

Guido PINKERNELL, Heidelberg, Regina BRUDER, Darmstadt

## **Unterrichtsmethodik und Mathematikleistung in einem technologiegeprägten Mathematikunterricht**

### **Mathematikleistung und Unterrichtsgestaltung: CALiMERO 2005-2010**

In Pinkernell und Bruder (2011) wurde über Zusammenhänge zwischen der im Projekt CALiMERO 2005-2010 erfassten Mathematikleistung der beteiligten Schüler und der Gestaltung des Unterrichts berichtet, über den die beteiligten Schüler Auskunft gaben. Bei CALiMERO 2005-2010 handelt es sich um ein Projekt des Landes Niedersachsen zum Einsatz von Taschencomputern im gymnasialen Mathematikunterricht der Sek. I. Ziel dieser von Texas Instruments unterstützten Studie war die Entwicklung und Erprobung eines nachhaltig wirksamen Unterrichtskonzepts für das Unterrichten mit CAS (Ingelmann 2009). Eine der Forschungsfragen betraf den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Unterrichtsleistung und der Unterrichtsgestaltung. Und zwar deshalb, weil man von dem erwähnten Unterrichtskonzept und den hieran sich orientierenden Materialien einen positiven Effekt auf die Entwicklung der Mathematikleistung erwartete. In der Tat ließen sich leichte Effekte nachweisen: Differenzierte man nämlich die beteiligten Lerngruppen hinsichtlich der beobachteten Methodenvielfalt, so ließen sich Leistungsunterschiede zugunsten "methodenreicher" Klassen wahrnehmen, die sich durch ein relativ häufiges Vorkommen von Unterrichtsgesprächen, selbständiges Arbeiten, Gruppenarbeit, Stoffwiederholung, Kopfübungen und leistungsdifferenzierende Aufgaben auszeichneten. Dieser Eindruck wurde bestätigt durch ein vergleichbar ausgeprägtes Methodenprofil der leistungsstarken Kontrollklassen. Insbesondere konnte bei den Lerngruppen ein höherer Leistungszuwachs festgestellt werden, in denen die sogenannten "Kopfübungen" vergleichsweise häufig durchgeführt wurden (Pinkernell & Bruder 2011).

### **Medieneinsatz und Unterrichtsgestaltung**

Die Präsenz digitaler Werkzeuge im Mathematikunterricht allein wird kaum zu einer verbesserten Mathematikleistung führen. Die Berichte bzgl. der Effekte des Einsatzes von CAS und anderen digitalen Werkzeugen auf die Mathematikleistung sind demgemäß uneinheitlich. Während z.B. Kieran & Saldanha (2005) von positiven Effekten im Vergleich zu Kontrollgruppen sprechen, berichtet z.B. Bichler (2010) von nur tendenziellen Differenzen zwischen Experimental- und Kontrollgruppen. Dies ist auch in CALiMERO 2005-2010 so zu beobachten (Ingelmann 2009, Pinkernell & Bruder 2011). In Konsequenz schlagen Weigand & Bichler

(2010) für eine differenziertere Leistungsdiagnose eine Erweiterung des Kompetenzmodells um technische und dynamische Aspekte vor.

Ein anderer Ansatz könnte den Medieneinsatz als Teil der Unterrichtsgestaltung insgesamt sehen. Der Einsatz digitaler Werkzeuge würde sich dann als erfolgreich erweisen, wenn die didaktisch-methodische Gestaltung des Unterrichts insgesamt "stimmt". Dass die Präsenz von digitalen Medien zu einer besonderen Herausforderung für das Unterrichten von Mathematik wird, ist an der häufig bemühten Metapher für den Computereinsatz als "Katalysator" für eine Veränderung von Mathematikunterricht ablesbar (cf. Laborde & Sträßer 2010). Gleichzeitig ist die Methodenvielfalt ein wichtiges Merkmal gängiger Modelle guten Unterrichts, begründet durch die wachsende Heterogenität der Lernvoraussetzungen. Im Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke (2009) finden wir mit dem Begriff "Lernangebote" einen guten Terminus, der Medien, Methoden, Sozialformen und auch Aufgaben als Gegenstand einer den verschiedenen Lernvoraussetzungen und -zielen angemessenen Unterrichtsplanung begreift. Eine Hypothese könnte also lauten: Der Einsatz digitaler Werkzeuge im Mathematikunterricht zeigt sich als erfolgreich, wenn er als Teil eines situationsangemessenen und differenzierten Angebots verschiedener Lerngelegenheiten wahrgenommen wird.

