

# Kräftebasierter Layoutalgorithmus für Argumentkarten mit Gruppenstruktur

Seminararbeit zur Veranstaltung Visualisierung komplexer Argumentation

Ausarbeitung von:

Jonathan Klawitter, Sven Scheu, Michael Vollmer

in Zusammenarbeit mit:

Sebastian Cacean, Cristian Voigt, Mira

Betreut durch:

Jun.-Prof. Gregor Betz, Dr. Andreas Gemsa und Dr. Ignaz Rutter



# Zusammenfassung

Argumentkarten werden zur Visualisierung von Debatten verwendet. Eine Problemstellung hierbei ist das automatische Berechnen von Layouts. In dieser Arbeit präsentieren wir einen Ansatz zur Layoutberechnung von Argumentkarten, welche eine Gruppenstruktur enthalten. Außerdem betrachten wir Layoutanpassungen beim Öffnen oder Schließen einer Gruppe. Die präsentierten Ansätze basieren auf kräftebasierten Algorithmen und der Kapselung von Gruppen zur Trennung der Layouts pro Stufe. Darüber hinaus werden zwei alternative Ansätze beschrieben und mit der präsentierten Lösung verglichen.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>3</b>
2.1	Layoutproblem . . . . .	3
2.2	Interaktion mit Gruppen . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Algorithmus</b>	<b>7</b>
3.1	Konzept und Idee . . . . .	9
3.1.1	Bottom-up Anteil des Algorithmus . . . . .	10
3.1.2	Top-down Anteil des Algorithmus . . . . .	11
3.2	Layout-Anpassung bei Interaktion . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Evaluation und Vergleich zu anderen Lösungsansätzen</b>	<b>18</b>
4.1	Uniform kräftebasiertes Layout . . . . .	18
4.2	Hierarchisches Layout . . . . .	19
4.3	Vergleich . . . . .	19
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>23</b>



# 1 Motivation

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Argumentkarten, auch Argumentationskarten genannt. Diese dienen als graphische Darstellung von Debatten, in Form eines Graphen. Auf einer solchen Karte werden die Thesen und Argumente der Debatte als einzelstehende Elemente herausgestellt. Zusätzlich lassen sich auf solch einer Karte Beziehungen zwischen Argumenten, welche von unterstützenden oder angreifender Natur sein können, visualisieren. In Abbildung 1.1 ist eine kleine Beispielargumentkarte dargestellt. Eine größere Argumentkarte sowie ein Buch, welches solche enthält, existieren zum Beispiel von Betz und Cacean [BC, BC12].

Argumentkarten sind vor allem ein Werkzeug zum besseren Verständnis der Debatte. Über die Visualisierung der Elemente und ihre Beziehungen hinaus, existieren weitere Möglichkeiten um das Verstehen der Debatte zu verbessern und zu erleichtern. So können beispielsweise thematisch verwandte Knoten gruppiert werden. Es besteht außerdem die Möglichkeit, Gruppen geschlossen zu visualisieren, also nur durch ein Element und den Gruppentitel zu repräsentieren und die in ihr enthaltenen Argumente und Untergruppen nicht anzuzeigen. So kann ein schnellerer Überblick über die Debatte ermöglicht werden. Das Hervorheben einzelner Argumentationsstrukturen durch die Wahl des Layouts ist ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Visualisierung von Debatten.

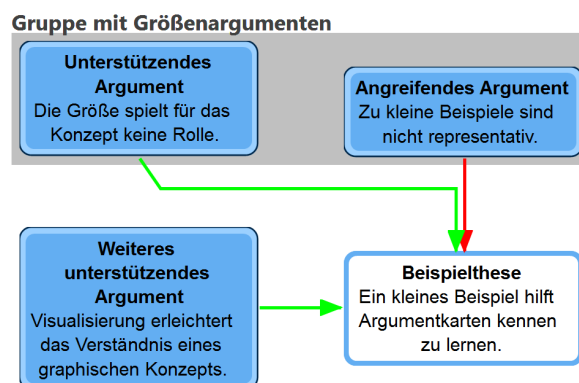


Abbildung 1.1: Beispielhafte Argumentkarte mit einer These, drei Argumenten, zwei davon unterstützend und eine angreifend, sowie einer Gruppe.

Damit sich die von einer Argumentkarte bereitgestellten Informationen sinnvoll verwenden lassen, muss die Argumentkarte auf eine geeignete Weise dargestellt werden. Es existieren bereits einige Werkzeuge mit denen Argumentkarten angelegt und ein Layout

automatisch erzeugt werden kann, wie beispielsweise der Argunet Editor [arg]. Allerdings müssen die resultierenden Layouts der Argumentkarten oftmals von Hand nachbearbeitet werden, um eine befriedigende Darstellung der Strukturen zu erhalten. Darüber hinaus ist eine Unterstützung von Gruppen nicht immer gegeben.

In dieser Arbeit geht es um die automatisierte Darstellung von Argumentkarten mit Gruppen, sowie die Interaktion mit diesen Gruppen. Insbesondere hängen diese Gruppen inhaltlich zusammen und werden daher bereits vor der Layouterzeugung festgelegt. Dies ist ein signifikanter Unterschied zu dem oft behandelten Problem des Graphen-Clusterings, bei dem Gruppen als Teil des Layouts auf Basis der Knotenzusammenhänge erzeugt werden. Es geht also um die Frage, wie sich Gruppen und Gruppenhierarchien den Anforderungen an Argumentkarten entsprechend visualisieren lassen und wie das Layout auf das Öffnen und Schließen von Gruppen reagiert.

Im nächsten Kapitel 2 präzisieren und abstrahieren wir diese Problemstellung. In Kapitel 3 präsentieren wir unseren Lösungsansatz, welchen wir dann in Kapitel 4 mit alternativen Ansätzen vergleichen und bewerten. Kapitel 5 schließt mit einer Zusammenfassung.



## 2 Problemstellung

In diesem Kapitel definieren wir das von uns behandelte Layoutproblem für Argumentkarten mit Gruppenstruktur sowie die Anforderungen für Interaktionen mit dem Layout. Wir beschreiben wie ein Layout aussehen soll und was beim Öffnen und Schließen einer Gruppe beachtet werden muss.

### 2.1 Layoutproblem

Das Zeichnen eines Graphen setzt sich aus dem Finden eines Layouts sowie des Renderns zusammen. Für uns von Interesse ist nur ersteres, das Layoutproblem. Ziel hierbei ist es für einen gegebenen Graphen und gegebenenfalls weitere Informationen algorithmisch ein Layout zu berechnen, welches gewisse Zeichenkonventionen erfüllt, erwünschte Ästhetikkriterien optimiert und möglicherweise weiteren lokalen Nebenbedingungen genügt.

Im Fall der Argumentkarten abstrahieren wir für das Layoutproblem einige Informationen. So spielen die Texte der einzelnen Thesen und Argumente für uns keine Rolle. Beide werden lediglich durch achsenparallele Rechtecke als Knoten des Graphen repräsentiert. Des Weiteren ignorieren wir bei den Beziehungen zwischen Elementen den Typ sowie die Richtung. Es ist also lediglich von Relevanz, ob zwei Elemente in einer Beziehung stehen. Dies wird dann durch eine ungerichtete Kante repräsentiert. Eine geschlossene Gruppe wird als Pseudoknoten aufgefasst und durch ein leeres Element repräsentiert. Dies kann z.B. ein Rechteck oder ein Kreis sein. Die Kindgruppen und Knoten einer geschlossenen Gruppe sind folglich verborgen. Falls auch offene Gruppen dargestellt werden, sollten diese ihre Kindknoten umfassen. In einem alternativen Ansatz in Kapitel 4 werden offenen Gruppen nicht explizit dargestellt.

Die Eingabe des Algorithmus lässt sich mit diesen Abstraktionen formal beschreiben. Sie setzt sich aus einem Graphen  $G = (V, E)$  sowie einem Baum  $T$ , genannt Gruppenbaum, und einem Schnitt  $S$  durch  $T$  zusammen. Hierbei beschreibt der Gruppenbaum die Zuteilung von Knoten und Gruppen zu Elterngruppen. Der Schnitt gibt den Zustand von Gruppen an, also ob sie geöffnet oder geschlossen sind. Wir spezifizieren nun  $T$  und  $S$  genauer.

Die Wurzel  $r$  der Baumstruktur repräsentiert die ganze Karte, jeder Knoten aus  $V$  ist ein Blatt in  $T$  und jeder innere Knoten steht für eine Gruppe. Durch die Distanz eines inneren Knotens zur Wurzel weisen wir die Gruppen einzelnen Stufen zu. Da Bäume in

der Regel auf dem Kopf gezeichnet werden, bezeichne eine niedrigere Stufe eine höhere Distanz zur Wurzel. Die oberste Stufe sei die Stufe der Wurzel.

