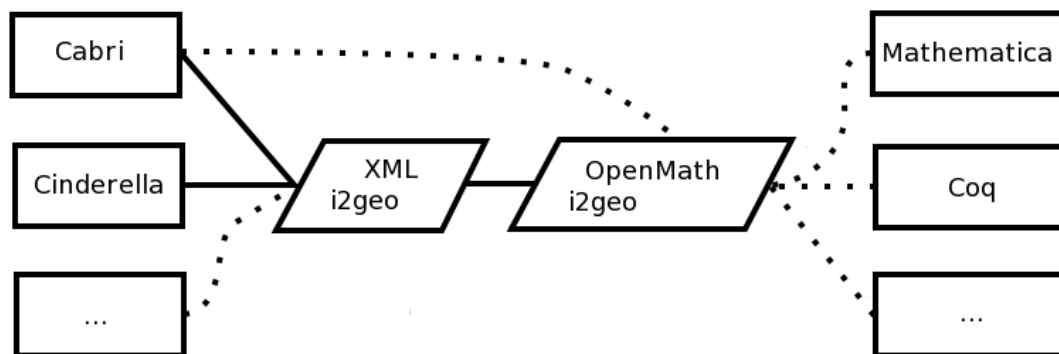


Ulrich KORTENKAMP, Karlsruhe, Yves KREIS, Luxemburg

Konstruktionsbeschreibungen und DGS

1. Ausgangssituation

Intergeo (<http://i2geo.net>) ist ein europäisches eContent $plus$ -Projekt, das sich u. a. zum Ziel gesetzt hat, dem Benutzer die Auswahl *seines* Dynamischen Geometrie-Systems (DGS) zu erleichtern, indem es ermöglicht, dass interaktive geometrische Konstruktionen mit Hilfe eines gemeinsamen Dateiformates leicht ausgetauscht werden können. Der Austausch von Dateien spielt aber nicht nur zwischen einzelnen DGS eine Rolle. Eine Kommunikation zwischen DGS und anderer Software (z. B. CAS, Beweisassistenten oder e-Assessment) erhält seit mehreren Jahren immer mehr Bedeutung.



Zusätzlich zu der technischen Komponente birgt das Thema auch eine erhebliche didaktische Komponente: Ist eine mathematisch und informatisch klare Beschreibung von Konstruktionen gewünscht, so muss man sich zuvor über die Bedeutung von Konstruktionsbeschreibungen beim geometrischen Arbeiten und im mathematischen Erkenntnisprozess klar werden.

2. Konstruktionsbeschreibungen

Ohne Frage haben die Dateien, mit denen ein DGS Konstruktionen abspeichert, viel mit Konstruktionsbeschreibungen zu tun. Sie sind eine sehr streng formalisierte Version der aus dem Lehrplan bekannten schriftlichen Darstellungen von Konstruktionen. Diese Parallele wurde auch schon früh, z. B. mit Geolog (HOLLAND), ausgenutzt und bei der Arbeit mit DGS wurde schon immer auf beide Möglichkeiten der Kommunikation zwischen Anwender und Computer hingewiesen: Die automatisierte *Ausgabe* von Konstruktionsbeschreibungen, die Schülerinnen und Schülern erlauben, ihre Aktionen zu reflektieren und kommunizieren, aber auch die *Eingabe* von Konstruktionsbeschreibungen in formalisierter und nicht-formalisierter (KORTENKAMP & WETH, 2003) Form.

Die exakte Beschreibung von Konstruktionen ist allerdings schwierig und sehr abhängig von den Kommunikationspartnern. Im Schulunterricht müssen hier Konventionen ausgehandelt werden, deren praktische Umsetzbarkeit dann zum Beispiel über die Mitteilung von Konstruktionen per Brief oder Telefon bewiesen werden kann. Dadurch können fächerübergreifende Unterrichtsziele (Vollständigkeit von Beschreibungen, sinnvolle Gliederung und Reihenfolge, Verwendung von Fachsprache,...) erlernt werden.

