

Der Einfluß von Computeralgebrasystemen auf die Unterrichtsmethoden und die Schüleraktivitäten

Robert NOCKER, MITTERSILL

Abstract :

Im Sommersemester 1994 wurden in Klassen der AHS-Oberstufe Unterrichtsbeobachtungen in Unterrichtsstunden mit Einsatz von Computeralgebra und Stunden ohne Computereinsatz nach einem speziell entwickelten Beobachtungsschema durchgeführt.

Dabei wurden die Unterrichtsstrukturen in den Bereichen „Situation“, „Didaktische Funktion“, „Qualifikationsziel“, „Methodische Grundform“, „Technische Hilfen“, „Sozialform“ und „Schülertätigkeit“ erhoben und verglichen.

Es wurde auch der zeitliche Ablauf von Unterrichtsstunden analysiert, sowie versucht, die Zusammenhänge zwischen bestimmten für die Situation des Lehrers wichtigen Parametern zu erklären.

Inhalt

0. Einleitung
1. Das Beobachtungsinstrument
2. Methodenvergleich Computer- mit Standardstunden
3. Zeitorientierter Vergleich Computer- mit Standardstunden
4. Lehreraspekte
5. Zusammenfassung und Ausblick

0. Einleitung

Die hier vorgestellte Untersuchung ist Teil eines Projektes zur Erforschung der Auswirkungen des Einsatzes von Computeralgebrasystemen auf den Mathematikunterricht an den AHS, das von ACDCA (Austrian Center for the Didactics of Computer Algebra) unter der Leitung von LSI Dr. Helmut Heugl im Unterrichtsjahr 1993/94 durchgeführt wurde. Als die Projektgruppe anlässlich einer Besprechung im September 1993 in Stockerau über die Evaluationsmöglichkeiten diskutierte, kam mir eine Idee, die ich in Form einer groben Arbeitshypothese formulierte: Computeralgebrasysteme verändern das Unterrichtsgeschehen auch in Hinblick auf den Einsatz unterrichtlicher Methoden.

Mit dieser Untersuchung wurde zum Teil Neuland betreten und versucht, wichtige Aspekte des Unterrichts zu reflektieren, die über das eigentliche Ziel hinausgehen, Unterschiede zwischen Mathematikstunden mit und ohne Computerunterstützung aufzuzeigen.

1. Das Beobachtungsinstrument

Bei der Entwicklung des Untersuchungsdesigns ging es in erster Linie darum, ein sowohl an die Themenstellung als auch an die vorhandene Projektinfrastruktur angepaßtes Instrumentarium zu entwickeln. Die Entscheidung fiel auf eine **offene und systematische Beobachtung regulärer Stunden mit Versuchs- und Kontrollgruppe** (mit Computereinsatz / ohne Computereinsatz). Dabei ist zu beachten, daß sämtliche Stunden beider Gruppen ohne inhaltliche Beeinflussung der Lehrer durch den Untersuchungsleiter abgewickelt wurden. Die Stunden mit Computereinsatz wären im allgemeinen auch ohne die Existenz dieser Studie in dieser Form abgewickelt worden. Die Begriffe „Versuchs-“ und „Kontrollgruppe“ könnten daher zu einer falschen Interpretation führen und werden in der Folge auch durch die Begriffe „Computer“ und „Standard“ ersetzt.

Der Beobachtungsraster und der Lehrerfragebogen wurden auf Basis einer Arbeit von Klaus HAGE, Heinz BISCHOFF u.a. entwickelt (HAGE K., H. BISCHOFF et al., Das Methoden-Repertoire von Lehrern - Eine Untersuchung zum Unterrichtsalltag in der Sekundarstufe I, Opladen 1985). Dabei war eine Anpassung an die Gegebenheiten des Mathematikunterrichts in der AHS-Oberstufe einerseits und an die speziellen Untersuchungsziele andererseits notwendig, die mit Unterstützung der Abteilung II (Evaluation und Schulforschung) des Zentrums für Schulentwicklung des BMUK in Graz (MinRat Dr. Grogger) durchgeführt wurde.

1.1. Der Fragebogen - Methodeneinsatz (Beobachtungsraster)

Die **Struktur einer Unterrichtseinheit** setzt sich nach dem dieser Untersuchung zu Grunde liegenden Konzept aus einer **zeitlichen Abfolge verschiedener Unterrichtsmethoden** zusammen. Diese Unterrichtsmethoden werden in ihrer didaktischen Intentionalität als Konstrukte, zusammengesetzt aus verschiedenen Dimensionen, angesehen und die Ausprägungen dieser Dimensionen in ihrer zeitlichen Abfolge mit einem Beobachtungsraster erhoben.

Dabei wird die Unterrichtsstunde in zehn **5-Minuten-Intervalle** unterteilt und vom Beobachter am Ende jedes Intervalls in **jeder Dimension die dominante Kategorie markiert**. Damit kann das Unterrichtsgeschehen zwar nicht so lückenlos erhoben werden wie mit einer Videoaufnahme, aber die Komplexität des Unterrichts zwingt zu starken Generalisierungen, um die Operationalität erhalten zu können. Bei einem solchen 5-Minuten-Raster kann die Struktur der Stunde gut wiedergegeben werden, die Beobachter werden nicht überfordert, kurze Episoden können bei entsprechender Bedeutung extra vermerkt werden, lediglich bei extrem großer Methodenvariabilität kann es zu Problemen kommen. Die praktischen Erfahrungen haben gezeigt, daß zeitliche Verschiebungen meist eher die Struktur mitverschoben haben, als daß sie diese wesentlich verändert hätten. Die Methodenvariabilität scheint gerade in der Oberstufenmathematik nicht eben extrem zu sein.

In mehreren Beobachtungen mit zwei Kodierern beträgt die **Beobachterreliabilität 0,88**. Dieser Wert stellt eine untere Grenze dar, da unterschiedliche Kodierungen zu einem beträchtlichen Teil aus zeitlichen Strukturverschiebungen bestehen, die im allgemeinen aus verschiedenen Beginnzeiten der 5-Minuten-Intervalle resultieren. (Legt man die Raster um ein Intervall verschoben übereinander, so decken sich die Muster wieder.)

Fragebogen - Methodeneinsatz

IDNr. : /

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Situation | 1. Unterweisung | | | | | | | | | | |
| | 2. Disziplinäre Maßnahmen | | | | | | | | | | |
| | 3. Technische Maßnahmen | | | | | | | | | | |
| | 4. Hausübungen betreffende Handlungen | | | | | | | | | | |
| | 5. Organisatorisches Mitteilungen | | | | | | | | | | |
| Didaktische Funktion | 1. Einführung | | | | | | | | | | |
| | 2. Aneignung | | | | | | | | | | |
| | 3. Wiederholung/Systematisierung | | | | | | | | | | |
| | 4. Übung | | | | | | | | | | |
| | 5. Anwendung | | | | | | | | | | |
| | 6. Kontrolle/Beurteilen | | | | | | | | | | |
| | Schülersteuerung | | | | | | | | | | |
| Qualifikationsziel | 1. mathematischer Kenntniserwerb | | | | | | | | | | |
| | 2. informat. Kenntniserwerb (Programmhandling) | | | | | | | | | | |
| | 3. Bildung intellekt. Fertigkeiten und Fähigkeiten | | | | | | | | | | |
| Methodische Grundform | 1. Lehreraktivität (Vortragen/Herleiten/Vorrechnen) | | | | | | | | | | |
| | 2. Unterrichtsgespräch/Diskussion | | | | | | | | | | |
| | 3. Vorrechnen (Schüler) | | | | | | | | | | |
| | 4. Schüler-Stillarbeit | | | | | | | | | | |
| | 5. selbständige Schülertätigkeit | | | | | | | | | | |
| Technische Hilfen (Mehrfachantworten möglich) | 1. Overhead-Folien | | | | | | | | | | |
| | 2. Overhead-Display (Computer) | | | | | | | | | | |
| | 3. Taschenrechner | | | | | | | | | | |
| | 4. Computer-Spreadsheet (z.B. SuperCalc) | | | | | | | | | | |
| | 5. Computer-Algebrasystem (z.B. DERIVE) | | | | | | | | | | |
| | 6. Arbeitsblätter | | | | | | | | | | |
| | 7. Sonstiges (bitte unten angeben) | | | | | | | | | | |
| Sozialform | 1. Klassenunterricht | | | | | | | | | | |
| | 2. Gruppenarbeit | | | | | | | | | | |
| | 3. Partnerarbeit | | | | | | | | | | |
| | 4. Einzelarbeit | | | | | | | | | | |
| Schülertätigkeit | 1. Aufnehmen | | | | | | | | | | |
| | 2. Wiedergeben | | | | | | | | | | |
| | 3. Produzieren | | | | | | | | | | |

