

Recherchebericht
Dynamische Geometrie Software
Gruppe: geo10

Verantwortlicher: Martin Schilling

27. April 2003

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Übersicht von Applikationen	4
3	Genauere Beschreibung einer Applikation - der Applikation Geonext	5
3.1	Leistungsmerkmale	5
3.2	Anwendungsfälle	6
3.3	Die innere Logik	8
	Anhang	10
A	Fachtermini	10

1 Einleitung

Dynamische Geometrie Systeme finden ihr Einsatzumfeld hauptsächlich in Bildungseinrichtungen wie z.B.: Schulen und Universitäten. Dabei dienen sie zur anschaulichen Vermittlung von geometrischen Sachverhalten. Durch die Besonderheit solcher Systeme, wie das dynamische Zeichnen, d.h. alle geometrischen Beziehungen bleiben bei Lageänderung der beteiligten Objekten erhalten, wird ein experimentelles und interaktives Vorgehen erreicht. Geometrische Definitionen und Sätze können direkt visuell und somit leichter erfasst werden, wodurch ein besserer Lerneffekt erzielt werden kann. Weitere Didaktische Vorteile ergeben sich durch leichte Beweisfindung, da durch die dynamische Geometrie, Beziehung zwischen den Objekten leichter erkannt werden.

Alle objektorientierten Varianten eines dynamischen Geometrie System folgen der gleichen Logik. Der Benutzer erzeugt ein Objekt auf der Zeichenfläche, dadurch wird nun eine Instanz des Objekts erzeugt, welche nun in einer Liste (die den Konstruktionsgang dokumentiert) gespeichert wird. Somit ist sowohl der chronologische Ablauf als auch alle logischen Abhängigkeiten der geometrischen Objekte untereinander erfasst. Dies wird dadurch erreicht, dass jedes Objekt eine Liste seiner Kinder (direkt abhängige Objekte) und eine Liste seiner Eltern (Objekte von denen es direkt abhängig ist) mitführt.

Ein Programm zur dynamischen Geometrie sollte natürlich die Dynamisierbarkeit von geometrischen Zusammenhängen und Objekten unterstützen. Die wichtigsten geometrischen Objekte wie Gerade, Kreis, Punkt und Polygon sollten gezeichnet werden können. Weitere mögliche Leistungsmerkmale könnten sein:

- das Messen von Längen, Abständen und Winkeln
- das Berechnen von Werten wie Schnittpunkte und Flächen
- die Konstruktion von typischen abgeleiteten geometrischen Objekten wie z.B. der Mittelsenkrechten, Winkelhalbierenden, dem Umkreis oder dem Lotfußpunkt
- das Darstellen von reellen Funktionen mit einem Parameter
- das Führen eines Konstruktionsprotokolls
- das Exportieren der Zeichenfläche als Bilddatei oder Applet
- das zusätzliche Beschriften von geometrischen Objekten
- das Ausführen von Animationen mit geometrischen Figuren, wie z.B. die Bewegung von Punkten auf einem Funktionsgraph

2 Übersicht von Applikationen

Name: Euklid Dynageo

Quelle: <http://www.dynageo.de>

Leistungsparameter:

- ermöglicht die Erstellung von dynamischen Zeichnungen
- dynamische Ortslinien erzeugen
- häufiger gebrauchte Befehlsfolgen zu Makros zusammenfassen
- Zeichnungen farbig gestalten
- Abstände und Winkel messen
- Terme berechnen und überwachen
- maßgenau ausdrucken
- dynamische Zeichnungen in HTML-Dokumente einbinden

Architektur:

- Anwendungsprogramm
- Programmiert in Pascal, objektorientiert
- nur für Microsoft Windows Systeme entworfen

Einsatzgebiete: Schule, Autor empfiehlt Software für Klassenstufen mit geometrischen Grundkenntnissen

Name: Zirkel und Lineal

Quelle: http://mathsrv.ku-eichstaett.de/MGF/homes/grothmann/java/zirkel/index_de.html

Leistungsparameter:

