nicht vernachlässigt werden. [MGZ08]

*„Die qualitative Inhaltsanalyse ist ein gutes Beispiel dafür, wie qualitative und quantitative Analyseschritte miteinander verbunden sein können. Denn die Schritte der Kategorienbildung und der Zuordnung von Kategorien zum Text sind eindeutig qualitative Schritte, in aller Regel werden dann aber Kategorienhäufigkeiten erhoben und quantitativ analysiert.“* [MGZ08]

Weiters ist zu bemerken, dass die Ansätze der qualitativen Inhaltsanalyse aus fünf unterschiedlichen Bereichen (Kommunikationswissenschaften, Hermeneutik, qualitative Sozialforschung, Literaturwissenschaft und Psychologie der Textverarbeitung) stammen. Anhand der in den jeweiligen Gebieten zur Verfügung stehenden Techniken konnten 15 Grundsätze erarbeitet werden, die bei einer qualitativen Inhaltsanalyse zu beachten sind [May08]:

- 1. Notwendigkeit systematischen Vorgehens*
- 2. Notwendigkeit eines Kommunikationsmodells*
- 3. Kategorien im Zentrum der Analyse*
- 4. Überprüfung anhand von Gütekriterien*
- 5. Entstehungsbedingungen des Materials*

6. *Explikation des Vorverständnisses*
7. *Beachtung latenter Sinngehalte*
8. *Orientierung an alltäglichen Prozessen des Verstehens und Interpretierens*
9. *Übernahme der Perspektive des anderen*
10. *Möglichkeit der Re-Interpretation*
11. *Semiotische Grundbegriffe*
12. *Pragmatische Bedeutungstheorie*
13. *Interpretationsregeln der strukturalen Textanalyse*
14. *Psychologie der Textverarbeitung*
15. *Makrooperatoren für Zusammenfassungen“* [May08]

Zu Beginn jeder qualitativen Inhaltsanalyse ist es wichtig das vorhandene Material vorzustellen, d.h. es soll eine kurze Einleitung in das zu bearbeitende Thema stattfinden. Danach gibt es drei verschiedene Möglichkeiten um das vorhandene Ausgangsmaterial zu definieren. Hierbei wird bestimmt welche Daten für die Analyse herangezogen werden, die Entstehung des Materials wird beschrieben oder es erfolgt eine konkrete Schilderung über die zur Verfügung stehenden Unterlagen. Der nächste Schritt besteht darin eine geeignete Fragestellung zu definieren. Im nächsten Schritt wird die Richtung der Analyse konkretisiert, d.h. es wird eine Forschungsfrage formuliert. Danach folgt die Entscheidung für eine bestimmte Analysetechnik. Diese folgt in der Regel einem vorher definierten Ablaufmodell. [May08]

Zuletzt erfolgt der Vorgang des Interpretierens. Hierbei wird versucht die vorhandenen Aussagen zu analysieren, zu bewerten und in einem Zusammenhang zu setzen. Dies hat zur Folge, dass das vorhandene Material zusammengefasst wird. Doch nicht nur die Zusammenfassung der Inhalte, sondern auch die Explikation und die Strukturierung sind wichtige Formen des Interpretierens. Im Gegensatz zur Zusammenfassung, die die Minimierung des Materials als Ziel hat, versucht man bei der Explikation gewisse Textstellen genauer zu erklären (enge Kontextanalyse) oder aber auch zusätzliches Material bereitzustellen (weite Kontextanalyse), um ein besseres Verständnis für die jeweilige Problematik zu entwickeln. [May08]

*„Auch bei der Strukturierung sind verschiedene Untergruppen zu unterscheiden. Nach formalen Strukturierungsgesichtspunkten kann eine innere Struktur herausgefiltert werden (formale Strukturierung); es kann Material zu bestimmten Inhaltsbereichen extrahiert und zusammengefasst werden (inhaltliche Strukturierung); man kann auf einer Typisierungsdimension nach einzelnen markanten Ausprägungen im Material suchen und diese genauer beschreiben (typisierende Strukturierung); schließlich kann das Material nach Dimensionen in Skalenform eingeschätzt werden (skalierende Strukturierung).“* [May08]

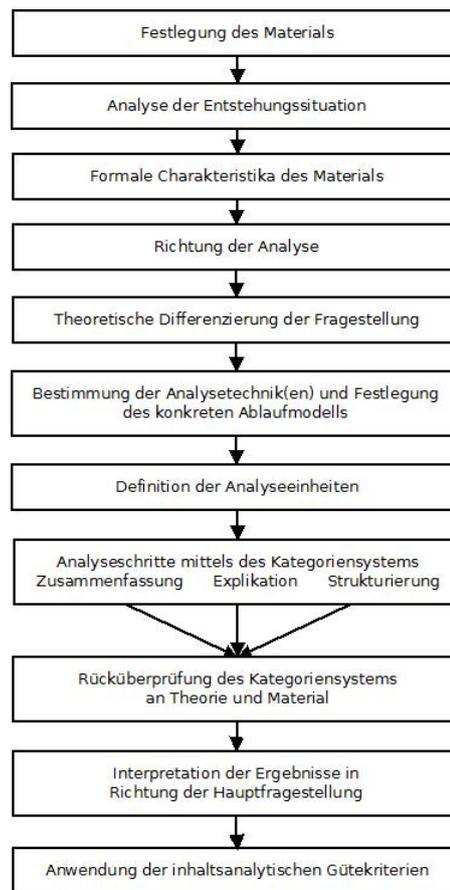


Abbildung 5.1: Allgemeines inhaltsanalytisches Ablaufmodell [May08] S. 54

## 5.2 Thinking-aloud

Thinking-aloud nimmt eine wichtige Rolle in der Sammlung von Daten, die der Benutzerfreundlichkeit dienen, ein. Mithilfe des sogenannten „lauten Denkens“ soll ein Einblick in die kognitiven Prozesse, welche ja bekanntlich nur innerhalb des Kopfes stattfinden, erhalten werden, um beispielsweise besser nachvollziehen zu können, wie ein/eine ProbandIn auf die Lösung eines Problems gekommen ist. [PS14]

Die ersten Psychologen die die Verbalisierung nutzten waren W. James, W. Wundt und andere. Bei ihren Untersuchungen baten sie ProbandInnen, die in Selbstbeobachtung trainiert waren, ihre eigenen mentalen Prozesse wiederzugeben. Da die Ergebnisse jedoch schwer zu replizieren waren, wurden sie von J.B. Watson und anderen Behavioristen angegriffen. In den 1960er Jahren wurde die Theorie jedoch wieder aufgegriffen. So zitierten R. Nisbett und T. Wilson in ihrer Arbeit „Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes“ [NW77] zahlreiche Studien die darauf hinwiesen, dass mentale Prozesse für Menschen nicht direkt abrufbar sind. In ihrer Arbeit „Thinking

aloud: Reconciling theory and practice“[BR00] beschreiben T. Boren und J. Ramey das Model der Verbalisierung von K. A. Ericsson und H. A. Simon welches zusätzlich noch betont, dass die damalige Kritik hauptsächlich bei speziellen Verbalisierungstypen besteht. Sie definierten drei Stufen der Verbalisierung, wobei die Vertrauenswürdigkeit mit jeder Stufe sinkt. Die Verwendung der dritten Stufe soll vermieden werden. [BR00]

*„Stufe 1: Verbalisierungen die nicht umgewandelt werden müssen bevor sie während der Aufgabenausführung verbalisiert werden (wie etwa die Verbalisierung von Zahlenfolgen während der Lösung eines mathematischen Problems)*

*Stufe 2: Verbalisierungen die umgewandelt werden müssen bevor sie während der Aufgabenausführung verbalisiert werden (z.B. müssen Bilder in Worte umgewandelt werden bevor man sie verbalisiert)*

*Stufe 3: Verbalisierungen die zusätzliche kognitive Prozesse erfordern die über die geforderte Aufgabenstellung oder Verbalisierung hinausgehen (ein Beispiel hierfür wäre, dass nur Informationen über ein bestimmtes Thema behandelt werden)“ [BR00]*

Wichtig ist, dass nur aussagekräftige Daten gesammelt werden (nicht etwa persönliche Meinungen), dass man den TeilnehmerInnen vor der Untersuchung genau erklärt wie thinking-aloud funktioniert und im Falle von längeren Schweigens darauf hinweist, ihre Gedanken laut auszusprechen. Ansonsten sollte man während des Prozesses nicht eingreifen. Der Unterschied zwischen dem Ansatz von K. A. Ericsson und H. A. Simon und dem Ansatz von T. Boren und J. Ramey ist, dass die beiden letztgenannten lockerer mit dieser Methode umgehen, indem sie beispielsweise Sprachkommunikation bei ihren Untersuchungen erlauben. [BR00]

Die Vorteile dieser Art von Untersuchung sind, dass man einen Einblick in die Gedankenprozesse bekommt und man die Aktivitäten, Aktionsabfolgen sowie Strategien der AnwenderInnen besser versteht. Thinking-aloud wird teilweise als störend und unnatürlich empfunden, jedoch akzeptieren die ProbandInnen diese Methode bei der Anwendung sehr schnell. Obwohl der Lösungsprozess länger dauert bleibt das Endergebnis jedoch unverändert. [PS14]

### 5.3 Emergent Themes Analyse

Bei dieser Art der Analyse werden anhand der vorhandenen Daten ausgedehnte Themen erarbeitet, welche dann in weiterer Folge in speziellere Themenbereiche unterteilt werden. Die daraus entstandenen Informationen werden von Experten strukturiert und reduziert. Nachdem die erarbeiteten Daten in einer Tabelle und in Geschichten wiedergegeben wurden, werden diese interpretiert und konzeptualisiert. Die nun erhaltenen Designstrategien werden festgehalten und für die Repräsentation des Design Konzepts verwendet. [WB02]

Die erarbeiteten sense-making Strategien gehen weit über die bloße Identifizierung von Datenpunkten hinaus, da sie eine Repräsentation von komplexen Verhaltensweisen darstellen. Die AnwenderInnen konnten unter Anwendung von Strategien nicht nur die

gewünschten Informationen herausfinden, sondern konnten auch neues Wissen erzeugen. Durch Interpretation, besseren Verstehens und der Entwicklung neuer Einsichten konnte eine hohe Sicherheit bei der Anwendung entstehen. [DHSP<sup>+</sup>17]

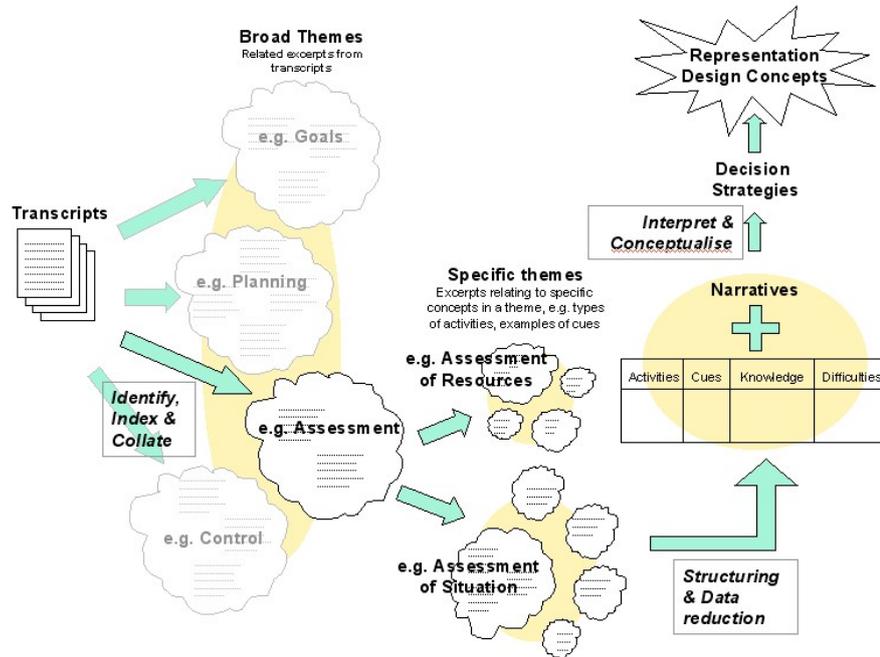


Abbildung 5.2: Emergent Themes Analyse[WB02] S. 5

## 5.4 Verwendung der qualitativen Inhaltsanalyse bei der Auswertung der Studie

### 5.4.1 Festlegung des Materials

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden, von der bereits im Kapitel 4.5 vorgestellten Studie, die 21 Videos der StudentInnen der Technischen Universität untersucht. Hierbei wurde festgestellt, dass acht Aufnahmen keinen Ton enthielten. Somit wurden diese ignoriert. Die verbliebenen 13 Videos wurden einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen.

### 5.4.2 Analyse der Entstehungssituation

Alle TeilnehmerInnen der Studie wirkten freiwillig daran mit. Die Untersuchung erfolgte anhand eines Gesprächsleitfadens mit genau definierten Fragen. Diese wurden der Reihe nach gestellt und die StudentInnen konnten offen darauf antworten, d.h. es gab keine vorgefertigten Antwortmöglichkeiten zur Auswahl. Die Tests wurden von MitarbeiterInnen der Technischen Universität Wien durchgeführt und fanden auch in deren Räumlichkeiten statt.

### 5.4.3 Formale Charakteristika des Materials

Die Antworten auf die gestellten Aufgaben wurden mittels Audio- und Bildschirmaufnahmen festgehalten. Die ProbandInnen führten die Abarbeitung der Problemstellungen in thinking-aloud Sessions durch. Bei Unklarheiten konnten die InterviewerInnen gefragt werden.

### 5.4.4 Richtung der Analyse

Anhand der vorgegebenen Visualisierungen (Matrix oder Node-Link-Diagramm) konnten die StudentInnen eine dieser beiden Darstellungen zur Beantwortung der gestellten Fragen verwenden. Die Entscheidung ob die Matrix, das Node-Link-Diagramm oder beide visuellen Darstellungen aufeinanderfolgend verwendet wurden, konnte in beliebiger Reihenfolge und Häufigkeit von den TeilnehmerInnen selbst getätigt werden. Da sich alle ProbandInnen für das Studium der Informatik entschieden haben, herrschte bezüglich der Verwendung von Visualisierungen ein Wissenshintergrund.

### 5.4.5 Theoriegeleitete Differenzierung der Fragestellung

Das ausgewählte Material enthält Aussagen von 13 StudentInnen der Technischen Universität Wien bezüglich der Entscheidung für oder gegen eine der beiden vorgegebenen visuellen Darstellungsformen. Weiters wird in den Äußerungen noch näher auf die Lösungsstrategien der jeweiligen Aufgabenstellungen eingegangen. Die bisherige Literatur die sich mit dem Thema „Matrix oder Node-Link-Diagramm?“ beschäftigt besagt, dass eine Entscheidung für oder gegen eine Visualisierung sowohl von der Fragestellung als auch von der Art des Graphen abhängt. Nähere Erläuterungen zu diesem Thema sind im Kapitel 2 zu finden. Somit ergeben sich aus dem vorliegenden Material zwei Hauptfragestellungen:

1. Welche spezifischen Vor- und Nachteile hat die Matrix bzw. das Node-Link-Diagramm für die bestehende Aufgabenstellung?
2. Welche unterschiedlichen Strategien verwenden die UserInnen um sinnvolles Wissen aus den Visualisierungen abzuleiten?

### 5.4.6 Bestimmung der Analysetechnik und Festlegung des konkreten Ablaufmodells

Aufgrund des vorliegenden Materials und der gegebenen spezifischen Problem- und Aufgabenstellung wird für die Auswertung die Technik der strukturierenden Inhaltsanalyse angewandt.

