

**Reihe "Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen"**

Herausgegeben von der

**Abteilung "Schule und gesellschaftliches Lernen"**

des Interuniversitären Instituts für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung

Hildegard Urban-Woldron

**Bilder von Funktionen –  
notwendig für den Physikunterricht?**

**Auswirkungen des TI92 – Einsatzes auf das  
Verstehen von grafischen Darstellungen funktionaler  
Zusammenhänge im Physikunterricht**

PFL-Naturwissenschaften, Nr. 48

IFF, Klagenfurt 1999

Redaktion:  
Helmut Kühnelt

Die Universitätslehrgänge „Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen“ (PFL) sind interdisziplinäre Lehrerfortbildungsprogramme der Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“ des IFF. Die Durchführung der Lehrgänge erfolgt mit Unterstützung des BMUKA und des BMWV.

# **Bilder von Funktionen – notwendig für den Physikunterricht?**

Kurzfassung / Abstract

Unter dem Aspekt der besonderen grafischen Fähigkeiten des computeralgebrafähigen Taschenrechners TI92 wurde in diesem Aktionsforschungsvorhaben im Physikunterricht einer 5. Klasse Realgymnasium untersucht, wie sich der Einsatz des Taschenrechners auf die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler beim Lösen physikalischer Aufgaben auswirkt. Besonderes Augenmerk sollte auf die Art und Weise, wie Schülerinnen und Schüler mit Formeln und Grafen und deren gegenseitiger Relation umgehen, gelegt werden. Die Datengrundlage zur Auswertung der Untersuchung besteht aus regelmäßigen Aufzeichnungen im Forschungstagebuch, einem Aufgabenblatt zum Beispielen aus dem Bereich „geradlinig gleichförmige Bewegung“, einem Arbeitsblatt, einem Tonbandmitschnitt einer Unterrichtssequenz und Aufzeichnungen von Kolleginnen und Kollegen aus der Regionalgruppe zur Beobachtung einer Unterrichtsstunde bzw. mündliches Feedback.

Eine Erwartung, dass es mit dem neuen Medium TI92 auch gelingen müsste, vor allem die Mädchen und schwächere Schüler in der Klasse mehr zu aktivieren und ein gewisses Interesse zu wecken, hat sich leider nicht bestätigt. Es ist eher das Gegenteil eingetreten und die Schere in den Leistungswilligkeiten und –fähigkeiten ist noch größer geworden. Einige Schüler haben jedoch das Endziel, nämlich funktionale Zusammenhänge skizzieren und interpretieren zu können, ganz sicher erreicht. Dieser Umstand macht mich zuversichtlich, dass es sich für mich lohnt, aus den erkannten Fehlern zu lernen und meine Kompetenzen auf dem Gebiet der Aktionsforschung weiterzuentwickeln. Abgesehen von fachlichen Zielen, die erreicht wurden, hat mich die Auseinandersetzung mit meinem Unterricht und mir selbst auch persönlich einen großen Schritt weitergebracht.

Dr. Hildegard Urban-Woldron  
Sacre Coeur Pressbaum und  
Pädagogische Akademie Strebersdorf

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>(KURZFASSUNG / ABSTRACT)</b> .....	<b>2</b>
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
<b>2. DARSTELLUNG DES AUSGANGSPUNKTES</b> .....	<b>4</b>
2.1 METHODISCH - DIDAKTISCHE BETRACHTUNGEN .....	5
2.2 GRAFISCHE DARSTELLUNGEN IM PHYSIKUNTERRICHT .....	7
2.3 WELCHES VORVERSTÄNDNIS HABEN DIE SCHÜLER ? .....	7
2.4 SITUATIVE BEDINGUNGEN .....	8
2.5 ANGESTREBTES VERSTÄNDNISNIVEAU .....	8
<b>3. ÜBERBLICK ÜBER DIE ERHOBENEN DATEN</b> .....	<b>9</b>
3.1 VERWENDETE METHODEN .....	9
3.1.1 Das Forschungstagebuch .....	9
3.1.2 Tonbandmitschnitt einer Unterrichtssequenz .....	9
3.1.3 Das Arbeitsblatt .....	10
3.1.4 Feedback durch Kollegen aus der Regionalgruppe .....	10
3.1.5 Ausgewählte Testaufgaben .....	11
3.2 VERWENDETE DATEN .....	11
3.2.1 Transkribierter Tonbandmitschnitt einer Unterrichtssequenz .....	11
3.2.2 Auswertung der Arbeitsblätter .....	14
3.2.3 Auswertung der Beobachtungsaufträge - Feedback durch Kollegen.....	15
3.2.4 Ergebnisse der Testaufgaben .....	16
<b>4. DATENINTERPRETATION</b> .....	<b>17</b>
4.1 DAS ARBEITSBLATT .....	17
4.2 DER TONBANDMITSCHNITT .....	18
4.3 DAS FEEDBACK DURCH DIE KOLLEGINNEN UND KOLLEGEN .....	19
4.4 DIE TESTAUFGABEN ZU AUSGEWÄHLTEN BEISPIELEN .....	19
<b>5. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK</b> .....	<b>20</b>
<b>6. ANHANG</b> .....	<b>21</b>
ARBEITSAUFGABEN ZUR GLEICHFÖRMIGEN BEWEGUNG .....	21
ARBEITSBLATT- FORMEL - I - RENNEN.....	24
ARBEITSAUFGABEN ZUR UNTERRICHTSTUNDE MIT TONBANDMITSCHNITT: .....	24
DIAGRAMM ZUM SCHIEFEN WURF .....	26
TESTAUFGABEN ZUR LERNERGEBNISKONTROLLE .....	27

# 1. Einleitung

Im laufenden Schuljahr 1997/98 unterrichte ich am Gymnasium Sacre Coeur in Pressbaum, NÖ, eine 5.Klasse Realgymnasium (19 Schüler, 6 Schülerinnen) als Projektklasse im österreichweiten Forschungsprojekt „Mathematikunterricht im Zeitalter der Informationstechnologie“ (Felduntersuchung mit dem Algebrarechner TI92). An dem von Landesschulinspektor HR Dr. Heugl initiierten Schulversuch nehmen über 60 Klassen mit etwa 1800 Schülern und Schülerinnen<sup>1</sup> teil. Ziel ist die Untersuchung der Verbesserungsmöglichkeiten des Mathematikunterrichts durch den Einsatz von Computeralgebrasystemen.

Da ich diese Forschungsklasse, in der jeder Schüler mit einem TI92 ausgerüstet ist, auch im Gegenstand Physik unterrichte, lag es nahe methodisch-didaktische Aspekte des Einsatzes dieses Taschenrechners für den Physikunterricht zu beobachten und zu analysieren.

Der TI92 ist ein Taschenrechner, der das Rechnen mit Zahlen und das Zeichnen von Grafen mit der Computeralgebra (DERIVE) und der Computergeometrie (CABRI GEOMETRE II) kombiniert. Mit seinem Text-, Daten- und Programmreditor bietet er die Leistung eines Computers kombiniert mit der Unabhängigkeit eines Taschenrechners und ist somit ein leistungsfähiges Werkzeug für Mathematik und Naturwissenschaften in praktisch jeder Umgebung. Als symbolischer Taschenrechner stellt der TI92 eine neue Dimension in der Unterstützung des Problemlösens dar.

