

GRAPE

Pflichtenheft

Gereon Recht Robin Link Cem Özcan Felix Köhler
Alexander Schorn Collin Lorbeer

17. Mai 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Zielbestimmung	1
1.1	Musskriterien	1
1.2	Wunschkriterien	2
1.3	Abgrenzungskriterien	2
2	Produkteinsatz	2
2.1	Anwendungsbereiche	2
2.2	Zielgruppen	2
2.3	Betriebsbedingungen	3
3	Produktumgebung	3
3.1	Software	3
3.2	Hardware	3
4	Funktionale Anforderungen	4
/F10/	Automatische Generierung von Graphen	4
/F20/	Tabellarische Darstellung einer Graphendatenbank	5
/F30/	Filtern der Graphendatenbank	6
/F40/	Visualisierung eines gefärbten Graphen	8
/F50/	Grafische Modifikation von Graphen	10
/F60/	Generierung des nächstdichtereren Graphen	11
/F70/	Einlesen eines Graphen mit <i>Breadth First Code</i>	12
5	Produktdaten	14
/D10/	Graphmerkmale	14
/D20/	Metadaten	14
6	Nichtfunktionale Anforderungen	15
/NF10/	Zuverlässigkeit	15
/NF20/	Benutzbarkeit	15
/NF30/	Effizienz und Leistung	15
/NF40/	Erweiterbarkeit	15
7	Globale Testfälle	16
/T10/	. . . . .	16
/T20/	. . . . .	16
/T30/	. . . . .	16
/T40/	. . . . .	16
/T50/	. . . . .	16
/T60/	. . . . .	16

8	Systemmodelle	17
8.1	Szenarien	17
8.1.1	Graphen zufällig generieren	17
8.1.2	Graph einlesen	17
8.1.3	Benutzerdefinierten Graph hinzufügen	17
8.1.4	Graphen sortieren nach bestimmten Merkmalen	18
8.1.5	Filtergruppe hinzufügen	18
8.1.6	Graphendatenbank filtern	18
8.1.7	Graphen löschen	18
8.1.8	Graphen visualisieren	18
8.1.9	Graphen zentrieren	18
8.1.10	Anzahl dichter Graphen bestimmen	19
8.2	Anwendungsfälle	19
9	Grafische Benutzeroberfläche	19
9.1	Die Menüleiste	21
9.2	Das Filtermenü	23
9.3	Korrelationsanfragen	25
9.4	Tabellarische Ansicht der Graphendatenbank	26
9.5	Der Graphen-Editor	28
10	Durchführbarkeitsanalyse	29
10.1	Technische Durchführbarkeit	29
10.2	Personelle Durchführbarkeit	30
10.3	Alternative Lösungsvorschläge	30
10.4	Risiken	31

1 Zielbestimmung

Der Lehrstuhl *IPD* Böhm am *KIT* soll durch das Programm in die Lage versetzt werden, große Mengen von Graphen zu generieren, auszuwerten und auf Korrelationen zwischen *Merkmalen* zu untersuchen.

1.1 Musskriterien

- *Grafische Benutzeroberfläche*
- Generierung von Graphen
 - *Merkmale* berechnen und speichern
 - Generierung des *nächstdichteren Graphen*
- Statistische Auswertung der Graphen bezüglich ausgewählter *Merkmale*
 - Tabellarische Auflistung der *Merkmale*
 - Sortieren von Graphen nach ihren *Merkmalen*
 - Anfragen an Graphendatenbank durch Definition von *Filtern*
 - Korrelationen zwischen *Merkmalen* berechnen
- Grafische Darstellung der Graphen
 - Färbung anzeigen
 - *Subgraphen* bezüglich der Hadwigervermutung hervorheben
- Erweiterbarkeit der Software
 - Austauschbarkeit der Algorithmen
 - Hinzufügen neuer Algorithmen
 - *Merkmale* zum Programm hinzufügen

1.2 Wunschkriterien

- Modifikation von Graphen über den *Graphen-Editor*
- Graphen über *Breadth First Code* einlesen

1.3 Abgrenzungskriterien

Das Programm muss keine Beweise für die Gültigkeit der Totalfärbungsvermutung beziehungsweise der Hadwigervermutung liefern, kann diese jedoch durch das Finden von Gegenbeispielen widerlegen.

2 Produkteinsatz

Die vom Programm berechneten Graphen sollen bezüglich verschiedener *Merkmale* verglichen werden können. Dabei ist insbesondere interessant, ob die statistische Auswertung der *Merkmale* Rückschlüsse auf die Totalfärbungsvermutung beziehungsweise die Hadwigervermutung erlaubt.

2.1 Anwendungsbereiche

- Anwendung in der mathematischen Forschung

2.2 Zielgruppen

- *IPD* Böhm am *KIT*
- Forschungseinrichtungen, Universitäten und Hochschulen
- Interessenten der Graphentheorie

2.3 Betriebsbedingungen

- Einsatz auf Privat- und Betriebsrechnern in Büroumgebung vorgesehen

3 Produktumgebung

3.1 Software

Das Programm wird hauptsächlich für einen Rechner mit Windows 10 und Java Runtime Environment (JRE) entworfen. Aus der Verfügbarkeit des JRE für viele Betriebssysteme folgt die weitgehende Betriebssystemunabhängigkeit des Programms.

3.2 Hardware

- Rechner mit durchschnittlicher Rechenleistung

4 Funktionale Anforderungen

/F10/ Automatische Generierung von Graphen

Ziel: Automatische Generierung einer festgelegten Anzahl von Graphen, wobei wahlweise Knotenanzahl oder Knoten- und Kantenanzahl festgelegt werden, und das Speichern dieser in einer Graphendatenbank.

Kategorie: Primär

Vorbedingungen: Eine, nicht notwendigerweise leere, Graphendatenbank muss geöffnet sein. Die gewünschte Knoten- bzw. Knoten- und Kantenanzahl der zu generierenden Graphen muss festgelegt und gültig sein.

Nachbedingungen (Erfolg): In der *Statusleiste* erhöht sich die totale Anzahl der Graphen in der Graphendatenbank. Ein Eintrag mit Details zu den generierten Graphen wird zum Log hinzugefügt. Nach Berücksichtigen der angewandten *Filter* werden die Graphen tabellarisch dargestellt.

Nachbedingungen (Fehlschlag): Durch einen visuellen Hinweis in der Statusleiste wird der Benutzer darauf aufmerksam gemacht, dass keine neuen oder nicht die gewünschte Anzahl an Graphen hinzugefügt werden konnten. Ein Eintrag mit Details zum Versagen wird zum Log hinzugefügt.

Akteure: Benutzer

Auslösendes Ereignis: Klick auf die *Schaltfläche Generiere Graphen*.

Beschreibung:

- (1) Festlegen der Knoten- bzw. Knoten- und Kantenanzahl der zu generierenden Graphen
- (2) Generierung der Graphen
- (3) Hinzufügen der Graphen zur Graphendatenbank
- (4) Bestätigung durch Aktualisieren der Statusleiste
- (5) Anwenden der *Filter* auf die aktualisierte Graphendatenbank
- (6) Sortieren der Graphen

Erweiterung: -

Alternativen: -

/F20/ Tabellarische Darstellung einer Graphendatenbank

Ziel: Darstellung der Graphen und deren *Merkmale* in einer Tabelle.

Kategorie: primär

Vorbedingungen: Es muss eine *Graphendatenbank* geöffnet sein.

Nachbedingungen (Erfolg): Die Graphen werden nach einem ihrer *Merkmale* sortiert in einer Tabelle dargestellt. In der *Statusleiste* wird die Anzahl der sichtbaren Graphen aktualisiert.

