Fantasmum

Andreas Genz
Sven Goeckels
Olaf P. Konrad

Aus Werken werden Kunstwerke, indem sie in gesellschaftliche, historische, theoretische Kontexte gebracht werden. Ein Kunstwerk steht nicht für sich allein, es ist von einem Künstler gemacht worden, der auch andere Werke geschaffen hat, es ist mit anderen Kunstwerken desselben oder eines anderen Künstlers zusammen ausgestellt worden. Eventuell ist es ein Teil einer Serie, oder gehört zu einer besonderen Stilrichtung. Durch diese und andere Zusammenhänge des Werkes mit seiner Umwelt wird es erst zu einem Kunstwerk (so jedenfalls wollen wir das verstehen), und genau diese Beobachtung haben wir zur Grundlage unseres Hypermediums gemacht. Die Werke der frühen Computerkunst sollen nicht nur in einer passenden virtuellen Umgebung gezeigt werden, das auch, aber das soll hier nicht das Thema sein, sondern dem Benutzer des Mediums soll es ermöglicht werden, mehr über die Zusammenhänge der Werke mit Künstlern, anderen Werken und Ausstellungen zu erfahren.

Die Werke werden im Fantasmum mit den Künstlern, den Personen und Austellungen durch dreidimensionale geometrische Objekte repräsentiert. Die Objekte (Entitäten) unterscheiden sich je nach Typ (Werk, Künstler, Person, Ausstellung) durch ein Symbol und ein Label mit ihrem Namen. Da wir die Werke in Zusammenhang und also Relationen zu anderen Entitäten betrachten, kommt der Visualisierung möglicher Relationen entscheidende Bedeutung zu. Wir verbinden Entitäten miteinander, um eine Relation zwischen ihnen zu zeigen.

Verbindungen zwischen den Entitäten werden als Linien zwischen den entsprechenden Objekten sichtbar gemacht. Diese sind allerdings nur zu sehen, wenn die Relation für den Benutzer von Interesse ist. Anfangs befinden sich die Objekte im Raum an zufälligen Orten, die keine Aussage über die Zusammenhänge zulassen. Erst durch Interaktion des Benutzers mit dem Medium werden Verbindungen gezeigt, indem Relationen zwischen Objekten sichtbar werden und/oder sich verbundene Objekte aufeinander zu bewegen.

Die Bewegung der Objekte wird dabei von einem Kräftemodell gesteuert: Objekte, die eine Beziehung zueinander haben, ziehen einander an; gleichzeitig stoßen alle Objekte einander ab. Die anziehenden Kräfte zwischen Objekten können vom Benutzer an- und abgeschaltet werden, so dass nur Objekte, die für ihn von Interesse sind, sich zueinander bewegen. Dies geschieht allerdings nicht durch direkte Manipulation der Verbindun-

gen, sondern indirekt über die Interaktion mit dem Medium, wenn Anfragen an die Datenbasis gestellt werden. Die Ergebnisse dieser Anfragen werden auf die Objekte und ihre Verbindungen umgesetzt. Die Anfrage, welcher Künstler welche Werke geschaffen habe, führt z.B. dazu, dass sich alle Kunstwerk-Objekte zu ihren Künstler-Objekten hinbewegen.

Durch die verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten können Benutzer Strukturen schaffen, die die Werke in Kontexte einordnen. Solche Strukturen können Benutzer mit Hilfe der Navigation erfahren. Objekte von besonderem Interesse können in den Fokus geholt und aus allen Entfernungen und Richtungen betrachtet werden.

Die Interaktions- und Navigationsmöglichkeiten und deren Auswirkungen auf die Darstellung werden im Folgenden in der Reihenfolge ihres Entdeckens beim Benutzen näher beschrieben.

Auf das Kräftemodell, das allen Bewegungen der Objekte im Fantasmum zugrundeliegt, gehen wir im darauf folgenden Kapitel ein.

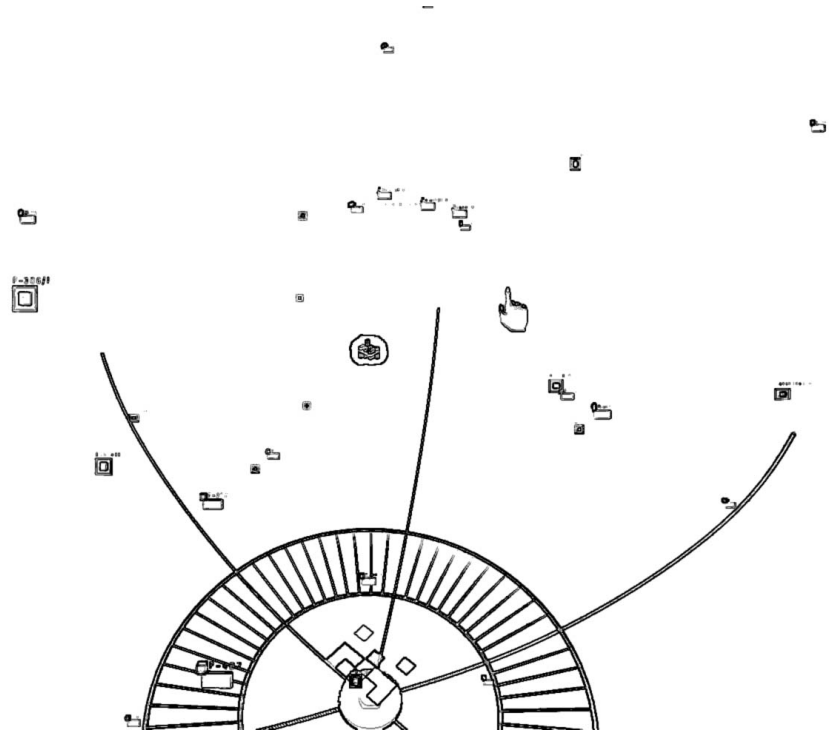

Abb.1: Das Fantasmum in der Gesamtansicht. Der Hintergrund ist aus Darstellungsgründen hier weiß anstatt schwarz.

Fantasmum: Interaktion und Navigation

Was ist zu sehen?

Wer das Fantasmum betritt, findet sich anfangs in einem Raum ohne Wände wieder, der in ein schwarzes Nichts ausufert. In dem Raum bewegen sich träge, anscheinend ziellos mehrere silbrige Objekte umher, die wie flach gedrückte Würfel mit abgerundeten Kanten anmuten. Der Untergrund, die einzig feste Bezugsgrösse, die ein Oben und ein Unten vermittelt, ragt wie ein goldenes, einer flachen Schale ähnelndes Drahtgeflecht aus dem Dunkel empor. In der Mitte des Bildschirms und auch des Raumes steht ein aus Quadern zusammengesetztes ieti-Logo in einer halbtransparenten, geschmeidig ausgebeulten Hülle unbeweglich im Raum: das Torobjekt. Im Vordergrund ist eine entspannt zeigende Hand zu erkennen.

