

Visualisierungs- und Interaktionskonzept zur graphenbasierten Exploration

Ein visuell-mentales Modell zur Reduktion der kognitiven Last
während der Exploration komplexer Graphen

In der heutigen Zeit bilden Netzwerke, auf technologischer sowie sozialer Ebene, die zentralen Systeme in der Informationsverarbeitung. Graphen stellen mit ihren mathematischen Eigenschaften eine geeignete Art der Beschreibung von Netzwerken dar. Seit 1741, beginnend mit Eulers Königsberger Brückenproblem, werden Graphen für die Visualisierung thematisiert. Mit Beginn der Netzwerktechnik Mitte des 20. Jahrhunderts und der Entstehung digitaler sowie sozialer Netzwerke wächst das Interesse an der Visualisierung von Graphen. Dies setzt sich zu Beginn des 21. Jahrhunderts mit dem Aufbau von Firmennetzwerken und deren steigender Komplexität fort. Verschiedene Bereiche wie Psychologie, Mathematik, Kunst, Mensch-Maschine-Systemtechnik und Mediengestaltung beeinflussen die Ausprägung der Visualisierung von Graphen. Insbesondere psychologische Aspekte der visuellen Wahrnehmung und der kognitiven Leistung bilden die Grundlage zur Gestaltung von Graphen.

Netzwerke beinhalten einen hohen Informationsgrad für den Rezipienten. Am Beispiel komplexer Firmennetzwerke stellt sich die Herausforderung nach einer effizienten und individuellen Exploration. Aktuelle Lösungen in Form von Tabellen und Datenbankabfragesprachen erzeugen eine hohe kognitive Last des Nutzers. Die Darstellung von Netzwerken in Graphen unterstützt den Nutzer in der Erfassung des Kontexts. Aktuelle Visualisierungskonzepte für Graphen bieten nur geringe Möglichkeiten der individuellen Exploration. Dies resultiert in einem „Lost-in-Context“-Effekt und einer erhöhten kognitiven Last.

Das Visualisierungs- und Interaktionskonzept dieser Arbeit ermöglicht die Reduktion des „Lost-in-Context“-Effekts sowie der kognitiven Last. Dieser Forschungsansatz der Arbeit lässt sich dazu in drei Betrachtungsbereiche unterteilen: das Gedächtnismodell zur visuellen Kognition, das globale Strukturmittel und die lokalen Strukturmittel der graphenbasierten Exploration. Im Bereich der visuellen Kognition wird als Grundlage das Gedächtnismodell von Kosslyn diskutiert und adaptiert. Diese Adaption für die graphenbasierte Exploration zeigt die Verwendung von mentalen Karten des Nutzers. Dies basiert auf der Identifikation von semantischen und numerischen Werten der wahrgenommenen Objekte.

Das globale Strukturmittel „Multi-Level-of-Detail“-Konzept basiert auf der Abbildung semantischer und numerischer Eigenschaften von wahrgenommenen Objekten auf eine mentale Karte. Das Gedächtnismodell von Kosslyn wird für die graphenbasierte Exploration angepasst und stellt die Grundlage für diese Abbildung dar. Das globale Strukturmittel ermöglicht dem Nutzer, parallel mehrere Detailstufen in der Graphvisualisierung zu erzeugen und individuell zu manipulieren. Dies reduziert die kognitive Last während der graphenbasierten Exploration. Die Einführung des globalen Strukturmittels fordert die Betrachtung lokaler Strukturmittel zur visuellen Wahrnehmung und Gestaltung des Graphen.

Im Bereich der lokalen Strukturmittel werden die verschiedenen graphischen und interaktiven Mittel zur graphenbasierten Exploration diskutiert. Vor dem Hintergrund des aufgestellten Gedächtnismodells sowie den Grundlagen der Gestaltgesetze wird ein Baukasten visueller Elemente zur Gestaltung von Graphen betrachtet. Dieser wird durch die Diskussion der Eigenschaften der Graphobjekte, zum Beispiel: Position, Größe, Form, Clustern und Bündeln, beeinflusst.