In unserer Situation tritt nun der Computer an die Stelle beider Kommunikationspartner. Da der Computer aber nicht in der Lage ist, Missverständnisse in der Kommunikation durch weiteres Aushandeln zu klären, muss diese – fachdidaktische – Arbeit bei der Schaffung eines Austauschformates vorher getan werden.

Eine Beobachtung, die die weiteren Überlegungen stark beeinflusst hat, ist die, dass DGS sich nicht gut als Unterstützung im kreativen Prozess des *Findens* von Konstruktionsbeschreibungen eignen. Da die Arbeit mit dem DGS bereits dem Konstruieren und damit dem Aufstellen einer Konstruktionsbeschreibung entspricht, muss dieser Plan bereits vor der Umsetzung vorhanden sein. Nach unserer Erfahrung nutzen selbst Experten lieber Stift und Papier um eine Skizze anzufertigen, die sie dann nutzen, um die eigentliche Konstruktion zu finden, als dass sie direkt mit dem DGS arbeiten. Dies wird auch durch die Studien von CHEUNG (2009) bestätigt.

3. Grundoperationen

Die erste auszuhandelnde Frage ist die nach den erlaubten Grundoperationen. Auch hier treffen wir auf eine Grundfrage des Geometrieunterrichts: Welche Grundbegriffe und -operationen können wir zulassen? Die Konstruktion des Mittelpunktes zwischen zwei Punkten kann mit Zirkel und Lineal erfolgen; die Frage wandelt sich, wenn wir nur den Zirkel zulassen! Sie wandelt sich noch viel mehr, wenn die Konstruktion des Mittelpunktes bereits als Grundoperation zur Verfügung steht. Hier verbirgt sich nicht nur die didaktische Grundfrage „Wie mächtig darf ein DGS sein?“, sondern wir müssen auch einen Weg finden, wie Konstruktionen zwischen verschiedenen mächtigen DGS möglichst gut vermittelt werden können. Siehe hierzu auch den Dillinger Katalog (KORTENKAMP, 2002).

4. Reihenfolge und Constraint-based Systems

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die *Reihenfolge* in Konstruktionsbeschreibungen. Die übliche Sichtweise ist, dass die Reihenfolge in einer Konstruktion über eine Halbordnung festgelegt ist, der Abhängigkeitsgraph also azyklisch ist. Dies ist im Allgemeinen aber nicht der Fall, z. B. für ein

DGS, welches Strecken mit fester Länge und freien Endpunkten (vorhanden z. B. in Euklid Dynageo) unterstützt. Die Reihenfolge kann aber auch über Operationen wie „Punkte binden/lösen“ geändert werden. Diese Änderung der Objekte ist eigentlich eine Änderung der Konstruktion also der Beziehungen zwischen den Objekten.

5. Technische Realisierung

Das Intergeo Konsortium hat sich nicht nur vorgenommen ein gemeinsames Dateiformat für DGS (HENDRIKS et al., 2009a) zu entwickeln sondern auch dazu verpflichtet dies in den jeweiligen DGS zu implementieren. Hierzu wurden zwei wichtige Design-Entscheidungen getroffen: Die Speicherung als zip-Archiv und die Wahl eines Ansatzes, der in der Grundlage ein Konstruktionsansatz ist, aber auch eine *constraint-based approach* zulässt.

Das i2g Format benutzt – wie viele andere moderne Dateiformate – ein zip-Archiv, also eine gepacktes Archiv, das mehrere Dateien enthalten kann. Die wichtigste und zentrale Datei heißt *intergeo.xml* und wird im Ordner *construction* gespeichert; optionale Dateien sind z. B. Bilder oder Ton und werden in dem entsprechenden Ordner *resources* abgelegt.

