



CAS BRINGT MU IN FLUSS UND LEHRERINNEN AUF TRAB!?

Monika Gabriel-Peer
HTL Anichstr. 26, 6020 Innsbruck

Innsbruck, 2002

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 ALLGEMEINE ÜBERLEGUNGEN ZUM EINSATZ VON CAS	3
1.1 Veränderte Rahmenbedingungen	3
1.2 Überlegungen und Befürchtungen der Lehrerin	4
1.3 Erwartungen und Erfahrungen der SchülerInnen	5
1.4 Erfahrungen der KollegInnen	7
2 KONKRETER VERGLEICH ZWEIER UNTERRICHTSEINHEITEN ZUR ALLGEMEINEN SINUSFUNKTION MIT UND OHNE TI 92	8
2.1 Der mathematisch inhaltliche Hintergrund.....	8
2.2 Auswertungsschritte und Erkenntnisse	9
2.2.1 Mein Erleben	9
2.2.2 Zum Betrachten der Videos und Anhören der Bänder.....	9
2.2.3 Nach der ersten Durchsicht: Versuch eines quantitativen Vergleiches der Meldungen der Beteiligten.....	10
2.2.4 Beim ausschließlichen genaueren Hören tritt anderes zu Tage	12
2.3 Qualitativer Vergleich ausgewählter Szenen.....	13
2.3.1 Verständnisprobleme beim Zeichnen	13
2.3.2 Worüber und wie reden wir, wenn wir den Taschenrechner verwenden?	14
2.4 Aufmerksamkeiten.....	15
3 GESCHICHTE EINES UNGEWÖHNLICHEN (?) SCHÜLERS.....	16
4 LITERATUR.....	19

ABSTRACT

Bedingt durch den technischen Fortschritt, die immer leistungsfähiger werdenden Taschenrechner und die algebrafähigen Computerprogramme ist der Mathematikunterricht großen Herausforderungen unterworfen. Solche und ähnliche Vorüberlegungen, Untersuchungen der Schülereinstellungen¹, Ergebnisse von Gesprächen mit KollegInnen führen dazu, die allgemeine Sinusfunktion mit und ohne Rechnerunterstützung zu unterrichten, zu filmen, auf Tonband zu bannen, und sie in immer genauer werdenden Schritten zu untersuchen und zu vergleichen. Die Geschichte eines besonderen Schülers wirft zum Schluss noch ein ganz neues Licht auf die Fragestellung und treibt die Diskussion über CAS voran.

Im Wort Mathematik steckt die Wortwurzel $\mu\alpha\phi\epsilon\sigma\iota\sigma$ (Wissen, Erkenntnis), die eine bestimmte Seelen- und Geisteshaltung bezeichnete.
Wer seine ganze Kraft der Lösung von Daseinsfragen widmete,
war im Sinne von Pythagoras ein Mathematiker²

1 ALLGEMEINE ÜBERLEGUNGEN ZUM EINSATZ VON CAS

*Ein Problem überlegen heißt aber nicht,
ihm auch überlegen zu sein.
Ehe eine Sache erkannt ist, bleibt unsicher, ob die Gesichtspunkte
Die wir mitbringen, überhaupt zum Überblick taugen.³*

1.1 Veränderte Rahmenbedingungen

Unter CAS verstehe ich Taschenrechner und Software, die in der Lage sind, algebraische Umformungen durchzuführen. Dazu gehören: verschiedene TI-Modelle, MathCAD, Mathematika, Maple u. a.

Von den 20 Kolleginnen und Kollegen, die an unserer Schule den Gegenstand Angewandte Mathematik⁴ unterrichten, verwenden einige den TI 92, viel mehr jedoch MathCAD, manche planen auch, mehr mit mathe-online zu arbeiten. Abteilungsweise

¹ Wo ich die männliche Form wähle, handelt es sich um reine Bubenklassen

² E. Bindel: Pythagoras. Leben und Lehre in Wirklichkeit und Legende, S 60

³ F. Vonessen: Die pythagoräischen Symbole in: I. Wedemeyer Hrsg: Pythagoras, S 62

⁴ Immer, wenn ich von Mathematik rede, meine ich den Gegenstand Angewandte Mathematik

Treffen der MathematikerInnen, ihren Unterricht betreffend, finden häufiger, schulübergreifende seltener statt, wir versuchen immer wieder zu einer gemeinsamen Linie zu finden, doch davon später.

Bedingt durch den technischen Fortschritt, die immer leistungsfähiger werdenden Taschenrechner und die algebrafähigen Computerprogramme ist der Mathematikunterricht großen Herausforderungen unterworfen. So, wie in den vergangenen Jahrzehnten kann es nicht mehr weiter gehen, wir können nicht mehr alles „zu Fuß“ rechnen, einiges an Theorie erklären oder von den Schülerinnen und Schülern erarbeiten lassen, uns gefinkelte Aufgaben ausdenken, die keinen praktischen Wert haben und uns um neue Entwicklungen kaum kümmern.

Die berufsbildenden Schulen sind hier besonders gefordert. Der Lehrstoff, der von uns vermittelt wird, wird in vielen anderen Gegenständen in die Praxis umgesetzt. Bei komplizierteren Berechnungen interessiert den Techniker der Weg nicht, er will lediglich wissen, was herauskommt. Und so stellen die neuen Tools gerade für Techniker ideale Hilfsmittel dar. Allerdings gibt es auch Techniker, die an ihren gewohnten Lösungswegen und –Methoden hängen und nicht bereit sind, Neuerungen anzunehmen.

Der Unterricht an Computer und Taschenrechner ist in der Vorbereitung sehr aufwändig, auch in der Betreuung ist er ganz anders als herkömmlicher Mathematikunterricht. Er fordert von uns Lehrerinnen und Lehrern noch viel mehr Geduld und Aushalten von relativ hohen Geräuschpegeln, viel Verständnis für das Interesse der Schüler und ihren Spiel- und Probiertrieb, ein hohes Maß an Flexibilität und Wissen um die Tücken der Geräte, von Schülerinnen und Schülern ein sicheres Handling der Programme, viel Selbständigkeit und die Fähigkeit, Fehlermeldungen der Geräte richtig interpretieren zu können.

1.2 Überlegungen und Befürchtungen der Lehrerin

- Schülerinnen und Schüler sind weniger bereit, sich intensiv mit Mathematik auseinander zu setzen, weil sie erwarten, dass das technische Hilfsmittel dies für sie erledigt, stellen dann aber fest, dass sie sich geirrt haben.
- Schwächere Schülerinnen und Schüler haben weniger Möglichkeiten, durch eifriges Üben Boden wett zu machen.
- Die Kluft zwischen guten Schülerinnen und Schülern, die Mathematik verstehen und solchen, die sehr wenig verstehen, vertieft sich und es wird zunehmend schwieriger, die verschiedenen Gruppen in einer Klasse zusammenzuhalten, bzw. den Lernerfolg aller zu gewährleisten
- Werden diese Hilfsmittel als „black boxes“ genutzt, ist interessant, ob es sinnvoll ist, den Schülerinnen und Schülern so viel an Grundlagenwissen und Übungen zu vermitteln und aufzubrummen, wie es derzeit geschieht, oder ob es nicht besser wäre, die Mathematik ganz abzuschaffen und den Technikern das mechanische Vermitteln des Rechnerbedienens zu überlassen.