Nachbedingungen (Fehlschlag): -

Akteure: Benutzer

Auslösende Ereignisse:

- Öffnen einer Graphendatenbank
- Generierung und Hinzufügen neuer Graphen zur Graphendatenbank
- Ändern der Sortiereigenschaft durch Klick auf Spaltenüberschrift

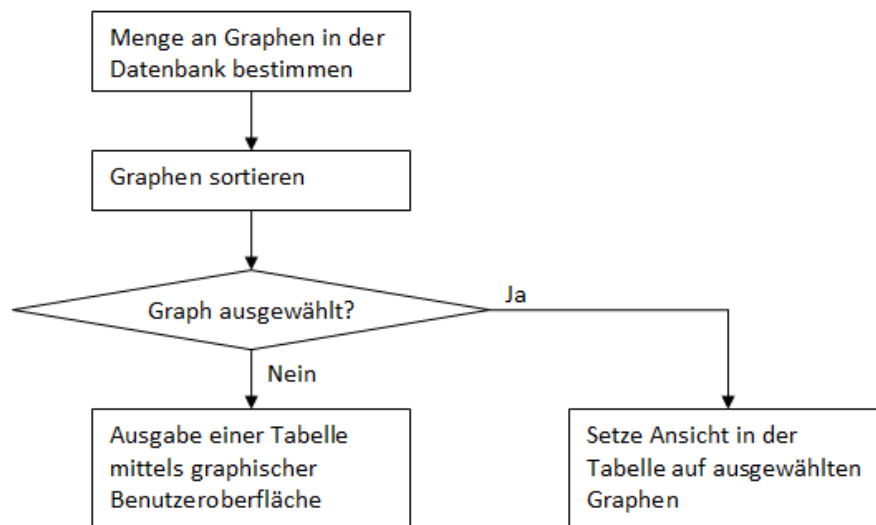
Beschreibung:

- (1) Bestimmen der Menge an Graphen in der Graphendatenbank
- (2) Sortieren der fertig berechneten Graphen
- (3) Ausgabe der Tabelle über die *Grafische Benutzeroberfläche*

Erweiterung: Siehe /F30/

Alternativen:

- (2a) Falls der Graphendatenbank während dem Sortiervorgang Graphen hinzugefügt werden (siehe /F70/ und /F80/), wird der Sortiervorgang fertiggestellt, ohne die neu hinzugefügten Graphen zu berücksichtigen. Sobald der Sortiervorgang beendet ist, werden die neu hinzugefügten Graphen gemäß der zuletzt durchgeführten Sortierung an die passende Stelle der Tabelle eingefügt.
- (3a) Ist bereits ein Graph ausgewählt, wird bei Änderungen an der Tabelle die Auswahl beibehalten und die Ansicht zu dem ausgewählten Graphen verschoben.



/F30/ Filtern der Graphendatenbank

Ziel: Analyse einer Menge von Graphen auf bestimmte *Merkmale* mittels der in 10.2 spezifizierten Ausdrücke. Speichern und Laden einzelner *Filter* oder *Filtergruppen*.

Kategorie: primär

Vorbedingungen: -

Nachbedingungen (Erfolg): Die Tabelle zeigt nur die Menge von Graphen an, auf die die Filter zutreffen. In der *Statusleiste* wird die Anzahl der angezeigten Graphen aktualisiert.

Nachbedingungen (Fehlschlag): Ungültige *Filter* werden rot markiert. Nur die gültigen *Filter* werden angewandt.

Akteure: Benutzer

Auslösende Ereignisse:

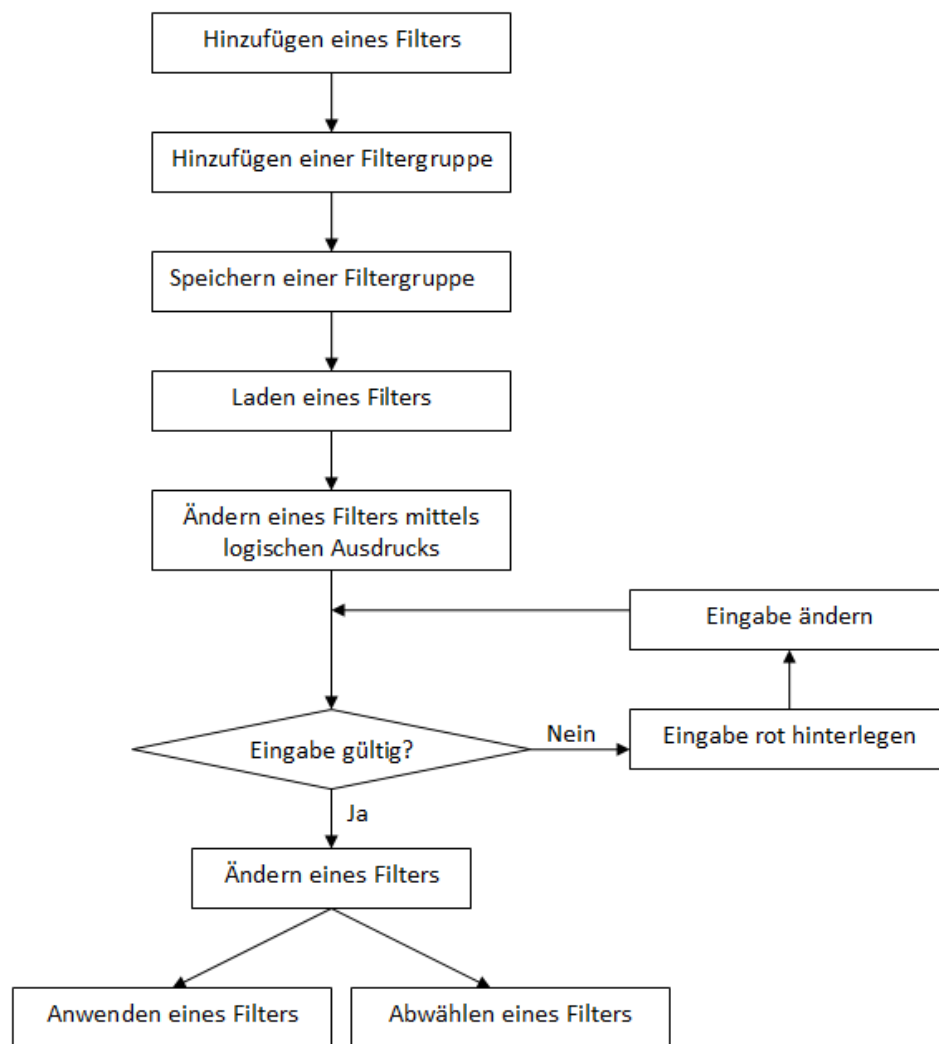
- Öffnen einer Graphendatenbank
- Generierung und Hinzufügen neuer Graphen zur Graphendatenbank
- Hinzufügen eines gültigen Filters, sowie Löschen, Einblenden, Ausblenden und Laden eines *Filters* oder einer *Filtergruppe*

Beschreibung:

- (1) Hinzufügen eines *Filters* über die *Schaltfläche Neuer Filter*
- (2) Hinzufügen einer *Filtergruppe* über die *Schaltfläche Neue Gruppe*
- (3) Speichern einer *Filtergruppe* über Menü Filtermenü
- (4) Laden einer *Filtergruppe* über Menü Filtermenü
- (5) Ändern eines *Filters* über Eingabe eines Ausdrucks
- (6) *Filter* einblenden oder ausblenden
- (7) *Filtergruppen* umbenennen

Erweiterung: -**Alternativen:**

- (5a) Bei ungültiger Eingabe wird das Eingabefeld des *Filters* rot hinterlegt.
- (5b) Während der Eingabe werden relevante *Merkmale* vorgeschlagen, welche über ein Dropdown-Menü ausgewählt werden können.



/F40/ Visualisierung eines gefärbten Graphen

Ziel: Zeigt einen Graphen mit ausgewählter Färbung im *Graphen-Editor* an.

Kategorie: Primär

Vorbedingungen: In der Liste der Graphen muss ein Graph ausgewählt sein, dessen Färbungen bereits berechnet sind.

Nachbedingungen (Erfolg): Die ausgewählte Färbung des Graphen wird im *Graphen-Editor* angezeigt.

Nachbedingungen (Fehlschlag): Der Graph wird ohne Färbung im Editor angezeigt.

Akteure: Benutzer

Auslösendes Ereignis: Der Benutzer wählt einen Graphen aus.

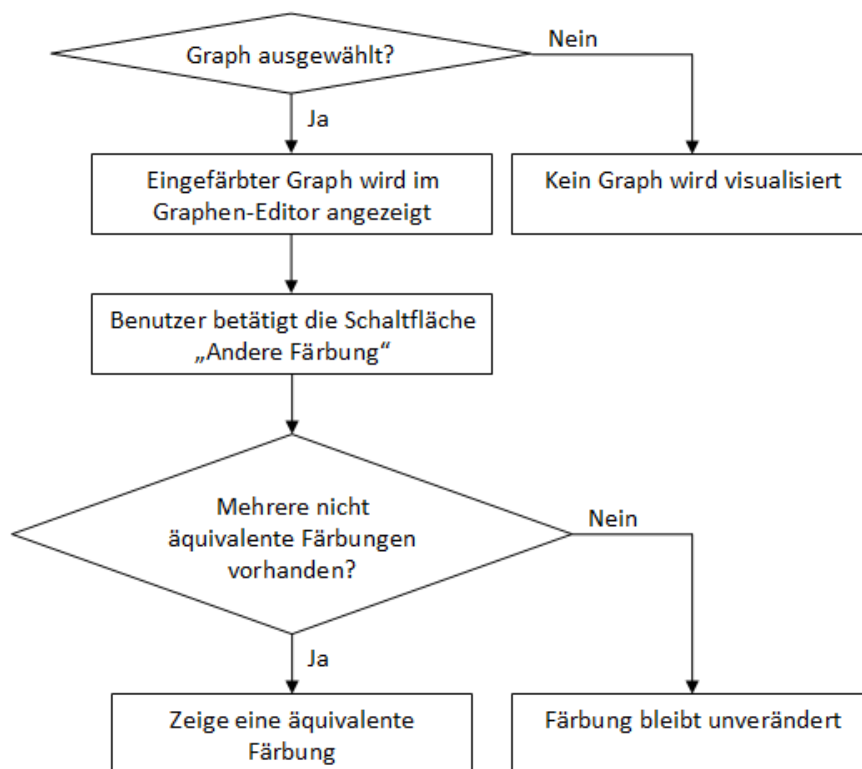
Beschreibung:

- (1) Überprüfe, ob genau ein Graph ausgewählt ist.
- (2) Gefärbten Graphen im *Graphen-Editor* anzeigen.
- (3) Wenn mehrere nicht *äquivalente* Färbungen gefunden wurden, so kann der Benutzer über die *Schaltfläche Andere Färbung* zwischen diesen wechseln. Existiert, oder wurde nur eine Färbung gefunden, so bleibt die Schaltfläche zwar bedienbar, jedoch ändert sich die dargestellte Färbung nicht.

