

bewegenden Punkt verändert werden. Außerdem muß zwecks Förderung der Raumschauung einer Abhängigkeit der Schüler vom bewegten Bild entgegenwirkt werden: Idealerweise finden viele Argumentationen (nach wie vor) auch an Sequenzen von simultan dargebotenen Standbildern statt, die in der Vorstellung (stetig) zu verbinden sind, wobei die potentiell höhere Flexibilität des menschlichen Gehirns genutzt und zugleich gefördert wird.

Mit der selbständigen raschen Erzeugung solcher Cartoons durch geeignete Veränderung geeigneter Parameter sind Schüler i.a. überfordert. Schwartz & Yerushalmy (1985) machen mit ihren Geometric Supposers aus dieser Not eine scheinbare Tugend und lassen eingegebene Zeichnungen durch Knopfdruck mit zufallsgenerierten veränderten Maßen erneuern (ebenefalls mit technisch-begrifflichen Unzulänglichkeiten). Die Schüler sollen mit Hilfe vieler solcher Wiederholungen Vermutungen erzeugen bzw. überprüfen. Dieses Vermuten bleibt jedoch häufig an der Oberfläche, weil keine Beziehungen zwischen den Konfigurationen hergestellt werden (wenn nicht gerade die Parameter 'Spitz-/Recht-/Stumpfwinkligkeit' oder 'Gleichschenkligkeit' involviert sind). Das viel gewichtigere Ziel des 'Beweisens' dieser Vermutungen wird nicht gefördert: Etwa mit dem Vorschlag, bei vielen Dreiecken die Winkelmaße ausgeben zu lassen, wird infolge der Genauigkeit des Computers und seinem Image des Unfehlbaren das Beweisbedürfnis eher erstickt.

Eigenhändiges Zeichnen und Messen kann auch bei umfangreichen Aufgaben nützlich sein, indem es stärkeren und schwächeren Schülern Phasen kognitiver Entlastung, Muße zur detaillierteren Beschäftigung und die Möglichkeit der Reifung von Problemen bietet. Meinem alten Vorschlag, die Strukturierung der Ebene mit Faßkreisen über einer festen Strecke mit Computer-Hilfe vorzunehmen (von Schuppar in Graf 1988 ausgearbeitet), stelle ich z.B. inzwischen wieder eine sinnvolle herkömmliche Alternative mit Benutzung von Winkelschablonen, Zirkel und Geodreieck an die Seite.

In der Logo-Philosophie mit ihren Varianten ist das Programmieren essentieller Bestandteil geometrischer Tätigkeit. Während beim Paperitschen Original die 'Schul'mathematik noch dünn, die Begrifflichkeit von der Programmiersprache bestimmt (Kreise als verschmierte 360-Ecke) und die Pädagogik unausgereift ist, gibt es inzwischen leistungsfähigere Systeme, die nach Abstrich ihrer informatischen Dominanz durchaus geometriedidaktisch interessant sein können:

Für Löthe (s. JMD 1988) sind Programm-Moduln zum Zeichnen geometrischer Formen die eigentlichen Begriffe und die Zeichnungen eher Protokolle. Dies erinnert an die gute, alte Konstruktionsbeschreibung, aber auch an das Prinzip der operativen Begriffsbildung (im Sinne von Bender & Schreiber 1985), nach dem die Essenz geometrischer Begriffe in Handlungsanleitungen bzw. Herstellvorschriften besteht, als welche man auch Programme für den Computer auffassen kann. Allerdings fehlen der Programmier-Geometrie zwei wesentliche Komponenten: Die Ausrichtung an Zweckhaftigkeits-Überlegungen und der prinzipielle Anspruch auf Realisierung in der Welt. Dies verleiht ihr einen Anstrich von Beliebigkeit.

Computer-Programme sind zwar handfester als etwa Symmetriegruppen; die ihnen zugewiesene Rolle liegt aber auch im Trend der Ent-Geometrisierung des GU in den letzten 30 Jahren, die diesem nicht gut getan hat. Wie mit solchen Programmen als mathematische Objekte umzugehen ist, liegt keineswegs auf der Hand, und es läßt sich wohl nicht verhindern, daß Schüler doch an der Zeichnung und nicht am Programm argumentieren, wie z.B. in dem Unterrichtsbeispiel von Paetzold & Pilz (in Graf 1988): Daß ein 'allgemeines' Parallelogramm nicht mit dem "Achsen-Igel" gezeichnet werden kann (der nur spiegelsymmetrische Figuren erzeugt), wird offensichtlich am Bildschirm festgestellt. Der bekannte Kurzschluß, die Entscheidung aufgrund eines einzigen Zeichen-Versuchs ohne weitere Begründung zu fällen, scheint durch die Verwendung des Computers (in dieser Form) eher stabilisiert zu werden.

Wenn sich dann etwa ab dem 9. Schj. Fragestellungen im GU eröffnen, die einen mehr als sporadischen Computer-Gebrauch sinnvoll machen, oder ein zweiter Durchgang aus der Perspektive des Programmierens vorgesehen ist, wird möglicherweise Zeitmangel den Einsatz auf den Status eines Anwendungsbeispiels im Rahmen der informationstechnischen Grundbildung reduzieren. Dies erscheint mir durchaus angemessen, zumal die zur Rechtfertigung einer intensiveren Verwendung des Computers m.E. erforderliche Erstellung eines globalen Geometrie- (oder noch allgemeineren) Curriculums mit konkreten einschlägigen Zielen, Identifizierung des spezifischen Beitrags des Computers zu deren Erreichung, und zwar in typischen Unterrichts- und nicht in Didaktiker-Situationen, sowie einer Abwägung der Palette der Nachteile dieser Verwendung (noch) nicht geleistet ist.

