

A C D C A
(**Austrian** Center for the Didactics of Computer Algebra)

Forschungsprojekt

**"Der Mathematikunterricht im Zeitalter der
Informationstechnologie"**
(Felduntersuchung mit dem TI-92)

Teil VIII

Forschungsdesign und Leitfragen

**Zusammengestellt von
WALTER KLINGER
CHRISTIAN HOCHFELSNER**
Unterlagen von
**Manfred Kronfellner
Helmut Heugl**
und den Klassenkoordinatoren

**Stockerau
Dezember 1998**

VIII Forschungsdesign und Leitfragen

VIII-A Fachdidaktisches Forschungsdesign

Bereits im Dezember 1996/Jänner 1997 begann die Zentrale Planungsgruppe (ZPG), teilweise aufbauend auf Erfahrungen und Design des Derive-Projekts, eine Forschungsstruktur für das TI-92-Projekt zu erarbeiten.

1 Inhaltliche Strukturierung

Folgende strukturierende Begriffe wurden festgelegt:

- ◆ Beobachtungsfenster
- ◆ Rahmenthema
- ◆ Leitprinzipien
- ◆ Grundkompetenzen

1.1 Beobachtungsfenster

Ein Beobachtungsfenster ist eine kurze Unterrichtssequenz (2-4 Unterrichtsstunden) und beinhaltet einen sehr eng gefassten Forschungsauftrag: Der Lehrer hat nach einem gemeinsam vereinbarten, strikt einzuhaltenden Unterrichtsplan vorzugehen. Die Evaluation erfolgt einerseits durch Posttests, andererseits durch Beobachtungen des Lehrers. (Vgl. 2.3)

1.2 Rahmenthema

Ein Rahmenthema ist ein weiter gesteckter Untersuchungsbereich, meist ein ganzes in sich mathematisch geschlossenes Kapitel. Ein zu jedem Kapitel zur Verfügung gestellter Fragenkatalog (vgl. 3) sollte den Lehrer sowohl bei der Planung als auch bei seiner nachträglichen Reflexion leiten.

1.3 Leitprinzipien

Bei Leitprinzipien handelt es sich um methodisch-didaktische Vorgaben für die Planung von Unterrichtssequenzen (z. B. didaktische Prinzipien wie das White Box /Black Box Prinzip, das Black Box / White Box Prinzip, das Modulprinzip, u.Ä.) Sie können den Lehrern, die eine Unterrichtssequenz ausarbeiten, als Empfehlung oder Verpflichtung mitgegeben werden, je nachdem, ob der Inhalt oder das Leitprinzip das primäre Forschungsinteresse darstellt. Ziel war die Sammlung von Realisierungsmöglichkeiten und Erfahrungen bei der Umsetzung im Unterricht. Zur Evaluation sollen Reflexionen jedes einzelnen Lehrers dienen.

1.4 Grundkompetenzen

Durch veränderte Arbeitsbedingungen der Schüler muss es zwangsläufig zu einer Gewichtungverschiebung bei den Kompetenzen der Schüler kommen. Insbesondere ist durch den TI-92 eine Änderung bei den algebraischen Kompetenzen zu erwarten, ähnlich wie der gewöhnliche Taschenrechner seinerzeit zu einer anderen Gewichtung der numerischen Kompetenz geführt hat. Handlingskompetenz kommt notwendigerweise hinzu, was zur Reduktion der Ansprüche bei anderen Kompetenzen (insbesondere bei der algebraischen) führen muss. Eine sinnvolle Verwendung des Gerätes legt auch ein Mindestmaß an graphischer und geometrischer Kompetenz, Modellbildungskompetenz und Interpretationskompetenz nahe. Ziel dieses Forschungspunktes war es, eine Neugewichtung dieser Kompetenzen (angesichts der gleichbleibenden Zeitressourcen) zu überlegen, Erfahrungen dazu zu sammeln und zu dokumentieren.

1.5 Prüfungssituation

Wie verändert der TI-92 die klassische Schularbeit? Verändert sich auch das Verhältnis von Schularbeiten zu anderen Formen der Leistungsbeurteilung?

1.6 Curriculare Änderungen

Mittelfristig: Zu welchen Schwerpunktsverschiebungen kommt es im bestehenden Lehrplan?

Langfristig: Welche neuen Ziele und Inhalte können/sollen in einen Lehrplan aufgenommen werden, welche können reduziert bzw. weggelassen werden?