Für den Schnitt  $S$  von  $T$  ist gefordert, dass er jeden Pfad von einem Blatt zur Wurzel genau einmal schneidet. Ein Knoten wird nur angezeigt, wenn der Schnitt den Pfad zur Wurzel von diesem Knoten in der zu ihm adjazenten Kante schneidet. In anderen Worten der Schnitt „direkt über“ dem Knoten verläuft. Eine Gruppe ist geschlossen, also als Pseudoknoten dargestellt, wenn der Pfad zur Wurzel in der adjazenten Kante geschnitten wird und offen, wenn der Pfad zur Wurzel nicht geschnitten wird. In allen anderen Fällen sind die Knoten oder Gruppen hinter einer geschlossenen Gruppe verborgen und werden nicht angezeigt. In Abbildung 2.1 wird so ein Layout nach unserem Designkonzept mit dem dazugehörigen Baum und Schnitt dargestellt.

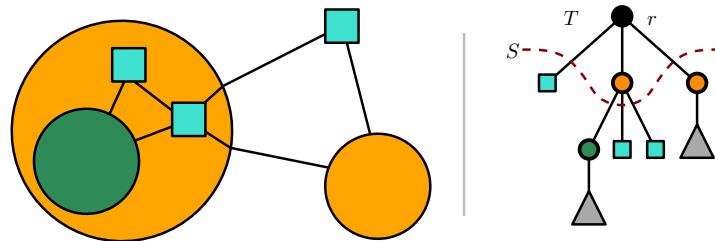


Abbildung 2.1: Beispiellayout einer abstrahierten Argumentkarte mit dem dazugehörigen Gruppenbaum und Schnitt. Nicht dargestellte Teilbäume sind im Baum durch graue Dreiecke repräsentiert.

Für diese Eingabe definieren wir im Folgenden die Zeichenkonventionen und die Ästhetikkriterien des Layoutproblems.

### Zeichenkonventionen

Zeichenkonventionen beschreiben wie Knoten und Kanten gezeichnet beziehungsweise gelayoutet werden sollen. Sie müssen erfüllt werden. Für das Layoutproblem von Argumentkarten mit Gruppenstruktur sind dies im Einzelnen:

- Knoten  $V$  werden als achsenparallele Rechtecke dargestellt
- Überschneidungsfreiheit von Knoten
- Überschneidungsfreiheit von Kanten mit Knoten
- Überschneidungsfreiheit von Gruppen mit nicht Kindknoten oder -gruppen sowie Kanten zwischen solchen
- Eine geschlossene Gruppe enthält keine Knoten

Für unseren Lösungsansatz kommen für Gruppen weitere Zeichenkonvention hinzu. Zum einen legen wir fest, dass Gruppen als Kreise dargestellt werden. Zum anderen fordern wir, dass eine geöffnete Gruppe alle ihre Kindelemente enthält. Darüber hinaus spezifi-

zieren wir das Kantenrouting genauer. Dies wird jedoch erst im Lösungsansatz genauer beschrieben.

### Ästhetikriterien

Ästhetikkriterien sollen vom berechneten Layout optimiert werden. Hauptkriterien sind hier die Größen- und die Kreuzungsminimierung. Auch wenn es für Argumentkarten im Allgemeinen wünschenswert ist, haben wir in unserem Lösungsansatz die Kreuzungsminimierung nicht beachtet. Des Weiteren soll sowohl zwischen Knoten als auch Gruppen eine gewisse Minstdistanz vorhanden sein, sowie Kanten eine gewisse Mindestlänge besitzen.

Lokale Nebenbedingungen haben wir für das Layoutproblem nicht definiert.

## 2.2 Interaktion mit Gruppen

Da Gruppen sowohl geöffnet als auch geschlossen sein können, existiert eine Vielzahl von verschiedenen Layouts für eine Argumentkarte. Jeder gültige Schnitt in  $T$  legt eine neue Konfiguration fest und benötigt ein eigenes Layout. Dass eine Gruppe geöffnet wird, bedeutet, dass der neue Schnitt den Gruppenbaum nicht mehr über der Gruppe schneidet, sondern alle seine Kanten zu Kindknoten im Baum. Das Schließen einer Gruppe wird durch den entgegengesetzten Fall beschrieben. Wir legen zudem fest, dass immer nur eine Gruppe geöffnet oder geschlossen werden kann. Darüber hinaus bezeichnen wir das Öffnen und Schließen einer Gruppe als eine Interaktion.

In einer Implementierung sollte das Wechseln zwischen den verschiedenen Zuständen, also der Wechsel des Schnitts und dem damit verbundenen Öffnen und Schließen von Gruppen, möglich sein. Dadurch soll es zum einen einfach sein sich einen Überblick zu verschaffen und zum anderen eine detailliertere Ansicht zur Verfügung zu haben. Hierbei ist es höchst wünschenswert, dass sich bei einer solchen Interaktion das alte und neue Layout so wenig wie möglich und nur so viel wie nötig unterscheiden. Positionsänderungen von Knoten und Gruppen sollen bei einer Interaktion nur so groß sein, dass das Layout die Konventionen und Kriterien erfüllt. Der Nutzer soll sich mit seiner mentalen Karte der Argumentkarte auch nach der Interaktion zurechtfinden können. Mit dem Problem, dass bei Veränderungen von Layouts die mentale Karte erhalten bleiben soll, haben sich zum Beispiel schon Eades et. al. [ELMS91, MELS95] beschäftigt. Die Anforderung lassen sich auch mit den Konsistenzbedingungen bei dynamischen Kartenbeschriftungen von Been et. al. [BNPW10] vergleichen.

Eine weitere wünschenswerte Anforderung ist, dass das Layout nach Auf- und Zuklappzyklen wieder zum Anfangslayout oder einem dazu ähnlichem Layout zurückkehrt. Ähnlichkeit ist hier so gemeint, dass die Positionsänderungen von Knoten und Gruppen gering sind.

Wir erhalten für eine Interaktion und das Verhältnis der einzelnen berechneten Layouts

also weitere Kriterien:

- Das Layout ändert sich nur so viel wie nötig, um Anforderungen und Kriterien zu genügen. In anderen Worten: Relative Positionen von Elementen verändern sich nur so viel wie nötig.
- Das Layout zu einem bestimmten Schnitt ist auch nach mehreren Interaktionen das Gleiche oder diesem sehr ähnlich.

Von nun an fassen wir die einzelnen Layouts für die verschiedenen Schnitte, also von verschiedenen Zuständen von auf- bzw. zugeklappten Gruppen, nicht mehr einzeln sondern als ein Layout auf. Ein Wechsel zwischen den einzelnen Layouts nennen wir eine Layoutänderung bei einer Interaktion.

Aus diesen und den in Abschnitt 2.1 vorgestellten Anforderungen ergibt sich allerdings eine Reihe von Konflikten. Beispielsweise steht die Größenminimierung der Zeichnung im Konflikt mit der Anforderung, dass sich das Gesamtlayout nur so viel wie nötig ändert, da größenminimalere Layouts nach dem Öffnen bzw. Schließen einer Gruppe möglicherweise nur mit einer großen Veränderung des Layouts möglich sind. Der im Folgenden präsentierte Ansatz schlägt jedoch Problemlösungen vor oder präferiert eine der Optionen.

### 3 Algorithmus

Für das in Kapitel 2 definierte Layoutproblem stellen wir hier unseren Lösungsansatz vor. Die wichtigste Designentscheidung und damit Grundidee des Layouts ist es, jede Gruppe in einem Kreis zu kapseln. Sie wird also innerhalb eines Kreises dargestellt und Kanten über Gruppengrenzen werden nur über feste Ports zugeführt. Eine Kante von einem Knoten in einer Gruppe geht also zunächst zu einem Port der Gruppe und dann zu einem Knoten außerhalb der Gruppe. Dadurch werden die gruppeninternen Layouts jeweils vom Rest des Layouts getrennt. Ist ein Layout einer übergeordneten Gruppe oder der obersten Stufe berechnet, hat dies nur durch das Festlegen der Portpositionen Einfluss auf das Layout von Kindgruppen eine Stufe tiefer. Layouts von niedrigeren Stufen beeinflussen übergeordnete Layouts nur durch ihren benötigten Platz. Abbildung 3.1 zeigt so ein Layout.