## 2. Darstellung des Ausgangspunktes

Bei den Bildungs- und Lehraufgaben für Physik finden wir im Lehrplan unter anderem folgende fachspezifischen Ziele:

- *zum Wissen und Verständnis*
  - ⇒ Grundlegende physikalische Erscheinungen und Versuche in ihrem Ablauf beschreiben können
  - ⇒ Kenntnis der physikalischen Modellvorstellungen und ihrer Aussagekraft
- *zu den Fähigkeiten und Fertigkeiten*
  - ⇒ Fertigkeit im Gebrauch der Mathematik zur Beschreibung physikalischer Zusammenhänge (*für Schüler im Realgymnasium sogar eine **erhöhte** Fertigkeit beim Einsatz mathematischer Methoden*)
  - ⇒ Fertigkeit in der grafischen Darstellung von Messreihen sowie in der Auswertung von Grafen
  - ⇒ Fertigkeit bei der Lösung einfacher physikalischer Aufgaben
  - ⇒ Fähigkeit, physikalische Vorgänge mit Hilfe bekannter Gesetze und bekannter

---

<sup>1</sup> Schülerinnen (in der Folge wird im allgemeinen Fall nur mehr die männliche Form verwendet; es sind aber immer Schüler und Schülerinnen gemeint)

Modelle zu erklären

Fähigkeit, aus bekannten Gesetzen und Modellen Vorhersagen über den Ausgang eines Versuchs zu machen

## 2.1 Methodisch - didaktische Betrachtungen

Da ich mich schon in der Vergangenheit mit dem Thema „Der Computereinsatz im Physikunterricht unter didaktischer Sicht“ beschäftigt hatte, stellte ich im Vorfeld des TI92-Einsatzes im Physikunterricht Überlegungen zu folgenden Fragen an:

- ⇒ *Mit welchen konkreten Bildungs- und Erziehungszielen soll das Gerät eingesetzt werden?*
- ⇒ *Welche didaktischen Funktionen soll es erfüllen?*
- ⇒ *Wie ordnet es sich in den Erkenntnisgang des Schülers ein?*
- ⇒ *Welche Erkenntnis- und Unterrichtsmethoden soll es unterstützen?*
- ⇒ *Welche typischen Funktionen eines Unterrichtsmittels soll das Gerät erfüllen?*
- ⇒ *In welcher Organisationsform des Unterrichts wird es eingesetzt?*
- ⇒ *Welche Schülertätigkeiten werden mit dem Computereinsatz ausgelöst bzw. geführt?*
- ⇒ *Mit welchen anderen Lehr- und Lernmitteln soll der TI92 zusammenwirken ?*

Orientiert auf einen didaktisch sinnvollen Einsatz des TI92 im Unterrichtsgeschehen, wo die Aspekte zum Erkenntnisgang des Schülers und seiner damit verbundenen Tätigkeiten besonders berücksichtigt werden, ging ich daran, diese Fragen für mich zu beantworten.

Der TI92 sollte als Experimentiergerät mit numerischer und grafischer Datenausgabe sowie als programmierbarer Rechner im Physikunterricht als physikalisches Arbeitsmittel (=Werkzeug) und als pädagogisch-didaktisches Mittel (=Medium) genutzt werden. In dieser Doppelfunktion sollte der TI92 den Erwerb und die Festigung von Wissen, die Ausprägung allgemeiner und fachspezifischer Denk- und Arbeitsweisen sowie die rationelle Gestaltung des Unterrichtsablaufs einschließlich der Lehrer- und Schülertätigkeiten unterstützen.

Als wesentliche Einsatzgebiete eines computeräquivalenten Mediums neben dem unverzichtbaren Einsatz des Realexperiments haben sich in meinem bisherigen Physikunterricht

- ⇒ *die Simulation und Modellbildung mittels Computer*
- ⇒ *das computerunterstützte Experimentieren sowie*
- ⇒ *die Illustration und Animation mit dem Computer*

bewährt. Es konnten bei diesen Gelegenheiten aber auf Grund der situativen Bedingungen selten alle Schüler angesprochen werden. Die einzige Ursache dafür vermutete ich damals darin, dass nicht alle Schüler über das nötige Equipment verfügten.

Meine Erwartungen in Hinblick auf den Einsatz des für jeden einzelnen Schüler jederzeit verfügbaren TI92 waren daher relativ hoch und vielschichtig. So war ich der Meinung, dass

1. das eigene, aktive selbständige Erfassen, Erkennen und Verstehen wesentlicher physikalischer Zusammenhänge und Gesetze beim Schüler effektiv und auch differenziert gestaltet und unterstützt werden kann;
2. geistige Operationen wie das Abstrahieren und Konkretisieren sowie komplexe Schülertätigkeiten wie das Erklären, Vorhersagen, Prüfen und Interpretieren differenziert ausgelöst und ausgeführt werden können;
3. das Interesse für Physik geweckt, die Schüler zu aktivem Handeln motiviert und bei zunehmender Problemsicht Kreativität gefördert wird
4. die Verbindung von Physik und Erfahrungswelt der Schüler insbesondere durch Anwenden der Physik auf alltägliche Vorgänge illustriert und fasslich, anschaulich und

- verständlich gemacht werden;
5. die Fähigkeiten zum Lösen von physikalischen Aufgaben verbessert werden;
  6. individuelle Lernprozesse durch Aufgaben – und Problemlösen gesteuert werden können.
  7. ein explorativer Umgang mit Formeln und Grafen und deren gegenseitiger Relation gefördert werden kann.

Ich habe mich daher unter dem Aspekt der Verfügbarkeit des TI92 unter besonderer Berücksichtigung der oben genannten fachspezifischen Unterrichtsziele und Lernziele bemüht, den Lehrstoff der 5.Klasse Realgymnasium derart aufzubereiten, dass neben den bisher üblichen Experimenten und Rechenaufgaben auch verstärkt komplexere Anwendungsaufgaben aus der Erfahrungswelt der Schüler modelliert, bearbeitet und interpretiert werden konnten.

Zur Umsetzung und Evaluation der oben skizzierten Zielsetzungen 1 bis 4 wurde der TI92 mit seiner Programmierfunktion beim Modellbilden eingesetzt - darauf soll in dieser Miniatur nicht eingegangen werden. Eine Evaluation dieser Arbeitsabschnitte bzw. Arbeitsmethoden mit Hilfe eines Fragebogens ergab, dass Schüler der Meinung waren, dass dadurch

- ⇒ *der Physikunterricht um interessante Phänomene bereichert wurde*
- ⇒ *das mathematische Anforderungsniveau gesenkt wurde*
- ⇒ *eigenständige Ideen und Lösungsansätze von Schülern aufgegriffen wurden*
- ⇒ *man sich dadurch auf eine vielseitige und interessante Art mit Physik beschäftigen kann*
- ⇒ *Vermutungen leicht formuliert und sofort ausgetestet werden konnten*
- ⇒ *Schüler ihre eigenen Ideen verfolgen können*

das aber

- ⇒ *nur auf die leistungsstärkeren Schüler, und da vor allem auf die Burschen Rücksicht genommen wurde*
- ⇒ *sich nicht alle Schüler für den Rechner interessieren und trotzdem damit arbeiten mussten*
- ⇒ *diejenigen, die in Informatik „gut“ sind, es auch in Physik leichter haben*
- ⇒ *ohne Taschenrechner wahrscheinlich viel einfachere Beispiele behandelt werden würden*

Unter dem Aspekt der besonderen **grafischen** Fähigkeiten des TI92 habe ich mich in meinem Aktionsforschungsvorhaben auf die Untersuchung der Punkte 5 bis 7 beschränkt und bei der Auswahl und Erarbeitung der Unterrichtsinhalte zu „Einfache Bewegungen und ihre Ursachen“ versucht, die Bedeutung der grafischen Darstellungen und der funktionalen Abhängigkeiten im Physikunterricht in den Blickpunkt zu stellen und zu untersuchen, wie sich der Einsatz des TI92 im Lernprozess auswirkt. Ich bin davon ausgegangen, dass eine verstärkte Beschäftigung mit mathematischen Methoden auch eine Steigerung der Schülerfertigkeiten in diesem Bereich mit sich bringen muss. Die Verfügbarkeit des TI92 für jeden Schüler sollte individuelle Lernprozesse und einen spielerischen Umgang in der Exploration von physikalischen Gesetzen und Formeln ermöglichen und fördern. Da aus experimentell gewonnenen Daten ohne großen Aufwand funktionale Zusammenhänge dargestellt werden können, sollte deren analytische Betrachtung dann zu tieferen Einsichten über die funktionalen Zusammenhänge der vorkommenden Größen führen. Diese Kompetenzen sollten letztendlich zu einer erhöhten Bereitschaft führen, sich mit physikalischen Aufgaben und Problemen auseinanderzusetzen zu wollen und mit zunehmender Übung diese auch zu lösen.

