

Elmar COHORS-FRESENBORG, Osnabrück

Schulversuch "Algorithmisches Denken im Mathematikunterricht mit Hörgeschädigten"

Im folgenden wird über den BLK-Modellversuch "Algorithmisches Denken im Mathematikunterricht mit Hörgeschädigten" berichtet, der vom 01.02.1988 bis 31.01.1987 am Landesbildungszentrum für Hörgeschädigte in Osnabrück stattfand und dessen wissenschaftliche Begleitung uns übertragen war. Abweichend vom üblichen Muster der wissenschaftlichen Begleitung lag das Schwergewicht der Arbeit nicht auf einer Beobachtung und Analyse des von anderen konzipierten und erteilten Unterrichts oder in der Überprüfung der aufgestellten Hypothesen, sondern in der Schaffung der konzeptionellen und curricularen Voraussetzungen des zu erteilenden Unterrichts sowie der anschließenden Durchführung nach den erarbeiteten Konzepten. In geringem Umfang wurden auch Untersuchungen zu den kognitiven Strukturen hörgeschädigter Schüler beim Erwerb algorithmischer Begriffe durchgeführt. An diesen ist maßgeblich das Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik e.V. (FMD), Osnabrück, beteiligt gewesen. Wir verdanken dieser Zusammenarbeit entscheidende Fortschritte in der Theoriebildung [10].

Ausgangslage und Hypothesen

In der kognitionstheoretischen Grundlagenforschung finden sich zwar Arbeiten über die Probleme des Spracherwerbs von Hörgeschädigten, nicht aber über deren mathematische Begriffsbildungs- und Denkprozesse. Ähnliches gilt (fast genauso ausschließlich) für die didaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Dies dokumentiert nicht nur der Tagungsband des Internationalen Kongresses für Erziehung und Bildung Hörgeschädigter in Hamburg 1980, sondern auch ein Blick in die neueren Jahrgänge einschlägiger Zeitschriften. Der Modellversuch, über den im folgenden berichtet wird, stellt also eine Ausnahme dar.

Seit 1979 wurden von der uns Untersuchungen mit hörgeschädigten Schülern zum Problem des algorithmischen Denkens durchgeführt. Untersuchungen mit Grundschulern ergaben im Vergleich zu hörenden Schülern beeindruckende Leistungen von hörgeschädigten Kindern beim Konstruieren und Analysieren von Automaten mit dem Unterrichtsmaterial Dynamische Labyrinth. Die Untersuchungen wurden auf das Erfinden von Computerprogrammen für den Modellrechner "Registermaschine" ausgedehnt. Von Oktober 1981 bis März 1983 wurde eine Pilotstudie durch das Niedersächsische Ministerium für Wissen-

schaft und Kunst aus dem Niedersachsen-Vorab der VW-Stiftung gefördert. Aus diesen ersten Untersuchungen wurde die Hypothese abgeleitet, daß die vergleichsweise hohen Leistungen der hörgeschädigten Schüler auf Erfahrungen im Organisieren von Handlungen und Bewegungen zurückzuführen sind und daß die gezielte Förderung dieser Fähigkeiten die intuitive Basis für das Verständnis wichtiger mathematischer Sachverhalte erschließen kann [5].

Aufgrund dieser Voruntersuchungen wurden für den jetzt zu Ende gegangenen Modellversuch folgende Ziele formuliert:

Hauptfrage

Kann es durch eine Umstellung der Konzeption des Mathematikunterrichts auf die intuitive Basis von Algorithmen hörgeschädigten Schülern ermöglicht werden, sich auch schwierige mathematische Tätigkeiten zu erschließen, die ihnen bei der augenblicklichen Konzeption (gründend auf eine sprachgebundene Fundierung durch den Mengenbegriff) nur unter großen Mühen zugänglich sind?