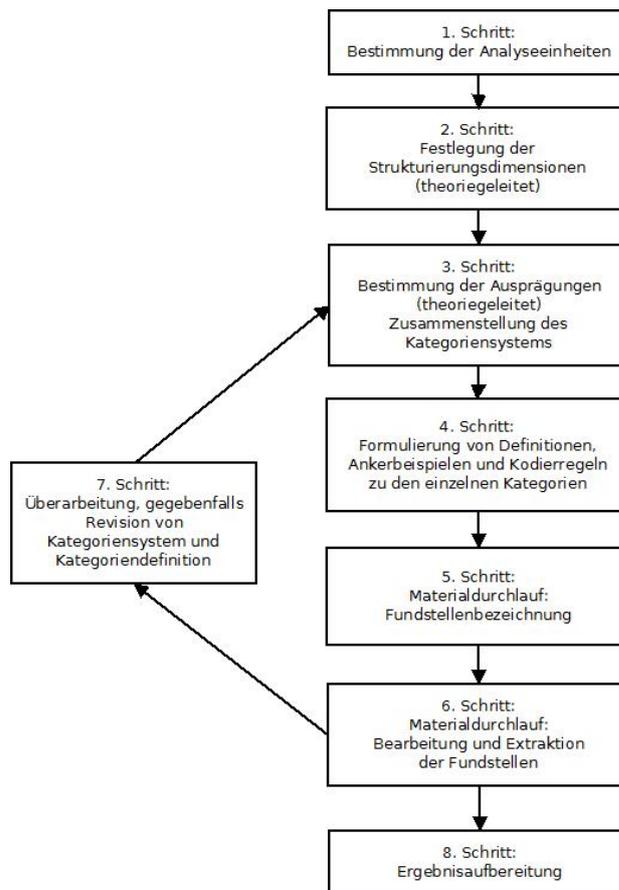


Abbildung 5.3: Ablaufmodell strukturierender Inhaltsanalyse [May08] S. 84

### 5.4.7 Definition der Analyseeinheiten

Als Kodiereinheit, also den minimalsten Textbestandteil einer Aussage, wird ein Wort festgelegt. Die Kontexteinheit, welche den maximalen Textbestandteil festlegt, kann aus einem oder mehreren aufeinanderfolgenden Sätzen bestehen, sofern diese eine zusammenhängende Aussage bilden. Die Kodierung der Textbestandteile (Auswertungseinheit) sind die einzelnen Sätze bzw. Satzfolgen. In Ausnahmefällen (wie z.B. Einwortsätzen oder speziellen Überlegungen) können auch einzelne Wörter für die Kodierung herangezogen werden.

### 5.4.8 Analyseschritte mittels des Kategoriensystems

Nach der ersten Durchsicht der Videos wurden anhand der Aussagen der ProbandInnen verschiedene Kategorien erarbeitet. In der ersten Version lauteten diese wie folgt:

- zeitliche Entwicklung der Daten

- nochmalige Überprüfung der Daten
- Geschichten erzählen
- Vergleiche von Personen bzw. Attributen
- Beziehungen
- Eliminierung
- Verbindungen in den Daten
- Neugier
- Zufall
- Widerspruch
- Sackgasse
- Aussagen über die Qualität der Visualisierung
- Gründe des Wechsels
- Aussagen über die eigene Suchstrategie
- Anfangspunkt
- Aha-Moment
- Probleme bei der Lösungsfindung
- Integrität des mentalen Modells angegriffen
- Beobachtetes Nutzerverhalten
- Verbrechensanzahl
- Verbrechenstyp
- Gewichtung
- einzelne Daten
- schrittweise Lösungsfindung
- Mustererkennung

Die Kategorien „Widerspruch (Contradiction), Beziehungen (Relationship/Connection), Zufall (Coincidence), Neugier (Open Mindedness/Curiosity) und Sackgasse (Creative Desperation)“ stammen von Gary Klein, der unter anderem das in weiterer Folge beschriebene Triple Path Model entwickelt hat. Dieses Model besteht aus dem Contradiction Pfad, dem Connection Pfad und dem Creative Desperation Pfad. Bei einer Contradiction versucht man nicht nur eine entdeckte Abweichung nicht zu verwerfen, sondern stellt sich in weiterer Folge auch vor, dass diese Annahme gültig ist. Danach werden die restlichen Thesen nochmals neu überdacht, damit auch diese mit der neuen Entdeckung zusammen passen. Hierfür ist es oft notwendig bereits getroffene Annahmen zu verwerfen. Im Falle einer Creative Desperation wird hingegen nicht versucht eine schwache These anzunehmen und deren Gültigkeit zu untermauern, sondern es wird versucht die Lösung durch Eliminierung der entdeckten Anomalie zu erzielen. Bei beiden Ansätzen muss man sich von seinen gewohnten Vorstellungen verabschieden und das Verstandene wird verändert. Die Connection unterscheidet sich zu den beiden anderen Pfaden darin, dass man hier aufgrund einer neu entdeckten Annahme versucht die weiteren Folgerungen auszuarbeiten. Dies kann durch das Entdecken von Verbindungen, durch Zufall oder Neugier entstehen. Jene drei Kategorien werden im Triple Path Model kombiniert, da sie alle neue Ansätze bilden. Coincidence und Curiosity sind keine neuen Erkenntnisse. Sie helfen lediglich bei der Identifizierung neuer Möglichkeiten. Alle drei Pfade haben jedoch das gleiche Ergebnis. Durch eine unerwartete Wendung wird das Verstehen verändert. Weiters führen verschiedene Wege zum Ergebnis. Diese können direkte Routen oder Kreuzungen sein, wobei multiple Pfade die Regel sind. [Kle13]

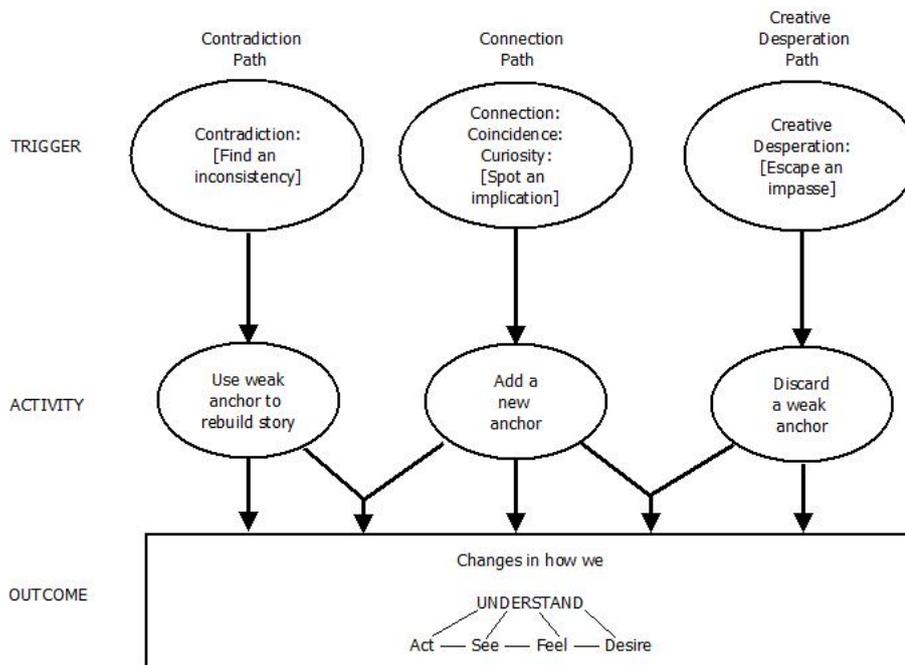


Abbildung 5.4: Triple Path Model [Kle13] S. 104

Für die Entwicklung der Kategorien „Eliminierung, zeitliche Entwicklung der Daten, nochmalige Überprüfung der Daten, Geschichten erzählen, Vergleiche von Personen bzw. Attributen und Anfangspunkt“ wurden die thinking-aloud Protokolle analysiert. Die daraus abgeleiteten sense-making Strategien wurde mit Hilfe der Emergent Themes Analyse, welche bereits im Kapitel 5.3 näher erläutert wurde, erstellt. [DHSP<sup>+</sup>17]

Die Kategorie „Aha-Moment“ stammt aus der Gestaltpsychologie. Dieses Erlebnis wurde erstmals von dem Psychologen Karl Bühler beschrieben. Hierbei wird das plötzliche Verstehen eines Problems beschrieben. [BFP11] Die genaue Definition des „Aha-Erlebnisses“ lautet folgendermaßen:

*„Ein Aha-Erlebnis ist das plötzliche und unerwartete Verstehen eines Phänomens; eine Lösungs idee, die die verborgene Struktur eines Problems erkennt.“* [BFP11]

Die restlichen Kategorien entwickelten sich bei der Durchsicht des Materials, also bottom-up, und sind ansonsten nicht zuordenbar.

### 5.4.9 Rücküberprüfung des Kategoriensystems an Theorie und Material

Nachdem die Rubriken festgelegt wurden, wurden zwei Videos (Nummer 6 und Nummer 12) analysiert und es wurde versucht die jeweiligen Aussagen den entsprechenden Bereichen zuzuordnen. Hierbei wurde festgestellt, dass die Aufteilung von Verbindungen und Beziehungen nicht möglich ist, da diese im Prinzip die gleichen Aussagen erwirken. Somit wurde die Kategorie „Verbindungen in den Daten“ gestrichen. Auf das beobachtete Nutzerverhalten wurde ebenfalls verzichtet, da bei diesem Punkt ein zu großer Interpretationsspielraum zu beachten ist. Ein näheres Eingehen auf Verbrechensanzahl, Verbrechenstyp, Gewichtung und einzelne Daten macht insofern keinen Sinn, da die TeilnehmerInnen hierbei lediglich die vorhandenen Daten aus den beiden Visualisierungen vorlesen. Die Themen Mustererkennung und schrittweise Lösungsfindung wurden mit den Aussagen über die eigene Suchstrategie zusammengefasst. Fragen, die direkt mit den Visualisierungen oder den Aufgaben zu tun hatten, wurden bei der Auswertung ignoriert.

In Anbetracht der ersten Begutachtung der Videos wurden nun folgende 17 Kategorien für die qualitative Inhaltsanalyse verwendet:

- **Elimination**  
Bestimmte Daten werden aus der Lösungsmenge ausgeschlossen. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Die gelben Balken schau ich mir auch nicht an, weil die ja indirekt sind.“*
- **Trend**  
Wie hat sich eine Person über die Zeit entwickelt? Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Es ist sehr auffällig, dass sehr oft nur in einem Jahr was passiert.“*

- **Verifikation**  
Die getätigten Aussagen werden nochmals überprüft (entweder innerhalb der Visualisierung oder in der jeweils anderen Darstellung). Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Die müssten dann hier auch sein.“*
- **Storytelling**  
Anhand einer Geschichte wird versucht mögliche Daten zu analysieren und somit das Verhalten der Täter nachzuvollziehen. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Wenn eine Straftat die 5 waren dann waren die wahrscheinlich im Gefängnis und bei der nächsten dann nicht mehr dabei.“*
- **Comparison**  
Hier werden verschiedene Personen bzw. Attribute miteinander verglichen. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Der 18er hat jetzt mit den anderen keinen Finanzbetrug gemacht.“*
- **Relationships**  
Nähere Betrachtung der Beziehungen der jeweiligen Täter. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Wenn man den 18er wegnimmt wären die anderen trotzdem verbunden.“*
- **Creative Desperation**  
Der Teilnehmer befindet sich in einer Sackgasse und weiß nicht mehr weiter. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Vielleicht ist das ein schlechtes Beispiel...ich weiß es nicht.“*
- **Coincidence**  
Bei diesem Punkt erhält der Teilnehmer eine zufällige Erkenntnis. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Wenn ich interpretieren darf, würde ich sagen ...“*
- **Contradiction**  
Während der Ausarbeitung der Aufgabe ergibt sich ein Widerspruch. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Da schauts eigentlich anders aus kommt mir vor.“*
- **Aha-Moment**  
Der Teilnehmer gewinnt eine neue Erkenntnis. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Ah, da gehts nur um Jahre...“*
- **Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen**  
Hierunter fallen jene Aussagen die beim Wechsel vom Graphen zur Matrix (oder umgekehrt) getätigt werden. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Dann versuch ich mal wie das im Graphen aussieht.“*
- **Qualität der Visualisierung**  
In diese Kategorie fallen jene Aussagen die mit der Benutzerfreundlichkeit bzw. der graphischen Umsetzung zu tun haben. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Ich find das gut, dass das so schön unterschiedlich ist von den Farben her.“*

- Suchstrategie  
Welche Strategie verfolgt der Teilnehmer um zur gewünschten Lösung zu gelangen?  
Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Es ist gut wenn ich schau wo zwei Linien sind.“*
- Initial Cues  
An welchem Punkt wird mit der Aufgabe begonnen? Hierbei werden nicht nur die Aussagen protokolliert sondern es wird auch das beobachtete Nutzerverhalten dokumentiert. Ein Beispiel hierfür wäre: *„Der Teilnehmer beginnt in der Matrix in der linken oberen Ecke.“*
- Probleme bei der Lösungsfindung  
In diesem Fall werden etwaige Schwierigkeiten oder Beobachtungsfehler der teilnehmenden Personen aufgelistet. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Man weiß nicht so genau welcher das ist.“*
- Integrität der Mentalen Models angegriffen  
Der User hat ein bestimmtes Modell des Graphen bzw. der Matrix im Kopf. Dieses sollte so bleiben wie es von Anfang an ist und sich nicht verändern. So sollte sich beispielsweise der Graph nicht bewegen wenn man mittels Click & Drag die einzelnen Personen hin und her schiebt. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Das war nicht so gut, jetzt hat es sich verändert.“*
- Open Mindedness  
Erkenntnisse die aufgrund der Neugier des Teilnehmers gewonnen werden. Ein Beispiel hierfür wäre folgende Aussage: *„Also gut, schau ma mal, ob ichs sonst so sehen würde.“*

# Ergebnisse

## 6.1 Charakterisierung der einzelnen StudienteilnehmerInnen

### Teilnehmer 1

Teilnehmer 1 ist männlich und wirkt sehr sicher bei der Lösung der Aufgaben. Weiters kommt er anscheinend gut mit der Methodik des thinking-aloud zurecht, da er seine Gedanken sehr gut ausformuliert und seine Handlungen kommentiert. Weiters ist auffällig, dass er öfters versucht diverse Verbindungen mittels eigener Geschichten (Stichwort: Storytelling) zu analysieren. Bei der Bearbeitung der einzelnen Fragestellungen wurde sowohl die Matrix als auch das Node-Link-Diagramm verwendet. Innerhalb der einzelnen Aufgabenstellungen erfolgten sehr wenige Wechsel zwischen den Visualisierungen. Bei der ersten und vierten Frage wurde lediglich die Matrix verwendet und bei der siebenten Frage wurde nur auf das Node-Link-Diagramm zurückgegriffen.

### Teilnehmer 2

Teilnehmer 2 ist männlich und kommentiert seine Gedankengänge sehr ausführlich. Weiters versucht er jede einzelne Aufgabe sowohl in der Matrix als auch im Node-Link-Diagramm zu lösen. Zusätzlich zeichnet er sich durch eine genaue Arbeitsweise aus. So entdeckt er beispielsweise während der Abarbeitung der ersten Problemstellung einen Fehler in seinem Lösungsansatz. Daraufhin beginnt er nochmals vollständig von vorne mit der Frage. Auch hier erfolgten wenige Wechsel zwischen den Visualisierungen. Beide Darstellungen wurden in jeder einzelnen Aufgabenstellung verwendet.

### Teilnehmer 3

Teilnehmer 3 ist männlich und wirkt sehr unsicher bei der Lösung der gestellten Fragen. Er hat viele Fragen zu den einzelnen Visualisierungen und kommentiert sein Handeln eher wenig. Bei der zweiten und dritten Aufgabe wurde nur das Node-Link-Diagramm

verwendet. Bei den restlichen Problemstellungen wurde auf beide Darstellungsformen zurückgegriffen. Weiters erfolgten wenige Wechsel innerhalb der einzelnen Fragestellungen.

### **Teilnehmer 4**

Teilnehmer 4 ist männlich und befasst sich häufig mit den Beziehungen der einzelnen Täter untereinander. Bei der vierten, fünften, sechsten und siebenten Aufgabe benutzt er lediglich die Matrix um zu einer Lösung zu gelangen. Die dritte Aufgabe wird hingegen nur mit dem Node-Link-Diagramm gelöst. Bei den ersten zwei Fragen werden beide Darstellungen verwendet. Die Gedankengänge werden ausreichend kommentiert.

### **Teilnehmerin 5**

Teilnehmerin 5 ist weiblich und wirkt sehr unsicher. Sie hat Schwierigkeiten mit der Sprache und kommentiert sehr wenig ihr Handeln. Bei der Lösung der Aufgaben zwei und drei befindet sie sich mehrmals in einer Sackgasse. Auch die vierte Aufgabe bereitet ihr Probleme bei der Lösungsfindung. Sie verwendet beide Visualisierungen wobei sich doch ein Trend zum Node-Link-Diagramm hin zeigt. Lediglich bei der vierten Frage wird ausschließlich die Matrix verwendet. Bei der siebenten Problemstellung wird keine Antwort gegeben.

