

# DURCH CAS-EINSATZ AB KLASSE 7 DEN UMGANG MIT MATHEMATISCHEN DARSTELLUNGEN FÖRDERN

Maria Ingelmann und Regina Bruder

Technische Universität Darmstadt

*Der fünfjährige Modellversuch CALiMERO<sup>1</sup> erprobt den Einsatz von Computer-Algebra-Systemen ab Klasse 7 in Verbindung mit einem auf nachhaltiges Lernen und die Ausbildung mathematischer Kompetenzen gerichteten Unterrichtskonzept. Erste Forschungsergebnisse zeigen, dass insbesondere leistungsschwache Lernende mit dieses Konzept überdurchschnittliche Leistungssteigerungen erzielen.*

## BESCHREIBUNG DES PROJEKTS

Ausgehend von dem im norddeutschen Bundesland Niedersachsen bereits etablierten Einsatz von grafikfähigen Taschenrechnern (GTR) begann der Schulversuch im Sommer 2005 mit dem Ziel, einen sinnvollen Einsatz von CAS-fähigen Taschencomputern in der Sekundarstufe I zu verankern. Zur Verwirklichung dieses Zieles sollen ein Curriculum und Gestaltungskonzept für einen Mathematikunterricht entwickelt werden, der eine neue Aufgabenkultur unterstützt und den Rechner sinnvoll zur Förderung mathematischer Kompetenzen nutzt. Das Projekt CALiMERO wurde im Schuljahr 2005/2006 mit 29 Klassen der Jahrgangsstufe 7 an sechs Gymnasien gestartet, die in enger Kooperation mit ihren gemeinsam entwickelten Unterrichtsbausteinen arbeiten. Im laufenden Schuljahr nutzen bereits ca. 50 Schulen mit den im vorigen Jahr entwickelten und erprobten Materialien. In den kommenden Jahren wird CALiMERO bis zur Jahrgangsstufe 10 fortgesetzt.

Um nachhaltiges Lernen von Mathematik durch CAS zu unterstützen, ist, wie Stacey (2003) beschrieben hat, die Etablierung einer dem Einsatz von CAS angemessene Unterrichtskultur notwendig. Dementsprechend fanden zum Projektstart mehrtägige Fortbildungsveranstaltungen mit Vertretern aller beteiligten Schulen und mit niedersächsischen Experten unter der Leitung von Prof. Dr. Regina Bruder statt. Dabei wurden Unterrichtsmethoden diskutiert, die im CAS-gestützten Unterricht eine Kompetenzentwicklung im Sinne der deutschen Bildungsstandards (KMK, 2003) fördern sollen. Das gemeinsam mit den beteiligten Lehrkräften entwickelte Unterrichtskonzept will das vielschichtige Potenzial der Taschencomputer zum Entdecken von Mathematik ausnutzen und es für effektive Übungsprozesse mit Verständnisförderung einsetzen. Im Laufe des Projekts finden vierteljährlich weitere Treffen statt, um die Kommunikation zwischen den Beteiligten zu fördern, die nächsten Unterrichtsbausteine und Arbeitsmaterialien für die Schüler themenspezifisch im Team zu entwickeln und den Stand der Evaluation zu

---

<sup>1</sup> Computer-Algebra im Mathematikunterricht – Entdecken, Rechnen, Organisieren

diskutieren. Durch die TU Darmstadt findet außerdem eine Projektbegleitung durch eine Internetplattform statt ([www.prolehre.de](http://www.prolehre.de)), die zum Erfahrungsaustausch der Teilnehmer dient und auf der alle entwickelten Materialien bereitgestellt werden.

## **EVALUATIONSKONZEPT DES PROJEKTS**

Die Evaluation des Projekts CALiMERO setzt drei Schwerpunkte: Es werden die Umsetzung der beschriebenen Ziele, spezifische Einstellungen und die Unterrichtskultur der beteiligten Lehrkräfte sowie die Unterrichtswahrnehmungen und die mathematische Leistungsentwicklung der Schülerinnen und Schüler jeweils für sich und in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit untersucht.