1.7 Geschlechtsspezifische Aspekte

Die bereits an mehreren Stellen, insbesondere in Zusammenhang mit Naturwissenschaften bzw. neuen Technologien gemachten Erfahrungen legen nahe, den unterschiedlichen Motivationslagen und/oder Fähigkeiten von Burschen und Mädchen besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

2 Forschungsmethoden

2.1 Versuchs- und Kontrollgruppen

Eine naheliegende Forschungsform bei einer Untersuchung, an der eine größere Zahl von Klassen beteiligt ist, wäre ein Vergleich zwischen Versuchsklassen (VK; mit TI-92) und Kontrollklassen (KK; ohne TI-92) gewesen. Nach intensiven Diskussionen in der ZPG kam man überein, keine Kontrollklassen einzuführen. Neben anderen Argumenten seien vor allem die folgenden hervorgehoben:

- ◆ Es ist praktisch unmöglich, nur die Variable "mit/ohne TI-92" zu untersuchen und alle anderen Einflussgrößen als gleich (oder wenigstens vergleichbar) zu bezeichnen. Beobachtete Unterschiede zwischen VK und KK könnten auf viele Ursachen, nicht nur auf die Existenz eines TI-92 zurückgeführt werden.
- ◆ Angesichts dieser Fragwürdigkeit erschien der organisatorische Aufwand nicht vertretbar: Sollte man zu den ca. 70 VK noch weitere (70?) KK suchen und inhaltlich parallelisieren? Sollte man von den bereits registrierten 70 Projektlehrern einen Teil zwingen, ohne TI-92 zu unterrichten, um die eigene Klasse als KK zur Verfügung stellen zu können?

2.2 Machbarkeitsstudie

Als Alternative zur KK-Methode wurde dann vorgeschlagen, sich (vor allem in den Beobachtungsfenstern) auf die Frage der Machbarkeit der Vermittlung besonders innovativer Inhalte und Kompetenzen zu beschränken. Zur Evaluation sollten die minutiös geplanten Beobachtungsfenster und die Posttestergebnisse herangezogen werden.

Auf diesem Gebiet können die Ergebnisse des Projekts schon jetzt als richtungsweisend bezeichnet werden.

2.3 Erhebungen zur Einschätzung der Lehrer

Neben den in 2.2 erwähnten Untersuchungszielen sollten auch die Wahrnehmungen der betroffenen Lehrer systematisch gesammelt und untersucht werden: Welche inhaltlichen bzw. methodischen Gewichtungverschiebungen scheinen sich durch den Einsatz des TI-92 zu ergeben? Wie empfinden die betroffenen Lehrer das Abgehen von vertrauten Inhalten und Methoden?

Als Untersuchungsmethode wurde anfangs die von der "Action Research" stammende Methode des Forschungstagebuches vorgeschlagen (vgl. Altrichter/Posch): Der Lehrer sollte die Reflexionen über seinen Unterricht systematisch in schriftlicher Form sammeln. Diese Methode wurde aber letztlich von der ZPG als für den Lehrer unzumutbare Mehrarbeit abgelehnt (obwohl man eigentlich gerade von TI-92-Schülern etwas sehr Ähnliches, nämlich bei jeder Aufgabe das nachträgliche Protokollieren seines Lösungsweges, verlangt.)

Anstelle des Forschungstagebuches sollten dann die Meinungen von Lehrern bzgl. Stellenwert- und Gewichtungverschiebungen einerseits (insbesondere was Methoden anlangt) in der externen Evaluation (vgl. 2.4) erhoben werden. Andererseits wurde die Evaluation (insbesondere in Hinblick auf inhaltliche Verschiebungen) durch eine, an den aktuellen Lehrplan angelehnte Liste von Fragen (bzw. Anregungen zur Reflexion; vgl. 3) durchgeführt. Die Sammlung der Ergebnisse erfolgte klassenweise in Gruppen. Dabei wurden folgende Möglichkeiten des TI-92-Einsatzes – neben einer Vielzahl von anderen Erwähnungen – mehrmals betont:

- ◆ Änderung der Lehrerrolle: weniger Vortrag, mehr Helfer, partnerschaftlich
- ◆ Unterrichtsstil: Lehrervortrag nimmt ab, mehr Partner- und Gruppenarbeit, Experimentieren, Forschen; Schüler sind zu konsequenter Mitarbeit gezwungen, gegenseitige Hilfestellungen
- ◆ Praxisnähere Problemstellungen, mehr Anwendungsaufgaben, auch aufwändige Beispiele
- ◆ Problemstellungen werden auch von Schülern aufgeworfen
- ◆ verschiedene Lösungswege sind möglich
- ◆ Motivation ist höher, allerdings wächst auch die Kluft zwischen motivierten und uninteressierten Schülern
- ◆ Schüler sind gezwungen (aber auch in der Lage), sich Problemlösefähigkeiten anzueignen
- ◆ Verstehen steht im Vordergrund, Interpretieren nimmt zu
- ◆ Rechenfehler gehen zurück bzw. spielen keine große Rolle mehr

In Bezug auf mathematische Inhalte wurde am häufigsten die Möglichkeit genannt, bei Funktionen (bzw. auch algebraischen Gleichungen) Term, Tabelle und Graph praktisch gleichzeitig nebeneinander zur Verfügung zu haben.

Inhaltliche Schwerpunktverschiebungen wurden noch nicht sehr viele gesehen:

- ◆ Grenzprozesse werden greifbarer, durchführbarer, Definition von Begriffen rückt mehr in den Vordergrund (im Gegensatz zu früher, wo bald nach der Definition die Erarbeitung bzw. Einübung von Algorithmen einsetzte und den Begriffsbildungsprozess zurückdrängte)
- ◆ Factorbefehl verdrängt die Polynomdivision, Sätze von Vieta sind gut zu zeigen.

