

GeoGebraCAS

Didaktisches Computeralgebrasystem

gemeinsames Projekt von GeoGebra, Österreichisches GeoGebra Institut,
RFDZ für Mathematik und Informatik der PH NÖ und ACDCA

in Zusammenarbeit mit

der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich,
und der Johannes Kepler Universität Linz, Universität Wien

unterstützt vom Bundesministerium für

Unterricht, Kunst und Kultur

Evaluationsbericht

Beilage zum Rechenschaftsbericht Juni 2010

Dezember 2010

Verfasst von:

Peter Hofbauer, Walter Klinger, Evelyn Stepancik

Inhaltsverzeichnis

1. Evaluationsergebnisse des Lehrer/innenfragebogens	1
1.1 Oberfläche und Bedienung des GeoGebraCAS.....	3
1.2 Qualität des Unterrichts- und didaktischen Begleitmaterials	4
2. Evaluationsergebnisse des Schüler/innenfragebogens.....	6
3. Ergebnisse der Videos	8
4. Ergebnisse der Interviews	13
5. Schlussfolgerungen und Ausblick	14

1. Evaluationsergebnisse des Lehrer/innenfragebogens

Im Rahmen des GeoGebraCAS-Projekts haben wir die Lehrenden gebeten, zwei Online-Fragebögen auszufüllen. Die detaillierte Auswertung des ersten Fragebogens, dessen Items vor allem die Vorerfahrungen der Lehrenden und ihrer Klassen mit Computereinsatz im Mathematikunterricht erhoben haben, ist im Endbericht des GeoGebraCAS-Projekts¹ nachzulesen. Der zweite Fragebogen, dessen Ergebnisse hier nun vorgestellt werden, hat zum einen auf die Qualität und Handhabbarkeit des GeoGebraCAS, zum anderen auf die Qualität der Unterrichts- und didaktischen Begleitmaterialien abgezielt.

1.1 Oberfläche und Bedienung des GeoGebraCAS

Die Items zur Oberfläche und Bedienung des GeoGebraCAS gliedern sich in die folgenden drei Bereiche:

1. Vorgehensweisen und eventuellen Schwierigkeiten beim Installieren der Testversion
2. Vergleich des GeoGebraCAS mit anderen CAS
3. Beurteilung der einzelnen GeoGebraCAS Komponenten

Ad 1. Vorgehensweisen und eventuelle Schwierigkeiten beim Installieren der Testversion

Beim Installieren der Testversion von GeoGebraCAS traten bei den Testlehrer/innen unterschiedliche, aber nur geringfügige Probleme auf, die von den Lehrenden aufgrund ihrer Erfahrung beim Einsatz von Computern im Unterricht einfach gelöst werden konnten. Diese Probleme sind weder auf die Webstart- noch auf die Offline-Version von GeoGebraCAS zurückzuführen, sondern auf die Struktur der Schulnetzwerke. Fakt ist, dass die Schulnetzwerke (der Testlehrer/innen) noch nicht optimal auf Webversionen von Softwarepaketen vorbereitet sind. Das Verwenden einer Offline-Version hat aber den Nachteil, dass Updates und Änderungen immer erst spät für die Lehrenden und Lernenden im Schulnetzwerk verfügbar sind. Das kann sogar dazu führen, dass Schüler/innen und Lehrer/innen zuhause mit einer aktuelleren Version von GeoGebraCAS arbeiten können als in der Schule.

Ad 2. Vergleich des GeoGebraCAS mit anderen CAS

Beim Vergleich des GeoGebraCAS mit anderen Computeralgebrasystemen (vor allem Derive und verschiedene TI-Versionen) besticht GeoGebra bzw. GeoGebraCAS durch die Veranschaulichung mathematischer Zusammenhänge. Die Testlehrer/innen merken allerdings Folgendes an:

- Eingaben abseits der zur Verfügung stehenden Beispiele bereiten noch Probleme
- Bevorzugung der Variablen x und y
- Noch keine Steuerung über Icons
- Wenig Benutzerfreundlichkeit
- Taschenrechner ähnliches Arbeiten noch nicht möglich

Hinsichtlich der Benutzerführung hoffen die Testlehrer/innen auf eine bessere Menüführung und die Möglichkeit mehrere Algebrafenster nebeneinander anordnen zu können. Weiters wird festgestellt, dass das Zusammenspiel von dynamischer Geometrie und CAS-Bereich noch nicht einwandfrei funktioniert. Die Darstellung von Brüchen und Hochzahlen ist derzeit noch nicht zufriedenstellend, auch die Möglichkeiten zwischen „Wort“ und „Zeichen“ bei der Eingabe zu unterscheiden, wird vermisst. Die Syntax für das Lösen von Gleichungen scheint manchen Kollegen/innen Schwierigkeiten zu bereiten. Der allgemeine Wunsch, aus dem CAS-Fenster auch drucken zu können, ist einige Male formuliert worden.