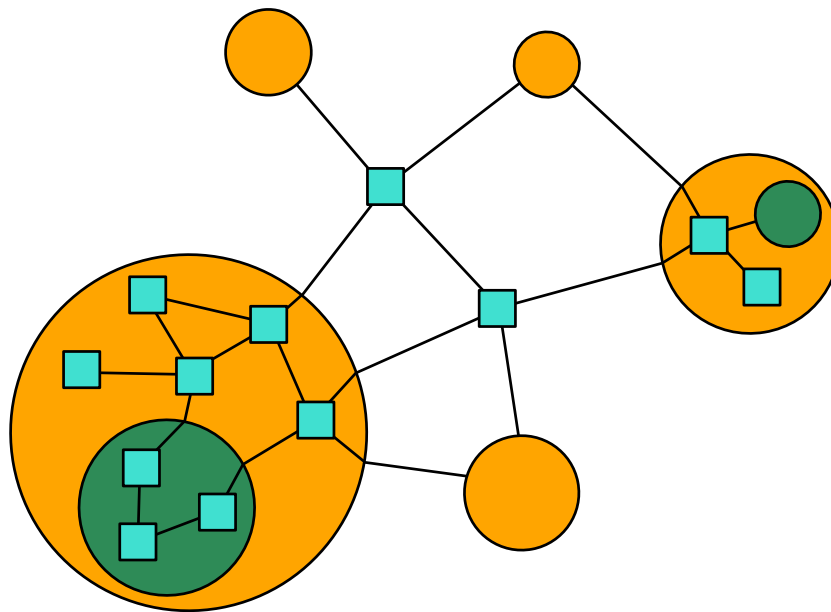


Abbildung 3.1: Beispiellayout einer abstrahierten Argumentkarte nach unserem Konzept.

Im Folgenden beschreiben wir in Abschnitt 3.1 einen Algorithmus, um so ein Layout zu berechnen, sowie in Abschnitt 3.2 das Konzept um Layoutänderungen bei Interaktionen mit Gruppen gering zu halten. Zunächst widmen wir uns jedoch kräftebasierten Algorithmen, die wir für unsere Ansätze benutzen, sowie der Größe von geschlossenen Gruppen im Layout.

### Kräftebasierter Algorithmus

Grundlage für unseren Algorithmus ist die Verwendung eines kräftebasierten Algorithmus. Als Kräfte haben wir unter anderem die Anziehung adjazenter Knoten bzw. Gruppen, die Abstoßung zwischen nicht-adjazenten Knoten bzw. Gruppen sowie die Abstoßung von Knoten selbst, sodass keine adjazenten Elemente die nicht punktförmigen Knoten oder Gruppen schneiden. Außerdem wird eine Abstoßung zwischen Kanten und nicht-inzidenten Knoten bzw. Gruppen benötigt, um Knoten-Kanten-Überschneidungen zu verhindern. Zusätzlich benötigen wir sogenannte Anker, welche einzelnen Knoten oder Gruppen zugeordnet werden.

Ein Anker ist ein Pseudoknoten, welcher nicht angezeigt wird und eine Kante zu seinem Knoten besitzt. Anders als normale Kanten ist die optimale Kantenlänge der Kante eines Ankers 0. Außerdem ist die Position des Ankers im Layout fest. In einem kräftebasierten Algorithmus wirkt der Anker auf seinen Knoten nun wie eine weitere Feder, die ihn zum Ankerpunkt hinzieht. Die Kraft der Feder kann wie eine normale Kante gehandhabt werden oder bei Bedarf auch anders spezifiziert werden. Als Grundlage für diesen kräftebasieren Algorithmus könnte zum Beispiel der Algorithmus von Fruchterman und Reingold [FR91] verwendet werden. Mit nicht punktförmigen Knoten haben sich beispielsweise bereits Harel und Koren [HK02] beschäftigt.

### Gruppengrößen

Wie die Größe einer geöffneten Gruppe berechnet werden kann, ist in einem späteren Abschnitt genauer beschrieben. Eine jedoch vom beschriebenen Algorithmus unabhängige Designentscheidung ist die Größe von geschlossenen Gruppen. Während eine Möglichkeit wäre, jede geschlossene Gruppe mit einem gleich großen Kreis darzustellen, schlagen wir einen anderen Ansatz vor.

Um direkt zu sehen, ob sich hinter einer geschlossenen Gruppe eine große oder kleine Gruppe bzw. eine mit vielen oder wenigen Kindelemente befindet, empfiehlt es sich den Kreisradius der geschlossenen Gruppe in Beziehung zu der Größe der Gruppe im offenen Zustand zu setzen. Da die Größe einer offenen Gruppe stark mit den Anzahl der Kindelemente korreliert, wird dadurch auch diese Eigenschaft einer Gruppe durch die geschlossene Repräsentation wiedergegeben. Die Größe der geschlossenen Gruppe könnte also dadurch berechnet werden, dass sie auf einer Skala von einer minimalen bis zu einer maximalen Größe abgebildet wird. Die minimale Größe könnte hierbei zum Beispiel durch die Größe des am größten dargestellten Arguments gegeben sein und die maximale Größe durch  $\gamma\%$  der größten Gruppe im geöffneten Zustand.

Da der Unterschied zwischen kleinen Gruppen, wie zum Beispiel der Unterschied zwischen zwei Gruppen mit jeweils 4 und 5 Kindelementen, stärker verdeutlicht werden soll, als der zwischen relativ großen Gruppen, schlagen wir eine logarithmische Abbildung wie in Abbildung 3.2 vor.

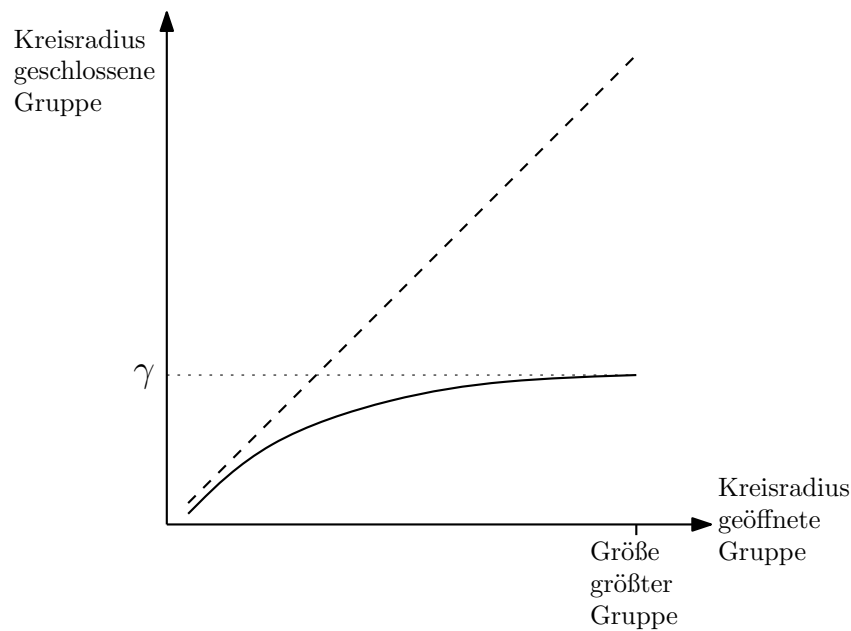


Abbildung 3.2: Vorgeschlagene Wahl der Gruppengröße einer geschlossenen Gruppe in Abhängigkeit der Gruppe in geöffnetem Zustand.

## 3.1 Konzept und Idee

Wenn alle Gruppen beim Öffnen einer Karte geschlossen sind, sollte es auf großen Karten einfach sein direkt einen Überblick gewinnen zu können. Deshalb liefert der folgende Algorithmus ein Layout bei dem initial alle Gruppen geschlossen sind.

Unser in Algorithmus 1 grob beschriebene Layoutalgorithmus ist in 2 Phasen unterteilt. In der ersten Phase, Zeilen 1-9, werden in einem bottem-up Ansatz die Größen der Gruppen und ein erstes Layout  $\mathcal{L}'$  berechnet. Dies beginnt auf der tiefsten Stufe und geht dann iterativ nach oben, da die Größe einer Gruppe jeweils für die Größe der übergeordneten Gruppe bzw. obersten Stufe notwendig ist.

In einem top-down Ansatz werden in der zweiten Phase, Zeilen 10-18, nun die Layouts pro Stufe und Gruppe  $\mathcal{L}_H$  berechnet und die Ports festgelegt. Das gesamte Layout setzt sich dann aus dem Layout der obersten Stufe und den Layouts pro Gruppe zusammen.

Im Folgenden beschreiben wir den bottom-up und den top-down Anteil des Algorithmus genauer.