Die sich bewegenden Objekte lassen sich in Klassen einteilen. So gibt es welche, die einen Text aufgeschrieben tragen, und solche, auf denen ein Bild zu sehen ist. An den Objekten mit dem aufgetragenen Text ist ein Symbol von unterschiedlicher Form und Farbe angebracht: der Objekttyp. Die Objekte mit den Bildern haben kein solches Symbol, sind aber von einer Art Rahmen umgeben. Die Vorderseite all dieser Objekte ist immer dem Betrachter zugewandt.

Diese verschiedenen Objekte repräsentieren Galerien, Labore, Personen, Künstler, Aussteller, Ausstellungen, Kunstwerke und Bilder, deren Daten in der zugrunde liegenden relationalen Datenbank gespeichert sind.

Die Position der beweglichen Objekte wird bei Programmstart durch Pseudozufall bestimmt, ebenso deren Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung. Jedes der Objekte verfügt über Anziehungskräfte und Abstossungskräfte, die auf die die anderen Objekte wirken.

Als erstes wird ein geneigter Handhabender, sich diesem Raum gegenüber sehend, gewöhnlich die Maus bewegen (wenn er nicht vorher auf der Tastatur herumdrückt, was allerdings keinerlei Veränderung zeitigt[1]). Er bemerkt, dass sich die Hand mit der Maus über den Bildschirm bewegt, so wie es von herkömmlichen Mauszeigern bekannt ist.

Bei aufmerksamer Betrachtung wird auffallen, dass sich der Neigungswinkel der Hand ändert, wenn sich der ausgestreckte Zeigefinger über einem der Objekte befindet. Dies legt nahe, dass mit den Objekten in irgendeiner Weise interagiert werden kann. Doch dazu später mehr.

Die Wendung „in irgendeiner Weise" ist

[1] Nur die Taste ESC bewirkt ein sofortiges Beenden des Programms, ist aber für die Entwickler gedacht.

insofern gerechtfertigt, als dass ausser den beschriebenen Dingen nichts weiter auf der grafischen Benutzungsoberfläche zu sehen ist, also keine Buttons oder Menüs, die mögliche Operationen auf den Objekten nahe legten.

Ebenfalls können zu Anfang nicht gesehen werden: die Innenansicht der Objekte, die Relationen zwischen den Objekten, der Gruppenquader, der eine Gruppierung mehrerer Objekte markiert und die Werkzeugleiste, mittels derer der Interaktionsmodus geändert werden kann.

Was kann getan werden?

Als Zweites probiert ein Handhabender vermutlich, die Knöpfe der Maus zu drücken, von denen es drei gibt. In der Bedeutung der einzelnen Maustasten offenbart sich eine begriffliche Trennung von Navigation und Interaktion. *Navigation* definieren wir als eine planvolle Veränderung der eigenen virtuellen Lage im Raum. *Interaktion* ist eine absichtsvolle Veränderung von Zuständen von Objekten. Wir können mit der rechten und der mittleren Maustaste die eigene Lage verändern, mit der linken Maustaste aber vorrangig den Zustand von Objekten ändern.

Wird die Maus bei gedrückter rechter Maustaste nach vorne bzw. nach hinten geschoben, so wird die eigene Position im Raum derart verändert, dass der Eindruck entsteht, man würde sich weiter aus dem Raum heraus bzw. tiefer in ihn hinein bewegen[2]. Dabei kann man sich recht weit von den Objekten weg bewegen, so dass sie nur noch als grafische Punkte erscheinen, aber nur soweit zu ihnen hin, bis man den Eindruck gewinnt, man stieße mit einem bestimmten Objekt zusammen.

Wird die Maus bei gedrückter mittlerer Maustaste umherbewegt, so entsteht der Eindruck, als würde man sich auf der Oberfläche einer Kugel bewegen. In ihrem Mittelpunkt befindet sich jenes Objekt, auf das man bei der oben geschilderten Translation zu stossen meinte. Dies legt den – richtigen – Schluss nahe, dass man relativ zur Lage eines ausgewählten Objektes auf der gedachten Oberfläche einer Kugel navigiert, deren Radius sich verändern lässt.

Werden rechte und mittlere Maustasten zusammen gedrückt gehalten, so wird nur die Bewegung um den Mittelpunkt veranlasst, aber keine Translation relativ zum Mittelpunkt.

Kann denn nun dieses Mittelpunktsob-

[2] Diese Bewegung entspricht einer Translation der Betrachterposition zum Mittelpunktsobjekt hin bzw. von ihm weg.

Abb.2: Durch das Ausstellungsobjekt kann eine Galerie betreten werden.

Abb.3: In den Laborobjekten kann experimentell Computerkunst erzeugt werden.

Abb.4: Dieses Objekt repräsentiert einen Künstler.

Abb.5: Ein Kunstwerkobjekt enthält beschreibend Text.

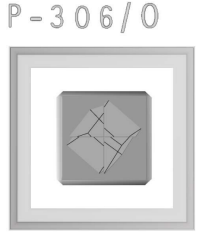

Abb.6: Auf dem Bildobjekt ist das Bild selbst aufgebracht.

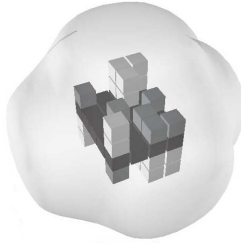

Abb.7: Durch das Torobjekt kann das Fantasmum verlassen werden.

jekt ausgewählt werden? Hier überschneiden sich Navigation und Interaktion: Wenn wir die linke Maustaste doppelklicken, während sich der Zeigefinger der Hand über einem beliebigen Objekt (ausser über dem aktuellen Mittelpunktsobjekt) befindet, so wird die eigene räumliche Lage derart geändert, dass wir zu dem angewählten Objekt die gleiche relative Position einnehmen, die wir vorher zu dem Mittelpunktsobjekt hatten. Diese Positionsänderung geschieht automatisch in gleichbleibender Zeit. Sie entspricht eher einem schnellen Kamerasprung als einer Kamerafahrt. Wir verändern damit nicht nur unseren Ort, sondern auch den Zustand des doppelt angeklickten Objekts: es ist nun das neue Mittelpunktsobjekt.