## 2.2 Grafische Darstellungen im Physikunterricht

- ⇒ *Grafische Darstellungen bieten einen anschaulichen Überblick über den quantitativen Gehalt der Ergebnisse physikalischer Experimente, welche in Zahlenreihen und Tabellen zwar überschaubar, aber dennoch für Schüler abstrakt zusammengefasst sind.*
- ⇒ *Zeitlich verlaufende Vorgänge können in grafischen Darstellungen mit einem Blick erfasst werden.*
- ⇒ *Grafische Darstellungen lassen funktionale Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Größen auch dann sichtbar werden, wenn Schüler sie in der mathematischen Form der Funktionsgleichung noch nicht erfassen können. Die Beherrschung der zugehörigen mathematischen Funktion ist somit für die grafische Darstellung eines physikalischen Zusammenhangs nicht Voraussetzung; vielmehr kann umgekehrt die Erarbeitung von Beispielen in der Physik die Behandlung mathematischer Funktionen vorbereiten helfen;*
- ⇒ *Das Lesen grafischer Darstellungen, wovon in alltäglichen Informationen reger Gebrauch gemacht wird, kann und soll durch ihre Erstellung aus gewonnenen Messreihen im Unterricht geübt werden, was allerdings ohne entsprechendes Hilfsmittel sehr zeitaufwendig ist.*
- ⇒ *Ebenso soll das Umsetzen vorgegebener physikalischer Gesetze in grafische Darstellungen behandelt werden, sobald die notwendigen mathematischen Funktionsgleichungen im Unterricht eingeführt wurden.*
- ⇒ *Die anschauliche Form der grafischen Darstellung bleibt eher im Gedächtnis der Schüler haften als die mathematische Formel und fördert somit den Lernerfolg.*

## 2.3 Welches Vorverständnis haben die Schüler?

Diese Frage wollte ich an Hand eines Unterrichtsbeispiels, wo bereits im Anfangsunterricht über Funktionen eine Phase der nichtquantitativen Beschreibung durch Grafen integriert war, untersuchen. Es wurde dabei der qualitative und explorative Umgang der Schüler mit Grafen analysiert, indem zwar die Eigenschaften der Funktion nicht numerisch erfasst wurden, aber trotzdem Erörterungssituationen gestiftet wurden, die die wesentlichen lokalen und globalen Eigenschaften der verwendeten Funktionen klar hervortreten lassen. Die Aufgabenstellung geht aus dem Arbeitsblatt im Anhang hervor.

Aus dem Mathematikunterricht kannten die Schüler bereits Funktionen vom Typ  $y = kx + d$ ,  $y = 1/x$ ,  $y = 1/x^2$ , deren grafische Veranschaulichung sowie Anwendungsaufgaben wie z.B.  $A(a) = a^2$  und  $a(A) = \text{Wurzel aus } A$  (Flächeninhalt eines Quadrats als Funktion der Seitenlänge mit Umkehrung). Im Physikunterricht wurde bereits die gleichförmige Bewegung behandelt (aus den experimentell gewonnenen Daten wurden sowohl mit dem Physik-PC als auch mit dem TI92 Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeitsdiagramme quantitativ - und daraus die entsprechenden Funktionsgleichungen - ermittelt). Die Schüler verfügten also zu Beginn der Untersuchungen über die Formeln für die gleichförmige Bewegung und deren grafischer Veranschaulichung. In der Übungsphase zu diesem Thema wurden zusätzlich die *Arbeitsaufgaben zur gleichförmigen Bewegung* (siehe Anhang) bearbeitet.

v-s-Diagramme wurden für eine geradlinig gleichförmige Bewegung nur rein qualitativ besprochen.

## 2.4 Situative Bedingungen

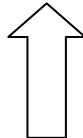
Die betreffende Klasse wurde zu Beginn des Schuljahres völlig neu zusammengesetzt; ich habe nur einen einzigen Schüler in der 4. Klasse unterrichtet, der in der 5. Klasse vom Gymnasium in das Realgymnasium gewechselt hat. Die übrigen Schüler kommen zum Großteil aus drei verschiedenen 4. Klassen unserer Schule; eine Schülerin kommt aus Ungarn, eine Schülerin von der Hauptschule und zwei Schüler wiederholen die 5. Klasse. Da ich diese Klasse als Klassenvorstand führe und sechs Wochenstunden (4 Stunden in Mathematik und 2 Stunden in Physik) unterrichte, konnte ich mir relativ rasch einen Überblick über die Klasse verschaffen. Die Leistungsfähigkeit und die Arbeitsbereitschaft sowie auch die Akzeptanz und die damit verbundene Auseinandersetzung und Handhabungs- Kompetenz des TI92 streut sehr stark.

Der Physikunterricht findet einmal pro Woche im Physiksaal statt, sonst in der Klasse. Weil ich nicht über Schülerversuchsgeräte verfüge, lasse ich die Schüler oft mit den Demonstrationsgeräten im Stationenbetrieb arbeitsteilig experimentieren. Die gewonnenen Messresultate werden dann erst in einer der folgenden Stunden in der Klasse ausgewertet. Hier soll der TI – 92 zum Einsatz kommen. Drei Schüler und auch ich selbst sind im Besitz eines Link-Kabels zum PC und können Tabellen bzw. Grafen auch ausdrucken; darauf lege ich aber keinen großen Wert, weil die Schüler ein Physik-Heft führen und dort sowohl die Messergebnisse in Tabellenform als auch die zugehörigen grafischen Darstellungen samt Interpretationen festhalten sollen.

## 2.5 Angestrebtes Verständnisniveau

Die Schüler sollen ...

Funktionale Zusammenhänge **skizzieren** und **interpretieren** können



Aus physikalischen Größengleichungen durch Eliminierung einer Größe **neue** Zuordnungen ableiten und neue Einsichten in physikalische Zusammenhänge gewinnen



Erkenntnisse, welche aus Messungen gewonnen wurden, in Form mathematischer Zuordnungen als **Gesetze** ausdrücken können



Verschiedene Formen der grafischen Darstellung **lesen** können und daraus auf gesetzhafte Zusammenhänge schließen können



## **3. Überblick über die erhobenen Daten**

### **3.1 Verwendete Methoden**

#### **3.1.1 Das Forschungstagebuch**

Zurück aus Gastein vom PFL-Seminar und ausgerüstet mit vielen Informationen und Anregungen zum Schreiben eines Forschungstagebuchs und mit einem Aktionsforschungsvorhaben begann ich gleich nach dem ersten Unterrichtstag auf der Heimfahrt von Preßbaum nach Wien im Zug meine Erlebnisse in der Klasse auf ein Blatt Papier zu schreiben. Da ich in dieser Klasse, die unter den Kollegen als sehr schwierig gilt, auch Klassenvorstand bin, mußte ich an diesem Tag feststellen, dass sich meine Abwesenheit von einer Woche immerhin mit sieben Klassenbucheinträgen über unzulängliches diszipliniertes Verhalten meiner Schüler niedergeschlagen hat. Es ging fast eine gesamte Stunde damit auf, den betroffenen Schülern Gelegenheit zu geben, sich zu ihren Taten zu äußern, entsprechende belehrende Gespräche zu führen und über Maßnahmen nachzudenken.

Meine Zweifel waren dementsprechend groß, ob ich mit dieser Klasse (und das ist meine einzige), ein derartiges Vorhaben durchführen kann und will. Dennoch hatte ich am Westbahnhof angekommen, das Gefühl mir den gesamten Frust von der Seele geschrieben zu haben. Die Probleme des Vormittags waren weit entfernt.

Ich nahm mir nun vor, die Zeit während der Zugfahrt von und zur Schule für meine Aufzeichnungen im Forschungstagebuch zu nutzen und zu Hause angekommen, legte ich auch sofort ein derartiges an. Zurückgreifend auf die vielen praktischen Anregungen, die wir auf dem Seminar erhalten haben, überlegte ich, wie ich meine künftigen Aufzeichnungen am besten strukturieren könnte. Obwohl ich die Unterscheidung zwischen Beobachtungen und Interpretationen mit sehr großer Priorität versah, gelang es mir sehr oft nicht, Beobachtetes von Wertungen, Folgerungen und Erklärungen getrennt darzustellen. Ich habe aber das Gefühl, dass es mir zunehmend leichter fiel.