In einer prototypischen Umsetzung des Konzepts wird, im Vergleich zu Tabellen und Datenbankabfragesprachen, am Beispiel eines komplexen Firmennetzwerks die Reduktion der kognitiven Last gezeigt. Die Evaluation der kognitiven Last erfolgt mittels des NASA-TLX. In einem „Within-Subject“ Experiment werden Experten zu dem Konzept befragt. Dieses zeigt, dass im Vergleich zu aktuellen Graphdarstellungen eine Reduktion des „Lost-in-Context“-Effekts eintritt. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass nicht alle gestalterischen Mittel der lokalen Strukturmittel, im Vergleich zu aktuellen Lösungen und Konzepten, eine Verbesserung brachten.

Die zentralen Aspekte des eingeführten Konzepts zeigen die Verwendung von mentalen Karten während der graphenbasierten Exploration komplexer Netzwerke.

Das Ziel dieser Arbeit ist es zu zeigen, welchen Einfluss die Parameter eines Visualisierungs- und Interaktionskonzepts zur graphenbasierten Exploration auf die „mentalen Karten“ eines Nutzers besitzen. Weiterhin wird dargelegt, wie globale und lokale Strukturmittel für einen Baukasten visueller Elemente die kognitive Last und den „Lost-in-Context“-Effekt reduzieren. Diese Zielstellung lässt sich in drei Diskussionsbereiche gliedern:

1. Kognition: ein Gedächtnismodell zur Unterstützung während der graphenbasierten Exploration komplexer Netzwerke
2. Globales Strukturmittel: zur Reduktion der kognitiven Last und des „Lost-in-Context“-Effekts in der graphenbasierten Exploration komplexer Netzwerke
3. Lokale Strukturmittel: ein Baukasten visueller und interaktiver Elemente für die graphenbasierte Exploration komplexer Netzwerke

In Zusammenhang mit dem Anwendungsfall ergeben sich für die vorliegende Arbeit folgende Forschungsfragen zur Diskussion:

1. Wie wird ein „visuell-kognitives“-Modell zur Abbildung mentaler Karten gestaltet?
2. Wie werden „mentale Karten“ in der graphenbasierten Exploration unterstützt?
3. Wie wird die „kognitive Last“ bei der graphenbasierten Exploration reduziert?
4. Wie wird der "Lost-in-Context"-Effekt bei der graphenbasierten Exploration reduziert?
5. Welche globalen und lokalen Strukturmittel unterstützen die graphenbasierte Exploration in der Visualisierung und Interaktion?
6. Wie wirken sich visuelle und interaktive Elemente auf die Bedeutung und Wahrnehmung des Graphen aus?

Die gewonnenen Erkenntnisse aus den gestellten Forschungsfragen werden durch eine prototypische Umsetzung unter Verwendung des Anwendungsfalls validiert und mit bestehenden Konzepten verglichen.

Graphen bilden komplexe Datenmengen und -strukturen von Netzwerken ab. Die Exploration steht vor der Herausforderung der Darstellung von Detail- und Kontextsicht sowie der Abbildung der Zusammenhänge zwischen einzelnen Graphobjekten. Dies hat Auswirkungen auf die kognitive Leistung des Nutzers und die Abbildung auf eine mentale Karte. Die im Folgenden aufgestellten Hypothesen leiten sich aus den Grundlagen, den Herausforderungen aktueller Konzepte sowie den Anforderungen an die graphenbasierte Exploration ab. Sie werden mit einer endlichen Anzahl an Beobachtungen mittels empirischer Methoden verifiziert. Damit gilt zugleich, dass diese Hypothesen nur in den genannten Rahmenbedingungen gültig sein können. Die Hypothesen bilden ein strukturelles System mit den Grundlagen in Zusammenhang mit dem Anwendungsfall. Aus den offenen Forschungsfragen ergeben sich die folgenden Aspekte für die Hypothesen:

- Modell zur Beschreibung mentaler Karten
- Visualisierungs- und Interaktionskonzept zur Unterstützung mentaler Karten
- Reduktion der kognitiven Last
- Reduktion des „Lost-in-Context“-Effekts
- Globale und lokale Strukturmittel für die graphenbasierte Exploration einführen
- Semantische Wirkung visueller Elemente in der graphenbasierten Exploration