¹<http://rfdz.ph-noe.ac.at/forschung/publikationen/computeralgebra.html>

Ad 3. Beurteilung der einzelnen GeoGebraCAS Komponenten

Beurteilt werden die einzelnen Komponenten des GeoGebraCAS von den Testlehrer/innen mit folgenden Durchschnittsnoten:

- Syntax Eingabe: 2,2
- Ausgabeform der Ergebnisse: 2,5
- Oberfläche des GeoGebraCAS: 2,8
- Möglichkeiten der Auswertung einer Eingabe: 2,6

In den Kommentaren zu diesen Beurteilungen geben die Testlehrer/innen nachfolgende Gründe für ihre Beurteilung an:

- Das Verändern der Schriftgröße wirkt sich nicht immer (sofort) aus.
- Die Menüleiste ist noch wenig ansprechend. Entsprechende Icons werden gewünscht.
- Die Ausgabeform der Zahlen (vor allem unnötige Dezimalstellen) wird als störend empfunden.
- Die Möglichkeit Eingaben vom CAS direkt in die Eingabezeile zu übernehmen, fehlt bzw. ist nicht klar.
- Unerwartete Reaktionen hat das GeoGebraCAS beim Befehl „Faktorisierere“ und „Löse2“ gebracht.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse also einige Schwächen dieser pre- α -Version auf. Dennoch geben die Lehrenden an, dass es den Schüler/innen beim Arbeiten mit dem GeoGebraCAS gut ergangen ist.

1.2 Qualität des Unterrichts- und didaktischen Begleitmaterials

Insgesamt werden die Unterrichtsmaterialien und didaktischen Begleitmaterialien von den Testlehrer/innen gut angenommen. Der Aufbau des Verlaufsplans (Einführung, Erarbeitungsphase, Zusammenfassung, Lernzielkontrolle, Anwendung/Differenzierung/Übung/Vertiefung und Hausübung) ist für fast alle Testlehrer/innen sehr gut bzw. gut zur Beschreibung und Gestaltung von Unterricht geeignet. Die geschätzte Dauer zur Erprobung des Materials wurde nach Ansicht der Tester/innen von den Ersteller/innen gut eingeschätzt. Auch mit den Erklärungen zur Bedienung des GeoGebraCAS waren die Lehrenden sehr zufrieden (Durchschnittsnote: 1,7).

Das im Begleitmaterial angeführte mathematische und technische Vorwissen, das die Schüler/innen für die Aufgabenstellungen benötigen, war für alle Testlehrer/innen passend formuliert und angegeben. Die Zusammenfassung und Kurzinformation waren für alle Lehrenden hilfreich bei der Wahl des mathematischen Themas. Besonders hervorgehoben werden bei den Begleitmaterialien die für manche Materialien erstellten Videos und der persönliche Kontakt zu den Materialerstellern/innen, der aber nur aufgrund dieser kleinen ersten Testphase möglich war.

Das Erreichen der Lernziele mit den getesteten Materialien scheint den Testlehrer/innen grundsätzlich möglich. Hier müssen die Materialien aber erst ihren „Echttest“ bestehen, da die meisten Testlehrer/innen mit ihren gewählten Materialien bereits erlernte bzw. durchgenommene Inhalte wiederholt haben und ihre Aussagen daher auf Vermutungen basieren.

Die Materialersteller/innen haben im Begleitmaterial auch versucht, den Mehrwert des Einsatzes von CAS zu beschreiben. Bei der Beurteilung dieses (intendierten) Mehrwerts gehen die Meinungen der Testlehrer/innen auseinander. Einige stimmen zu, einige nicht. Für machen war diese erste Testphase vorrangig ein Programm-Test.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Unterrichts- und Begleitmaterialien von dieser kleinen Testgruppe sehr gut bewertet werden. Beim didaktischen Mehrwert herrscht allerdings schon in dieser kleinen Gruppe (mit CAS-Erfahrung!) interessanterweise keine einheitliche Meinung. In Zukunft wird also

noch verstärkt am Aufspüren des didaktischen Mehrwerts zu arbeiten sein und die erstellten Materialien müssen sich im geplanten großen Testlauf (SS 2011) bewähren.

2. Evaluationsergebnisse des Schüler/innenfragebogens

Im Rahmen des GeoGebraCAS-Projekts haben die Schüler/innen der Testklassen einen Online-Fragebogen zu absolvieren gehabt. Die Items des Schüler/innenfragebogens gliedern sich in die folgenden drei Bereiche:

1. Eigene Einschätzung der Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit technologischen Hilfsmitteln im Mathematikunterricht
2. Sprache und Gestaltung der Arbeitsblätter
3. Beurteilung der GeoGebraCAS Komponenten

An der Online-Evaluation nahmen 181 Schüler/innen teil, davon waren 40% Mädchen und 60% Burschen. Die meisten Schüler/innen – nämlich 36% der 181 Schüler/innen – waren aus der 6. Klasse AHS bzw. 2. BHS.