### **Mathematikleistung und Unterrichtsgestaltung: CALiMERO Oberstufe**

CALiMERO Oberstufe ist ein Nachfolgeprojekt zu CALiMERO 2005-2010, bei dem es schwerpunktmäßig um die Umsetzung neuer Oberstufen-curricula mit dem Taschencomputer in Vorbereitung auf ein Zentralabitur mit CAS geht. Begleitend soll in einer kleinen Studie der Zusammenhang zwischen Unterrichtsgestaltung - insbesondere der Einsatz regelmäßiger Kopfübungen - und der Leistungsentwicklung in "rechnerfreiem" Grundwissen untersucht. Damit greift diese Studie gezielt entsprechende Beobachtungen aus CALiMERO 2005-2010 auf und sucht sie zu bestätigen.

Die mit dem Sommerhalbjahr 2012 endende Studie begann im Winterhalbjahr 2010/11 mit 15 niedersächsischen Oberstufenkursen mit erhöhtem Anforderungsniveau ("eA") und 28 Kursen mit grundlegendem Anforderungsniveau ("gA"). Allen beteiligten Lehrkräften wurden Kopier-vorlagen mit den erwähnten Kopfübungen für einen ein- bis zweiwöchentlichen Einsatz zur Verfügung gestellt. Inhaltlicher Schwerpunkt ist Wissen aus den Bereichen "kaufmännisches Rechnen" und Funktionale Zusammenhänge. Die Aufgaben erfordern sowohl prozedurales als auch konzeptuelles Wissen (Darstellungswechsel, Interpretationen in Sach-zusammenhängen, Grund- und Fehlvorstellungen, ...).

Im Verlauf des Projekts wurden fünf Leistungstests durchgeführt, deren Inhalte sich an dem oben skizzierten Schwerpunkten orientierten. Da die Tests, obwohl strukturell identisch, nicht parallelisiert sind, wurden für die Auswertung die Testerfüllungsgrade der beteiligten Schüler der eA- bzw. gA-Kursen z-standardisiert. Für die Erfassung der Leistungsentwicklung wurden die Ergebnisse des ersten und des vierten Tests herangezogen, die Auswertung des fünften Tests liegt noch nicht vor.

Der einseitige Testbogen enthielt neben den kurzen Aufgaben auch Fragen zur Häufigkeit bestimmter methodischer Aspekte im Mathematik, die auf einer fünffach gestuften Likertskala zu beantworten waren. Diese acht methodischen Aspekte betrafen einerseits Sozialformen (Einzel-, Kleingruppenarbeit, Lerngruppendifkussion, Erklärungsphasen durch Lehrperson) und zu Aufgaben und Medien (rechnerfreie, leistungsdifferenzierende bzw. stoffwiederholende Aufgaben, Einsatz digitaler Werkzeuge). Für die Auswertung wurde jede Skala, obwohl nur ordinal skaliert, in Form des arithmetischen Mittelwerts zusammengefasst. Das ist unüblich, erlaubt aber angesichts des geringen Stichprobenumfangs eine feinere Differenzierung. Trotzdem dürfen diese Werte nicht als tatsächliche Häufigkeit interpretiert werden, sondern sie dienen nur dem relativen Vergleich zwischen den Lerngruppen.

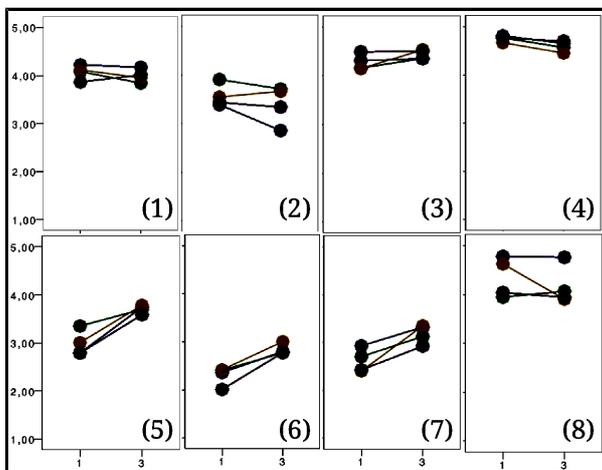


Abbildung 1: Für die gA-Kurse zeigt hier jede Grafik für einen der acht methodischen Aspekte die Durchschnitte der Lerngruppenhäufigkeiten zu jedem der vier berücksichtigten Erhebungszeitpunkte, jeweils links für die Kurse mit geringen ( $N=3$ ) und rechts mit hohem Leistungszuwachs ( $N=7$ ). Bei 5 ("rechnerfrei"), 6 ("leistungsdifferenzierend") und 7 ("stoffwiederholend") zeigen sich eine zu allen vier Messzeitpunkten konstant höhere Häufigkeiten bei den zuwachsstarken Lerngruppen.