**Eingabe :** Graph  $G = (V, E)$ , Gruppenbaum  $T$

**Ausgabe :** Gruppen-hierarchisches Layout von  $G$

```

1  $i$  = niedrigste Stufe einer Gruppe;
2 solange  $i < \text{höchste Stufe}$  tue
3   für Jede Gruppe  $H$  auf Stufe  $i$  tue
4     berechne Layout  $\mathcal{L}'_H$  der Gruppe  $H$ ;
5     berechne benötigte Fläche des Gruppenlayouts;
6   Ende
7    $i = i + 1$ ;
8 Ende
9 Berechne Layout auf höchster Stufe;
10 Lege Ports für Gruppen auf der zweithöchsten Stufe fest;
11  $i$  = zweithöchste Stufe;
12 solange  $i \geq \text{niedrigste Stufe}$  tue
13   für Jede Gruppe  $H$  auf Stufe  $i$  tue
14     berechne Layout  $\mathcal{L}_H$  der Gruppe  $H$  unter Berücksichtigung der Ports;
15     Lege Ports für Gruppen in  $H$  auf Stufe  $i + 1$  fest;
16   Ende
17    $i = i - 1$ ;
18 Ende
```

**Algorithmus 1 :** Layoutalgorithmus

### 3.1.1 Bottom-up Anteil des Algorithmus

Schauen wir uns den bottom-up Anteil des Algorithmus genauer an. Ziel ist es zunächst für jede Gruppe eine benötigte Größe zu approximieren. Da für die Gruppen die Positionen der Ports jedoch noch nicht bekannt sind, werden die Gruppen zunächst ohne Ports gelayoutet. Hierfür verwenden wir den oben beschriebenen kräftebasierten Algorithmus. Zusätzlich wird für jeden Knoten noch ein Anker zu einer relativen Mitte der Gruppe gesetzt. Auf Grund der Verwendung eines kräftebasierten Algorithmus hält dies die Gruppe, die nicht zwingend eine Zusammenhangskomponente sein muss, zusammen und konzentriert sie in einem eher kreisförmigen Bereich. Anderenfalls könnte sich zum Beispiel eine lange Kette bilden.

Da die Größe von Kindgruppen einer Elterngruppe für deren Layout benötigt wird, beginnt der Algorithmus auf der tiefsten Stufe, also bei den Gruppen, die in den meisten Gruppen enthalten sind. Wurde ein Layout berechnet, kann ein Kreis darum gelegt werden und somit die Größe approximiert werden. Mit der oben genannten Rechnung für die Größe von geschlossenen Gruppen, kann nun also die Größe für das Layout eine Stufe höher verwendet werden. Dies wiederholt sich bis zur obersten Stufe. Hier sind jedoch keine Anker zu einem Mittelpunkt mehr zwingend nötig. Dies ist nur der Fall, wenn man die gesamte Karte in einen keisförmigen Bereich ziehen möchte.



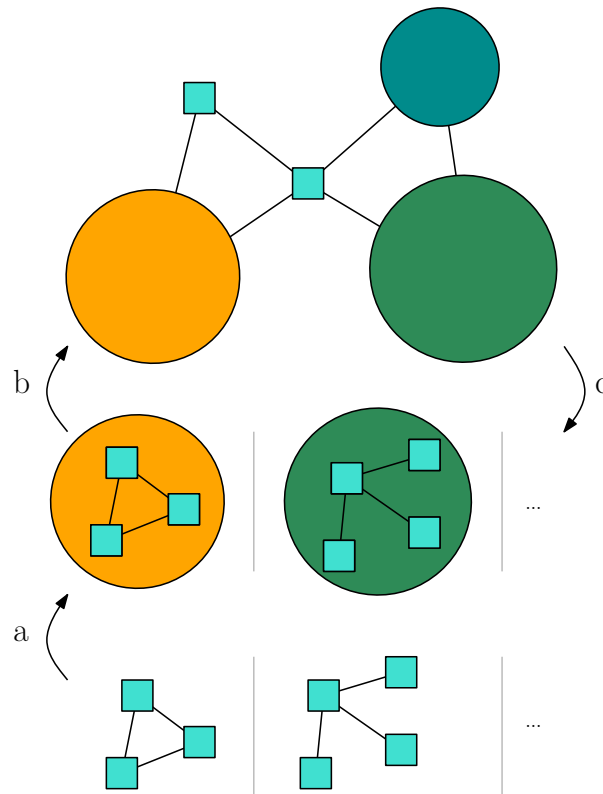


Abbildung 3.3: Bottom-up Anteil des Algorithmus zur Berechnung der benötigten Größen. Nachdem Layouts auf der untersten Stufe berechnet wurden (Zeile 4, Algorithmus 1) wir in Schritt *a* die benötigt Größe der Gruppe berechnet (Zeile 5). Nun kann dieser Prozess mit *b* und *c* bis zur obersten Stufe wiederholt werden.

### 3.1.2 Top-down Anteil des Algorithmus

Der Übergang vom bottom-up zum top-down Anteil erfolgt, wenn in Zeile 9 auf der obersten Stufe das Layout berechnet wird. Wenn zu Beginn, wie bei uns gewählt, alle Gruppen geschlossen sind, dann ist dieses berechnete Layout auch das Layout, das beim Öffnen der Karte zu sehen ist. Auf der obersten Stufe beginnend und durch das berechnete Layout vorgegeben, legen wir nun die Ports der Gruppen der darunterliegenden Stufe fest und berechnen deren Layouts.

Im Folgenden betrachten wir nun die Zeilen 14 und 15 des Layoutalgorithmus 1 genauer. Hier ist das Ziel ein Layout für eine Gruppe in Abhängigkeit von bereits gegebenen Ports zu finden sowie daraufhin dessen Kindgruppen Ports zuzuweisen. Das heißt, wir suchen nun ein Layout für die Kindknoten einer Gruppe sowie aus der Gruppe herausgehende Kanten. Dieses soll, wie oben beschrieben, ein Layout innerhalb eines Kreises sein und Kanten, die die Gruppengrenze überschreiten, zu den festgelegten Ports führen. Eine der

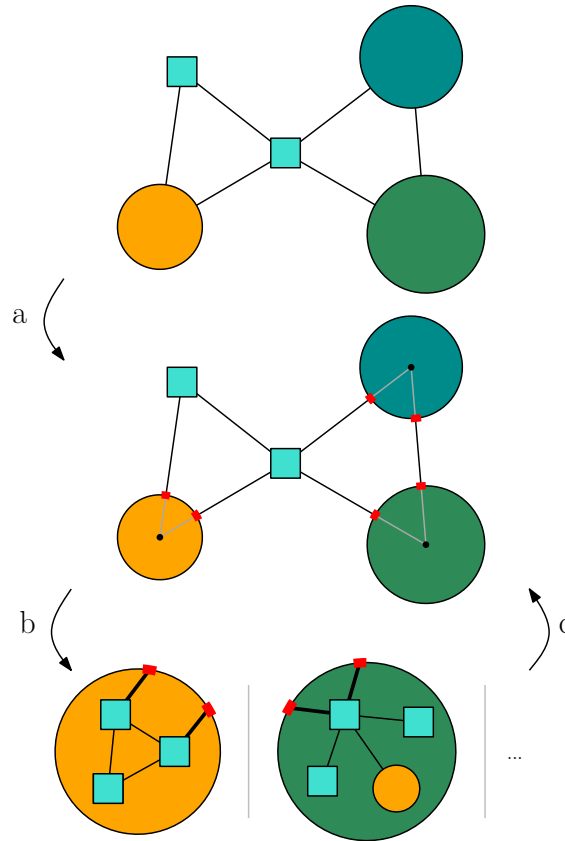


Abbildung 3.4: Top-down Anteil des Algorithmus zur Festlegung der Ports und Berechnung der Layouts. Mit dem Layout der höchsten Stufe können in Schritt *a* die Ports für die niedrigere Stufe berechnet werden (Zeile 9, Algorithmus 1). In Schritt *b* wird dann das Layout der nächsten Stufe mit Ports berechnet (Zeile 13). Dieser Prozess mit *b* und *c* bis zur untersten Stufe wiederholt werden.

Herausforderung hierbei ist eine geeignete Größe für den Kreis um die Gruppe zu finden. Auch zum Finden dieses Layouts benutzen wir wieder den kräftebasierten Algorithmus.

Das Bestimmen der Ports ist einfach umzusetzen. Wenn ein Layout berechnet wird, werden die Kanten zu einer Gruppe so gelayoutet, dass sie eine inzidente Gruppe nur radial schneiden. Der erhaltene Schnittpunkt mit dem Kreis der Gruppe legt so die Position für den Port fest, welche einfach durch den Winkel beschrieben werden kann. Dies ist auch in Abbildung 3.4 dargestellt. Da davon auszugehen ist, dass sich bei Veränderungen im Layout die Winkel nicht zu sehr ändern werden, bleiben die Winkel für jede Gruppengröße fest. Dadurch bleibt das Layout in einer Gruppe unabhängig von den Änderungen außerhalb. Jedoch müssen die verschiedenen Ansätze für das Kantenrouting im verwendeten Algorithmus für die Interaktion beachtet werden.