Ad 1. Eigene Einschätzung der Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit technologischen Hilfsmitteln im Mathematikunterricht

Wie zu erwarten gewesen ist, arbeiten mehr als die Hälfte der Schüler/innen (~ 62%) sehr oft bzw. oft mit technologischen Hilfsmitteln wie Computer, Notebook, programmierbarer Taschenrechner etc. im Mathematikunterricht. Etwas mehr Schüler/innen (66%) schätzen ihre eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit technologischen Hilfsmitteln im Mathematikunterricht als sehr gut (~ 22%) bis gut (~ 44%) ein. Auch dieser kleine Datensatz bestätigt einmal mehr, dass Mädchen ihre Computerkenntnisse bzw. -fertigkeiten meist geringer einschätzen als Buben, denn nur 9,7% der hier befragten Mädchen bewerten ihre Fähigkeiten im Umgang mit Technologie im Mathematikunterricht mit sehr gut. Bei allen anderen Teilbereichen dieser Befragung gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Buben. Erstaunlich hinsichtlich der technologischen Fertigkeiten ist hier aber auch, dass Schüler/innen der 3. Klasse ihre technologischen Kompetenzen viel häufiger (32%) als sehr gut einstufen.

Ad 2. Sprache und Gestaltung der Arbeitsblätter

Interessant sind die Ergebnisse zur Qualität der Unterrichtsmaterialien bzw. Arbeitsblätter, die die Schüler/innen bearbeitet haben. Insgesamt beurteilen 65% der Schüler/innen die Sprache der Arbeitsblätter als sehr gut bzw. gut verständlich, allerdings vergeben die Schüler/innen der 7. Klasse AHS bzw. 3. Klasse BHS nie eine sehr gute Beurteilung für die Sprache der Arbeitsblätter. Ähnlich wird die Gestaltung der Arbeitsblätter beurteilt. Hier geben wiederum etwa 65% der Schüler/innen an, dass die Arbeitsblätter sehr ansprechend bis ansprechend gestaltet sind und auch hier vergeben die Schüler/innen der 7. Klasse AHS bzw. 3. Klasse BHS nie eine sehr gute Beurteilung.

Ad 3. Beurteilung der GeoGebraCAS Komponenten

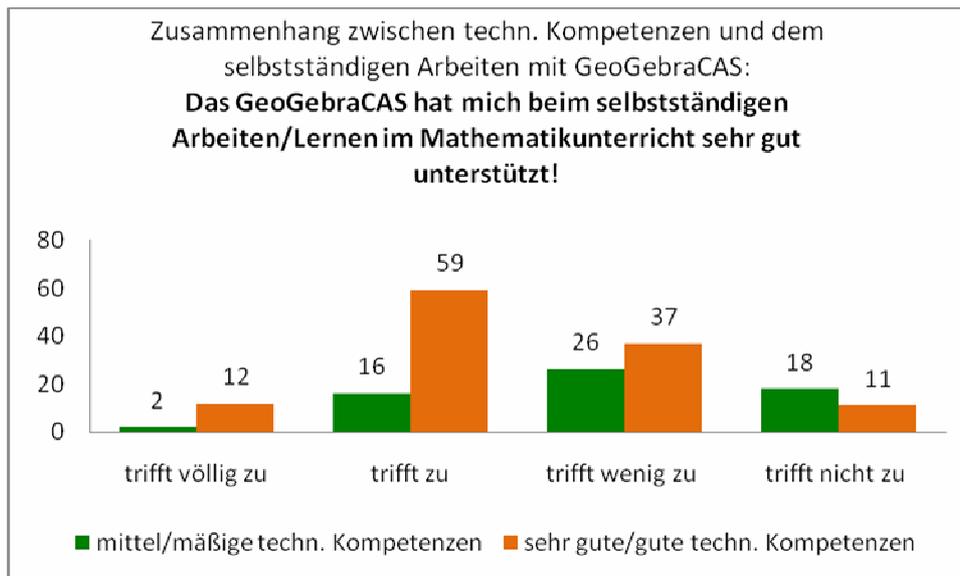
Beurteilt werden die einzelnen Komponenten des GeoGebraCAS von den Schüler/innen mit folgenden Durchschnittsnoten:

- Eingabe mathematischer Ausdrücke: 2,4
- Ausgabe der Ergebnisse: 2,2
- Bedienung des GeoGebraCAS: 2,5

Bemerkenswert ist bei diesen Beurteilungen, dass Schüler/innen der 7. Klasse AHS bzw. 3. Klasse BHS keine einzige (!) der GeoGebraCAS Komponenten mit nicht genügend beurteilen.