Erweiterung: -

Alternativen:

- (2) Wenn kein oder mehrere Graphen ausgewählt sind, wird kein Graph visualisiert.



/F50/ Grafische Modifikation von Graphen

Ziel: Bearbeitung von Graphen im *Graphen-Editor*.

Kategorie: Primär

Vorbedingungen: Es muss genau ein Graph ausgewählt sein.

Nachbedingungen (Erfolg): Ein Klick auf die *Schaltfläche Anwenden* übernimmt den bearbeiteten Graphen in die Graphendatenbank und aktualisiert die Tabelle.

Nachbedingungen (Fehlschlag): Befindet sich der Graph in einem ungültigen Zustand, ist die *Schaltfläche Anwenden* deaktiviert. Somit werden keine ungültigen Graphen in die Graphendatenbank aufgenommen.

Akteure: Benutzer

Auslösendes Ereignis: Änderung am aktuell ausgewählten Graphen über den *Graphen-Editor*.

Beschreibung:

- (1) Hinzufügen von Knoten mittels Linksklick auf Zeichenfläche des Editors.
- (2) Hinzufügen von Kanten mittels Ziehen zwischen zwei Knoten bei gedrückter linker Maustaste.
- (3) Entfernen von Knoten (und verbundenen Kanten) durch Rechtsklick.
- (4) Entfernen von Kanten durch Rechtsklick.

Nach jeder dieser Aktionen wird der Graph ohne Färbung dargestellt.

- (5) Verschieben der Ansicht durch Halten der mittleren Maustaste und Bewegen der Maus.

Eine Übersicht mit Kennzahlen des bearbeitenden Graphen wird angezeigt. Diese liefert z.B. Informationen über Anzahl der Knoten und Kanten oder den größten bzw. kleinsten *Grad*.

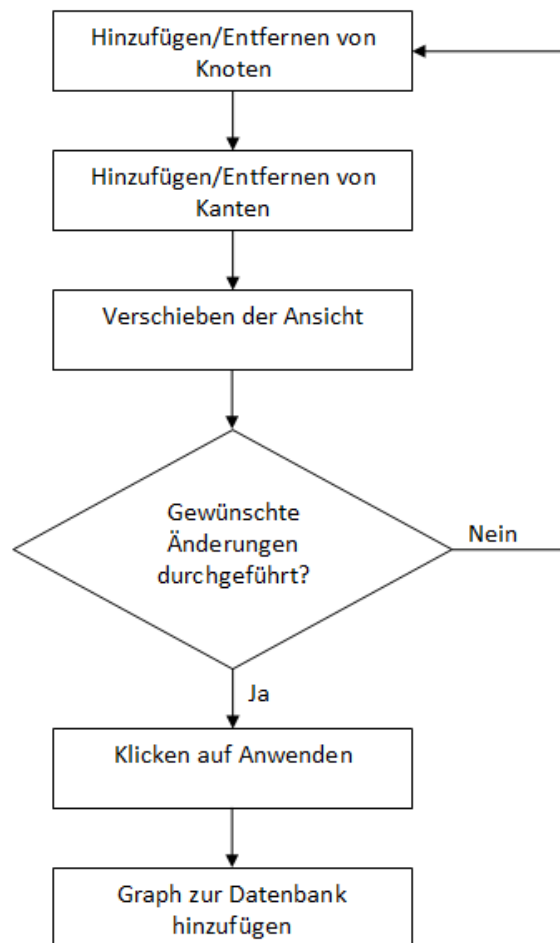
- (6) Der Benutzer betätigt die *Schaltfläche Vorschau* und wiederholt Schritte (1)-(4) möglicherweise mehrfach.
- (8) Der Benutzer betätigt die *Schaltfläche Anwenden*.
- (9) Der bearbeitete Graph wird der Graphendatenbank hinzugefügt und die Tabelle markiert diesen.

Erweiterung:

- Zwei Schaltflächen erlauben das Rückgängigmachen und Wiederherstellen von Änderungen.

- Die *Schaltfläche Zentrieren* ordnet die Knoten des Graphen übersichtlich an.

Alternativen: -



/F60/ Generierung eines nächstdichteren Graphen

Ziel: Erzeugt einen Graphen mit der gleichen Anzahl an Knoten, dessen Dichte gemäß seines *Breadth First Codes* größer ist, sodass es keinen weiteren Graphen gibt, der bzgl. der Dichte zwischen diesen beiden liegt.

Kategorie: Sekundär

Vorbedingungen: Es müssen Graphen in der Tabelle angezeigt sein.

Nachbedingungen (Erfolg): Der nächstdichtere Graph wird zur Graphendatenbank hinzugefügt.

Nachbedingungen (Fehlschlag): Durch einen visuellen Hinweis in der Statusleiste wird der Benutzer darauf aufmerksam gemacht, dass kein neuer Graph generiert werden konnte. Ein Eintrag mit Details zum Versagen wird zum *Log* hinzugefügt.

Akteure: Benutzer

Auslösendes Ereignis: In der Tabelle wird durch Rechtsklick auf einen Graphen ein Menü geöffnet, in welchem der Benutzer einen nächstdichter Graphen generieren kann.

Beschreibung:

- (1) Funktion durch Rechtsklick auf Graphen auswählen.
- (2) Überprüfen, ob ein weiterer Graph generiert werden können, oder ob Dichte bereits maximal ist. Dies gilt, wenn alle Knoten mit einer Kante mit allen anderen Knoten verbunden sind. In diesem Fall kann kein dichter Graph generiert werden.
- (3) Der nächstdichtere Graph wird generiert und zur Graphendatenbank hinzugefügt.

Erweiterung:

Alternativen:

- Im *Graphen-Editor* wird eine Schaltfläche zur Verfügung gestellt, die automatisch den nächstdichter Graphen generiert.

/F70/ Einlesen eines Graphen mit *Breadth First Code*

Ziel: Einlesen eines beliebigen Graphen mittels *Breadth First Code*, Berechnung der *Merkmale* und Speichern dieser in einer Graphendatenbank.

Kategorie: Sekundär

Vorbedingungen: Eine, nicht notwendigerweise leere, Graphendatenbank muss geöffnet sein.

Nachbedingungen (Erfolg): In der *Statusleiste* erhöht sich die totale Anzahl der Graphen in der Graphendatenbank. Ein Eintrag mit Details zum eingelesenen Graph wird zum Log hinzugefügt. Nach Berücksichtigung der angewandten *Filter* wird der Graph in die Tabelle einsortiert.

Nachbedingungen (Fehlschlag): Durch einen visuellen Hinweis in der Statusleiste wird der Benutzer darauf aufmerksam gemacht, was zum Versagen geführt hat. Ein Eintrag mit Details zum Versagen wird zum *Log* hinzugefügt.

Akteure: Benutzer

Auslösendes Ereignis: Klick auf Menüleiste Bearbeiten, *Breadth First Code* einlesen.

Beschreibung:

- (1) Eingabe des *Breadth First Codes* über ein Textfeld
- (2) Prüfen, ob Graph *gültig* ist.
- (3) Hinzufügen des Graphen zur Graphendatenbank.
- (4) Berechnen der *Merkmale*
- (5) Einsortieren des Graphen in der Tabelle

Erweiterung: -

Alternativen: Leeren Graphen über *Menüeintrag Bearbeiten* hinzufügen und in *Graphen-Editor* modifizieren.

