

Reinhold HAUG, Freiburg

Problemlösen Lernen mit interaktiven Lernumgebungen Eine empirische Studie zur Förderung heuristischer Strategien durch den Einsatz Dynamischer Geometrie-Software (DGS)

In den letzten Jahren haben sich die Nutzungsmöglichkeiten von Computern im Unterricht und speziell im Mathematikunterricht enorm erweitert. Der Markt für entsprechende Anwendungen (für den Unterricht, aber in besonderem Maß auch für die häusliche Verwendung) befindet sich in einem stetigen Wachstum.

Der Dialog über den vernünftigen Einsatz des Computers im Mathematikunterricht ist allerdings bei weitem noch nicht abgeschlossen. Die didaktische Diskussion hält an und wird sogar noch intensiver und zugleich extensiver geführt (vgl. Hole 1998, Weigand/Weth 2002, Barzel/Hussmann/Leuders 2005). Dabei wird in den didaktischen Publikationen die prinzipielle Frage, ob Computer im Mathematikunterricht einbezogen werden sollten, weitgehend affirmativ beantwortet.

Hinsichtlich dieser aktuellen Entwicklung war der Ausgangspunkt dieser Dissertation die bis dahin erschienenen Qualitativen Studien von Marades & Gutierrez (2000), Laborde (2000), Hölzl (1994 & 1999) sowie die quantitativen Studien von Gawlick (2000). Diese wurden konsequent evaluiert und im Hinblick auf die Förderung von heuristischen Problemlösestrategien in interaktiven Lernumgebungen (mit einer Dynamischen Geometrie-Software) untersucht. Das Ergebnis dieser Untersuchung war die Feststellung, dass eine neu gestaltete Lernumgebung folgende Aspekte (Ergebnisse) der vorangegangenen Studien berücksichtigen sollte:

- Lernprozesse von Schülern, die im Zusammenhang mit Dynamischer Geometrie-Software stattfinden müssen entschleunigt werden.
- Die Lernumgebung muss so gestaltet werden, dass die Lernenden immer wieder mit der Aufgabenstellung konfrontiert werden, da ansonst die Gefahr besteht, dass sie angesichts der vielen technischen Möglichkeiten (Werkzeuge) eine Art „Zielverlust“ erleiden.
- Die Lernenden müssen bei der Einführung in eine Dynamische Geometrie-Software ein Verständnis für die spezifischen dynamischen Repräsentationsformen geometrischer Objekte entwickeln.
- Die Lernumgebung sollte nach Möglichkeit so aufgebaut sein, dass sie immer wieder Prozesse zur Reflexion der eigenen Lernwege anstößt.

Auf der Grundlage dieser ersten Erkenntnisse wurden anschließend folgende Forschungsfragen formuliert:

1. Können heuristische Strategien des Problemlösens durch den Einsatz einer Dynamischen Geometrie-Software gefördert werden?
2. Begünstigt das vorstrukturierte Reflektieren sowie ein geeigneter Medienwechsel („Vom Computer zum Papier“) die Qualität des Problemlöseprozesses?
3. Welche Art der Lernorganisation unterstützt selbstständige Lernprozesse innerhalb interaktiver Lernumgebungen?

Als nächster Schritt mussten die heuristischen Problemlösestrategien identifiziert und festgelegt werden. So wurden nach einem längeren Evaluationsprozess drei heuristische Strategien gewählt (*Vermutungen aufstellen / Invarianten erkennen / Hilfslinien verwenden*), die einerseits als wichtige Problemlösestrategien betrachtet werden und andererseits gerade in der Dynamisierung durch eine Geometrie-Software ihre volle Wirkung entwickeln können.

