

Zur Bedeutung des Verbalisierens in der Schule

Das Versprachlichen von Sachverhalten stellt ein universelles schulisches Lernziel aller Schultypen und der meisten Unterrichtsfächer dar. So finden sich in den Präambeln der Lehrpläne für die gesellschaftswissenschaftlichen Fächer (G/S/E) etwa die Zielsetzungen, dass Schüler angehalten werden sollen, „Ergebnisse zu dokumentieren, Protokolle zu verfassen und Berichte zu schreiben“. In Ph/C/B ist „besonderes Augenmerk ... auf die Festigung und sprachliche Fassung der Unterrichtsergebnisse sowie gegebenenfalls auf ihre mathematische Durchdringung zu legen. Die Schüler sollen anstelle der Alltagssprache zunehmend die Fachsprache und naturwissenschaftliche Symbole und Gleichungen gebrauchen.“ Und in Mathematik sollen „die Schüler lernen die Bedeutung mathematischer Begriffe und Beziehungen schülergerecht und zugleich korrekt und treffend in Sprache zu fassen, mathematische Aussagen und Verfahren zu begründen und zu überprüfen. Dabei verwenden sie zunehmend gängige Begriffe der mathematischen Fachsprache“¹. Über alle Fächergrenzen hinweg sind die Teilziele, die mit dem Begriff „Verbalisieren“ erfasst werden sollen:

- Sprachliche Korrektheit und Gebrauch einer Fachsprache
- Gliederung von Argumentations- und Beschreibungsschritten in sinnvolle Einheiten
- Korrektheit der Reihenfolge der Beschreibungen und schließlich
- Vollständigkeit der Darstellungen.

Genau diese Qualifikationen werden im Mathematikunterricht beim Beschreiben geometrischer Konstruktionen gefordert und geschult.

Konstruktionsbeschreibungen am Computer

Erfahrungsgemäß sind allerdings Konstruktionsbeschreibungen bei Lehrern und Schülern gleichermaßen unbeliebt. Einer der Gründe ist die Schwierigkeit, mit welcher eine Konstruktionsbeschreibung als richtig oder falsch beurteilt werden kann: denn hier stellt sich die für Schüler (in der Mathematik) ungewohnte Situation, dass z.B. zwei völlig verschieden aussehende Formulierungen gleichermaßen korrekt sein können. So liegt die Idee nahe, dem Schüler beim Erstellen (und Üben) von Konstruktionsbeschreibungen eine schnelle und präzise Rückmeldung über die Korrektheit der Formulierung zu liefern. Und genau dies bieten Dynamische Geometrieprogramme wie etwa GEOLOG² (im Tastaturmodus) oder Z.u.L.³. Bei der Verwendung

¹ Alle Passagen aus dem Bayerischen Lehrplan HS.

² <http://www.uni-giessen.de/~gcp3/geolog.htm>

eines derartigen Programms ist es nun "natürlich [...] notwendig, eine gewisse Syntax einzuhalten. Die allgemeine Form eines Konstruktionssschrittes ist:

```
name=function(parameter,...)
```

Diese Syntax wird durchgängig eingehalten. ...“ (aus dem Tutorial von Z.u.L.) So hat etwa eine typische Konstruktionsbeschreibung die etwas starre und eintönige Form:

```
A = punkt  
B = punkt  
g1 = g(A,B)  
C = punktauf(g)  
h1 = ortho(C,g)...
```