Für die Layoutberechnung ist eine Gruppe  $H$  sowie die vom Layout der darüberliegenden

Stufe bereits festgelegten Ports der Gruppe gegeben. Diese Ports modellieren wir als feste Knoten auf dem Kreis der Gruppe an ihren jeweiligen Winkeln. Des Weiteren haben wir bereits ein Layout  $\mathcal{L}'_H$  der Gruppe  $H$  ohne Kanten, die die Gruppengrenze überschreiten, in Zeile 4 des Layoutalgorithmus 1 berechnet. Aus Zeile 5 haben wir daher auch eine erste Größe für den Kreis der Gruppe, welche durch den Radius beschreiben und durch  $R'_H$  gegeben sei.

Der grobe Ablauf des Algorithmus setzt sich aus drei Schritten zusammen. Zunächst wird ein Anfangslayout gewählt. Dann wird ein optimaler Radius berechnet sowie das Layout berechnet. Die Wahl eines Anfangslayouts und das Finden eines optimalen Radius beschrieben wir in den folgenden Abschnitten genauer.

Für die Berechnung eines Gruppenlayouts verwenden wir wieder den oben geforderten kräftebasierten Algorithmus, welcher mit Knoten von bestimmter Größe umgehen kann. Jedoch schlagen wir auch hier wieder das Hinzunehmen eines Ankers vor, welcher alle Elemente zur Mitte des Kreises ziehen soll. Dies soll auch verhindern, dass eventuell nicht zusammenhängende Komponenten der Gruppe auseinander driften. Die Kraft dieses Ankers sei mit dem Faktor  $\alpha$  beschrieben. Solange der Kreis der Gruppe groß genug ist, sollte es für Knoten auch nicht möglich sein, aus dem Kreis herausgetragen zu werden. Andernfalls müsste man hierfür weitere Kräfte im Algorithmus berücksichtigen oder  $\alpha$  entsprechend erhöhen.

### Anfangslayout

Für die Wahl eines Anfangslayouts schlagen wir folgenden Ansatz vor. In Zeile 4 von Algorithmus 1 wurde für  $H$  bereits ein Layout  $\mathcal{L}'_H$  berechnet. Dieses lässt sich sowohl horizontal als auch vertikal spiegeln, ohne dass die Ausrichtung der einzelnen Knoten, welche nach den Achsen ausgerichtete Rechtecke sind, verändert wird. Das heißt, wir haben vier verschiedene Layouts, nämlich das original, das vertikal oder horizontal gespiegelte sowie das vertikal und horizontal gespiegelte. Um lange Kanten von Knoten zu Ports durch die ganze Gruppe möglichst zu vermeiden, wählen wir jenes Layout, bei dem die Summe der Kantenlängen dieser Kanten am kleinsten ist. Dies ist das gewählte Anfangslayout  $\mathcal{L}'_H$ . Abbildung 3.5 gibt hierfür ein Beispiel.

Natürlich gibt es noch weitere Ansätze zum Finden eines Anfangslayouts. Einfache Ansätze wären zum Beispiel eine zufällige Platzierung der Knoten oder die Platzierung aller Knoten in die Mitte des Kreises, um dann den Rest dem kräftebasierten Layoutalgorithmus zu überlassen. Man könnte sich jedoch auch einen anspruchsvolleren Ansatz überlegen, bei dem man das Gruppenlayout ausgehend von den Ports konstruiert.

Mit gewähltem Anfangslayout können wir nun den optimalen Kreisradius einer Gruppe bestimmen.

### Bestimmen des Kreisradius einer geöffneten Gruppe

Für die Berechnung eines angemessenen Kreisradius schlagen wir einen iterativen Algorithmus vor. Hierbei führen wir die beiden Schritte „Finden des Radius“ und „Berechnen

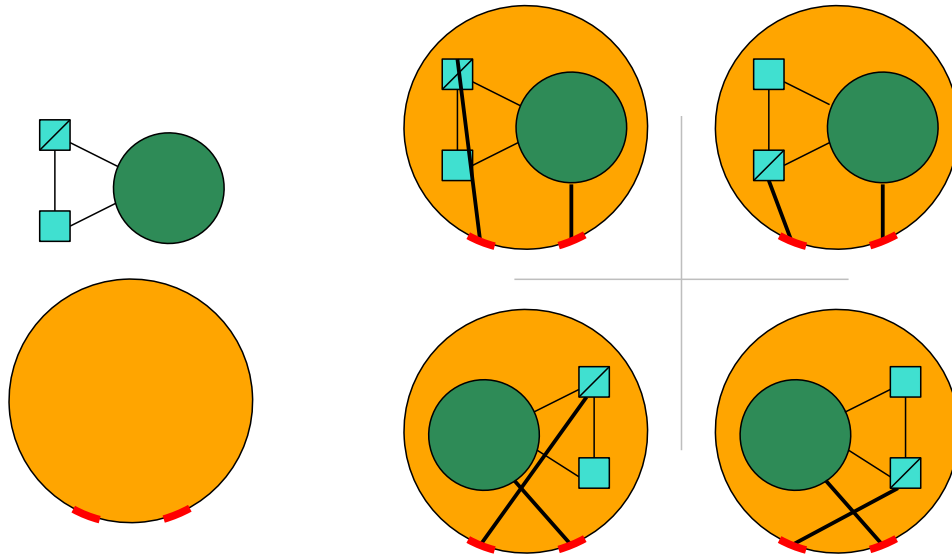


Abbildung 3.5: Ansatz zur Wahl des Anfangslayouts. Links das vorberechnete innere Layout und die Elterngruppe mit Ports. Rechts die vier verschiedenen Spiegelungen des Layouts sowie die Kanten zu den Ports. In diesem Fall würde das rechte obere, also horizontal gespiegelte, Layout als Anfangslayout gewählt werden, da die Gesamtlänge der Kanten zu den Ports hier am kürzesten ist.

des Layouts“ zusammen aus. Die Idee des iterativen Algorithmus ist es, für einen gegebenen Radius ein Layout zu berechnen und dann zu testen, ob der Radius verkleinert werden kann. Ist dies der Fall, so wiederhole das Vorgehen. Ansonsten erhöhe entweder den Faktor  $\alpha$  für die Kraft des Ankers zum Mittelpunkt oder breche ab. Da hier noch die Anfangsberechnung der Layouts in Gruppen beschreiben wird, ist es wichtig anzumerken, dass die Kindgruppen der behandelten Gruppe geöffnet sind. Wird der Algorithmus später verwendet, muss dies nicht mehr der Fall sein.

Als Anfangsradius des Algorithmus kann der Radius  $R'_H$  aus Algorithmus 1 Zeile 5 multipliziert mit einem Faktor  $\beta$  verwendet werden. Die Wahl des Anfangslayouts haben wir im Abschnitt davor beschrieben.

**Eingabe :** Gruppe  $H$ , Ports, Kanten zu Ports, Anfangslayout  $\mathcal{L}'_H$ , Radius  $R'_H$

**Ausgabe :** Gruppenlayout  $\mathcal{L}_H$  von  $H$ , Radius  $R_H$

```

1  $R = \beta \cdot R'_H =$  Anfangsradius für Kreis;
2  $\mathcal{L}_H = \mathcal{L}'_H \cup$  Ports  $\cup$  Kanten zu Ports;
3 Führe kräftebasiertem Algorithmus auf  $L_H$  aus;
4 wenn  $R$  verkleinert werden kann dann
5 |   Passe  $R$  an;
6 sonst
7 |   wenn  $\alpha$  nicht zu groß dann
8 | |   erhöhe  $\alpha$ ;
9 | |   gehe zu 3;
10 | sonst
11 | |   Algorithmus fertig;
12 | Ende
13 Ende

```

#### Algorithmus 2 : Kreisradiusalgorithmus

Für Algorithmus 2 muss natürlich noch spezifiziert werden, was es heißt, dass der Radius in Zeile 4 verkleinert werden kann oder dass  $\alpha$  nicht zu groß ist. Dass der Radius  $R$  verkleinert werden kann, soll bedeuten, dass bei kleinerem  $R$  aber gleichem Layout der Kreis keine Knoten schneidet. Typisch für Parameter bei kräftebasierten Algorithmen, wird um eine geeignete maximale Größe von  $\alpha$  zu finden, wohl eine Implementierung und verschiedene Tests benötigt. Dasselbe gilt für  $\beta$ , um einen geeigneten Anfangsradius zu finden.

Eine weitere Variante zur Berechnung des Kreisradius könnte durch erwartete Größen von Gruppen umgesetzt werden. Falls ein gutes  $\beta$  gefunden werden kann, dass für jede Gruppe eine gute Größe approximiert und dabei nie zu klein ist, kann der iterative Prozess auch ausgelassen werden und der Radius der Gruppe für jeden Zustand direkt berechnet werden.