- Andererseits stellt gerade das Handling von CAS fähigen Taschenrechnern und Computern an den Verbraucher hohe Anforderungen, was das mathematische Grundlagenwissen betrifft, sie wurden für Fachleute entwickelt!
- Mir ist es heute wichtiger geworden, mathematisches Grundlagenwissen zu vermitteln, allgemeine Lösungswege zu skizzieren, die Geschichte der Mathematik begreifbar zu machen als noch vor wenigen Jahren. Es ist eine Geschichte von Denkprozessen und Überlegungen, von Lösungsversuchen und Irrtümern, die zu verstehen und nachvollziehen zu können mithilfe, weiterzfragen, weiterzuentwickeln und weiterzutragen.
- Es gibt aber auch Erfahrungen, die sehr für CAS sprechen – es gibt Erfolge, die ohne CAS nie möglich wären.
- Ich möchte Neuerungen nicht mit mir geschehen zu lassen, sondern sie mitgestalten! Ich möchte sie nicht einfach ablehnen müssen, weil sie mich überrollen, sondern will entscheiden, wo Neues gut eingesetzt werden kann, und wo Bewährtes weiterhin wesentlich bleibt und unumgänglich ist. Eigene Widerstände benennen und aufspüren hilft in der Bewältigung des Alltags.

1.3 Erwartungen und Erfahrungen der SchülerInnen

Ich erinnere mich an die Klasse, die ich trotz zwanzigjähriger Berufserfahrung vor zwei Jahren als erste zur Matura geführt habe. Damals wurde die Mathematikmatura an HTL eingeführt und die Schüler hatten im 5. Jahrgang keinen regulären Mathematikunterricht, nur eine Stunde Freifach Angewandte Mathematik. Mit ihnen habe ich keinen TI 92 verwendet, sie kannten MathCAD. Die Klasse hat Mathematik relativ ernst genommen, hat viel geübt und sie haben sich sehr bemühen müssen, um das Programm so gut zu beherrschen, dass sie zur schriftlichen Reifeprüfung wirklich sattelfest waren. Bei ihnen fielen die Ergebnisse ziemlich gut aus !!

Ganz anders die beiden Klassen, die in diesem Jahr Matura gemacht haben:

Mit ihnen habe ich ab dem 2. Jahrgang den TI verwendet. Alle waren verpflichtet einen zu besitzen, bzw. konnten ihn vom Elternverein ausleihen. Es waren sehr schwache Jahrgänge, in denen am Ende nur mehr 16 bzw. 12 von jeweils 36 Schülern nach fünf Jahren übriggeblieben waren. Sie waren immer sehr dafür, den TI zu haben und einzusetzen, sie haben es damals, genauso wie der Jahrgang, in dem ich derzeit Klassenvorständin bin, überhaupt nicht erwarten können, ihn zu bekommen. Es war ihnen sehr wichtig, alles mit dem Rechner zu erledigen.

Ich war trotzdem bestrebt, vieles noch auf herkömmliche Weise zu lösen, habe mit ihnen händisch differenziert und integriert, die Produktregel u. ä. waren anzuwenden. Das ist bis zu einem gewissen Grad gelungen, sie haben sich aber sehr auf den TR verlassen und waren nicht wirklich bereit, sich intensiv mit Mathematik auseinanderzusetzen.

Im 4. JG waren sie entsprechend schwach, sie haben alles, was möglich war, vom TI rechnen lassen. Das hat ihnen im Laufe der Jahre in den technischen Gegenständen immer wieder erhebliche Schwierigkeiten eingetragen; viele Techniker haben den

Taschenrechner nicht erlaubt, bzw. ihnen war es wichtig, dass die Schüler genau wussten, was sie taten. Das wussten sie allerdings nicht, weil sie nicht ausreichend gut aufgepasst hatten.

Zu Beginn des 5. JG habe ich die Schüler befragt In den frei formulierten Antworten waren sie noch ziemlich zufrieden mit dem TI, konnten aber schon gut seine Nachteile benennen. Nach der Häufigkeit der Nennungen:

- *Er ist kompliziert anzuwenden. Man muss sich einige Zeit damit befassen, um ihn sinnvoll einsetzen zu können, schwieriges Handling*
- *Wie kann man erkennen ob Ergebnisse richtig sind? Die Interpretation der erhaltenen Ergebnisse erweist sich manchmal als schwierig!*
- *Er ist schwer, groß, teuer und hässlich*
- *Man verlernt das Rechnen*

Es überwogen zu diesem Zeitpunkt aber noch die Vorteile, wobei mir auffiel, dass sie verbal einfacher und nicht so differenziert gestaltet waren:

- *Erleichterung*
- *Algebra*
- *Graphik*
- *Übersichtlichkeit (als andere TR)*
- *Schwindeln*
- *Geschwindigkeit*
- *Zur „Angabe“ (gemeint ist: zum Prahlen)*
- *Zum Spielen*

Am Ende der 5. nochmals frei befragt, haben sie aber festgestellt, *„Ich will studieren gehen, kann aber wenig händisch lösen. Der Grund dafür ist das Vorhandensein des TI und die damit verbundene Faulheit!“* und *„Durch den TI ist man verblödet worden. Händisch rechnen blieb auf der Strecke; auch wenn der TI feiner ist, aber wenn man nicht weiß was man eingeben soll, dann bringt er nix!“*. Das sind nur einige der vielen kritischen Bemerkungen. Positives gab es nicht mehr viel.

Mindestens die Hälfte der Schüler meinten, dass es ihnen leid täte, dass sie sich um die Mathematik nicht so sehr bemüht hatten, dass sie im Prinzip viel lieber mehr Mathe-Stunden gehabt hätten, und ihnen die Grundlagen wirklich wichtig seien, statt anderer Gegenstände (sogar lieber als Turnen und Religion) und es sei ihnen ein großes Anliegen, die Mathematik mit der Hand gut zu beherrschen.

