

Heinz SCHUMANN, Weingarten

Dynamische Visualisierungen im virtuellen Raum für den Geometrieunterricht

Aufgabe dynamischer Visualisierungen im Raumgeometrieunterricht ist es, raumgeometrische Konfigurationen der visuellen Wahrnehmung phänomenologisch zugänglich zu machen, um so die Voraussetzung für das Aneignen raumgeometrischen Wissens faktischer und prozeduraler Art zu schaffen. Traditionelle Medien verfügen über nur sehr begrenzte Möglichkeiten der dynamischen raumgeometrischen Visualisierung. Dreidimensionale Computergrafik bietet viele technische Möglichkeiten der dynamischen Visualisierung in der Raumgeometrie – von Video-Clips und Pov-Ray-Animationen bis hin zur benutzergesteuerten Figuren-Variation im virtuellen Raum als interaktivem Sichtraum und direkten Manipulationen räumlicher Objekte im Cyberspace.

Dynamische Raumgeometrie-Systeme, wie Cabri 3D, welche für die schulische Raumgeometrie entwickelt worden sind, gestatten dem naiven Nutzer im virtuellen Raum als interaktivem Sichtraum auf intuitive Weise raumgeometrische Konfigurationen ohne Kenntnisse der Methoden der Darstellenden Geometrie zu generieren und zu manipulieren.

Welche Funktionen für dynamisches Visualisieren und Variieren soll ein 3D-Werkzeug besitzen, das vielseitiges interaktives geometrisches Arbeiten im virtuellen Raum möglich macht, z. B. um raumgeometrische Probleme zu lösen und Problemlösungen im Rahmen der Schulgeometrie darzustellen? Solche Funktionen sind die durch **individuelle direkte Manipulation** erzeugte dynamische Visualisierung der geometrischen Raumszene mittels Virtual sphere device und dynamische Variation raumgeometrischer Konfigurationen nach Lage, Größe und Form im Zug-Modus; sowie die durch **Automatische Animation** erzeugte dynamische Visualisierung der geometrischen Raumszene und dynamische Variation raumgeometrischer Konfigurationen nach Lage, Größe und Form.

Dynamische Visualisierung und dynamische Variation sind wesentliche Kennzeichen dynamischer Raumgeometrie-Systeme wie Cabri 3D; dynamische Visualisierung und Variation erfolgen dabei in Realzeitverarbeitung auf quasi stetige, also filmartige Weise. Die direkt-manipulative Variation erfordert vom Benutzer gleichzeitiges individuelles Manipulieren und Beobachten. Für das kontemplative Beobachten ist deshalb das direkt-manipulative Visualisieren und Variieren ergänzt durch Optionen für die auch kombinierbare automatische dynamische Visualisierung und Variation. Während die automatisch animierte Visualisierung die Raumszene nur bei einer Drehung um eine vertikale Achse zeigt, kann man sich diese aber mittels individueller direkter Manipulation von allen Seiten ansehen.

Automatische Animationen sind durch Wahl unterschiedlicher Animationsgeschwindigkeiten spezifizierbar und so der Problemstellung sowie der Beobachtungskapazität des Betrachters anpassbar. (Hier gehen wir nicht ein auf die Wahl von zentral- bzw. parallelprojektiver Darstellung zur Verbesserung der räumlichen bzw. maßgerechten Interpretation, die figurale Komplexitätsreduktion durch Objektausblendung und die Darstellung von Objekten mittels geeigneter Attribute zur Verbesserung der Wahrnehmungsqualität bei dynamischer Visualisierung und Variation.)

Simultane multivariable Variationen können mit automatischer Animation bewerkstelligt werden, denn individuelle direkte Manipulation gestattet im Allgemeinen nur sukzessive monovariable Variationen.

Die Flüchtigkeit der durch dynamische Visualisierung und dynamische Variation erzeugten Zustände bedarf einer optionalen Protokollierung (z. B. zum Zwecke der Untersuchung und Diskussion) durch Aufzeichnung von Bewegungsspuren mittels einem Spur-Modus oder auch von wieder abspielbaren Handlungssequenzen. Für das Beobachtungslernen kann man dynamische Handlungsabläufe als interaktive On-Screen-Videos aufzeichnen. Automatische Animationen in Cabri 3D-Dateien sind speicherresident und bleiben mittels Plug-in auch in anderen Werkzeugen erhalten.