### **Teilnehmerin 6**

Teilnehmerin 6 ist weiblich und arbeitet sehr strukturiert. Es erfolgen insgesamt sehr wenige Wechsel zwischen den Visualisierungen und sie bleibt bei den einzelnen Aufgaben meistens in jeweils einer der beiden Darstellungsformen. Die Lösungsansätze werden sehr gut kommentiert. Es werden beide Visualisierungen verwendet und sie wirkt sehr sicher im Umgang damit. Zur Beantwortung der Fragen eins und vier wurde nur auf die Matrix zurückgegriffen. Die Aufgaben zwei, drei und sechs wurden nur mit Hilfe des Node-Link-Diagramms gelöst.

### **Teilnehmer 8**

Teilnehmer 8 ist männlich und kommentiert sehr ausführlich seine Lösungsstrategien. Bei den Aufgaben eins, zwei und sechs überprüft er seine Ergebnisse in der jeweils anderen Visualisierung, d.h. die Lösung die beispielsweise mithilfe der Matrix erarbeitet wurde wird nochmals im Node-Link-Diagramm erarbeitet. Weiters ist noch zu beachten, dass dieser Teilnehmer auch den jeweiligen Score bei der Beantwortung der einzelnen Fragen beachtet. Aufgabe drei und vier wurden nur mithilfe des Node-Link-Diagramms gelöst. Für Aufgabe fünf war ausschließlich die Matrix vonnöten. Für die restlichen Fragestellungen wurden beide Visualisierungen verwendet.

### **Teilnehmer 10**

Teilnehmer 10 ist männlich und kommentiert seine Lösungsansätze sehr gut. Zusätzlich hat er sowohl für die Aufbereitung der Matrix als auch für das Node-Link-Diagramm noch sehr viele Änderungswünsche bzw. Verbesserungsvorschläge. Zur Lösung der ersten drei Aufgaben bevorzugte er das Node-Link-Diagramm. Für die letzten vier Problemstellungen verwendete er beide Darstellungsarten.

### **Teilnehmer 12**

Teilnehmer 12 ist männlich und hatte unter allen StudienteilnehmerInnen die meisten Wechsel zwischen den Visualisierungen. Ein Grund hierfür ist, dass er seine Ergebnisse immer wieder in der jeweils anderen Darstellung überprüft hat. So wurden beispielsweise Ergebnisse des Node-Link-Diagramms nochmals in der Matrix überprüft. Sowohl im Node-Link-Diagramm als auch in der Matrix vergrößerte und verkleinerte er häufig die Ansicht. Zusätzlich klickte er während der Lösung der Aufgaben immer wieder sehr viel mit der Maus und im Node-Link-Diagramm verschob er immer wieder die einzelnen Personen. Um einen gewissen Täter zu finden verwendete er die Suchfunktion. Für die Lösung der Aufgaben verwendete er in beinahe allen Fragestellungen beide Visualisierungen. Lediglich bei Frage vier verwendete er nur die Matrix.

### **Teilnehmer 18**

Teilnehmer 18 ist männlich und verschafft sich zu Beginn der Aufgaben erstmals einen groben Überblick um einen Denkanstoß zu erhalten. Weiters fiel auf, dass er versuchte, jene Gruppen, die aus mehr als zwei Personen bestehen, in der Matrix ausfindig zu machen. Außer in Aufgabe drei (hier wurde lediglich das Node-Link-Diagramm zur Lösung herangezogen) verwendete er immer beide Visualisierungen.

### **Teilnehmer 19**

Teilnehmer 19 ist männlich und bevorzugte eindeutig das Node-Link-Diagramm für die Lösung der Aufgaben. Er verbrachte insgesamt 29 Minuten und 37 Sekunden im Node-Link-Diagramm und lediglich drei Minuten und acht Sekunden in der Matrix. Letztgenannte Visualisierung verwendete er nur in den Aufgaben fünf und sieben.

### **Teilnehmer 20**

Teilnehmer 20 ist männlich und hat die Lösungsansätze ausreichend kommentiert. Ansonsten gab es keinerlei Auffälligkeiten bei diesem Teilnehmer. Für die Aufgaben eins und fünf benutzte er ausschließlich die Matrix. Bei Frage drei und vier griff er nur auf das Node-Link-Diagramm zurück. Ansonsten verwendete er beide Darstellungen für die Lösung der Fragestellungen.

### **Teilnehmerin 21**

Teilnehmerin 21 ist weiblich und kommentierte wenig ihre Gedankengänge. Bei Aufgabe eins und vier griff sie ausschließlich auf die Matrix zurück, bei Nummer zwei und drei verwendete sie das Node-Link-Diagramm. Für die restlichen Fragen benutzte sie beide Visualisierungen.

## **6.2 Auswertung der Ergebnisse der Kategorisierung**

### **Elimination**

Die Kategorie „Elimination“ wurde sowohl beim Node-Link-Diagramm als auch bei der Matrix angewendet. Insgesamt betrachtet gehört sie eher zu den schwächeren Kategorien,

da sie kaum Anwendung gefunden hat. Vier TeilnehmerInnen verwendeten diese Kategorie gar nicht, drei TeilnehmerInnen verwendeten sie sowohl im Node-Link-Diagramm als auch in der Matrix. Der Rest nahm sie nur im Node-Link-Diagramm in Anspruch. Teilnehmerin 6 nützte diese Kategorie am häufigsten. Bei den Aufgaben fünf, sechs und sieben verwendete keiner der AnwenderInnen diese Kategorie. Mehrheitlich findet die Elimination in der ersten Frage Anklang. Aussagen für diese Kategorie sind:

*„Die haben immer nur in einem Jahr ein Verbrechen, die würd ich nicht dazu tun.“*

*„Der hat zwar mehrere Verbrechen, aber nicht in dem Jahr.“*

*„Das ist alles blau, das heißt es ist nur 2015.“*

*„Es betrifft nur die Knoten wo sich was verändert hat.“*

*„Die Einzelnen kann man nicht als Subnetz sehen, weil sie keine Verbindungen miteinander haben.“*

*„Nachdem die Seite eh gespiegelt ist brauch ich hier gar nicht schauen.“*

### **Trend**

Die Kategorie „Trend“ findet ebenfalls in beiden graphischen Darstellungen ihre Anwendung und wurde sowohl im Node-Link-Diagramm als auch in der Matrix in etwa gleich oft genutzt. Teilnehmer 1 und Teilnehmer 18 verwendeten diese Kategorie lediglich in der Matrix, Teilnehmer 19 nahm sie nur beim Node-Link-Diagramm in Anspruch und nützte sie gleichzeitig am häufigsten. Die meisten Anwendungen dieser Kategorie sind in der ersten Aufgabe zu finden. Die Aufgaben drei, vier und fünf beinhalten keine Äußerungen bezüglich des Trends. Aussagen für diese Kategorie sind:

*„Da dürfte der Trend hinuntergehen.“*

*„Da seh ich, dass die Person über die Zeit verschiedene Kategorien hatte.“*

*„Das ist auch mehr geworden von 2014 auf 2015.“*

*„Die sind in allen 3 Jahren sehr aktiv.“*

*„2013 fangen sie an und 2014 war das Stärkste.“*

*„2015 hab ich mehrere Fälle von Finanzbetrug und sowohl Nummer 31 mit 43 und Nummer 31 mit 97 Finanzbetrug, während 2013 noch Autodiebstahl und Raub die Verbrechen waren.“*

### **Verifikation**

Die Kategorie „Verifikation“ wurde sowohl in der Matrix als auch im Node-Link-Diagramm benutzt und wurde in beiden Darstellungen etwa gleich oft angewendet. Im Gesamtbild gesehen ist sie jedoch eine der seltener verwendeten Kategorien. Insgesamt 5 TeilnehmerInnen benötigten diese Kategorie nicht, der Rest äußerte sich diesbezüglich auch nur sehr sporadisch. Am häufigsten wurde sie von Teilnehmerin 6 und Teilnehmer 8 verwendet. Aufgabe eins und zwei übernehmen in dieser Kategorie den größten Anteil.

Bei den Fragen sechs und sieben findet sie keinen Anklang. Aussagen für diese Kategorie sind:

*„Das war der, den hab ich.“*

*„Machen wirs nochmal mit System.“*

*„Jetzt schauen wir nochmal da.“*

*„Die müssten dann hier auch sein.“*

*„Da würd ich jetzt nicht mehr sagen, dass da irgendeins ist, aber ich kontrolliers lieber noch mal nach.“*

*„Ich nehm einfach eins, was ich von drüben gelöst hab, wenn ich das darf, her und schau, wie das da aussieht.“*

### **Storytelling**

Die Kategorie „Storytelling“ wurde in beiden Visualisierungen verwendet. Vier TeilnehmerInnen machten diesbezüglich keine Anmerkungen. Am häufigsten wurde diese Kategorie von Teilnehmer 1 in Anspruch genommen. Vier andere TeilnehmerInnen nutzten sie lediglich im Node-Link-Diagramm. Insgesamt gehört diese Kategorie zum unteren mittleren Drittel. Bei Aufgabe vier verwendete sie niemand, Aufgabe zwei ist hingegen sehr beliebt im Bezug auf dementsprechende Äußerungen. Aussagen für diese Kategorie sind:

*„Das sind die Chefs die miteinander kommunizieren.“*

*„Da würd ich das eher so interpretieren, dass die Verbindung zwischen 16 und 01 sehr aktiv war, die Nummer 1 dann ins Gefängnis gegangen ist und deswegen die Nummer 16 mit der Nummer 44 ab 2014 begonnen hat Verbrechen zu begehen.“*

*„Das sind nur Finanzbetrüger, wenn ich mich nicht getäuscht habe, genau, bleiben ihrem Handwerk anscheinend treu.“*

*„Ich glaub die Big Bosses die machen sehr viel Finanzbetrug.“*

*„Es wäre halt gut, wenn einer sich in Autodiebstahl und in Einbruch auskennt.“*

*„Ich find so, halt professioneller Kriminalität, einfach von normalen Einbruch allgemein hin zu Finanzbetrug, glaub ich, gehört dann schon mehr dazu.“*

### **Comparison**

Die Kategorie „Comparison“ wurde hauptsächlich im Node-Link-Diagramm verwendet. Vier TeilnehmerInnen nutzten sie in beiden Visualisierungen, zwei TeilnehmerInnen nahmen sie nicht in Anspruch. Teilnehmer 20 verwendete sie am häufigsten. Aufgabe drei nimmt den Löwenanteil in dieser Kategorie ein. Bei Aufgabe sechs hingegen machte diesbezüglich niemand Bemerkungen. Aussagen für diese Kategorie sind:

*„114 hat mit 84 begonnen mit Raub und 84 ist dann mit 42 von Raub zu Gewaltverbrechen.“*

*„Die haben alle zwar Finanzbetrug gemacht, aber irgendwie haben sie nie die Kategorie geändert.“*

*„Der 44er schaut mir so aktiv aus wie der 18er.“*

*„Die 44 ist erfahren mit Finanzbetrug, Sachbeschädigung, Ladendiebstahl, Einbruch und die 18 hat Finanzbetrug, Einbruch und Sachbeschädigung. Das Einzige was fehlt ist Ladendiebstahl.“*

*„62 und 116 haben was Unterschiedliches begangen, aber 62 und 47 nicht, das heißt 47 ist erst beim Ladendiebstahl zu 116 und 62 gekommen.“*

*„Die Zwei haben eine verschiedene Crime History und der Dritte nur ein Verbrechen.“*

### **Relationships**

Die Kategorie „Relationships“ gehört zu einer der am meisten verwendeten Kategorien. Sie wurde von allen TeilnehmerInnen benützt und sowohl im Node-Link-Diagramm als auch in der Matrix angewandt. Teilnehmer 8 verwendet sie am häufigsten. Insgesamt fünf TeilnehmerInnen nützten sie nur im Node-Link-Diagramm. Auf diese Kategorie wurde in allen Aufgabenstellungen zurückgegriffen, wobei Frage drei hier den größten Teil in Anspruch nahm. Aussagen für diese Kategorie sind:

*„Wenn man nur die direkten Verbindungen nimmt dann ist es auch schon eine Gruppe.“*

*„Die Gruppe ist tendenziell mit Einbruch beschäftigt.“*

*„Die 119 ist über die 18 verbunden mit der 44.“*

*„16, 44 und 18 sind eine Einbrechergruppe und die sind verbunden mit der anderen Einbrechergruppe.“*

*„Ich würd sagen, dass der 44er ziemlich viele 2<sup>nd</sup>Degree Nachbarn hat.“*

*„Der hat zwar keine Verbindung ins andere Netzwerk, aber zumindest die selbe Tätigkeitsart.“*

### **Creative Desperation**

Die Kategorie „Creative Desperation“ gehört zu den weniger benötigten Kategorien. Etwa ein Drittel der TeilnehmerInnen verwendete sie gar nicht. Der Rest wendete sie in der Matrix, im Node-Link-Diagramm oder in beiden gemeinsam an. Am häufigsten wurde sie von Teilnehmerin 5 und Teilnehmer 8 angewandt. Diese Kategorie kommt in jeder Aufgabenstellung vor, wobei die zweite und die dritte Frage die Spitze bilden. Aussagen für diese Kategorie sind:

*„Ich bin mir da jetzt sehr unsicher wegen dem Subnetz und den Antworten eben.“*

*„Es ist schwierig zu sehen.“*

*„Ich weiß überhaupt nicht wo die Gruppe aufhört, weil die sind ja alle miteinander.“*

*„Mich verwirrt das jetzt ein bisschen.“*

*„Das ist mir zu wenig Information, dass ich sag, dass ich da eine eindeutige Aussage sag.“*

*„Ja, da kann man echt nur raten.“*

### **Coincidence**

Die Kategorie „Coincidence“ war ebenfalls eher weniger in Verwendung. Auffällig hierbei ist, dass lediglich ein Teilnehmer sie in beiden Anwendungen verwendete. Zwei TeilnehmerInnen benötigten sie gar nicht, der Rest wandte sie entweder nur in der Matrix oder nur im Node-Link-Diagramm an. Am häufigsten wurde sie von Teilnehmer 3 beansprucht. Diese Kategorie kommt nur in der vierten, fünften, sechsten und siebten Aufgabenstellung zur Anwendung, wobei Nummer fünf und sechs die überwiegende Mehrzahl beinhalten. Aussagen hierfür sind:

*„Ich mein hier im Zentrum müsste eigentlich der theoretisch dann die meisten indirekten auch haben.“*

*„Und gefühlsmäßig hätt ich einfach violett gesagt.“*

*„Ich glaube, dass das Dunkellila oft vorkommt.“*

*„Die Fälle, die ich mir hier anschauen kann, sind relativ häufig Einzelverbrechen.“*

*„Hier kann ich das auch irgendwie nur schätzen.“*

*„Auf den ersten Blick würd ich sagen schon eher abwärts von der Häufigkeit der Verbrechen.“*

### **Contradiction**

Die Kategorie „Contradiction“ wurde in etwa so häufig verwendet wie die Kategorie Coincidence. Auch diese wurde lediglich von einem Teilnehmer in beiden Visualisierungen angewandt. Mehr als ein Drittel der Teilnehmer trafen diesbezüglich keine Aussagen. Der Rest benötigte diese Kategorie entweder nur in der Matrix oder nur im Node-Link-Diagramm. Teilnehmer 2 nahm diese Kategorie am häufigsten in Anspruch. Die Kategorie kommt nur in der fünften Aufgabe nicht vor, die restlichen Fragestellungen nehmen Bezug darauf. Aussagen hierfür sind:

*„Ok, das spricht eigentlich gegen meine Aussage.“*

*„Da sind jetzt nicht mehr so viel Balken, jetzt kommts mir vor als hätt ich jetzt hier weniger gefunden.“*

*„Ich hab gedacht, dass durch diesen Pfad hier eine Beziehung zwischen diesen zwei Gruppen gibt, aber anscheinend gibt es nicht.“*

*„Theoretisch könnte es natürlich auch gewesen sein, dass die 105 einmal mit der 41 ein Verbrechen begangen hat, dann einmal mit der 55 ein Verbrechen beg... nein kann nicht sein, weil die 105 hat dieses Verbrechen einmal begangen und genau so haben 41, 55, 100 und 95 das Verbrechen einmal begangen.“*

*„Da komm ich eigentlich zu einem anderen Ergebnis so wies aussieht.“*

*„Wobei... nein es sind ja mehr, da muss ich nur die Spalte weiter nach unten verfolgen.“*