Das war leider irreparabel. Die Schüler einer Klasse haben Mechanik (aus dem Maturafach Angewandte Mathematik und Fachtheorie) zur schriftlichen Reifeprüfung gewählt, die Parallelklasse habe ich zur Matura geführt. Bei ihnen war es ähnlich, wenn nicht noch schwieriger. Sie haben sich kaum bemüht, überhaupt etwas zu tun, ihre Leistungen bei der schriftlichen Matura waren entsprechend schlecht. Sie waren so schwach motiviert, dass ihnen am liebsten war, wenn Mathe ausfiel, obwohl sie im nachhinein dann gesagt haben, es täte ihnen leid, dass es so war, aber sie waren nicht in der Lage, das Ganze ernst zu nehmen. Auch mir ist es nicht gelungen mit einer Wochenstunde im 5. JG, das Ruder herumzureißen. Das ist mir eine Lehre, ich werde mit Schülern in dieser Form, wie ich es mit ihnen getan habe, nicht mehr umgehen.

Meine Klasse ist derzeit im 2. JG, sie haben sich vor Einführung des TI ähnliche Erleichterungen erhofft, wie sie die Maturanten auch angaben. Fast alle glaubten, dass er ihnen das Leben erleichtern werde. Am Ende des Schuljahres meinten die meisten, dass sie ihn hauptsächlich zum Rechnen und Spielen verwenden und froh sind, dass sie ihn haben. Lediglich einer hat gemeint, er brauche ihn nicht. Zwei Drittel der Schüler gaben an, ihn als Merkhilfe zu nutzen, was aber von meinen Kolleginnen und Kollegen nicht geduldet wird und zu Konflikten mit anderen Unterrichtenden führt. Sie sehen ihn als große Unterstützung, er hilft ihnen, sich auf kompliziertere Aufgabenstellungen konzentrieren zu können. Wenige Nennungen hatten Bemerkungen wie, dass sie bei seiner Einführung hauptsächlich gespielt haben, sich mit ihm gut unterhalten, Blödsinn damit machen, die Graphik schätzen.

Ich werde in meiner eigenen Klasse nach Möglichkeiten suchen, auch das Rechnen und Verstehen in einer Form zu verlangen, dass es wirklich abprüfbar ist. Das ist mir jetzt sehr sehr wichtig. Es ist mir viel wichtiger als früher.

Parallel zur Tagesschule wird bei uns auch eine Abendschule geführt. Ich habe einen Jahrgang geführt, die im Sommer 2002 den vorgezogenen Reifeprüfungsteil in den allgemeinbildenden Gegenständen absolvierten. Die Studierenden verwendeten den Taschenrechner auf eine ganz andere Art und Weise wie die Tagesschüler. Eher so, wie ich mir einen sinnvollen Einsatz vorstelle. Befragt gaben sie folgende Antworten, wobei ich lediglich auf solche eingehen möchte, die auffallend von jenen der Tagesschüler abwichen:

- *Graphik hilft sehr zum Verständnis*
- *Handling muss zusätzlich erlernt werden*
- *Jetzt weiß ich, dass ich nichts weiß*
- *Schnelligkeit*

1.4 Erfahrungen der KollegInnen

Von den KollegInnen ist niemand wirklich zufrieden mit der Situation. Ein Kollege würde gerne MathCAD und mathe-online direkt im Unterricht einsetzen, er meint, das werde ihnen wirklich weiterhelfen – er stellt es sich so vor, dass er einen Laptop und einen fahrbaren Beemer erhält, mit denen er während des Unterrichts seine Arbeitsblätter und Beispiele von mathe-online zeigen kann.

Andere sind mit dem TI92 zufrieden, besonders im Zusammenhang mit der Abendschule – die haben ihn sinnvoll benützt. Im Zusammenhang mit der Tagesschule sind einige nicht so zufrieden, an manchen Abteilungen war er nie eingeführt worden, an anderen sind die Kollegen so unzufrieden, dass sie ihn im kommenden Herbst nicht mehr direkt einsetzen werden.

Der Einsatz beider Systeme (TI 92 und MathCAD) parallel wird als schwierig beschrieben. TI 92 sei ein reines Mittelschulgerät und werde an den Universitäten nicht benützt, die schulweite Beschaffungsaktion des Taschenrechners sei auch nicht sehr sinnvoll und überaus mühsam. Manche Kollegen lassen den TI zu, erklären seine Funktionsweise aber nicht explizit und sind damit auch recht gut gefahren. Anderen ist der TI ans Herz gewachsen – sie kennen ihn gut und möchten nicht von Computern abhängig sein, die eigentlich nicht (oder kaum) zugänglich sind.

Einig waren wir uns darüber, dass im 1. Jahrgang im Mathematikunterricht weiterhin gänzlich auf eine Rechnerunterstützung verzichtet werden soll – mit Ausnahme der Beispiele in der Geometrie, wo Winkelfunktionen besprochen werden. Mein Eindruck ist allerdings der, dass BHS LehrerInnen beim Austausch sich nicht so sehr mit methodischen und didaktischen Fragen beschäftigen, sondern besonders an der Weitergabe komplizierter technischer Beispiele mit guten Lösungen interessiert sind und auch gerne von anderen solche bekommen. Wir versuchen jedoch immer wieder, die Anforderungen an unsere Schüler aufeinander abzustimmen.

2 KONKRETER VERGLEICH ZWEIER UNTER- RICHTSEINHEITEN ZUR ALLGEMEINEN SINUS- FUNKTION MIT UND OHNE TI 92

*Schicht um Schicht dringe ich nach innen vor,
scheide Wesentliches vom Unwesentlichen,
ordne und freue mich am Erreichten⁵.*

2.1 Der mathematisch inhaltliche Hintergrund

Um erkennen zu können, wie sich der Unterricht mit veränderten Hilfsmitteln wandelt, wollte ich eine Unterrichtseinheit über die allgemeine Sinusfunktion einmal ohne TI 92 und einmal mit Rechnereinsatz durchführen und sie auf Video und Tonband aufnehmen und vergleichen.

Dies sollte in der 2B stattfinden, meiner Klasse, der Klasse, der ich vorstehe. Mit ihnen hatte ich im 1. Jahrgang die Bewegung einer Gondel des Riesenrades abhängig von der Zeit als Beispiel für eine Funktion überlegt. Der Zusammenhang wurde von den Schülern selbsttätig in Partnerarbeit herausgefunden.

Der 2. Jahrgang steht einige Zeit ganz im Zeichen der Kreisfunktionen. Diese wurden in Anlehnung an obige Vorbereitung mit Hilfe eines Punktes, der sich auf einem Kreis bewegt und dessen Lage am Umfang des Kreises in Abhängigkeit zum Abstand vom waagrechten Durchmesser, von mir eingeführt. Im Anschluss daran besprach ich die elementaren Zusammenhänge zwischen den einzelnen Kreisfunktionen, ihre Anwendungen im recht- und schiefwinkligen Dreieck. Die Schüler übten intensiv, es wurden auch Vermessungsaufgaben und vor allem technische Anwendungen besprochen. Um zu wiederholen, zusammenzufassen und zu verallgemeinern, bespreche ich an dieser Stelle gerne die allgemeine Sinusfunktion graphisch und mit dem Taschenrechner, wobei die Änderungen von Amplitude, Frequenz und Phasenwinkel einzeln betrachtet und gezeichnet werden. Mir ist das händische Zeichnen wichtig, weil es das Begreifen der Funktionen fördert. Angehende Techniker müssen diese wichtigen Funktionen be-Griffen haben (durch eigenes Tun). Meist erweist sich die Besprechung deswegen als besonders wertvoll, weil beinahe zeitgleich auch in der

⁵ Postkarte von Max Feigenwinter, Best. Nr. MF 8, noah-verlag Schweiz

Physik dieses Thema behandelt wird, und die Schüler so das Gleiche aus verschiedenen Perspektiven sehen, und sich so der Inhalt besonders gut einprägen kann.