5 Produktdaten

/D10/ Graphmerkmale:

- Knoten und Kanten
- Minimaler, maximaler sowie durchschnittlicher Knotengrad
- Anzahl der Farben für die jeweiligen Färbungen
- Anzahl der verschiedenen Färbungen
- Dichte des Graphen bzgl. der *Dichtedefinitionen*
- *Breadth First Code*
- Dichte bezüglich Profil
- Maximale Cliquengröße
- Anzahl an Cliquen bestimmter Größe
- Wahrheitswert für Totalfärbungsvermutung
- Laufzeit für die Berechnung der Totalfärbung
- Wahrheitswert für der Hadwigervermutung
- *Subgraphen* bzgl. der Hadwigervermutung
- Laufzeit für die Berechnung der Hadwigervermutung
- Größe der *Subgraphen* bzgl. der Hadwigervermutung
- Anzahl der Kanten, die nicht im K_k Graph enthalten sind

Intern wird zwischen Graphen, deren Merkmale bereits berechnet wurden, und Graphen, deren Merkmalsberechnung noch aussteht, unterschieden.

/D20/ Metadaten:

- Benutzerdefinierte *Filter*
- *Logs* (siehe 9.4)
- Aktueller Status der Berechnung

6 Nichtfunktionale Anforderungen

/NF10/ Zuverlässigkeit

- Zuverlässige Generierung von Graphen und Ausführung von Berechnungen an diesen
- Mathematische Korrektheit der Berechnungen
- Graphen der Graphendatenbank sind streng zusammenhängend und ungerichtet
- Die Graphendatenbank enthält keine Duplikate

/NF20/ Benutzbarkeit

- Die *Grafische Benutzeroberfläche* ist selbsterklärend und intuitiv
- Keine Einweisung oder Schulung notwendig
- Ungültige Eingaben werden markiert
- Die Kombination elementarer Funktionen ermöglicht komplexe Eingaben

/NF30/ Effizienz und Leistung

- Läuft performant auf einem durchschnittlichen Rechner
- Berechnet Graphen mit ca. 20 Knoten effizient
- Fokus auf Optimierung folgender Algorithmen:
 - Generierung von Graphen
 - Berechnung Totalfärbung
 - Berechnung des K_k -Graphen
 - Cliquenberechnung
- Parallelisierung erlaubt, gleichzeitig Graphen zu generieren und an den vorhandenen zu arbeiten.

/NF40/ Erweiterbarkeit

- Modularisierung ermöglicht leichte Erweiterbarkeit durch wohldefinierte Schnittstellen
 - Austauschen von Algorithmen
 - Hinzufügen von *Merkmalen*
- Eingabe und Analyse weiterer Probleme über Filtereingaben

7 Globale Testfälle

Folgende Sektionssequenzen sind zu überprüfen:

/T10/

Erstgenerierung von Graphen, Graphen generieren und der Tabelle hinzufügen, Sortieren von Graphen nach *Merkmale*n, Graph löschen, Graph wiederherstellen.

/T20/

Visualisierung eines Graphen, Hinzufügen/Löschen von Knoten, Hinzufügen/Löschen von Kanten, Darstellung aktualisieren, Knoten verschieben, Graph zentrieren, Darstellung der Totalfärbung, Darstellung der Knotenfärbung und des K_k -Graphen, Darstellung der verschiedenen nicht *äquivalente Färbungen*.

/T30/

Filtergruppe hinzufügen, *Filter* hinzufügen, Graphen nach *Filtergruppe* filtern, Name der *Filtergruppe* ändern, Speichern der *Filtergruppe*, Laden der *Filtergruppe*, *Filtergruppe* löschen.

/T40/

Graphendatenbank schliessen, Graphendatenbank öffnen und benennen, Graphendatenbank importieren.

Folgende Datenkonsistenzen sind einzuhalten:

/T50/

Im *Graphen-Editor* kann *Schaltfläche Anwenden* nicht betätigt werden, wenn der angezeigte Graph ungültig ist.

/T60/

In einer Graphendatenbank darf es keine äquivalenten Graphen geben. Falls neue Graphen generiert werden, unterscheiden sich diese von allen bisher in der Graphendatenbank vorliegenden Graphen. Gibt es durch benutzerdefinierte Spezifikationen nicht genügend unterschiedliche Graphen, so werden so viele verschiedene wie möglich generiert und eine Nachricht dem Log hinzugefügt.

8 Systemmodelle

8.1 Szenarien

8.1.1 Graphen zufällig generieren

Der Benutzer möchte 100 Graphen generieren. Diese Graphen sollen zwischen 10 und 15 Knoten und genau 18 Kanten haben.

Hierfür klickt er auf „Bearbeiten“ und wählt dort „Graphen hinzufügen...“ aus. Anschließend öffnet sich ein Fenster, in dem er als Knotenanzahl „10-15“, und als Kantenanzahl „18“ eingibt. Als letztes gibt er die Graphenanzahl „100“ ein und drückt auf „Graphen generieren“.

Nun werden Graphen mit den vorgegebenen Einschränkungen generiert und der Tabelle hinzugefügt. Zusätzlich werden alle weiteren *Merkmale* der Graphen im Hintergrund berechnet und in der Tabelle angezeigt.

8.1.2 Graph einlesen

Der Benutzer hat einen Graphen handschriftlich konstruiert und möchte diesen nun in das Programm mittels Texteingabe übertragen.

Der Benutzer drückt auf „Bearbeiten“ und dann die *Schaltfläche Graph einlesen* und es öffnet sich ein Fenster, in dem er den *Breadth First Code* seines Graphen eingeben kann. Dann bestätigt er seine Eingabe und der Graph wird, falls er nicht schon vorhanden ist, in die Graphendatenbank übernommen.

8.1.3 Benutzerdefinierten Graph hinzufügen

Der Benutzer möchte sich in dem Programm einen Graphen mit 5 Knoten und 4 Kanten selber zeichnen.

Hierfür klickt er auf „Bearbeiten“ und dann auf die *Schaltfläche Leeren Graphen hinzufügen* und es wird ein leerer Graph im *Graphen-Editor* angezeigt.

Nun kann er, mit den zur Verfügung stehenden Schaltflächen, Knoten und Kanten wie gewünscht zeichnen. Durch einen Klick auf die Schaltfläche „Vorschau anzeigen“, wird die Färbung berechnet, die er zuvor über ein Menüfenster im *Graphen-Editor* ausgewählt hat.

Die Graphendatenbank wird nach Duplikaten untersucht und zeigt an, dass dieser Graph bereits in der Graphendatenbank existiert und somit nicht *gültig* ist. Der Nutzer modifiziert nochmals einen Graphen. Dieser wird als gültig angezeigt, da kein Duplikat existiert.

Der Benutzer kann jetzt auf die *Schaltfläche Anwenden* und der Graph wird mit den gewünschten *Merkmalen* in die Graphendatenbank übernommen.

8.1.4 Graphen sortieren nach bestimmten Merkmalen

Der Benutzer möchte eine Graphenmenge nach der Anzahl der Farben sortieren. Hierzu klickt er auf das entsprechende *Merkmal* in der Tabelle, sodass der Pfeil dieses *Merkmals* nach unten zeigt. Nun werden die Graphen der Tabelle nach der Anzahl der Farben absteigend sortiert.

8.1.5 Filtergruppe hinzufügen

Der Benutzer möchte eine neue *Filtergruppe* hinzufügen. Dazu klickt er auf die *Schaltfläche Neue Gruppe*, woraufhin eine unbenannte *Filtergruppe* ohne *Filter* im Filtermenü hinzugefügt wird. Nun können der *Filtergruppe* elementare *Filter* hinzugefügt werden (siehe 9).

8.1.6 Graphendatenbank filtern

Der Benutzer hat 128 Graphen generiert, welche vollständig berechnet wurden. Er möchte, dass in der Tabelle nur diejenigen angezeigt werden, die einen maximalen Ausgangsgrad zwischen 4 und 10 und mehr als 10 Knoten besitzen. Hierzu geht er in das *Filtermenü*, klickt auf die *Schaltfläche Neue Gruppe* und spezifiziert die Filter. Die Tabelle wird nun nach diesen Einschränkungen gefiltert.

8.1.7 Graphen löschen

Der Benutzer hat einen Graphen mit uninteressanten Testergebnissen entdeckt und möchte diesen löschen. Dazu betätigt er die Löschfunktion des zugehörigen Tabelleneintrags. Die Aktion wird im *Log* vermerkt und ist widerrufbar.

8.1.8 Graphen visualisieren

Der Benutzer möchte einen Graphen mit besonders interessanten Testergebnissen visualisieren lassen. Dazu wählt er den Graphen in der Tabelle durch Klicken auf dessen Tabelleneintrag aus. Die zugehörige Visualisierung wird im *Graphen-Editor* angezeigt.

8.1.9 Graphen zentrieren

Der Benutzer hat den ausgewählten Graphen modifiziert, wodurch dessen Visualisierung unübersichtlich geworden ist. Daher betätigt der Benutzer die *Schaltfläche Zentrieren*, woraufhin Der Graph im *Graphen-Editor* neu angeordnet wird.