2.4 Externe Evaluation

Neben den Vorschlägen zur internen Evaluation (durch die Lehrer selbst, gegebenenfalls auch durch die ZPG) gab es – wie auch schon im Derive-Projekt – eine externe, sehr professionell durchgeführte Evaluation durch das Zentrum für Schulversuche und Schulentwicklung in Graz unter der Leitung von HR Dr. Grogger.

3. Anhang: Leitfragen (wie an die Projektlehrer ausgeteilt)

- **Wo und in welcher Weise war der TI-92 hilfreich / problematisch / hinderlich ?**
- **Gibt es Veränderungen in den Schüleraktivitäten ?** (Eigenständiger Wissenserwerb / Steuerung durch Lehrer; Veränderungen im Zusammenhang mit Hausübungen; Veränderungen bzgl. Schülermedien: Schulübungsheft, Hausübungsheft, Verwendung des Buches, zusätzliche Materialien; ...)

- **Hat der TI-92 die Lehrerrolle / Unterrichtsorganisation verändert?**
(Arbeitserleichterung / -erschwerung bei der Vorbereitung, in der Klasse (z.B. bei Hausübungsbesprechung/-kontrolle, Stoff-Neuarbeitung, Üben)
- **Wie wirkt sich der TI-92 auf die Prüfungssituation aus?** (Art der Aufgaben, Dokumentation der Lösungswege, Korrektur, Beurteilung, ...; bitte Unterlagen zum Seminar mitbringen!)
- **Weitere Bemerkungen**

Im Folgenden sind klassenweise und kapitelweise (weitgehend der Struktur des Lehrplanes entsprechend) Schlagwörter angeführt, bei denen eine Gewichtsverschiebung bzw. Standpunktsverlagerung durch den TI-92 möglich ist. Diese Liste soll als Anregung dienen, ob auch in Ihrem Unterricht solche Veränderungen eingetreten sind, bzw. ob Sie solche Veränderungen für wünschenswert oder möglich halten.

3. Klasse

Stoffbezogene Leitfragen

Ganze und rationale Zahlen:

- Wann soll der TI-92 eingeführt werden?
- Handkalkülfertigkeiten - Änderungen?
- Hilfe beim Verstehen der Gesetze?
- Potenzschreibweise - Veränderungen?

Variablen-Terme-Gleichungen:

- Handkalkülkompetenz - was ist noch nötig? Vergleich mit "Nicht-TI-92-Schülern"
- Strukturerkennungskompetenz
- Rolle des Rechners in der WHITE-BOX-Phase des Termrechnens?
- Rolle des Rechners in der WHITE-BOX-Phase des Gleichungslösens?
- Vorteile bei Anwendungsaufgaben?
- Vorteile beim Interpretieren und Umformen von Formeln?
- Testkompetenz? Äquivalenzerkennungskompetenz?

Geometrie:

- Rolle von CABRI-Geometrie
- Rolle beim Herleiten von Formeln
- Rolle bei Anwendungsaufgaben

Modellbildung:

- Rolle des TI bei den 3 Phasen des Problemlöseprozesses:
Modellbilden, Operieren, Interpretieren

Verzinsungsproblem:

- Rekursive Modelle \Leftrightarrow Formeln
- Können durch rekursive Modelle komplexere Probleme wie Schuldentilgung behandelt werden?

Projekte

- Rolle des TI bei Projekten

Welche Inhalte ändern sich besonders? Welche kommen neu dazu?

Didaktische und sonstige Fragen

Sind didaktische Prinzipien wie etwa

WHITE BOX/BLACK BOX, BLACK BOX/WHITE BOX, MODULPRINZIP

hilfreich (für Planung, für Analyse von Unterricht)?

Änderungen in der Lehrerrolle?

Werden die verwendeten Materialien

v selbst erstellt

v stammen vom Schulbuch

v sonstige, welche?

Module:

Bauen Schüler welche? (Beispiele)

Stellt der Lehrer welche zur Verfügung?

TI-Prüfungssituation:

v technische Probleme

v Noten

v Handlingfragen

v Dokumentation

v Veränderung bei Inhalten

v Rolle und Gewicht der Schularbeit

v Bedeutung der Partner- und Gruppenarbeit

Rechnerorientierte Fragen

Rolle der verschiedenen Applikationen

1: HOME

2: Y= EDITOR

3: WINDOW

4: GRAPH

5: TABLE

6: DATA-MATRIX EDITOR

7: PROGRAMMEDITOR

8: GEOMETRIE

9: TEXT EDITOR

Typische Handling-Probleme

Rolle der verschiedenen Prototypen von Funktionen (Tabelle-Graph-Data/Matrix Editor-Formel)

Schwächen des Gerätes, die Nachteile aus didaktischer Sicht, das Verstehen oder die Motivationslage betreffend, bringen?

5. Klasse

Ändert sich das Gewicht einzelner Kapitel, Verfahren, Rechenfertigkeiten usw. durch den TI-92?

Funktionen:

Begriffsbildungsprozess:

Möglichkeiten der Visualisierung; parallele Verfügbarkeit verschiedener Darstellungsformen (Tabelle, Graph, Term). Neue Möglichkeiten durch rekursive Modelle.