### **Aha-Moment**

Die Kategorie „Aha-Moment“ wurde ebenfalls eher weniger in Anspruch genommen. Mehr als die Hälfte der TeilnehmerInnen hatten keine plötzliche Erkenntnis. Der Rest fand entweder nur in der Matrix oder in beiden Visualisierungen statt. Niemand hatte exklusiv im Node-Link-Diagramm eine Aussage zu dieser Kategorie. Am häufigsten traf Teilnehmer 1 Aussagen zu diesem Thema. Bei Aufgabe eins, zwei und vier wurde diese Kategorie verwendet. Aussagen hierfür sind:

*„Ah so, das ist in der Mitte. Ok, die haben so dunkel ausgschaut.“*

*„Ah, nein die Kategorie ist drinnen.“*

*„Ah so, das geht hier weiter.“*

*„Oja, hier seh ichs in der Matrix glaub ich eigentlich recht gut.“*

*„Ah, da gehts nur um Jahre, das sind nur die Jahre was die Farben ausmachen. Ok, dann muss ich jedes einzelne anschauen.“*

*„Ah, nein das sind ja die direkten Nachbarn, wir suchen ja 2<sup>nd</sup> Degree.“*

### **Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen**

Die Kategorie „Gründe des Wechsels“ wurde insgesamt am meisten verwendet. Alle TeilnehmerInnen benutzten sie sowohl im Node-Link-Diagramm als auch in der Matrix. Teilnehmer 12 hatte die häufigsten Wechsel zwischen den Visualisierungen. Auch bei den einzelnen Aufgaben wurde diese Kategorie immer wieder benötigt, wobei bei der zweiten Frage am häufigsten gewechselt wurde. Es gibt keinen Task, wo sie nicht vorkommt. Aussagen hierfür sind:

*„Ich glaub, das seh ich besser im anderen Graph.“*

*„Da geh ich jetzt rüber.“*

*„Ich wechsele in den Graphen, da man hier die Verbindungen schöner sieht.“*

*„Ich überleg noch grad, ob das nicht in der Matrix fast schöner anzusehen ist.“*

*„Schau ma mal, ob das recht viel anders ausschaut in der Matrix.“*

*„Nachdem man da beim Graph auf den ersten Blick nur die Jahre sieht und man sonst drüber fahren müsste schau ich jetzt mal wieder zur Matrix.“*

Betrachtet man hier die Aussagen der einzelnen TeilnehmerInnen genauer, so kann man erkennen, dass es unterschiedliche Gründe für die Wechsel zwischen den Visualisierungen gibt. Beim ersten Teilnehmer führten die einfachere Handhabung der jeweiligen Visualisierung im entsprechenden Task, die Neugier ob es in der anderen Darstellung effizienter lösbar sei und die Rücküberprüfung der Ergebnisse zu einem Wechsel zwischen

den Ansichten. Auch bei Teilnehmer 2 waren Interesse, Rücküberprüfung und die bessere Lesbarkeit der gesuchten Sachverhalte Auslöser für den Einsatz dieser Kategorie. Teilnehmer 3 beschäftigte sich im Zusammenhang mit dieser Rubrik mit der Aufbereitung der Daten in den Visualisierungen und der einfacheren Handhabung für die Lösungsfindung. Teilnehmer 4 stellte Überlegungen an, welche Visualisierung besser für die Lösung der Aufgabe geeignet ist und Teilnehmerin 5 wechselte lediglich kommentarlos zwischen den Visualisierungen hin und her. Teilnehmerin 6 vermutete, dass die jeweilige gewählte Darstellung einfacher für die bestehende Problemstellung sei bzw. die geforderten Daten besser sichtbar wären, versuchte die Lösung auch in der anderen Visualisierung zu finden und stellte fest, dass die Matrix in Bezug auf die Suche nach Kategorien übersichtlicher sei. Teilnehmer 8 versuchte in beiden Visualisierungen zur gewünschten Lösung zu kommen oder wechselte, weil die Problembewältigung in einer Darstellung einfacher für ihn zu erreichen war. Teilnehmer 10 bevorzugte zwar das Node-Link-Diagramm, wechselte jedoch öfters zur Matrix, um diese für die Erarbeitung der Lösung zu testen bzw. weil die Node-Link-Darstellung nicht geeignet war für die jeweilige Aufgabe. Teilnehmer 12 wechselte um der Problemlösung näher zu kommen und um seine Ergebnisse zu überprüfen. Teilnehmer 18 erhoffte sich eine bessere Lesbarkeit der geforderten Daten in der jeweils anderen Ansicht, kommentierte die Qualität der Visualisierung und versuchte gewisse Gruppen in der gegenteiligen Darstellung zu finden. Teilnehmer 19 hatte kaum Wechsel zwischen den Visualisierungen. Die einzigen Kommentare die er diesbezüglich von sich gab waren auf Neugier zurückzuführen. Teilnehmer 20 wechselte aufgrund der einfacheren Handhabung und Teilnehmerin 21 wechselte, wenn sie die gesuchten Angaben in der jeweiligen Darstellung nicht fand bzw. weil sie eine Visualisierung als vorteilhafter erachtete. Anhand dieser Vorgehensweisen kann man erkennen, dass die ProbandInnen zwischen den Visualisierungen wechselten, wenn sie die Lösung mit der jeweils anderen Darstellung leichter fanden bzw. die gewünschten Daten leichter herauslesen konnten, wenn sie ihre Ergebnisse überprüfen wollten, aus Neugier und um sich über die Vorteile der Matrix bzw. des Node-Link-Diagramms Gedanken zu machen.

### **Qualität der Visualisierung**

Die Kategorie „Qualität der Visualisierung“ gehört zu einer der am häufigsten verwendeten. Hierbei ist auffällig, dass Teilnehmerin 5 lediglich Aussagen im Node-Link-Diagramm zu dieser Kategorie machte. Alle anderen ProbandInnen nutzten diese Kategorie in beiden Visualisierungen. Teilnehmer 1 machte die meisten Kommentare in dieser Hinsicht. Betrachtet man die einzelnen Aufgabenstellungen, so kann man auch hier sehen, dass diese Kategorie in jeder Frage vorkommt. Aussagen hierfür sind:

*„Schade, dass man nicht mehr rauszoomen kann um alles zu sehen.“*

*„Wenn man die Gruppen anders gestalten würde und ein bisschen erweitern würde und irgendwo Optionen noch machen könnte, dann glaub ich kann man das im Graphen genauso gut darstellen.“*

*„Also mir gefällt die graphische Ansicht um einiges mehr als die Matrix.“*

*„Da ist ein bisschen schwer das übersichtlich zu bekommen, weil die alle irgendwie miteinander zu tun hatten.“*

*„Diese Graphenansicht ist vielleicht für diesen Task besser geeignet.“*

*„Dann wärs jetzt gut, wenn ich dann einfach 2015 nur einblenden könnte, 2013 und 2014 ausblenden.“*

Anhand der Aussagen der TeilnehmerInnen kann man erkennen, dass bei den unterschiedlichen Darstellungsformen sowohl die Vorteile gelobt als auch die empfundenen Nachteile kritisiert wurden. In der Matrix war es für die ProbandInnen schwierig größere Gruppen zu erkennen und sie wünschten sich die gesamte Matrix sehen zu können, indem man noch mehr zoomen könnte. Bei der Suche in der Matrix gestaltete es sich besonders bei längeren Zeilen bzw. Spalten oft schwierig in der entsprechenden Zeile/Spalte zu bleiben. Hier wurde angeregt, eine Markierfunktion zu ermöglichen. Zuletzt wurde noch festgestellt, dass wenn man längere Zeit mit der Matrix arbeitet, die Bedienung bzw. Lesbarkeit einfacher wird und die Matrix einen guten Überblick gibt. Auch die Verwendung des Farbschemas wurde gelobt. Beim Node-Link-Diagramm wurde lobend erwähnt, dass hier die Verbindungen zwischen den einzelnen Tätern besser sichtbar wären, jedoch sei es oft schwierig gewesen die einzelnen Kanten zu erkennen. Auch hier wurde vorgeschlagen bei gewissen Details (wie etwa Täter, Verbindungen, Kategorien) eine Selektioption anzubieten oder das Ausblenden gewisser Jahre zu ermöglichen. Einige Teilnehmer erwähnten, dass sie den Graphen bevorzugen bzw. sympathischer finden würden als die Matrix.

### **Suchstrategie**

Die Kategorie „Suchstrategie“ wurde am zweithäufigsten verwendet. Bis auf Teilnehmer 19, der lediglich im Node-Link-Diagramm Aussagen zu dieser Kategorie traf, wurde sie von allen TeilnehmerInnen in beiden Visualisierungen angewendet. Teilnehmer 2 kommentierte am meisten seine Suchstrategie. Betrachtet man die einzelnen Aufgabenstellungen, so kann man sehen, dass diese Kategorie überall vorkommt. Die meisten Äußerungen diesbezüglich wurden bei der ersten Frage gemacht. Aussagen hierfür sind:

*„Ich gehe Zeile für Zeile durch und schau, wo mindestens zwei Kästchen drinnen sind.“*

*„Ich hab da einen, bei dem hat es sich geändert über die Zeit und jetzt müsst ich zwei finden, bei denen das auch drinnen ist.“*

*„Da muss ich auf die doppelten Linien schauen.“*

*„Also muss ich theoretisch nach Feldern suchen, wo zwei Balken, mindestens zwei Balken sind, wo die Balken von links nach rechts ansteigen.“*

*„Es ist gut, wenn ich schau, wo zwei Linien sind.“*

*„Im Endeffekt such ich ja nach den gelben Balken.“*

Je nach Art der Visualisierung verwendeten die TeilnehmerInnen gewisse Suchstrategien. In der Matrix richteten sie sich hauptsächlich nach den Balken. Die Suche fand entweder

im rechten oberen Dreieck oder im linken unteren statt und erfolgte sowohl zeilenweise als auch spaltenweise. Auch die Farbe der Balken bzw. die Art des Verbrechens spielten eine Rolle bei der Suchstrategie der ProbandInnen. Einige versuchten auch einzelne Täter oder Gruppen zu finden. Für einen ersten Überblick verschafften sich viele TeilnehmerInnen bei beiden Visualisierungen oft erstmals einen groben Überblick. Beim Node-Link-Diagramm wurde hauptsächlich auf die Dicke und die Art der Linien geachtet. Häufig wurden auch hier gewisse Täter oder Gruppen gesucht. Wie auch in der Matrix wurden hier ebenfalls die Farben bzw. die Art des Verbrechens näher betrachtet.

### **Initial Cues**

Die Kategorie „Initial Cues“ liegt, wenn man deren Häufigkeit betrachtet, im guten Mittelfeld. Sie wurde von allen TeilnehmerInnen in beiden Visualisierungen in etwa der gleichen Häufigkeit verwendet. Auch bei den einzelnen Aufgabenstellungen kommt diese Kategorie überall vor. Hier liegen lediglich Aussagen von Teilnehmerin 6 vor. Die restlichen TeilnehmerInnen machten keine Aussagen diesbezüglich, weshalb hierbei lediglich auf das beobachtete Nutzerverhalten zurückgegriffen werden konnte. Auffällig hierbei war, dass bei der Matrix viele ProbandInnen in der linken oberen Ecke begannen, beim Node-Link-Diagramm wurde meist zufällig oder im Zentrum gestartet. Aussagen für diese Kategorie sind:

*„Ich fang mal bei dem Graph da ganz oben an.“*

*„Fang ich mal da oben an.“*

### **Probleme bei der Lösungsfindung**

Die Kategorie „Probleme bei der Lösungsfindung“ gehört zu den weniger benötigten Kategorien. Sie wurde in beiden Visualisierungen verwendet, wobei angemerkt wird, dass drei TeilnehmerInnen diesbezüglich jedoch keine Aussagen trafen. Am meisten wurde diese Kategorie von Teilnehmer 1 verwendet. In allen Aufgaben wurden Kommentare zu diesem Thema abgegeben. Die zweite und die vierte Frage führen in dieser Kategorie das Feld an. Aussagen hierfür sind:

*„Das ist die Frage, ob das eine eigene Gruppe ist?“*

*„Das Problem ist, der hat mit dem Rest von der Gruppe nichts zu tun.“*

*„Das ist jetzt nicht ganz so leicht, weil ich hier nichts seh.“*

*„Ich bin mir nicht sicher, ob ich hier alle Lösungen finde.“*

*„Ich seh hier nur die Beziehungen, aber nicht die Häufigkeiten.“*

*„Ich seh jetzt nicht, ob der 16er mit dem 13er was verbrochen hat.“*

### **Integrität des mentalen Modells angegriffen**

Die Kategorie „Integrität des mentalen Modells angegriffen“ hat im Bezug auf die Häufigkeit der Anwendung den drittniedrigsten Wert. Sechs TeilnehmerInnen benötigten

diese Kategorie gar nicht, weitere sechs machten lediglich im Node-Link-Diagramm diesbezüglich Aussagen. Auffällig in dieser Kategorie ist Teilnehmerin 5, da sie als einzige diese Kategorie in der Matrix benötigte. Teilnehmer 19 machte von dieser Kategorie am meisten Gebrauch. Bei der fünften und sechsten Frage wurde hierbei kein Bezug darauf genommen, die restlichen Aufgabenstellungen haben einige Kommentare die diese Kategorie betreffen. Aussagen hierfür sind:

*„Ah, das will ich nicht.“*

*„Was cool wär, wenn mans irgendwie fixieren könnt.“*

*„Ups, jetzt hab ich das ein bisschen verzogen.“*

*„Oh, was ist jetzt passiert?“*

*„Das war nicht so gut, jetzt hat sichs verändert.“*

*„Das nervt ein bisschen, dass es sich noch immer weiter bewegt, wo ichs weggezogen hab und nicht dort bleibt, wo es ist.“*

### **Open Mindedness**

Die Kategorie „Open Mindedness“ ist die mit Abstand schwächste Kategorie. Sie wurde insgesamt nur viermal verwendet. Teilnehmer 8 machte diesbezüglich eine Aussage bei der Matrix, Teilnehmer 2 und Teilnehmer 12 benötigten diese Kategorie beim Node-Link-Diagramm. Die restlichen TeilnehmerInnen machten diesbezüglich keine Angaben. Bei den Aufgabenstellungen wurde hierauf nur in der zweiten und der siebten Frage Bezug genommen. Aussagen hierfür sind:

*„Ok, was fällt mir da noch auf?“*

*„Jetzt will ich noch kurz schauen, wie ich das in der Matrix gelöst hätte.“*

*„Schauen wir mal, was kann man noch so da rausfinden?“*

*„Also gut, schau ma mal, ob ichs sonst so sehen würde.“*

### **6.3 Probleme bei der Kategorisierung**

Obwohl die Kategorisierung der Aussagen der TeilnehmerInnen im Großen und Ganzen gut verlief, gab es bei der Zuordnung einige Schwierigkeiten. Der Großteil der Anmerkungen war klar und eindeutig zuordenbar. Bei fünf Aussagen kamen jedoch jeweils zwei Kategorien in Frage. Da hier nicht eindeutig hervorging, welche der möglichen Varianten zu wählen ist, wurden diese doppelt kategorisiert. Es handelt sich dabei um folgenden Aussagen:

*„Ok, ja da merk ich gerade, dass dieses Große, was ich hier gesagt habe, nicht stimmt.“*

Hier bestand sowohl die Möglichkeit für die Kategorie „Contradiction“, als auch für die Kategorie „Aha-Moment“.

*„Ich weiß nicht, ob ich da was rauslesen kann mit den ganzen Linien.“*

Diese Aussage wurde sowohl der Kategorie „Qualität der Visualisierung“, als auch der Kategorie „Probleme bei der Lösungsfindung“ zugeordnet.

*„Die 20er Person kann man sagen, die ist in zwei Subgruppen. In dieser einen Subgruppe war die 20er im Jahr 2013 im Bereich Autodiebstahl tätig, also die gesamte Subgruppe, und in einem späteren Jahr ist es dann auf Einbruch übergeschwappt.“*

*„...dass ganz stark vernetzt waren und später hats dann eben vier Hauptpersonen geben, die untereinander stark vernetzt waren.“*

Auch bei diesen beiden Äußerungen gab es wieder zwei Möglichkeiten: „Relationships“ und „Trend“.

*„Man findet immer wieder solche Balken eben, wo halt zuerst im 2013er oder 2014er eben weniger Kriminalität war, die aber dann meistens angestiegen ist.“*

Die letzte Doppelkategorisierung erfolgte bei den Kategorien „Trend“ und „Suchstrategie“.