Herstellung von Ordnungen

Wird die linke Maustaste festgehalten, während sich der Zeigefinger der Hand über einem beliebigen Objekt – ausser dem fest stehenden Objekt in der Mitte des Raumes – befindet, kann dessen Zustand auf dreierlei Weise verändert werden: einmal werden alle möglichen Beziehungen („Bild X wurde von Künstler Y generiert" oder „Künstler Y hat bei Ausstellung Z sein Werk gezeigt"), in denen dieses Objekt zu anderen steht, als gelbe Linien zu den anderen Objekten hin angezeigt.

Die zweite Veränderung zeigt sich nach einer Verweildauer: die so verknüpften Objekte werden von dem festgehaltenen angezogen und bewegen sich darauf zu. Die Verbindungslinien färben sich grün. Auf diese Weise können Gruppen von logisch zusammenhängenden Objekten auf dem Bildschirm erzeugt werden. Wenn jemand wissen möchte, welche Bilder von einem bestimmten Künstler generiert wurden, braucht er nur das Künstlerobjekt angeklickt zu halten: nach kurzer Zeit schweben die dazugehörigen Bildobjekte in das Blickfeld.

Das Bewegen der Maus mit festgehaltenem Objekt bewirkt zum Dritten, dass nun nicht nur die Hand in Bewegung gesetzt wird, sondern auch jenes Objekt, das an dem Zeigefinger der Hand festzukleben scheint, so dass es wie die Hand auf einer gedachten Ebene parallel zur Bildschirmoberfläche umherbewegt werden kann.

Halten wir mit der Bewegung der Hand inne und lassen die linke Maustaste wieder los, so bleibt das Objekt bis auf weiteres an der Position im Raum stehen, an der es losgelassen wurde. Wenn wir die Maustaste loslassen, während die Hand die Maus noch bewegt, fliegt das losgelassene Objekt mit der vorherigen Geschwindigkeit noch ein

Stück weiter in die gleiche Richtung, bis es elastisch abgebremst wird. Nach Stillstand kehrt ein so geworfenes Objekt wieder in seine Ursprungsposition zurück, aus der wir es genommen hatten.

Eine weitere Überschneidung von Interaktion und Navigation finden wir, wenn wir das aktuelle Mittelpunktsobjekt festhalten und umherbewegen: da die Betrachterposition an dieses Objekt gekoppelt ist, bewegen wir uns mit ihm auf einer gedachten – zum Bildschirm parallelen – Ebene, während das Objekt an der immer gleichen Stelle auf dem Monitor gezeigt wird und so unbeweglich erscheint. Dieser Effekt stellt gleichzeitig eine Erweiterung des oben beschriebenen Navigationskonzepts dar, da wir Seitwärtsbewegungen nicht nur auf einer gedachten Kugeloberfläche, sondern auch auf einer gedachten Ebene vollziehen können[3].

Objekte als Informationsbehälter

Die Wahl des Mittelpunktsobjekts dient einem weiteren Zweck neben der Veränderung seines Zustandes und der damit verbundenen Änderung der räumlichen Lage des Betrachters. Wenn wir uns einem solchen Objekt nähern (rechte Maustaste gedrückt, Mausbewegung auf den Körper zu), bis es so gross wird, dass es den gesamten Bildschirm ausfüllt, und dann noch ein Stückchen weiter ziehen, so übertreten wir die Schwelle zu dem Objekt und können seine Innenansicht betrachten. Diese hängt vom Objekttyp ab:

- in Bildobjekten können wir das Bild in hoher Auflösung betrachten.
- in Personen- und Künstlerobjekten finden wir beschreibende Texte. Ist ein Text länger als eine Bildschirmseite, kann er nach oben und nach unten gerollt werden. Texte auf der Aussenhaut von Objekten stellen knappe Zusammenfassungen dar.
- im Torobjekt ist das ieti-Logo zu sehen, nebst einer Auflistung der beteiligten Person. Durch das Torobjekt kann das Programm verlassen werden, indem eine bestimmte Geste ausgeführt wird.
- in Laborobjekten finden wir uns in Lernumgebungen wieder. Sie werden an anderer Stelle ausführlich besprochen.
- in Galerieobjekten können wir uns durch real anmutende Räume bewe-

[3] Ein Seiteneffekt im doppelten Sinne: er resultiert aus einer nicht vorhergesehenen Verbindung zweier implementierter Regeln.

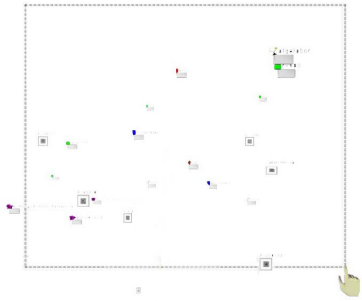

Abb.8: Mit der Gummibandauswahl werden einzelne Objekte ausgewählt...

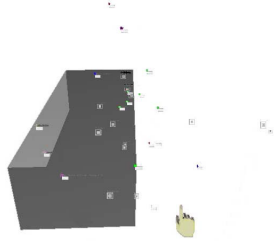

Abb.9: ...und in einem Gruppenquader zusammengefasst.

gen und an den Wänden hängende Bilder anschauen oder zusätzliche Informationen lesen. Diese Räume werden an anderer Stelle eingehender beschrieben.

Aus jedem der fünf Typen von Objekten können wir in den Raum des Fantasmum zurück kommen. Aus Bild-, Personen- und Torobjekt geschieht das bei gedrückter rechter Maustaste durch eine Mausbewegung vom Körper weg. Die Labore weisen je eine eigene Art des Verlassens auf. In Galerien gibt es Türen.

Gruppieren...

Neben Gruppen von logisch zusammenhängenden Objekten können auch beliebige, meist räumlich nahestehende Objekte zu Gruppen zusammengefasst werden.