Einzelfragen

1. Lassen sich die in der Pilotstudie in Einzeluntersuchungen gezeigten Befunde (gleichgroße Leistungsfähigkeit hörgeschädigter und hörender Schüler im Bereich algorithmischen Denkens) auch auf die Situation eines normalen Klassenunterrichts übertragen?
2. Kann eine Einführung von Begriffen der Teilbarkeitslehre, Algebra und Funktionenlehre auf algorithmischer Grundlage hörgeschädigte Kinder auf eine mit hörenden Kindern vergleichbare Leistungshöhe bringen, die in der Spitze im Bereich der Mathematik mit dem Niveau der Realschule vergleichbar ist?
3. Inwieweit können begabte Gehörlose über die vereinfachte Symbolsprache eines Modellrechners hinausgehend in der Praxis verwendete Programmiersprachen erfolgreich erlernen?
4. Ermöglichen die durch eine Einbeziehung des algorithmischen Denkens in den Mathematikunterricht erworbenen kognitiven Fähigkeiten und Grundkenntnisse im Umgang mit Computern eine Erweiterung der Berufsperspektive hörgeschädigter Schüler auf qualifiziertere Berufe?

Zur Durchführung

Entsprechend der oben genannten Hauptfrage lag das Schwergewicht der Arbeit auf einer Umstellung der Konzeption des Mathematikunterrichts auf die intuitive Basis von Algorithmen. Die ehrgeizigen Ziele des Modellversuchs sollten dadurch erreicht werden, daß dem Aufbau geeigneter mentaler Modelle [7] für Algorithmen in den Köpfen hörgeschädigter Schüler eine zentrale Rolle zur Vorbereitung wichtiger mathematischer Begriffsbildungen eingeräumt wurde.

Im Laufe des Modellversuchs wurden schwerpunktmäßig zwei Klassen unterrichtet: eine Klasse, beginnend mit dem 8. Schuljahr (bis zum Ende des 10. Schuljahres), und eine 6. Klasse (bis zum Ende des 8. Schuljahres).

Zu Beginn des Modellversuchs standen die Mikrowelten Registerkiste, Dynamische Labyrinth und Registermaschine als Grundlage für die Behandlung von Algorithmen bereit [1],[2]. Sie stellten Paradigmen bereit, mit denen grundlegende mathematische Begriffe, wie z. B. der Variablenbegriff und der Funktionsbegriff, für ein wirkliches Verständnis der Schüler erschlossen werden konnten. Ein zentraler Ansatz unserer Konzeption bestand dabei darin, daß wir dem Aufbau geeigneter Modellvorstellungen Vorrang vor dem Erwerb vordergründigen Wissens eingeräumt haben. Die Registermaschine diente etwa als mentales Modell für das Verstehen von Algorithmen und ihrer Formulierung in imperativen Programmiersprachen wie z. B. PASCAL.

Im Laufe des Modellversuchs wurde immer wieder an den curricularen und methodischen Konzeptionen gefeilt. Eine abschließende Darstellung hat ihren Niederschlag gefunden einmal in einem Textbuch für Schüler und zum zweiten in einem umfangreichen didaktisch-methodischen Kommentar für die Hand des Lehrers [6], welche auf dem Schüler-/Lehrerbuch [4] aufbauen. Einen noch genaueren Einblick in den Nutzen, den die unterschiedlichen Repräsentationsformen für die Konstruktion mentaler Modelle bei gehörlosen Schülern bieten, findet man im Untersuchungsdesign der beiden Untersuchungsstunden, [3] S.U3-U27, die das FMD in unserem Auftrag 1986 mit neun gehörlosen Schülern durchgeführt hat. Es ist nicht nur zum Verständnis der Untersuchung wichtig, sondern eignet sich auch in besonderer Weise für einen unterrichtenden Lehrer, weil es ausführlich Auskunft darüber gibt, was beim Aufbau algorithmischer Begriffe mit unserem Ansatz zu beachten ist. Neben diesem unterrichtsmethodischen Aspekt findet man in [3] S.U28-U32, eine Darstellung der grundlegenden mathematisch-algorithmischen Ideen und die Kennzeichnung, an welchen Stellen in den beiden Untersuchungsstunden durch welche unterrichtliche Maßnahmen diese Ideen in den Köpfen der Schüler verankert werden sollen.