Zur Evaluation der Umsetzung der Projektziele wird das von den Lehrkräften entwickelte Material in Form von aufgabenbasierten Unterrichtsbausteinen bezüglich Zielklarheit und Konformität mit dem Unterrichtskonzept analysiert. Arbeitsprodukte der Schüler aus dem Unterricht werden z.B. daraufhin untersucht, in wie weit die verschiedenen Darstellungsformen mathematischer Zusammenhänge, die das CAS bietet, sinnvoll eingesetzt werden. Die Lehrer füllten im ersten Jahr nach jeder Unterrichtsstunde, in der CAS eingesetzt wurde, ein standardisiertes Stundenprotokoll aus. Dieses Instrument gab zusätzlich zu seiner Monitoring-Funktion Anregungen zur Realisierung des Konzepts. Im zweiten Projektjahr werden in der Klasse 8 die Unterrichtsstunden von einzelnen Schülern mit einem standardisierten Formular protokolliert. Hier werden die Inhalte und die Gestaltung der Unterrichtsstunde, der Umfang und die Ziele des CAS-Einsatzes sowie die Schülersicht auf das Unterrichtsgeschehen erfasst. In diesem Protokoll beschreibt jeweils ein Schüler der Klasse auch eine im Unterricht bearbeitete Mathematikaufgabe ausführlich mit den in der Stunde besprochenen Lösungsmöglichkeiten.

Durch einen jährlich eingesetzten Fragebogen wird die Entwicklung der Lehrkräfte bezüglich ihrer Sicht auf den Unterricht, auf den CAS-Einsatz und zu ihrer Lehrerrolle untersucht. Auch sollen sie ihre Vorstellungen von Unterrichtsqualität strukturiert dokumentieren. Nach jedem Unterrichtsbaustein erhalten die Lehrkräfte einen Evaluationsbogen, der die unterrichtliche Umsetzung und dabei aufgetretene Probleme reflektiert. Mit Hilfe dieses direkten Feedbacks können die Unterrichtsmaterialien zeitnah überarbeitet und für den kommenden Jahrgang weiterentwickelt werden.

Auf der Seite der Lernenden wird deren Leistungsentwicklung durch einen jährlich als Pre-Post-Test durchgeführten Leistungstest untersucht. Parallel zu den Schülern im Projekt wird der Test auch in Vergleichsklassen eingesetzt, die nach eher traditionellen Konzepten und mit GTR unterrichtet werden. Die Einstellung der Lernenden zum Mathematikunterricht und zum Rechnereinsatz wird jährlich durch einen Schülerfragebogen erfasst, der unter anderem die Wahrnehmung von Mathematik und Unterricht, die Lernmotivation und die Rechnerakzeptanz beleuchtet.

## **VORSTELLUNG DER LEISTUNGSTESTS**

### **Das Format der Schülerleistungstests**

In den Tests, die zur Vermeidung von Deckeneffekten als Open-Ended-Tests konzipiert wurden, wechseln sich einfachere und anspruchsvollere Aufgabenstellungen wellenförmig ab. In der 7. Klasse findet der Test noch ohne Rechner statt, ab dem 8. Schuljahr wird mit Rechner getestet und durch Vergleich mit Klassen, die mit einem GTR arbeiten, das CAS-Potenzial von Aufgaben untersucht.

Im Schuljahr 2005/2006 wurde der Pre-Post-Leistungstest für die Jahrgangsstufe 7 mit 26 Items in zwei parallelisierten Gruppen geschrieben, der die mathematischen Leitideen Zahl, Messen, Raum und Form, Funktionaler Zusammenhang und Daten und Zufall prüfte mit Schwerpunkt auf dem Umgang mit Zahlen und funktionalen Zusammenhängen. Zu Beginn des laufenden Schuljahres 2006/2007 wurde ein Leistungstest für die Klasse 8 mit drei Ankeraufgaben zur Klasse 7 wieder in zwei Gruppen eingesetzt, der am Ende des Schuljahres noch einmal als Posttest mit getauschten Gruppen gestellt wird.

### **Die Kompetenzorientierung der Testaufgaben**

Durch eine Analyse der möglichen Lösungswege der einzelnen Aufgaben konnte ihr Potenzial bezüglich der in den deutschen Bildungsstandards für das Fach Mathematik formulierten allgemeinen mathematischen Kompetenzen beschrieben werden, welche durch den Schülerleistungstest geprüft werden. Von besonderem Interesse für das Projekt CALiMERO ist die Entwicklung der Lernenden in Bezug auf ihre Modellierungskompetenz, den Gebrauch mathematischer Argumente, ihre Problemlösekompetenz, das Verwenden mathematischer Darstellungen und den Umgang mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik, da diese durch den Einsatz von CAS im Mathematikunterricht gefördert werden können. Zum Umgang mit mathematischen Darstellungen zählen unter anderem das Herstellen von Beziehungen zwischen verschiedenen Darstellungsformen sowie ein Wechsel zwischen diesen. Das Projekt knüpft damit an die Ergebnisse von Amit und Fried (2005) an, die gezeigt haben, „we have to challenge a multiple representations approach as a framework to begin with in teaching“. Der Umgang mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik beinhaltet den Gebrauch der mathematischen Fachsprache sowie die Handhabung von Formeln und Symbolen. Zum technischen Aspekt dieser Kompetenz gehören das Auswählen und Einsetzen mathematischer Werkzeuge, wie z.B. den Funktionen eines CAS, sowie ein Nachdenken über Möglichkeiten und Grenzen ihrer Nutzung.