Alle weiteren Unterschiede zwischen den einzelnen Schulstufen sind wenig signifikant. Interessant, aber gleichzeitig auch wenig überraschend ist, dass Schüler/innen, die ihre eigenen technologischen Kompetenzen nur mit mittel oder mäßig beurteilen, vom GeoGebraCAS kaum beim selbstständigen

Arbeiten/Lernen im Mathematikunterricht unterstützt werden, jedoch Schüler/innen, die ihre eigenen technologischen Kompetenzen sehr gut oder gut beurteilen, vom GeoGebraCAS recht gut beim selbstständigen Arbeiten/Lernen im Mathematikunterricht unterstützt werden.



Insgesamt zeigen die Ergebnisse also, dass die Schüler/innen ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit technologischen Hilfsmitteln im Mathematikunterricht recht hoch einschätzen, was bei der vorliegenden Testgruppe auch wenig verwundert, da diese Lernenden gewohnt sind, mit technologischer Unterstützung im Mathematikunterricht zu arbeiten. Interessant ist, dass die Arbeitsblätter von den Schüler/innen der 11. Schulstufe nie sehr gut beurteilt werden. Leider kann nachträglich nicht mehr festgestellt werden, welche der derzeit vorliegenden Arbeitsmaterialien von jenen Schüler/innen bearbeitet wurden.

3. Ergebnisse der Videos

Die hier in Rede stehenden Videos wurden in einer AHS, in zwei 3. Klassen, zwei 4. Klassen und einer 5. Klasse aufgenommen. Die Videos zeigen, wie die Schüler/innen eine gestellte Aufgabe mit dem GeoGebraCAS lösen. Mittels der an der Schule verfügbaren Screenrecording Software – die die Schüler/innen schon kannten – war es ein Leichtes, das Arbeiten mit dem CAS aufzunehmen. Die Klassen erhielten eine Aufgabenstellung aus einem Themenbereich, den sie zuvor schon mit dem GeoGebraCAS bearbeitet hatten. Daher war die Art der Aufgabenstellung nicht neu. Vorrangiges Ziel dieser Videos war, sondern einen Einblick zu bekommen, wie die Schüler/innen das GeoGebraCAS handhaben und bedienen können.

Folgende Aufgabenstellungen kamen hierbei zum Einsatz:

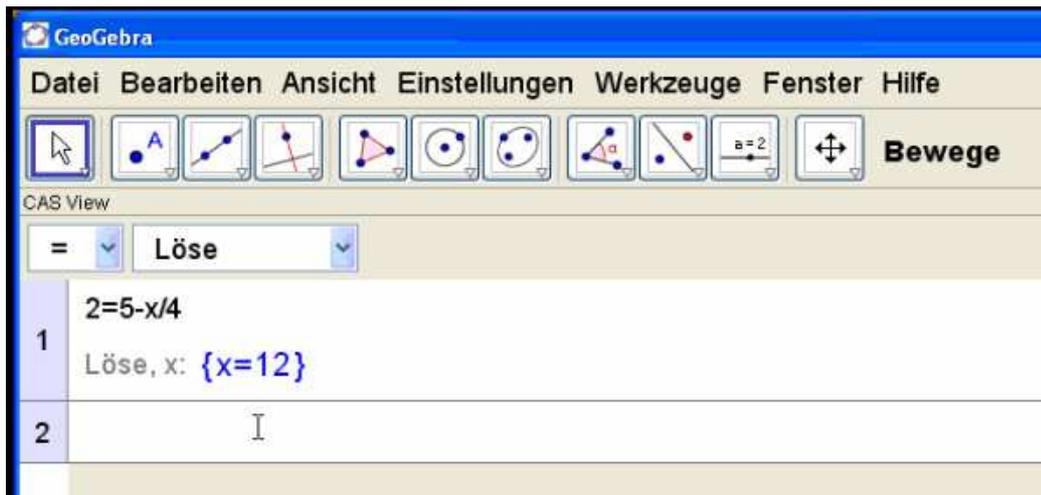
- 3. Klasse: Äquivalenzumformungen bei Gleichungen
- 4. Klasse: Formeln ergänzen (Arbeiten binomische Formeln)
- 5. Klasse: Äquivalenzumformungen bei Gleichungen

Die gestellten Aufgaben konnten von einem sehr hohen Anteil der Schüler/innen gelöst werden. Besonders spannend war aber, die Beobachtung der verschiedenen Tätigkeiten im GeoGebraCAS.

Ad 3. und 5. Klasse: Äquivalenzumformungen bei Gleichungen

Bei der damals zur Verfügung stehenden Version konnten die Schüler/innen der 3. und 5. Klasse die Gleichung eingeben und hatten anschließend verschiedene Möglichkeiten die Eingabe zu bestätigen bzw. zu manipulieren. Als wirkliche Hürde hat sich die für die Schüler/innen unübliche Funktionsweise der ENTER-Taste herausgestellt.

