

Thilo HÖFER, Schwäbisch Gmünd

Funktionales Denken fördern mit Hilfe von physikalischen Schülerexperimenten unter Einsatz von grafikfähigen Taschenrechnern

Die erheblichen Schwierigkeiten, die Schülerinnen und Schüler im Bereich des naturwissenschaftlichen Verständnisses und bei der Anwendung ihres Wissens haben, weisen darauf hin, dass der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland noch zu wenig problem- und anwendungsorientiert ist. (Baumert et.al., 2002, S.11)

Nicht erst durch die erste PISA-Studie im Jahr 2000 wird der Problem- und Anwendungsbezug im Mathematikunterricht und im Unterricht der Naturwissenschaften von Didaktikern gefordert. Schon aus der TIMSS-Studie folgten Forderungen nach Unterricht-Qualitätsmerkmalen wie das Lernen in realen Kontexten, die Verstärkung der Selbsttätigkeit und der aktiven Aneignung, das vernetzte und fächerübergreifende Lernen und einer stärkeren Binnendifferenzierung (vgl. Leuders 2005, S.63).

In der vorliegenden Arbeit wurde die Erfüllung solcher Forderungen innerhalb der Einführung von Funktionen im Mathematik-/Physikunterricht von achten Klassen am Gymnasium durchgeführt und getestet. Ziel war es, den Physikunterricht durch Bezug zu eingängigen Schülerexperimenten (vgl. Beckmann 2006 & 2003) anwendungsorientiert zu gestalten und an der Auswertung der Messwerte mathematische Kompetenzen aufzubauen. Der Schüler-Lernprozess wurde begleitend qualitativ sowie quantitativ analysiert. Dazu diente ein auf der Grundlage verschiedener fachdidaktischer Arbeiten entwickeltes Modell, das *Haus des funktionalen Denkens* (vgl. Höfer 2006a sowie Abb. 1).

Im vorliegenden Auszug¹ der Untersuchung wird der Fokus auf die folgenden Forschungsfragen gesetzt:

- Welche Fähigkeiten funktionalen Denkens werden hierbei gefördert?
- Welchen Nutzen hat der direkte Anwendungsbezug zu Experimenten?
- Unterstützt der Einsatz eines GTR² den Lernprozess?

Analyseverfahren

Wie zuvor schon erwähnt, wurde die Analyse der Schülerfertigkeiten auf der Grundlage des Haus des funktionalen Denkens (HdfD) durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein Analysemodell, das Fertigkeiten im Umgang mit

1 Die gesamte Untersuchung wird im Rahmen der Dissertation des Autors vsl. Ende 2007 veröffentlicht. Eine erste umfangreiche Auswertung der quantitativen Analyse befindet sich in (Höfer 2006b).

2 Grafikfähiger TaschenRechner

Funktionen beschreibt. Diese Fertigkeiten stellen die Basis³ für ein erfolgreiches Problemlösen mit Hilfe von Funktionen, also dem funktionalen Denken im Sinne Vollraths (1989).

Eingesetzt wurde das HdfD in vollem Umfang bei der Unterrichtsbeobachtung. Dazu wurden Schülergespräche beobachtet und auf Quantität und Qualität der verwendeten Grundbausteine des HdfD untersucht.