Ein Visualisierungs- und Interaktionskonzept zur Reduktion der kognitiven Last und des „Lost-in-Context“-Effekts für die graphenbasierte Exploration fordert die Verwendung eines personalisierten Ortsgedächtnisses. Das Lernen und Erinnern von neuen Strukturen wird durch die Verwendung von Metaphern unterstützt. Dies führt zu der Anforderung, dass eigene Metaphern zur Anordnung von Objekten auf einem virtuellen Bezugssystem (computergraphische Abbildung) in Analogie zu einem imaginären Bezugssystem (mentale Abbildung) genutzt werden. Diese Aspekte der offenen Forschungsfragen sowie die Anforderungen des Anwendungsfalls bilden den Kern des Forschungsbeitrags und lassen in der folgenden (zentralen) Hypothese beschreiben:

1. Hypothese

Durch das Visualisierungs- und Interaktionskonzept der globalen und lokalen Strukturmittel kann die kognitive Last und der „Lost-in-Context“-Effekt während der graphenbasierten Exploration mittels eines visuell-mentalens Gedächtnismodells zur Verarbeitung semantischer und numerischer Werte, zur Abbildung virtueller Positionen von Objekten auf die mentale Karte, unterstützen werden.

Diese Hypothese bildet den Kern der Arbeit und lässt sich bezüglich des Gedächtnismodells, des globalen und der lokalen Strukturmittel sowie der Interaktion in folgende Hypothesen gliedern:

2. Hypothese

Die erzeugte mentale Karte, als Teil des visuell-mentalens Gedächtnismodells, basiert auf numerischen und semantischen Werten, welche aus den Informationen während der graphenbasierten Exploration gewonnen werden.

3. Hypothese

Das globale Strukturmittel „Multi-Level-of-Detail“ unterstützt die graphenbasierte Exploration und Verarbeitung der Positionen von Graphobjekten in der Reduktion der kognitiven Last und des „Lost-in-Context“-Effekts.

4. Hypothese

Die lokalen Strukturmittel unterstützen die graphenbasierte Exploration und die visuelle Verarbeitung von Graphobjekten in der Reduktion der kognitiven Last und des „Lost-in-Context“-Effekts.

Im Bereich der lokalen Strukturmittel ergeben sich folgende Hypothesen:

5. Hypothese

Die Verwendung der Perspektivität, durch die Verschiebung von Ebenen, verringert die kognitive Last in der Wahrnehmung der Relationen während der graphenbasierten Exploration. Dies wird durch die Abbildung semantischer Eigenschaften aus der Graphvisualisierung in den Subsystemen des Gedächtnismodells ermöglicht.

6. Hypothese

Das Gedächtnismodell ist stabil gegenüber den Eigenschaften der Gestaltgesetze, der Graphästhetik sowie der Objekt- und Szenenwahrnehmung, unabhängig von der Art der Graphobjekte in der graphenbasierten Exploration.

7. Hypothese

Die Konzepte der visuellen Exploration, die visuellen Elemente zur Gestaltung sowie die Semantik und Bildsprache lassen sich durch das Gedächtnismodell herleiten und einen Baukasten visueller Elemente zur graphenbasierten Exploration überführen.

Für den Forschungsbereich der Interaktion in der graphenbasierten Exploration stellt sich die folgende Hypothese:

8. Hypothese

Interaktionen besitzen Eigenschaften, welche semantische sowie numerische Werte in dem Gedächtnismodell abbilden und die graphenbasierte Exploration in Bezug auf die Reduktion der kognitiven Last unterstützen.

Die Erweiterung des „visuell-mentale Modells“ von Kosslyn aus dem Jahr 1994 basiert auf der Zuordnung von semantischen und numerischen Werten der wahrgenommenen Objekte. Darauf baut die Einführung des Subsystems „mentale Karte“ und die Erweiterung beziehungsweise Anpassung der Subsysteme „Verortung“ und „Vektor“ auf.

Es wird dargelegt, dass die Einführung eines globalen und mehrerer lokaler Strukturmittel die mentale Karte des Nutzers unterstützt und die Reduktion der kognitiven Last während der graphenbasierten Exploration zur Folge hat. Ebenfalls gilt es die Reduktion des „Lost-in-

Context“-Effekts durch eine individuelle Verortung von Graphobjekten in Bezug zur mentalen Karte zu belegen.

Im Bereich des globalen Strukturmittels wird durch die Einführung des Visualisierungs- und Interaktionskonzepts „Multi-Level-of-Detail“ eine Reduktion des „Lost-in-Context“-Effekts während der Navigation im Graphen erwartet. Zusätzlich ist eine Reduktion der kognitiven Last in der Bearbeitung von Aufgaben zu erwarten. Es ist zu zeigen, dass das globale Strukturmittel die individuelle Verortung von Graphobjekten auf dem Bezugssystem unterstützt. Der Forschungsansatz des globalen Strukturmittels basiert auf der Einführung der mentalen Karte in dem Gedächtnismodell.