Abschließend zur Beschreibung der Layoutberechnung wollen wir anmerken, dass die bottom-up und top-down Anteile auch wiederholt durchgeführt werden können. Dadurch können die benötigten Größen in den Layoutberechnungen besser berücksichtigt werden und so auch die resultierende Ports besser festgelegt werden.

## 3.2 Layout-Anpassung bei Interaktion

Nachdem ein Anfangslayout für die ganze Argumentkarte gefunden wurde, bei der alle Gruppen geschlossen sind, soll es dem Nutzer ermöglicht werden Gruppen zu öffnen. Das Layout für jede Gruppe wurde ebenfalls bereits berechnet. Zur Erinnerung, wenn eine Gruppe geschlossen ist, hat sie eine Größe, die Abhängig von der Größe im offenen Zustand kleiner ist. Da diese Gruppe im geöffneten Zustand nun jedoch mehr Platz einnimmt ergibt sich folgende Problemstellung: Wie verändert sich das Layout auf dar-

überliegenden Stufen, wenn eine Gruppe geöffnet oder geschlossen wird? Hierbei wird, wie spezifiziert, außerdem gefordert, dass die Änderungen im Layout nicht zu stark sind, damit man sich mit seiner mentalen Karte von vor der Änderung auch danach noch zurechtfindet.

Der von uns vorgeschlagene Lösungsansatz basiert erneut auf einem kräftebasierten Algorithmus. Auch hier verweisen wir auf den oben beschriebenen Algorithmus. Es gibt zwei Probleme zu lösen. Zum einen, wie groß eine Gruppe in ihrem jetzigen Zustand ist. Zum anderen, wie man dafür sorgt, dass sich das Layout nach Öffnen oder Schließen einer Gruppe nicht zu sehr verändert.

Um die Größe einer Gruppe in ihrem jetzigen Zustand zu berechnen, könnte man verschieden vorgehen. Zum Beispiel könnte man ihn aus den bekannten Radien, für den Zustand alle Untergruppen geöffnet und der Gruppe selbst geschlossen, berechnen. Oder aber man benutzt den Algorithmus aus dem vorherigen Abschnitt, um ihn entweder im Voraus oder wenn benötigt zu ermitteln. Wird nun eine Gruppe geöffnet oder geschlossen, wird diese durch eine größere bzw. kleinere ersetzt. Diese Änderung zieht sich logischer Weise bis zur obersten Stufe durch.

Um das Verhalten bei einer Interaktion mit einer Gruppe zu kontrollieren, erweitern wir den verwendeten kräftebasierten Layoutalgorithmus um mehrere Anker. Dies geschieht pro Stufe und Gruppe für die ein neues Layout berechnet werden muss. Jedes gelayoutet Element, das sich also nicht in einer geschlossenen Gruppe befindet, bekommt einen Anker gesetzt und zwar an der Position, an der es sich im Anfangslayout der Gruppe bzw. obersten Stufe befindet. Diese Anker bezeichnen wir als Grundanker. Wenn nun eine Gruppe geöffnet oder geschlossen wird und die dadurch verursachten Größenänderungen pro Stufe durchgeführt wurden, wird in jeder veränderten Gruppe sowie der obersten Stufe der Layoutalgorithmus mit den zuvor gesetzten Grundankern gestartet. Dies wird durch Abbildung 3.6 veranschaulicht. Die Grundanker sorgen nur dafür, dass die Elemente nicht zu stark von ihrer Position vor der Veränderung verschoben werden.

Genauer zu spezifizieren ist, wie stark die Anker sein sollten, sowie ob sie von der Gruppen- bzw. Elementgröße abhängig sein sollten. Hierfür sind erneut eine Implementierung sowie Tests nötig. Diese Wahl könnte natürlich auch sehr von der Argumentkartenstruktur sowie der eigenen Vorliebe abhängen.

Durch das Öffnen vieler Gruppen können große Veränderungen zum Grundlayout zustande kommen. Die Kräfte der Anker könnten so im Verhältnis zu anderen Kräften zu stark werden und unschöne Layouts erzeugen. Deshalb ist ein weiterer Punkt bei diesem Lösungsansatz, dass in einem solchen Fall die Grundanker ignoriert werden und lediglich temporär neue Anker vor der letzten Änderung gesetzt werden. Es wird also nur versucht zum letzten Layout die Veränderungen gering zu erhalten, nicht jedoch direkt zum Anfangslayouts. Wann dieser Fall eintritt muss noch genauer spezifiziert werden und kann pro Stufe unterschiedlich gehandhabt werden.

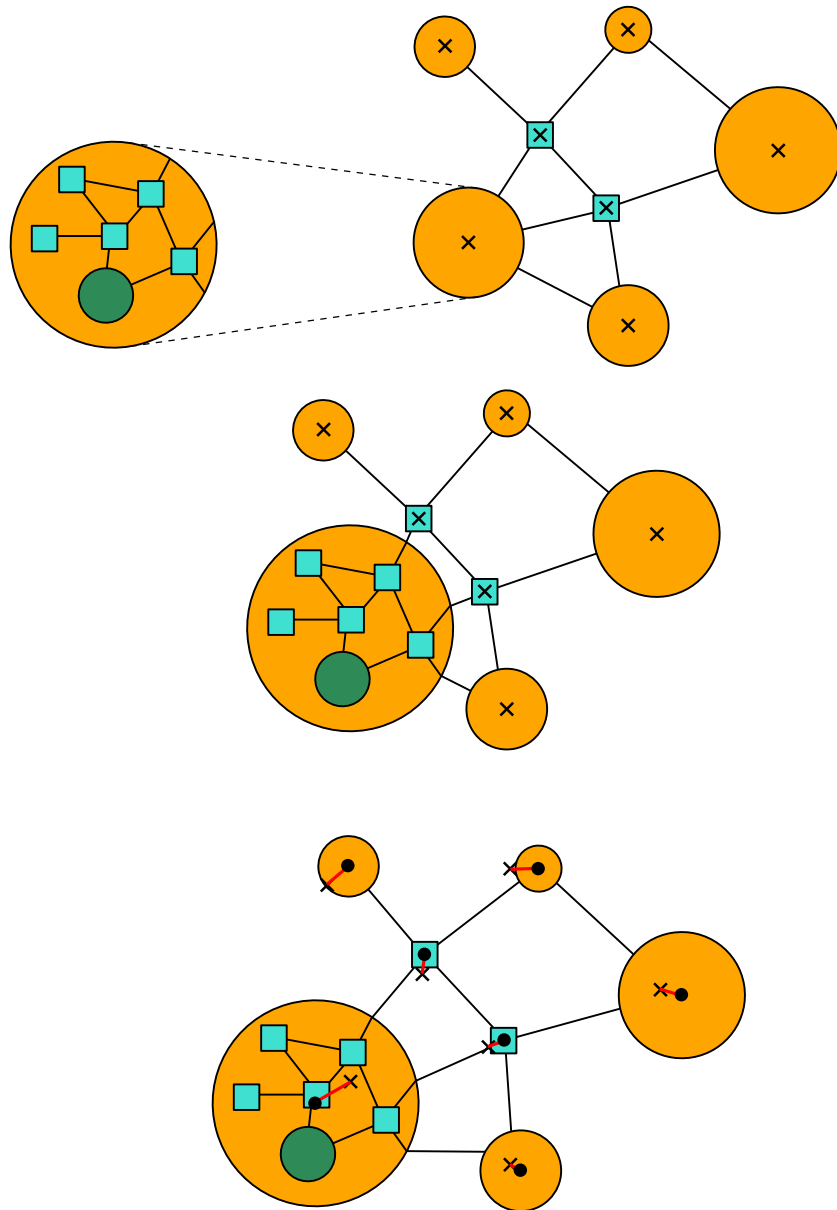


Abbildung 3.6: Veranschaulichung des Ankerprinzips beim Öffnen einer Gruppe.

## 4 Evaluation und Vergleich zu anderen Lösungsansätzen

Bei der Entwicklung unserer Lösung sind noch andere Ansätze entstanden, welche nach Vergleich mit unserem Ansatz (der in Kapitel 3 beschrieben wird), aber nicht weiter ausgearbeitet oder ausgewertet wurden. Der Vollständigkeit wegen, stellen wir nun noch kurz einen alternativen kräftebasierten Ansatz (siehe Abschnitt 4.1) und einen hierarchischen Ansatz (siehe Abschnitt 4.2) vor. Ein kurzer Vergleich wird in Abschnitt 4.3 angestellt.

### 4.1 Uniform kräftebasiertes Layout

Dieser Lösungsansatz stellt eine einfache Erweiterung zu vorhandenen kräftebasierten Algorithmen dar: Knoten können durch zusammenfassende Pseudoknoten, in diesem Fall Gruppenknoten, repräsentiert werden und zusätzlich Anker werden verwendet.