- ermöglicht die Erstellung von dynamischen Zeichnungen
- Konfiguration der Werkzeugleiste (dadurch können verschieden Modi für die unterschiedlichen Benutzergruppen eingestellt werden.)
- automatischer HTML-Export von Konstruktionen und Aufgabenstellungen mit Erstellung der Internetseite
- bietet die Möglichkeit über einfache Konstruktionen hinaus berechnete Konstruktionen zu erzeugen
- häufiger gebrauchte Befehlsfolgen zu Makros zusammenfassen
- bietet visuellen Modus, zur Konstruktion mit Maus und einen beschreibenden Modus, zur Konstruktion mit Eingabezeile

Architektur:

- Anwendungsprogramm
- Programmiert in Java 1.3
- Für alle modernen Betriebssysteme, die Java-VM 1.3 installiert haben

Einsatzgebiete: Besonders in Schulen

Name: GEONExT:

Quelle: <http://geonext.de>

Leistungsparameter:

- ermöglicht die Erstellung von dynamischen Zeichnungen
- automatischer HTML-Export von Konstruktionen und Aufgabenstellungen mit Erstellung der Internetseite
- verfügt über eine Updatefunktion
- dynamische Arbeitsblätter können erstellt werden
- Dynamisieren von Texten durch Einbinden von Berechnungen und Messungen

Architektur:

- Programmiert in Java, Basis ist die Java-Anwendung Hartmath
- Es wird ein Multi Document Interface (MDI) verwendet.
- Sowohl als eigenständiges Anwendungsprogramm als auch als Applet.

Einsatzgebiete: Grundschule bis gymnasiale Oberstufe, aber auch bei Lernausbildung an Unis

3 Genauere Beschreibung der Applikation Geonext

Im Folgenden soll als Beispiel auf die Merkmale und Leistungen des Softwareprodukts *Geonext* eingegangen werden.

3.1 Leistungsmerkmale

Geonext wird entwickelt um eine effiziente visuelle Unterstützung im Mathematikunterricht, von Grundschule bis hin zu gymnasialer Oberstufe, zu bieten. Durch das Erstellen dynamischer Arbeitsblätter und komplexer multimedialer Lernumgebungen soll den Schülern das Verständnis für geometrische Zusammenhänge, Probleme sowie deren Lösungsansätze erleichtert werden. *Geonext* bietet ein Multi-Document-Interface in dem geometrische Basisobjekte (Punkte, Geraden, Kreise, etc...) per Drag & Drop positioniert werden können. Zur Darstellung von Funktionen bietet das Programm ein integriertes Computeralgebrasystem, welches es ermöglicht Funktionen durch mathematische Formeln zu beschreiben. Zum schnellen Erstellen und Bearbeiten von geometrischen Objekten werden verschiedene manuell konfigurierbare Symbolleisten angeboten. Für die einzelnen Bearbeitungsschritte wird der Maus-Cursor, ähnlich dem eines Grafikprogramms, in verschiedene Zustände (Bewegungszustand, Löschzustand, etc...) versetzt. An den geometrischen Objekten lassen sich Berechnungen (Winkel, Abstand) und abgeleitete Konstruktionen (Lotfällung, Winkelhalbierende, Kreisabschnitte, usw.) durchführen. Wird ein Punkt als (Gleiter) definiert und einem Objekt zugeordnet, kann er ausschließlich entlang der Kontur des Objektes bewegt werden. Die Bewegung aller Gleiter in einem Arbeitsblatt kann in einer Animation automatisiert werden. Dabei besteht die Möglichkeit die Bewegungsspuren der Gleiter farblich hervorzuheben. Zur Verwendung der erstellten Konstruktionen in einem anderem Kontext kann das aktuelle Arbeitsblatt als Grafik und als Applet in HTML-Seiten exportiert werden.