Anwenden von Funktionen:

Hilfe beim Modellbilden; andere Darstellungsformen; approximierende Funktionen.

Teststrategien.

Rechnen mit Formeln und Termen:

Auswirkungen der linearen Eingabe. Einfluss auf die Strukturerkennungskompetenz.

Darstellungsart des Terms durch den TI-92. Möglichkeit des Substituierens.

Veränderung bei der Handkalkülfertigkeit.

Algebraische Grundkompetenz?

Veränderung der Komplexität der Terme.

Gleichungen:

Selbsttätigkeit beim Erforschen von Lösungsstrategien.

Visualisierung der Äquivalenzumformungen.

TI-92 als Black Box?

Änderungen bei Anwendungen.

Ungleichungen:

Möglichkeiten und Probleme beim Lösen mit dem TI-92.

Lösen durch Visualisieren.

Quadratische Gleichungen, quadratische Funktionen:

Gewichtung und Reihenfolge der Lösungsstrategien: Zerlegen in Linearfaktoren; Visualisieren; Solve-Befehl als Black Box; Formel.

Querverbindungen zwischen quadratischen Gleichungen und quadratischen Funktionen.

Logische Begriffe und Mengen:

Einfluss des TI-92 auf den sicheren Gebrauch von "und", "oder", usw. Module?

Lineare Algebra und Analytische Geometrie:

Begriffsbildung (Vektorbegriff). Rechnen mit Vektoren.

Möglichkeiten der Querverbindung zwischen der konstruktiven Geometrie (Cabri) und der analytischen Geometrie (Algebrafenster).

Module.

Einfluß auf die Darstellungsart (Parameterform, parameterfreie Form usw.)

Lineare Gleichungssysteme: Welche Lösungsverfahren? Module?

Darstellen und Analysieren von Daten:

Visualisierung.

Nutzen von Tabellen (rasches Aufstellen und Auswerten).

Approximierende Funktionen für reale Datenmengen.

Rekursive Modelle.

Rolle des TI-92 bei

Projekten.

Lineare Optimierung

Schaltalgebra

Gibt es mehr Möglichkeiten zur Vernetzung von Kapiteln bzw. für fächerübergreifenden Unterricht?

6. Klasse

Potenzen:

Einfluss des TI-92 auf den Begriffsbildungsprozess Potenzen mit Exponenten aus N , Z , Q , R (siehe auch Grenzprozesse).
Beweis von Regeln (mehr Zeit dafür, Nutzen des TI ...)
Rechenhilfe; Änderung bei der Komplexität der Aufgaben.
Bedeutung der verschiedenen Zahldarstellungen.
Potenzfunktionen: Bedeutung der Graphen.

Grenzprozesse und reelle Zahlen:

Begriffsbildungsprozess: Mehr Zeit für die experimentelle Phase; paralleles Nutzen verschiedener Darstellungsformen; Limes als Black Box.
Näherungsweise Berechnen von irrationalen Zahlen wie etwa Wurzeln, π usw.
Bedeutung rekursiver Modelle.
Exaktifizierung: Stellenwert und Einfluss des TI.

Trigonometrie:

Einfluss auf die Art des Zuganges (Begriffsbildung und Begriffserweiterung).
Rechnen mit Winkelfunktionen: Möglichkeiten, Stärken und Schwächen des TI.
Bedeutung von Modulen.
Stärkerer Anwendungsbezug?

Lineare Algebra und Analytische Geometrie:

Geraden und Ebenen: Einfluss auf die Darstellungsart und die Umrechnung zwischen Darstellungen.
Lösungsmethoden für Gleichungssysteme (siehe auch Matrizen).
Begriffsbildung und Nutzung des skalaren und vektoriiellen Produktes.
Module.

Reelle Funktionen

Kennen und Verwenden verschiedener Änderungsmaße.
Schülerzentriertes Erforschen der Eigenschaften.
Parallele Verfügbarkeit verschiedener Darstellungsformen.
Möglichkeiten der Approximation von Datenmengen.

Wachstumsprozesse, Exponential- und Logarithmusfunktion:

Siehe Rahmenthema.

Bearbeiten von Themen aus:

Realistischere Anwendungen. Bedeutung des TI-92 beim Modellbilden, Rechnen und Interpretieren.
Auswirkung von Parametern. Möglichkeit der Approximation.

Matrizen:

Änderung des Stellenwerts dieses Kapitels durch den TI-92. Welche Anwendungen?

7. Klasse:

nichtlineare analytische Geometrie:

Verschiebung vom Rechnen mit konkreten Zahlen zum Rechnen mit Variablen

Verwendung von Modulen

Tangentengleichungen, Berührbedingungen noch aktuell?

Visualisierung von Problemen bzw. Lösungswegen mit Cabri

Algebraische Gleichungen:

Abspalten *eines* Linearfaktors versus factor-Befehl

Komplexe Zahlen:

Veränderung der Art und Komplexität der Aufgaben

Stellenwert der 4 Grundrechenoperationen mit konkreten komplexen Zahlen,

Bedeutungsverschiebung zwischen den Darstellungsformen

mehr (physikalische) Anwendungen?

vermehrtes Reflektieren über Mathematik?

Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik:

Simulationen von Zufallsprozessen mit TI-92?

Wie viel händische Einübung des Berechnens von Binomialkoeffizienten ist nötig?

Sind Tabellen obsolet geworden?

Bedeutung der Normalverteilung als Approximation der Binomialverteilung

Normalverteilung: Tabelle vollständig durch TI-92 ersetzbar?

Bedeutung der Standardisierung?

Differentialrechnung:

höherer Stellenwert des Differenzenquotienten? (Mehr Aufgaben, Deutungen in Anwendungssituationen)

Differentialquotient: Limes als Black Box? Geringeres Bedürfnis, rasch zu Formeln für f' zu kommen?

Anfängliche Beschränkung auf Polynomfunktionen oder andere Funktionenklassen?

Wird Zeitersparnis durch weniger Einüben von Differentiationsregeln zu (mehr) Anwendungen, Exaktifizierung, Querverbindungen zu anderen Begriffen (innerhalb und außerhalb der Mathematik) verwendet?

Vernetzte Systeme:

Änderung in Darstellungsform von Aufgabenstellungen und deren Lösungen?

Neue Aufgabenstellungen möglich? Bedeutung von geometrischen Reihen?

8. Klasse:

Integralrechnung:

Veränderte bzw. vielfältigere anschauliche Grundvorstellungen des Integralbegriffs?

Längeres Verweilen bei Unter-/Obersummen bzw. Zwischensummen?

Sind Unter-/Obersummen bzw. Zwischensummen nur Zwischenschritt bei der

Vorbereitung bzw. Grundlegung des Integralbegriffs, oder werden damit auch

Flächeninhalte, Volumina, ... (was noch?) näherungsweise berechnet?

Sollten solche Berechnungen bereits in früheren Klassen durchgeführt werden?

Ist der Integralbegriff „nur“ noch ein theoretischer Abschluss einer

Exaktifizierungsphase, d.h. für praktische Anwendungen verzichtbar?

Sind neue Anwendungen möglich geworden (z.B. Bogenlänge?)

Haben Stammfunktionen bzw. der Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung eine Bedeutungsverschiebung erfahren?

Stellenwert von Integrationsmethoden wie partielle Integration, Substitutionsmethode bzw. Integration durch Partialbruchzerlegung

Exponential- und Logarithmusfunktionen:

Experimentelle Möglichkeiten bei Untersuchung des Zusammenhanges zwischen e^x und $\ln x$? Veränderter Zugang zur Zahl e ?

Differentialgleichungen (können vom nächsten Erweiterungsmodul gelöst werden!):

Stärkere Betonung des Aufstellens einer Differentialgleichung, ohne sie (händisch) lösen zu müssen?

Händische Lösbarkeit als Kriterium für die Klassen behandelbarer

Differentialgleichungen?

Welche zusätzlichen Aufgabenstellungen wären denkbar?

Stärkere Betonung des Zusammenhanges zwischen diskreten und kontinuierlichen

Darstellungen (Differenzgleichungen – Differentialgleichungen; vgl. 7. Klasse)?

Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik (siehe auch 7. Klasse):

Weitere Verteilungen? Tabellen? Graphische Veranschaulichungen als Unterstützung des Modellbildungsprozesses?