#### **3.1.2 Tonbandmitschnitt einer Unterrichtssequenz**

Zum Thema „Schiefer Wurf – Kugelstoßen“ wurden in einer Unterrichtsstunde während der einzelnen Unterrichtsphasen Tonbandaufzeichnungen gemacht. In Ausschnitten wurden diese Aufzeichnungen transkribiert. In der Wiederholungs- und Erarbeitungsphase war das Aufnahmegerät am Lehrertisch positioniert, während der Übungsphasen wurde es zu den einzelnen Arbeitstischen mitgenommen, was auch eine bessere Aufnahmequalität bewirkte. Dennoch waren auch in den ersten beiden Phasen sämtliche Sequenzen verständlich und zusätzlich waren die Hintergrundgeräusche stärker zu registrieren. Ich habe die Methode des Tonbandmitschnittes gewählt, weil ich mir eine klarere Differenzierung von reinen Beobachtungsdaten (was wurde gesprochen?, was ist passiert?) und deren Interpretation und Erklärung und Bewertung erwartet habe. Bevor ich an die Transkription ging, habe ich mir das Band zweimal angehört und mir dabei im FTB ergänzende Notizen aus meiner Erinnerung der Unterrichtsstunde gemacht, die für mich später bei der Datenauswertung sehr wichtig waren. Eine Videoaufzeichnung wäre sicher das bessere Instrumentarium für derartige Aktionsforschungsvorhaben.

### 3.1.3 Das Arbeitsblatt

Was ist ein Arbeitsblatt? In den didaktischen Nachschlagewerken wie auch in den Sachverzeichnissen didaktischer Literatur findet man kaum das Stichwort Arbeitsblatt. Tritt es dennoch auf, so wird der Begriff oft nur genannt, kaum jedoch inhaltlich näher gefasst. Unter Arbeitsblatt verstehe ich alle jene losen Blätter, die vom Lehrer als Lernmittel zusätzlich in den Unterricht eingebracht werden und deren grafische und inhaltliche Gestaltung ausschließlich dem Lernen der Schüler dienen soll. Ich habe an dieser Stelle ein Arbeitsblatt eingesetzt, weil der benötigte Inhalt im Schülerbuch nicht vorhanden war und eine möglichst eigenständige Beschäftigung mit der Thematik gewährleistet werden sollte. Durch die Vorgaben im Arbeitsblatt wurden Richtung und Verlauf der Schüleraktivitäten festgelegt, sowie auch das Lernergebnis bei den Schülern. Darüberhinaus war die Form vorgegeben, in der dieses Ergebnis festgehalten werden sollte. Aufgrund der einheitlichen Vorgabe können Einträge schnell überprüft, korrigiert und bewertet werden. Als Hauptergebnis sollte mir das Arbeitsblatt differenzierte und individualisierte Einblicke in das Verständnis der Schüler im Umgang mit grafischen Abbildungen liefern.

### 3.1.4 Feedback durch Kollegen aus der Regionalgruppe

Im Mai 1998 waren mein Kollege Mag. Wolfgang Schrampf und ich Gastgeber für ein Regionalgruppentreffen. Ich ließ mir die Gelegenheit, von meinen Kollegen Rückmeldungen zu meinem Unterricht zu bekommen, nicht entgehen. Die Schüler sollten in dieser Stunde Modellrechnungen zu einem Beispiel aus dem Straßenverkehr durchführen, wo es darum ging, dass zwei Autofahrer  $P_1$  und  $P_2$  in einem bestimmten Abstand mit gleicher Geschwindigkeit hintereinander herfahren und  $P_1$  plötzlich bremst. Es war nun in verschiedenen Modellrechnungen für spezielle Parameterwerte (Reaktionszeit, Bremsbeschleunigungen) zu untersuchen, ob es zu einem Auffahrunfall kommt oder nicht - und wenn ja, mit welcher Geschwindigkeit der Fahrer  $P_2$  auf das vordere Fahrzeug auffährt. Zu Beginn der Stunde wurde das Thema Anhalteweg wiederholt, sodass der Transfer eigentlich nicht sehr schwer fallen sollte.

Für meine Kollegen hatte ich einige Beobachtungsaufgaben vorbereitet:

- ⇒ Wie sind die Redeanteile Schüler/Lehrer und Burschen/Mädchen verteilt?
- ⇒ Wie verhalten sich drei bestimmte Schüler - Einzelbeobachtungen
  - *eines besonders schwachen Schülers*
  - *eines besonders interessierten und anscheinend oft unterforderten Schülers*
  - *eines interessierten, aber besonders „verhaltensauffälligen“ Schülers*
- ⇒ Unterscheidet sich der Umgang mit dem TI92 bei Mädchen und Burschen?
- ⇒ Nehmen die Schüler die Aufgabenstellung ernst?
- ⇒ Wie gehen die Schüler mit den Diagrammen um?
- ⇒ Wie reagiert der Lehrer auf Schülerfragen?
- ⇒ Welche Fragetechniken verwendet der Lehrer?
- ⇒ Akzeptiert der Lehrer Schülergedanken oder lehnt er sie ab?

### 3.1.5 Ausgewählte Testaufgaben

Um Aussagen auf die Lernfortschritte und Lernergebnisse bei den Schülern zu bekommen, führte ich Mitte Juni 1998 noch eine schriftliche Überprüfung mit den Testaufgaben durch, die im Anhang zu finden sind. Die Schüler sollten selbst auswählen, mit welcher Methode und mit welchen Werkzeugen sie die einzelnen Aufgaben lösen wollen. Es war eine Art „Multiple-Choice-Test“ mit dem Zusatz, dass die richtige Antwort ohne ausreichende Begründung nicht als richtig zählte. Dadurch sollten einerseits „Zufallstreffer“ ausgeschaltet werden und andererseits wollte ich auch erfahren, wie die Schüler an die Bearbeitung der einzelnen Fragen herangingen. Zum leichteren Einstieg habe ich den Schülern unter 1)a) ein Beispiel angeboten, das wir im Unterricht sehr detailliert besprochen und auf mehrere Arten gelöst haben. Die Aufgabe 1)b) sollte nur aufzeigen, wie weit die Schüler imstande sind, einen einfachen Transfer durchzuführen. Bei der Aufgabe 2) war für die Schüler neu, dass  $s$  und  $t$  nicht mit Zahlen belegt waren. Beispiele dieser Art, allerdings ausgehend von Zahlenangaben und daraus allgemeinere Aussagen anhand von Parameterstudien herleitend wurden im Unterricht bearbeitet. Beim Beispiel 3) hatte ich die Erwartung, dass diese Aufgabe von den meisten Schülern durch rein qualitative Überlegungen gelöst werden könnte.

## 3.2 Verwendete Daten

### 3.2.1 Transkribierter Tonbandmitschnitt einer Unterrichtssequenz

(in der nach einer Wiederholung die Aufgabenstellungen zum Thema „Schiefer Wurf - Kugelstoßen“ bearbeitet werden sollten)

#### (1) Wiederholungsphase

- L: „Welche Bewegung führt ein Körper aus, der mit einer bestimmten Anfangsgeschwindigkeit senkrecht nach oben geworfen wird?“  
S1: (meldet sich freiwillig) „Zuerst eine gleichmäßig verzögerte und dann eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.“
- L: „Das ist im Prinzip richtig. Kannst Du noch genauer beschreiben was Du mit zuerst und dann meinst.“
- S1: „Naja, ich meine, dass er die halbe Zeit steigt und die andere halbe Zeit wieder zum Boden zurückfällt.“
- L: „Auch das ist nicht falsch. Wie lange steigt er? Wovon hängt das ab? Wie hoch steigt er?“
- S1: „Das weiß ich nicht!“
- S2: (meldet sich) „Das hängt von der Geschwindigkeit ab.“
- L: „Ja, wie lange und wie hoch der Körper steigt, hängt davon ab, mit welcher Anfangsgeschwindigkeit er nach oben geschossen wurde. Wer kann mir nun die Geschwindigkeitsfunktionen angeben?“
- S3: (wird aufgerufen, weil er mit seinem Banknachbarn schwätzt) „Kann ich bitte die Frage noch einmal hören?“
- L: „S4 kannst Du bitte die Frage für S3 wiederholen?“
- S4: „Es geht darum wie sich die Geschwindigkeit verändert:“