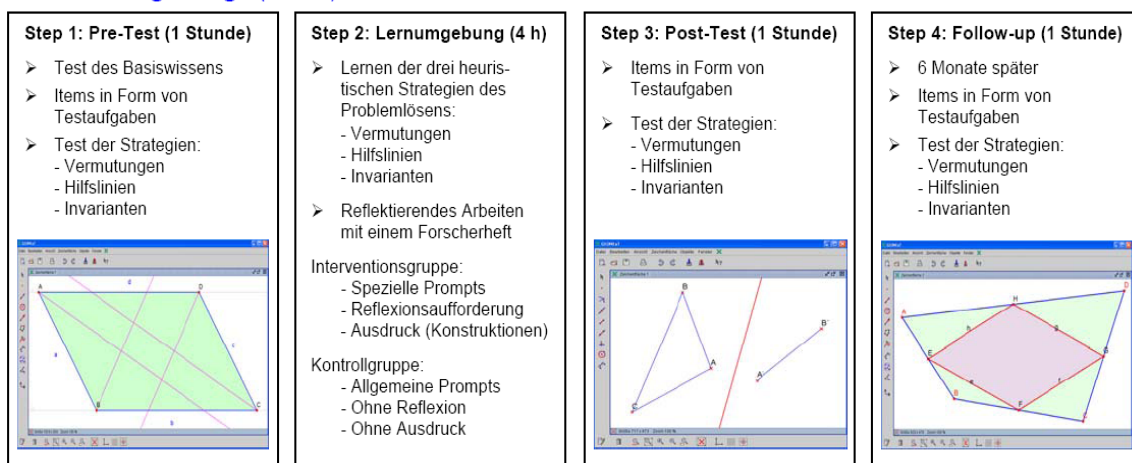
Bei dem Versuch diese drei Problemstrategien mit dem Modell des multimedialen Lernens von Mayer (2005) in Verbindung zu bringen, erkennt man schnell, dass sich diese den vier Prozessklassen (Selektion / Organisation / Transformation / Integration) zuordnen lassen. Da der Lernerfolg innerhalb der einzelnen Prozessklassen sehr stark von dem Vorwissen der Lernenden abhängig ist, werden hier Elaborationsprozesse nicht als eine weitere Prozessklasse angesehen. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass innerhalb jeder Prozessklasse Elaborationsprozesse ablaufen. Die anschließende Tabelle verdeutlicht deshalb, wie die drei ausgewählten Problemlösestrategien beim Umgang mit den verschiedenen Werkzeugen umgesetzt werden.

Prozessklassen	Lernstrategie für den Umgang mit Werkzeugen (DGS)
Selektion & Organisation	Die Konstruktion explorativ erkunden und relevante Zusammenhänge in Beziehung zueinander setzen. Dokumentation erster funktionaler Abhängigkeiten und weiterer Erkenntnisse in einem Forscherheft.
Transformation & Integration	Vermutungen aufstellen und überprüfen Invarianten als besondere Eigenschaften einer Konstruktion erkennen. Beim Konstruieren Hilfslinien verwenden. Heuristische Arbeitsweisen mit Hilfe von vorstrukturierten Prompts reflektieren und in einem Forscherheft dokumentieren

Damit diese heuristischen Strategien – *Vermutungen aufstellen / Invarianten erkennen / Hilfslinien verwenden* – auch substanziell gefördert werden, wurde neben den Erkenntnissen der vorangegangenen Studien vor allem die *Reflexion der eigener Lernprozesse*, der *Medienwechsel* (zwischen Computer und Papier) und die *Lernorganisation* fokussiert und versucht bei der Entwicklung der interaktiven Lernumgebung mit einzubeziehen. Hierbei stellte sich heraus, dass vor allem vorstrukturierte Prompts die immer wieder zu Schreibanlässen auffordern eng in Zusammenhang mit produktiven Lernaktivitäten stehen und somit das Schreiben von Forscherheften fördern. Der Medienwechsel (Ausdruck von Konstruktionen, die teilweise als Arbeitsprodukte in das Forscherheft eingeklebt wurden) als auch der Wechsel bei den Lernenden zwischen Papier und Maus zeigte wiederum, dass Lernprozesse verlangsamt und Prozesskompetenzen wie Kommunizieren, Diskutieren und Argumentieren ein fester Bestandteil der dialogischen Partnerarbeit wurden.

Um diese interaktive Lernumgebung in einer Interventionsstudie zu validieren, wurde ein klassisches Pre- und Post-Test Untersuchungsdesign entwickelt und mit einem Follow-up Test noch erweitert. Das Resultat war ein vier Stufen Design, wie es in der folgenden Abbildung dargestellt wird:

Untersuchungsdesign (n=128):



Als erster Schritt innerhalb des vierstufigen Untersuchungsdesigns wurden Items in Form von dynamischen Testaufgaben für die drei heuristischen Problemlösestrategien (*Vermutungen aufstellen / Invarianten erkennen / Hilfslinien verwenden*) entwickelt und so lange pilotiert bis die Reliabilität von Cronbachs $\alpha \geq 0.7$ war (Werte die ≥ 0.7 werden in der Regel als gut bezeichnet vgl. Wirtz & Casper, 2002). Parallel hierzu wurde die Lernumgebung fertiggestellt und ebenfalls pilotiert, um alle Arbeitsblätter und dynamischen Programmoberflächen von inhaltlichen und sprachlichen Irritationen zu befreien.