Die eingesetzten Leistungstest prüfen die kompetenzbezogene Entwicklung der Lernenden durch Problemlöseaufgaben, die von ihnen das Mathematisieren gegebener Sachverhalte bzw. innermathematische Argumentationen fordern. Das folgende Beispiel einer Testaufgabe aus dem Leistungstest der Klasse 7 prüft die genannten Kompetenzen, die der CAS-gestützte Mathematikunterricht fördern soll.

## Die Aufgabe „Handytarif“

Bei einem Handy mit Karte kostet 1 Minute Telefonieren in der Geschäftszeit 0,30 €. Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Minuten und dem Preis soll auf drei verschiedene Arten dargestellt werden: in einer Wertetabelle, im Koordinatensystem und mit Hilfe einer Gleichung.

Diese Aufgabe verlangt neben den Darstellungsformen Tabelle und Graph auch eine symbolische Darstellung durch eine Gleichung. Da durch den Einsatz von CAS im Mathematikunterricht der Umgang mit den verschiedenen Darstellungsformen geübt werden soll, wird erwartet, dass die Lernenden mit diesen nachhaltig vertraut werden und ihre so erworbenen Kenntnisse dann auch ohne das CAS-Gerät reproduzieren können. Durch das ständige Veranschaulichen spezieller Eigenschaften von Funktionsklassen werden diese einprägsamer, der Taschencomputer kann so zu der Erkenntnis der Lernenden beitragen, dass es sich bei dem vorgestellten Tarif um einen proportionalen Zusammenhang handelt. Da sie bei graphischen Darstellungen die Einstellungen für den Bildschirmausschnitt wählen müssen, entwickeln die Lernenden durch einen CAS-gestützten Unterricht Vorstellungen für Größenordnungen und den Verlauf eines Graphen. Es wird erwartet, dass ihnen dieser intuitive Zugang bei der Mathematisierung des Sachverhalts „Handytarif“ helfen kann und ihnen beispielsweise die Einteilung und Beschriftung der Achsen leichter fällt, insbesondere da sie beim Umgang mit CAS häufig mit Variablen, Wertetabellen und ihren zugehörigen Graphen gearbeitet haben.

Im Leistungstest des 8. Schuljahres dürfen die Lernenden das CAS-Gerät benutzen. Die Aufgabe wurde dahingehend variiert, dass zwei Tarife gegenüber gestellt werden:

a) Bei dem Tarif „Funny“ beträgt die Grundgebühr 6,49 € monatlich, eine Minute telefonieren kostet 10 Cent. Peter hat im Monat Juni insgesamt 80 Minuten telefoniert. Wie viel muss er bezahlen?

b) Bei dem Handytarif „Happy“ beträgt die Grundgebühr nur 4,99 € monatlich, ein Anruf kostet 12 Cent pro Minute. Stelle den Zusammenhang zwischen der Anzahl an Minuten und dem monatlichen Rechnungsbetrag auf drei verschiedene Arten dar: in einer Wertetabelle, im Koordinatensystem und mit einer Zuordnungsvorschrift.

c) Ab welcher Gesprächsdauer im Monat lohnt sich ein Wechsel vom Tarif „Happy“ zum Tarif „Funny“?

d) Der Netzanbieter möchte einen dritten Handytarif „Lucky“ anbieten. Ein Wechsel vom Tarif „Happy“ zum neuen Tarif „Lucky“ soll sich ab einer monatlichen Gesprächsdauer von einer Stunde lohnen. Welche monatliche Grundgebühr und welchen Minutenpreis würdest du vorschlagen? Erläutere deinen Vorschlag!