- S3: „Sie wird immer kleiner und dann wieder größer.“  
 L: „S3, soweit waren wir schon. Wer kann die Funktion an die Tafel schreiben?“  
 S5: (meldet sich und schreibt die Geschwindigkeitsfunktion richtig an)  
 L: „Sehr gut. Und nun zum horizontalen Wurf. Erinnert euch an das Beispiel mit dem Tennisball, der mit einer bestimmten Geschwindigkeit horizontal über das Netz fliegt. In welcher Entfernung vom Netz schlägt er auf?“  
 L: (nach einer halben Minute Wartezeit) „Da muss sich doch wenigstens einer daran erinnern können; das ist zwar schon 2 Wochen her, aber trotzdem. Welche Bewegung führt denn der Ball dabei aus?“  
 S5: „Eine waagrechte und eine lotrechte.“  
 L: „Welche Bewegungsarten treten dann dabei auf?; S6“  
 S6: (hat mit dem TI92 gespielt und kann keine Antwort geben)  
 L: S6, weißt Du überhaupt, welche Bewegungsarten wir bisher kennengelernt haben?“  
 S6: „Frau Professor, ich habe mich eh für nächste Woche zu einer Prüfung gemeldet.“  
 S7: (meldet sich) „Horizontal fliegt er gleichförmig, glaube ich, und nach unten wird er von der Erde angezogen. Das ist dann so eine Kurve, die er beschreibt; so wie wir das mit der Kreide gemacht haben.“  
 L: Wer möchte das mathematische Modell dafür an die Tafel schreiben.  
 S8: (hat inzwischen in seinen Aufzeichnungen nachgeschaut und kann die Frage beantworten).  
 L: „Naja, die Wiederholung war heute wieder ziemlich mühsam. Wenden wir uns einem neuen Thema zu. S9, wie kannst Du denn einen Körper noch abschießen, außer horizontal und senkrecht nach oben?“  
 S9: „Schief, vielleicht?“  
 L: „Heute wollen wir die Gesetzmäßigkeiten beim schiefen Wurf untersuchen.“

**(2) Erarbeitungsphase:**

- L: „Nehmen wir an, ein Körper wird mit einer Geschwindigkeit von 20m/s unter einem Winkel von  $60^\circ$  gegen die Horizontale abgeschossen. Wie könnten wir dann die Geschwindigkeit darstellen?, S10“  
 S10: (zeichnet eine Gerade mit dem richtigen Neigungswinkel)  
 L: „Was hat S10 noch nicht beachtet? Was kann man aus dem Bild herauslesen oder eben noch nicht herauslesen?“  
 S10: (zeichnet einen Pfeil) „Ja die Geschwindigkeit muss ja ein Vektor sein.“  
 L: „Gut; die Geschwindigkeit ist ein Vektor und ist durch seine beiden Komponenten festgelegt, wie wir wissen. Diese bezeichnen wir mit  $v_x$  und  $v_y$ . Können wir bei diesem speziellen Beispiel diese beiden Komponenten berechnen?“  
 S5: (ruft heraus) „Das geht mit Sinus und Kosinus, aber ich weiß nicht was was ist. Das haben Sie mir vorige Woche erklärt.“ (S5 war schon längere Zeit damit beschäftigt, ein Spiel, wo ein Ziel getroffen werden sollte, auf dem Rechner zu programmieren. Ich habe ihm damals die Formeln für die Geschwindigkeitskomponenten aufgeschrieben)  
 L: „Das kannst Du ja auch noch gar nicht wissen; wir wollen daher zuerst versuchen, mit einfachen geometrischen Überlegungen bei diesem besonderen Winkel auf die beiden Komponenten zu kommen. (Niemand meldet sich; L zeichnet ein gleichseitiges Dreieck an die Tafel, beschriftet alle drei Seiten mit  $v$  und markiert das halbe gleichseitige Dreieck mit Farbkreide ).So schaut euch die beiden Zeichnungen an. Wie groß ist nun  $v_x$  ?“  
 S5: „ $v_x$  ist die halbe Seite und  $v_y$  die Höhe in dem Dreieck; also irgendetwas mit Wurzel aus 3, glaube ich.“  
 L: „Ja.  $v_x = 10 \text{ m/s}$  und  $v_y$  ist  $v$  halbe mal Wurzel aus 3, das ist ungefähr, wieviel? (S3 ruft

die richtige Lösung (17) heraus, nachdem er seinen TR benutzt hatte); diese Formel sollte eigentlich allen geläufig sein. S7, du überlegst Dir bitte bis zum nächsten Mal, wie man auf diese Formel kommt. (S7 ist nämlich gerade damit beschäftigt, einen Prospekt durchzublättern). Welche Bewegung führt der Körper nun aus?“

S5: (meldet sich schon wieder)

L: „Was ist mit den anderen? z.B. mit S11? Dich habe ich in der heutigen Stunde noch überhaupt nicht richtig wahrgenommen!“

S11: (ist zu sehr überrascht, dass er eine Antwort geben könnte)

S12: (meldet sich) „Der Körper fliegt mit 10m/s horizontal mit gleichbleibender Geschwindigkeit weg.“

L: „Ja, und was ist mit der vertikalen Geschwindigkeitskomponente? Ist diese Bewegung auch gleichförmig, S7?“

S7: „Nein, der wird ja langsamer wegen der Schwerkraft.“

L: „Um wieviel wird er denn pro Sekunde langsamer?“

S2: „Um 10 m/s.“

L: „Denken wir uns nun die Schwerkraft weg. Welche vertikale Bewegung würde der Körper dann ausführen? Und dann setzen wir diese beiden Bewegungen zusammen. S 13, was meinst Du dazu?“

S13: „Wenn keine Schwerkraft da wäre, würde der Körper nicht herunter kommen.“

L: „Ja, damit hast Du schon recht. Versuchen wir nun ein Modell für die Geschwindigkeitsfunktionen und die Funktionen für den zurückgelegten Weg aufzustellen.“ (L schreibt die Struktur an die Tafel und markiert  $v_x$  mit gelber und  $v_y$  mit roter Tafelkreide, ebenso werden die zugehörigen Funktionen unterstrichen; jetzt werden die Gleichungen aufgestellt. Die Schüler erhalten nun die Arbeitsaufgaben (befinden sich im Anhang) und noch eine kurze Information über die Verwendung der Sin- und Cos-Funktion am TI92 als Black-Box. Weiters erhalten Sie ein Diagramm mit vorgegebenen Achsen und einem Raster, wo sie die Ergebnisse der 1. Teilaufgabe eintragen sollen. Es wird auch noch darauf hingewiesen, den DATA-MATRIX-EDITOR zu verwenden, in der ersten Spalte die Zeit, in der zweiten Spalte die Wurfweite und in der dritten Spalte die Wurfhöhe einzutragen. Ebenso wird die Definition des Plots kurz wiederholt). „So ihr habt jetzt noch 20 Minuten Zeit, euch mit den Aufgaben zu beschäftigen. Ihr könnt mit eurem Sitznachbarn oder auch alleine arbeiten. Es ist auch nicht verboten, Nichterledigtes zu Hause fertigzustellen.“

### (3) Übungsphase:

(S9 hat innerhalb weniger Minuten die erste Teilaufgabe gelöst und zeigt mir das Diagramm.)

L: „S9, wie hast Du das so schnell gemacht. Wo sind Deine Funktionen. Du kannst ja unmöglich schon die Funktionen eingegeben haben!“

S9: „Muss ich das unbedingt mit dem TI92 machen, das geht ja so auch.“

L: „Für die erste Teilaufgabe brauchst Du nicht unbedingt den Rechner, da hast Du schon recht. Aber für die weiteren Fragen wirst Du ihn verwenden müssen, daher solltest Du schon die Funktionen eingeben. Aber diese 1. Teilaufgabe hast du sehr gut gelöst, bravo.“

S9: „Aber ich hab meinen Taschenrechner vergessen!“

L: „Ich borge Dir mein Gerät. Da hast Du die Funktion schon einprogrammiert und kannst Dich gleich mit verschiedenen Studien beschäftigen. Ich habe euch ja ausreichend Fragen angeboten.“

(S8 und S12 haben die Aufgaben a) bis c) übersprungen und sind mit dem Kugelstoßen beschäftigt.)