Besondere Bemerkungen (z.B. sonstige technische Hilfen, Probleme mit technischen Hilfen, innere Differenzierung, disziplinäre Auffälligkeiten, Verhaltensauffälligkeiten, ...):

1.2. Der Lehrerfragebogen

Mit diesem Fragebogen sollten Umfeldbedingungen des Unterrichts und Lehrereinstellungen erhoben werden. Bei der Analyse ging es vor allem darum,

- Sonderfälle zu identifizieren und eventuell auszuschneiden,
- Determinanten für Lehrereinstellungen und Probleme zu erkennen und
- die Rahmenbedingungen des Einsatzes von Computeralgebra zu erheben.

1.3 Die Organisation der Beobachtung

Als **Beobachter** waren **Unterrichtspraktikanten** mit dem Fach Mathematik eingesetzt, die im Rahmen von Ausbildungsseminaren an den Pädagogischen Instituten eingeschult wurden. Dabei ergab sich für die Praktikanten die Möglichkeit über die strukturierte Form der Unterrichtsbeobachtung neue Einsichten in den Aufbau von Unterrichtseinheiten zu gewinnen. Viele der Beobachter haben ihre Tätigkeit in diesem Sinn auch als Bereicherung ihrer Ausbildung gesehen.

Die Beobachtungen wurden hauptsächlich in den Monaten Mai und Juni 1994 durchgeführt, die Termine konnten nicht zentral vorgegeben werden, da es gerade in diesem Zeitraum ohnehin sehr schwierig ist, Lehrer und Beobachter zeitlich zu koordinieren. Matura, Projektwochen, Zugang zum Computerraum, eigener Unterricht der Praktikanten, Einschränkung auf 9.-11. Schulstufe, Schularbeiten, Feiertage und andere Restriktionen haben meist dazu geführt, daß es gar keine große Auswahl an Terminen gab, die vom Untersuchungsleiter noch durch das Drängen, die ersten möglichen Termine zu verwenden, weiter eingeschränkt wurde. Man kann daher die Auswahl der beobachteten Stunden als im allgemeinen zufällig bezeichnen.

1.4. Die Stichprobe

Die Stichprobe besteht aus 57 Unterrichtseinheiten im Fach Mathematik aus 5. - 7. AHS-Klassen (9.-11. Schulstufe), davon sind

- **20 Stunden mit Computereinsatz** (11 Lehrer, 11 Klassen, 8 Schulen) und
- **37 Stunden ohne Computereinsatz** (18 Lehrer, 21 Klassen, 9 Schulen).

Insgesamt waren 11 Schulen mit 23 Lehrern und 28 Klassen mit insgesamt 531 Schülern (253 männlich, 278 weiblich) in die Untersuchung eingebunden. Zielvorgabe war, daß jeder Lehrer in jede Gruppe (Computer/Standard) mit genau zwei Beobachtungen eingehen sollte, Lehrer ohne Computereinsatz natürlich nur in die Standardgruppe. Dies war jedoch aus oben erwähnten organisatorischen Gründen nicht möglich. Die Inhalte der Unterrichtsstunden geben einen breiten Querschnitt durch die Lehrstoffe der jeweiligen Schulstufen wieder.

1.5. Besondere Gegebenheiten (aus Lehrerfragebogen)

Die Schüler zeigten durchwegs **normales Schülerverhalten**. Hier wirkte sich der Einsatz von Unterrichtspraktikanten sehr positiv aus, die Schüler sind solche Besuche im allgemeinen gewöhnt und messen ihnen keine besondere Bedeutung

Lehrerfragebogen - Methodenrepertoire

Vom Kodierer vor, während bzw. nach der Beobachtungsstunde ausfüllen bzw. ankreuzen :

Kodierer : _____ IDNr. : ____ / ____ (muß mit MethFrag übereinstimmen!)

Datum : 1994 - 0__ - ____ Schule : _____

Klasse : _____ Typ : o I o II o III Schultyp : _____

Thema der Unterrichtsstunde: _____

=====

- 1) Lehrer a) Geschlecht männlich o weiblich o
- 2) Unterrichtsort : a) Klassenraum o b) Informatikraum o c) sonstiger : _____
- 3) Sitzordnung : a) Reihen o b) U-Form o c) U-Form und Reihen o d) sonstige : _____ (ev. unten skizzieren)
- 4) Anwesende Schüler : ____ davon Mädchen : ____

=====

Vom Lehrer unmittelbar nach der Stunde auszufüllen :

5) Welches Lernziel/welche Lernziele wurden von Ihnen in der beobachteten Stunde angestrebt :

- 6) Die wievielte Stunde war die beobachtete Unterrichtsstunde?
 - a) für den allgemeinen Stundenplan der Schule : _____
 - b) für die Schüler der Klasse : _____
 - c) für Sie (Lehrer) : _____

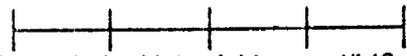
- 7) Zeigten die Schüler in der Stunde ein normales Schülerverhalten? ja o nein o
- 8) Wurde die Stunde von Ihnen ganz normal vorbereitet? ja o nein o

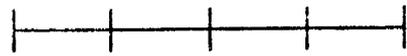
- 9) Schätzen Sie die Klasse ein (bitte auf Polaritätsskala ankreuzen) :
 - a) Arbeitsklima sehr gut  sehr schlecht
 - b) Leistungsstand sehr hoch  sehr niedrig

10) Wieviele Schüler hat die Klasse? ____ Davon besitzen zu Hause einen Computer ? ____

- 11) Lehrer a) Dienstjahre : _____ b) 2. Fach : _____
- c) Unterrichten Sie auch Informatik? ja o nein o
- d) Sind Sie in dieser Klasse Klassenvorstand? ja o nein o

12) Wie befriedigt vom Verlauf der Unterrichtsstunde haben Sie die Klasse verlassen?
sehr hoch  sehr niedrig

13) Wie haben Sie als Lehrer die Belastung während der Stunde empfunden ?
sehr hoch  sehr niedrig

14) Hat Sie die Beobachtung beim Unterrichten gestört?
sehr stark  gar nicht

bei. Auch die **Lehrer** fühlten sich durch die Beobachtung beim Unterrichten **kaum gestört**, die meisten gar nicht, einige wenige etwas, die drei stärkeren Werte auf der 5-teiligen Skala wurden nie erreicht.