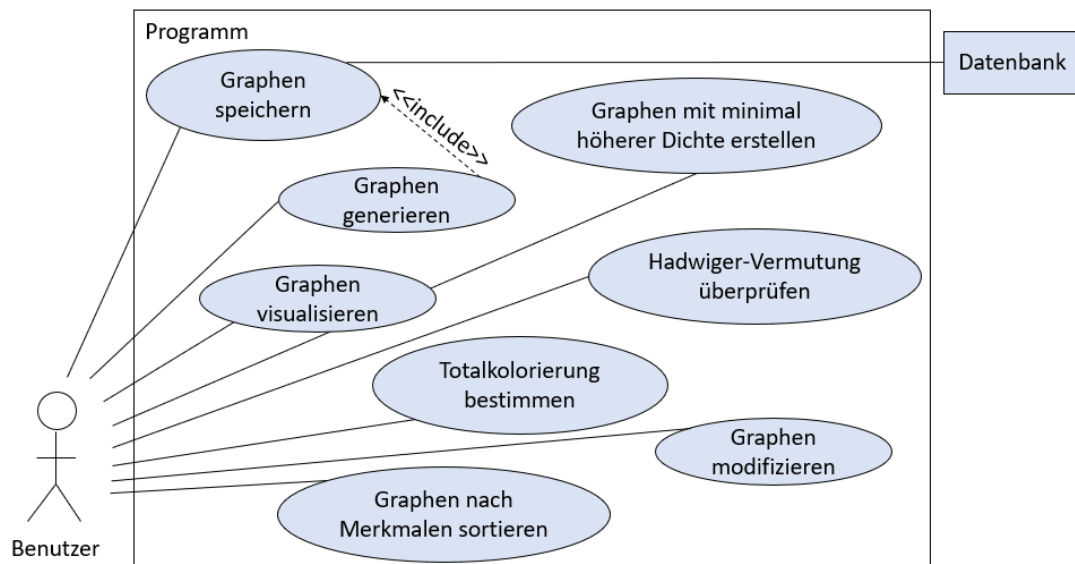
8.1.10 Anzahl dichter Graphen bestimmen

Der Benutzer möchte in Erfahrung bringen wie viele dichtere Graphen in der gesamten *Graphendatenbank* existieren.

Dazu wählt er zuerst alle Filter ab, um alle Graphen in der Tabelle anzuzeigen. Wenn der Spalteneintrag mit dem Merkmal *Breadth First Code* noch nicht existiert, fügt er diesen der Tabelle hinzu. Nun sortiert er die Graphen absteigend nach ihrem *Breadth First Code*, daher der dichteste Graph steht an oberster Stelle in der Tabelle. Um die Anzahl dichter Graphen zu bestimmen wählt er nun einen Graphen aus und betrachtet dessen *Position*, welche in der *Statusleiste* steht. Ist diese beispielsweise 18, so sind 17 Graphen dichter.

Analog kann diese Art von Vergleich für andere Merkmale durchgeführt werden.

8.2 Anwendungsfälle



9 Grafische Benutzeroberfläche

Das Hauptfenster der grafischen Benutzeroberfläche umfasst die Hauptarbeitsbereiche beim Umgang mit der Software. Der folgende Entwurf stellt einen möglichen Zustand während der Benutzung der Software dar. Die angegebenen Werte sind exemplarisch und stellen daher keine tatsächlichen Berechnungen dar.

Graphendatenbank_01.dat - Grape

Filter

- Filtergruppenname
- #Kanten 3 - 20
- Total Coloring Conjecture
- #Knoten < 18
- ...

Versteckte Filtergruppe

- #Knoten 4 - 12
- #Kanten 5
- Maximaler Grad !< 4
- ...

Neuer Filter | Neue Gruppe

Korrelation

Max Pearson 10

Hinzufügen | Entfernen | Entfernen

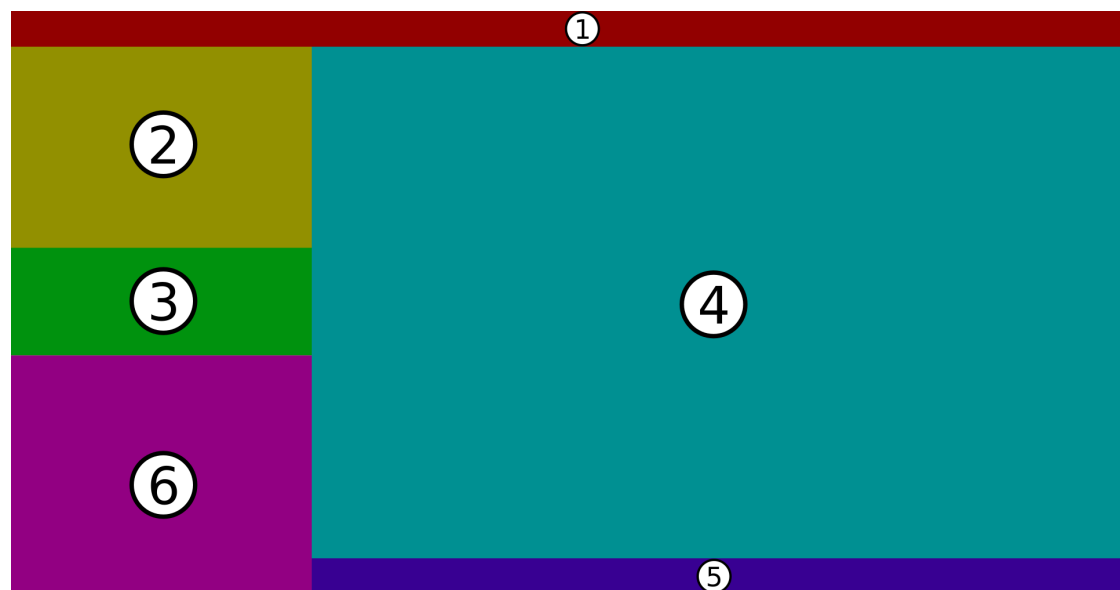
Färbung

6 Knoten
14 Kanten
5 Max Grad
7 Farben

Name	#Knoten	#Kanten	#Farben	Max. Grad	Total Coloring Conjecture	Durchsch. Grad
#0001	6	8	5	3	Erfüllt	2
#0002	19	14	9	7	Erfüllt	4
#0003	6	14	8	5	Erfüllt	3
#0004	12	8	5	3	Erfüllt	2

Zentrieren | Vorschau | Anwenden | Status: 1 verbleibende Berechnungen (~14 Sekunden) | Position 3 | Datenbank: 42 Graphen | Log

Die folgende schematische Darstellung der grafischen Benutzeroberfläche bietet eine Übersicht über alle wichtigen Arbeitsbereiche.

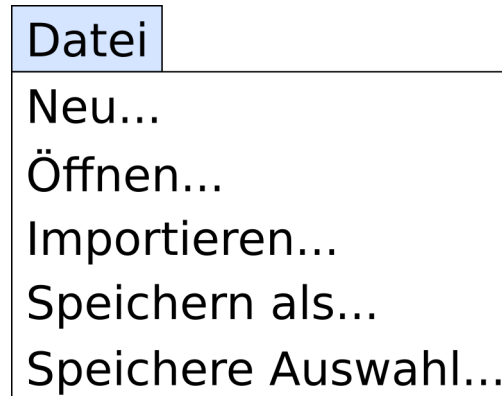


- 1 Die *Menüleiste*
- 2 Das *Filtermenü*
- 3 Das *Korrelationsmenü*
- 4 Die tabellarische Ansicht der *Graphendatenbank*

9.1 Die Menüleiste

Im folgenden werden die drei Menüeinträge *Menüeintrag Datei*, *Menüeintrag Bearbeiten* und *Menüeintrag Hilfe* betrachtet und deren jeweilige Funktion erläutert.

Datei



Neu...	Schließt die aktuelle <i>Graphendatenbank</i> , öffnet ein Fenster, um den Namen der neuen <i>Graphendatenbank</i> festzulegen, und öffnet diese anschließend.
Öffnen...	Öffnet ein Fenster, um eine vorhandene <i>Graphendatenbank</i> zu öffnen.
Importieren...	Öffnet ein Fenster, um alle Graphen einer vorhandenen <i>Graphendatenbank</i> der Geöffneten hinzuzufügen.
Speichern als...	Öffnet ein Fenster und erlaubt dem Benutzer die aktuelle <i>Graphendatenbank</i> in einer neuen Datei zu speichern.
Speichere Auswahl...	Speichert die aktuelle Auswahl in einer neuen <i>Graphendatenbank</i> .