3.2 Anwendungsfälle

- **Anwendungsfall:** Arbeitsblätter verwalten
Akteur: Anwender
Beschreibung: Arbeitsblätter werden neu erstellt, geöffnet, gespeichert und geschlossen.
Ergebnis: Modifiziertes Arbeitsblatt
- **Anwendungsfall:** Arbeitsblatt drucken
Akteur: Anwender
Beschreibung: Arbeitsblatt wird zum Drucker geschickt
Ergebnis: Ausdruck des Arbeitsblattes
- **Anwendungsfall:** Arbeitsblätter im-/exportieren
Akteur: Anwender
Beschreibung: Exportieren des Arbeitsblattes in verschiedene Formate (html-applet, gxt, svg, diashow). Importieren des html-applets.
Ergebnis: Export der Datei ist gespeichert, Import als neues Arbeitsblatt mit gespeicherten Daten verfügbar.
- **Anwendungsfall:** Konstruktionsleistenkonfiguration
Akteur: Anwender
Beschreibung: Symbolleisten können aus einer Liste vorgefertigter Symbole zusammengestellt werden. Es werden 3 Standardkonfigurationen vorgegeben.
Ergebnis: Die angepasste Symbolleiste am linken Rand.
- **Anwendungsfall:** Sichtbereich anpassen
Akteur: Anwender
Beschreibung: Da die Arbeitsfläche ein theoretisch unendlich großes Arbeitsblatt darstellt, beschränkt sich das Arbeitsfenster auf einen Teilbereich dieses Blattes. Dieser Bereich kann verschoben, vergrößert und verkleinert werden.
Ergebnis: Der gewählte Sichtbereich des Arbeitsfensters.
- **Anwendungsfall:** Eigenschaften des Arbeitsblattes verändern
Akteur: Anwender
Beschreibung: Es besteht die Möglichkeit wichtige Eigenschaften, wie Name und Autor, Gitterabstand und Einteilung des Koordinatensystems, sowie Hintergrund und Gitterfarbe des aktuellen Arbeitsblattes zu ändern.
Ergebnis: Die Änderungen werden nach Schließen des Dialogfensters oder nach Knopfdruck übernommen.
- **Anwendungsfall:** Arbeitblatthilfen aktivieren/deaktivieren
Akteur: Anwender
Beschreibung: Das Arbeitsblatt kann optional mit einem Koordinatensystem oder Gitter versehen werden. Alle Punktobjekte können an die Gitterstruktur angedockt werden.
Ergebnis: Das Gitter/Koordinatensystem ist sichtbar/unsichtbar.
- **Anwendungsfall:** Arbeitsblatt schnell speichern/laden.

Akteur: Anwender

Beschreibung: Das Arbeitsblatt kann per Knopfdruck gespeichert und bei Bedarf wiederhergestellt werden. Beim Speichern werden vorher gesicherte Stände überschrieben.

Ergebnis: Ursprungszustand ist wieder hergestellt.

- **Anwendungsfall:** Konstruktionsschritte protokollieren

Akteur: Anwender

Beschreibung: Nach neu anlegen eines Arbeitsblattes werden alle getätigten Konstruktionsschritte in einem Protokoll abgelegt und können bei Bedarf eingesehen werden.

Ergebnis: Ein komplette Liste der getätigten Konstruktionsschritte.

- **Anwendungsfall:** Screenshot erstellen

Akteur: Anwender

Beschreibung: Der Inhalt des aktuellen Arbeitsblattfensters wird in die Zwischenablage kopiert und kann über ein Grafikprogramm weiter verarbeitet werden. Die Größe der Grafikausgabe ist von der eingestellten Größe des Fensters abhängig.

Ergebnis: Arbeitsblattausschnitt als Bitmap in der Zwischenablage.

- **Anwendungsfall:** Konstruktion von abgeleiteten Objekten

Akteur: Anwender

Beschreibung: Die Konstruktion von Objekten kann von bestehenden Objekten abgeleitet werden. In jeder Objektklasse kann auf verschiedene Art und Weise ein Objekt erstellt werden. Punkte können zum Beispiel frei eingetragen oder aber über Kreismittel- oder Schnittpunkte definiert werden. Eine Gerade kann unter anderen als Parallele zu einer vorhandenen Geraden definiert werden.

Ergebnis: Das konstruierte Objekt ist auf dem Arbeitsblatt sichtbar und beschriftet.

- **Anwendungsfall:** Gruppierung von Punkten

Akteur: Anwender

Beschreibung: Zur besseren Bearbeitung von Punkten, können Punkte zu Gruppen zusammengefaßt werden. Wird ein Punkt einer Gruppe bewegt so bewegt sich die ganze Gruppe mit ihm. Dabei behalten die Punkte ihren Abstand untereinander.

Ergebnis: Markierung aller Gruppenmitgliedspunkte mit einer eindeutigen Gruppenbezeichnung.

- **Anwendungsfall:** Einstellung von Objekteigenschaften

Akteur: Anwender

Beschreibung: Die Eigenschaften eines Objektes, z.B. der Name können über ein Dialogfenster verändert werden.