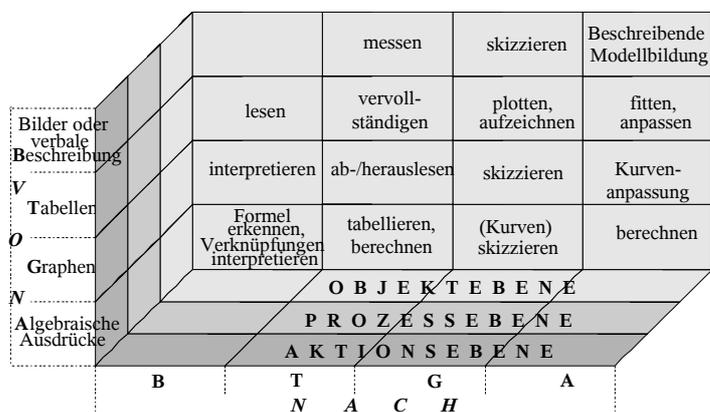


Abb. 1: Das Haus des funktionalen Denkens

Zur quantitativen Analyse wurde den Schülern je ein Vor- und Nachtest gestellt. Dazu wurde eine Auswahl getroffen, welche Grundbausteine im Test geprüft werden sollten. Die limitierte Zeit (2x 45 Minuten) machte ein Abprüfen sämtlicher Grundbausteine (>40!) des HdfD unmöglich. Es wurden zwei Aufgabensätze⁴ für die in Abb. 2 dargestellten Bereiche erstellt.

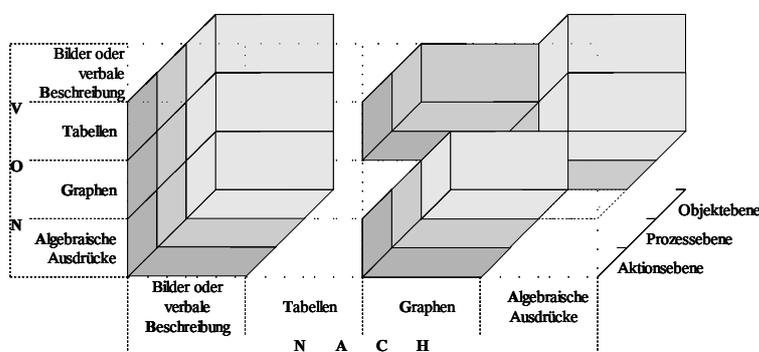


Abb. 2: Getestete Aufgaben

Vergleich und Auswertung der beiden Analysen

Die Aufgabe bestand für die Schüler zunächst darin, aus den Experimenten eine Messwerttabelle aufzunehmen und funktional so auszuwerten, dass eine Vorhersage für weitere Wertepaare möglich wird. Dazu sollte eine grafische und eine algebraische Darstellung des vermuteten funktionalen Zusammenhangs gefunden werden. Um dies zu lösen müssen mindestens zwei Darstellungswechsel stattfinden. In der Unterrichtsbeobachtung fielen dabei die folgenden Punkte besonders auf:

3 Es ist deutlich anzumerken, dass durch dieses Modell die Grundfertigkeiten, nicht aber das Zusammenspiel zwischen denselben abgebildet wird.

4 Jeweils bestehend aus Vor- und Nachtest mit jeweils 19 Aufgaben

- Bei allen beobachteten Darstellungswechseln gab es eine Konzentration auf die Aktions- und Prozessebene.
- Die zuerst aufgenommene (Mess-)Wertetabelle war immer wieder Ausgangspunkt für Schülerdiskussionen. Dadurch fanden viele Übergänge aus der tabellarischen Darstellung hin zu einer anderen statt.
- Das selbst durchgeführte Experiment bildete die Grundlage für eine verbale Beschreibung des funktionalen Zusammenhangs in physikalischem Umfeld. Dadurch war die verbale Beschreibung häufiger Ausgangspunkt beim Wechsel in eine andere Darstellungsform.
- Mit Hilfe des GTR konnten zur algebraischen Formulierung des funktionalen Zusammenhangs Vermutungen grafisch kontrolliert werden. So konnten falsche oder ungenaue Terme erkannt und verbessert werden. Davon angeregt stellte sich ein häufiger Wechsel zwischen algebraischer und grafischer Funktionserhaltung ein.

Aus der quantitativen Untersuchung folgte:

- Die Übergänge von tabellarischer in verbal beschriebene Darstellung wurden schon vor der Unterrichtssequenz auf Aktions- und Prozessebene im Rahmen des Tests gut beherrscht. Gleiches gilt auch für die Aktionsebenen Tabelle→Graph sowie Graph→verbale Beschreibung.
- Im Vortest schnitten die Übergänge von/in die Termschreibweise am schlechtesten ab. Fast alle wurden im Nachtest signifikant verbessert.
- Die anderen Übergänge (ohne algebraische Beschreibung) wurden nicht signifikant verbessert. Bei den zwei Übergängen Graph→verbale Beschreibung auf Prozessebene, sowie Tabelle→verbale Beschreibung auf Objektebene, wurde die Signifikanzgrenze (5%) nur knapp verfehlt.