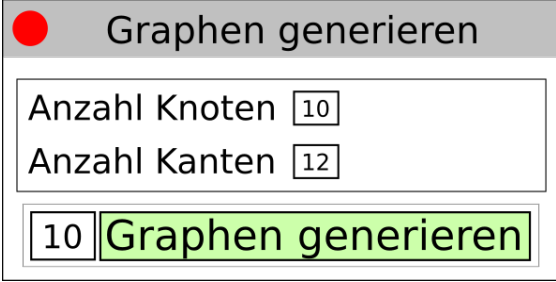
Es ist anzumerken, dass Änderungen an der aktuellen *Graphendatenbank* automatisch gespeichert werden. Somit ist kein manuelles Speichern durch den Nutzer und damit auch kein Menüeintrag nötig.

Bearbeiten

Bearbeiten
Graphen generieren...
Leerer Graph
BFS-Code einlesen...
Rückgängig
Wiederherstellen

Graphen generieren...

Öffnet ein neues Fenster, um zwei Merkmale zur Generierung der Graphen festzulegen. Spezifizierbar sind die Knoten- und Kantenanzahl, sowie die Anzahl der neu zu generierenden Graphen. Wenn alle drei Eingaben gültig sind, kann über die *Schaltfläche Generiere Graphen* die links von der Schaltfläche spezifizierte Anzahl an Graphen der *Graphendatenbank* hinzugefügt werden. Falls die Spezifikationen nicht, oder nur teilweise, erfüllt werden konnten wird dem *Log* ein Eintrag hinzugefügt, dem Details zu entnehmen sind. Der verwendete Graphengenerator erlaubt die Spezifikation der Knotenmenge, ohne die Anzahl der Kanten anzugeben, oder die Spezifikation beider Merkmale.



Graphen generieren

Anzahl Knoten

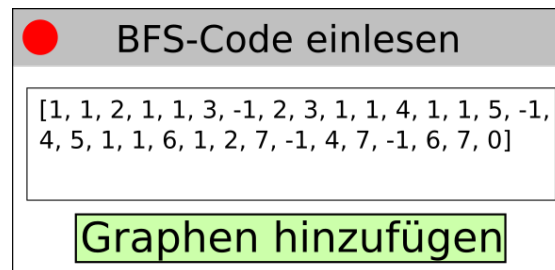
Anzahl Kanten

Graphen generieren

Leerer Graph

Nach Betätigung der Schaltfläche wird erwartet, dass der Nutzer nun den *Graphen-Editor* verwendet, um einen Graphen zu zeichnen und dessen Bearbeitung durch einen Klick auf die *Schaltfläche Anwenden* bestätigt. Geschieht dies nicht, so bleibt die *Graphendatenbank* unverändert.

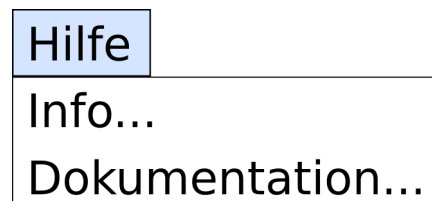
Breadth First Code einlesen Öffnet ein neues Fenster, welches ein Textfeld beinhaltet um einen *Breadth First Code* einzulesen. Wenn der Graph einzigartig ist, wird er der *Graphendatenbank* hinzugefügt. Ansonsten wird ein Eintrag zum *Log* hinzugefügt.



Rückgängig Entfernt den zuletzt zur *Graphendatenbank* hinzugefügten Graphen.

Wiederherstellen Revidiert die letzte Ausführung von „Rückgängig“.

Hilfe



Info... Öffnet ein Fenster mit Informationen zur Version der Software und den Entwicklern.

Dokumentation... Öffnet die Dokumentation der Software.

9.2 Das Filtermenü

Ein zentraler Teil der Software stellt das Filtern der *Graphendatenbank* nach bestimmten *Merkmale* dar. Wenn ein *Filter* ausgewählt ist, werden nur Graphen in der Tabelle angezeigt, welche den *Filter* erfüllen. Dabei werden nur Graphen in Betracht gezogen, deren Berechnung vollständig abgeschlossen ist (sie sind daher in der Menge der berechneten Graphen).

Wenn die Berechnung eines Graphen fertiggestellt wird und Filter angewandt sind, dann wird betrachtet, ob dieser Graph die *Filter* erfüllt. Wenn dies der Fall ist, dann erscheint er in der Tabelle. Ansonsten wird die Ansicht nicht verändert. Es ist somit immer die Menge der berechneten Graphen gefiltert.

Falls nicht gewünscht ist, dass neue, fertigberechnete Graphen in der Tabelle auftauchen, so können die aktuellen Berechnungen in der *Statusleiste* pausiert werden.

Elementare Filter

Elementare *Filter* stellen die einfachste Form eines *Filters* dar. Sie können durch einen Klick auf die *Schaltfläche Neuer Filter* erstellt werden und erscheinen wie folgt am unteren Ende des *Filtermenüs*:

Das Eingabefeld (hier orange gefärbt) erlaubt die Definition eines *Filters* in Textform. Dabei sind folgende Formen von Ausdrücken gültig. Es sei M_x ($x \in \mathbb{N}$) ein bel. *Merkmal*, A_y ($y \in \mathbb{N}$) eine bel. Aussage, und \sim eine beliebige Relation. *Korrelation* ist eine Korrelationsfunktion von zwei Merkmalen.

$M = \begin{cases} M \\ M \oplus \text{Zahl} \end{cases}$	Ein Merkmal
$M_1 \sim M_2$	Verknüpfung zweier Merkmale zu einer Aussage
$!(M_1 \sim M_2)$	Negation einer Aussage

Beispielanwendungen:

#Kanten = 10	Zeigt in der Tabelle alle Graphen mit genau 10 Kanten an.
#Farben \leq maxGrad + 2	Zeigt in der Tabelle alle Graphen an, welche die Totalfärbungsvermutung erfüllen
Totalfärbung	Zeigt in der Tabelle alle Graphen an, welche die Totalfärbungsvermutung erfüllen.

Relationen:

=	Gleichheit
<	Kleiner
>	Größer
<=	Kleiner Gleich
>=	Größer Gleich

Beim Definieren eines Filters werden relevante Vorschläge während der Eingabe vorgeschlagen. Beispielfhaft werden erst alle Merkmale angezeigt, danach die möglichen Relationen und zuletzt wieder ein Merkmal.

9.3 Korrelationsanfragen

Das *Korrelationsmenü* erlaubt durch Eingabe spezieller Ausdrücke das Aufzeigen relevanter Merkmalspaare. Wenn kein oder alle Graphen ausgewählt sind werden alle Graphen betrachtet. Ansonsten werden nur die ausgewählten Graphen betrachtet. Beispielfhaft ist ein solcher Ausdruck angegeben:

Korrelation	
Max Pearson 10	Los...

Im folgenden sei $n \in \mathbb{N}$ und M ein Merkmal. *Korrelation* ist eine Korrelationsfunktion. Die vollständige Syntax der Anfragen ist wie folgt:

Max <i>Korrelation</i> n	Finde n viele Merkmalspaare, welche die größte <i>Korrelation</i> haben
Min <i>Korrelation</i> n	Finde n viele Merkmalspaare, welche die kleinste <i>Korrelation</i> haben
Least <i>Korrelation</i> n	Finde n viele Merkmalspaare, welche die kleinste <i>Korrelation</i> haben
Max <i>Korrelation</i> M n	Finde n viele Merkmale, welche bezüglich M die größte <i>Korrelation</i> haben
Min <i>Korrelation</i> M n	Finde n viele Merkmale, welche bezüglich M die kleinste <i>Korrelation</i> haben
Least <i>Korrelation</i> M n	Finde n viele Merkmale, welche bezüglich M die kleinste <i>Korrelation</i> haben

Exemplarisch werden zwei Anfragen formuliert, um die Arbeitsweise mit diesen aufzuzeigen.

Korrelation

Max Pearson 3

Los...

öffnet

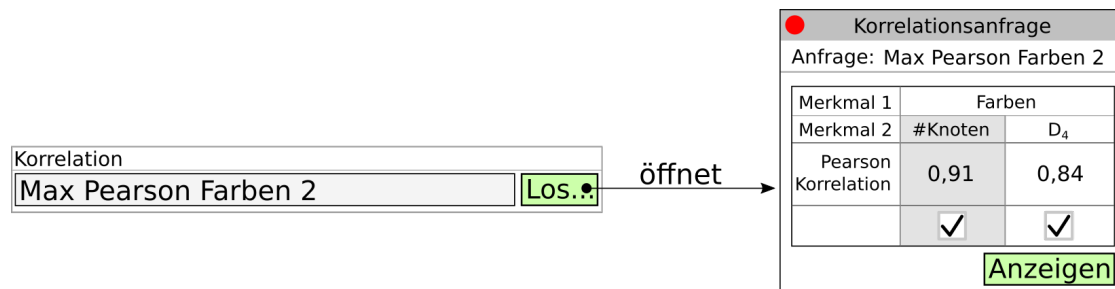
Korrelationsanfrage

Anfrage: Max Pearson 3

Merkmal 1	#Knoten	#Knoten	Farben
Merkmal 2	#Kanten	Farben	D ₄
Pearson Korrelation	0,92	0,91	0,85
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Anzeigen

Die erste Anfrage zeigt drei Merkmalspaare an, welche die größte positive Pearson-Korrelation haben. Bei Betätigen der Schaltfläche *Anzeigen* werden die Spalten der letzten beide Paare der Tabelle hinzugefügt.