Ein sehr interessantes Faktum ist der Anteil der **Schüler**, die **zu Hause** über einen **Computer** verfügen. Hier gibt es extrem unterschiedliche Werte, während im Bereich von Computerzweigen eine fast 100%ige Ausstattung gegeben ist, haben viele Klassen ohne Computereinsatz einen Anteil von unter 20%. (Durchschnitt 59%, wobei gerade einige Klassen mit Angaben wie „wenige“ oder „gering“ nicht in die Berechnung eingehen und die Eignung der Geräte nicht immer klar ist (eventuell nicht PC-kompatibel)).

2. Methodenvergleich Computer- mit Standardstunden

Der Vergleich der Stunden mit Computereinsatz (Computer) mit den Stunden ohne Computereinsatz (Standard) zeigt eine ähnliche Struktur der Stunden, wesentliche Differenzen treten nur in den Bereichen „Sozialform“ und „Schülertätigkeit“ auf.

2.1. Situation

Diese Dimension soll eine Identifikation von besonderen Situationen ermöglichen und umfaßt folgende 5 Kategorien:

1. Unterweisung

„Normalfall“ des Unterrichts (Unterricht im weiteren Sinn)

2. Disziplinäre Maßnahmen

Fortgang des Unterrichts wird erheblich gestört und der Lehrer beschäftigt sich im 5-Minuten-Intervall hauptsächlich damit, die Aufmerksamkeit der Schüler wiederherzustellen.

3. Technische Maßnahmen

Unterbrechung des „Normalunterrichts“ durch Aufbau technischer Geräte, Starten von Programmen, Umstellen der Sitzordnung, Raumwechsel und ähnliches.

4. Hausübungen betreffende Handlungen

Phasen in denen der Unterrichtsfortgang durch Kontrolle, Besprechen oder Aufgeben von Hausübungen (meist zu Beginn oder am Ende der Unterrichtsstunde) unterbrochen wird und kein direktes "organisches" Hervorgehen aus dem Thema des Unterrichts erkennbar ist (also keine Unterweisung).

5. Organisatorisches, Mitteilungen

Tätigkeiten, die mit dem Unterricht in keinem direkten Zusammenhang stehen, wie etwa Klassenbucheintragungen, Erledigung von Klassenvorstandsgeschäften, Bekanntgabe von Supplierungen, Vorbesprechung von Schulveranstaltungen und ähnliches.

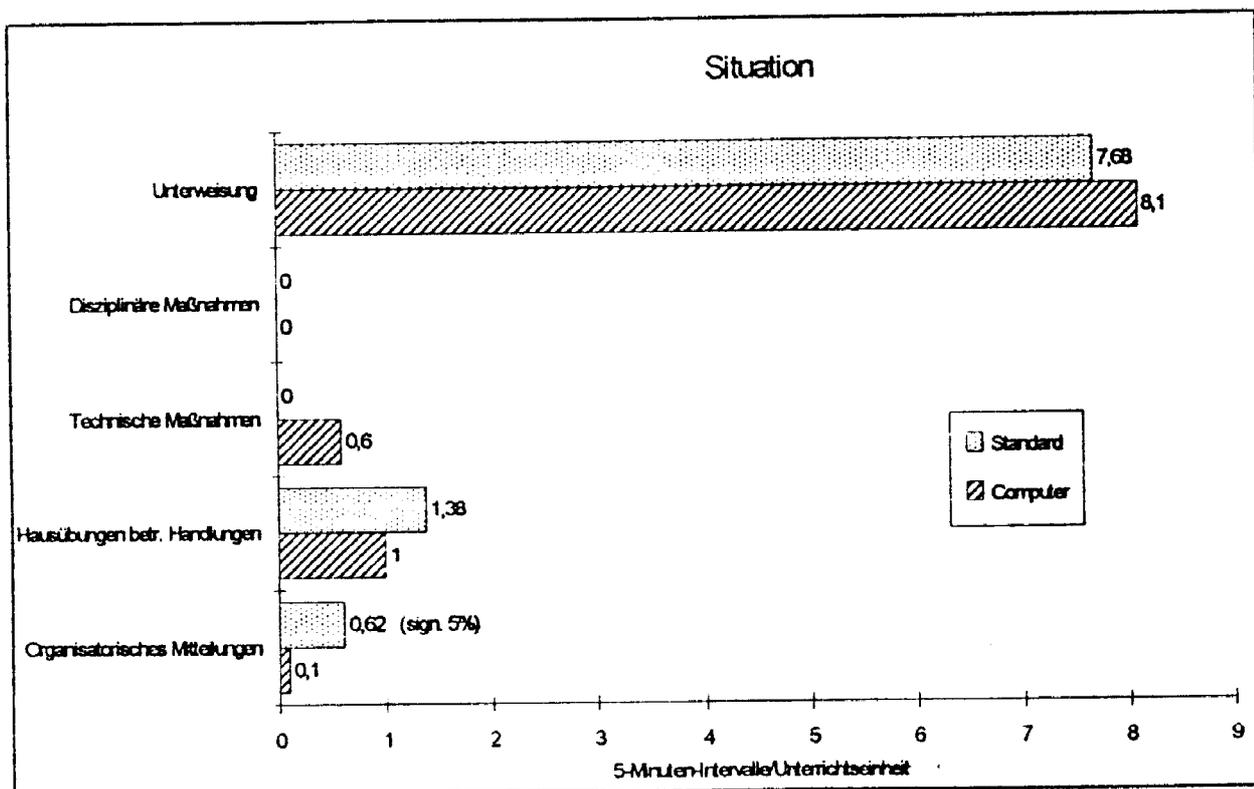
Es ist damit also möglich, Intervalle ohne Fachinhalt zu erkennen. Für die Intentionen dieser Studie war besonders die Kategorie „Technische Maßnahmen“

von Bedeutung, um den durch Computereinsatz zusätzlich entstehenden Zeitaufwand abschätzen zu können.

Es zeigen sich kaum Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, wenn man davon absieht, daß klarerweise beim Computereinsatz etwas Zeit für „Technische Maßnahmen“ benötigt wird. Mit einem Schnitt von 0,6 Intervallen pro Unterrichtseinheit hält sich dieser zusätzliche Aufwand aber in Grenzen.

Signifikante Abweichungen ergeben sich zwar im Bereich „Organisatorisches und Mitteilungen“, aber es ist klar, daß man diese Tätigkeit, wenn möglich, nicht im Computerraum, sondern im Klassenzimmer erledigen wird. Computerraumzeiten sind eben an vielen Schulen ein Engpaßfaktor. Dies kann auch eine Erklärung für den etwas höheren Anteil an „Hausübung betreffende Handlungen“ (nicht signifikant) sein.

„Disziplinäre Maßnahmen“ sind nirgendwo in einem solchen Ausmaß aufgetreten, daß sie in einem ganzen Intervall dominant gewesen wären.



2.2. Didaktische Funktion

Diese Dimension zeigt die intentionelle Struktur der Unterrichtsstunde.

1. Einführung

Einführungen führen systematisch auf einen **neues Lernthema** hin, sie können sowohl rein informativ sein, als auch eine konkrete Problemstellung ansprechen. Es soll sich dabei aber um eine **längere Phase** handeln (dominant in den 5 Minuten!), nicht nur um einen kurzen einführenden Impuls.

2. Aneignung

Schüler sollen **neues** Wissen oder **neue** Fertigkeiten erwerben.

3. Wiederholung/Systematisierung

Reproduktion bereits vermittelten Wissens, kann sowohl zum **Erinnern** früherer Inhalte wie auch zur **Festigung** von gerade Gelerntem dienen. (Hier ist **keine explizite Beurteilung** sichtbar!) Diese Kategorie ist auch erfüllt, wenn Gedankengänge **verallgemeinert, abstrahiert oder geordnet** werden, also etwa Zusammenhänge zwischen den Inhalten verschiedener Unterrichtsstunden hergestellt werden.