Der Schüler muss also beim Erstellen von Beschreibungen zweierlei beachten: zum einen die „geometrische“ Semantik und zum zweiten die vom Computer erzwungene Syntax. Um den Syntaxzwang zu umgehen und die Konzentration des Schülers allein auf die Korrektheit der Konstruktionsbeschreibungen zu lenken, erscheint es sinnvoll, die Möglichkeit einer syntaxfreien Texteingabe anzubieten. Der Computer soll also Texte wie etwa: „Gegeben seien die Punkte A und B. Durch A und B zeichne ich eine Gerade h. Das Lot durch einen neuen Punkt C auf h schneidet g im Punkt F...“ interpretieren („verstehen“) und wie gewohnt als geometrische Konstruktion darstellen können. In diesem Sinne würde sich eine syntaxfreie Formulierung als erleichternder Zwischenschritt auf dem Weg hin zu formalen, syntaxgebundenen Beschreibungen verstehen. Wie Unterrichtsversuche allerdings nahe legen, scheinen Schüler starre Formulierungen – wie sie GEOLOG erzwingt – problemlos zu akzeptieren⁴. Sie erkennen den scheinbaren Zwang als hilfreiche Orientierung beim Erstellen ihrer Formulierungen und verwenden ohne weitere Aufforderung durch den Lehrer die syntaxorientierte Darstellung. Die vermeintliche Hilfestellung durch freie Texteingabe erweist sich aus dieser Sicht also als eine (unnötige) Steigerung der Schwierigkeit!

Freies Verbalisieren

Im Hinblick auf das Bildungsziel, Gedanken und Beschreibungen in vollständigen, grammatikalisch korrekten Sätzen ausdrücken zu können, erscheint das Angebot einer syntaxfreien Texteingabe allerdings wieder als außerordentlich sinnvoll. Hier bietet die Geometrie dem Schüler die Möglichkeit, in einem überschaubaren Gebiet, seine Fähigkeit des "freien" Verbalisierens zu schulen und durch ein entsprechendes Computerprogramm

³ http://mathsrv.ku-eichstaett.de/MGF/homes/grothmann/java/zirkel/index_de.html

⁴ Man vergleiche hierzu etwa: Th. Weth, Konstruktionen und Konstruktionsbeschreibungen mit GEOLOG, MU 39/1 (1994) S. 49 - 62)

überprüfen zu lassen. Im hier beschriebenen Projekt befassen wir uns also mit dem modifizierten Bildungsziel, nicht nur die Korrektheit, Vollständigkeit und Schlüssigkeit von Beschreibungen zu schulen, sondern die Fähigkeit zur Verwendung einer nicht-formalisierten⁵ Sprache zu fördern. Eine mögliche Methode wäre die direkte Kommunikation zwischen Schülern und Lehrkräften oder den Schülern untereinander; dies ist nicht nur deshalb in der Praxis schwierig umzusetzen, weil dafür viel Zeit benötigt wird, sondern auch, weil oft eine wirkliche Kontrolle, eine autoritäre Instanz, die die Beschreibung auf die notwendigen Kriterien hin überprüft, fehlt⁶. Daher versuchen wir, mit Hilfe des Computers eine neue Methode zu ermöglichen.

Einschränkungen aus der Computerlinguistik

Die didaktische Zielsetzung und Methodik sind also umrissen: Es soll eine geeignete Lernumgebung auf dem Computer geschaffen werden, mit der Schüler ihre Verbalisierungsfähigkeiten *selbstständig* testen und schulen können. Eine unmittelbare Konsequenz dieser Zielsetzung ist, dass der Rechner mit Eingaben wie der folgenden umgehen können muss:

*„Man sticht mit dem Zirkel auf P ein (mit beliebigem Radius)
Man zieht einen Kreis. Auf den Schnittpunkten der Gerade und
des Kreises entstehen H2 und H1. Nun sticht man mit dem Zirkel
dort ein und zieht um jeden Punkt einen Kreis (Radius = größer
als der Abstand zu P)“⁷*

Aus der Computerlinguistik ist wohl bekannt⁸, dass es derzeit kein System gibt, welches einen solchen Text tatsächlich so versteht, dass eine Bewertung der Eingabe möglich wäre, die der Korrektur einer Lehrkraft nahe kommt. Daher haben wir uns dafür entschieden, ein System zu entwerfen, welches nicht die komplette Bewertung der Schülereingaben vornimmt, sondern den Schülern dazu dient, ihre ausformulierten Konstruktionsbeschreibungen gegen eine kritische Instanz zu testen. Eine erste Implementierung dieses Systems als Zusatzmodul zu Cinderella⁹ wurde an der FU Berlin von D. MATERLIK vorgenommen, der Source-Code (JAVA) ist unter der GPL erhältlich.¹⁰

⁵ also nicht in einer einer Programmiersprache gleichenden Sprache, die aus einer Abfolge von definierten Konstrukten besteht, sondern in einer ausformulierten Fachsprache

⁶ „sie/du wissen/weiß, was ich meine“ ist eine gern verwendete Art der Beschreibung, die im Gespräch nur schwer abgewehrt werden kann, weil sie in vielen Fällen durchaus korrekt ist

⁷ Originaltext eines Schülers

⁸ siehe zum Beispiel Görz 1988: Strukturanalyse natürlicher Sprache. Addison-Wesley, Bonn.