Während Aufgabenteil a) wegen der Rechnerunterstützung nur das Übersetzen der Alltagssprache in die mathematische Fachsprache testet, muss in Teil b) wiederum ein mathematischer Sachverhalt verschiedenartig dargestellt werden. Im vorliegenden

Fall ist der Zusammenhang komplexer als in der Aufgabe aus der Jahrgangsstufe 7, denn es handelt sich um einen nicht proportionalen Zusammenhang. Die Darstellung in verschiedenen Formen erfordert die entsprechenden Kompetenzen wie bei der Aufgabe aus Klasse 7. Im Aufgabenteil c) muß ein Preisvergleich durchgeführt werden, bei dem der Lösungsweg freigestellt ist. Neben dem Aufstellen und Lösen einer linearen Gleichung kann diese Aufgabe auch durch eine Erweiterung der grafischen Darstellung aus Teil b) oder durch das Anlegen einer Tabelle gelöst werden. Bei den drei genannten Möglichkeiten kann jeweils der Taschencomputer mit seinem CAS, seinem Graphikprogramm oder dem Tabellentool eingesetzt werden. Die Testperson muss den Einsatz des mathematischen Werkzeugs planen, den Vorgang steuern und die Ergebnisse dokumentieren. Im Aufgabenteil d) ist von den Lernenden Fantasie und Kreativität gefordert. Sie sollen durch Zusammenfügen verschiedener Informationen und Ausprobieren einen neuen Tarif entwerfen, der bestimmten mathematischen Bedingungen genügt. Die Lösung dieses Aufgabenteils ist nicht eindeutig wie bei a) bis c), der gesuchte Tarif kann mit unterschiedlichen Grundgebühren und Minutentariifen gestaltet werden. Von den Schülerinnen und Schülern sind Modellierungskompetenz und mathematische Argumentation gefordert, die laut Kieran und Saldanha (2005) durch einen CAS-gestützten MU gefördert wird. Bei der Dokumentation der Ergebnisse müssen die Lernenden die Rechnersprache in mathematische Fachsprache und Alltagssprache übersetzen, was im Sinne der Projektziele in einem CAS-gestützten Unterricht trainiert werden soll. Die Ergebnisdarstellung im Unterricht mit CAS muss, wie Ball und Stacey (2003) beschrieben haben, thematisiert und eingeübt werden. Dabei lernen die Schüler eine übersichtliche und stringente Darstellung mathematischer Sachverhalte.

### **Mathematische Fähigkeiten ohne Rechner trainieren**

In direkter Konsequenz aus der Zielstellung des Projekts CALiMERO stellt sich die Frage, welche mathematischen Techniken von den Lernenden noch manuell beherrscht werden sollen. Das von Buchenberger (1989) eingeführte Whitebox-Blackbox-Prinzip befasst sich mit der Frage, wie weit die Automation gehen soll. Im nachhaltigen Mathematikunterricht muss die Auswahl dessen, was im Sinne einer Whitebox gekonnt werden soll, fachlogisch stimmig sein und darf ein erfolgreiches Weiterlernen nicht behindern. Studien von Ball, Pierce und Stacey (2003) belegen, dass es Lernenden, die mit CAS im Unterricht gearbeitet haben, z.B. schwer fällt, äquivalente Gleichungen zu erkennen. Diese Effekte versucht das Projekt zu vermeiden. Regelmäßige Kopfübungen zu elementaren Bereichen der Mathematik bilden einen Konzeptschwerpunkt des Projekts. Damit die Lernenden eigenständig auch rechnerfrei einfache Beispiele ausführen zu können, sind so genannte erste Übungen mit Identifikations- und Realisierungshandlungen erforderlich. Die Schüler lernen z.B. das Gleichsetzungsverfahren zum Lösen linearer Gleichungssysteme manuell anzuwenden, die anderen Verfahren werden nach dem Blackbox-Prinzip direkt vom Rechner gelöst werden, ohne dass die Lernenden sie beherrschen müssen.