Eine weitere Schwierigkeit bestand darin, dass manche TeilnehmerInnen sehr wenig ihre Aktionen kommentiert haben. Es war zwar ersichtlich, dass sie Überlegungen anstellten, jedoch konnte hier keine Kategorisierung erfolgen, da diese lediglich auf Verdacht vorgenommen werden hätte können. Somit wurde beschlossen, unkommentierte Aktionen nicht zu kategorisieren. Eine Ausnahme bildet hier jedoch die Kategorie „Initial Cues“, da hier so gut wie niemand eine Aussage dazu abgab und man anhand der Mausbewegungen sehr eindeutig erkennen konnte, wo der/die jeweilige TeilnehmerIn mit der Bearbeitung der Aufgabe begann.

Bei manchen TeilnehmerInnen kam es durch die häufigen Wechsel zwischen Matrix und Node-Link-Diagramm zu unübersichtlichen Aufzeichnungen. Dieses Problem wurde dadurch gelöst, dass die vorhandenen Aufzeichnungen strukturiert in einer Excel-Tabelle wiedergegeben wurden.

Auch längere, zusammenhängende Aussagen erschwerten die Zuordnungen. Manche Videos mussten mehrere Male angesehen werden, um die getätigten Kommentare zu erfassen und dann den jeweiligen Kategorien zuordnen zu können.

Bei Teilnehmer 2 gab es ein ca. eineinhalb minütiges Audioproblem bei den Aufnahmen. Somit konnten hier etwaige Aussagen nicht festgehalten und kategorisiert werden.

## 6.4 Auswertung in Zahlen

Aus den nachfolgenden Diagrammen geht hervor, wie oft die einzelnen Kategorien in den jeweiligen Aufgabenstellungen bzw. Visualisierungen (Matrix / Node-Link-Diagramm) vorkommen. Die Daten stammen aus der Auswertung der Videos der in Kapitel 4.5 erwähnten thinking-aloud Sessions. Bei der Darstellung handelt es sich um ein Balkendiagramm, bei dem die erhobenen Werte rechts neben den Balken angegeben sind. Die Auswertung ist nicht quantitativ, da es aufgrund der Aussagen der TeilnehmerInnen häufig vorkam, dass einzelne Kategorien in den jeweiligen Fragestellungen öfters verwendet wurden. Hierbei zeigte sich die Problematik, dass es schwierig war zu definieren, wie oft eine Aussage zur jeweiligen Kategorie gezählt werden sollte, wenn diese öfters vorkam.

### Video Nr. 1

#### Task 1

##### Matrix

Gründe des Wechsels	1
Qualität der Visualisierung	1
Initial Cues	1
Storytelling	1
Trends in Daten	1
Suchstrategie	2
Verification	1

#### Task 2

##### Graph

Gründe des Wechsels	2
Aha-Moment	2
Initial Cues	1
Probleme bei Lösungsfindung	2
Suchstrategie	1
Comparison	2
Qualität der Visualisierung	1
Storytelling	4
Relationship	2
Verification	1

##### Matrix

Gründe des Wechsels	2
Aha-Moment	2
Qualität der Visualisierung	4
Suchstrategie	3
Trends in Daten	1
Probleme bei Lösungsfindung	1

Abbildung 6.1: Beispiel für eine Auswertung aus den Videos anhand der vorkommenden Kategorien in Zahlen

### 6.4.1 Auswertung der Kategorien anhand der Fragestellung

**Frage 1:** Suchen Sie Personenpaare, deren kriminelle Tätigkeit sich über den gesamten Zeitraum intensiviert hat (das heißt die Höhe der Balken und die Dicke der Verbindungen).

Bei der ersten Problemstellung wurde die Kategorie „Trend“ 45-mal verwendet, was dafür spricht, dass sich die TeilnehmerInnen mit der zeitlichen Entwicklung der jeweiligen Täter genauer auseinandersetzten. Da es sich um die erste Aufgabe handelte mussten sich viele Personen erst orientieren und mit den jeweiligen Visualisierungen klarkommen. Dies spricht auch dafür, dass die Kategorie „Suchstrategie“ mit 44 Anwendungen an zweiter Stelle steht. Es fanden einige Wechsel zwischen den Darstellungen statt, weshalb die Kategorie „Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen“ insgesamt 23-mal zum Einsatz kam. Fast gleich oft, und zwar mit einem Wert von 21, wurde auf die Kategorie „Qualität der Visualisierung“ zurückgegriffen. Am wenigsten wurden die Kategorien „Probleme bei der Lösungsfindung“ und „Creative Desperation“ mit jeweils 2 Zählern verwendet. Die Kategorien „Open Mindedness“ und „Coincidence“ wurden gar nicht benötigt.

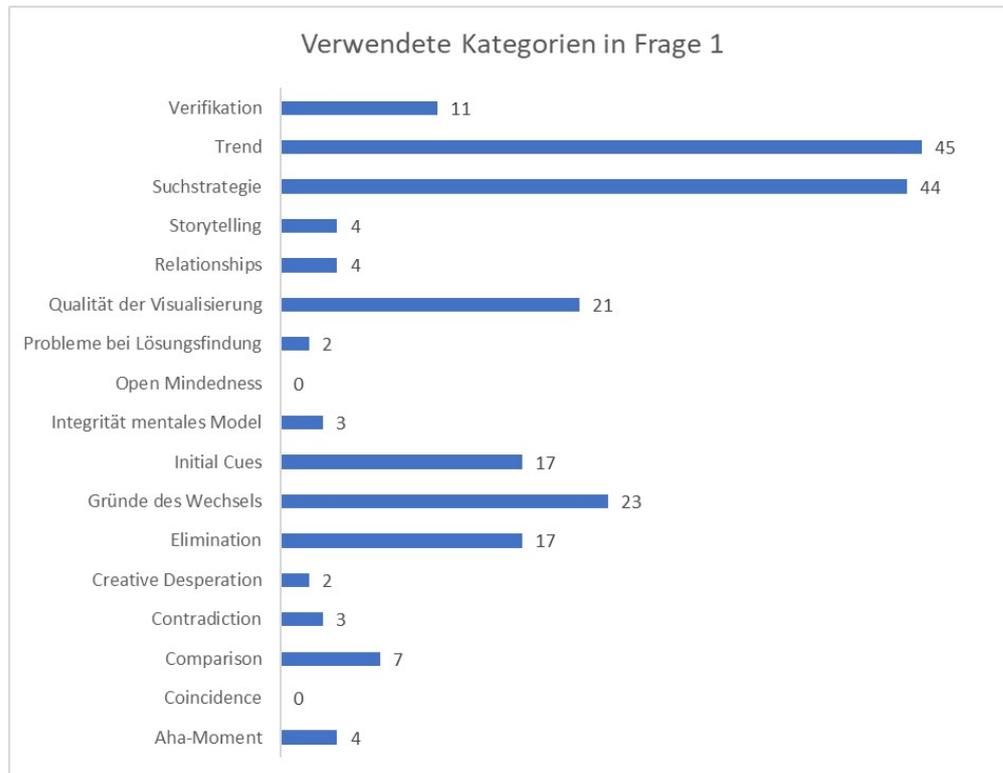


Abbildung 6.2: Auswertung Frage 1

**Frage 2:** Suchen Sie nach organisierten Gruppen (größer als zwei Personen), deren kriminelle Aktivität sich in den letzten drei Jahren in Bezug auf die Kategorie geändert hat.

Bei dieser Fragestellung zeigt sich deutlich, dass viele Wechsel zwischen den einzelnen Visualisierungen stattgefunden haben, weshalb die Kategorie „Gründe des Wechsels“ zwischen den beiden Visualisierungen“ mit Abstand am häufigsten vorkommt. Insgesamt wurde diese 73-mal verwendet. Auch die Kategorie „Suchstrategie“ zählt mit insgesamt 40 Anwendungen zu der am zweitstärksten verwendeten. Die dritte Kategorie, welche sich mit insgesamt 29 Zählern auf Platz 3 reiht, ist „Relationships“. Im Gegensatz zu den Spitzenreitern bilden die Kategorien „Integrität des mentalen Modells angegriffen“ (3 Anwendungen), „Open Mindedness“ (2 Anwendungen) und „Contradiction“ (1 Anwendung) das Schlusslicht. Die Kategorie „Coincidence“ wurde in dieser Aufgabe kein einziges Mal benötigt. Alle anderen Kategorien befinden sich im guten Mittelfeld.

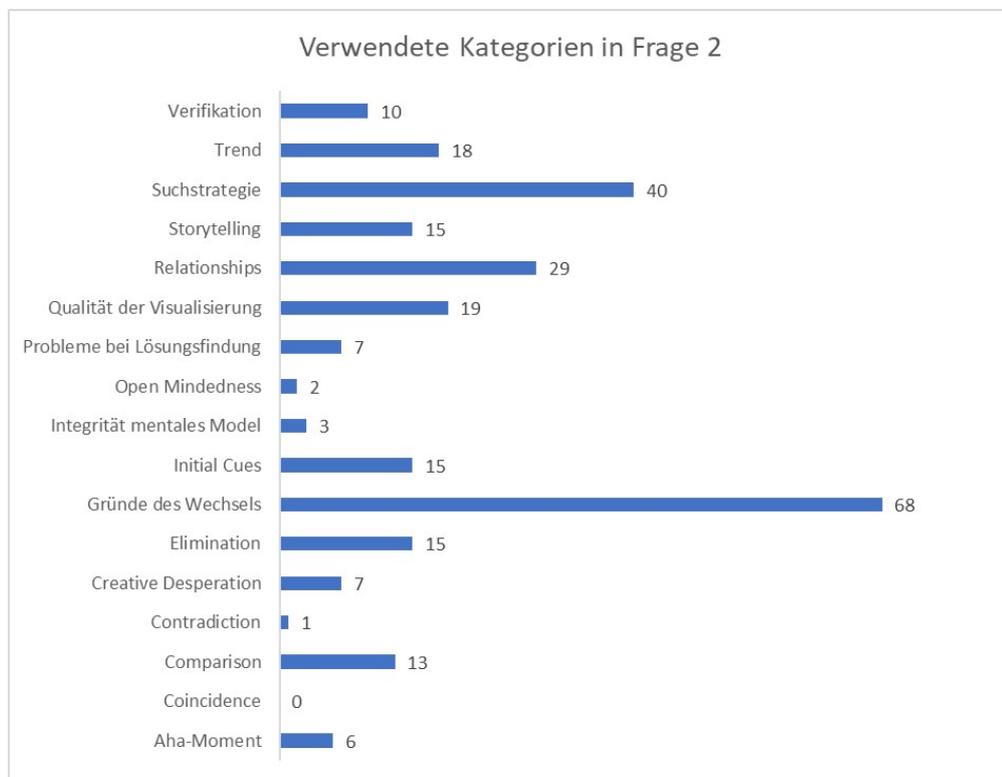


Abbildung 6.3: Auswertung Frage 2

**Frage 3:** Welche Personen sind vermittelnde Agenten (sogenannte Konnektoren) zwischen zwei Subnetzen? Welche Akteure wären ein guter Ersatz bzw. Nachfolger solcher Konnektoren, wenn man den Konnektor aus dem Netzwerk entfernen würde unter Betracht bereits bestehender Beziehungen und Erfahrungen in kriminellen Delikten?

In dieser Auswertung sticht besonders die Kategorie „Relationships“ hervor. Mit insgesamt 73 Anwendungen ist sie mit Abstand die am meisten verwendete Kategorie. Als nächstes folgen „Suchstrategie“ mit 24 Anwendungen und „Comparison“ mit 22 Anwendungen, wobei diese jeweils beinahe um  $\frac{2}{3}$  weniger oft in Verwendung waren als die Top-Kategorie. Auch die restlichen Kategorien wurden nur sehr sporadisch eingesetzt, wobei „Verification“ 2-mal, „Elimination“ einmal und „Contradiction“ einmal genutzt wurden. „Open Mindedness“, „Coincidence“, „Trend“ und der „Aha-Moment“ wurden bei dieser Frage nie benötigt.

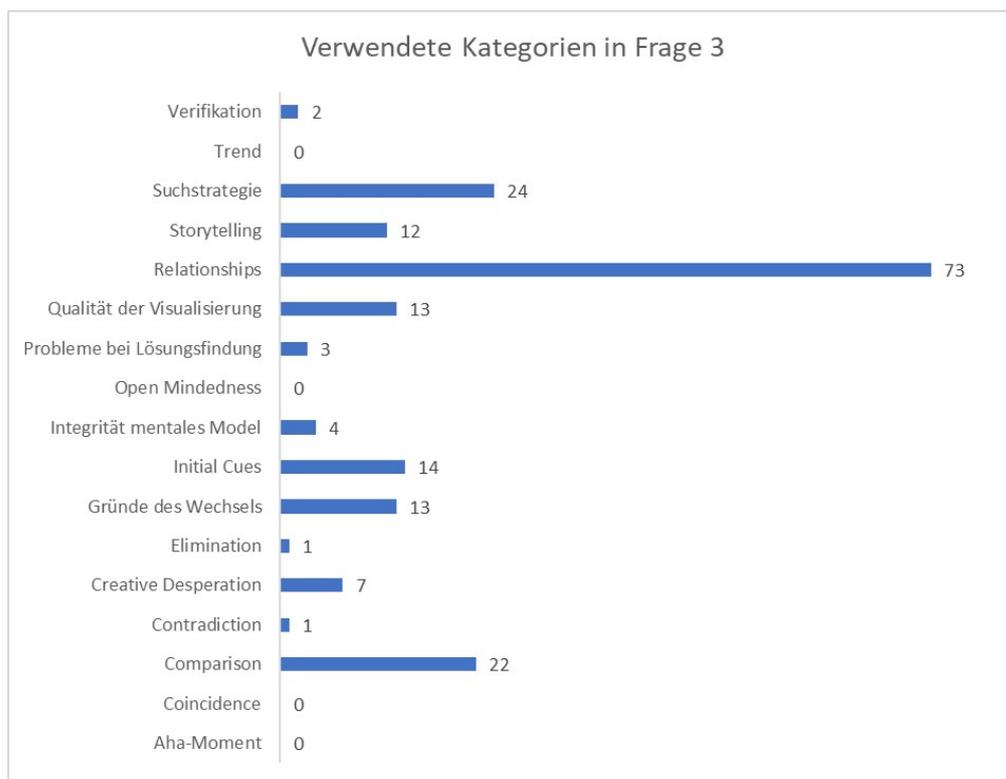


Abbildung 6.4: Auswertung Frage 3

**Frage 4:** Suchen Sie eine Person mit bemerkenswert vielen Second-Degree-Kontakten im letzten Jahr (das heißt jene indirekten Nachbarn die durch einen gemeinsamen Nachbarn verbunden sind).

Hier kann man deutlich erkennen, dass die Kategorie „Suchstrategie“ großen Anklang gefunden hat. Mit insgesamt 36 Anwendungen wurde sie doppelt so oft verwendet wie die Kategorien „Relationships“ und „Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen“, welche jeweils insgesamt 18-mal genutzt wurden. Auch die Kategorien „Qualität der Visualisierung“ und „Initial Cues“ wurden bei dieser Aufgabe mit jeweils 15 Zählern relativ häufig gebraucht. Auffällig ist, dass gleich 5 Kategorien, nämlich „Integrität des mentalen Modells angegriffen“, „Creative Desperation“, „Contradiction“, „Comparison“ und „Coincidence“, jeweils nur einmal verwendet wurden. „Trend“, „Storytelling“ und „Open Mindedness“ fanden keine Anwendung.