Die lokalen Strukturmittel bilden eine Nebenbedingung des globalen Strukturmittels. Sie beschreiben den Forschungsansatz bezüglich der Gestaltung der Graphobjekte. Dies basiert auf den Anforderungen aus den Bereichen der Perspektivität, Gestaltgesetze und Graphästhetik und der semantischen Wirkung visueller Elemente. Es ist zu zeigen, wie sich die einzelnen lokalen Strukturmittel auf die Reduktion der kognitiven Last und des „Lost-in-Context“-Effekts auswirken. Weiterhin gilt es die Eigenschaften dieser Anforderungen zu betrachten und mit der Abbildung der semantischen und numerischen Eigenschaften des Gedächtnismodells zu vergleichen.

Zusätzlich gilt es im Bereich der Interaktion zu zeigen, dass bekannte Interaktionen für die graphenbasierte Exploration und das Gedächtnismodell mit der mentalen Karte adaptiert werden können.

Das von Kosslyn beschriebene Modell mit dem visuellen Puffer wurde für die Diskussion zur graphenbasierten Exploration abstrahiert. Nach der Einführung und Diskussion der Eigenschaften für die graphenbasierte Exploration und die damit verbundenen Anforderungen ergibt sich ein abstrahiertes und angepasstes Gedächtnismodell. Der Einsatz von mentalen Karten basiert auf der Grundlage und Annahme, dass das mentale System Orte im Gedächtnis miteinander verknüpfen und diesen numerische, mathematische sowie semantische Werte zuordnen kann.

Der visuelle Puffer beschreibt die Detektion von Objekten und deren Eigenschaften und kann entsprechend dem Interesse des Nutzers die Auflösung des Aufmerksamkeitsfensters variieren. Für die Verortung und die Vektoren werden zusätzlich semantische Werte verwendet. Diese erweitern das Gedächtnismodell. Zusätzlich wird neben den Subsystemen Verortung und Vektor die mentale Karte eingeführt. Diese Erweiterung bildet das neue Gedächtnismodell, welches für die graphenbasierte Exploration verwendet wird.

Das Zusammenspiel von im Gedächtnis abgelegten Vektoren und Verortungen von mehreren Objekten erzeugt eine mentale Karte. Diese kann mit im Gedächtnis abgelegten Versionen verglichen oder ergänzt werden. Diese Eigenschaft erfordert Funktionen der Verknüpfung und kann nicht als Teil des Subsystems Gedächtnis oder der Subsysteme zur Identifikation von Orten und Beziehungen agieren. Es gilt damit die mentale Karte als dediziertes Subsystem im Gedächtnismodell zu betrachten.