VIII-B Lehrermeinungen zu den Leitfragen

VIII-B-a Lehrermeinungen zu den Leitfragen 3. Klasse

Zusammenfassung von Walter Klinger und Christian Hochfelsner

- v Der Einstieg in die ganzen Zahlen sollte ohne Taschenrechner erfolgen, bei den rationalen Zahlen kann er bereits beim Einstieg verwendet werden
- v Sinnvoll ist die Unterscheidung der Minus als Vor- und Rechenzeichen beim TI
- v Grundlegende Fertigkeiten beim Rechnen sollten auch händisch beherrscht werden
- v Der Einsatz ist eine Hilfe beim Verständnis bei der Herleitung der Rechenregeln
- v Auch im Bereich der elementaren Algebra sollten Grundfertigkeiten erhalten bleiben
- v Lineare Eingabe hilft bei der Strukturerkennung und Veränderung der Struktur
- v Die Einführung in das Rechnen mit Termen sollte händisch erfolgen
- v Der Taschenrechner kann vorübergehend Teile der Lösungsarbeit übernehmen (z.B.: wenn das Modellbilden und das Interpretieren der Lösung im Vordergrund stehen soll)
- v Der Taschenrechner kann als intelligentes Lösungsheft verwendet werden (Testen-Probe-Fehlersuche-Kontrolle)
- v Der Rechner dient nur wenig als Hilfe bei Interpretationen, jedoch sind komplexere Fragestellungen diskutierbar!
- v Äquivalenzumformungen lassen sich leicht mit dem TI-92 überprüfen - Problem sind nur die teilweise eigenwilligen Ausgaben des TI-92 -> Vergleichskompetenzen
- v Die CABRI-Geometrie kann teilweise zum Herleiten von Formeln verwendet werden (Strahlensatz - Pythagoräischer Lehrsatz), allerdings beansprucht diese Arbeit viel Zeit
- v Durch den Einsatz des TI verliert die operative Phase etwas an Wert, jedoch fällt dies in der Unterstufe noch nicht so sehr ins Gewicht. Die Lernziele (Modellbilden, Begründen, etc.) gewinnen an Bedeutung!
- v Bisher wurden in der dritten Klasse rekursive Modelle selten eingesetzt, jedoch in der 4. Klasse gezielt und häufig (HERON-Verfahren, Zinseszinsprobleme, Ratenrückzahlungsmodelle). Die Erfahrungen zeigen, dass diese Modelle durch den TI-92 gut unterstützt sind (verschiedene Prototypen von Iterationen - HOME, SEQUENCE, TABLE) und von Schülern auch auf andere Aufgabenstellungen übertragen werden.
- v TI-92 ist zur Projektpräsentation besser geeignet.
- v Mehrere Zugänge zu einem Problem sind möglich.
- v Neue Inhalte: Vorbereitung des Funktionsbegriffs bereits in der dritten Klasse; direktes und indirektes Verhältnis durch weder-noch Verhältnis erweitert.
- v Die Unterrichtsmaterialien müssen großteils selbst erstellt werden, da die Schulbücher noch nicht auf die Verwendung des TI-92 ausgerichtet sind. Das Schulbuch wurde meist nur als Sammlung von Übungsbeispielen verwendet.
- v Probleme sind lösbar, ohne die mathematischen Grundlagen zu beherrschen (Zinseszinsprobleme ohne Logarithmen)
- v Die Rolle des Lehrers verändert sich: weniger frontal - mehr offen - flexibler
- v Prüfungen und Bewertungen zeigen keinen signifikanten Unterschied zur Zeit ohne Verwendung des Taschenrechners, wobei die Bedeutung der Partner- und Gruppenarbeit etwas gestiegen ist.
- v Handling-Probleme treten auf: z.B.: $(ab) \neq a*b!$

Probleme mit dem TI

- Verbindungsschnittstelle - Ausdruck
- Spiele beeinflussen die Grundeinstellung
- Kontaktfehler (Batterien)
- Speicherprobleme
- Unklare Fehlermeldungen

Positives mit dem TI - Display

- Anstecken des Schülerrechners an das Display funktioniert super
- Schüler können eigene Wege vorzeigen
- Auch für Klassen ohne TI gut verwendbar

v Der Unterricht wird schülerzentrierter und handlungsorientierter

v Programmeditor und Texteditor wurden im Unterricht selten verwendet, einzelne Schüler verwendeten diese Option

v Die Motivation ist durch den TI eher gestiegen

v Durch Schulwechsel dürfen keine Verstehensnachteile entstehen

v Fachkompetenz wird durch soziale und technische Kompetenz erweitert

VIII-B-b Lehrermeinungen zu den Leitfragen 5. Klasse

Dr. Otto Wurnig (Klassenkoordinator der 5. Klassen) in Zusammenarbeit mit Josef Lechner

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Leitfragendiskussion (5.Klasse)

(1) Wo und in welcher Weise war der TI-92

a) hilfreich?

- Als Rechenhilfsmittel (Auswertung von Funktionen, Lösen von Gleichungen, Wertetabellen, zeitintensive Umformungen)
- Zur Visualisierung (Auswirkungen von Parameteränderungen, Darstellung von Funktionen parallel zur Algebra)
- Bei der Bearbeitung von Modellen (praxisnäher, fächerübergreifend)
- Mehr Zugänge bei einer Problemstellung (bessere Konzentration auf die "eigentliche" Mathematik)
- Bei der Lösung komplexer Problemstellungen durch Verwendung vorgefertigter Module.

b) problematisch

- Abnahme elementarer Rechenfertigkeiten (wie Termumformungen, Strukturerkennung, Einsetzen)
- Auch sehr einfache Umformungen werden an den CAS-Taschenrechner übergeben, dies erzeugt Abhängigkeit
- Wegfall von "Schemata"
- Durch verstärkte Modellbildung und realitätsnähere Beispiele wird der Unterricht für Schüler und Lehrer anspruchsvoller.
- Verminderung der "Durchlässigkeit" (z.B. Uni's, die den TI nicht zulassen oder Repetenten, die TI nicht verwenden dürfen)
- Fehlende Unterrichtsmaterialien
- Unkritische Übernahme von nicht selbst erstellten Programmen