Im einzelnen sind folgende Handlungsabläufe dynamisch visualisierbar:

- Abläufe von Figurenbewegungen
- Abläufe von Figurenverwandlungen (Metamorphosen)
- Abläufe von Konstruktionen, Messungen und Berechnungen.

Dynamische Visualisierung und Variation in Cabri 3D unterstützen die

- Aneignung raumgeometrischer Begriffe
- Findung und Konkretisierung raumgeometrischer Sätze
- (Experimentelle) Lösung raumgeometrischer Konstruktionsaufgaben
- (Experimentelle) Lösung raumgeometrischer Berechnungsaufgaben
- Behandlung und Anwendung räumlicher Abbildungsgeometrie
- Untersuchung und Anwendung von Relationen an raumgeometrischen Figuren
- Vernetzung ebener und räumlicher Geometrie (z. B. bei der Darstellenden Geometrie)
- raumgeometrische Modellierung und Simulation von Ausschnitten der physischen Welt
- ästhetischen Gestaltung von und mit raumgeometrischen Figuren
- ...

Die dynamischen Visualisierungen und Variationen beanspruchen und üben die Raumvorstellung, das „figurenbewegliche“ und funktionale Denken. Sie bieten Anlässe für Erklärungsversuche der Nutzer und/oder sie be-

dürfen der mündlichen bzw. schriftlichen Erklärung, um beabsichtigte Lerneffekte zu erzielen.

Cabri 3D mit seiner figuralen computergrafischen Repräsentanz ist ein Mittler zwischen mentaler und physischer Raumgeometrie-Repräsentanz. Mit dynamischen Variationsfunktionen können in Cabri 3D aber auch Artefakte erzeugt werden (z. B. die gegenseitige dynamische Durchdringung von Objekten), die die physische Realität verfremden bzw. transzendieren.

Bei der induktiven raumgeometrischen Begriffsbildung und Satzfindung kann eine induktive Basis mittels folgender Möglichkeiten des dynamischen Variierens geometrischer Konfigurationen gebildet werden („**Konfiguratives Variationsprinzip**“):

- Aus einer Konfiguration in großer Variationsbreite viele isomorphe Konfigurationen durch stetige Übergänge erzeugen.
- Sonderfällen einer Konfiguration durch stetige Übergänge erzeugen.
- Aus einem allgemeinen Fall spezielle und auch allgemeinere Fälle einer Konfiguration durch stetige Übergänge erzeugen.
- Grenzfälle einer Konfiguration durch stetige Übergänge erzeugen.

Die dynamische Variation raumgeometrischer Konfigurationen ermöglicht eine operative Orientierung raumgeometrischer Satzfindungsprozesse nach dem operativen Prinzip: Welche Eigenschaften einer Konfiguration bleiben (nicht) invariant beim stetigen Änderungsvorgang? Raumgeometrische Sätze ergeben sich so als Invarianzaussagen bei dynamischer Variation raumgeometrischer Konfigurationen. – Als eine didaktische Fehlentwicklung sehen wir in diesem Zusammenhang die so genannten „Dynamischen Beweise“ an, bei denen die dynamische Konkretisierung von geometrischen Sätzen als Invarianzaussagen Beweischarakter haben soll. Man sollte besser von einer experimentellen Verifikation geometrischer Sätze in der Art der Verifikation schon bestehender physikalischer Gesetze im Rahmen der experimentellen Schulphysik sprechen.

Durch das Bereitstellen der zu visualisierenden und zu variierenden Konfiguration in interaktiver Arbeitsblättern kann der Prozess der Erkenntnisfindung von der Erstellung der Konfiguration weitgehend abgekoppelt werden. Entsprechende Textinformationen über direkt-manipulative oder automatische Figurenvariationen sind für das Selbstlernen zu implementieren.

Aus Platzgründen folgen nur wenige, die dynamische Visualisierungen und Variationen in Cabri 3D illustrierende Beispiele.