Ergebnis: Nach Änderung der Eigenschaften werden diese sofort in das jeweilige Arbeitsblatt übernommen.

- **Anwendungsfall:** Animation

Akteur: Anwender

Beschreibung: Jedem Gleiter (Objektyp) kann die Eigenschaft 'animiert' zugeordnet werden. Auf Knopfdruck beginnen alle animierten Gleiter sich innerhalb ihres Spielraums zu bewegen.

Es werden alle animierten Gleiter gleichzeitig bewegt. Die Animation kann jederzeit abgebrochen werden. Außerdem ist es möglich, daß die Positionen, die ein Punkt (Gleiter) bei der Animation durchläuft, markiert werden. Dadurch entsteht eine Animationsspur.

Ergebnis: Animation aller beweglichen Gleiter und Darstellung der Bewegungsspur.

- **Anwendungsfall:** Arbeitsblätter anordnen

Akteur: Anwender

Beschreibung: Arbeitsblätter können nebeneinander oder überlappend angeordnet werden.

Ergebnis: Entsprechende Anordnung der Arbeitsblätter.

- **Anwendungsfall:** Arbeitsblätter duplizieren

Akteur: Anwender

Beschreibung: Eine bestehende Arbeitsfläche kann, inkl. Inhalt, vervielfältigt werden. Dabei wird ein neues Fenster, mit dem Inhalt der vorher aktiven Arbeitsfläche, erzeugt.

Ergebnis: Neues Arbeitsfläche mit Inhalt der originalen Arbeitsfläche.

3.3 Die innere Logik

Alle im folgenden aufgeführten Beispiele sind nur eine Auswahl und repräsentieren die entsprechenden Problemklassen.

GeoNext baut auf eine Zustandorientierte Eingabe auf, daß heißt für die Steuerung des Programms wählt der Nutzer einen Eingabezustand (Arbeitssichtfeld verschieben, Objekte hinzufügen, Objekte löschen usw.). Diese Zustände können unabhängig voneinander gewählt werden. Möchte man zum Beispiel einen Kreis hinzufügen, so geht man in den Modus „Objekt hinzufügen“. Dieser unterteilt sich noch einmal in die verschiedenen Objekttypen, z.B. den „Kreishinzufügen-Modus“, dann platziert man den Mittelpunkt des Kreises auf die Arbeitsfläche und per Drag & Drop wird der Radius ausgewählt (dies kann man als Unter- oder Submodus des „Kreishinzufügenmodus“ bezeichnen der allerdings von demselbigen abhängig ist). Ist der Kreis gezeichnet, kann der Nutzer sich aussuchen, ob er ihn wieder löscht, ihn verändert (z.B. die Position) oder ob er weitere Punkte hinzufügt. Egal, wofür er sich entscheidet, es gibt immer einen entsprechenden Zustand, in den das Programm wechselt, um die Aufgabe zu erfüllen.

Die Funktionen der Zustände sind strikt voneinander getrennt, so ist es nicht möglich, ein Objekt zu löschen, wenn man im Bearbeitenmodus, (z.B. verschieben eines Objektes) ist. Zusätzlich werden die Eingaben von einem Prüf-Objekt daraufhin getestet, ob die Anforderung mit dem gewählten Objekt überhaupt ausgeführt werden kann. Ein Punkt, der als Gleiter konfiguriert ist, kann nur entlang der Kontur seines korrespondierenden Objektes bewegt werden. Der Versuch den Punkt auf einen anderen Bereich zu ziehen wird vom Prüf-Objekt abgelehnt.

Die Darstellung der Objekte im Speicher erfolgt in verschiedenen Speicherklassen, welche in einer Hierarchie angeordnet sind. Für jedes geometrische Objekt existiert eine Basisklasse (z.B.: Punkt, Gerade, Kreis), von denen wiederum speziellere geometr. Objekte abgeleitet werden (z.B.: Schnittpunkt, Lotfußpunkt, Parallele, Kreisabschnitt).

Ein wichtiges Element ist die Anhängigkeit der Objekte untereinander. Zu diesem Zwecke kann die Objekthierarchie in Ebenen unterteilt werden. Ein Objekt einer Ebene ist von Objekten der untergeordneten Ebene abhängig. Als Beispiel wäre die Objektklasse „Punkt“ ein Objekt auf

unterster Ebene, da alle übergeordneten Objekte von ihr abhängig sind. Die Objektklasse „Gerade“ wird durch (mind.) 2 Punkte definiert und befindet sich deshalb auf der nächsten Ebene. Die Objektklasse „Winkel“ kann durch 2 Geraden und deren Schnittpunkt definiert werden und liegt deshalb eine Ebene höher usw.