Dazu wird eine Sammlung von Objekten durch ein Gummibandrechteck bestimmt. Man hält die linke Maustaste gedrückt, während sich der Zeigefinger über dem Hintergrund befindet, und bewegt die Maus. Dadurch spannt sich eine rechteckige Gummibandauswahl auf. Wird die linke Maustaste nun losgelassen, erscheint ein dreidimensionaler, halbtransparenter Quader. Er schließt alle Objekte ein, die vorher innerhalb der Gummibandauswahl lagen. Dieser Gruppenquader ist so groß, dass er gerade alle beinhalteten Objekte räumlich umschließt. Mit den so als ausgewählt markierten Objekten kann wie zuvor interagiert werden: sie können zentriert, bewegt und betreten werden. Wenn wir ein einzelnes Objekt aus dieser Auswahl anfassen und versuchen, es aus dem stillstehenden Gruppenquader herauszubewegen, passt sich dieser in seiner Grösse derart an, dass es unmöglich ist, das Objekt zu entfernen. Wir können aber den Gruppenquader wie ein einzelnes Objekt anfassen und verschieben; alle Objekte der Auswahl bewegen sich mit dem bewegten Gruppenquader mit. So können zum Beispiel mehrere Objekte gleichzeitig an den Rand des Raumes verschoben werden, wenn sie gerade nicht im Zentrum des Interesses stehen, oder sie können wieder in die Mitte des Raumes gerückt werden, wenn wir sie anschauen möchten. Um eine Gruppenauswahl aufzuheben, muss ein neues Gummiband aufgespannt werden. Befinden sich in diesem keine Objekte, wird der Gruppenquader gar nicht mehr angezeigt.

Die Gruppenauswahl spielt auch beim Sortieren eine Rolle.

... Gestikulieren ...

Um die verschiedenen Sortieroperatoren und deren Auswirkungen auf die Objekte zu erläutern, muss zunächst die Interaktion mittels Gesten erklärt werden. Unter einer *Geste* verstehen wir einen vorgeschriebenen Bewegungsablauf der mausführenden Hand. Er kann in Geschwindigkeit und Laufweite variieren[4].

So ist die Geste, die das Erscheinen der Werkzeugleiste hervorruft, ein Drücken und Gedrückthalten der linken Maustaste, während sich der Zeigefinger der Hand vor dem Hintergrund befindet, gefolgt von einem Zurück- und Vorschieben der Maus, so dass sich die Hand auf dem Bildschirm möglichst senkrecht nach unten und wieder nach oben bewegt. Dabei können wir die Geste schnell oder gemächlich mit einer langen oder mit einer kurzen Schiebebewegung ausführen.

Wenn die Hand wieder nahezu ihre alte Position eingenommen hat, erscheint die Werkzeugleiste. Diese besteht aus der ursprünglichen Hand, vier weiteren Händen, die mit Icons versehen sind, und einer Bombe, allesamt vertikal angeordnet. Diese Sortierwerkzeuge lassen sich nun – bei immer noch gedrückt gehaltener linker Maustaste – durch Verschieben der Maus nach links oder rechts auswählen. Ein angewähltes Werkzeug wird im Falle der Handwerkzeuge durch ein Kippen der Hand angezeigt. Ausserdem beginnen die Icons der entsprechenden Hand gegen den Uhrzeigersinn um das Handgelenk bzw. um die ganze Hand zu kreisen. Die Bombe dreht sich um eine vertikale Achse, wenn sie angewählt wird. Die Auswahl eines Werkzeugs wird durch das Loslassen der linken Maustaste abgeschlossen. Die Interaktionshand hat nun das Aussehen des ausgewählten Werkzeugs.

Die mit dem Werkzeug ausgewählte Art des Sortierens lässt sich verschiedenartig auf die Objekte anwenden. Dies kann geschehen, indem Objekte mit einem Werkzeug angeklickt werden, oder indem mit ausgewähltem Werkzeug als Hand mehrere Objekte zu einer Gruppenauswahl zusammengefasst werden.

... und Sortieren

Mit den Sortierwerkzeugen können die Anziehungs- und Abstossungskräfte der Objekte beeinflusst werden. Durch veränderte Kräfteverhältnisse zwischen den Objekten ändert

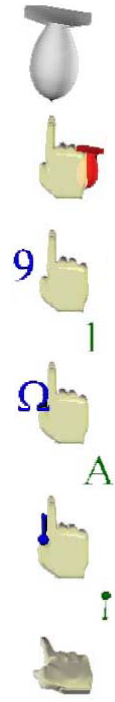

Abb.10: Die Werkzeuge in der Werkzeugleiste von oben nach unten: Alles unsortieren, Bereiche unsortieren, chronologisch Sortieren, alphabetisch Sortieren, hierarchisch Sortieren und die neutrale Hand.

[4] Jef Raskin definiert eine Geste aus verhaltenpsychologischer Sicht so: „A gesture is a sequence of human actions completed automatically once set in motion". J. Raskin (2000), S. 37.

sich deren relative räumliche Lage. Je nach Betrag der anziehenden und abstossenden Kräfte nähern und entfernen sich die Objekte. Der Betrag der Kräfte ergibt sich aus der Sortiervorgabe und den logischen Beziehungen der Objekte. Die Einflussnahme von aussen ist somit indirekt.

Nehmen wir an, die Objekte **A**, **B** und **C** repräsentierten Bilder der Computerkunst. Die Bilder seien zu unterschiedlichen Zeiten entstanden. Wir versehen diese Objekte mit der Vorgabe, sich gemäss der Entstehungszeit der Bilder anzuordnen. Dann werden die Anziehungskräfte zwischen **A** und **B** und zwischen **B** und **C** verstärkt, Objekt **A** und Objekt **C** hingegen stossen sich stärker ab. Dadurch sind die drei Objekte bestrebt, sich so im Raum zu positionieren, dass das erste und das letzte Objekt möglichst grossen Abstand halten, aber beide einen möglichst geringen Abstand zum mittleren Objekt wahren.

Haben die so sortierten Objekte eine – dynamisch stabile – Endposition eingenommen, bilden sie im Raum eine Reihe nach der Entstehungszeit der durch sie repräsentierten Bilder.

Im Folgenden werden Sortiermöglichkeiten des Fantasmum genauer dargelegt.

Alphabetische und chronologische Sortierung

Alle dargestellten Objekte repräsentieren Entitäten, die einen Namen (Nachname von Personen) oder Titel (Bildtitel oder Ausstellungstitel) und eine Zeitangabe haben. Die Zeitangabe kann dabei ein Zeitpunkt (Datum der Entstehung eines Bildes), oder ein Zeitraum (Dauer einer Ausstellung)[5] sein. Da sich Anwendung und Auswirkung der alphabetischen und der chronologischen Sortierung stark ähneln, beschreiben wir hier nur die alphabetische Sortierung.

Die Werkzeughand weist zwei Modi auf. Im ersten Modus wird ein Anfangsobjekt für eine Sortierung gewählt, im zweiten das Endobjekt. Der Modus der Werkzeughand ist an der blauen Einfärbung eines der Icons abzulesen, die die Hand am Gelenk umkreisen. Ist das Icon **A** im Falle der alphabetischen Sortierung blau, muss ein Anfangsobjekt gewählt werden. Ist das Icon Ω blau, muss ein Endobjekt angeklickt werden[6].