S8: (zu S12) „Wie sollen wir den Luftwiderstand berücksichtigen?“

- S12: „Da haben wir ja eh die Formel gelernt. (sucht in seinen Unterlagen)  
L: „Sind die Funktionen schon definiert? Wie habt ihr berücksichtigt, dass hier nicht vom Boden gestoßen wird?“  
S12: „Ja, das wissen wir eben auch nicht!“  
L: „Welche Weite und welche Höhe hat die Kugel zum Zeitpunkt 0? Ihr könnt ja auch eine Skizze machen?“  
S8: (hat sehr schnell erfasst, dass die 1,75 m der Startwert für die Wurfhöhe sind). „Ja ich weiß es eh schon, wir müssen hier 1,75 dazuzählen.(S8 kennt sich mit dem TI92 sehr gut aus und hat auch schon das Diagramm am Display).Jetzt fehlt uns nur mehr der Luftwiderstand!“  
L: „Den Luftwiderstand vernachlässigen wir bei diesem Beispiel. Beschäftigt euch besser mit den weiteren Fragen!“
- S14: (ruft mich) „Mein Taschenrechner zeigt den Graf nicht an.“  
L: „Schau einmal auf die Anzeige in der Statuszeile. Was siehst Du da?“  
S14: „Da steht battery, das war vorher schon einmal da und ist dann wieder weggegangen.“  
L: „Deine Batterie ist leer. Ich habe mein eigenes Gerät leider schon S8 geborgt. Schau bitte mit S15 mit.“  
S16: (ruft mich) „Bei mir wird das keine Kurve.“  
L: „Zeig mir einmal die Formeln, die du verwendet hast. .... Ja, die stimmen ganz sicher. Da kann nur etwas bei den Einstellungen passiert sein. Schau bitte einmal, was du bei „angle“ eingestellt hast. Ja da haben wir den Fehler schon. Das muss nämlich auf DEGREE eingestellt sein. Siehst Du, jetzt funktioniert es. Sehr gut, hast Du das gemacht.“

### 3.2.2 Auswertung der Arbeitsblätter

(das zugehörige Arbeitsblatt „zum Formel-I-Rennen“ befindet sich im Anhang)

Ich möchte zunächst über meine Eindrücke während der Bearbeitung durch die Schüler berichten. Die Aufzeichnungen in meinem Forschungstagebuch lassen erkennen, wie es mir gegangen ist:

„Das ist mir zu schwer!“ (FTB, S1)  
„So etwas haben wir noch nie gemacht!“ (FTB, S2)  
*Der Lärmpegel steigt immer mehr. Ich gehe von Schüler zu Schüler und stelle fest, dass nach 5 Minuten nur noch vier bis fünf Schüler ernsthaft arbeiten. Bei S3 und S4 kann ich Hilfestellungen geben und sie setzen daraufhin ihre Arbeit fort. S5 bis S8 sind schon beim Punkt b) des Arbeitsblattes und diskutieren eifrig miteinander. Ich höre kurz hinein, beteilige mich aber nicht an den Gesprächen.*

Aufgrund des hohen Lärmpegels und meiner Wahrnehmung, dass einige Schüler überhaupt nicht arbeiten und ich dafür im betreffenden Moment keine wirkliche Erklärung hatte, entschloss ich mich die Arbeit abubrechen. *Nach 10 Minuten breche ich enttäuscht die Arbeit ab und lasse die Arbeitsblätter einsammeln.*(FTB)

Bei der Auswertung der Blätter war ich dann positiv überrascht, weil die Ergebnisse doch wesentlich besser waren als ich beim Abbruch der Arbeit angenommen hatte. Ich hatte überhaupt zuerst sogar erwogen, die Daten ganz einfach zu verwerfen und einen neuen Einstieg mit mehr vorbereitenden Erklärungen zu starten.

Da ich aber dann doch an die Auswertung der Arbeitsblätter ging, konnte ich zunächst feststellen, dass der Informationsgehalt des endgültig erhaltenen Grafen bei wenigstens fünf Schülern beträchtlich war. Er umfasste Aussagen über die

- (1) Anzahl der Kurven der Rennstrecke
- (2) Abbildung der Kurven durch Minima
- (3) relative Schwierigkeiten der Kurven
- (4) Geschwindigkeit auf den geraden Strecken der Rennbahn
- (5) relative Länge der geraden Strecken

Das Arbeitsblatt haben 18 Schüler und 5 Schülerinnen bearbeitet:

Die Anzahl der richtigen Lösungen aufgeschlüsselt nach Schülern und Schülerinnen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Informationen, die im Weg-Geschwindigkeitsdiagramm enthalten waren	Schüler	Schülerinnen
Anzahl der Kurven	18	5
Kurven als Minima	16	3
relative Schwierigkeiten der Kurven	7	1
Geschwindigkeit auf den geraden Strecken	4	0
relative Längen der geraden Strecken	7	0

Aufgetretene Fehler und Schwierigkeiten:

- ⇒ „Langsamer werden“ wird nicht mit einem „nach unten gehen“ auf der Geschwindigkeitsachse in Beziehung gesetzt
- ⇒ Obwohl in sechs Fällen eine richtige verbale Beschreibung der relativen „Kurvengeschwindigkeiten“ vorliegt, ist die grafische Darstellung falsch
- ⇒ Das Auto wird immer schneller
- ⇒ Die verschiedenen Längen der geraden Strecken werden nicht beachtet oder können nicht richtig eingezeichnet werden

### 3.2.3 Auswertung der Beobachtungsaufträge - Feedback durch Kollegen

Ich bekam einige meiner subjektiven Eindrücke aus der Selbstbeobachtung sowie aus den Tonbandmitschnitten durch außenstehende Beobachter bestätigt. So wurde rückgemeldet, dass mein Redeanteil deutlich über 50% liegt und dass sich die Mädchen von sich aus überhaupt nicht zu Wort melden. Das hat auch die Tonbandauswertung ergeben: *S13 war das einzige Mädchen, das während einer ganzen Unterrichtseinheit gesprochen hat.*

Sehr aufschlussreich war auch die Beobachtung der drei „besonderen Schüler“, wo meine Eindrücke und Beobachtungen in den spezifischen Eigenheiten der drei Schüler kaum von den Äußerungen der beobachtenden Kollegin abwichen. Beim Umgang mit dem TI92 gibt es zwischen Mädchen und Burschen auch gravierende Unterschiede (Mädchen arbeiten eher gemeinsam; verlassen sich auf die Mitschülerin; äußern sich eher negativ über die Arbeitsaufgaben), was die beobachtende Kollegin auf die unterschiedliche Behandlung der Burschen und Mädchen von Lehrerseite zurückführt, denn sie hat festgestellt, dass ich überwiegend mit Burschen gesprochen habe.

Weiters wurde festgestellt, dass ich im Klassenunterricht Schülergedanken nur so weit akzeptiere als sie scheinbar in mein Konzept passen und dass auch die Lehrerfragen sehr eng

sind, dass ich aber in der Übungsphase sehr wohl Schüler dazu angeregt habe, eigene Ideen zu verfolgen und auszutesten.

Es wurde auch geäußert - und ich habe es auch festgestellt - dass die Zeit zu knapp wurde, um den Umgang der Schüler mit den Diagrammen genauer zu beobachten.

Auf Grund des Zeitproblems - und weil ich sicherstellen wollte, dass die Aufgabe von allen Schülern zu Hause weiter bearbeitet werden konnte, habe ich in den letzten zehn Minuten der Unterrichtsstunde an Hand von Folien bzw. mit dem TI92 samt Overhead-Display einen Modellfall besprochen.

### 3.2.4. Ergebnisse der Testaufgaben

(Die Testaufgaben zur Lernergebniskontrolle und als Datengrundlage für meine Untersuchungen finden sich im Anhang)

An der schriftlichen Überprüfung haben 17 Schüler und 5 Schülerinnen teilgenommen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt, wobei erfasst wurde, wieviel Schüler zu keiner oder zu einer falschen Lösung gekommen sind und wie sich die Problemzugänge bei den richtigen Lösungen auf vier Möglichkeiten verteilt haben.