Die einzelnen geometrischen Objekte in einem DGS haben gewisse Relationen zueinander. Ohne weitere Spezifikation sind die Objekte freie Objekte. Die im Dateiformat definierten Relationen setzen Einschränkungen (*constraints*) im Bezug auf die möglichen Bewegungen – die Dynamik – der Objekte:

line_through_point(l, P)

Die Einschränkungen beschreiben jedoch die Position der einzelnen Elemente nicht eindeutig. Dies führt zu dem Problem, ob bzw. wie eine Instanz für eine gegebene Menge an Einschränkungen erzeugt werden kann. Deshalb wird auch die aktuelle statische Information (*elements*) gespeichert. Dies erlaubt einem DGS sehr schnell die freien bzw. abhängigen Objekte zu identifizieren sowie ev. auch einem Grafikprogramm ein Bild anzuzeigen. Alle visuellen Informationen (*display*) werden gesondert gespeichert; dies erlaubt unterschiedliche Formatierungen für jede Ansicht.

Eine Datei, die diese drei Teile enthält, bezeichnen wir als *Konstruktion*.

6. Fazit

Ein eingeschränkt zugänglicher Report (HENDRIKS et al., 2009b) von Oktober 2009 dokumentiert die Fortschritte der Implementierung durch die einzelnen Partner. In der Zwischenzeit haben *alle* Partner eine Implementie-

rung der Version 1 (HENDRIKS et al., 2008) des Dateiformats vorgelegt und zum Teil auch mit der Testsuite geprüft. Dies ermöglicht nun reale Tests zum Austausch von Konstruktionen und demonstriert zugleich, dass die Schaffung eines Austauschformates keine Illusion ist.

Aus den vorangestellten Überlegungen wird deutlich, dass wir *didaktisch motivierte* Grundoperationen und die dazugehörige Diskussion brauchen. Dabei muss die Trennung zwischen Objekt und Definition deutlich gemacht werden. Weiterhin muss ob der großen Komplexität überlegt werden, ob Konstruktionsbeschreibungen tatsächlich ein gutes Thema im Mathematikunterricht sind. Können die bisher damit transportierten Ziele (Vollständigkeit, Korrektheit, Gliederung, Fachsprache) eventuell mit anderen Inhalten besser erreicht werden?

Literatur

- Abánades, M., Botana, F., Escribano, J., Hendriks, M., Kortenkamp, U., Kreis, Y., Libbrecht, P., et al. (2009). The Intergeo File Format in Progress. In: *Proceedings of the 22nd OpenMath Meeting*.
- Cheung, C. Y. (2009). *Experimental-theoretical interplay in dynamic geometry environments* (PhD Thesis). Hong Kong: The University of Hong Kong.
- Hendriks, M., Kortenkamp, U., Kreis, Y., & Marquès, D. (2008). *Common File Format v1* (Public Deliverable D3.3).
- Hendriks, M., Kortenkamp, U., Kreis, Y., & Marquès, D. (2009a). *i2g Common File Format Draft v2* (Public Deliverable D3.6).
- Hendriks, M., Kortenkamp, U., Kreis, Y., & Marquès, D. (2009b). *Report on Implementations of the Common File Format* (Restricted Deliverable D3.8).
- Kortenkamp, U. (2002). Notwendige Anforderungen an DGS („Dillinger Katalog“). In: Herget, W., Sommer, R., Weigand, H.-G., Weth, Th. (Hrsg.), *Medien verbreiten Mathematik* (S. 171-172). Hildesheim: Franzbecker.
- Kortenkamp, U., Weth, Th. (2003). *Syntaxfreie Konstruktionsbeschreibungen mit Cinderella*. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2003. Hildesheim: Franzbecker.
- Kortenkamp, U. (2009). *i2g API Specification* (Public Deliverable D3.5).
- Kortenkamp, U., Blessing, A. M., Dohrmann, C., Kreis, Y., Libbrecht, P., & Mercat, C. (2009). Interoperable Interactive Geometry for Europe - First Technological and Educational results and future challenges of the Intergeo project. In: *Proceedings of CERME 6 - Sixth Conference of European Research in Mathematics Education*.
- Kortenkamp, U., & Kreis, Y. (2008). Intergeo – Interoperable Interactive Geometry for Europe. In É. Vásárhelyi (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2008* (S. 533-536).