Üblicherweise werden anschließend Überlagerungen von Kreisfunktionen gleicher und verschiedener Frequenz, Summensätze und goniometrische Gleichungen besprochen.

Der Zeitpunkt zum Filmen war eher ungünstig. Aus organisatorischen Gründen aber erwies er sich als gut, weil Studentinnen in der Phase des Schulpraktikums am Unterricht teilnahmen. So konnte der Stundenverlauf von Frau Jungwirth aus einer und von den Studentinnen aus einer zweiten Perspektive gefilmt werden, gleichzeitig lief auch ein Tonband mit. Die Schüler wussten Bescheid, dass wir uns genauer anschauen wollten, wie die neuen Medien sich auf den Unterricht auswirkten.

2.2 Auswertungsschritte und Erkenntnisse

Gewohnt an die Doppelstunden in Mathematik weiß ich, dass es sich mit dem Zeichnen und der Besprechung mit dem Taschenrechner recht gut in einer Einheit organisieren lässt. Ich hatte bei der Planung vergessen, dass es sich um zwei unzusammenhängende Stunden an einem Vormittag handelte und hatte auch übersehen, dass es der Unterricht in meiner Klasse war – Klassenvorstandsgeschäfte zwackten noch Teile der Stunde ab. So war für das Zeichnen etwas zu wenig Zeit, das ich aber in der Stunde mit dem Taschenrechner nicht mehr vollenden wollte.

2.2.1 Mein Erleben

Mein Eindruck unmittelbar nach der 1. Stunde war der, dass die Schüler im Zeichnen besonders langsam waren.

In Stunden mit dem TR war es erheblich lauter, ich war viel mehr gefordert. Sie waren viel anstrengender. Die Schüler wollten vielfach gleichzeitig von mir wissen, wie es geht. Am liebsten wäre jedem einzelnen, ich gäbe ihm immer dann, wenn er nicht genau weiter weiß die genaue Beschreibung, wie er tun muss, und ansonsten wäre jedem am liebsten, ich ließe ihn Ruhe. Es wurde mir richtig warm, sodass ich den Pullover ausziehen musste.

Am liebsten würde jeder nur mit seinem Kollegen besprechen und überlegen, wie es funktioniert und gleichzeitig einen Privatlehrer bei Bedarf zu Seite haben. Vielleicht sollte ich darauf in der Vorbereitung viel mehr eingehen! Nur wie??

2.2.2 Zum Betrachten der Videos und Anhören der Bänder

Ich habe die Videos einige Male angeschaut – es kam immer auf meine Stimmung an, wie ich das Video sah und was ich daran wahrnahm. Die Bänder habe ich erst danach gehört und festgestellt, dass beim reinen Hören mir ganz anderes auffiel.

Es gab Tage, an denen habe ich sie vorurteilsfrei gesehen. Da hatte ich eine große Freude, sie zu betrachten, da ist mir vorgekommen, ich muss mich nicht wirklich sehr darum kümmern, dass die Schüler ihre Sachen gut machen, sondern ich kann sie ohne weiteres arbeiten lassen, auch wenn sie manchmal kurzzeitig mit dem TR spie-

len. Im Endeffekt kümmert sich jeder darum, dass er die Dinge, die er machen muss und mitbekommen sollte, wirklich mitbekommen will.

Ein Beispiel: Beim Betrachten von Michael K. am Video, habe ich festgestellt, dass der phasenweise überhaupt nicht mitgearbeitet hat, nur mit dem TR gespielt hat, aber in den Zeiten, in denen er mitgetan hat, war er so konzentriert, dass er sicher das Wesentliche zur Gänze mitbekommen hat. Diese Vermutung haben sich auch an seinen Leistungen im Laufe des Schuljahres bewahrheitet, er hat offensichtlich daheim mehr geübt als gespielt und es sich so eingerichtet, dass er die Angewandte Mathematik im wesentlichen beherrscht.

Ein anderes Mal, als ich das Video betrachtete, dachte ich: Die Schüler sind so laut und unkonzentriert! Niemand interessiert sich wirklich! Was haben sie wirklich dabei gelernt? Was war das Ziel? Was war das Ergebnis? Habe ich den Unterrichtsertrag ausreichend gut sichergestellt?? Wie habe ich überprüft, dass sie alle das Wesentliche mitbekommen?? Viele Fragen, wenig Antworten, viele Zweifel, sie drängten sich mir damals auf!

Am anderen Tag habe ich festgestellt: Ja, es war ganz fein, wir hatten es miteinander auch nett und lustig, das ist meiner Meinung nach auch wesentlich!

Beim Anhören des Audiobandes stellte ich fest, dass meine Stimme angenehm ruhig geklungen hat. Ich war gut zu verstehen, weder gepresst noch besonders laut, was sich im Unterrichtsgeschehen nicht immer genau so anfühlt - und die am Video gespürten Turbulenzen waren kaum wahrzunehmen.

Die Lehre aus dem Ganzen: Es hängt immer von der eigenen Einstellung und Befindlichkeit ab, wie der Unterricht bei mir selber und wohl auch bei den Schülern ankommt, wie ich den eigenen Unterricht bewerte. Auch ist es wichtig, ob Ohren oder Augen oder beide beteiligt sind an der Analyse.

Ich hoffe, dass es mir gelingen wird, dieses Wissen in meinen Alltag mitzunehmen und an Tagen, an denen es mir schlecht geht, mich daran zu erinnern und zu versuchen, aus einer anderen Perspektive zu schauen!

2.2.3 Nach der ersten Durchsicht: Versuch eines quantitativen Vergleiches der Meldungen der Beteiligten

Es fiel mir beim ersten Mal relativ leicht, das Video anzuschauen und zu notieren, ob es sich um eine Aussage, Frage oder ähnliches handelte. Ich hatte vorher die Kategorien nicht genau festgelegt, wie ich die Sätze zuordnen wollte und entschied nach „Gefühl“.