Wissenschaftliche Erklärungen

Im folgenden soll kurz angedeutet werden, welche theoretische Erklärung sich für den von uns festgestellten Erfolg der Schüler bei der in diesem Schulversuch entwickelten Konzeption von Mathematikunterricht anbietet. Die Forschungen zum Bereich der algorithmischen Begriffsbildung haben drei Bereiche herausgearbeitet: die Rolle der unterschiedlichen Repräsentationsformen [2] sowie die Existenz individuell unterschiedlicher Arten kognitiver Strukturen [10] und kognitiver Strategien [8] von Schülern. Der Nutzen der Dynamischen Labyrinth/Registerkiste für die Begriffsbildung

und das Verständnis wird neben dem Aspekt des nonverbalen Vorgehens (aufschlußreich sind z.B. Untersuchungen mit einem aphasischen Jungen [9]) verstärkt dadurch erklärt, daß in den mit den Bausteinen der Dynamischen Labyrinth gebauten Rechennetzen bzw. dem Hantieren mit den Stäbchen an der Registerkiste eine "Philosophie des Denkens" verdinglicht ist, die zu den kognitiven Strukturen einiger Schüler in besonderer Weise paßt. Untersuchungen haben gezeigt, daß sich eine Unterscheidung zwischen prädikativer und funktionaler Denkstruktur [10] gut für die Erklärung der Begriffsbildungsprozesse einzelner hörgeschädigter Schüler heranziehen läßt ([3] S.U39-U42). Die Dynamischen Labyrinth unterstützen ein Denken in Wirkungsweisen (funktionales Denken). Umgekehrt setzt ein erfolgreiches Arbeiten mit den Dynamischen Labyrinth eine gewisse Fähigkeit zu dieser Art des Denkens voraus. Fallstudien haben gezeigt, daß es auch gehörlose Schüler gibt, die eindeutig eine prädikative Denkstruktur bevorzugen, obwohl sich hierfür in natürlicher Weise der Einsatz von Sprache anbietet. Diese Schüler sind also erst recht behindert, weil ihre Denkstruktur eigentlich eine hochentwickelte Sprachfähigkeit benötigt. Es ist aber möglich, durch sehr überlegte Benutzung mathematischer Symbolik und Bezeichnungen als (formale) Sprache solchen Schülern zu erstaunlicher Einsicht und mathematischem Verständnis zu verhelfen.

Literatur

- [1] COHORS-FRESENBORG, E. (1976): Dynamische Labyrinth, Didaktik der Mathematik, Heft 1, S.1-21
- [2] COHORS-FRESENBORG, E. (1985): Verschiedene Repräsentationen algorithmischer Begriffe, in: Journal für Mathematik-Didaktik, S.187-209
- [3] COHORS-FRESENBORG, E. (1987): Algorithmisches Denken im Mathematikunterricht mit Hörgeschädigten, Abschlußbericht über einen BLK-Modellversuch, Universität Osnabrück
- [4] COHORS-FRESENBORG, E./GRIEP, M./SCHWANK, I. (1982): Registermaschinen und Funktionen - Ein Schulbuch zur Einführung des Funktionsbegriffs auf der Grundlage von Algorithmen, Osnabrücker Schriften zur Mathematik, Reihe U, Hefte 22, 22L, Lehrerhandbuch U25
- [5] COHORS-FRESENBORG, E./STRÜBER, H. J. (1982): The Learning of Algorithmic Concepts by Action - A Study with Deaf Children, in: LOWENTHAL, F. et al (Eds.): Language and Language Acquisition, New York
- [6] GOLDBERG, A. (1987): Programmieren in der RM-Sprache und in PASCAL, Aufgabensammlung für Klasse 8 (Band 1), Didaktische Analyse und methodische Ausarbeitung einer Unterrichtsreihe (Band 2)
- [7] JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983): Mental Models, Cambridge
- [8] KAUNE, C. (1985): Schüler denken am Computer - Eine Untersuchung über den Einfluß von Repräsentationsformen und kognitiven Strategien beim Konstruieren und Analysieren von Algorithmen, Osnabrück
- [9] LOWENTHAL, F. (1985): Non-Verbal Communication Devices in Language Acquisition, Revue de Phonétique Appliquée, Vol. 73-75, S.155-166
- [10] SCHWANK, I. (1986): Cognitive Structures of Algorithmic Thinking, in: Proc. 10th Conf. for PME, Univ. of London Inst. of Education (Ed.)