4. Übung

Automatisierung von gedanklichen und praktischen Abläufen, wie etwa Rechenverfahren (keine neuen Problemstellungen, keine explizite Beurteilung).

5. Anwendung

Ein erlerntes Verfahren oder ein Begriff soll vom Schüler genutzt werden, um eine **neue Problemstellung** zu bewältigen (also keine Übung!). Dabei kann das Erlernete sowohl **analytisch** (erkennend), als auch **konstruktiv** (herstellend) eingesetzt werden.

6. Kontrolle/Beurteilen

Überprüfung des Leistungsstands, egal ob **mit oder ohne Beurteilung**, schriftlich oder mündlich, vorbereitet oder unvorbereitet. Sie kann auch mittels Anwendungsaufgaben durchgeführt werden, aber es muß die Hauptintention Kontrolle oder Beurteilung erkennbar sein.

Schülersteuerung

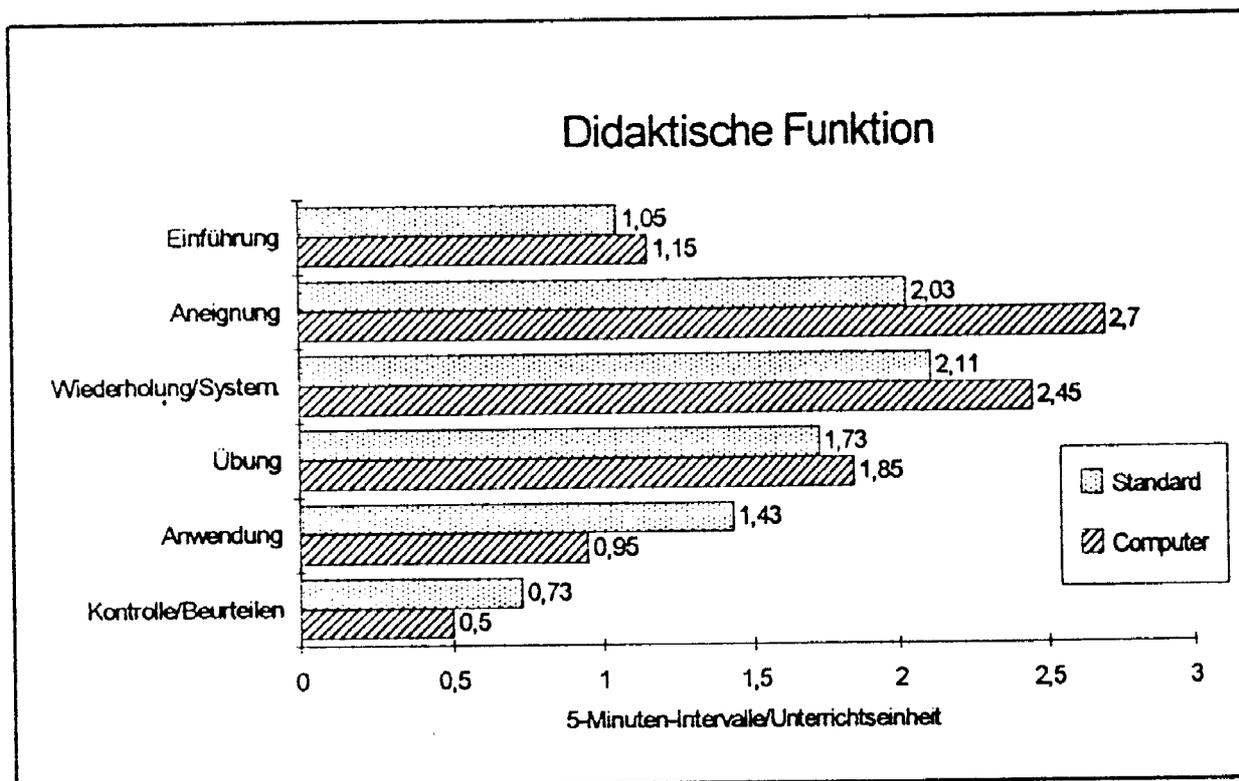
Diese Kategorie ist **zusätzlich** anzukreuzen, wenn die „Führung“ in der Beobachtungsphase von Schülern übernommen wurde (Schüler bestimmen explizit den Fortgang des Unterrichts, z. B. Schülerreferat).

„Üben“, „Wiederholung/Systematisierung“ und „Anwendung“ sind zusammen etwas stärker vertreten als „Einführung“, „Aneignung“ und „Kontrolle/Beurteilen“. Entgegen einer Arbeitshypothese liegt der Anteil von „Übung“ und „Anwendung“ in Mathematikstunden mit Computereinsatz nicht höher. Eine mögliche Erklärung könnte in der Notwendigkeit der Vermittlung zusätzlichen Wissens aus dem Bereich Computerhandling liegen. Der Wert der Kategorie „Informatischer Kenntniserwerb (Programmhandling)“ in der Dimension „Qualifikationsziel“ (siehe Seite 12) würde gut zu dieser Interpretation passen.

Außerdem setzt eine stärkere Anwendungsorientierung meiner Ansicht nach einen Wechsel im Verständnis von Schulmathematik voraus. Solche Paradigmenwechsel lassen sich jedoch kaum durch den Einsatz eines neuen technischen Hilfsmittels alleine bewirken.

Man muß aber berücksichtigen, daß die Differenzen in den Kategorien dieser Dimension keinesfalls signifikant sind, sondern eine relativ große Ähnlichkeit gegeben ist. Der Einsatz von Computeralgebraprogrammen hat also die **Struktur der Unterrichtsstunden in diesem Bereich nicht verändert**.

Die Extrakategorie „Schülersteuerung“ konnte wegen Interpretationsdifferenzen der Beobachter nicht ausgewertet werden und scheint daher im Diagramm nicht auf.



2.3. Qualifikationsziel

Eine der Arbeitshypothesen besagte, daß sehr viel Zeit notwendig ist, um den Schülern den Umgang mit dem Computeralgebraprogramm zu vermitteln. Daher wurden die drei folgenden Kriterien untersucht :

1. mathematischer Kenntniserwerb

Erwerb „mechanisch“ reproduzierbaren mathematischen Wissens, z.B. Rechenverfahren.

2. informat. Kenntniserwerb (Programmhandling)