Beim zweiten Anschauen war es mir überhaupt nicht mehr möglich, diese Unterscheidung so einfach zu treffen, ich schaute das Band noch mehrmals an, ohne zu zählen - erst mit dem Audioband, nicht abgelenkt durch Bilder und andere störende Nebengeräusche habe ich wieder zehn Minuten des Bandes die verschiedenen Aussagen der Beteiligten ganz genau analysiert, doch dazu bitte in Kapitel 2.2.4 nachlesen!

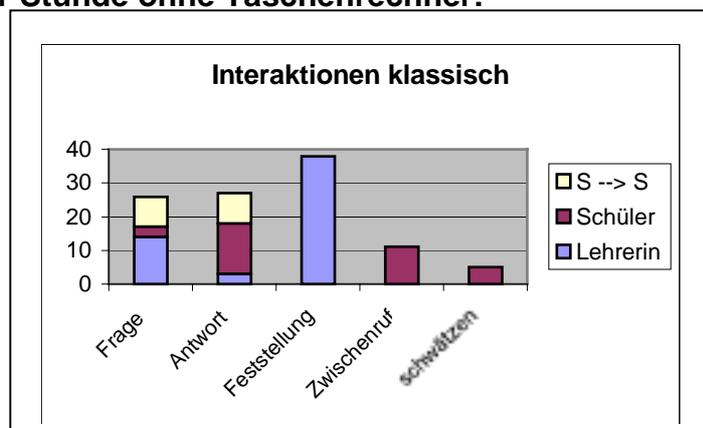
Was mir besonders auffiel war, dass ich in der Stunde ohne TI-Einsatz praktisch keine Frage habe, deren Antwort ich nicht schon vorher gewusst hatte! Das ist leider in der Schule so, LehrerInnen „wissen alles und reden viel“! Ich rede sehr viel in dieser Situation, auch dann, wenn es wirklich nicht nötig wäre. Versöhnt hat mich allerdings, dass es in der Zeit, in der ich die Schüler beim Zeichnen beobachtete, herumging,

mehrere Pausen von bis zu einer Minute. In Unterrichtssequenzen von anderen, die ich vorher gesehen habe, gab es kaum so lange Pausen. Mir ist es wichtig, den Schülern immer wieder Zeit zu lassen, um nachzudenken, zu zeichnen und miteinander auszutauschen!

Die Beobachtung eines einzelnen Schülers ergab, dass er sich zuerst die längste Zeit trotz Verbotes intensiv mit seinem neuen TR beschäftigt, dann gemächlich das Heft herausnimmt und sehr genau und konzentriert zeichnet, er fragt auch manchmal seinen Nachbarn, zeichnet, schaut, zeichnet, fragt nach und ist wirklich ganz bei der Sache. Erst kurz vor Ende der Unterrichtseinheit wendet er sich wieder seinem geliebten Spielzeug zu.

Ergebnisse der Beobachtung der Stunde ohne Taschenrechner:

	Lehrerin	Schüler	S --> S
Frage	14	3	9
Antwort	3	15	9
Feststellung	38		
Zwischenruf		11	
Schwätzen		5	



Auffallend ist, dass es hier 55 Lehrerinnenmeldungen und 18 Schülermeldungen direkt an die Lehrerin gibt, das heißt von der Anzahl der Wortmeldungen drei mal so viele wie Schülermeldungen.

Fragen und Antworten erfolgen kurzzeitig hintereinander.

Zusätzlich gibt es etwa gleich viele Schülermeldungen untereinander und sog. störende Meldungen. Interessanterweise ist das Verhältnis der Anzahl der Meldungen ausgewogen! (Interessant wäre hier, zu prüfen, wie viel Zeit die einzelnen Gruppen beanspruchen, ich habe aber die Zeit nicht gestoppt!! Ich überlege, ob bei Ausgewogenheit der Meldungen die Anzahl der Zwischenrufe zurückginge??)

Es geht darum, miteinander richtig zu zeichnen und einwandfreie Ergebnisse im Heft zu haben.

In der **Phase mit dem Taschenrechner** wurden zu meiner Überraschung beim Ansehen der Videos von mir 4 Fragen gestellt, deren Antwort ich nicht gewusst hatte! Es waren Fragen, den Taschenrechner betreffend.

Ein Beispiel:

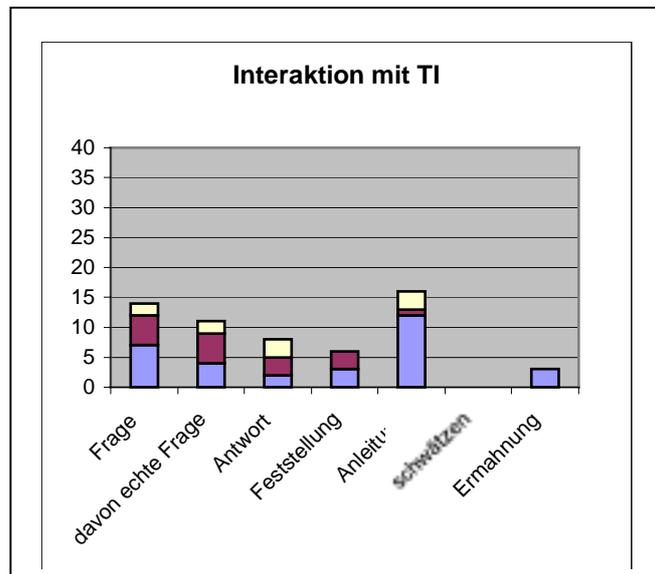
L: Warum zeichnet er das jetzt genau so??

S: erklärt mir genau, wie und warum.

In diesem Zusammenhang frage ich gerne. Ich übe sehr ungern alleine im stillen Kämmerlein mit dem Taschenrechner, auch nehme ich mir nie die Zeit mit ihm zu spielen. Das ist mir keine Zeit wert! Schüler hingegen spielen viel, und so können sie hier zu Experten werden, ich gebe ihnen auch Gelegenheit das auch zeigen.

Schüler und Lehrerin fragen in dieser Unterrichtsform etwa gleich viel. Es gibt wesentlich mehr Anleitungen, Feststellungen sind auf L und S gleich verteilt. Die Schüler sind insgesamt zurückhaltender mit ihren Meldungen, allerdings fällt auf, dass ich in dieser Stunde die Schüler dreimal ermahnt habe, weil der Arbeitslärm erheblich höher ist.

Interaktion mit TI	■	■	■
	Lehrerin	Schüler	S --> S
Frage	7	5	2
Davon echte Frage	4	5	2
Antwort	2	3	3
Feststellung	3	3	
Anleitung	12	1	3
Schwätzen			
Ermahnung	3		



2.2.4 Bei ausschließlicherem genauerem Hören tritt anderes zu Tage

Verunsichert durch das oftmalige Betrachten der Bänder versuchte ich, genauer zu differenzieren zwischen Fragen der Lehrerin an die Schüler, der Schüler untereinander, Anweisungen, Ermahnungen, Wiederholungen, Aufrufe von einzelnen Schülern und deren Antworten, Korrekturen der Lehrerin bzw. der Schüler, Erklärungen und Bemerkungen der Lehrerin.