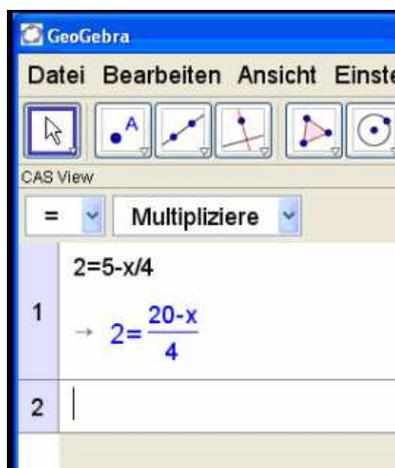
Ein weiteres interessantes Ergebnis zeigt dieser Screenshot des Videos.



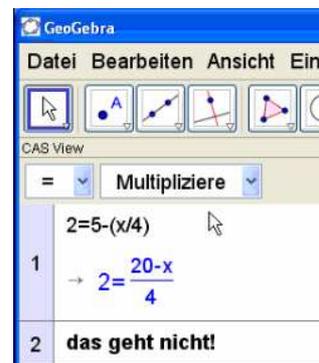
Hier hat die Schülerin die Gleichung in GeoGebraCAS eingegeben und verwendet den Löse-Befehl, der ohne schrittweise Umformung die Lösung der Gleichung anzeigt. Im Arbeitsblatt allerdings löst auch diese Schülerin die Gleichung ordnungsgemäß und richtig mit den einzelnen Umformungsschritten. Entweder wollte oder konnte die Schülerin die schrittweise Umformung mit dem GeoGebraCAS nicht, händisch jedoch schon vornehmen.

Zu guter Letzt sei noch ein Beispiel (wiederum eine Schülerin) ausführlicher vorgestellt, da es die vielschichtigen Schwierigkeiten, die zuvor angesprochen wurden aufzeigt.

Die Schülerin startet drei Versuche. Jedes Mal bestätigt sie die Eingabe der Gleichung mit der ENTER-Taste und weiß mit dem umgeformten Ausdruck nichts/wenig anzufangen.

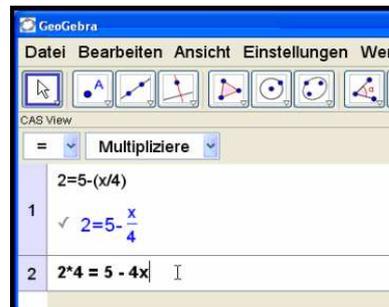
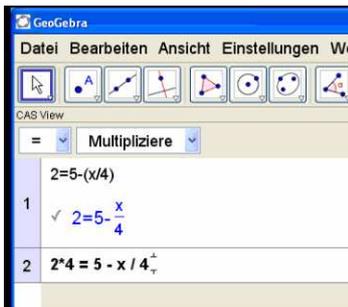


Die Schülerin vermutet, dass die Form der Ausgabe auf ihre Art der Eingabe zurückzuführen ist, denn sie korrigiert Verschiedenes in ihrer Eingabe. Einmal löscht sie Leerzeichen zwischen den Zahlen und dem „=“ weg, einmal fügt sie welche hinzu, immer aber mit dem Resultat, dass sich an der Ausgabe nichts ändert.



Bei einem anderen Versuch, setzt sie den Bruch in Klammern, was aber wiederum aufgrund der ENTER-Taste an ihrer Ausgabe nichts ändert.

Dann kommuniziert sie sogar mit den Evaluatoren/innen via Videoaufzeichnung und startet noch einen Versuch. Jetzt endlich weiß sie oder wurde informiert, dass mittels \checkmark die Eingabe gehalten wird. Sie weiß aber nicht, wie sie eine einzelne Äquivalenzumformung in GeoGebraCAS auf die gesamte Gleichung anwenden kann und gibt dazu zumindest teilweise „*4“ bei den Teilausdrücken der Gleichung ein.

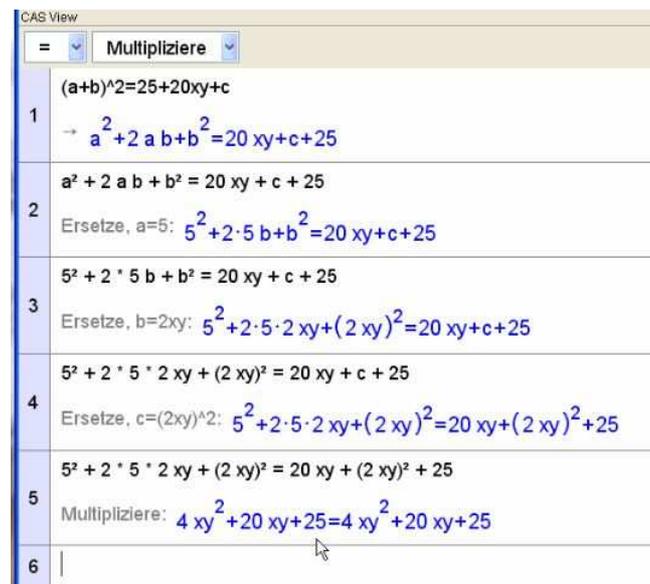


Schlussendlich gibt die Schülerin mit dem letzten Screenshot, der einen ganz typischen Umformungsfehler aufzeigt, auf.