Die zweite Anfrage zeigt die zwei Merkmalspaare an, welche die größte Pearson-Korrelation zu der Anzahl der Farben haben an. Bei Betätigen der Schaltfläche *Anzeigen* werden die Spalten der Paare *Farben* - *#Knoten* und *Farben* - *D₄* der Tabelle hinzugefügt. Dabei ist der angezeigte Wert der Durchschnitt über die betrachteten Graphen.

9.4 Tabellarische Ansicht der Graphendatenbank

Nach dem Filtern der Graphendatenbank werden Graphen, die alle ausgewählten *Filter* erfüllen, hier angezeigt. Über einen Klick auf die jeweilige Spaltenüberschrift werden die Graphen auf-/absteigend nach dem entsprechenden Kriterium sortiert. Standardmäßig wird nach dem Namen der Graphen sortiert, es liegt daher immer genau eine Sortierung vor.

Graphen, deren Berechnung noch nicht abgeschlossen ist, werden grau unterhalb der Tabelle angezeigt. Unvollständige berechnete Graphen werden beim Sortieren, Filtern, und der Korrelationsberechnung nicht betrachtet.

Statusleiste

In der Statusleiste am unteren Bildschirmrand werden Informationen zur aktuellen *Graphendatenbank* angezeigt. Exemplarisch kann diese so aussehen:

🟡 Status: 3 verbleibende Berechnungen (~14 Sekunden) | Position 3 | Datenbank: 4/42 Graphen Log

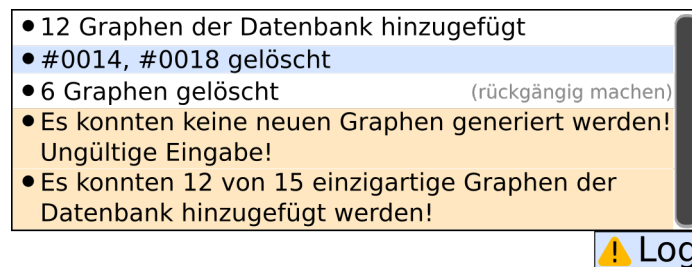
Es werden von links nach rechts folgende Funktionen und Informationen geboten:

1. Laufende Berechnungen können über einen Klick auf das gelbe Icon pausiert werden. Ebenso können pausierte Berechnungen hier fortgesetzt werden.
2. Es wird die Anzahl der verbleibenden Berechnungen angezeigt. Unter einer Berechnung versteht man die Ermittlung aller *Merkmale* eines Graphen. In Klammern wird die geschätzte verbleibende Zeit angegeben. Diese errechnet sich aus den vorherigen Berechnungen für ähnliche Graphen.

3. Die Position gibt die Stelle des aktuell ausgewählten Graphen in der Tabelle an. Beim Auswählen mehrerer Graphen wird hier ein Bereich angezeigt. Wenn kein Graph ausgewählt ist, bleibt die Anzeige frei.
4. Es wird angezeigt wie viele Graphen momentan in der Tabelle sichtbar sind und die Gesamtanzahl an Graphen in der geöffneten *Graphendatenbank* ist sichtbar. Im obigen Beispiel ist daher abzulesen, dass 4 von 42 Graphen angezeigt werden.
5. Das *Log* öffnet die unten dargestellte Ansicht der Logeinträge.

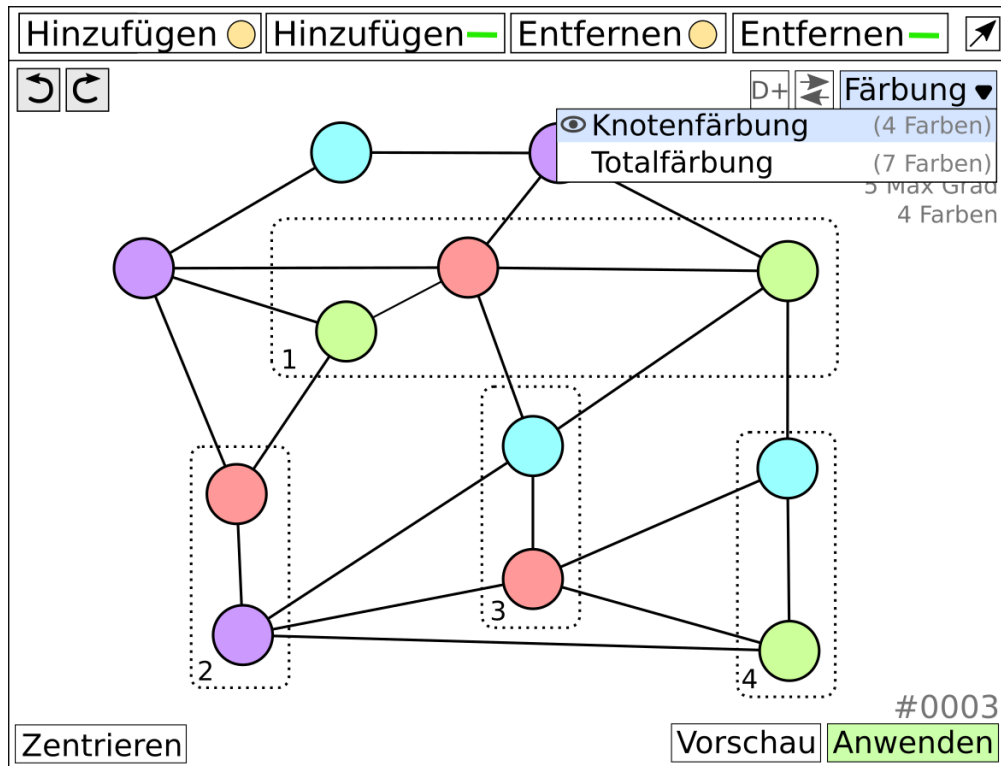
Log

Das Log gibt Informationen über Ereignisse im Programm. Dies beinhaltet Aktionen wie Generieren oder Löschen von Graphen und Fehlermeldungen. Ein beispielhaftes Log sieht folgendermaßen aus:



9.5 Der Graphen-Editor

Der *Graphen-Editor* stellt einfache Werkzeuge zur Visualisierung und Bearbeitung eines Graphen bereit.



Schaltfläche	Ereignis
„Knoten hinzufügen“	Hinzufügen von Knoten
„Kante hinzufügen“	Hinzufügen von Kanten
„Knoten entfernen“	Entfernen von Knoten
„Kante entfernen“	Entfernen von Kanten
„Zentrieren“	Mittige Anordnung des Graphen im Fenster
„Vorschau“	Berechnet die aktuell ausgewählte Färbung. Dabei wird ausschließlich diese berechnet und keine anderen Eigenschaften. Es werden keine Änderungen an der <i>Graphendatenbank</i> vorgenommen.
„Anwenden“	Speichern der Änderungen in Graphendatenbank
„Rückgängig“	Rückgängigmachen der letzten Änderung
„Wiederholen“	Wiederherstellen der letzten rückgängig gemachten Änderung
„>“	Maximierung des Editors

Einige Eigenschaften des Graphen werden während der Bearbeitung aktualisiert. So zum Beispiel die Anzahl der Knoten und Kanten. Diese Änderungen werden erst nach betätigen der *Schaltfläche Anwenden* in die *Graphendatenbank* übernommen.

Außerdem wird überprüft, ob der aktuelle Graph gültig ist. Falls der aktuelle Graph nicht streng-zusammenhängend ist, oder ein Duplikat ist, so wird die Schaltfläche *Schaltfläche Anwenden* ausgegraut. Der darüberstehende Name des Graphen wird rot, wenn der Graph nicht streng-zusammenhängend ist und gelb, wenn ein Duplikat vorliegt. Im Beispiel ist der Graph mit dem Namen „#0003“ gültig, er wird grau angezeigt.

10 Durchführbarkeitsanalyse

10.1 Technische Durchführbarkeit

- Hardware:
 - Rechner mit durchschnittlicher Rechenleistung und Internetzugang für jedes Teammitglied
- Software:
 - Entwicklungstools:
 - * Programmiersprache (Java)
 - * Entwicklungsumgebung (IntelliJ IDEA)
 - * Datenbanksystem
 - * Versionskontrolle (Git)
 - * Dokumenterstellung (LaTeX)
 - * Build Tool (Gradle)
 - Betriebssysteme
 - * Windows
 - * Linux
- Orgware
 - Slack
 - Google Drive

10.2 Personelle Durchführbarkeit

Alle Voraussetzungen für die Belegung des Moduls „Praxis der Softwareentwicklung“, in dessen Rahmen das Programm entwickelt wird, werden von jedem Teammitglied erfüllt.