Ein Evaluationsinstrument zur Prüfung manueller Fähigkeiten stellt ein Kopfrechentest dar, der zu Beginn des 8. Schuljahres eingesetzt wurde. Dieser zehnminütige Test prüfte mit 14 Items Kopfrechenfähigkeiten mit Grundaufgaben aus dem Bereich der Bruch- und Prozentrechnung, zu linearen Gleichungen, einfachen geometrischen Fragestellungen, zum Umgang mit Größen sowie zur Flächen- und Volumenberechnung. Ein Beispiel für eine Testaufgabe lautet: *An einem Kiosk kosten zwei Dosen Cola 1,60 €. Wie viel kosten fünf Dosen Cola?*

## **VORSTELLUNG VON ERGEBNISSEN**

Eine Überprüfung der Unterschiede in der Leistungsentwicklung der Lernenden aus dem Projekt CALiMERO und der Schülerinnen und Schülern der Vergleichsklassen von Vor- zu Nachtest der Jahrgangsstufe 7 ergibt für das Testergebnis insgesamt i.w. keine signifikanten Unterschiede. Dies ist nach dem ersten Unterrichtsjahr auch nicht erwartet worden, da die Lernenden sich erst an das CAS-Gerät und das neue Unterrichtskonzept gewöhnen mussten. Erst langfristig wird mit einer signifikanten Steigerung der Schülerleistungen durch den Schulversuch gerechnet. Bei einzelnen Testitems lassen sich jedoch bereits nach einem Schuljahr signifikante Leistungssteigerungen der CAS-Klassen gegenüber den GTR-Klassen feststellen.

### **Auswertung der Aufgabe „Handytarif“**

Der Leistungszuwachs bei der vorgestellten Aufgabe „Handytarif“ beträgt bei den Lernenden, die im Mathematikunterricht mit einem CAS arbeiten, 21,9%, während die Lernenden, die einen GTR verwenden, eine Leistungssteigerung von 10,4% im Laufe des Schuljahres zeigen. Dieser signifikante Unterschied kann auf den CAS-Einsatz zurückgeführt werden.

Bei der Erweiterung der Aufgabe für das 8. Schuljahr zeigt der Vortest zum Schuljahresbeginn mit Rechnerbenutzung, dass eine weitere Leistungssteigerung beider Gruppen bei den drei Darstellungsformen der Tarife zu beobachten ist. Bei dem kreativen Aufgabenteil d) haben jedoch nur etwa 10 % der Lernenden eine Bearbeitung dokumentiert. Das einzige bedeutsame Kriterium, dem sie sich gewidmet haben, war sicherzustellen, dass der Tarif "Lucky" günstiger ist als "Funny". Das Kriterium "erst ab einer Stunde" wurde oft ignoriert. Die Lernegebnisse zum Ende des 8. Schuljahres werden im Juni 2007 erhoben und können im Herbst 2007 auf unserer Homepage abgefragt werden ([www.prolehre.de](http://www.prolehre.de)).

Feldfunktion geändert

### **Ergebnisse des Kopfrechentests**

Die Ergebnisse des zu Beginn des Schuljahres eingesetzten Kopfrechentests zeigen, dass die Integration regelmäßiger Kopfübungen in den Mathematikunterricht die manuellen Fähigkeiten der Lernenden stärkt. Es konnten keine signifikanten Unterschiede der mit CAS arbeitenden Schülerinnen und Schüler zu den Vergleichsklassen festgestellt werden, auch das Lösen einfacher Gleichungen und Umformen von Termen wird von den Lernenden weiterhin sicher beherrscht. Auffällige Probleme sind lediglich bei einer Aufgabe zur Multiplikation von

Bruchzahlen ( $1/3 \cdot 2/5$ ) und einer Aufgabe zur Umwandlung von Flächenmaßen ( $5\text{cm}^2 = \text{__mm}^2$ ) aufgetreten, beide Items konnten von weniger als 50 % der Testpersonen beider Gruppen gelöst werden.

### Förderung der leistungsschwachen Lernenden

Eine der wichtigsten Beobachtungen bei der Evaluation der Leistungstests Klasse 7 im Projekt CALiMERO ist eine offensichtliche Steigerung der leistungsschwächeren Schüler vom Vor- zum Nachtest. Die Lernenden wurden entsprechend ihres Vortestergebnisses in drei Gruppen eingeteilt und ihre Leistungsentwicklung nach einem Jahr untersucht. Die Studie LAU9 (2001) hat gezeigt, dass im Mathematikunterricht eines Schuljahres eine (normale) Leistungssteigerung um etwa ein Drittel der Standardabweichung zu erwarten ist. Der Vergleich zwischen den gemäß dieses Erfahrungswertes berechneten und den empirisch gemessenen Nachtestwerten zeigt zum einen, dass die im Anfangstest leistungsschwachen Schülerinnen und Schüler, die einen CAS-gestützten Unterricht erlebten, wesentlich besser abschnitten als erwartet, und zum anderen, dass sie im Vergleich zu ihren Altersgenossen, die mit GTR im Mathematikunterricht gearbeitet haben, im Nachtest deutlich besser abgeschnitten haben. Die Tabelle 2 verdeutlicht diesen Sachverhalt.