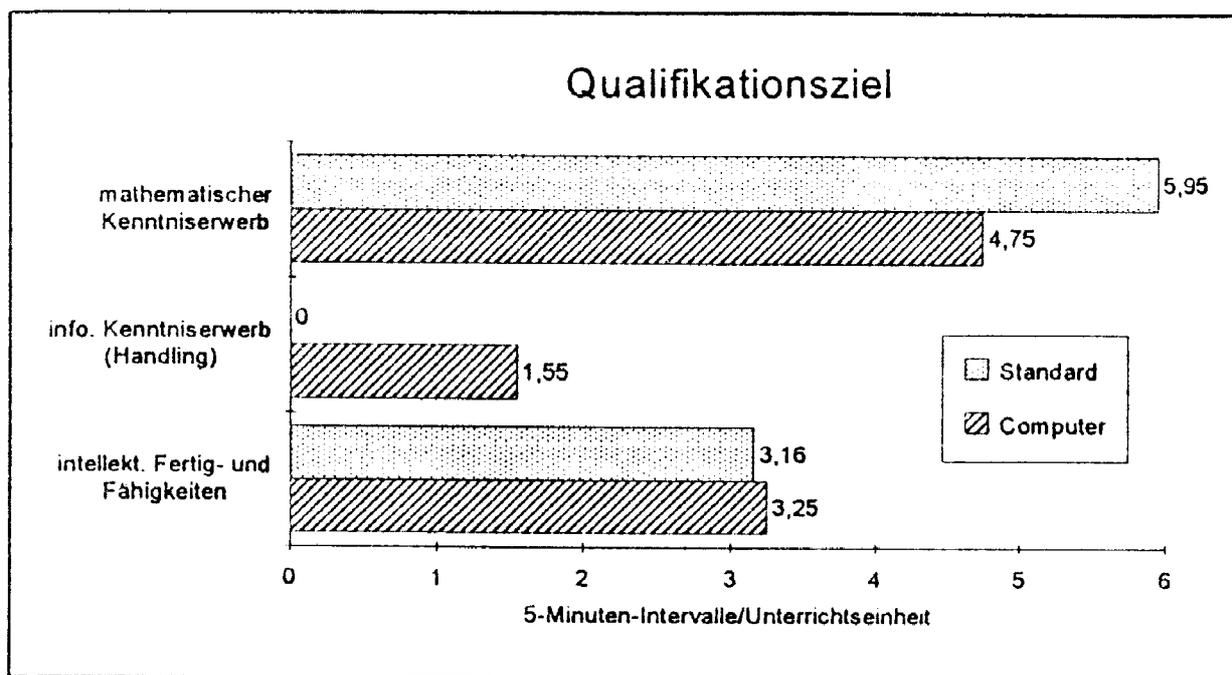
Erwerb „mechanisch“ reproduzierbaren informatischen Wissens, hier ist etwa das Erlernen des Umgangs mit dem verwendeten Computer(programm) gemeint.

3. Bildung intellekt. Fertigkeiten und Fähigkeiten

Die Dominanz lag im 5-Minuten-Intervall in den Bereichen Verstehen, Übersetzen, Anwenden, Analyse, Synthese etc.

Auch in dieser Dimension ist die **persistente Struktur** zu erkennen: Zwei Drittel „Kenntniserwerb“ zu einem Drittel „Bildung intellektueller Fertigkeiten und Fähigkeiten“. Deutlich zeigt sich in den Stunden mit Computereinsatz, daß doch **einige Zeit für das Erlernen des Umgangs mit der Software notwendig ist**.

Auch der hohe Anteil an Klassen mit besonders guten Informatikkenntnissen (Informatik-Schultypen) ändert daran nichts, es geht offenbar nur um die speziellen Kenntnisse zur Verwendung der Mathematiksoftware. Die Studie kann allerdings keine Auskunft darüber geben, ob diese Zeitinvestition im Sinne der Mathematik wünschenswert ist.



2.4. Methodische Grundform

Einer der zentralen Punkte dieser Untersuchung ist jener nach dem Grad der Lehrer- bzw. Schülerzentriertheit des Unterrichts. Nimmt die Schülerzentriertheit bei Einsatz von Computeralgebrasystemen wirklich deutlich zu? Die folgenden Kategorien zielten daher sehr stark auf diesen Aspekt hin :

1. Lehreraktivität (Vortragen/Herleiten/Vorrechnen)

Lehrerdominierte Unterrichtsphase. In diese Kategorie fällt auch das Vorrechnen von Beispielen. Sie ist selbst dann erfüllt, wenn etwa ein Schüler an der Tafel schreibt, seine Tätigkeit aber im wesentlichen vom Lehrer gesteuert wird.

2. Unterrichtsgespräch/Diskussion

Lehrer-Schüler-Gespräch oder freie Diskussion. Diese Kategorie ist aber nur dann erfüllt, wenn die Schüler auch die Möglichkeit haben, ihre Vorstellungen und Ideen wirklich einzubringen. "Scheingespräche", bei denen nur der Lehrer etwas zu sagen hat, sind unter "1. Lehreraktivität" einzuordnen.

3. Vorrechnen (Schüler)

Wie bei 1., aber ein **Schüler ist tätig**. Lehrersteuerung nur bei Schwierigkeiten und ergänzenden Hinweisen. Hauptsächlich wird es sich dabei um das Rechnen von Beispielen an der Tafel handeln.

4. Schüler-Stillarbeit

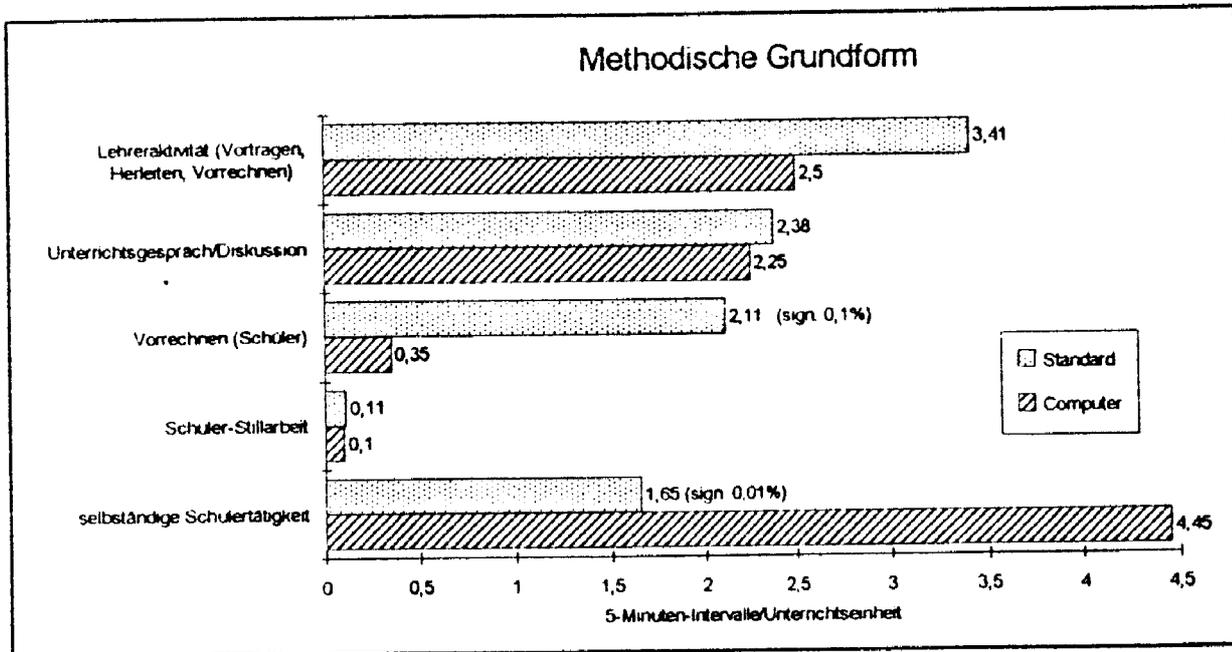
Eng begrenzt auf individuelles **unselbständiges Tun**, wie etwa Abschreiben von der Tafel.

5. selbständige Schülertätigkeit

Lehrer gar nicht aktiv tätig, oder nur als Lemberater, der mit Schülern individuelle Probleme bespricht, wenn er diese erkennt oder ein Schüler ihn darum bittet.

Tendenziell erkennt man in Mathematikstunden mit Computereinsatz einen geringeren Anteil an reiner „Lehreraktivität“, die Differenz ist aber nicht signifikant.

Hochsignifikant sind der Rückgang des „Vorrechnens durch Schüler“ und der Anstieg der „selbständigen Schülertätigkeit“. Wir hatten diesen Befund auch erwartet, nicht aber den nach wie vor sehr großen Anteil an lehrerzentrierten Aktivitäten („Lehreraktivität“, „Unterrichtsgespräch/Diskussion“).