In einem zweiten Schritt sollte dann das Vorwissen der einzelnen Schulklassen standardisiert werden. Hierfür wurden acht Einführungsmodulare für das Programm GEONExT entwickelt, die den Lernenden die Navigation durch das Programm, die Funktionsweise der einzelnen Werkzeuge, die Zusammenhänge des Figur-Zugfigur-Konzepts sowie das Verständnis der spezifischen dynamischen Repräsentation geometrischer Objekte (z.B. die verschiedenen Punktdarstellungen) erklärten. Parallel hierzu bekamen die Lernenden eine Einführung in die dialogische Partnerarbeit, die zum einen das Arbeiten mit vorstrukturierten Forscherheften und zum anderen den kooperativen Umgang mit der Software verinnerlichen sollte.

In der Hauptuntersuchung nahmen dann drei Hauptschulen mit je zwei siebten Klassen teil, die per Losverfahren der Intervention – bzw. der Kontrollgruppe zugelost wurden (n = 130). Das Thema der Lernumgebung war die Erkundung der Achsensymmetrie.

Im Folgenden werden die vorläufigen Zwischenergebnisse der heuristischen Problemlösestrategien *Vermutungen aufstellen / Invarianten erkennen / Hilfslinien verwenden* mit Pre- und Post-Test Ergebnissen dargestellt.

Vermutungen aufstellen	M	SD
Interventionsgruppe: Pre-Test	1.09 (36,3%)	0.56
Interventionsgruppe: Post-Test	1.48 (49,3%)	0.69
Kontrollgruppe: Pre-Test	1.29 (43,0%)	0.59
kontrollgruppe: Post-Test	1.21 (40,3%)	0.59

Univariate Varianzanalyse:
 $F(1,118) = 20.495$
 $p = .000^{**}$
 $d = .42$

Hilfslinien verwenden	M	SD
Interventionsgruppe: Pre-Test	1.49 (37,3%)	1.03
Interventionsgruppe: Post-Test	2.57 (64,3%)	1.14
Kontrollgruppe: Pre-Test	1.51 (37,7%)	1.09
kontrollgruppe: Post-Test	1.98 (49,5%)	1.09

Univariate Varianzanalyse:
 $F(1,118) = 12.310$
 $p = .001^{**}$
 $d = .32$

Invarianten erkennen	M	SD
Interventionsgruppe: Pre-Test	2.37 (59,3%)	1.20
Interventionsgruppe: Post-Test	3.00 (75,0%)	1.10
Kontrollgruppe: Pre-Test	2.54 (63,5%)	1.15
kontrollgruppe: Post-Test	2.61 (65,2%)	1.17

Univariate Varianzanalyse:
 $F(1,118) = 7.941$
 $p = .006^{**}$
 $d = .26$

Literatur:

- Barzel, B., Hußmann, St. & Leuders, T. (2005). Computer, Internet & Co im Mathematikunterricht. Berlin: Cornelson.
- Gawlick, Th. (2000). Eine Studie zum Einfluss des Einsatzes von DGS in anwendungsorientiertem Geometrieunterricht. In: Beiträge zum Mathematikunterricht. Hildesheim: Franzbecker.
- Hözl, R. (1994). Im Zugmodus der Cabri-Geometrie. Interaktionsstudien und Analysen zum Mathematiklernen mit dem Computer. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Hözl, R. (1999). Qualitative Unterrichtsstudien zur Verwendung dynamischer Geometrie-Software. Augsburg: Wißner-Verlag.
- Hole, V. (Hrsg.). (1998). Erfolgreicher Mathematikunterricht mit dem Computer: methodische und didaktische Grundfragen in der Sekundarstufe I. Donauwörth: Auer.
- Laborde, C. (2000). Dynamic geometry software as a window on mathematical learning: empirical research on the use of Cabri-geometry. Gagatsis, Athanasios et al., 2nd Mediterranean conference on mathematics education
- Marrades, R. & Gutierrez, A. (2000). Proofs produced by secondary school students learning geometry in a dynamic computer environment. In: Educational Studies in Mathematics. An International Journal 44 (1-2), 87-125.
- Mayer, R. E. (2005). The Cambridge handbook of multimedia learning. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weigand, H.-G. & Weth, T. (2002). Computer im Mathematikunterricht: Neue Wege zu alten Zielen. Heidelberg ; Berlin : Spektrum, Akademischer Verlag.
- Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen: Hoegrefe