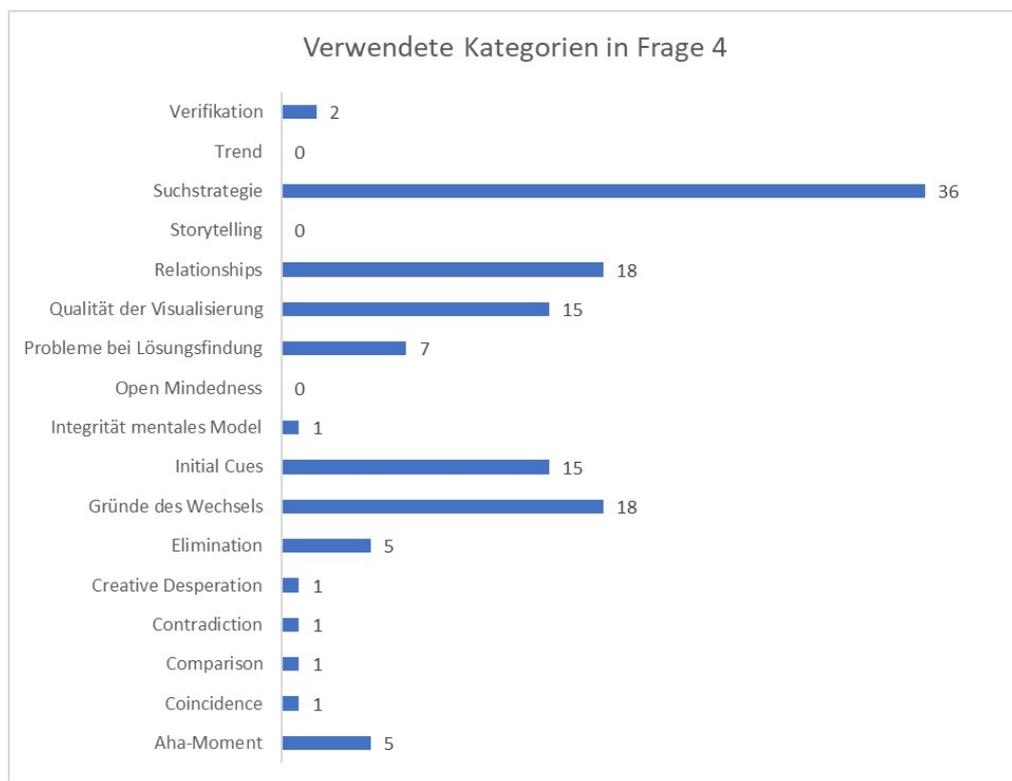


Abbildung 6.5: Auswertung Frage 4

**Frage 5:** Welche zwei Verbrechenskategorien dominieren das Netzwerk? Diskutieren Sie Ihr Ergebnis.

Bei der 5. Frage fanden wieder sehr viele Wechsel zwischen den Visualisierungen statt, weshalb die Kategorie „Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen“ mit insgesamt 30 Nutzungen am meisten verwendet wurde. Dicht dahinter befinden sich die Kategorien „Suchstrategie“ mit insgesamt 25 Anwendungen und „Qualität der Visualisierung“, welche 23-mal benötigt wurde. Über die Beziehungen der Verbrecher untereinander wurde hier nicht viel nachgedacht, was auch der Grund ist, weshalb die Kategorie „Relationships“ bloß 2-mal zur Anwendung kam. Auch die Kategorie „Comparison“ wurde nur einmal benötigt. „Trend“, „Open Mindedness“, „Integrität des mentalen Modells angegriffen“, „Elimination“, „Contradiction“ und „Aha-Moment“ wurden hierbei nie verwendet.

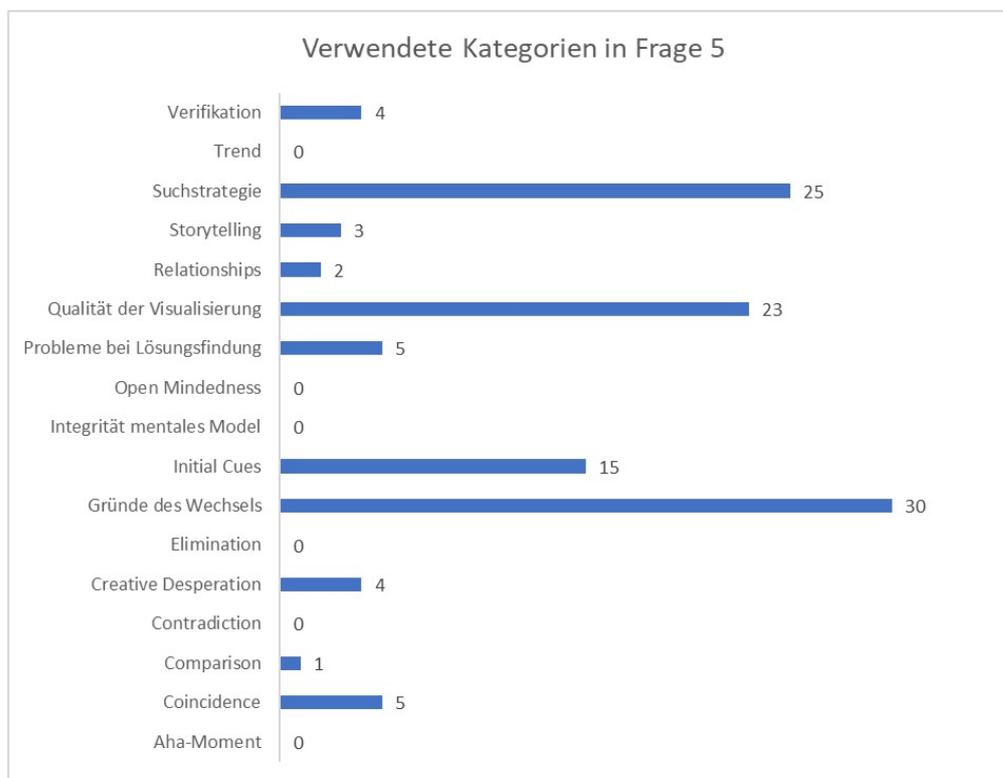


Abbildung 6.6: Auswertung Frage 5

**Frage 6:** Wie würden Sie den Trend in diesem Netzwerk in Anbetracht der Kriminalitätsrate und Kategorien einstufen?

Hier ist die Kategorie „Trend“ mit insgesamt 33 Zählern knapper Spitzenreiter. Da auch bei der 6. Frage viele Wechsel zwischen den Visualisierungen stattfanden, ist die Kategorie „Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen“ mit 32 Anwendungen dicht dahinter. Ebenso wurde über die „Qualität der Visualisierung“ viel nachgedacht, weshalb diese Kategorie mit insgesamt 25 Anwendungen gemeinsam mit der „Suchstrategie“, welche 22-mal verwendet wurde, sehr häufig vorkommt. Auffällig ist, dass bei dieser Aufgabe ebenso wie bei der vorherigen gleich 6 Kategorien gar nicht verwendet wurden. Hierbei handelt es sich bei dieser Fragestellung um die Kategorien „Verifikation“, „Open Mindedness“, „Integrität des mentalen Modells angegriffen“, „Elimination“, „Comparison“ und „Aha-Moment“.

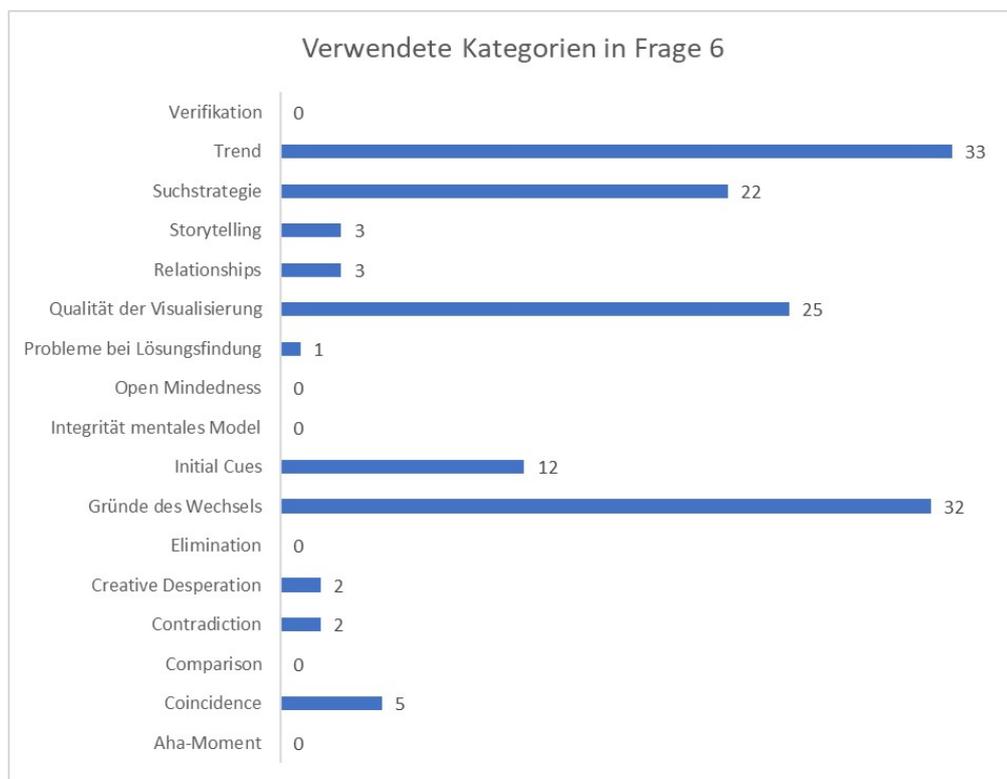


Abbildung 6.7: Auswertung Frage 6

**Frage 7:** Sind Ihnen noch andere interessante Dinge oder auffällige Muster mit einer der beiden Visualisierungen aufgefallen?

Bei der letzten Aufgabe fanden ebenfalls sehr viele Wechsel zwischen den Visualisierungen statt. Mit insgesamt 36 Anwendungen ist die Kategorie „Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen“ somit die am meisten verwendete. Auch die Beziehungen der Täter untereinander wurden bei dieser Frage thematisiert. Somit wurde auf die Kategorie „Relationships“ schlussendlich 27-mal zurückgegriffen. Ebenso fallen „Storytelling“ (11 Anwendungen) und die „Qualität der Visualisierung“ (10 Anwendungen) in dieser Darstellung durch die Häufigkeit der Nutzungen auf. Die restlichen Kategorien wurden nur mäßig eingesetzt. „Verifikation“, „Elimination“ und „Aha-Moment“ wurden nicht benötigt.

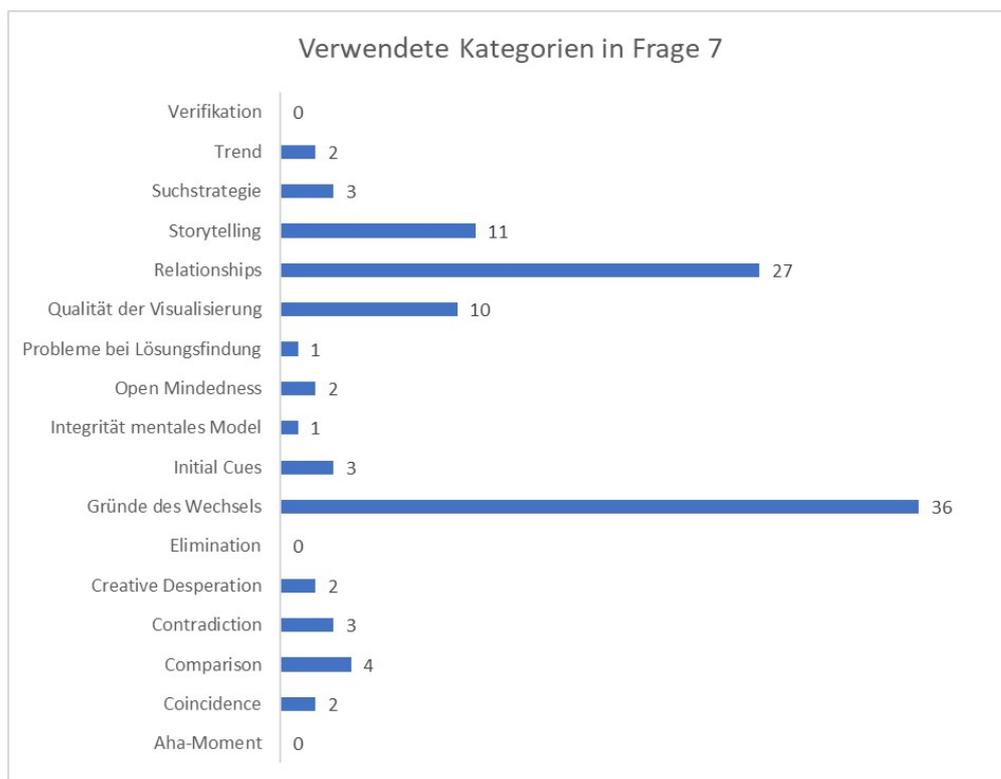


Abbildung 6.8: Auswertung Frage 7

### 6.4.2 Zusammenfassende Darstellung der Auswertung aller Aufgabenstellungen

Diese Grafik zeigt die Zusammenfassung aller Aufgabenstellungen anhand der Kategorien. Die genauen Werte sind, wie bei der Auswertung der einzelnen Fragen, rechts neben den Balken angeführt. Insgesamt gesehen fanden sehr viele Wechsel zwischen den Visualisierungen statt. Die Kategorie „Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen“ wurde somit mit 220 Anwendungen am häufigsten genutzt. Durch die 194 Nutzungen der Kategorie „Suchstrategie“ kann man erkennen, dass viele AnwenderInnen versuchten, die Ihnen gestellten Aufgaben durch eine gewisse strukturierte Vorgehensweise zu lösen. Auch über die Beziehungen der einzelnen Straftäter untereinander wurde viel gesprochen, weshalb die Kategorie „Relationships“ mit insgesamt 156 Zählern den dritten Platz einnimmt. Weiters wurde noch 126-mal die „Qualität der Visualisierung“ thematisiert und 98-mal wurden Aussagen über den „Trend“ gemacht. Die Kategorie „Open Mindedness“ wurde mit 4 Anwendungen am wenigsten benötigt. Letztendlich kann man anhand der Zusammenfassung sehen, dass alle vorhandenen Kategorien in den diversen Fragen ihre Anwendung gefunden haben.

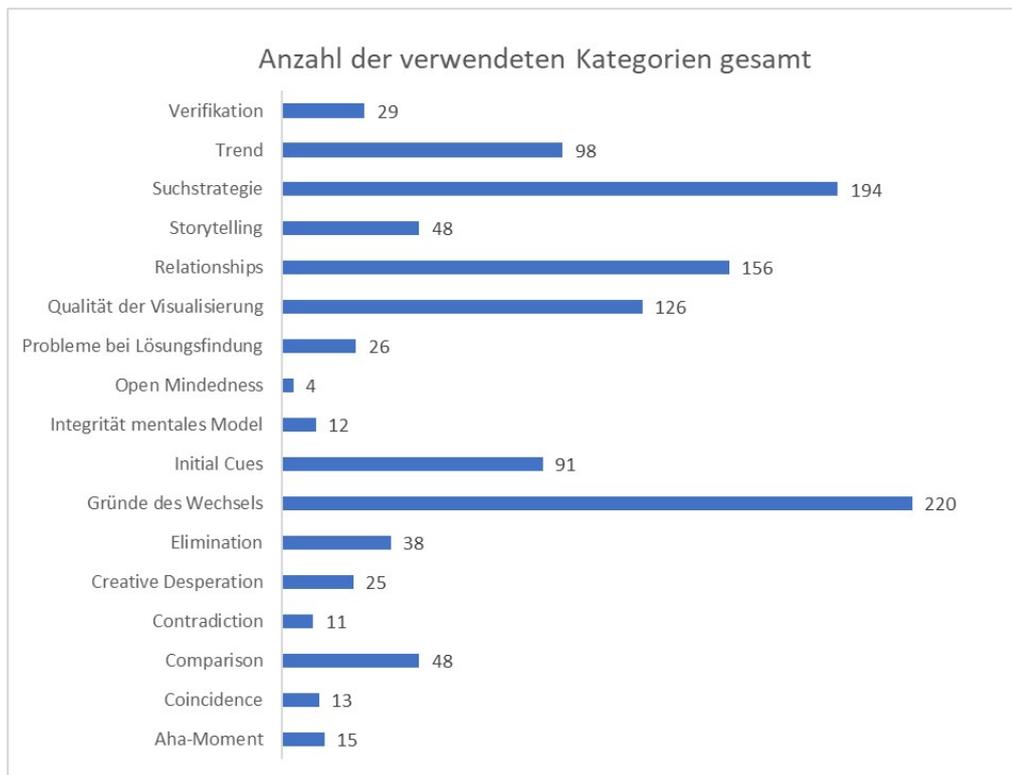


Abbildung 6.9: Auswertung aller Aufgabenstellungen

### 6.4.3 Auswertung der Kategorien anhand der Visualisierung

#### Auswertung anhand der Kategorien in der Matrix

In dieser Grafik wird die Zusammenfassung aller Aufgabenstellungen anhand der Kategorien in der Matrixdarstellung angezeigt. Auch hier findet man die genauen Werte rechts neben den Balken. Anhand der Darstellung kann man erkennen, dass insgesamt 111 Wechsel in der Matrixansicht stattfanden, weshalb die Kategorie „Gründe des Wechsels“ den längsten Balken aufweist. Ebenso bedeutend ist die Kategorie „Suchstrategie“ mit insgesamt 107 Anwendungen. Die Kategorien „Trend“ (48 Anwendungen), „Qualität der Visualisierung“ (59 Anwendungen), und „Initial Cues“ (45 Anwendungen) sind hierbei aufgrund ihrer Häufigkeit ebenfalls zu erwähnen. Die TeilnehmerInnen verwendeten in der Matrixdarstellung alle vorhandenen Kategorien, wobei „Open Mindedness“ und „Integrität des mentalen Modells“ mit jeweils einem Vorkommen die am wenigsten benötigten Kategorien darstellen.