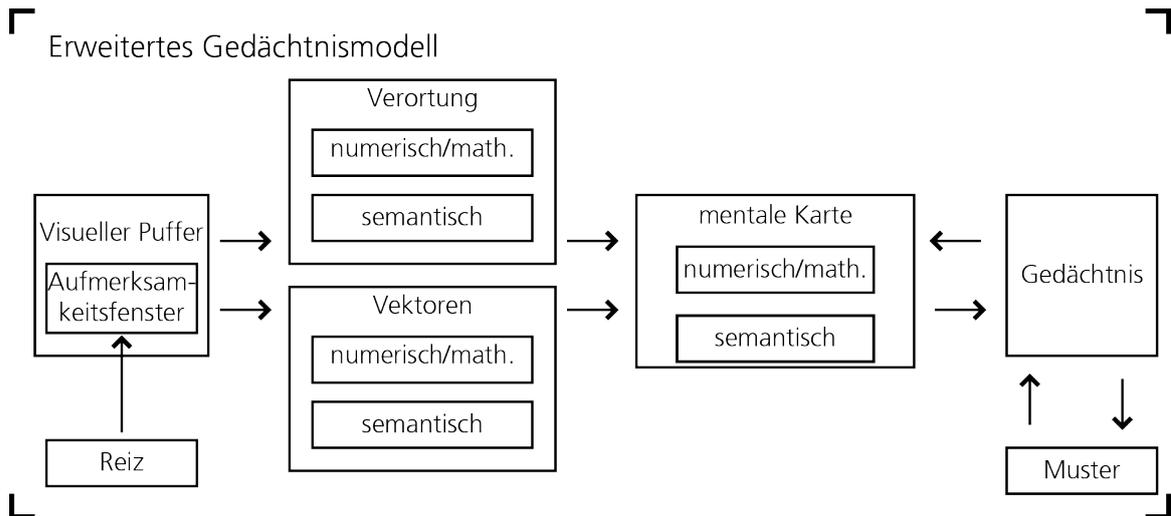


Abb. 1: Erweitertes Gedächtnismodell, basierend auf dem Modell von Kosslyn aus dem Jahr 1994

Das Visualisierungs- und Interaktionskonzept „Multi-Level-of-Detail“ unterstützt die „mentalen Karten“ des Nutzers und reduziert die kognitive Last. Dieses Konzept beschreibt die aufgestellte Hypothese (3. Hypothese), dass das „Multi-Level-of-Detail“-Konzept die kognitive Last und der „Lost-in-Context“-Effekt während der graphenbasierten Exploration reduziert werden.

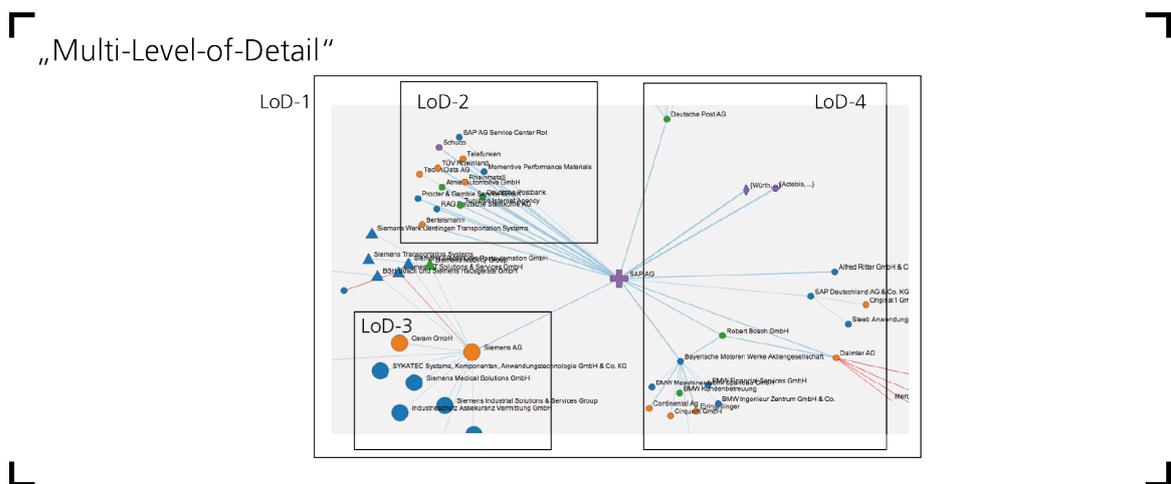


Abb. 2: „Multi-Level-of-Detail“-Konzept, zum Beispiel aus vier verschiedenen LoDs bestehend, welche weitere Objekte enthalten

Das „m-LoD“-Konzept ist in Abb. 2 am Beispiel des Anwendungsfalls dargestellt und zeigt, wie verschiedene Graphobjekte auf einem Bezugssystem parallel in verschiedenen Detailstufen dargestellt werden können. Die aufgestellte Hypothese (1. Hypothese) wird in einem ausführlichen Nutzertest validiert und die Eigenschaften des „m-LoD“-Konzepts in Bezug auf den Anwendungsfall gezeigt.

Die Evaluationen zur graphenbasierten Exploration mit dem globalen und lokalen Strukturmitteln haben gezeigt, dass diese wesentlichen Vorteile in den Bereich der visuellen Kognition und der Visualisierung und Interaktion für die graphenbasierte Exploration bringen. Insbesondere die Unterstützung der mentalen Karten führte zu einer Reduktion der kognitiven Last und des „Lost-in-Context“-Effekts. Die Evaluation zeigt, dass komplexe Netzwerke effektiver (schneller und

korrekter) mit einer Graphvisualisierung exploriert werden können, als mit Tabellen oder Datenbankabfragesprachen.