Konkret bedeutet dies, dass Knoten zunächst nur durch ihre Gruppenknoten dargestellt werden und dann mit einem einfachen kräftebasierten Verfahren ein Layout bestimmt wird, wobei die abstoßende Kraft der Pseudoknoten bzw. die Anziehungskraft zusammengelegter Kanten logarithmisch mit der Anzahl zusammengefasster Elemente skaliert wird.

Wenn nun die Elemente einer oder mehrerer Gruppen konkret dargestellt werden sollen, werden zunächst alle Gruppenknoten, ähnlich wie bei der finalen Lösung, verankert. Zusätzlich werden die Gruppenknoten, deren Elemente dargestellt werden sollen, aus dem Layout entfernt und stattdessen deren Elemente eingefügt. Diese können ebenfalls Gruppenknoten für innere Gruppen sein. Schließlich wird nun noch einmal der kräftebasierte Algorithmus verwendet mit der Besonderheit, dass jeder Knoten eine zusätzliche Anziehung zu seinem Anker bzw. dem vom übergeordneten Gruppenknoten geerbten Anker hat.

Dieser Ablauf wird in Abbildung 4.1 skizziert.



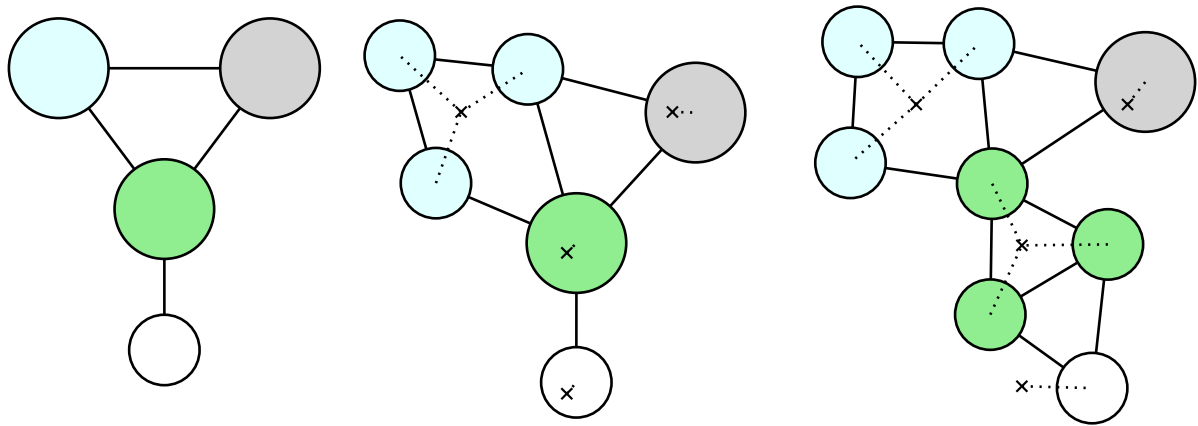


Abbildung 4.1: Skizze eines Layouts durch den uniform kräftebasierten Ansatz. Links zunächst das Layout mit alle Gruppen geschlossen. In der Mitte das Layout nach Öffnen der hellblauen Gruppe. Rechts das Layout mit hellblauer und grüner Gruppe geöffnet. Kreuze markieren hierbei die Anker der Gruppen.

## 4.2 Hierarchisches Layout

Häufig auftretende Eigenschaften in Argumentkarten, wie beispielsweise Zyklenfreiheit, legen andere Graphenlayouts, insbesondere hierarchische Layouts, nahe.

Wenn wir die Richtung der Kanten, entgegen der bisherigen Ansätze, für das Layout beachten wollen, wird es dadurch möglich bei einem hierarchischen Layout alle eingehenden Kanten eines Knotens an der Oberseite des Knotens und alle ausgehenden Kanten an der Unterseite des Knotens zu zeichnen. Dadurch wird ebenfalls das „Einpacken“ der Knoten in eine Box zur Repräsentation bzw. Ordnung der Gruppe einfacher, da auch die Box der Gruppe die ein- und ausgehenden Kanten entsprechend ordnen kann ohne die Komplexität des Layouts innerhalb der Box zu erhöhen. Dadurch kann das innere und äußere Layout von Gruppen getrennt berechnet werden.

Ein grobe Skizze zu einem solchen Layout ist in Abbildung 4.2 dargestellt.

## 4.3 Vergleich

Im Folgenden vergleichen wir die beiden skizzierten Ansätze mit unserem Lösungsansatz. Wir vergleichen Ästhetik-Kriterien (Layoutfokus und Änderungskonstanz), Einfluss auf die mentale Karte (Änderungskonstanz), sowie die Praktikabilität (Algrithmuskomplexität und Graphenanforderungen).

Da keiner der Ansätze konkret implementiert wurde und die alternativen Ansätze auch

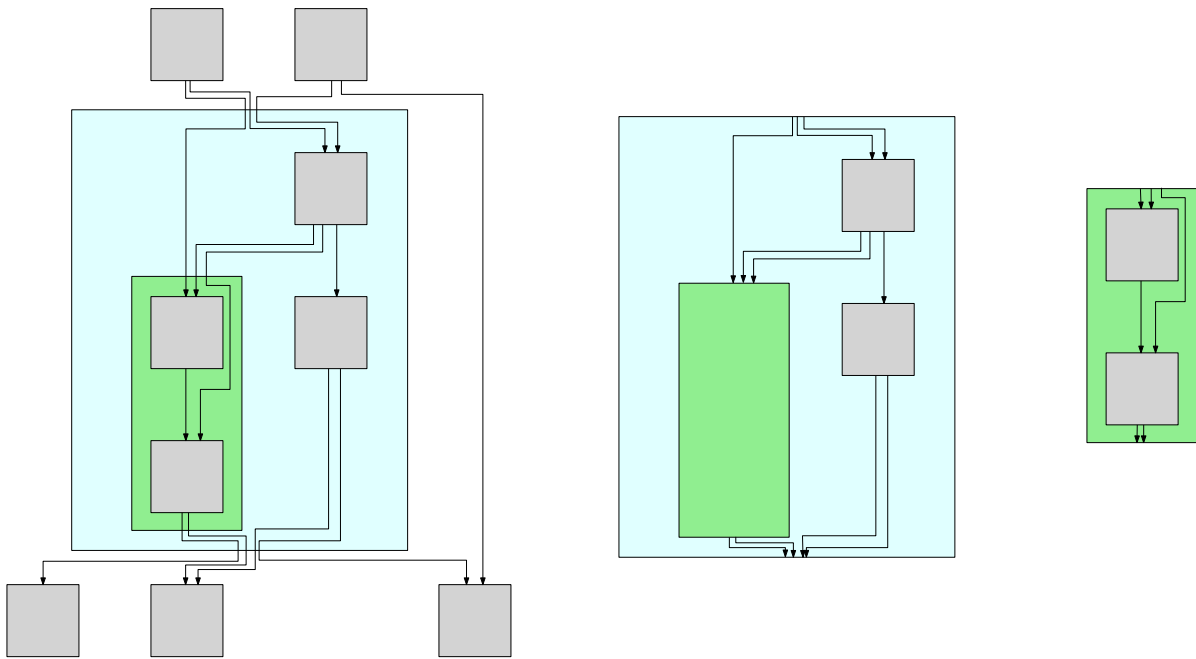


Abbildung 4.2: Skizze eines Layouts durch den hierarchischen Ansatz. Links das Gesamtlayout, Mitte und Rechts jeweils das Layout der jeweiligen Gruppe.

nur stückweise ausgearbeitet wurden, besteht der Vergleich dieser Ansätze größtenteils aus Abschätzungen und nicht aus tatsächlichen Messungen.

Es werden folgende Abkürzungen verwendet:

**KBK:** Unser Lösungsansatz, der kräftebasierte Algorithmus mit Kapselung

**HL:** Der hierarchische Layout-Ansatz

**UKB:** Der uniform kräftebasierte Layout-Algorithmus

### Fokus des Layouts

Bei KBK und HL sind die Layouts der einzelnen Gruppenebenen größtenteils unabhängig, daher liegt der Fokus der Darstellung eher auf der Semantik der Gruppen, d.h. das Layout stellt besonders heraus, zu welcher Gruppe ein Knoten gehört.

Das durch UKB erzeugte Layout basiert dagegen größtenteils auf den Knotenzusammenhängen. Durch die Anker bleiben Gruppenelemente zwar größtenteils zusammen, aber das Layout wird dennoch über die Kanten der Knoten in und zwischen Gruppen festgelegt. Bei entsprechenden Zusammenhängen können Gruppen auch deformiert oder getrennt werden (siehe Abbildung 4.3).