Ad 4. Klasse: Formeln ergänzen (Arbeiten binomische Formeln)

Die Schüler/innen der beiden vierten Klassen haben bisher viel mit GeoGebra gearbeitet, als CAS wurde jedoch vorwiegend DERIVE verwendet. Während der GeoGebraCAS-Testphase haben die Schüler/innen anhand unterschiedlicher Themenbereiche in zwei bis drei Unterrichtsstunden das GeoGebraCAS kennen gelernt. Danach wurde der Test zum Thema Binomische Formeln durchgeführt. Hierbei musste durch Einsetzen für a , b und c in $(a - b)^2 = 25 - 20xy + c$ die Formel vervollständigt werden.

Bei der Analyse der Videos der Schüler/innen beider 4. Klassen zeigte sich, dass 20 von 43 Schüler/innen Schwierigkeiten mit dem GeoGebraCAS bei der Eingabe des Produktes von $x \cdot y$ hatten. Denn die Eigenheit der damals verwendeten GeoGebraCAS-Version interpretiert die Eingabe xy als eine einzige Variable der Form xy . D.h. diese GeoGebraCAS-Version unterscheidet nicht zwischen Character und Word. Das führte bei 20 Schüler/innen (14 Burschen und 6 Mädchen, das entspricht etwa dem Verhältnis von 28 Burschen zu 15 Mädchen insgesamt) dazu, dass sie ihre letzte Ausgabezeile beim Bearbeiten der Aufgabe mit dem GeoGebraCAS – möglicherweise aus Gründen von Ungenauigkeit oder Schlampigkeit – für identisch mit ihrer händisch richtig ermittelten Lösungen erachteten und den Fehler des CAS bzw. ihrer Eingabe nicht erkannten. Die Zeile 5 des nachfolgenden Screenshots zeigt exemplarisch das Ergebnis dieser 20 Schüler/innen.



² Die richtige Lösung ist $4x^2y^2 + 20xy + 25$ oder $4(xy)^2 + 20xy + 25$

Von diesen 20 Schüler/innen hatten alle auf ihrem Arbeitsblatt die richtige Lösung $4x^2y^2 + 20xy + 25$ und 13 von 20 Schüler/innen akzeptierten die GeoGebra-Ausgabe $4xy^2 + 20xy + 25$ als richtig und mit ihrer Lösung gleichwertig. Die anderen 8 Schüler/innen (6 Burschen und 2 Mädchen) erkannte jedoch die falsche Ausgabe (sie sind von DERIVE gewöhnt, dass die Eingabe von xy automatisch als $x*y$ interpretiert wird) in unterschiedlichen Phasen der Bearbeitung, besserten diesen Fehler aus und starteten mit einer neuen Bearbeitung.

Eine weitere Fehlerquelle lieferte das GeoGebraCAS aufgrund der Voreinstellung des `Casesensitiv`-Modus. Ein Schüler hatte für den Kleinbuchstaben c den Großbuchstabe C eingegeben. Dieser Schüler erkannte beim Ersetzen für den Kleinbuchstaben c seinen Fehler, begann erneut den Test und führte ihn dann erfolgreich zu Ende.

Weitere Probleme traten beim Befehl `Faktorisiere` auf. Das im GeoGebraCAS implementierte `mathpiper` kann Produkte der Form $4x^2y^2 - 20xy + 25$ nicht umformen. Als Ausgabe wurde hierbei ein `?` geliefert. Was wiederum von den Schüler/innen in ihrem GeoGebra-File vermerkt und somit dem Evaluationsteam mitgeteilt wurde (z.B.: „Faktorisiere funktioniert NICHT!!!“).