Die erste Vorevaluation zeigte weiterhin, dass das globale Strukturmittel „m-LoD“-Konzept wesentliche Vorteile in der Verortung, Wiedererkennung und Interaktion gegenüber aktuellen Tools der Graphvisualisierung bietet. Dies wurde im Detail durch die Hauptevaluation belegt. Ebenfalls wurden zur visuellen Unterstützung lokale Strukturmittel verwendet. Diese basieren auf den Gestaltungsgesetzen und unterstützen die visuelle Wahrnehmung.

Die zweite Vorevaluation belegt weiterhin, dass die Verortung der Graphobjekte abhängig von dem Bezugssystem ist. Ein Bezugssystem mit Struktur reduziert die Anzahl der Interaktionen und der verwendeten lokalen Strukturmittel.

Die Exploration komplexer Netzwerke wird in aktuellen Lösungen durch Tabellen und Abfragesprachen realisiert, welche zur inhaltlichen Erschließung eine hohe kognitive Last erzeugen. Einige aktuelle Systeme setzen auf die visuelle Darstellung der Netzwerke als Graphen. Diese steigern das Verständnis für Detail- oder Kontextsichten. Für die individuelle Exploration fehlt es an Freiheitsgraden in der Visualisierung und Interaktion. Aus dem Anwendungsfall und den Herausforderungen aktueller Systeme stellt sich folgende Hypothese:

Durch das Visualisierungs- und Interaktionskonzept der globalen und lokalen Strukturmittel kann die kognitive Last und der „Lost-in-Context“-Effekt während der graphenbasierten Exploration mittels eines visuell-mentalen Gedächtnismodells zur Verarbeitung semantischer und numerischer Werte, zur Abbildung virtueller Positionen von Objekten auf die mentale Karte, unterstützt werden.

Als Resultate der Detaildiskussion der Hypothese und der durchgeführten Evaluationen lassen sich die folgenden Forschungsbeiträge herausstellen.

Mentale Karten und das Gedächtnismodell

Die Abbildung mentaler Karten im Gedächtnis erfordert die Verwendung von numerischen und semantischen Werten. Als Grundlage diente das visuell-mentale Modell von Kosslyn aus dem Jahr 1994 (Kosslyn 1994). Dies beschreibt, wie numerische Werte erfasst und im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden. Es stellt sich folgende Hypothese:

Die erzeugte mentale Karte, als Teil des visuell-mentalen Gedächtnismodells, basiert auf numerischen und semantischen Werten, welche aus den Informationen während der graphenbasierten Exploration gewonnen werden.

Es wurde gezeigt, dass zusätzlich semantische Werte sowie Beziehungen zwischen Objekten in Form von Vektoren eine wesentliche Rolle in der Orientierung und der Abbildung in einer mentalen Karte spielen. Diese Eigenschaften sind sehr präsent in der Verarbeitung und Beschreibung durch den Nutzer. Daraus resultiert die Adaption des Modells von Kosslyn. Es wurden die Subsysteme „Verortung“ und „Vektoren“ durch die Einführung semantischer Werte in Kombination mit numerischen Werten angepasst. Beide Subsysteme liefern Werte, welche im Subsystem mentale Karte zusammengefasst werden. Diese entstandenen Karten werden abschließend im Gedächtnis gespeichert beziehungsweise mit bekannten Versionen verglichen.

Des Weiteren folgt als Forschungsbeitrag die Anpassung der gestalterischen Mittel zur graphenbasierten Exploration. Diese werden in ein globales und mehrere lokale Strukturmittel untergliedert.

Globales Strukturmittel

Das globale Strukturmittel „Multi-Level-of-Detail“-Konzept bildet den zentralen Punkt dieser Arbeit und damit den Kern des Forschungsbeitrags. Das globale Strukturmittel gliedert sich in zwei Aspekte. Zum einen, die frei und individuelle Verortung von Graphobjekten auf dem Bezugssystem und zum anderen, die parallele und unabhängige Erstellung mehrerer Level-of-Details (LoD). Beide Aspekte erhalten die Topologie des Graphen. Dies resultiert in einer für jeden Nutzer individuellen Anordnung der Graphobjekte auf dem Bezugssystem. Die Menge aller Verortungen und Vektoren bildet die mentale Karte. In der Evaluation wurde gezeigt, dass die im Gedächtnismodell eingeführten mentalen Karten eine graphenbasierte Exploration unterstützen. Diese Unterstützung wird durch das globale Strukturmittel „Multi-Level-of-Detail“-Konzept gebildet.