- c) **hinderlich**
 - Zu kleines Display, Terme nicht ganz sichtbar
 - Fehlende direkte Druckmöglichkeit (nur über "PC-Umweg")
- (2) **Gibt es eine Veränderung in den Schüleraktivitäten?**
- Vermehrtes selbständiges Arbeiten (Forschen, Experimentieren), Schüler probieren mehr aus, Schüler schreiben selbständig Funktionen, kleine Programme und/oder Scripts.
 - Schüler werden zur konsequenten Mitarbeit angehalten und sind insgesamt aktiver
 - Gegenseitiges Helfen und soziales Lernen hat zugenommen.
 - Schüler sind motivierter.
 - Lösung(en) erscheint (erscheinen) den Schülern näher
- (3) **Hat der TI92**
- a) **die Lehrerrolle verändert?**
- Der Dialog Schüler - Lehrer ist intensiver und besser.
 - Der Lehrer ist nicht mehr alleinige Wissensquelle (CA-TR als "2.Autorität").
 - Routinearbeit übernimmt Rechner, mehr Schülerhilfe möglich.
 - Aufwendigere Vorbereitung (Handling, inhaltliche Verschiebungen, andere Fragestellungen)
- b) **die Unterrichtsorganisation verändert?**
- Mehr Partner- und Gruppenarbeit
 - Mehr Differenzierung und mehr alternative Lösungen möglich
 - Projektionsmöglichkeit wird vielfältig genutzt
- (4) **Wie wirkt sich der TI-92 auf die Prüfungssituation aus?**
- Klarere Zielsetzungen und Formulierungen sind erforderlich.
 - Mehrere Lösungswege, Vielfalt an Zugängen zu einer Aufgabenstellung.
 - Neue Arten der Fragestellung sind gefragt
 - Probleme mit Dokumentation (oft mangelhaft, manchmal zu kurz; wenn vorhanden, führte das Dokumentieren fallweise zu Zeitproblemen)
 - Probleme von Lehrerseite mit korrekter Einschätzung des Zeitbedarfs
- (5) **Bemerkungen**
- Effiziente Weitergabe des Wissens von "TI-92-Experten" erwünscht
 - Projektseminare sollten auch verstärkt Impulsreferate beinhalten, zu lange Diskussionsphasen sind zu vermeiden.
 - Fortbildung für Lehrer gehört gut strukturiert, d.h. auch Angebote zu einzelnen Themen (über Einführung hinausgehend) sind notwendig.
 - Information über Ergänzungen zur Hardware und über neue Literatur sind regelmäßig anzubieten.
 - Der finanzieller Aufwand ist für CAS-Lehrer und Schüler sehr groß, Sonderangebote daher sehr wichtig.
- (6) **"Gewichtsverlagerungen und Standpunktverschiebungen"**
- a) **bei den Lehrinhalten**
- Intensivierung bei den funktionalen Zusammenhängen (Term - Graph; viele Aspekte eines Begriffs, Zusammenhänge werden besser erkannt)
 - Einfache Optimierungen bereits in der 5.Klasse (ohne Differentiation)
 - Mehr Algorithmik ("Module")
 - Realitätsnähere Aufgaben

- Mehr (beschreibende) Statistik (z.B. auf Kosten von Mengenalgebra oder Graphentheorie in 5.Klasse)

b) bei Fähigkeiten und Fertigkeiten

- Größere Bedeutung von Visualisierungen (Umsetzen von Daten in Graphik)
- Interpretieren von Daten

VIII-B-c Lehrermeinungen zu den Leitfragen 6. Klasse

Zusammengestellt von Robert Nocker, Gerhard Hainscho und Eduard Engler

Wo und in welcher Weise war der TI-92 hilfreich/problematisch/hinderlich ?

- Klassen teilen sich in interessierte Schüler (finden eigene Programme und Funktionen) und „andere“ Schüler
- Klassengröße spielt eine große Rolle für das Weiterkommen und das Umsetzen des geplanten Unterrichts
- Texteditor dient dem Schüler als Hilfsmittel oder Schwindelzettel in verschiedenen Fächern
- Übertritt auf manche Universitäten wird eventuell schwieriger - händische Rechenfertigkeiten werden zum Teil noch verlangt
- TI-92 bringt keine generelle Zeitersparnis (vielleicht später, wenn das Handling leichter fällt) es gibt eine Verschiebung der Interessen und Aufgaben. Zeit für Routinearbeiten wird sehr wohl eingespart.
- In der Statuszeile sollten die MODE-Einstellungen sichtbar sein
- Fehlermeldungen sind zu unspezifisch, um Fehler zu erkennen
- Exaktes Arbeiten wird gefördert, da die Syntax eingehalten werden muss
- Der TI-92 wäre im Physikunterricht gut einsetzbar

Gibt es Veränderungen in der Schüleraktivität

- Schüler erwirbt Fähigkeiten zur Problemlösung
- Rechenfertigkeiten (händisches Rechnen) werden zurückgedrängt
- Partnerarbeit/Teamarbeit wird von sich aus gefördert
- "Wer nicht neugierig ist und für neue Technologien interessiert, wird es in Zukunft schwer haben"
- Es ergeben sich von Schülerseite mehr mathematische Fragen und das Bedürfnis diese zu behandeln
- Es ergeben sich vermehrt Diskussionen über verschiedene Lösungen, Lösungsansätze und Interpretationen von Texten
- Vorzeigen von verschiedenen Lösungen, Lösungswegen und Fehlern ist durch das Data-Display sehr leicht möglich

Hat der TI-92 die Lehrerrolle/Unterrichtsorganisation verändert?