Peter BENDER, Paderborn

### Was nützt der Computer im Geometrieunterricht?

Seit leistungsfähige Grafiksysteme auch auf Kleincomputern zugänglich sind, wird die Frage des Computer-Einsatzes im GU (der Pflichtschule) zunehmend aktuell (gemacht). Dabei ist die positive Tendenz festzustellen, daß sich die Ansätze an den vorhandenen Curricula orientieren (durchaus mit der Absicht, sie zu modifizieren und zu bereichern). Für die folgende (in allgemeiner Abwesenheit sicherer empirisch gewonnener Einsichten) vorwiegend theoretische Diskussion setze ich den geometriedidaktisch-softwareergonomisch orientierten Übersichtsartikel von Schumann (ZDM 1988) voraus. Ich gehe dabei von folgendem Zielkatalog aus (der zugegebenermaßen in der Praxis des GU der Pflichtschule nicht Allgemeingut ist): Strukturierung der räumlichen Umwelt und Erforschung der Nutzbarkeit dieser Struktur, Erwerb von Raumschauungsvermögen, Argumentations-, Problemlösefähigkeit u.ä. und gewisser kulturell-philosophischer Einsichten.

Aus der grundsätzlichen didaktischen Diskussion erscheint mir vor allem folgender Einwand gegen einen frühen umfangreichen Computer-Einsatz in den Schuldisziplinen bedeutsam: Dieser könnte nämlich suggerieren, daß der Computer einen essentiellen Anteil an den Grundbegriffen, -methoden und -erkenntnissen dieser Disziplinen hätte und daß er das Eindringen essentiell erleichtern würde. Dies trifft aber nur für die Informatik zu, und schon in der Mathematik tun sich sinnvolle Einsatzmöglichkeiten m.E. erst gegen Ende der SI auf. Das Argument der Berufsvorbereitung ist hier auch nicht zugkräftig: Für die überwältigende Mehrheit der Bevölkerung wird die Computer-Nutzung zukünftig dermaßen simpel sein, daß durch die allgemeinbildende Schule über eine knappe informationstechnische Grundbildung hinaus keine intensivere Vorbereitung erforderlich und nutzbringend ist.

Der Computer-Bildschirm wird gern als komfortables Zeichenblatt dargestellt, auf dem der Schüler selbständig: schnell, genau, bequem und viel: zeichnen und messen könne.

Mit der Selbständigkeit ist es jedoch auf den verschiedenen Ebenen nicht so weit her: Das globale Lernen mit dem Computer betreffend, verweise ich

auf meine Kritik der Logo-Philosophie (JMD 1987). Lokales Lernen (etwa Explorieren einer geometrischen Situation mit dem Computer) betreffend, leihen viele Vorschläge an Didaktiker-Zentrismus, d.h. es werden (implizit) beim Schüler Interessen, Vorwissen, Erfahrungen, Strategien und Fragestellungen unterstellt, die der Didaktiker von sich selbst kennt. Die Aktivitäten am Computer wiederum sind sehr eng vom System vorgegeben, und Motivations- und Lerneffekte beziehen sich oft primär auf dieses.

Der Bildschirm ist von der räumlichen Wirklichkeit mit ihrer Dreidimensionalität und ihren praktischen Anwendungsmöglichkeiten noch weiter entfernt als Zeichenpapier, und eine frühe Abhängigkeit von ihm könnte die (m.E. unverzichtbare) Ausbildung von handwerklichen Fähig- und Fertigkeiten behindern, und mit seinen gerasterten Figuren (insbesondere Linien) könnte er zur Ausbildung einer unangemessenen Formenwelt (z.B. mit fehlender Raum-Isotropie) beitragen. - Wenn die Schüler allerdings die erforderliche Idealisierung leisten können, ist der Bildschirm eine geeignete Metapher für die Punktmenge-Auffassung, bei der sich keine Punkte bewegen, sondern sich nur das Gefährtssein verändern kann, bei der nicht-stetige Veränderungen möglich sind (so man diese für wichtig hält) usw.

Diese leichte Manipulierbarkeit und spurenlose Veränderbarkeit hat keine Entsprechung in der Realität oder auch nur auf dem Zeichenblatt. Darüber hinaus laufen solche Operationen auch in der Vorstellung grundsätzlich kontinuierlich ab (Klieme 1987). Ich meine, daß kontinuierliche Operationen gar nicht aus dem GU verbannt werden sollten: In der Pflichtschule kommt man mit ihnen ohne Verlust an begrifflicher Schärfe hinreichend weit, man bleibt dabei in Tuchfühlung mit der Realität, und für die Identifizierung und Stabilisierung von Invarianten, Veränderlichen, Sonderfällen usw. bei funktionalen Betrachtungen sind sie unersetzlich.

Unterstützt werden könnten sie gerade durch die entsprechenden Talente des Computers (was mit dem schwerfälligen Medium 'Film' nie praktisch möglich war), wie sie für den GU erstmals im Cabri Géomètre von J.M. Laborde (s. Schumann in MU 1989) verwirklicht worden sind (der freilich noch den starren, jedoch prinzipiell behebbaren Mangel eines fehlenden Winkelbegriffs hat). Hier liegt m.E. erstmals ein Ansatz für eine brauchbare Nutzung des Computers im GU vor. Probleme sehe ich jedoch z.B. bei der jeweiligen Festlegung, welche Objekte wie zusammen mit einem (etwa mit der Maus) zu