Dabei habe ich festgestellt, dass die Unterhaltungen der Schüler miteinander schwer einordenbar sind, weil sie nicht so gut gehört werden konnten, lediglich in Form von Gemurmel.

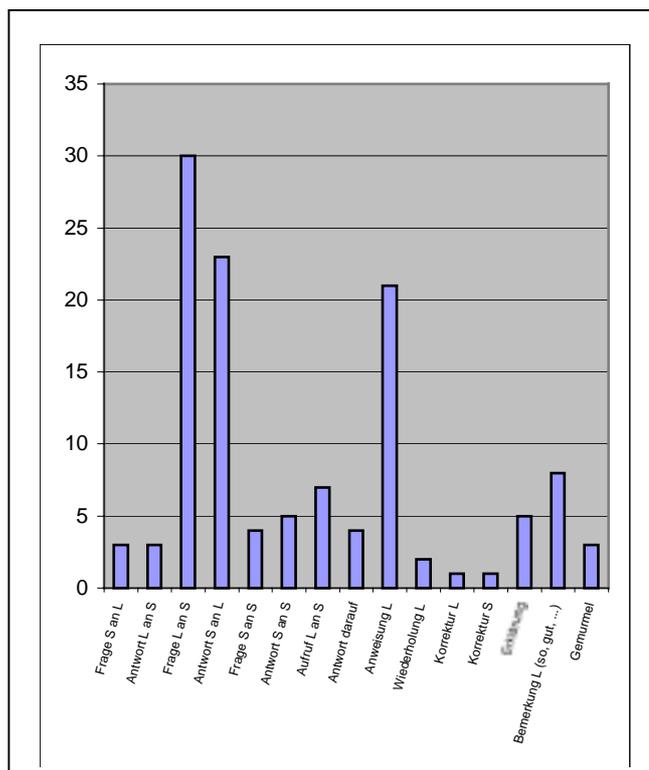
Das Bild fällt weg, ich habe die verschiedenen Meldungen ganz anders eingestuft. Beim Aufnehmen war das Mikrophon an einer anderen Stelle des Klassenzimmers aufgestellt, man hört ganzheitlicher und ist nicht abgelenkt durch die Augen.

Aus diesen Gründen können sich nicht die selben Zahlenwerte wie oben ergeben. Manche Kategorien hatte ich oben nicht eingeführt und anderes konnte ich hörend besser unterscheiden.

Allerdings ist es nicht möglich auch bei noch so genauer Zählung, den Verlauf der Interaktionen zu erfassen. Sie sich die Gespräche entwickeln ist hier nicht ablesbar.

Quantitative Auflistung von Meldungen der klassischen Phase

bei genauerer Betrachtung ergibt sich:	
Frage S an L	3
Antwort L an S	3
Frage L an S	30
Antwort S an L	23
Frage S an S	4
Antwort S an S	5
Aufruf L an S	7
Antwort darauf	4
Anweisung L	21
Wiederholung L	2
Korrektur L	1
Korrektur S	1
Erklärung	5
Bemerkung L (so, gut, ...)	8
Gemurmel	3



Es ergeben sich 77 Wortmeldungen der Lehrerin, 43 der Schüler.

2.3 Qualitativer Vergleich ausgewählter Szenen

2.3.1 Verständnisprobleme beim Zeichnen

Es wurde bereits die Funktion $y = \sin(x)$ mit der Längeneinheit 2 cm auf beiden Achsen ins Heft und an die Tafel gezeichnet, alle Schüler haben diese bereits in ihrem Heft. Die Lehrerin geht herum und schaut bei den einzelnen nach, ob alle zurechtgekommen sind.

- L: Wer fertig ist mit dieser Zeichnung, kann mit 1,5 mal sinus x anfangen.
 S: Frau Professor, da müssen wir halt dann statt mit mal 2 mit 1,5 tuan? ..
 L: Ja, ... aber was musst du mit 1,5 multiplizieren?
 S: Pi
 L: Na
 S: 2, des 2 und dann des Pi
 L: Das schauen wir uns jetzt miteinander an! Ich zeichne jetzt einmal die Sinusfunktion ein. Als nächstes überlegen wir uns, wie schaut's aus mit 1,5 mal sinus x. Was muss ich mit 1,5 multiplizieren?
 S: sinus x
 L: sinus x, ja wo ist das?
 S: 2 mal 1,5 und das dann mal.. die Pi
 L: Wo siehst du das?

Hier zeigen sich eindeutig mathematische Unklarheiten in bezug auf den Funktionsbegriff, Argument und Funktionswert wurden von ihnen nicht eindeutig unterschieden. Sie gehen offensichtlich mehr rechnerisch und zeichnerisch an die Funktionen heran. Dies wurde von mir nur zum Teil wahrgenommen. Im wesentlichen habe ich diese Probleme übergangen und habe versucht, die Schüler zur richtigen Zeichnung zu führen. Teilweise geschah dies aus Zeitmangel – ich war so schon knapp dran mit der Zeit und wollte mich auf keinen Fall hier verzetteln - und ich hatte mir vorgenommen das Programm durchzuziehen, teils auch weil mir das Ausmaß des Unverständnisses in der Situation nicht bewusst war.

2.3.2 Worüber und wie reden wir, wenn wir den Taschenrechner verwenden?

Oben habe ich schon erwähnt, dass die Schüler den Taschenrechner erst ganz kurz hatten. Sie waren mit dem Handling noch nicht sehr vertraut und es war ziemlich wirbelig, weil jeder so viele Fragen hatte.

Das Vorbereiten des Umfeldes im Hinblick auf Beleuchtung und Technik beansprucht viel Zuwendung, manche Diskussionen und Rochaden. Die Aufmerksamkeit ist beim Overheadprojektor oder beim Taschenrechner. Wenn sie etwas herausgefunden haben, wollen alle gleich mehr probieren, sie geben einander Anweisungen, gehen herum um zu vergleichen...

Unterschiedliche Geschwindigkeiten der einzelnen Schüler fallen mehr ins Gewicht. Zwischendurch gibt es Nebenbemerkungen über andere Lehrer, zu deren Akzeptanz des Taschenrechners,...

L: Hej, horcht's her. Wäre es möglich, dass wir das alle miteinander jetzt umstellen?

Es gelingt, den Schülern einige Anweisungen zu erteilen, die offensichtlich alle gleichzeitig fehlerfrei durchführen.

S: Bei mir zeichnet er irgend etwas komisches

L: *geht zu diesem Schüler* Ja, weil du den Modus noch nicht auf Rad umgestellt hast

S: Modus...