Zur Beantwortung der Frage, inwieweit ein Zusammenhang zwischen der Mathematikleistung und methodischen Aspekten der Unterrichtsgestaltung besteht, wurden sowohl die eA-Kurse als auch die gA-Kurse hinsichtlich ihres Leistungszuwachses zwischen dem ersten und den vierten Test in drei etwa gleichgroße Gruppen differenziert, wobei die beste ( $N_{eA}=3$ ,  $N_{gA}=3$ ) und die schlechteste Leistungsgruppe ( $N_{eA}=3$ ,  $N_{gA}=4$ ) hinsichtlich der Unterrichtsgestaltung verglichen wurden. Es zeigt sich, dass sich die gA-Kurse mit besonders hohem Leistungszuwachs von denen mit besonders schwachem Zuwachs in methodischer Hinsicht dahingehend unterschieden,

dass sie eine größere Häufigkeit an rechnerfreien, leistungsdifferenzierenden und stoffwiederholenden Lernangeboten aufwiesen. Die gemessenen Effekte sind mit Werten zwischen  $\tau_b = .25$  und  $\tau_b = .78^*$  zum Teil recht groß, sind aber wegen des kleinen Stichprobenumfangs nicht immer statistisch gesichert. Bei den eA-Kursen zeigen sich keine bemerkenswerten Effekte. Insgesamt spielt die Einsatzhäufigkeit des TC keine entscheidende Rolle sowohl bei den gA- als auch den eA-Kursen (Abb. 1).

Explizit auf die Kopfübungen eingegangen wurde in Lehrerfragebögen, die zum Zeitpunkt des vierten Testdurchgangs durchgeführt wurden. Hier wurden die Lehrkräfte u.a. zur Häufigkeit dieses Übungsangebots und seiner Akzeptanz bei Lehrenden und Lernenden befragt. Es zeigen sich deutliche Effekte der angegebenen Einsatzhäufigkeit auf den Erfüllungsgrad des vierten Tests bei eA- und gA-Kursen ( $N_{eA}=10$ ,  $\tau_b = .466^*$  bzw.  $N_{gA}=9$ ,  $\tau_b = .719^{**}$ ), bei den gA-Kursen auch deutliche Effekte der Akzeptanz durch die Lehrkraft ( $\tau_b = .504^*$ ) und der Schüler ( $\tau_b = .609^*$ ).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Schülerinnen und Schüler von gA-Kurse mit einer starken Leistungsentwicklung in ihrem Unterricht mit dem TC tendenziell häufigere Lernangebote mit rechnerfreien, leistungsdifferenzierenden und stoffwiederholenden Aufgaben wahrnehmen. Insb. die Kopfübungen finden gleichzeitig eine hohe Akzeptanz sowohl bei Lehrenden als auch Lernenden. Bei eA-Kursen sind bis einem positiven Einfluss der Häufigkeit von Kopfübungen solche Effekte nicht wahrnehmbar. Ein Einfluss der Einsatzhäufigkeit digitaler Hilfsmittel auf die Leistungsentwicklung der Kurse konnte nicht beobachtet werden.

## Literatur

- Bichler (2010): Explorative Studie zum langfristigen Taschencomputereinsatz im Mathematikunterricht, Hamburg: Kovac
- Helmke, A. (2009): Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität, Kallmeyer
- Kieran, Carolyn; Saldanha, Luis (2005): Computer algebra systems (CAS) as a tool for coaxing the emergence of reasoning about equivalence of algebraic expressions. In: Proceedings of the 29th PME conference, Melbourne University
- Laborde, C. & Sträßer, R. (2010): Place and use of new technology in the teaching of mathematics: ICMI activities in the past 25 years, in: ZDM, Jg. 42, 121-133
- Ingelmann, M. (2009): Evaluation eines Unterrichtskonzepts für einen CAS-gestützten Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I, Logos,
- Pinkernell, G. & Bruder, R. (2011): CALiMERO (2005-2010): CAS in der Sekundarstufe I, in: Beiträge zum Mathematikunterricht,
- Weigand, H.-G. & Bichler, E. (2010): Towards a competence model for the use of symbolic calculators in mathematics lessons: the case of functions, in: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, Jg. 42, 697-713