Die zu sortierende Teilmenge der Objekte

[5] Zeiträume werden in der vorliegenden Implementation als gemittelte Zeitpunkte behandelt. Denkbar ist eine Erweiterung der Darstellung der Objekte, so dass die tatsächlichen Zeiträume berücksichtigt werden, z.B. durch geometrische Streckung der Objekte.

[6] Bei der chronologischen Sortierung sind die Icons eine 1 und eine 9.

hängt von der Wahl desjenigen Objektes ab, das als Ende der Sortierung festgelegt wird. Wählen wir das gleiche Objekt ein zweites Mal, werden alle Objekte dieses Typs in die Sortierung einbezogen und ordnen sich gemäss ihrer Abstossungs- und Anziehungskräfte an. So können beispielsweise alle Künstlerobjekte in einer Reihe in alphabetischer Reihenfolge angeordnet werden, indem das entsprechende Werkzeug gewählt und dann damit das gleiche Künstlerobjekt zweimal angeklickt wird.

Wählen wir ein anderes Objekt vom gleichen Typ wie das Anfangsobjekt, werden nur

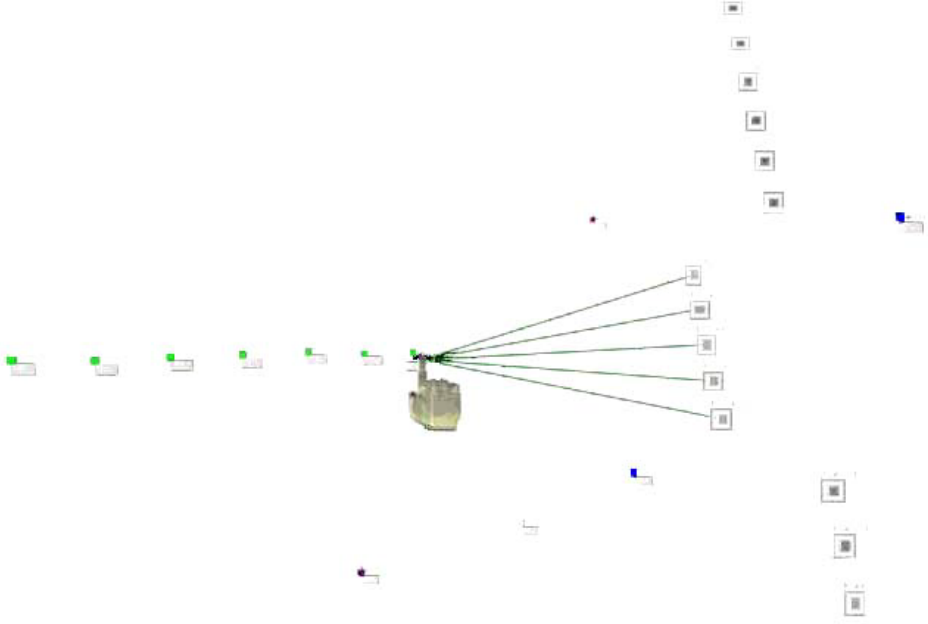

Abb.11: Die Kunstwerkobjekte befinden sich in alphabetischer Sortierung (horizontal), die Bildobjekte in chronologischer Sortierung (vertikal). Ein Bildobjekt wurde angklickt gehalten und zeigt die Verbindungen zu den dazugehörigen Bildobjekten an. Da es sich um mehrere Bildobjekte handelt, gehören sie zu einer Serie.

diejenigen Objekte dieses gemeinsamen Typs einbezogen und angeordnet, deren Werte zwischen denen des Anfangs- und Endobjektes liegen. Dadurch wäre es in unserem Beispiel möglich, nur alle die Künstlerobjekte einzubeziehen, bei denen der Name der Künstler mit einem Buchstaben anfängt, der, sagen wir, zwischen „D" und „P" liegt.

Ist das zweitgewählte Objekt von einem anderen Typ, werden in die Sortierung Objekte der beiden gewählten Typen einbezogen.

Nachdem das zweite Objekt gewählt wurde, wechselt die Hand wieder in ihren normalen Modus zurück.

Alternativ kann mit der gewählten Werkzeughand auch eine Gummibandauswahl aufgezogen werden. Dann werden nur die auf diese Weise zusammengefassten Objekte in die alphabetische oder chronologische Sortierung einbezogen, ungeachtet ihres Typs.

Hierarchische Sortierung

In der Datenbasis sind neben Angaben wie Name oder Datum auch Beziehungen der Entitäten untereinander gespeichert: welcher Künstler hat ein Bild generiert, welche Person steckt hinter dem Künstler, auf welchen Ausstellungen hat der Künstler ausgestellt und wer hat die Ausstellung organisiert und betreut? Solchen Fragestellungen kann mit der hierarchischen Sortierung nachgegangen werden. Dabei können Beziehungen zwischen Objekten ähnlich denen von Menschen in einem Stammbaum dargestellt werden. Hat ein Künstler bei einer bestimmten Ausstellung Werke ausgestellt, so kann das zugehörige Ausstellungsobjekt als Vaterobjekt des entsprechenden Künstlerobjekts gezeigt werden. Das Künstlerobjekt ist andersherum das Kindobjekt des Ausstellungsobjekts. Die Kinderobjekte eines Künstlerobjekts wiederum sind die zugehörigen Bildobjekte.

Die Werkzeughand, die eine hierarchische Sortierung veranlasst, wird am Handgelenk von zwei vertikalen, hantelähnlichen Gebilden umkreist. Die zwei gewichtähnlichen Kugeln am oberen und unteren Ende sind unterschiedlich gross. Auch diese beiden Icons, die Vaterobjekt und Kindobjekt samt deren Verbindung darstellen, sind blau und grün gefärbt, wobei bei dem blauen Icon die grössere Kugel oben, bei dem grünen unten sitzt.