L: Wer hat das, was wir gezeichnet haben noch nicht auf seinem TR

S: Bin auf die Mittellinie...

L: Wie bitte... *zieht den Pullover aus...* So! Gut, wir zeichnen jetzt als nächste Funktion $1,5 \cdot \sin x$ enter..... und von der zweiten Funktion wollen wir, dass sie anders aussieht, dass wir sie unterscheiden können.

S1: Und wie stellen wir das ein

S2: ... mach ma Style

S3: (*..unverständlich..*)

L: Wenn ihr alle gleichzeitig redet's, kann ich es euch nicht sagen

S: *redet...*

S2: (*..unverständlich..*)

L: mit F6... line... dot... square... also

S: F6

L: durchgehende Linie, gepunktet, mit Kastln oder dick

S: was

L: wir machen's dick

Schüler praktisch alle gleichzeitig:

S5: (*hocherfreut*) **Style**, des hab i

S7: was heißt animiert

S8: (*..unverständlich..*)

S4: (*..unverständlich..*)

L: gut wir schauen's an mit Graph

Schülerbemerkungen darauf gleichzeitig!!:

Bitte noch einmal *und*

Wie haben Sie das gemacht *und*

das schaut gut aus *und*

ma!!

L muss herumgehen, schauen, anweisen und gleichzeitig vorzeigen, Schüler zeigen einander auch gegenseitig wie es geht.

Schüler wollen sehr viel ausprobieren. Es kommen dann aber auch ästhetische Gesichtspunkte zum Tragen. Im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit steht der Taschenrechner - was man ihm eingeben muss, um gewünschte Ergebnisse zu erzielen und wie er zu behandeln (ganz personal gemeint, oft haben wir zu diesen technischen Geräten sehr persönliche Beziehungen und versuchen menschlich mit ihnen umzugehen) ist. Über mathematische Schwierigkeiten wird viel weniger geredet; es wurde in dieser Szene auch nicht wirklich auf mathematische Inhalte eingegangen. Die Mathematik rückt in den Hintergrund und wird zum Nebenschauplatz.

2.4 Aufmerksamkeiten

Beim Betrachten der Videos versuchte ich festzustellen, auf welche Ebene des Tuns die Aufmerksamkeit der Schüler gerichtet war.

In der Zeichenstunde haben sich viele intensiv mit ihrer eigenen Zeichnung in ihrem Heft beschäftigt, selten ihre Kameraden gefragt, wenig auf die Tafel geschaut.

Leider konnte ich am Video nie die ganze Klasse beobachten, immer nur einzelne Schüler für relativ kurze Zeit und dabei habe ich gesehen, dass einige sich dem Taschenrechner in spielerischer Form zugewandt hatten, andere haben interessiert zur Tafel geschaut, wieder andere waren mit Schreiben beschäftigt, manche haben sich miteinander unterhalten, andere aufgezeigt, wieder andere nach Aufforderung an der Tafel gezeichnet bzw. mir geantwortet. Doch die meiste Zeit waren die meisten von ihnen mit ihrer eigenen Zeichnung beschäftigt.

In der Stunde mit dem Taschenrechner war viel mehr Bewegung in der Klasse. Es dauerte einige Zeit, bis das Umfeld rechnergerecht vorbereitet war, das Anstecken des Displays, die Klärung der Frage, ob Verdunkelung oder Licht ausschalten, die Schüler aus der letzten Reihe sind nach vorne gekommen, um besser zu sehen, sie haben sich zwischen jene der ersten Reihe gesetzt. Manche sind zu ihren Nachbarn gegangen, um deren Ergebnisse genau zu sehen und sich Hinweise zum Eingeben geben zu lassen.

Die Aufmerksamkeit galt sehr dem Bedienen des Taschenrechners. Sie haben auch häufig zum Overheadprojektor geschaut, um herauszufinden, wie sie genau einge-

ben müssen, wie das Ergebnis aussehen soll und waren viel mehr damit beschäftigt zu tun, als zu überlegen und zu denken, zu vergleichen, als nachzudenken.

Der Chef ist der Taschenrechner, es kommt darauf an, wer mit dem Handling am besten vertraut ist.

3 GESCHICHTE EINES UNGEWÖHNLICHEN (?) SCHÜLERS

Bei uns an der Schule wird in einigen Abteilungen auch eine HTL für Berufstätige, die sogenannte Abendschule geführt. Ich unterrichte ausschließlich an der HTL für Maschineningenieurwesen, dort auch an der Abendschule. In den letzten beiden Jahren habe ich eine Klasse unterrichtet, in der ein Schüler war, der mir besonders langsam und stur erschienen ist.

Er beherrschte Grundlegendes nicht, musste immer wieder Kolloquien ablegen, um Semester positiv abzuschließen, bei einer dieser Prüfungen zog ich eine Kollegin bei, um ihn nicht ungerecht zu behandeln, weil mich seine Langsamkeit so nervte. Er beherrschte die Algebra nicht! Aber er war in der Lage, alle Umformungen mit dem TI zu bewerkstelligen, und so ließen wir ihn in das dritte Semester aufsteigen.

Der TI 92 ist ein Taschenrechner, der auf der Basis von Derive funktioniert. Er beherrscht algebraische Umformungen, das Lösen von Gleichungen, Matrizenrechnung, die Infinitesimalrechnung bis hin zum Lösen von linearen Differentialgleichungen. Außerdem können Funktionen im Graph-Modus dargestellt werden, es gibt auch noch 3D Darstellungen und andere Feinheiten. Ein Taschenrechner also, der alles beherrscht, was jemand zur Matura braucht.

Mit jener Klasse hatte ich im zweiten Semester den TI eingeführt und so war es möglich, dass der Schüler nicht mehr alle algebraischen Umformungen händisch durchführen musste, er konnte sie an den TI delegieren. Im dritten Semester wird Infinitesimalrechnung gelehrt. Diese habe ich sehr ausführlich eingeführt und schrittweise besprochen. Den theoretischen Unterbau konnte er gut mitvollziehen. Das Umformen fiel ihm nach wie vor schwer.

Auch die Anwendungsbeispiele verstand er gut und löste sie mit dem TR. In der letzten Schularbeit schrieb er ein Befriedigend und die Maturaarbeit konnte er ebenfalls mit Befriedigend bewältigen. Für mich persönlich war es nicht einfach, ihn zu beurteilen. Ich musste entscheiden, ob in der Mathematik die algebraischen Umformungen oder das Verstehen komplexer Zusammenhänge essentiell sind. Er hatte von früher sehr große Lücken, hat sich aber in der höheren Mathematik so gut zurechtgefunden, dass er meiner Meinung nach die Reifeprüfung in Mathematik gut gemeistert hat.