CAS View	
=	Faktorisiere
3	$5^2 - 2 \cdot 5 \cdot b + b^2 = c + 25 - 20 \cdot x \cdot y$ Ersetze, $b=2 \cdot x \cdot y$: $5^2 - 2 \cdot 5 \cdot 2 \cdot x \cdot y + (2 \cdot x \cdot y)^2 = c + 25 - 20 \cdot x \cdot y$
4	$5^2 - 2 \cdot 5 \cdot 2 \cdot x \cdot y + (2 \cdot x \cdot y)^2 = c + 25 - 20 \cdot x \cdot y$ Ersetze, $c=4 \cdot x^2 \cdot y^2$: $5^2 - 2 \cdot 5 \cdot 2 \cdot x \cdot y + (2 \cdot x \cdot y)^2 = 4 \cdot x^2 \cdot y^2 + 25 - 20 \cdot x \cdot y$
5	$5^2 - 2 \cdot 5 \cdot 2 \cdot x \cdot y + (2 \cdot x \cdot y)^2 = 4 \cdot x^2 \cdot y^2 + 25 - 20 \cdot x \cdot y$ Multipliziere: $4 \cdot x^2 \cdot y^2 - 20 \cdot x \cdot y + 25 = 4 \cdot x^2 \cdot y^2 - 20 \cdot x \cdot y + 25$
6	$4 \cdot x^2 \cdot y^2 - 20 \cdot x \cdot y + 25 = 4 \cdot x^2 \cdot y^2 - 20 \cdot x \cdot y + 25$ Faktorisiere: ?
7	

Bezogen auf den Genderaspekt lässt sich anmerken, dass die Mädchen zwar eine gleiche Anzahl an richtigen Lösungen hatten, dass die Burschen aber viel öfter experimentierten – die Videos bei Burschen sind häufig doppelt so lang – und die Mädchen ihre Strategie meist ohne Abschweifung durchziehen.

Wie bei den Aufgabenstellungen der 3. und 5. Klasse ist auffällig, dass mehrere Schüler/innen die Funktion des `✓` nicht kennen bzw. nicht verwenden. Bei diesem Beispiel hatte die Verwendung der ENTER-Taste jedoch nicht so gravierende Veränderung des Ausdrucks zur Folge wie beim Gleichungslösen, wodurch keine weiteren Probleme aufgetreten sind.

4. Ergebnisse der Interviews

Mit je zwei Schülerinnen und zwei Schülern dieser ausgesuchten Klassen wurden im Anschluss an die absolvierten Aufgaben Gruppeninterviews durchgeführt.

In der 3. Klasse wird fast immer einmal pro Woche im Mathematikunterricht mit dem Computer gearbeitet. Eine der beiden Klassen hat auch schon in der 1. und 2. Klasse mit GeoGebra – vor allem im Bereich der Geometrie – gearbeitet. Hier fällt auf, dass die Schüler/innen sich noch sehr genau an ihre Tätigkeiten und damit an den Umgang mit GeoGebra erinnern können. Zuhause haben alle Schüler/innen einen Computer, auf dem auch GeoGebra installiert ist. Allerdings überprüfen nur Schüler/innen einer 3. Klasse ihre Hausübungen bzw. ihre Fehler auch mit GeoGebraCAS. Die Schüler/innen der anderen 3. Klasse wenden sich bei Fehlern in der nächsten Schulstunde an ihren Lehrer bzw. ihre Lehrerin. Die Arbeitsblätter waren für die Schüler/innen der 3. Klasse sehr verständlich und gut aufbereitet. Ihnen war stets klar, was sie zu tun hatten. Die Schüler/innen der Klasse, die GeoGebraCAS auch zuhause nützen, erwarten vom CAS, dass beim Ausschalten des Zeichenblattes auch die Eingabezeile verschwindet. Da dies derzeit nicht der Fall ist, werden sie dazu verleitet, hier Eingaben zu tätigen, die dann aber im CAS nicht aufscheinen.

Auch in der 4. Klasse arbeiten die Schüler/innen einmal pro Woche im Mathematikunterricht mit dem Computer. Die Schüler/innen vergleichen GeoGebraCAS mit Derive. Dabei vertreten sie folgende Meinungen:

- a. Derive ist weniger verwirrend, wenn wirklich nur im CAS gearbeitet wird. Denn das GeoGebra-Zeichenblatt verwirrt.³
- b. GeoGebra ist besser, weil die Eingabe einfacher als in Derive ist.
- c. Wenn man vorher schon mit Derive gearbeitet hat, dann ist auch GeoGebraCAS leicht zu handhaben, da sie Systeme ohnehin ähnlich funktionieren.

Auch in der 4. Klasse ist es so, dass alle zuhause einen Computer mit den mathematischen Programmen haben, genutzt werden diese Programme zuhause aber nur von einer Klasse. Hier geben die Schüler/innen an, dass sie manchmal im Rahmen von Projekten zuhause dann noch mit den mathematischen Programmen arbeiten. Eine Schülerin verwendet Derive als besseren Taschenrechner, da sie damit ihre Eingaben schneller ausbessern kann. Die Arbeitsblätter waren auch für die Schüler/innen dieser Schulstufe verständlich formuliert, es war alles Wichtig erklärt und gut beschrieben. Eine Schülerin weist allerdings darauf hin, dass wichtige Wörter auch fett formatiert sein sollten.