Klicken wir einmal mit ausgewähltem Werkzeug auf ein Objekt, so werden alle dessen Kindobjekte angezogen und treiben nun auf das von uns gewählte Vaterobjekt zu. Die logischen Verbindungen zwischen

diesen Objekten werden wiederum als Linien angezeigt, so wie es auch der Fall ist, wenn ein Objekt mit der Hand ohne Werkzeug eine Weile angeklickt gehalten wird. Nur sind die Linien nun blau und bleiben auch bestehen, wenn die Maustaste losgelassen wird. Auch wechselt die Einfärbung der Icons, analog der alphabetischen bzw. chronologischen Sortierung. Klicken wir danach noch einmal das gleiche Objekt wie zuvor an, werden die Kindeskindobjekte von den Kindobjekten des gewählten Objekts auf gleiche Weise angezogen und setzen sich in Bewegung. Auch hier werden die Verbindungen zwischen den Kindeskindobjekten und den Kindobjekten als grafische Linien angezeigt. Die Werkzeughand bleibt im Gegensatz zur obigen Sortierung solange im zweiten Auswahlmodus, bis wir das Werkzeug wechseln.

Dieser Vorgang lässt sich solange fortsetzen, wie die Objekte Hierarchieebenen aufweisen, gibt aber nur Aufschluss über die Beziehungen des ausgewählten Objektes und seiner Kindobjekte bzw. Kindeskindobjekte.

Wenn wir wissen möchten, bei welchen Ausstellungen welche Künstler ausgestellt haben, klicken wir als erstes ein beliebiges Ausstellungsobjekt an und danach ein beliebiges Künstlerobjekt. Dann werden alle Künstlerobjekte von den dazugehörenden Ausstellungsobjekten angezogen und die Verbindungen werden angezeigt. Klicken wir nun ein drittes Objekt an, sagen wir, ein Bildobjekt, so werden alle Bildobjekte von den dazugehörigen Künstlerobjekten angezogen. Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden.

Es besteht auch die Möglichkeit, mit der hierarchischen Werkzeughand eine Gummibandauswahl über mehrere Objekte zu legen. Alle erfassten Objekte zeigen dann die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen als grafische Linien an und ziehen sich entsprechend ihrer Zusammengehörigkeit an. Allerdings werden hier auch Verbindungen zu Objekten berücksichtigt, die sich nicht im erscheinenden Gruppenquader befinden.

Unsortieren

Die verschiedenen Sortierwerkzeuge können mehrmals hintereinander angewandt werden. Dadurch können komplexe Sortiermuster entstehen – manchmal komplexer als gewünscht. Daher können einzelne Objekte, Gruppen von Objekten oder auch alle Objekte wieder aus einer Sortierung herausgelöst werden.

Eine Möglichkeit stellt das Unsortierwerkzeug zur Verfügung. Die entsprechende

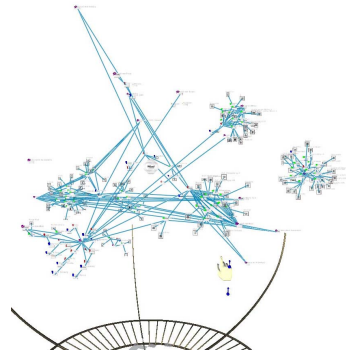

Abb.12: Alle Objekte wurden mittels Gummibandauswahl hierarchisch sortiert. Die Verbindungen werden angezeigt und die zusammengehörigen Objekte bilden aufgrund der Anziehungskräfte Cluster im Raum.

Literatur

- Raskin, Jef (2000): The humane interface. Reading, MA: Addison-Wesley.

Werkzeughand wird mit einer die Hand umkreisenden Bombe dargestellt. Die grafischen Verbindungslinien eines mit diesem Werkzeug angeklickten Objektes werden unsichtbar und die bindenden Anziehungskräfte zu den anderen Objekten, die noch in der Ordnung verweilen, werden aufgehoben. Das so unsortierte Objekt bekommt einen Bewegungsimpuls in eine zufällig bestimmte Richtung und entfernt sich von dem sortierten Objektverband.

Wir können auch mehrere Objekte unsortieren, indem wir mit gewähltem Werkzeug eine Gummibandauswahl treffen. Alle umschlossenen Objekte bekommen nun einen Bewegungsimpuls und streben auseinander.

Das Werkzeug lässt sich nur einmal anwenden; nach Anwenden der Unsortierung befindet sich die Hand wieder in ihrem ursprünglichen Zustand.

Falls sich die Hand im ursprünglichen Zustand befindet, kann mit ihr unter Ausführung einer Geste eine Unsortierung vorgenommen werden. Dazu muss ein Objekt oder ein Gruppenquader festgehalten werden, also die linke Maustaste niedergedrückt gehalten werden, wenn sich der Zeigefinger über dem sortierten Objekt oder dem Gruppenquader befindet. Wird dann die Maus recht zügig einige Male hin- und herbewegt, so als schüttelten wir das angefasste Objekt oder den Gruppenquader, lösen wir das Objekt bzw. alle sich im Gruppenquader befindlichen Objekte aus allen Sortierungen heraus.

Mit dieser Geste des Schüttelns kann auch ein gewählter Modus der Werkzeughand wieder verlassen werden, ohne das ein Objekt gewählt wurde.

Als letzte Möglichkeit können wir aus der Werkzeugleiste die grosse Bombe auswählen. Gleich nach deren Wahl werden alle Sortierungen aller Objekte aufgehoben und die Objekte bekommen Bewegungsimpulse in zufällige Richtungen. Es werden auch alle grafischen Verbindungslinien unsichtbar.

Verlassen des Fantasmum

Das Fantasmum wird durch eine weitere Geste verlassen, die in der Innenansicht des Torobjekts ausgeführt wird. Dazu muss die Maus einige Male zügig hin- und herbewegt werden, so als winke man jemandem zum Abschied.

Fantasmum: Die Kräfte

Das Kräftemodell des Fantasmum macht jedes Objekt zum Ausgangspunkt von Kräften. Wir deuten die Kräfte als Abstoßung und Anziehung. Die wechselseitige Beeinflussung zweier Objekte ergibt sich aus der Summe der abstoßenden und anziehenden Kräfte, die über die Entfernung hin zwischen ihnen wirken. Das Gesamtverhalten eines Objekts im Raum ergibt sich aus der Summe der paarweisen Wechselwirkungen mit allen anderen Objekten.

Die Abstoßung bewirkt, dass die Objekte einen gewissen Abstand voneinander nicht unterschreiten, selbst wenn sie sich gegenseitig anziehen. Die anziehende Kraft bringt diejenigen Objekte einander näher, die eine logische Verbindung zueinander haben. Diese Kraft wird durch Interaktion beeinflusst, indem die paarweise Anziehung zweier Objekte ein- bzw. ausgeschaltet wird. Außer solchen wechselseitigen Gravitationskräften herrscht im Raum jedoch noch eine allgemeine Gravitation zum Zentrum des Raumes hin. Sie bewirkt, dass die Objekte sich innerhalb eines festgelegten Radius um das Zentrum bewegen und diese Sphäre nicht verlassen. Der Zweck dieser Maßnahme ist offensichtlich, eine Darstellung zu erreichen, die insgesamt „Räumlichkeit" suggeriert (um das „Zentrum" herum), obwohl das Geschehen im einzelnen durch die paarweisen Relationen bestimmt wird.