- Projektteam
 - 6 Informatikstudenten im 3. Fachsemester
 - Professor und Betreuer als Ansprechpartner
- Fachliche Kompetenzen
 - Solide Grundkenntnisse aus dem ersten Studienjahr
 - Erfahrungen mit den o.g. Entwicklungstools
 - Erfahrungen in der Softwareentwicklung durch die Teilnahme an privaten bzw. schulischen Projekten
- Sonstiges
 - Fertigstellung des Projekts innerhalb eines Semesters
 - Empfohlener zeitlicher Aufwand: ca. 270 Stunden (pro Person)
 - Entwicklung nach Wasserfallmodell

Bei Einhaltung des empfohlenen zeitlichen Aufwands sollte das Projekt zur vorgegebenen Zeit fertiggestellt werden können, da in personeller Hinsicht alle erforderlichen Voraussetzungen erfüllt werden.

10.3 Alternative Lösungsvorschläge

Als Alternative zum Programm könnte man das Erstellen und Analysieren von Graphen per Hand vornehmen, oder einen mathematischen Beweis beziehungsweise eine mathematische Widerlegung der Vermutungen entwickeln. Ersteres wäre eine um ein Vielfaches ineffizientere und langsamere Methode, um Korrelationen zu berechnen. Letzteres löst zwar die Probleme, kann aber keine anderen Korrelationen finden, die nicht im Zusammenhang mit den Vermutungen stehen.

Außerdem gewährleistet das Programm durch die Erweiterbarkeit die Analyse von Graphen bzgl. anderer Probleme und Vermutungen.

Eine weitere Alternative ist die Erweiterung von quelloffener Software im Gebiet der Graphentheorie, wie beispielsweise GraphStream (<http://graphstream-project.org/>).

10.4 Risiken

Bei den Risiken die während der Durchführung des Projekts entstehen können, handelt es sich meist um Ausnahmefälle, oder um Fehlkalkulationen bzgl. des Arbeitsaufwands, welche sich negativ auf den Umfang und somit auf die Implementierung aller spezifizierten Funktionen des Programms auswirken können. Folgende Risiken können während der Entwicklung auftreten:

- Zeitliche Risiken
 - Ausfälle der Teammitglieder
 - Unterschätzung des Arbeitsaufwands
- Technische Risiken
 - Technische Ausfälle, die zu Datenverlusten führen können

Glossar

Äquivalenz von Färbungen Um zu überprüfen, ob zwei Totalfärbungen äquivalent sind, geht man wie folgt vor: Zunächst werden alle Knoten und Kanten, die die gleiche Färbung bzgl. der ersten Totalfärbung besitzen, zu einer Menge zusammengefasst. Es entstehen n Mengen K_1, K_2, \dots, K_n . Anschließend fasst man alle Knoten und Kanten, die die gleiche Färbung bzgl. der zweiten Totalfärbung haben, ebenfalls zu einer Menge zusammen. Es entstehen n Mengen G_1, G_2, \dots, G_n . Falls die beiden Totalfärbungen nicht äquivalent sind, so muss gelten:

$$\exists K_h (h \in 1, \dots, n) \forall G_i (i \in 1, n) : K_h \setminus G_i \neq \emptyset.$$

Breadth First Code Eine mögliche Definition für die Dichte eines Graphen.

Dichtedefinitionen Es sei G ein Graph mit n Kanten, k Knoten, und b Backwardkanten. $D(G)$ bezeichne die Dichte von G , Fwd eine Forwardkante, Bwd eine Backwardkante.

$$\begin{aligned} D_1(G) &:= \frac{n}{n_{max}}, \text{ mit } n_{max} := \text{größtmögliche Anzahl von Kanten in } G, \\ D_2(G) &:= \frac{n}{\binom{k}{2}}, \\ D_3(G) &:= \frac{b}{n}, \\ D_4(G) &:= \frac{\sum_{i=1}^b \frac{1}{g_i - f_i}}{\sum_{i=1}^{k-2} i \frac{1}{k-1-i}}, \text{ mit } e_i = \{g_i, f_i\} \text{ eine } Bwd \text{ mit } g_i > f_i \ (1 \leq i \leq b) \end{aligned}$$

Filter Ausdruck, welcher verwendet wird, um nach Graphen mit bestimmten *Merkmalen* zu filtern.

Filtergruppe Eine Menge von *Filtern*.

Filtermenü GUI-Element

(Typ) Menu

(Funktion) Erlaubt die Verwaltung der *Filter*.

(Ort) Links Oben im Hauptfenster der *Grafische Benutzeroberfläche*.

Grad Die Anzahl der mit einem Knoten verbundenen Kanten.

Grafische Benutzeroberfläche Grafische Benutzerschnittstelle (Graphical User Interface).

Graphendatenbank Die generierten Graphen und deren *Merkmale* werden in einer Graphendatenbank verwaltet. Dies ist die einzige Art von Datei, die das Programm unterstützt.

Graphen-Editor Bezeichnet den grafischen Editor zur Visualisierung und Bearbeitung von Graphen.

gültig Ein Graph ist gültig, wenn er streng zusammenhängend und kein Duplikat ist..

IPD Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation.

KIT Karlsruher Institut für Technologie.

Korrelation GUI-Element

(Typ) Menu

(Funktion) Erlaubt die Eingabe eines Ausdrucks, um die gesamte Graphendatenbank oder die ausgewählten Graphen auf Korrelation ihrer Merkmale zu untersuchen. *Filter*.

(Ort) Links in der Mitte, zwischen dem *Filtermenü* und *Graphen-Editor*.

Log Eine Liste von relevanten Nachrichten bzgl. dem Status des Programms und Änderungen an der Graphendatenbank.

Menüeintrag Hilfe GUI-Element

(Typ) Menueintrag

(Funktion) Hält Informationen zur Software bereit.

(Ort) *Menüleiste*.

Menüeintrag Datei GUI-Element

(Typ) Menüeintrag

(Funktion) Stellt grundlegende Funktionen zum Speichern und Laden von *Graphendatenbanken* bereit.

(Ort) *Menüleiste*.

Menüeintrag Bearbeiten GUI-Element

(Typ) Menüeintrag

(Funktion) Erlaubt Rückgängigmachen von Aktionen.

(Ort) *Menüleiste*.

Menüleiste GUI-Element

(Typ) Menü

(Ort) Oberer Bildschirmrand.

Merkmal Als Merkmal eines Graphen bezeichnet man beliebig denkbare Aussagen, die man zu einem Graphen treffen kann.

nächstdichter Graph Zu einem beliebigen Graphen G ist ein Graph G' genau dann der nächstdichtere, wenn es keinen weiteren Graphen G'' gibt, dessen Dichte zwischen der des Graphen G und der des Graphen G' liegt.

Schaltfläche Leeren Graphen hinzufügen GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Legt leeren Graphen im *Graphen-Editor* an

(Ort) Überhalb der Graphentabelle.

Schaltfläche Graph einlesen GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Öffnet ein Fenster zum Einlesen eines Graphen.

(Ort) Oberhalb der Graphentabelle.

Schaltfläche Zentrieren GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Ordnet Knoten eines Graphen übersichtlich an und bewegt Graphen in die sichtbare Zeichenfläche

(Ort) *Graphen-Editor*.

Schaltfläche Vorschau GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Berechnet die aktuell ausgewählte Färbung des Graphen, der im *Graphen-Editor* angezeigt wird.

(Ort) *Graphen-Editor*.

Schaltfläche Anwenden GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Übernimmt Änderungen an einem Graphen und berechnet die *Merkmale* neu

(Ort) *Graphen-Editor*.

Schaltfläche Andere Färbung GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Zeigt nächste Färbung eines Graphen im *Graphen-Editor* an

(Ort) Grapheneditor.

Schaltfläche Neue Gruppe GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Fügt eine neue Filtergruppe hinzu.

(Ort) Filtermenü.

Schaltfläche Neuer Filter GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Fügt ein neues Filter-Eingabefeld hinzu.

(Ort) Filtermenü.

Schaltfläche Generiere Graphen GUI-Element

(Typ) Schaltfläche

(Funktion) Generiert neue Graphen und fügt sie der Graphendatenbank hinzu

(Ort) Tabellarische Darstellung der Graphen.

Statusleiste GUI-Element

(Typ) Textfeld

(Funktion) Zeigt Informationen über den Status der Graphendatenbank, der tabellarischen Ansicht und über aktuelle Ereignisse an

(Ort) Unterer Bildschirmrand.

Subgraph Erstellt man einen neuen Graphen, indem man alle Knoten und Kanten, welche in einem K_k -Graphen zu einem Knoten zusammengefasst wurden, verwendet, so entsteht ein Subgraph.