- Verstehen steht im Vordergrund
- Kompetenz zur Lösung von Aufgaben muss gesteigert werden
- Verhältnis von Lehrer-Schüler wird partnerschaftlicher (gemeinsame Fehlersuche, Lehrer muss auch überlegen)
- Lehrer wird zum Helfenden, weniger zum Vortragenden
- Kommunikationsstrukturen in der Klasse ändern sich
- Schüler kommen oft von sich aus mit Fragen
- Anwendungsbeispiele sind bei Schülern nach wie vor unbeliebt

- Ein Lehrbuch mit Berücksichtigung eines CAS muss völlig neu konzipiert werden (neue Zugänge, neue Beispiele, usw.)

Wie wirkt sich der TI-92 auf die Prüfungssituation aus?

- Schüler ist sich unsicher bei der Beurteilung, ob ein Ergebnis richtig oder „fertig“ ist (Wie lange muss ich probieren?)
- Wie kann das Verständnis in einer Schularbeit überprüft werden?
- Schüler scheitern nicht mehr an Rechenfehlern
- Schularbeiten werden nach wie vor in der klassischen Form mit eher traditionellen Beispielen abgehalten
- Rettungsbeispiele sind nach wie vor üblich!
- Welche Unterlagen sollen zugelassen werden?
- Mündliche Prüfungen erfolgen mit Vorbereitungszeit und Rechner - die Prüfung erfolgt mit Hilfe des Displays

VIII-B-d Lehrermeinungen zu den Leitfragen 7. Klasse

Zusammenfassung von Alfred Eisler

Allgemeine Beobachtungen und Probleme

- der Zeitgewinn durch den TI-92 wird durch das Schreiben einer Dokumentation relativiert
- Die Verwendung von Formeln und Funktionen (selbstgeschriebene) für Standardsituationen ist hilfreich
- Es ist mit dem Taschenrechner leichter möglich, Sachverhalte zuerst mehrmals mit speziellen Zahlen zu zeigen und dann erst auf eine allgemeingültige Aussage zu schließen
- Für TI-92 Schüler ist es schwerer, einen geeigneten Nachhilfelehrer zu finden
- Durch das Eintippen und Mitschreiben ergibt sich bei langsamen Schülern ein gewisser Stress. Es besteht die Gefahr, dass das Eintippen unterbleibt, daraus folgt eine passive Unterrichtsteilnahme.

Bemerkungen zu den einzelnen Stoffgebieten

- **Nichtlineare analytische Geometrie**
Aufwendige Beispiele sind schnell zu lösen. Es können ansatzweise mehrere ähnliche Beispieltypen gerechnet werden (z.B.: Tangentenprobleme)
Bei der graphischen Darstellung gibt es Probleme, bei falschen Einstellungen sind Kreise keine Kreise und haben Löcher
Cabri ist nur für DEMO-Zwecke durch den Lehrer geeignet. Für Schüler ist der Lernaufwand zu groß
Die Parameterdarstellung von Kurven würde das Grafikproblem lösen
- **Algebraische Gleichungen**
Die grafische Darstellung der Funktionen wirkt sehr positiv
Lage, Anzahl und Eigenschaften der Nullstellen sind bei der graphischen Darstellung gut erkennbar.
Für das Abspalten eines Linearfaktors benötigt man keine Polynomdivision mehr.
Der Factor-Befehl ist sehr hilfreich.
Die Sätze von Vieta sind gut zu zeigen.

- **Komplexe Zahlen**

Bei einem extremen Ansatz könnte man alles von der Maschine rechnen lassen. Es wären nur die Definitionen vom Lehrer zu geben

Die graphische Darstellung der komplexen Zahlen ist nur mit Trick möglich (Programm, Line-Befehl)

Bei manchen Rechnungen wird das Ergebnis in der Form e^{ip} ausgegeben. Das ist für die Schüler verwirrend.

Es ist möglich physikalische Aufgaben zu rechnen - Problem der Gleichzeitigkeit

- **Differentialrechnung**

Anwendungsbeispiele sind einfach zu rechnen

Extremwertaufgaben mit Randextrema sind kein Problem mehr

Kurvendiskussionen sind einfach (F5)

Die Exaktifizierung wird durch den TI-92 nicht wesentlich erleichtert

Es sind Querverbindungen zu anderen Begriffen (Krümmungsradius) möglich

Es kann mehr Gewicht auf praktische Beispiele gelegt werden (z.B.: Kostenfunktion - Gewinn - Erlös)

Wie ändert der TI-92 die Schularbeiten?

- Durch den Einsatz des TI-92 sollen (können, müssen) vermehrt Interpretationen, Problemlösungsstrategien verlangt werden
- Das reine Rechnen verliert an Bedeutung
- Es müssen bei den Beispielen keine 'schönen' Zahlen herauskommen. Die Schüler wollen es aber.
- Es können Beispiele mit aufwendigeren Rechnungen gegeben werden
- Verschiedene Lösungswege sind möglich, es kann zumindest gefordert werden, eine zweite Variante dem Weg nach anzugeben
- Das grafische Lösen gewinnt an Bedeutung
- Das richtige Erkennen des Lösungsweges wird wichtiger
- Bei allen Schularbeitsbeispielen ist auf eine Dokumentation zu achten, aus der die einzelnen Arbeitsschritte hervorgehen