Auf meinen Wunsch erzählte mir Herr F. nach der Reifeprüfung seinen Werdegang als Schüler. Ich war neugierig geworden, als er einmal erwähnt hatte, er habe nach der Sonderschule und absolvierter Lehre mit der Abendschule begonnen. Aber lassen wir ihn selbst zu Wort kommen:

- F: Ich bin in die Volksschule gegangen, danach in die HS, aber nur zwei Jahre. In der ersten Klasse bin ich sitzen geblieben, in Englisch, aber in Mathe war ich eher gut, ich habe nie viel gelernt, nur was ich in der Schule mitbekommen habe - im 2. Jahr bin ich noch einmal hocken geblieben. Die 8. und 9. Schulstufe habe ich dann in der Sonderschule besucht. Dort hat mir das Lernen dann gut gefallen und Spaß gemacht. Die habe ich abgeschlossen. Anschließend bin ich in die Landwirtschaftliche Lehranstalt nach Imst – die habe ich mit gutem Erfolg abgeschlossen, da konnte ich mit den Hauptschülern gut mithalten..
- L: Das war eine berufsbildende mittlere Schule...
- F: Ja, das ist schon über zehn Jahre her.
Die Facharbeiterprüfung habe ich nie gemacht, weil ich am Ende zwei Fünfer gehabt habe, aber das Jahr habe dann doch positiv abgeschlossen mit Wiederholungsprüfungen.
Ein Jahr bin ich dann daheim geblieben. Habe in der Bauerschaft mitgeholfen.
- L: Da haben Sie „nichts“ getan.
- F: Da habe ich daheim mein Unwesen getrieben!
Durch die Schule ist mir ein Lehrjahr anerkannt worden. Schlosser habe ich angefangen zu lernen, nachdem ich ursprünglich Metzger werden wollte. Das hätte gut zur Landwirtschaft gepasst, da hätte man etwas daraus machen können.
Irgendwie hatte ich immer einen Draht zur Schlosserei, metzgern kann ich auch ohne Lehre, das was ich dringend brauche.
Ich habe mich dann um eine Lehrstelle beworben. Als ich dem Chef mein Sonderschulzeugnis zeigte, hat es ihn geschockt, seine anderen Lehrlinge waren gerade in der Schule und hatten Schwierigkeiten. Er sagte zu mir, ich habe keine Chance mit meiner Vorbildung, das sei kein Maurerbetrieb – ich wollte dann zur Türe hinaus – „Dann gehe ich eben, wenn das so ist...“ – eine Woche später rief er mich an, er wollte mich doch. Ich bin in das zweite Lehrjahr eingestiegen, hatte auch einschlägige Vorbildung in der LLA, da haben wir auch landwirtschaftliche Maschinen repariert – dann habe ich gelernt und habe mich ganz leicht getan in der Berufsschule. Mathe war ich in der 1. LG!
Mit Winkelfunktionen haben wir gerechnet – und da bin ich das erste Mal ans Formelumstellen gestoßen, aber ich habe mich immer irgendwie durchgeschwindelt, weil ich die Formeln auf alle Arten, die ich gebraucht habe, auswendig wusste. Die Varianten habe ich gewusst, die ich brauchte.
An Gleichungen kann ich mich nicht erinnern, auch nicht an Terme – das ist erst in der HTL gekommen!
Danach habe ich gearbeitet und auch eine Ausbildung zum Schweißmeister in Wien absolviert. Dort bin ich das erste Mal an die komischen Gleichungen gestoßen. Dort habe ich dann einfache Umwandlungen gelernt. Wir hatten da auch Mathe. Es hat mir irgendwie getaugt.
Danach hat es mich in die HTL verschlagen.
Am Anfang habe ich viel „Bahnhof“ verstanden, es war schon trostlos zeitenweise. Wenn ich ein bisschen etwas verstehe, dann derleide ich es, wenn ich nichts mehr verstehe, dann kann ich nur Zähne zusammenbeißen, Augen zu und durch.

Der kleine Test zu Beginn ist ganz gut gegangen, da dachte ich, es gehe schon. Aber an die Variablen muss man sich langsam gewöhnen. Das ist mir lange nicht in den Kopf gegangen.

- L: Ich hatte angenommen, alle Schüler haben davon schon etwas gehört.
- F: Dann habe ich mich von Ihnen verlassen gefühlt. Sie haben mir kein Acht mehr gegeben.
- L: Manchmal habe ich nicht mehr gewusst, was ich erklären sollte, wenn alle Grundlagen fehlen.
- F: Und selber fängt man dann auch, sich loszulassen. Das war in diesem Jahr anders, wenn man Motivation gewinnt, wird es besser.
- L: Wie ist es gelungen, die Grundlagen mitzubekommen?
- F: Es taucht überall wieder auf, auch in Mechanik und mit der Zeit... Ich schalte auch langsam und hätte mir gewünscht, dass Sie alles rasch überflogen hätten.
- L: Ja, es gibt verschiedene Geschwindigkeiten.
- F: Inzwischen läuft das Umstellen von Formeln auch ohne TI – mit TR geht es gut. Ohne TR hätte ich das Ganze nie in dieser Zeit lernen können. Ich zweifle selten an der Richtigkeit der Ergebnisse des TI.
Ich denke gerne und überlege, wie das Ganze funktioniert. Es wäre viel besser gewesen, wenn wir mehr Zeit gehabt hätten, nicht so schnell.
Am besten hat mir die Graphik gefallen, da habe ich vieles viel leichter verstanden. Was ich nicht genau weiß, ist, wie man Integrieren in der Praxis umsetzen kann. Da muss man ja immer die Funktionen kennen, das weiß ich ja nie genau!...

Im weiteren Gespräch sind noch einige innermathematische Fragen aufgetaucht, die ihn sehr interessiert haben. Manche waren so komplex, dass ich sie nicht ohne Unterlagen beantworten konnte. Wir haben uns nämlich in einem gemütlichen Kaffeehaus unterhalten, nicht in der Schule.

Es ist also gelungen, sein Interesse für Mathematik zu wecken und auch sein Verständnis so weit zu entwickeln, dass er Problemstellungen durchaus selbstständig bearbeiten wird können. Er hat auch die Freude nicht verloren, sondern begonnen hat zu fragen und zu forschen.

Und achte darauf, freiwillig
nur so viel zu tun, wie es keinen Neid erregt⁶.
(Eine der Regeln der Pythagoräer)

⁶ Die Goldenen Verse des Pythagoras, Lebensregeln zur Meditation, S 19

4 LITERATUR

WEDEMEYER I Hrsg. Die Goldenen Verse des Pythagoras, Lebensregeln zur Meditation, Verlag Heilbronn, 4. Auflage 1993

WEDEMEYER I Hrsg.: Pythagoras, Weisheitslehrer des Abendlandes, PARAM Verlag G. Koch, 1988

BINDEL E.: Pythagoras. Leben und Lehre in Wirklichkeit und Legende. Stuttgart: Freies Geistesleben 1962.