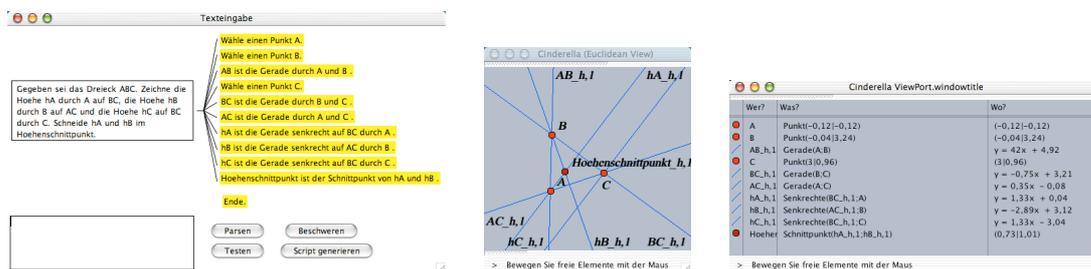
⁹ J. Richter-Gebert, U. Kortenkamp 1996-2002, siehe <http://www.cinderella.de>

¹⁰ Siehe <http://page.inf.fu-berlin.de/~materlik/textinput>

Technische Umsetzung und Ausblick

Da eine vollständige Analyse der Syntax und Semantik der Texte nicht möglich ist, nutzt die Implementierung die Erkennung von Schlüsselwörtern, die zum einen die *Erzeugung* von Elementen¹¹ und zum anderen die *Einschränkung* dieser Elemente beschreiben. Einschränkend wirken hier alle Objekttypen¹², Objektnamen, sowie Lagebeziehungen¹³ und spezielle Eigenschaften¹⁴. In einem weiteren Schritt werden diese „Atome“ miteinander verknüpft und über eine Bewertungsfunktion eine der vielen möglichen Deutungen ausgewählt¹⁵. Die Qualität der Erkennung wird über eine Vielzahl von automatisierten Tests garantiert, in welchen überprüft wird, ob zu vorgegebenen (Original-)Texten die richtige Konstruktion gefunden wird.

In den Bildschirmaufnahmen (s.u.) ist die derzeitige, experimentelle Benutzeroberfläche des Moduls zu sehen. Ausgehend von der Eingabe des Schülers wird zunächst ein Skript (Makro) erstellt, welches als Rückkopplungsmechanismus dient. Dies ist vergleichbar mit der Übermittlung einer Konstruktionsbeschreibung am Telefon: Jede Eingabe wird noch einmal in „eigenen Worten“ wiederholt und somit quittiert.



Das Texterkennungsmodul und die Umsetzung in Grafik bzw. formale Beschreibung

Die erkannten Makros können sodann ausgeführt werden und damit in eine bewegliche Konstruktion in Cinderella umgewandelt werden. Über die Konstruktionstext-Funktion in Cinderella ist dann ebenfalls die formale Beschreibung vorhanden.

In der nächsten Phase des Projekts werden wir dieses Modul Studierenden, Schülern und Schülerinnen zur Verfügung stellen, um zu kontrollieren, ob die Verbalisierungsfähigkeiten tatsächlich mit dem Computer verbessert werden können.

¹¹ „Gegeben ist ...“, „Zeichne ...“, „Schneide ...“, etc.

¹² „Punkt“, „Gerade“, „Kreis“

¹³ „durch A“, „auf AB“, „durch C“, ...

¹⁴ „senkrecht“, „parallel“, ...

¹⁵ Eine genaue Beschreibung des Algorithmus befindet sich in der Studienarbeit von D. Materlik, erhältlich unter <http://page.inf.fu-berlin.de/~materlik/>