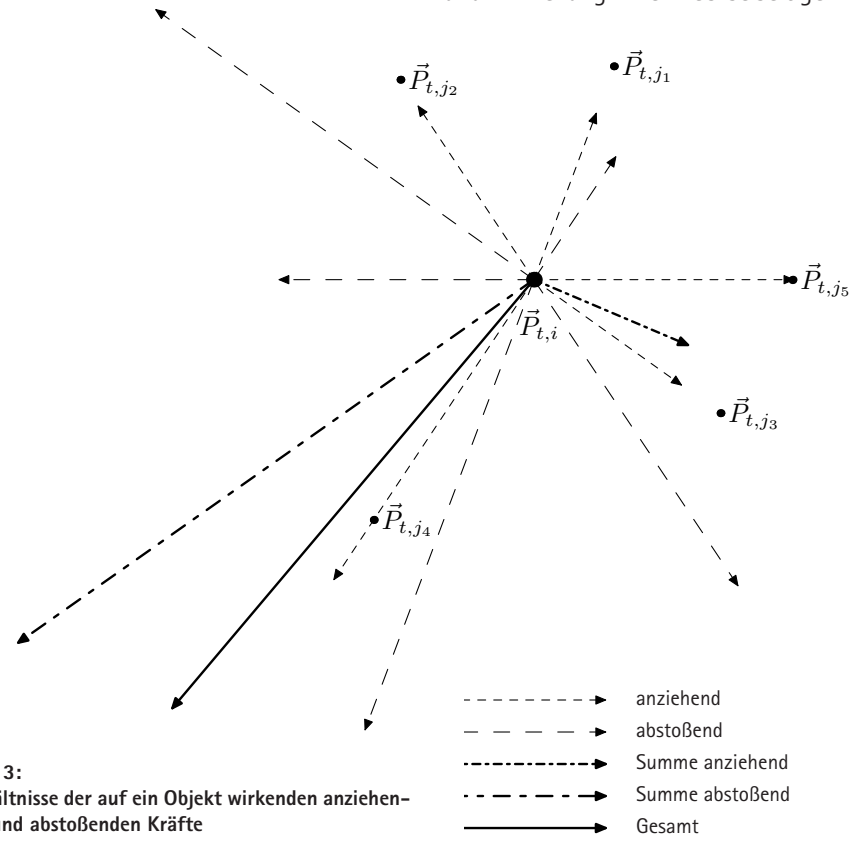

Abb.13:
Verhältnisse der auf ein Objekt wirkenden anziehenden und abstoßenden Kräfte

Im Folgenden wollen wir darlegen, auf welche Weise die Kräfte auf die Objekte wirken und wie die Bewegung der Objekte stattfindet.

Um ein Objekt bewegen zu können, wird die Position benötigt, an der sich das Objekt zum Zeitpunkt *t* befindet. In unserem Fall wird das Ende eines Zeitabschnittes durch eine neue Darstellung auf dem Bildschirm angezeigt. Die aktuelle Position $\vec{P}_{t,i}$ berechnet sich aus der vorherigen Position $\vec{P}_{t-\Delta t,i}$ und dem Bewegungsvektor $\vec{v}_{t,i}$:

$$\vec{P}_{t,i} = \vec{P}_{t-\Delta t,i} + \vec{v}_{t,i} \cdot \Delta t$$

Der Bewegungsvektor wiederum wird berechnet aus der Beschleunigung, die das Objekt zur Zeit t-Δt erfährt, und dem vorherigen Bewegungsvektor $\vec{v}_{t-\Delta t}$. Damit die Objekte nicht übermäßig schnell werden, haben wir Reibung eingeführt, die abbremsend auf die resultierende Bewegung wirkt:

$$\vec{v}_{t,i} = \vec{u}_{t,i}\left(1 - \frac{4}{5}\|\vec{u}_{t,i}\|\right)$$
$$\text{mit } \vec{u}_{t,i} = \vec{v}_{t-\Delta t,i} + \frac{\vec{f}_{t-\Delta t,i}}{m_i} \cdot \Delta t$$

Die Beschleunigung des Objektes wird von seiner Masse und der Gesamtkraft $f_{t,i}$ beeinflusst, die sich aus den oben genannten Einzelkräften, die auf das Objekt wirken, zusammensetzt. Bis hierhin ist das Modell noch relativ nah an die Physik Newtons angelehnt. Die einzelnen Kräfte haben nur noch einen entfernten Bezug zu der physikalischen Realität. Die gesamte Kraft, die auf das Objekt i zur Zeit t wirkt, setzt sich aus der Zentripetalkraft $\vec{\Omega}_{t,i}$, der anziehenden und der abstoßenden Kraft zusammen:

$$\vec{f}_{t,i} = \vec{\Omega}_{t,i} + \vec{a}_{t,i} + \vec{b}_{t,i}$$

Die auf ein Objekt i zur Zeit t wirkende anziehende Kraft $b_{t,i}$ ist die Summe aller anziehenden Kräfte, die von den Objekten aus der Menge $B_{t,i}$ auf das Objekt i einwirken. Die Kraft zwischen zwei Objekten beruht auf der Gravitationskraft $K=G \cdot m_1 m_2 / r^2$. Darin sind m_1, m_2 die Massen der beteiligten Körper, r der Abstand ihrer Schwerpunkte und G die Gravitationskonstante. Wir haben für unsere Zwecke die Gravitationskonstante G angepasst und den Einfluss der Entfernung umgekehrt. Das bedeutet, dass sich zwei Objekte nun umso stärker anziehen, je weiter sie voneinander entfernt sind:

$$\vec{b}_{t,i} = \sum_{j \in B_{t,i}} G_b \cdot m_i m_j \cdot \mathrm{d}(P_{t,i}, P_{t,j})^2 \overrightarrow{P_{t,i}P_{t,j}}$$

Die auf ein Objekt i wirkende abstoßende Kraft $a_{t,i}$ ist die Summe aller abstoßenden Kräfte zwischen diesem Objekt und allen Objekten aus der Menge $A_{t,i}$ der dieses Objekt abstoßenden Objekte. Auch diese