Die Schüler/innen der 5. Klasse verwendeten bisher als CAS vorwiegend Derive. In der 2., 3. und 4. Klasse haben sie GeoGebra vor allem durch die Lernpfade kennen gelernt. Erstaunlich ist, dass sie sich sogar noch ans Zeichnen der Häuser erinnern können. Die DropDown-Liste der Befehle empfinden die Schüler/innen der 5. Klasse als ungeeignet, da sie sich dabei leicht vertippen. Als Alternative würden sie Buttons bevorzugen. Hinsichtlich der Arbeitsblätter meinen jene Schüler/innen, dass die Angaben schüler/innenfreundlicher formuliert werden sollten.

³ Eventuell wussten die Schüler/innen nicht, wie man das Zeichenblatt ausblenden kann.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Aus den Ergebnissen der Evaluation lassen sich wesentliche Erkenntnisse darüber ableiten, welche einzelnen Projektschritte notwendig sind, um das Ziel des Gesamtprojekts, mit GeoGebraCAS ein didaktisches CAS für den Unterricht beginnend in der SEK1 zu entwickeln, erreichen zu können.

1) Die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Unterrichts- und Begleitmaterialien für Schüler/innen und Lehrer/innen

Die Evaluationsergebnisse lassen erfreulicherweise darauf schließen, dass die zum Unterricht notwendigen Unterlagen vom Projektteam bereits auf hohem Niveau entwickelt wurden und sowohl von Schülern/innen als auch von Lehrern/innen nahezu ausnahmslos gut angenommen wurden. Kleine Änderungen aufgrund vereinzelter Rückmeldungen sind an den Materialien durchzuführen, generell kann aber davon ausgegangen werden, dass das derzeit verfolgte Konzept im weiteren Projektverlauf beibehalten werden sollte.

2) Die Schaffung eines stabilen mathematischen Kerns unter Berücksichtigung schulspezifischer Besonderheiten

Die Ergebnisse der Befragungen und vor allem auch die Videoanalysen bestätigen das Projektteam in der Auffassung, dass ein wesentlicher Baustein zur Erreichung des Projektziels die Stabilität des im Hintergrund arbeitenden CAS (derzeit MathPiper) ist. Die Analysen zeigen aber ganz deutlich, dass ein fehlerfrei arbeitender CAS-Kern für die Umsetzung der Idee eines didaktischen CAS alleine noch nicht ausreicht. Selbst in jenen mathematischen Bereichen, in denen mathematische Ungereimtheiten während des Projekts behoben werden konnten, zeigte sich im praktischen Einsatz, dass noch ein wesentlicher zusätzlicher Faktor für den Erfolg notwendig ist, nämlich: die Berücksichtigung von für die Unterrichtssituation wichtigen Besonderheiten. Insbesondere die Videoanalysen zeigten deutlich, dass etwa unterschiedliche Notationen und Schreibweisen wie z.B. das Vereinfachen von Termen, die Veränderung der Reihenfolge von Variablen bei der Ausgabe, usw., welche rein formalmathematisch bedeutungslos sind, auf den Lernprozess der Schüler/innen wesentlichen Einfluss nehmen. Im weiteren Verlauf des Projektes muss daher vermehrt Augenmerk auf das Auffinden genau solcher schulspezifischer Besonderheiten gelegt werden, die abseits der mathematischen Richtigkeit von Berechnungen wesentlichen Einfluss auf den Umgang der Schüler/innen (und damit auf den Lernprozess) mit dem CAS haben.

3) Die Entwicklung einer für Schüler/innen intuitiv erfassbaren Oberfläche

Die Videoanalysen und auch Teile der Befragungen lassen unmissverständlich darauf schließen, dass die derzeit im GeoGebraCAS verwendete Oberfläche eher negativen Einfluss auf die Handhabung des CAS hat. Dies verwundert insofern wenig, als im aktuellen Stadium des Projekts der Benutzeroberfläche noch nicht die notwendige Aufmerksamkeit geschenkt wurde, da andere Aufgaben vorrangig waren. Dennoch zeigen die Ergebnisse der Evaluation ganz deutlich, dass diesem Projektpunkt entscheidende Bedeutung zukommt. Es muss zu den prioritären Zielen des Projekts gehören, die intuitive Oberfläche, die entscheidend zum bisherigen Erfolg von GeoGebra beigetragen hat, auch auf den CAS-Teil von GeoGebra auszudehnen. Die Videos geben ganz klare Hinweise darauf, welche Eigenschaften diese Oberfläche aufweisen muss, im Zuge der Weiterentwicklung der mathematischen Möglichkeiten von GeoGebraCAS wird jedes Mal dringend zu hinterfragen sein, wie diese Möglichkeiten in der Benutzerführung abgebildet werden müssen, um den Schülern/innen einen Umgang mit dem CAS zu erlauben, der nicht von Handling-Problemen gekennzeichnet ist.