Objekte, die auf diese Art und Weise untereinander in Beziehung stehen, enthalten Verweise aufeinander. Wenn der Nutzer z.B. einen Punkt bewegt, der auf einer Geraden liegt, läßt sich damit leichter die Gerade finden, die nach der Bewegung aktualisiert (ggf. neu gezeichnet) werden muß. Die dafür notwendige Kommunikation wird über Schnittstellenobjekte realisiert, die auch für die Einhaltung der Konstruktionskonsistenz zuständig sind. Im Beispiel unserer Punktbewegung muß eine solches Steuerobjekt dafür sorgen, dass alle betroffenen geometrischen Objekte der neuen Punktposition angepaßt werden.

Zur Ausgabe auf dem Arbeitsblatt wird zu jeder Speicherklasse eines geometrischen Objektes eine grafische Klasse benötigt. Diese Repräsentation des geometrischen Objektes beinhaltet alle wichtigen Informationen (pixelgenau) zur Darstellung auf der Arbeitsfläche. Bei vergrößern, verkleinern und verschieben des Fensterausschnitts werden wieder Steuerklassen (Schnittstellen) angesprochen, die die entsprechenden Transformationen an den Instanzen der grafischen Objektklassen vornehmen.

Anhang

A Fachtermini

Abstand: Entfernung zwischen zwei geometrischen Objekten

Dynamische Geometrie Software: Programme, die am Computer geometrische Konstruktionen ermöglichen. Diese sind nachträglich noch in Lage und Form veränderbar. Zudem können Ortslinien erzeugt werden.

Fläche: Ausdehnung eines geometrischen Objektes in zwei Dimensionen

geometrische Ebene: In dieser Abstraktionsebene wird das geometrische Objekt in seiner grafischen Darstellung verstanden. Alle Informationen über das Objekt beziehen sich auf seine Darstellung im aktuellen Arbeitsfenster und sind von Zoom- und Bereichseinstellungen abhängig. Sie sind eine Transformation der Objektdaten aus der logischen Ebene.

Gerade: geometrisches Objekt mit nur eindimensionaler Ausdehnung; wird durch zwei Punkte im Raum eindeutig bestimmt

grafische Klasse: Darstellung des Objektes in der grafischen Ebene.

Konstruktionsprotokoll: Protokoll in dem alle Konstruktionsschritte in chronologischer Abfolge aufgeführt sind

Kreis: Menge aller Punkte die den selben Abstand zu einem bestimmten Punkt (Mittelpunkt) haben

Länge: Ausdehnung eines geometrischen Objektes in genau einer bestimmten Dimension

logische Ebene: In dieser Abstraktionsebene wird das geometrische Objekt in seiner mathematischen Darstellung verstanden. Die Koordinaten des Objektes beziehen sich auf die Einheiten des Koordinatensystems.

Lotfusspunkt: Schnittpunkt zwischen einer Gerade und einer Senkrechten die durch einen weiteren Punkt außerhalb der Gerade geht

Mittelsenkrechte: Gerade, die eine Strecke in der Mitte teilt und senkrecht (Winkel von 90°) auf ihr steht

Ortslinie: Punktbahn, im einfachsten Fall Spur, die der Punkt beim Ziehen der Zeichnung hinterlässt

Punkt: geometrisches Objekt im zweidimensionalen Raum ohne Ausdehnung

Polygon: Verbindung von mehreren Punkten durch Strecken, wobei Anfangs- und Endpunkt gleich sind

Schnittpunkt: gemeinsamer Punkt zweier geometrischer Objekte

Speicherklasse: Darstellung des Objektes in der logischen Ebene.

Umkreis: Kreis, indem der Abstand aller drei Eckpunkte des Dreieckes gleich sind

Winkel: Kennzeichnet die Beziehung zwischen zwei sich schneidende Gerade

Winkelhalbierende: Gerade, die einen Winkel halbiert

Zeichenfläche: Fläche auf der geometrische Objekte gezeichnet können