Lokale Strukturmittel

Im Bereich der lokalen Strukturmittel ergeben sich aus der vorliegenden Arbeit folgende Forschungsbeiträge. Die Auswirkungen der Gestaltgesetze, der Graphästhetik sowie Objekt- und Szenenwahrnehmung wurden gegenüber dem Gedächtnismodell und dessen Eigenschaften validiert.

Im Detail zeigte die Analyse der gestalterischen Mittel für die graphenbasierte Exploration, dass die Nutzung von geometrischen Primitiven die Objekt- und Szenenwahrnehmung unterstützt. Die Nutzer verwendeten unterschiedliche geometrische Primitive zur Organisation und Verortung der Graphobjekte. Die Einbindung eines Bezugssystems mit einem vorgegebenen Raster unterstütze den Prozess der Verortung der Graphobjekte. Im Prototyp und in der Evaluation wurden konzentrische Kreise sowie ein quadratisches Raster den Probanden als Bezugssysteme bereitgestellt. Weiterhin stellte sich als Ergebnis heraus, dass durch die Verwendung eines strukturierten Bezugssystems der „Lost-in-Context“-Effekt reduziert wurde. Es lässt sich folgern, dass die Verwendung der Eigenschaften aus den Gestaltgesetzen in der graphenbasierten Exploration die Reduktion der kognitiven Last und die Reduktion des „Lost-in-Context“-Effekts unterstützen.

Die Regeln der Graphästhetik nutzen als Grundlage die Gestaltgesetze. Eine Validierung dieser Regeln erfolgte indirekt. Damit gilt, dass diese Regeln unter der Annahme der ausschließlichen Verwendung von Gestaltgesetzen, für die graphenbasierte Exploration und das Gedächtnismodell gültig sind.

Als Reduktionsmittel von Störmustern durch Kanten und Knoten wurde der „Force-Directed“-Algorithmus gewählt. Dieser reduziert die Anzahl der Kantenschneidungen auf ein Minimum. Die geringere Anzahl an Kantenschneidungen reduziert die kognitive Last während der Exploration. Dieses Mittel wurde unter der Annahme eines komplexen Netzwerks gewählt. Eine hohe Anzahl an Kantenschneidungen erhöht, unabhängig von der Aufgabe, die kognitive Last. Der

Algorithmus wurde dahin gehend angepasst, dass dieser sich nur auf das Standardlayout auswirkt. Dies unterstützt ebenfalls die Objekt- und Szenenwahrnehmung.

Die Verwendung von semantischen Werten, basierend auf den aufgeführten gestalterischen Mitteln, erzeugt einen Baukasten visueller Elemente in der graphenbasierten Exploration. Eine beschränkte Menge an visuellen Elementen zur Manipulation der Graphobjekte unterstützt den Nutzer in der graphenbasierten Exploration. Die Beschränkung der Menge an visuellen Elementen verhindert einen „Lost-in-Context“-Effekt. Zugleich fördert sie die Bildung von Metaphern durch den Nutzer. Diese werden in Form von visuellen Mustern in den gebildeten Clustern wiedergegeben. Die Verwendung von Metaphern reduziert die kognitive Last. Der Nutzer greift auf bekanntes Wissen zurück und assoziiert dies mit dem unbekanntem Wissen.

Interaktion

Im Speziellen wurde der Forschungsbereich Interaktion für die graphenbasierte Exploration dahin gehend untersucht, wie der „Lost-in-Context“-Effekt durch die Nutzung einer temporären Kontextsicht unterstützt wird. Dazu wurde erfolgreich die Interaktion „Catch“ eingeführt und validiert. Diese ordnet alle nicht sichtbaren Graphobjekte am Rand des Bezugssystems an. Dies unterstützt den Nutzer in der visuellen Wahrnehmung und Einordnung seiner aktuellen Sicht auf den Graph. Zugleich reduziert dies die kognitive Last und verringert die Zeit, welche zur Bearbeitung der Aufgaben, im Vergleich zu aktuellen Konzepten (ein LoD zu einem Zeitpunkt), benötigt wird. Der Nutzer bleibt in seinem Bereich der Wahrnehmung und Interaktion und kann zusätzliche semantische und numerische Werte zur Einordnung in der mentalen Karte erfassen.