Jedenfalls zeigt sich deutlich ein wesentliches Argument für den Einsatz von Computeralgebrasystemen : **Wo in Mathematikstunden ohne Computereinsatz ein Schüler an der Tafel arbeitet, und alle anderen nur zusehen und abschreiben, wird in Stunden mit Computereinsatz jeder Schüler zu selbständigem Arbeiten und Denken angehalten.** Damit kann der Zeitverlust durch das Erlernen des Programmhandlings relativiert werden. Allerdings kann durch diese stärkere Intensität auch die individuelle Belastung des Schülers deutlich steigen.

2.5. Sozialform

Auch bei den folgenden vier Sozialformen waren deutliche Verschiebungen der relativen Anteile zu erwarten :

1. Klassenunterricht

Die Klasse arbeitet als **Gesamtverband**, z.B. bei klassischem Frontalunterricht (Vorrechnen, Referat,...) oder stark lehrergesteuerten Gesprächsformen, aber auch bei freier Diskussion. Es ist keine Aufteilung der Klasse in Gruppen gegeben.

2. Gruppenarbeit

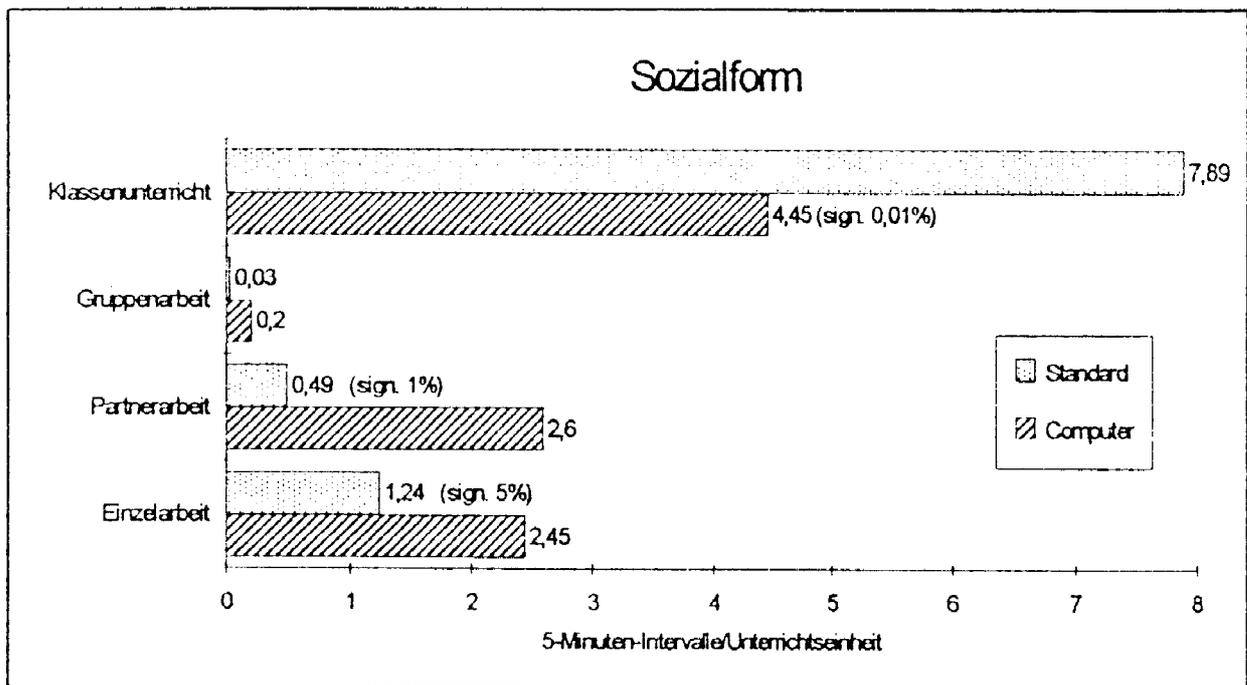
Auflösung des Klassenverbands in Arbeitsgruppen (vorwiegend **mehr als zwei Schüler**), die gleiche oder auch verschiedene Tätigkeiten ausführen.

3. Partnerarbeit

Je zwei Schüler arbeiten gemeinsam an einer Aufgabe/einem Problem.

4. Einzelarbeit

Jeder Schüler arbeitet allein. Ein Extremfall von Einzelarbeit ist die Schularbeit.



Die Dimension „Sozialform“ zeigt die meisten signifikanten Differenzen zwischen den beiden Untersuchungsgruppen. Noch deutlicher als bei der „Methodischen Grundform“ ist hier der **Wechsel zu individualisierten Unterrichtsformen** erkennbar. Während in den bisher behandelten Dimensionen die relativen Anteile der Kategorien weitgehend ähnlich geblieben sind, ist hier in Stunden mit Computereinsatz eine wesentlich andere Verteilung zu beobachten, nämlich eine **gleichmäßigere Aufteilung** auf Unterricht im **Klassenverband** einerseits und **individuellem Lernen** andererseits. Damit wird eine unserer Arbeitshypothesen bestärkt, die besagt, daß durch den Einsatz von Computeralgebra der Anteil individueller Arbeitsformen wesentlich erhöht wird.

2.6. Schülertätigkeit

Diese Dimension dient dazu, zu erkennen, ob sich neben der „Methodischen Grundform“ auch die konkrete Tätigkeit des einzelnen Schülers ändert, wenn der Mathematikunterricht computerunterstützt abläuft. Die Kategorien konzentrieren sich daher nur auf die folgenden wesentlichen Punkte :

1. Aufnehmen

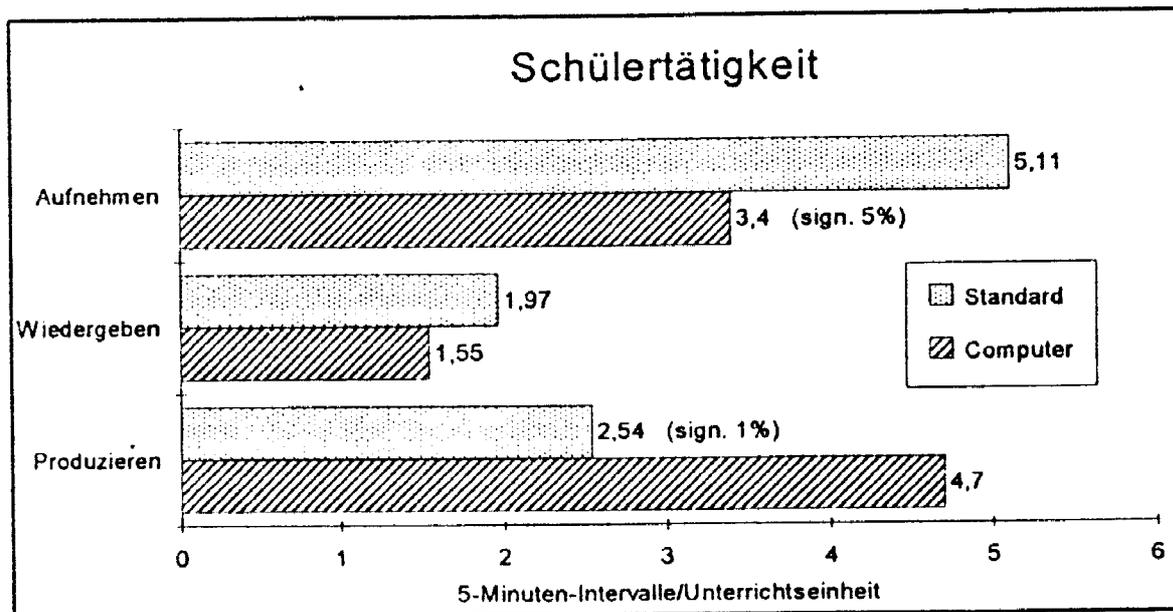
Aneignung von Wissen ohne explizite Eigentätigkeit. Der Lehrer (Mitschüler) vermittelt die Fakten, die Schülertätigkeit reduziert sich auf Zuhören, Lesen, Betrachten, Mitschreiben etc.