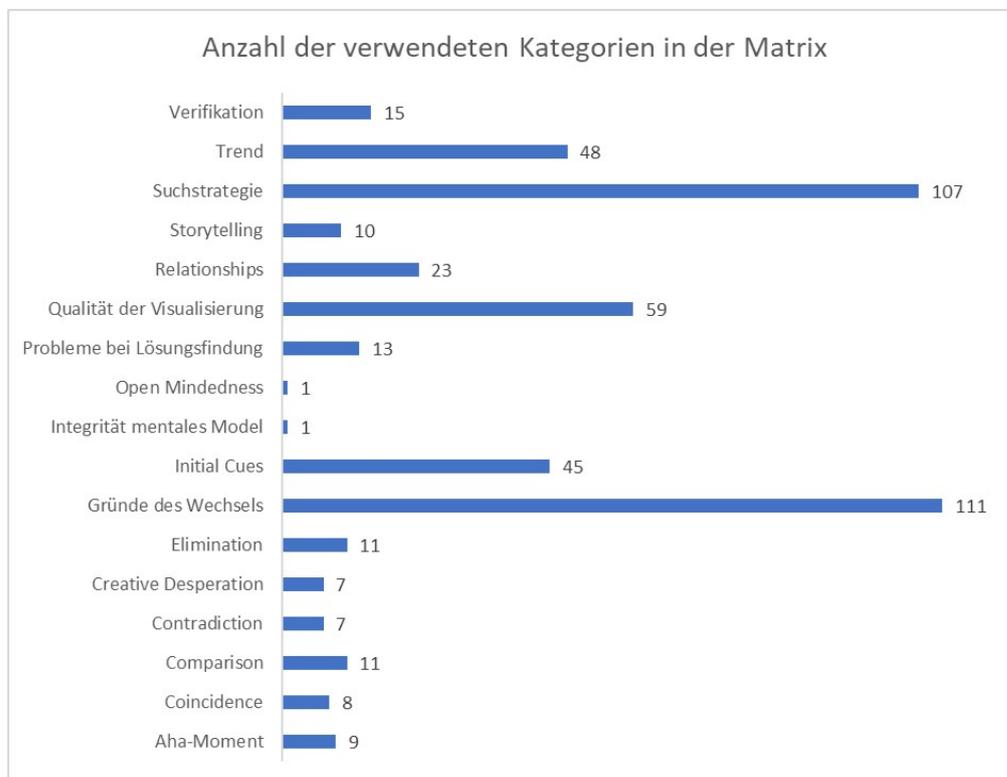


Abbildung 6.10: Auswertung aller Kategorien in der Matrixdarstellung

### Auswertung anhand der Kategorien im Node-Link-Diagramm

In dieser Grafik wird die Zusammenfassung aller Aufgabenstellungen anhand der Kategorien in der Node-Link-Darstellung angezeigt. Wie bei den vorhergehenden Grafiken sind auch hier die genauen Werte rechts neben den Balken angeordnet. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, wurde die Kategorie „Relationships“ mit 133 Anwendungen am häufigsten verwendet. Auch hier erfolgten viele Wechsel zwischen den Visualisierungen, weshalb die Kategorie „Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen“ 109 mal benötigt wurde. Auch die Kategorie „Suchstrategie“ kam mit 87 Anwendungen oft zum Einsatz. Die restlichen Kategorien bewegen sich in einem guten Mittelfeld. Die am wenigsten benötigten Kategorien sind „Aha-Moment“ (6 Anwendungen), „Coincidence“ (5 Anwendungen), „Contradiction“ (4 Anwendungen) und „Open Mindedness“ (3 Anwendungen).

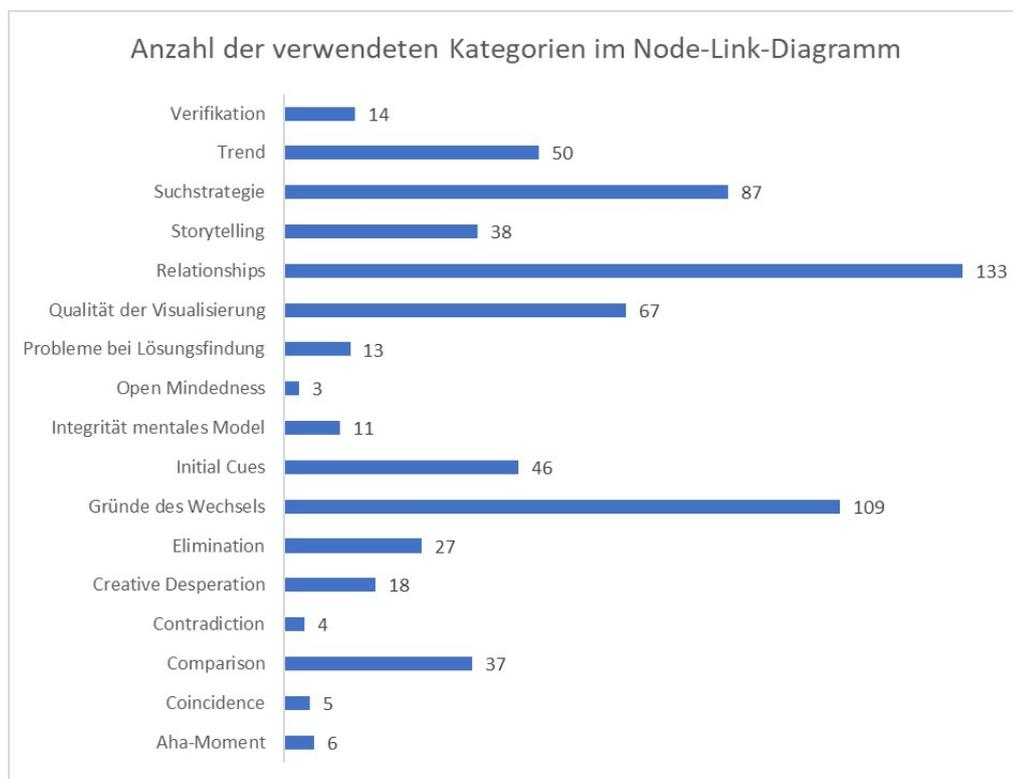


Abbildung 6.11: Auswertung aller Kategorien in der Node-Link-Darstellung

#### 6.4.4 Vergleich zwischen der Auswertung der Matrix und der Auswertung des Node-Link-Diagramms

Vergleicht man die beiden Diagramme, so fällt auf, dass sich die TeilnehmerInnen beim Node-Link-Diagramm um ein vielfaches mehr mit den Beziehungen der Täter untereinander auseinandergesetzt haben als in der Matrix. Aus diesem Grund sticht auch die Kategorie „Relationships“ im Node-Link-Diagramm viel mehr hervor, wohingegen sie beim Matrix-Diagramm relativ wenig bis kaum auffällt. In der Matrix hingegen verfolgten die ProbandInnen eine gewisse Suchstrategie, weshalb die Kategorie „Suchstrategie“ in diesem Fall mehr verwendet wurde als im Node-Link-Diagramm. Die Kategorien „Integrität des mentalen Modells angegriffen“, „Comparison“ und „Creative Desperation“ kommen beim Node-Link-Diagramm ebenfalls häufiger vor als bei der Matrix. Die restlichen Kategorien treten in beiden Grafiken in etwa gleich oft auf.



## Diskussion

Betrachtet man die in Kapitel 4.5 vorgestellte Studie genauer, so kann man erkennen, dass sie sich in einigen Punkten wesentlich von den in Kapitel 2.3 vorgestellten Untersuchungen unterscheidet. In der Arbeit „A Comparison of the Readability of Graphs Using Node-Link and MatrixBased Representations“[GFC04] von M. Ghoniem, J. D. Fekete und P. Castagliola konnten die TeilnehmerInnen nur mit einer durch Zufall ausgewählten Visualisierung (und zwar entweder Node-Link-Diagramm oder Matrix) die gestellten Aufgaben abarbeiten. Auch bei der Abhandlung „Matrices or node-link diagrams: which visual representation is better for visualising connectivity models?“[KEC06] von R. Keller, C. M. Eckert und P. J. Clarkson konnten die StudienteilnehmerInnen immer nur mit jeweils einer der beiden Darstellungen arbeiten. Beide Untersuchungen nahmen den ProbandInnen die Entscheidung ab, welche Darstellung sie zu welcher Zeit für welche Aufgabe verwenden wollten. Ebenso war es ihnen hier nicht möglich beide Visualisierungen gleichzeitig zu benützen. Was diesen Aspekt betrifft ist auch derzeit noch keine andere Arbeit, die sich dieser Technik bedient, bekannt. Diese Art der Selbstbestimmung erleichterte jedoch den TeilnehmerInnen, in der von der Technischen Universität Wien und der Middlesex University in England durchgeführten Studie, die Beantwortung der jeweiligen Fragen.

Betrachtet man die einzelnen Kategorien, so kann man gewisse Tendenzen bei der Art der Visualisierung erkennen. Sowohl in der Matrix als auch im Node-Link-Diagramm wurde die Kategorie „Elimination“ verwendet. Hierbei bedienten sich die TeilnehmerInnen gewisser Strategien. Während in der Matrix beispielsweise aufgrund der Spiegelung der Daten gleich die Hälfte eliminiert wurde, wurden im Node-Link-Diagramm lediglich einzelne Knoten nicht mehr weiter betrachtet.

Die Kategorie „Trend“ wurde in beiden Darstellungen in etwa gleich oft genutzt. Aufgrund dieser Tatsache kann man sagen, dass die zeitliche Entwicklung sowohl im Node-Link-Diagramm als auch in der Matrix gut erkennbar war. Um einen Trend zu identifizieren betrachteten die TeilnehmerInnen die zusätzlich dargestellten Säulendiagramme und

konnten so anhand der Jahreszahlen und der Verbrechen Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Straftäterpaare tätigen.

Auch die Kategorie „Verifikation“ wurde sowohl in der Matrix als auch im Node-Link-Diagramm verwendet. Obwohl sie selten benutzt wurde, fand die Anwendung in beiden Darstellungen beinahe gleich oft statt. Hierbei überprüften die ProbandInnen die von ihnen getätigten Aussagen entweder in derselben Darstellung nochmals nach oder sie wechselten in die jeweils andere Visualisierung und suchten dort nach den jeweiligen Daten um mehr Gewissheit zu erlangen.

Die Kategorie „Storytelling“ erfreute sich im Node-Link-Diagramm weit größerer Beliebtheit als in der Matrix. Während die TeilnehmerInnen die jeweiligen Visualisierungen betrachteten, ließen sie hierbei ihren Gedanken freien Lauf. Hierdurch konnten diverse Geschichten entwickelt werden und die AnwenderInnen konnten zusätzlich die erhaltenen Informationen in ein sinnvolles Ganzes integrieren. Anhand der Auswertung konnte man aufgrund der Häufigkeit der Anwendungen erkennen, dass ihnen dies im Node-Link-Diagramm leichter fiel als in der Matrix. Es wurden hier nicht nur die jeweiligen Beziehungen zwischen den Tätern interpretiert, sondern auch die Verbrechenarten betrachtet und Theorien über etwaige Gründe gefunden, warum ein Verbrecher in den Folgejahren keine kriminellen Delikte mehr ausgeübt hat.

Auch die Kategorie „Comparison“ wurde im Node-Link-Diagramm mehr verwendet als in der Matrix. Hauptsächlich haben sich die ProbandInnen einen oder mehrere Täter herausgesucht und diese dann anhand ihrer Verbrechen miteinander verglichen. Ein Grund für die häufigere Verwendung dieser Kategorie im Node-Link-Diagramm ist, dass es für viele AnwenderInnen aufgrund der Darstellungsform (Netz aus Knoten und Kanten) auf den ersten Blick einfacher war, zusammengehörende Kriminelle zu erkennen.

Diese Tatsache spiegelt sich auch wider, wenn man die Kategorie „Relationships“ näher betrachtet. In der Matrix ist dies eine Kategorie die kaum bis wenig auffällt, während sie im Node-Link-Diagramm mit Abstand am häufigsten verwendet wurde. Die TeilnehmerInnen erkannten zusammengehörende Gruppen eindeutig im Node-Link-Diagramm leichter. In der Matrix wurden die Beziehungen der Täter untereinander hauptsächlich bei der Klärung der Nachbarn 2. Grades erörtert. Dies liegt daran, dass man diese Beziehungen aufgrund der graphischen Hervorhebung gut erkennen konnte.

Die Kategorie „Creative Desperation“ kommt in beiden Visualisierungen kaum vor. Hauptsächlich wurde sie von zwei TeilnehmerInnen benötigt, die anscheinend Probleme mit den Aufgabenstellungen bzw. den Visualisierungen hatten. Hierfür spricht auch, dass gut ein Drittel der ProbandInnen diesbezüglich keinerlei Probleme hatte und somit auch keinen Gebrauch davon machen mussten.

Zufällige Erkenntnisse wurden von den TeilnehmerInnen kaum erlangt und auch Widersprüche fanden kaum statt. Dies spiegelt sich auch in den Zahlen wider, da weder die Kategorie „Coincidence“ noch die Kategorie „Contradiction“ häufig zur Anwendung kamen. Die meisten ProbandInnen wirkten nach einiger Zeit sicher im Umgang mit den

---

beiden Darstellungen und hatten somit kaum Probleme, die an sie gestellten Anforderungen zu meistern.

Obwohl auch die Kategorie „Aha-Moment“ nur sehr wenig Anklang fand, konnte doch fast die Hälfte der teilnehmenden Personen eine für sie plötzliche Erkenntnis erlangen. Diese Aussagen waren sehr einfach zu kategorisieren, da sie meist mit einem „Ah“ oder „Ah so“ begannen. Was hier auffällt ist, dass die TeilnehmerInnen entweder exklusiv in der Matrix diese Erlebnisse hatten oder eben in beiden Visualisierungen.

Während der Abarbeitung der einzelnen Fragestellungen war es den ProbandInnen jederzeit gestattet, zwischen der Matrix und dem Node-Link-Diagramm zu wechseln. Diese Tatsache ist auch der Grund, warum die Kategorie „Gründe des Wechsels zwischen den beiden Visualisierungen“ in beiden Darstellungsarten einen großen Anteil einnimmt. Die TeilnehmerInnen versuchten in den jeweiligen Aufgaben, in der für sie am besten für die Beantwortung geeigneten Visualisierung, eine Lösung zu finden. Wenn sich hier keine Erkenntnis einstellen konnte, wechselten sie zur anderen Darstellung um dort das gewünschte Ergebnis zu erlangen. Auch wenn sie sich nicht sicher waren oder sie fanden, dass gewisse Ansichten in der jeweils anderen Darstellung besser wären, fanden Wechsel statt.

Im Rahmen der Untersuchung wurde auch viel über die „Qualität der Visualisierung“ gesprochen. Auffällig ist hier, dass sowohl für die Matrix als auch das Node-Link-Diagramm Verbesserungsvorschläge von den Teilnehmenden gemacht wurden. So wurde hier beispielsweise eine gewisse Unübersichtlichkeit kritisiert oder Erweiterungsvorschläge gemacht. TeilnehmerInnen, die bei der jeweiligen Aufgabe eine gewisse Visualisierung bevorzugten, teilten dies im Rahmen der thinking-aloud Sessions auch mit.