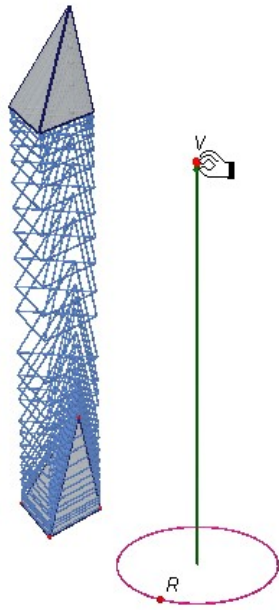


Abb. 1

Abb. 1 Spur eines Tetraeders bei direkt-manipulativem Verschieben längs einer vertikalen Geraden

Abb. 2 Spur eines Tetraeders bei direkt-manipulativem Drehen

Abb. 3 Spur eines Tetraeders bei simultanem Verschieben und Drehen mittels automatischer Animation: Schraubung

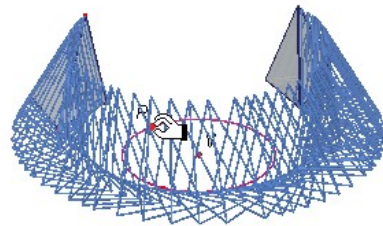


Abb. 2

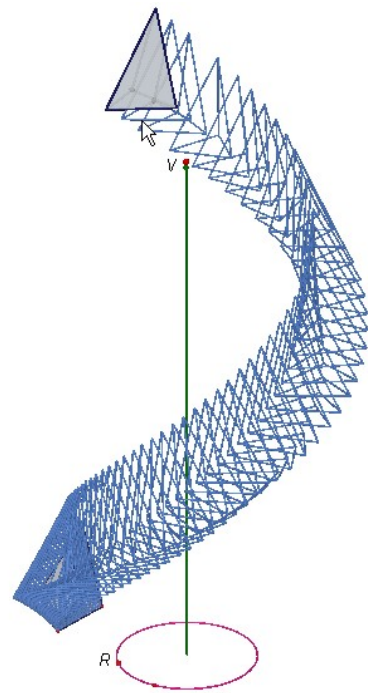


Abb. 3

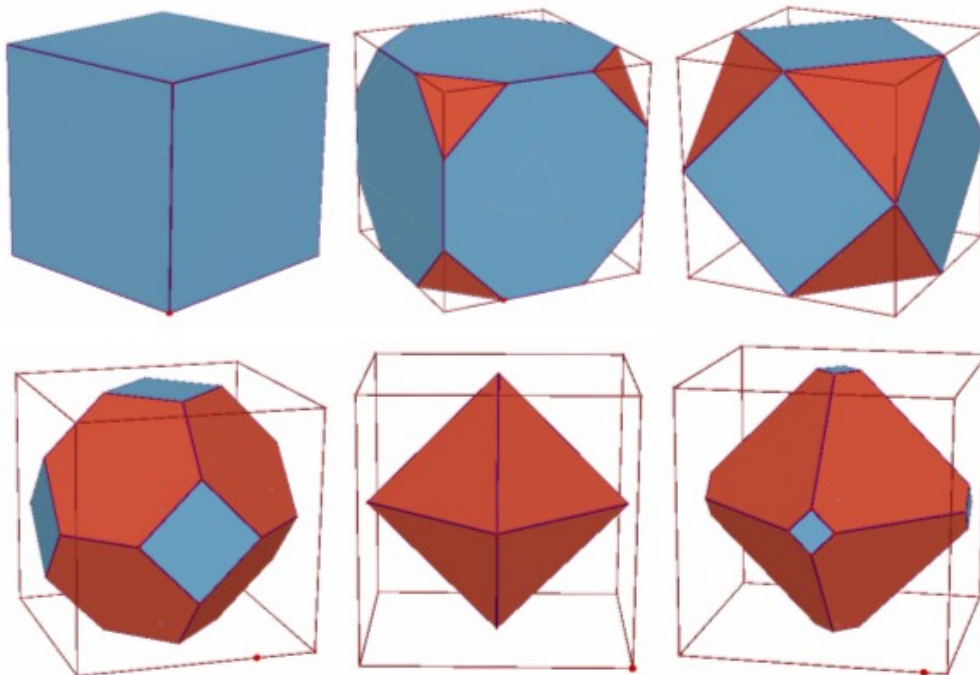


Abb. 4 Automatisierte Formvariation bei der zirkulären Metamorphose vom Würfel zum Oktaeder durch Eckenstumpfen und gleichzeitige automatische Visualisierung der Raumszene durch Drehung um eine Achse (Phasenbilder)