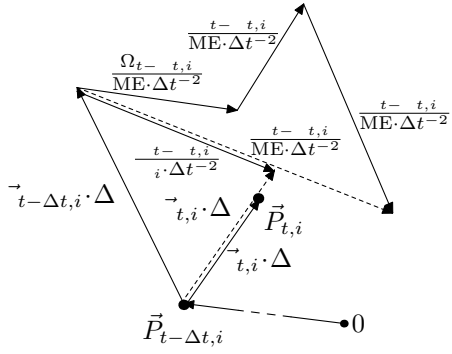

Abb.14: Berechnung der aktuellen Position $\vec{P}_{t,i}$

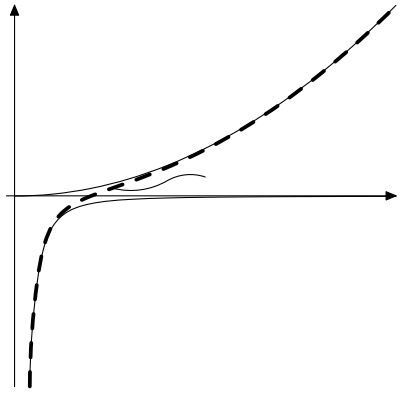

Abb.15: Verhältnis der zwischen zwei Objekten wirkenden Kräfte

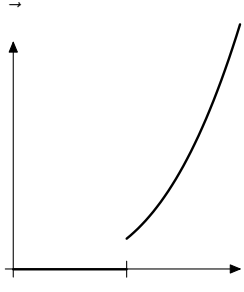

Abb.16: Die Raumbegrenzungskraft

Kraft beruht auf der Gravitation, nur haben wir hier die Orientierung umgekehrt, so dass sich zwei Objekte abstoßen und nicht anziehen:

$$\vec{a}_{t,i} = -\sum_{j \in A_{t,i}} G_a \cdot \frac{m_i m_j}{\mathrm{d}(P_{t,i}, P_{t,j})^2} \overrightarrow{P_{t,i} P_{t,j}}$$

Die Zentripetalkraft $\vec{\Omega}_{t,i}$ wirkt auf ein Objekt ein, falls es sich zu weit vom Zentrum entfernt befindet, und berechnet sich aus der aktuellen Position $P_{t,i}$ und einer Gravitationskonstante. Diese Kraft wirkt in Richtung des Ursprungs.

$$\vec{\Omega}_{t,i} = \begin{cases} -G_\Omega \cdot \|\vec{P}_{t,i}\|^2 \vec{P}_{t,i} & \text{falls } \|\vec{P}_{t,i}\| > \omega \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Die gesamte Berechnung wird für jedes Frame für jedes Objekt ausgeführt. Es ist leicht zu erkennen, dass der algorithmische Aufwand für diese Berechnung $O(n^2)$ ist, wenn n die Anzahl der Objekte ist. Das gilt jedenfalls solange, wie ein Modell davon ausgeht, dass prinzipiell alle Objekte alle anderen anziehen oder abstoßen können. Allerdings ließen sich Beschleunigungen daraus gewinnen, dass geringe Einflüsse nicht berücksichtigt würden oder Objekte zu Gruppen zusammengefasst werden.

Insgesamt lässt sich das Modell folgendermaßen darstellen:

- Fest ist eine Menge von Objekten.
- Fest ist eine Menge zweistelliger Relationen über den Objekten.
- Fest ist ein die Objekte umfassender kartesischer Raum.
- Fest ist ein im Raum navigierender und interagierender Akteur.

Zu Anbeginn der Zeit (t=0 ZE) werden alle Objekte zufällig im Raum verteilt, erhalten also Orte $\vec{P}_{0,i}$ und bewegen sich noch nicht. Die Kräfte beginnen zu wirken ...

- Verändert wird der Ort eines Objektes durch Interaktion.
- Verändert wird der Ort eines Objektes auf Grund dessen Geschwindigkeit.
- Verändert wird dessen Geschwindigkeit durch Reibung und Krafteinwirkung.
- Verändert wird die Menge der abstoßenden und die Menge der anziehenden Objekte eines betrachteten Objektes durch Interaktion.

$$
\begin{aligned}
\text{Menge aller Objekte} \quad & M = \{1, 2, \ldots, n\} \\
\text{Masse} \quad & m_k = 100 \text{ ME für alle } k \in M \\
\text{Zeitspanne} \quad & \Delta t = 1 \text{ ZE} \\
\text{„Gravitationskonstanten“} \quad & G_\Omega = 6{,}6739 \cdot 10^{-7} \text{ ME LE}^{-2}\text{ZE}^{-2} \\
& G_a = 6{,}6739 \cdot 10^{-7} \text{ ME}^{-1}\text{LE}^{3}\text{ZE}^{-2} \\
& G_b = 6{,}6739 \cdot 10^{-7} \text{ ME}^{-1}\text{LE}^{-1}\text{ZE}^{-2} \\
\text{Innenradius Raumhülle} \quad & \omega = 30 \text{ LE}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\text{betrachteter Zeitpunkt} \quad & t = k \cdot \Delta t, k \in \mathbb{N} \\
\text{betrachtetes Objekt} \quad & i \in M \\
\text{Menge abstoßender Objekte} \quad & A_{t,i} \subseteq M \setminus \{i\} \\
\text{Menge anziehender Objekte} \quad & B_{t,i} \subseteq M \setminus \{i\}
\end{aligned}
$$

Schreibweisen:

Einheiten ZE, LE, ME für Zeit, Länge, Masse

$$
\begin{aligned}
\text{Distanz} \quad \mathrm{d}(\vec{P}, \vec{Q}) &= \|\vec{P} - \vec{Q}\| = \sqrt{(P_x - Q_x)^2 + (P_y - Q_y)^2 + (P_z - Q_z)^2} \\
\text{Richtung} \quad \overrightarrow{\dot{PQ}} &= \frac{1}{\mathrm{d}(\vec{P}, \vec{Q})}(\vec{Q} - \vec{P})
\end{aligned}
$$

somit:

$$
\begin{aligned}
\vec{a}_{t,i} &= -G_a \cdot m_i \sum_{j \in A_{t,i}} \frac{m_j(\vec{P}_{t,j} - \vec{P}_{t,i})}{\|\vec{P}_{t,j} - \vec{P}_{t,i}\|^3} \\
\vec{b}_{t,i} &= G_b \cdot m_i \sum_{j \in B_{t,i}} m_j \|\vec{P}_{t,j} - \vec{P}_{t,i}\|(\vec{P}_{t,j} - \vec{P}_{t,i})
\end{aligned}
$$