Die Interaktion „Pooling“ (und die Gegenfunktion das „De-Pooling“) unterstützen den Nutzer auf zwei Arten. Zum einen als Metapher durch die Wahl eines Repräsentanten für eine Menge (dies bezieht sich auf das „Pooling“) und zum anderen als Reduktionsmittel in der visuellen Darstellung des Graphen. Beide Arten reduzieren die kognitive Last in der Exploration durch eine Verringerung der Menge an Graphobjekten. Die Interaktion Pooling ist Topologie erhaltend.

Die Vorevaluationen zeigten, dass die Verwendung von Graphen gegenüber Tabellen in der Exploration komplexer Netzwerke effektiver ist (basierend auf der Zeit zur Bearbeitung der Aufgaben). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die eingeführten Konzepte des globalen und der lokalen Strukturmittel eine weitere Steigerung im Verständnis des Netzwerks und der Bearbeitung der Aufgaben liefert.

Herausforderungen des Konzepts

Die kritische Betrachtung und die durchgeführten Evaluationen der eingeführten Konzepte zeigten, dass folgende Herausforderungen bestehen. Die Exploration des Graphen bezüglich eines einzelnen, bekannten Objektes ist mittels Datenbankabfragesprachen schneller und effektiver als eine graphenbasierte Exploration. Weiterhin wurde gezeigt, dass der Einsatz der Perspektivität (als perspektivische Verschiebung von Gruppen in Ebenen) keine weitere Information erzeugt. Die Unterstützung der Perspektivität konnte nicht nachgewiesen werden. Damit ist die Hypothese widerlegt.

Abschließend steht als Herausforderung die Skalierbarkeit des Systems. In Bezug auf mobile Systeme ergab die Betrachtung, dass es nicht möglich ist, auf eine effektive graphenbasierte Exploration zu setzen. Dies ist vor allem durch die geringe Größe des Bildschirms beeinflusst.

Zukünftige, offene Forschungsfragen

In Anlehnung an die erarbeiteten Forschungsbeiträge ergaben sich weitere Ansätze zur Untersuchung von Eigenschaften in Bezug auf das visuell-mentale Modell und die graphenbasierte Exploration.

In der Implementierung des Prototyps wurden sechs verschiedene geometrische Formen als gestalterische Mittel verwendet. Die Evaluation zeigte, dass nahezu alle Formen verwendet wurden. Die resultierende offene Forschungsfrage zielt auf ein Maximum in der Verwendung von geometrischen Formen zur Strukturierung während der graphenbasierten Exploration ab. Es wird angenommen, dass diese Zahl auf den Wert von 7 ± 2 steigen wird. Als Randbedingungen sollten zusätzliche Strukturmittel mit beachtet werden, und welchen Einfluss diese Menge auf die Zahl der geometrischen Formen hat.

Die graphästhetischen Mittel basieren zum größten Teil auf den Gestaltgesetzen. Als offene Forschungsfrage bleibt, wie sich diese, unter der Annahme, dass graphästhetische Mittel nicht auf den Gestaltgesetzen basieren, auf die graphenbasierte Exploration und den Baukasten visueller Elemente auswirken. Es wird angenommen, dass dies von den Aufgabenarten während des Explorationsprozesses sowie von der Komplexität des Graphen abhängig ist.

Die Widerlegung der erfolgreichen Nutzung der Perspektivität mündet in der Frage wie sich andere Arten der Perspektivität auf die graphenbasierte Exploration auswirken. Im Besonderen sind die Auswirkungen der Annahmen zur Multiperspektive und die Gestaltung von parallelen Sichten auf den Graphen für die Exploration von Interesse. Daran anknüpfend folgt die Betrachtung der kognitiven Last während der Bearbeitung von Aufgaben mit mehreren, parallelen Graphdarstellungen. Zusätzlich ist die Forschungsfrage: „Wie sich der Baukasten visueller Elemente entsprechend ändert?“ offen.

Als abschließende Forschungsfrage für weitere Betrachtungen stellt sich die Nutzbarkeitsprüfung des Konzepts für andere Technologien wie zum Beispiel „Augmented Reality“-Brillen oder einer „Cave“. Diese bieten einen größeren Interaktionsraum sowie eine größere Darstellungsfläche. Welche Auswirkungen auf das Konzept durch eine den Nutzer vollständig umgebende Darstellung eines Graphen entstehen?