2. Wiedergeben

Reproduktion von Gelerntem, bei der die **Gedächtnisleistung im Vordergrund** steht.

3. Produzieren

Schüler leistet **eigenständigen Beitrag**, der über die vorgegebene Struktur hinausgeht. Dazu gehören etwa Transformieren und Umstrukturieren des Wissens, Analyse und Synthese, kreatives Denken etc. Dies ist etwa beim selbständigen Problemlösen gegeben.



Während Schüler in **Stunden ohne Computereinsatz** mehr als die Hälfte einer Unterrichtseinheit mit „Aufnehmen“ verbringen und nur halb soviel Zeit für „Produzieren“ zur Verfügung haben, ist es in den **Stunden mit Computereinsatz** signifikant anders, es dominiert der Bereich „Produzieren“. Auch hier kann die Arbeitshypothese bestärkt werden, daß Computeralgebraeinsatz zu einem „produktiveren“ Unterricht führt.

Zusammenfassend zeigt die Studie also, daß trotz einer **unveränderten Struktur** der „Didaktischen Funktion“ und trotz des „Zeitverlusts“ durch **Handlingprobleme** der Computereinsatz eine große Veränderung mit sich bringt, der ihn vom höheren Standpunkt der allgemeinen Bildungsziel rechtfertigt : **Mehr selbständige produktive Schülertätigkeit.**

2.7. Technische Hilfen

Diese Dimension habe steht mit Absicht am Ende dieses Kapitels, da die Ergebnisse zwischen den beiden Gruppen nur schwer vergleichbar sind.

Hier die Kategorienliste, wobei **Mehrfachantworten zugelassen** sind, z.B. wenn am Computer mit Arbeitsblättern gearbeitet wird.

1. Overhead-Folien

Es werden vorbereitete Folien (egal ob gekauft oder selbst hergestellt) aufgelegt.

2. Overhead-Display (Computer)

Der Lehrer (Schüler) demonstriert eine Tätigkeit am Computer mittels eines Overhead-Displays.

3. Taschenrechner

Es wird ein Taschenrechner verwendet, eventuell auch programmiert (dies bitte durch ein P im Kästchen markieren).

4. Computer-Spreadsheet

Es wird mit einer **Tabellenkalkulation** (z.B. Supercalc oder Excel) gearbeitet.

5. Computer-Algebrasystem

Es wird mit einem Computeralgebrasystem (z.B. DERIVE) gearbeitet.

6. Arbeitsblätter

Die Schüler arbeiten mit vom Lehrer ausgegebenen Arbeitsblättern.

Allgemein zeigt sich, daß „**Technische Hilfen**“ (zu denen hier Tafel und Schulbuch nicht gezählt werden) **nur selten dominant** in einem 5-Minuten-Intervall auftreten. Besonders interessant ist dabei der geringe Wert der Kategorie „**Taschenrechner**“ mit einem Schnitt von **0,59 Intervallen je Unterrichtseinheit** in der Gruppe ohne Computereinsatz (es wurde nie programmiert) und „**Overheadfolien**“ mit etwa **einem Intervall je Unterrichtseinheit** in beiden Gruppen.

„Computeralgebrasysteme“ werden, wenn sie zum Einsatz kommen, mit 6,8 Intervallen pro Unterrichtsstunde sehr massiv verwendet. Es entstehen dabei offenbar **Laboreffekte**, also einerseits die Tendenz, den Engpaßfaktor Computerraumzeit optimal zu nutzen und andererseits das Gerät auch auszunutzen, wenn man es schon aufgebaut (Programm geladen) hat.

Eine Analyse der Koppelungen des Computereinsatzes mit anderen Hilfen, wie „Overhead-Display“, „Folien“ oder „Arbeitsblättern“, ergibt, daß es sich dabei um Einzelercheinungen handelt, die zusammen nur knapp mehr als 10 Prozent der Intervalle mit computerunterstütztem Unterricht umfassen.

3. Zeitorientierter Vergleich Computer- mit Standardstunden

Im Anhang (Stundenabläufe) findet man eine Tabelle mit den Häufigkeiten der Kategorien in den Zeitintervallen.

Für eine Entwicklung von Normalprofilen wäre eine wesentlich größere Stichprobe notwendig, dennoch zeigen die Tabellen durchaus sehr deutliche Trends. Einige davon, die mir für die Zwecke dieser Untersuchung von Bedeutung erscheinen, möchte ich hier anführen.

Mathematikstunden ohne Computereinsatz haben eine längere Anlaufphase durch Organisatorisches und Hausübungen betreffende Handlungen, bzw. Kontrollen zu Beginn der Stunden.

Mathematikstunden mit Computereinsatz (Computerstunden) weisen in den meisten Bereichen **eine gleichmäßigere zeitliche Verteilung** auf, während es bei den **Stunden ohne Computereinsatz (Standardstunden)** in den meisten Kategorien deutlich **differenzierte Zeitprofile** gibt, bestimmte Kategorien also gehäuft in bestimmten Teilen der Unterrichtseinheiten auftreten, etwa „Wiederholung/Systematisierung“ in den ersten drei 5-Minuten-Intervallen.

Die Verteilung von **Lehrer- und Schüleraktivitätsphasen** zeigt in beiden Gruppen einen ähnlichen Verlauf: **Lehrerdominanz** zu Beginn, dann **Zunahme der Schülerzentriertheit** (bei Mathematikstunden mit Computereinsatz wesentlich früher und deutlicher) und schließlich wieder ein leichtes Absinken zum Stundenende hin.

Einige in der Didaktikliteratur manchmal geforderte Merkmale treten aber nicht hervor, wie etwa eine **Wiederholungs/Systematisierungsphase** am Stundenende, **Gruppenarbeit** oder **vielfältiger Medieneinsatz**.

Ein hypothetisch als Normalschema angenommenes Ablaufprofil

- Wiederholung/Systematisierung (anknüpfen an bestehendes Wissen)
- Einführung
- Aneignung (Informationsinput)
- Übung (selbständig)
- Anwendung (ev. Gruppen- oder Partnerarbeit)
- Feedbackphase
- Wiederholung/Systematisierung

läßt sich nicht eindeutig identifizieren, bei den Stunden ohne Computereinsatz sind die ersten beiden Punkte durchaus erkennbar, die Kategorie Aneignung dominiert jedoch in beiden Gruppen die zweite Hälfte der Stunden, Übung und Anwendung zeigt zumindest bei Stunden ohne Computereinsatz das erwartete Maximum im zweiten Drittel, die letzten beiden Phasen im Normalschema sind aber nicht zu erkennen, also entweder nicht vorhanden oder so extrem kurz, daß sie durch den 5-Minuten-Raster fallen. In den Mathematikstunden mit Computereinsatz könnte die geringere Differenzierung aus der bereits früher erwähnten Laborsituation resultieren.

Gerade die **Oberstufenmathematik** mit ihren doch häufig sehr zeitaufwendigen Herleitungen und Beispielen **läßt stark differenzierte Normschemata kaum zu**, abgesehen von der grundsätzlichen Frage der Übertragbarkeit solcher theoretischer Modelle auf die Unterrichtspraxis und ihrer generellen Sinnhaftigkeit.