Beispiel	keine Lösung	Lösung durch rein qualitative Überlegungen	L. durch grafische Überlegungen	L. durch „allg. Rechnen mit Formeln“	L. durch Rechnen mit selbst eingesetzten Zahlen
1a	2m, 4w <sup>2</sup> (27,3%)	11m, 1w (54,5%)	4m, 0w (18,2%)	0m, 0w	0m, 0w
1b	3m, 4w (31,8%)	5m (22,7%)	5m, 1w (27,3%)	0m, 0w	4m (18,2%)
2	5m, 3w (36,4%)	2m, 0w (9,1%)	7m, 0w (31,8%)	0m, 0w	3m, 2w (22,7%)
3a	6m, 5w (50%)	4m (18,2%)	0m, 0w	0m, 0w	7m, 0w (31,8%)
3b	3m, 2w (22,7%)	8m, 3w (50%)	0m, 0w	0m, 0w	6m, 0w (27,3%)

---

<sup>2</sup> m steht für männlich, w für weiblich



## 4. Dateninterpretation

### 4.1 Das Arbeitsblatt

Es war erstaunlich, dass doch sechs Schüler den beträchtlichen Informationsgehalt weitgehend selbständig und ohne dass numerische Werte erforderlich waren, erarbeitet haben. (*Dieses Ergebnis habe ich nach den wenig erfreulichen Erlebnissen in der Stunde nicht erwartet!*, FTB) Eine nicht unwesentliche Begleiterscheinung war aber schon das weitgehende Versagen der restlichen Schüler. (*Warum haben so viele Schüler versagt? Waren sie überfordert? Haben sie die Aufgabenstellung nicht verstanden oder nicht verstehen wollen? Wie kann ich bessere Lernvoraussetzungen schaffen? Auf keinen Fall darf ich mich entmutigen lassen! Die restlichen Übungen werden wir im gemeinsamen Unterrichtsgespräch aufarbeiten.*, FTB)

Bei der in der nächsten Unterrichtsstunde folgenden Aufarbeitung der aufgetretenen Probleme bei der Bearbeitung des Arbeitsblattes zeigte sich, dass die meisten Schüler, die die Aufgabe nur unzureichend gelöst hatten, durchaus interessiert waren, diese Aufgabenstellung zu bearbeiten, dass ihnen aber der Wechsel der Darstellungsebenen Probleme bereitete und sie diesen nicht bewusst vollziehen konnten. Bei der Erstellung nichtquantitativer Grafen werden sie aber zu einem ständigen Übergang von einer Darstellungsform in eine andere gezwungen. Sie müssen überprüfen, ob die Interpretationen der einen Darstellung sich in der anderen bestätigen lassen. Damit waren sehr viele wünschenswerte Lernvorgänge verknüpft. Es wurde den Schülern bei dieser gemeinsamen Besprechung und Analyse des Arbeitsblattes deutlich, dass der folgende Zirkel

⇒ einen **Graf** als Modell der Realität bzw. der Aufgabenstellung **interpretieren**

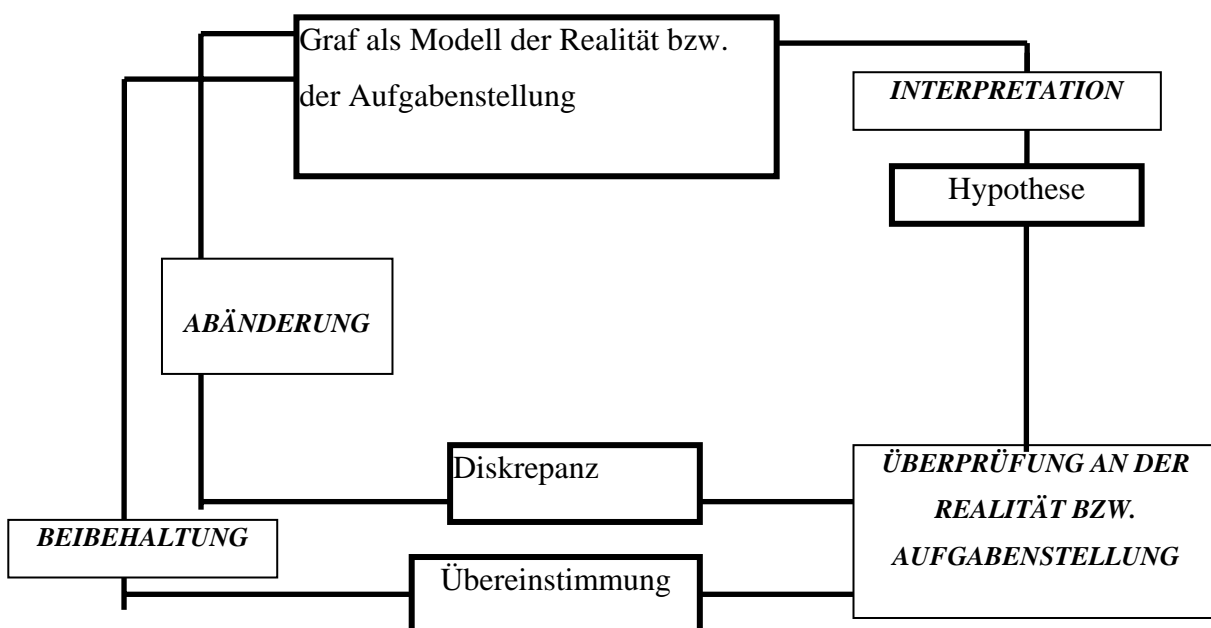
⇒ eine **Hypothese bilden**

⇒ diese an der Realität beziehungsweise der Aufgabenstellung **überprüfen**

⇒ bei Übereinstimmung **beibehalten**

**oder**

⇒ bei Diskrepanz **abändern** und Kreis neu durchlaufen



mehrfach durchlaufen werden muss, bevor eine zufriedenstellende Lösung erreicht wird. *(Auf weite Sicht wird damit ein Verständnis für die naturwissenschaftliche Methode vorbereitet. Kurzfristig hat das den Vorteil, dass der Schüler selbst überprüfen kann, inwieweit er das gestellte Problem gelöst hat. Da er sich jeweils schriftlich mit einem bestimmten Grafen festgelegt hat, ist die Lösung verbindlich. Da im allgemeinen häufig Erfolge rückgemeldet werden, ist das Verfahren auch von dieser Seite als lernverstärkend einzustufen. Ich werde die hier beschriebene Idee in weiteren Unterrichtssituationen einsetzen (z.B. Fallschirmspringer, Hochschaubahn, 60m-Lauf)., FTB)*

Ich bin der Meinung, dass die meisten Schüler das Beispiel auf der „Alltagsebene“ gelöst haben, d.h. sie haben die Eigenheiten der Rennstrecke auf die dort möglichen Geschwindigkeiten übertragen können. Der Transfer in das Geschwindigkeits - Weg -Diagramm, noch dazu bei einer geschlossenen Rennstrecke, wo bisher nur mit „offenen Wegen“ gearbeitet wurde, war im Rückblick ohne entsprechende Vorbereitung der Schüler für das Arbeitsblatt von meiner Seite eine Überschätzung und Überforderung.

Nach einer weitergehenden Beschäftigung mit der Thematik zeigte sich, dass nun alle verstanden hatten, was in einem v-s-Diagramm darstellt wird und dass man die Rennstrecke einfach auf der s-Achse „ausrollen“ kann. Damit waren sie nun in der Lage, die Fragestellungen b) bis e) bis zur nächsten Stunde zu lösen. Es waren sehr komplexe und interessante Rennstrecken dabei und es muss hervorgehoben werden, dass nun wirklich ein Großteil der Schüler interessiert und gerne gearbeitet hat. Bei einer Gangaufsicht konnte ich sogar beobachten, dass die Fragestellungen des Arbeitsblattes und deren Bearbeitung offenbar Anlass für einige Diskussionen in Kleingruppen während der großen Pause waren. *(Übereinstimmend äußerten sie, dass ihnen derartige Aufgaben (ohne Zahlen) lieber sind als Rechenaufgaben und dass man dabei auch mehr lernt., FTB)*

Es ist müßig, zu spekulieren ob ein vor a) eingeschobener Arbeitsauftrag, entlang der Strecke Beschleunigungs- und Bremsphasen zu markieren, das Ergebnis wesentlich verändert hätte.