Leistungs-Gruppe	verwendeter Taschenrechner	Vortest-mittelwert + 1/3 Standard-abweichung	Gemessener Nachtest-Mittelwert	Differenz
leistungsschwach	CAS (N = 129)	8,81	15,60	6,78
	GTR (N = 18)	9,20	13,06	3,85
durchschnittlich	CAS (N = 483)	18,01	20,82	2,81
	GTR (N = 90)	18,00	21,60	3,60
leistungsstark	CAS (N = 18)	28,16	29,78	1,62
	GTR (N = 6)	28,71	30,33	1,62

Table 1: Tatsächlich gemessene und theoretisch ermittelte Nachtestmittelwerte mit Unterscheidung der Leistungsgruppen (Angabe in Testpunkten, maximal 42 Punkte)

Die leistungsschwachen Schüler aus dem Schulversuch weisen bei 18 der insgesamt 26 Testitems eine größere Leistungssteigerung auf als die Vergleichsschüler, diese Leistungssteigerung der schwachen Schüler ist vor allem bei Items mit einem hohen Anteil an algebraischen Argumentationen zu beobachten. Auch bei Aufgaben zur Interpretation von Graphiken zeigen die leistungsschwachen Schüler eine deutliche Steigerung gegenüber den Vergleichsschülern. Bei der beschriebenen Aufgabe zum Handytarif verbessern sich die leistungsschwachen Schüler aus dem Projekt um 24%, die Schüler aus der Vergleichsgruppe um 16%. Wir interpretieren diese Ergebnisse so, dass der CAS-gestützte Mathematikunterricht in Kombination mit einer neuen

Unterrichtskultur, die das Sichern von Basiskompetenzen im Blickpunkt hat, die Entwicklung der beschriebenen Kompetenzen bei den schwachen Schülern besonders stützt und fördert.

## References

- Amit, M., & Fried, M. N. (2005). Multiple representations in 8<sup>th</sup> grade algebra lessons: Are learners really getting it? In H. L. Chick & J. L. Vincent (Eds.), *Proc. 29<sup>th</sup> Conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, pp. 57-64). Melbourne, Australia: PME.
- Ball, L., Pierce, R., & Stacey, K. (2003). Recognizing equivalent algebraic expressions: An important component of algebraic expectation for working with CAS. In N. A. Pateman, B. J. Doherty, & J. Zilliox (Eds.), *Proc. 27<sup>th</sup> Conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 15-22). Honolulu, USA: PME.
- Ball, L., & Stacey, K. (2003). What should students record when solving problems with CAS? Reasons, information, the plan and some answers. In J. T. Fey, A. Cuoco, C. Kieran, L. Mullin, & R. M. Zbiek (Eds.), *Computer Algebra Systems in Secondary School Mathematics Education* (pp. 289-303). Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Buchenberger, B. (1989). Why Should Students Learn Integration Rules? *RISC-Linz Technical Report no. 89-7.0*. Linz, Austria: University of Linz.
- Ingelmann, M., & Bruder, R. (2006): CALiMERO – ein Modellversuch zu CAS-fähigen Taschencomputern ab Klasse 7 in Niedersachsen. In *Jahrestagung der GDM 2006*. Hildesheim, Germany: im Druck.
- Kieran, C., & Saldanha, L., (2005). Computer algebra systems (CAS) as a tool for coaxing the emergence of reasoning about equivalence of algebraic expressions. In H. L. Chick & J. L. Vincent (Eds.), *Proc. 29<sup>th</sup> Conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, pp. 193-200). Melbourne, Australia: PME.
- Lange, R., & Lehmann, R.: Ergebnisse der Erhebung von Aspekten der Lernausgangslage und der Lernentwicklung – Klasse 9 (LAU9). <http://www.ggg-hamburg.de/Inhalt/BSJB-LAU9-2001.html>.
- Kultusministerkonferenz (Eds.) (2004). Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Munich, Germany: KMK.
- Stacey, K. (2003). Using computer algebra systems in secondary school mathematics: Issues of curriculum, assessment and teaching. In W.-C. Yang, S.-C. Chu, T. de Alwis & M.-G. Lee (Eds.), *Proc. 8<sup>th</sup> ATCM* (pp. 40-54). USA: ATCM.

Feldfunktion geändert