Vergleichend lässt sich aus den beiden Analysen feststellen:

- Die Übergänge aus der tabellarischen Form hin zu einer anderen Darstellung konnten sowohl in der Beobachtung, als auch in den Tests als durchweg auf hohem Niveau festgestellt werden, wobei die stärkste Verbesserung im Bereich „algebraische Darstellung“ verzeichnet wurde.
- Die Wechsel zwischen grafischer und algebraischer Funktionserhaltung wurden häufig in Verbindung mit dem GTR-Einsatz beobachtet. Daraus resultierte eine signifikante Verbesserung in den Tests (ohne GTR).
- Das Verständnis der Funktionen als mathematische Beschreibung einer realen Situation führte zu einer Verbesserung der Testergebnisse in den Übergängen Tabelle/Graph/algebraischer Ausdruck→verbale Beschreibung, und dies obwohl nur Übergänge der Art verbale Beschreibung→Tabelle/Graph/algebraischer Ausdruck beobachtet werden konnten.

Beantwortung der Forschungsfragen

Die Unterrichtssequenz führte zu einer Verbesserung der Fertigkeiten auf Prozessebene. Hierbei wurden speziell zuvor nur wenig beherrschten Übergänge von/zu einer algebraischen Darstellung signifikant verbessert. Einzig der Übergang von einer algebraischen zur tabellarischen Darstellung konnte nicht nachweislich verbessert werden. Dies liegt in der Anlage der Sequenz, in der die Tabelle als Ausgangspunkt fest stand.

Aufgrund der engen Verknüpfung zwischen mathematischer Beschreibung und physikalischem Experiment wird das Verständnis von mathematischen Funktionen als Modell für physikalische Prozesse gefördert. Dies lässt sich aus den Verbesserungen im Umfeld verbaler Beschreibungen ableiten. Als Besonderheit kann hier noch erwähnt werden, dass aus den Ergebnissen der verschiedenen Testversionen ein größerer Lernzuwachs bei vergleichbaren Textaufgaben mit physikalischen Inhalten verzeichnet werden konnte, als bei solchen mit Inhalten aus dem Alltag der Schüler.

Der GTR förderte das entdeckende Lernen auf Basis der Übergänge zwischen grafischer und algebraischer Darstellung. Aus der daraus resultierenden größeren Eigenständigkeit folgte nicht zuletzt ein hoher Motivationsfaktor. Der GTR wurde dabei hauptsächlich als „BlackBox“ eingesetzt, mit der man eigene Ideen umsetzen und überprüfen und aus der somit Funktionseigenschaften selbstständig erarbeitet werden konnten.

Literatur

Baumert et.al. (2002.: PISA 2000 im Überblick, Grundlagen, Methoden, Ergebnisse. Berlin (Max-Planck Institut).

Beckmann, A. (2003). Fächerübergreifender Unterricht, Teil 2 (Physik). Hildesheim, Berlin (Franzbecker Verlag)

Beckmann, A. (2006). Experimente zum Funktionsbegriffserwerb. Köln (Aulis Verlag)

Höfer, T. (2006a). Funktionales Denken ganzheitlich fördern. In: Beiträge zum Mathematikunterricht. 41.Jahrestagung der GDM in Osnabrück. Hildesheim, Berlin (Franzbecker Verlag)

Höfer, T. (2006b). Funktionales Denken fördern durch Schülerexperimente und deren Auswertung mit Hilfe eines grafikfähigen Taschenrechners. In: Beckmann, A. (Hrsg.): Ausgewählte Unterrichtskonzepte im Mathematikunterricht in unterrichtlicher Erprobung, Band 2: Handlungsorientierung, Experimente und offene Aufgaben. Berlin (Franzbecker)

Leuders, T. (2.Auflage, 2005). Qualität im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I und II. Berlin (Cornelsen Verlag Scriptor).

Vollrath, H.-J. (1989). Funktionales Denken. In: Journal der Mathematikdidaktik 10, S.3–37