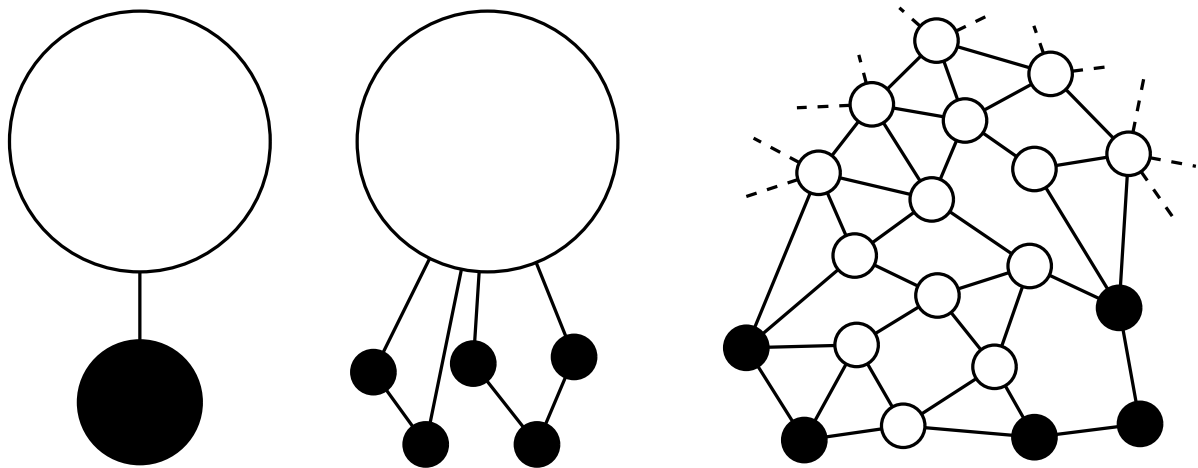


Abbildung 4.3: Beispielhafter Ablauf der zur Trennung einer Gruppe führt: Durch ungünstige Kantenzusammenhänge und einen entscheidenden Größenunterschied drängt sich die weiße Gruppe zwischen die Knoten der schwarzen Gruppe.

### Kompaktheit

Sowohl bei KBK als auch bei HL verliert man durch die Kapselung von Gruppen viel Kompaktheit, da hierbei oft Räume in den Gruppen entstehen, die nicht von anderen Gruppen und Knoten genutzt werden können. Das Gesamtlayout bei KBK ist allerdings bei allen Graphen eher zentriert und rund, da es kräftebasiert bestimmt wird, während HL bei unausgebalancierten Graphen zu besonders hohen bzw. breiten Graphen führt.

Das Layout des UKB-Ansatzes führt zu ähnlich kompakten Graphen wie herkömmliche kräftebasierte Algorithmen, da die einzigen zusätzlichen Kräfte, die Anker, an den Positionen der Gruppenknoten gesetzt werden, also in der Hüllkurve des Graphen liegen, und ausschließlich anziehend wirken.

### Änderungskonstanz

Durch die unabhängigen internen und externen Gruppenlayouts bei KBK und HL, sind die Änderungen beim Öffnen und Schließen von Gruppen eher gering: Die Layouts in den Gruppen sind unabhängig davon, ob andere Gruppen geöffnet oder geschlossen sind, und die relativen Positionen der Gruppen zueinander ändern sich selten.

Da bei UKB die Gruppen nicht „abgeschirmt“ sind, ist das Layout geöffneter Gruppen sehr stark vom Zustand anderer Gruppen abhängig. Es ist zu erwarten, dass die relative Position durch die Anker erhalten bleiben, aber kleine Gruppen durch große Gruppen deformiert oder verdrängt werden.

### **Komplexität des Algorithmus**

Wie bereits in Kapitel 3 dargestellt, ist der für KBK nötige Algorithmus recht komplex und enthält einige Parameter, die noch bestimmt werden müssen.

Der für HL benötigte Algorithmus besitzt etwas weniger Komplexität als KBK, da die Ports für Kanten stets fest sind, wodurch die Größe von geöffneten Gruppen einmalig „Bottom-Up“ und ohne Approximationen sowie Korrekturen bestimmt werden kann. Allerdings besitzt der zugrundeliegende Algorithmus für hierarchisches Layouts eine höhere Komplexität als kräftebasierende Verfahren.

Der UKB-Algorithmus stellt schließlich eine algorithmisch weniger komplexe Erweiterung von einfachen kräftebasierten Verfahren dar, was vermutlich zu der geringsten Komplexität unter den hier verglichenen Ansätzen führt.

### **Anforderung an Graphen**

Während alle hier vorgestellten Ansätze davon ausgehen, dass jeder Knoten und jede Gruppe maximal einer übergeordneten Gruppe zugehört, werden nur bei HL tatsächliche Anforderungen an die eigentliche Graphenstruktur (Zyklenfreiheit) gestellt, um problemlos zu funktionieren.

## **Fazit**

Wie man an den Einzelpunkten erkennt, vereint der Ansatz für den wir uns entschieden haben viele der positiven Eigenschaften der beiden anderen Ansätze oder stellt einen Kompromiss zwischen den beiden dar.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit haben wir uns mit dem Layoutproblem für Argumentkarten, welche vordefinierte Gruppenzugehörigkeiten enthalten, beschäftigt. Dies ist insbesondere eine Abgrenzung von Graph-Clustering, bei dem Gruppenzugehörigkeiten als Teil des Layouts zugewiesen werden. Besonderer Fokus wurde außerdem darauf gelegt, dass die entsprechenden Gruppen vollständig oder komprimiert dargestellt werden können.

Unser Lösungsansatz beschreibt eine Konstruktion, die aufbauend auf gebräuchlichen kräftebasierte Algorithmen, Layouts erstellt, die vordefinierte Gruppen herausstellen. Zusätzlich erlaubt der vorgestellte Ansatz das Anzeigen von Gruppen in geöffneten oder geschlossenen Zuständen. Besonderer Fokus wurde zusätzlich auf das Ästhetikkriterium gelegt, dass das Layout sich durch Öffnen und Schließen der Gruppen nur gering verändert.

Eine konkrete Implementierung und entsprechende Auswertung wurde in dieser Arbeit nicht durchgeführt. Bei einer groben Abschätzung scheint unser Algorithmus keine Operation zu beinhalten, die asymptotisch aufwändiger ist als die quadratische Laufzeit eines gewöhnlichen kräftebasierenden Algorithmus.

Zukünftige Arbeiten können sich mit der in dieser Arbeit unterlassenen Implementation und Auswertung beschäftigen. Ein Teil einer solchen Implementierung sollte es sein, die Parameter, welche bei der Beschreibung des Algorithmus bewusste nicht festgelegt wurden, konkret abzuschätzen.

Alternativ sind auch Ausarbeitungen und Untersuchungen der alternativen Ansätze, die diese Arbeit nur grob umrissen hat, möglich.

# Literaturverzeichnis

- [arg] *argunet editor, howpublished* = <http://www.argunet.org/editor/>, note = Abgerufen: 20.04.2015.
- [BC] Gregor Betz und Sebastian Cacean: *The moral controversy about Climate Engineering – an argument map*.
- [BC12] Gregor Betz und Sebastian Cacean: *Ethical aspects of climate engineering*. KIT Scientific Publishing, 2012.
- [BNPW10] Ken Been, Martin Nöllenburg, Sheung Hung Poon und Alexander Wolff: *Optimizing active ranges for consistent dynamic map labeling*. Computational Geometry, 43(3):312 – 328, 2010, ISSN 0925-7721. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925772109000649>, Special Issue on 24th Annual Symposium on Computational Geometry (SoCG'08).
- [ELMS91] Peter Eades, Wei Lai, Kazuo Misue und Kozo Sugiyama: *Preserving the mental map of a diagram*. International Institute for Advanced Study of Social Information Science, Fujitsu Limited, 1991.
- [FR91] Thomas M. J. Fruchterman und Edward M. Reingold: *Graph drawing by force-directed placement*. Software: Practice and Experience, 21(11):1129–1164, 1991, ISSN 1097-024X. <http://dx.doi.org/10.1002/spe.4380211102>.
- [HK02] David Harel und Yehuda Koren: *Drawing Graphs with Non-uniform Vertices*. In: *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, AVI '02, Seiten 157–166, New York, NY, USA, 2002. ACM, ISBN 1-58113-537-8. <http://doi.acm.org/10.1145/1556262.1556288>.
- [MELS95] Kazuo Misue, Peter Eades, Wei Lai und Kozo Sugiyama: *Layout Adjustment and the Mental Map*. Journal of Visual Languages & Computing, 6(2):183 – 210, 1995, ISSN 1045-926X. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1045926X85710105>.