## **4.2 Der Tonbandmitschnitt**

Beim Anhören des Bandes und bei der Transkription wurde mir deutlich bewusst, dass ich im darbietenden Unterrichtsgespräch nur einen geringen Teil der Klasse erreichen und aktivieren kann. Einige Schüler entziehen sich ganz einfach meinen Bemühungen vom Lehrertisch bzw. von der Tafel aus. Ich bin offenbar zu weit weg. Es hat sich mein wiederholter Eindruck, dass in solchen Unterrichtsphasen nur ganz wenige Schüler mitmachen und die meisten rezeptiv sind, beziehungsweise auch nur körperlich anwesend sind, mehr als bestätigt. Ich finde auch immer wieder Einträge im FTB zu diesem Problem. *(Ich muss daran arbeiten, mehr Schüler zu erreichen. Geht es nur mit Arbeitsaufgaben? Warum arbeiten so wenige Schüler freiwillig mit? Warum ist mein Redeanteil in den Erarbeitungsphasen gefühlsmäßig immer viel zu hoch? Ich kann doch die Schüler nicht alles selbsttätig erarbeiten lassen! Oder doch? Vielleicht liegt es nur am Thema? Aber ich bemühe mich doch Aufgabenstellungen und auch Einstiege in ein Thema zu finden, die Schüler interessieren könnten? Ich muss mich mehr mit den schwachen Schülern beschäftigen? , FTB)*

Aus den Bandaufzeichnungen und den Eintragungen im FTB geht auch deutlich hervor, dass es vor allem die Mädchen in der Klasse sind, die sich am Physikunterricht überhaupt nicht beteiligen. *(Liegt es am Taschenrechner, dass sich die Mädchen überhaupt nicht für Physik interessieren? Das war doch früher nicht so extrem? Was ist in dieser Klasse anders? Sind das Zufälle? Ich muss einmal die Gesamtleistungen vergleichen? Gehe ich mit den Mädchen anders*

um? Diese Situation belastet mich sehr! ,FTB)

Eine weitere Vermutung, die meine Ungeduld betrifft und in meinem FTB mehrfach zu finden ist, wird bei den Auswertungen der Bandaufzeichnungen zur Gewissheit. Ich lasse den Schülern viel zu wenig Zeit zum Nachdenken. Über den Aspekt habe ich in der Vergangenheit schon mehrfach reflektiert. (*Vielleicht fördere ich durch mein Verhalten, dass sich nur ganz wenige Schüler am Unterricht beteiligen? Habe ich zu hohe Erwartungen? Setze ich Lob und Tadel zielrichtig ein? Welches Schülerverhalten verstärke ich? Warum sagen die Schüler nicht, wenn es zu schnell geht, oder sie etwas nicht verstehen?*, FTB)

### 4.3 Das Feedback durch die Kolleginnen und Kollegen

Für mich war das eine völlig neue Art Rückmeldungen zur Rollenverteilung Lehrer/Schüler einerseits und Mädchen/Burschen andererseits zu bekommen, woraus Probleme resultieren, die mir in dieser Klasse sehr zu schaffen machten und noch immer machen. Die Gruppe hat mir durch die Rückmeldungen, dass ich die Mädchen selten anspreche, sehr geholfen. Daraus ergibt sich vielleicht die von mir selbst - aber auch von der Kollegengruppe - beobachtete Teilnahmslosigkeit und Lustlosigkeit, die manchmal sogar schon zu einer Verweigerung der Arbeit und zu negativen Äußerungen geführt hat. Die weitere Analyse dieser Situation habe ich mir für das nächste Schuljahr vorgenommen; dabei möchte ich auch Video einsetzen. Auch die Beobachtung, dass der „interessierte, aber besonders verhaltensauffällige“ Schüler viel öfter „drangekommen“ ist, hängt ziemlich sicher damit zusammen, dass ich grundsätzlich versuche, Problemen aus dem Weg zu gehen, wenn es irgendwie geht. Das könnte auch eine Erklärung dafür sein, dass ich die Mädchen, die bis auf eine Ausnahme (M1) in Mathematik, aber vor allem in Physik relativ leistungsschwach sind, so selten befrage und kontaktiere. M1 ist ein sehr ruhiges, fast schon schüchternes Mädchen und meldet sich von selbst überhaupt nie; ich muss zugeben, ich übersehe sie oft.

### 4.4 Die Testaufgaben zu ausgewählten Beispielen

Bei der Auswertung der Testaufgaben gab es für mich doch einige Überraschungen. Ich bin davon ausgegangen, dass nicht mehr alle Schüler ( vor allem jene nicht, für die ein negativer Jahresabschluss schon feststand - das waren immerhin 4 Schüler und 3 Schülerinnen bezogen auf alle Unterrichtsgegenstände, davon 3 Burschen und 2 Mädchen in Mathematik und ein Mädchen in Physik ) mit großer Begeisterung an die Bearbeitung der Testaufgaben gehen wollten, zumal ich die Schüler wahrheitsgemäß informierte, dass diese Überprüfung rein informativen Charakter für mich hat. Die überwiegende Mehrzahl der Schüler hat sich hingegen ehrlich um eine Lösung bemüht (vielleicht deswegen, weil für das kommende Schuljahr für die Klasse eine Projektwoche in München erwogen wird). Wie die Übersicht aber zeigt, waren einige doch nicht sehr erfolgreich, was ganz einfach mit dem Leistungsniveau der Klasse zu erklären ist. Vor allem beim Beispiel 3a) gab es arge Missverständnisse.

Bei den richtigen Lösungen ist mir aufgefallen, dass kein einziger Schüler allgemeine Überlegungen mit Hilfe von Formeln angestellt hat. Das habe ich auch genauer hinterfragt, dazu eine Aussage von S1, der alle Aufgaben richtig gelöst hat auf meine Frage, warum er diese Möglichkeit nicht in Betracht gezogen hat: „*Warum soll ich es kompliziert machen, wenn es auch einfach geht?*“ Offenbar ist die dafür notwendige Denkweise für 15jährige doch zu formal? Erfreulich für mich war auch, dass doch sehr viele Schüler abseits von Rechnungen und „Zur-

Hand-nehmen“ des TI92 zuerst einmal rein qualitative Überlegungen angestellt haben und damit auch durchaus erfolgreich waren. Auch die Variante mit Hilfe von grafischen Überlegungen das Problem zu bearbeiten, wurde angenommen und führte in einigen Fällen zu guten Begründungen. Einige Schüler waren sogar flexibel genug, die hinreichend bekannten Formeln zu verwenden und selbst Zahlenwerte für die einzelnen Parameter anzunehmen, um die Lösung des Problems von einer qualitativen oder einer formalen Ebene auf die quantitative - und offenbar für diese Altersgruppe leichter fassliche Ebene zu transferieren.

## 5. Schlussfolgerungen und Ausblick

In vielen Anwendungsaufgaben hat sich bis jetzt schon bestätigt, dass durch meine eigene verstärkte Auseinandersetzung mit der Frage zum Verstehen grafischer Abbildungen funktionaler Zusammenhänge - auch in Verbindung mit dem Einsatz des TI92 - nicht nur ich profitiert habe, sondern dass die Lernergebnisse bei einigen Schülern durchaus meinen Erwartungen entsprechen. Durch die oben beschriebenen Fragen und Probleme war eine flächendeckende Erfassung aller Schüler nicht immer möglich; ich habe mich in meiner zu starken Zielorientiertheit zu wenig mit den Sichtweisen und subjektiven Problemen der einzelnen Schüler beschäftigt. Dadurch sind einige Fragen offen geblieben. Sehr hilfreich war für mich auch die Beobachtung durch meine Kolleginnen und Kollegen aus der Regionalgruppe sowie die notwendigerweise stärkere Auseinandersetzung mit den Auswertungen der Schülerarbeiten. Durch dieses Hinterfragen und Interpretieren habe ich sehr viel dazugelernt.

In einem weiteren Aktionsforschungsvorhaben möchte ich dem Aspekt einer vermehrten Schülerorientiertheit mehr Beachtung schenken und meine praktische Arbeit in dieser Richtung weiterentwickeln. Ich habe auch die Erfahrung gemacht, dass es unerlässlich ist, die während eines Forschungsvorhabens gesammelten Daten **sofort** - oder zumindest möglichst unmittelbar - auszuwerten und zu interpretieren. Nur so kann man sinnvoll reagieren und interessante Fragestellungen anschließen und damit zu neuen Erkenntnissen kommen. Obwohl ich jetzt im Rückblick viele Fehler, die mir während der Arbeit unterlaufen sind, entdecken muss, hat sich mein Horizont durch die Beschäftigung mit Aktionsforschung sehr erweitert. Ich habe viele neue Erfahrungen machen können, aus meinen eigenen Fehlern gelernt und freue mich schon auf die nächste Herausforderung auf diesem Gebiet.

---

### Literatur:

IDM – Band 11; Institut für Didaktik der Mathematik (Univ. Bielefeld); Funktionsbegriff und funktionales Denken; Aulis Verlag; 1986