Um zu einer Lösung zu gelangen, mussten die teilnehmenden Personen die geforderten Aufgaben mithilfe der Matrix und des Node-Link-Diagramms lösen. Hierbei entwickelte jede/r im Laufe der Zeit seine eigene „Suchstrategie“. Bis auf einen Teilnehmer (der diesbezüglich nur im Node-Link-Diagramm Aussagen tätigte) wurden zu dieser Kategorie immer in beiden Visualisierungen Äußerungen gemacht. Sowohl im Node-Link-Diagramm als auch in der Matrix gehört diese Kategorie zu einer der beliebteren. Während sich die ProbandInnen in der Matrix eher auf die Balken in den einzelnen Kästchen konzentrierten, wurde im Node-Link-Diagramm eher auf die Linien geachtet. Mithilfe der persönlichen Strategien war es den TeilnehmerInnen letztendlich beinahe immer möglich zu einem für sie befriedigenden Ergebnis zu gelangen.

Jede Aufgabe wurde mit einem gewissen Einstiegspunkt begonnen. Da dies sowohl in der Matrix als auch Node-Link-Diagramm notwendig war, kommt auch die Kategorie „Initial Cues“ in beiden Visualisierungen sehr häufig vor. Aufgrund der spärlichen Aussagen, die in diesem Punkt getroffen wurden und dem eindeutig zuordbaren Nutzerverhalten wurden hier auch nonverbale Aktionen kategorisiert. Auffällig ist hier, dass sehr viele TeilnehmerInnen bei der Matrix einen fixen Startpunkt (und zwar in der linken oberen Ecke) hatten. Beim Node-Link-Diagramm wurde zwar häufig in der Mitte begonnen, jedoch kristallisierte sich im Laufe der Zeit immer mehr heraus, dass diese Einstiegspunkte

eher zufällig gewählt wurden und hier kein System dahinter steckte. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass das Node-Link-Diagramm aufgrund seiner Darstellungsform ein systematisches Arbeiten eher erschwert, während in der Matrix durch die klare Trennung von Reihen und Spalten eine Abarbeitung von oben nach unten und von links nach rechts einfacher erscheint.

Wie bereits erwähnt, hatten die TeilnehmerInnen nur wenig Schwierigkeiten mit den Aufgaben. Aus diesem Grund ist auch die Kategorie „Probleme bei der Lösungsfindung“ in der Auswertung eher unten angesiedelt. In beiden Darstellungen kam sie gleich oft vor. Die Schwierigkeiten tauchten häufig auf, wenn die ProbandInnen Unsicherheiten zeigten oder die gesuchten Lösungsansätze nicht erkennen konnten.

Die Kategorie „Integrität des mentalen Modells angegriffen“ kam nur ein einziges Mal in der Matrix vor und auch nur einige wenige Male im Node-Link-Diagramm. Hauptsächlich hatten die TeilnehmerInnen hier das Problem, dass sich der Graph bei click & drag Aktionen mit der Maus verschob und auch nach dem Loslassen noch einige Zeit in Bewegung blieb. Dies führte zu Verwirrungen. Einige ProbandInnen waren von dieser Tatsache auch schlicht und einfach genervt, da es ihnen unabsichtlich ein paarmal passierte, dass sich das gesamte Node-Link-Diagramm in Bewegung setzte.

Obwohl die Kategorie „Open Mindedness“ die schwächste Kategorie ist, gab es doch drei Teilnehmer, die mit einer gewissen Neugier versuchten die Aufgaben zu lösen. Hierbei wurde versucht bereits gewonnene Erkenntnisse in der jeweils anderen Visualisierung nochmals zu eruieren. Meist wurde hier vom Node-Link-Diagramm in die Matrix gewechselt.

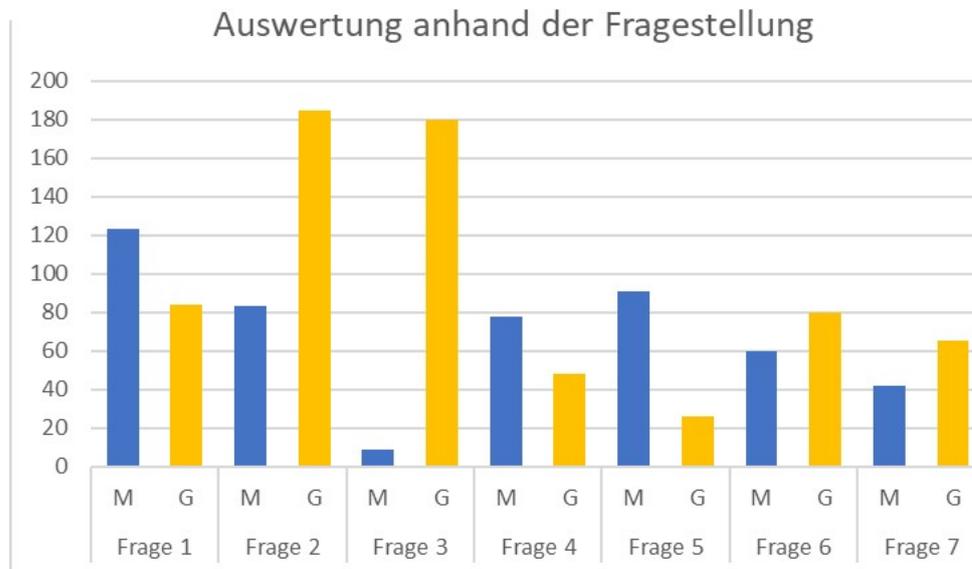


Abbildung 7.1: Auswertung aller kategorisierten Aussagen anhand der Fragestellungen unterteilt in Node-Link-Diagramm (G) und Matrix (M)

Das Säulendiagramm zeigt die Auswertung aller kategorisierten Aussagen anhand der Aufgabenstellungen. Jede Frage ist weiters unterteilt in Matrix (M - blau) und Node-Link-Diagramm (G - orange). Die Y-Achse zeigt die Anzahl der Anwendungen. Anhand dieses Diagramms kann man erkennen, dass die StudienteilnehmerInnen bei jeder Fragestellung beide Visualisierungen benutzten. Die Entscheidung, ob letztendlich mehr auf das Node-Link-Diagramm oder mehr auf die Matrix zurückgegriffen wurde, hängt stark von der jeweiligen Fragestellung ab. Selbstverständlich spielen in dieser Hinsicht auch persönliche Präferenzen eine Rolle. Beide Visualisierungen haben ihre Vor- und Nachteile. Wie bereits in Kapitel 2.3 erwähnt, bevorzugen die meisten ProbandInnen das Node-Link-Diagramm, da diese Art der Darstellung auf den ersten Blick leichter zu lesen ist und viele einen vertrauteren Umgang damit haben. Bei kleineren Datenmengen mag diese Visualisierung sicher ihre Vorzüge haben, jedoch wird das Node-Link-Diagramm immer schwieriger zu lesen, je mehr Daten vorhanden sind.

Anhand der Studie konnte herausgefunden werden, dass die TeilnehmerInnen, nachdem ihnen die Anwendungsmöglichkeiten und die Identifizierung der Daten erklärt wurden, die Matrix bei gewissen Fragestellungen dem Node-Link-Diagramm vorzogen. Dies war zum Beispiel bei der Suche nach gewissen Balken, bei den Nachbarn 2. Grades und bei der Suche nach den jeweiligen Verbrechenskategorien der Fall. Ging es jedoch darum Gruppierungen ausfindig zu machen oder Ersatz für jeweilige Akteure zu finden, war das Node-Link-Diagramm klarer Favorit. Je mehr man sich mit der Problematik, ob nun

die eine oder die andere Visualisierung besser geeignet ist, auseinandersetzt, desto mehr kommt man zu dem Ergebnis, dass es diesbezüglich nicht möglich ist eine klare Aussage zu treffen. Jede Darstellungsform hat ihre Stärken und Schwächen. Zusätzlich hängt die Art der Darstellung stark von den Daten und der jeweiligen Problemstellung, die man damit lösen möchte ab. Das Fazit, das daraus gezogen werden kann ist, dass es die „eierlegende Wollmilchsau“ nicht gibt. Verwendet man jedoch beide Visualisierungen in Kombination, erleichtert dies die gewünschten Auswertungen und es besteht mehr Unabhängigkeit betreffend der Größe der darzustellenden Daten. Um unter diesen Aspekten genauere Aussagen treffen zu können, wären jedoch noch weitere Forschungen, die sich mit der Kombination dieser beiden Visualisierungen beschäftigen, von Nöten.

# Abbildungsverzeichnis

4.1	Node-Link-Diagramm mit zusätzlichem Fenster durch hovering . . . . .	19
4.2	Matrix mit zusätzlichem Fenster durch hovering . . . . .	20
5.1	Allgemeines inhaltsanalytisches Ablaufmodell [May08] S. 54 . . . . .	25
5.2	Emergent Themes Analyse[WB02] S. 5 . . . . .	27
5.3	Ablaufmodell strukturierender Inhaltsanalyse [May08] S. 84 . . . . .	29
5.4	Triple Path Model [Kle13] S. 104 . . . . .	31
6.1	Beispiel für eine Auswertung aus den Videos anhand der vorkommenden Kategorien in Zahlen . . . . .	48
6.2	Auswertung Frage 1 . . . . .	49
6.3	Auswertung Frage 2 . . . . .	50
6.4	Auswertung Frage 3 . . . . .	51
6.5	Auswertung Frage 4 . . . . .	52
6.6	Auswertung Frage 5 . . . . .	53
6.7	Auswertung Frage 6 . . . . .	54
6.8	Auswertung Frage 7 . . . . .	55
6.9	Auswertung aller Aufgabenstellungen . . . . .	56
6.10	Auswertung aller Kategorien in der Matrixdarstellung . . . . .	57
6.11	Auswertung aller Kategorien in der Node-Link-Darstellung . . . . .	58
7.1	Auswertung aller kategorisierten Aussagen anhand der Fragestellungen unter- teilt in Node-Link-Diagramm (G) und Matrix (M) . . . . .	65



# Literaturverzeichnis

- [ABZD13] Ala Abuthawabeh, Fabian Beck, Dirk Zeckzer, and Stephan Diehl. Finding structures in multi-type code couplings with node-link and matrix visualizations. In *Software Visualization (VISSOFT), 2013 First IEEE Working Conference on*, pages 1–10. IEEE, 2013.
- [BBDW14] Fabian Beck, Michael Burch, Stephan Diehl, and Daniel Weiskopf. The state of the art in visualizing dynamic graphs. *EuroVis STAR*, 2, 2014.
- [BFA14] Ann Blandford, Sarah Faisal, and Simon Attfield. Conceptual design for sensemaking. In *Handbook of Human Centric Visualization*, pages 253–283. Springer, 2014.
- [BFP11] Tilmann Betsch, Joachim Funke, and Henning Plessner. Problemlösen: Ausgewählte phänomene und befunde. In *Denken–Urteilen, Entscheiden, Problemlösen*, pages 161–172. Springer, 2011.
- [BOH] M Bostock, V Ogievetsky, and J Heer. D-3: Data-driven documents; iee trans. vis. comput. graph. *Ieee Transactions On Visualization And Computer Graphics*, 2011 Dec, Vol.17(12), pp.2301-2309.
- [BR00] Ted Boren and Judith Ramey. Thinking aloud: Reconciling theory and practice. *IEEE transactions on professional communication*, 43(3):261–278, 2000.
- [DHSP<sup>+</sup>17] Johanna Doppler Haider, Patrick Seidler, Margit Pohl, Neesha Kodagoda, Rick Adderley, and B. L. William Wong. How Analysts Think: Sense-making Strategies in the Analysis of Temporal Evolution and Criminal Network Structures and Activities. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 61st Annual Meeting - 2017*, Austin, 2017.
- [Drm07] Michael Drmota. *Mathematik für Informatik*. Berliner Studienreihe zur Mathematik ; 17. Heldermann, Lemgo, 2007.
- [DRW15] Kasper Dinkla, N Henry Riche, and Michel A Westenberg. Dual adjacency matrix: exploring link groups in dense networks. In *Computer Graphics Forum*, volume 34, pages 311–320. Wiley Online Library, 2015.

- [FCB01] Susan N Friel, Frances R Curcio, and George W Bright. Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in mathematics Education*, pages 124–158, 2001.
- [Fuh16] Jan A. Fuhse. *Soziale Netzwerke; Konzepte und Forschungsmethoden*. UTB ; 4563. Sozialwissenschaften. 2016. Literaturverzeichnis: Seite 203-214.
- [GFC04] Mohammad Ghoniem, J-D Fekete, and Philippe Castagliola. A comparison of the readability of graphs using node-link and matrix-based representations. In *Information Visualization, 2004. INFOVIS 2004. IEEE Symposium on*, pages 17–24. Ieee, 2004.
- [GFC05] Mohammad Ghoniem, Jean-Daniel Fekete, and Philippe Castagliola. On the readability of graphs using node-link and matrix-based representations: a controlled experiment and statistical analysis. *Information Visualization*, 4(2):114–135, 2005.
- [Gig00] Gerd Gigerenzer. *Adaptive thinking: Rationality in the real world*. Oxford University Press, USA, 2000.
- [Gig07] Gerd Gigerenzer. *Gut feelings: The intelligence of the unconscious*. Penguin, 2007.
- [JL06] Philip Nicholas Johnson-Laird. *How we reason*. Oxford University Press, USA, 2006.
- [KE11] Daniel Kahneman and Patrick Egan. *Thinking, fast and slow*, volume 1. Farrar, Straus and Giroux New York, 2011.
- [KEC06] René Keller, Claudia M Eckert, and P John Clarkson. Matrices or node-link diagrams: which visual representation is better for visualising connectivity models? *Information Visualization*, 5(1):62–76, 2006.
- [Kle13] Gary Klein. *Seeing what others don't: The remarkable ways we gain insights*. Public Affairs, 2013.
- [KMH06] Gary Klein, Brian Moon, and Robert R Hoffman. Making sense of sense-making 2: A macrocognitive model. *IEEE Intelligent systems*, 21(5):88–92, 2006.
- [LF05] Patrick Lemaire and Ludovic Fabre. Strategic aspects of human cognition: Implications for understanding human reasoning. *Methods of thought: Individual differences in reasoning strategies*, pages 11–56, 2005.
- [May08] Philipp Mayring. *Qualitative Inhaltsanalyse; Grundlagen und Techniken*. Pädagogik. Beltz, Weinheim [u.a.], 10., neu ausgest. aufl. edition, 2008. Erg. u.d.T. Mayring, Philipp [Hrsg.]: Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse.

- [MGZ08] Philipp Mayring and Michaela Gläser-Zikuda. *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*. Beltz Weinheim, 2008.
- [NS<sup>+</sup>72] Allen Newell, Herbert Alexander Simon, et al. *Human problem solving*, volume 104. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ, 1972.
- [NW77] Richard E Nisbett and Timothy D Wilson. Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological review*, 84(3):231, 1977.
- [PC05] Peter Pirolli and Stuart Card. The sensemaking process and leverage points for analyst technology as identified through cognitive task analysis. In *Proceedings of international conference on intelligence analysis*, volume 5, pages 2–4, 2005.
- [PDH17] Margit Pohl and Johanna Doppler Haider. Sense-making strategies for the interpretation of visualizations—bridging the gap between theory and empirical research. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(3):16, 2017.
- [Pir09] Peter Pirolli. Making sense of sensemaking in the digital world. In *European Conference on Technology Enhanced Learning*, pages 1–2. Springer, 2009.
- [PS14] Margit Pohl and Florian Scholz. How to investigate interaction with information visualisation: An overview of methodologies. In *Building Bridges: HCI, Visualization, and Non-formal Modeling*, pages 17–29. Springer, 2014.
- [RTBD08] Raj M Ratwani, J Gregory Trafton, and Deborah A Boehm-Davis. Thinking graphically: Connecting vision and cognition during graph comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 14(1):36, 2008.
- [SHK<sup>+</sup>16] Patrick Seidler, Johanna Haider, Neesha Kodagoda, BL William Wong, Margit Pohl, and Richard Adderley. Design for intelligence analysis of complex systems: Evolution of criminal networks. In *Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC), 2016 European*, pages 140–143. IEEE, 2016.
- [VAL] VALCRI. *What is VALCRI*. <http://valcri.org/about-valcri/>. zuletzt abgerufen am 23.08.2017.
- [WB02] BL William Wong and AE Blandford. Analysing ambulance dispatcher decision making: Trialing emergent themes analysis. In *Proceedings of the HF2002 Human Factors Conference: Design for the whole person: integrating physical, cognitive and social aspects*. Ergonomics Society of Australia, 2002.
- [ZGC<sup>+</sup>16] Jian Zhao, Michael Glueck, Fanny Chevalier, Yanhong Wu, and Azam Khan. Egocentric analysis of dynamic networks with egolines. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 5003–5014. ACM, 2016.