4. Lehreraspekte

Mit den Fragen 9, 12 und 13 auf dem Lehrerfragebogen wurde versucht, die **Situation des Lehrers in der Klasse** etwas genauer unter die Lupe zu nehmen, vor allem ging es um eine wesentliche Frage : **Wie fühlt sich der Lehrer und wovon hängt das ab?**

Zunächst die Ergebnisse der dafür relevanten Fragen (Noten von 1 (= sehr hoch) bis 5 (= sehr niedrig)) :

| Lehrerparameter | mit Computereinsatz | | ohne Computereinsatz | |
|---|---------------------|------|----------------------|------|
| | M | S | M | S |
| (M=Mittelwert, S=Standardabweichung) | | | | |
| Anzahl der anwesenden Schüler | 17,30 | 3,81 | 19,05 | 3,93 |
| Wie schätzen Sie das Arbeitsklima in der Klasse ein? | 1,85 | 0,75 | 2,30 | 0,81 |
| Wie schätzen Sie den Leistungsstand der Klasse ein? | 3,20 | 0,77 | 3,27 | 0,87 |
| Wie befriedigt vom Verlauf der Unterrichtsstunde haben Sie die Klasse verlassen? | 2,05 | 0,76 | 2,54 | 0,69 |
| Wie haben Sie als Lehrer die Belastung während der Stunde empfunden? | 3,70 | 1,17 | 3,92 | 0,98 |

Die durchschnittliche Schülerzahl (Frage 4) ist bei den Klassen mit Computereinsatz etwas niedriger, das Arbeitsklima in der Klasse (Frage 9a) wird auf der fünfteiligen Skala um etwa eine halbe Note besser eingeschätzt, der Leistungsstand der Klasse (Frage 9b) nahezu gleich. Die Lehrer verlassen die Klasse nach einer Computerstunde im Schnitt um eine halbe Note befriedigter vom Verlauf der Stunde (Frage 12) und schätzen in diesen Stunden die Belastung ein klein wenig geringer ein, wobei jedoch die Standardabweichung in beiden Fällen größer ist als bei Stunden ohne Computereinsatz.

Es zeigten sich einige Korrelationen, mit denen man ohnehin rechnen konnte. So ist der Zusammenhang zwischen dem „Arbeitsklima in der Klasse“ und der „Befriedigung des Lehrers“ ebenso trivial, wie der Zusammenhang von „Befriedigung“ und „Belastung“ des Unterrichtenden, der aber doch in Stunden ohne Computereinsatz wesentlich ausgeprägter ist (1%-Niveau) als in Mathematikstunden mit Computereinsatz, wo er knapp nicht signifikant ist.

Eine zunächst unbedeutend erscheinende, aber **extreme Korrelation** ergibt sich zwischen „**Klassenvorstand**“ und „**Computereinsatz**“, da fast alle Lehrer in Mathematikstunden mit Computereinsatz diese Klassen auch als „KV“ betreuen. Der Zusammenhang von „KV“ und „Arbeitsklima in der Klasse“ ist nicht ganz gesichert, aber der Trend könnte einige Unterschiede zwischen den Resultaten der beiden Untersuchungsgruppen erklären. Der mit der Klasse vertrautere „Klassenvorstand“ kommt nicht so leicht in Gefahr, den „Leistungsstand der Klasse“ mit dem „Arbeitsklima in der Klasse“ zu vermengen (korrelieren in Standardgruppe, nicht aber in Computergruppe). Generell könnte die signifikant bessere Einschätzung des „Arbeitsklimas“ in Mathematikstunden mit Computereinsatz auch daraus resultieren.

Eine große Rolle bei der Interpretation dieser Zusammenhänge spielt die **Klassengröße**. Mit steigender Schülerzahl sinkt in Standardstunden die „Befriedigung des Lehrers“, ein ähnlicher Trend zeigt sich auch in Computerstunden. Bei der „Belastung des Lehrers“ gilt dies aber nur für Stunden mit Computereinsatz. Für einen Lehrer, der aus der Praxis kommt, ist dieser Umstand aber klar. Die Betreuung vieler individuell arbeitender Schüler mit all den Problemen, die bei einem Einsatz von Computern auftauchen, der erhöhte Lärmpegel, das ständige schnelle „Übernehmen“ von Bildschirmhalten usw. sind ungleich belastender als Standard-Mathematikunterricht im Klassenverband.

Dabei sieht der Lehrer im allgemeinen in **Stunden mit Computereinsatz** seine Schüler aktiver arbeiten und schätzt das „**Arbeitsklima in der Klasse**“ **unabhängiger vom „Leistungsstand der Klasse**“ ein als in mit mehr lehrerzentriertem Unterricht. Damit wird die „Belastung des Lehrers“ vom „Arbeitsklima in der Klasse“ etwas abgekoppelt, selbst bei gutem „Arbeitsklima“ ist die „Belastung“ bei einer größeren Klasse wesentlich erhöht, während in Standardstunden selbst eine große Klasse bei entsprechendem „Arbeitsklima“ keine besondere „Belastung“ darstellt.

Es zeigt sich in der Gruppe mit Computereinsatz auch ein deutlicher Trend zu schlechterem „Arbeitsklima“ bei größerer Schüleranzahl, der in der anderen Gruppe nicht zu finden ist.

In beiden Gruppen gibt es kein Indiz für einen Zusammenhang zwischen „Befriedigung des Lehrers“ und dem „Leistungsstand der Klasse“, die „Befriedigung des Lehrers“ hängt in erster Linie vom „Arbeitsklima in der Klasse“ ab. Eine Bestätigung erhielt weiters die alte Weisheit, wonach kein Zusammenhang zwischen „Klassengröße“ und „Leistungsstand der Klasse“ besteht.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Der Vergleich der Stunden mit Computereinsatz mit denen ohne Computereinsatz zeigt relativ unveränderte Unterrichtsstrukturen in den Bereichen „Situation“, „Didaktische Funktion“, „Qualifikationsziel“ und „Methodische Grundform“. Das Rechnen eines einzelnen Schülers an der Tafel ist in Mathematikstunden mit Computereinsatz jedoch fast gar nicht mehr zu finden, während der Anteil selbständiger Schülerarbeit signifikant zunimmt.

Zwar benötigt der Einsatz von Computeralgebrasystemen etwas Zeit für technische Maßnahmen und das Erlernen des Umgangs mit dem Programm, aber es zeigt sich eine deutliche Steigerung der Intensität der Schüleraktivitäten durch mehr selbständiges produktives Arbeiten.

Ein verstärkter Trend zu einem anwendungsorientierteren Mathematikunterricht konnte nicht gefunden werden, hier spielt sicher das Verständnis von Mathematik eine wesentliche Rolle und ebenso die Gestaltung der Schulbücher.

Bei einer Analyse des zeitlichen Ablaufs der Unterrichtsstunden findet man bei den Stunden ohne Computereinsatz eine stärkere zeitliche Profilierung der einzelnen Kategorien, also eine Häufung einzelner Kategorien in bestimmten Teilen der Unterrichtseinheiten, während in den Stunden mit Computereinsatz der Laboreffekt relativ gleichmäßige Zeitprofile bewirkt, d.h. die einzelnen Kategorien zeitlich gleichmäßiger über die gesamte zur Verfügung stehende Unterrichtseinheit verteilt auftreten.

Interessante Resultate ergaben sich aus einer Analyse der Zusammenhänge einiger für die Situation des Lehrers wichtiger Parameter. Während etwa die „Belastung des Lehrers“ in Stunden mit Computereinsatz in erster Linie von der „Schülerzahl“ abhängt, so ist diese in Stunden ohne Computereinsatz nicht entscheidend, während hier das „Arbeitsklima in der Klasse“ wichtig ist. Allgemein ist das „Arbeitsklima“ in den Klassen mit Computereinsatz besser. Weder besteht ein Zusammenhang zwischen „Leistungsstand der Klasse“ und „Belastung des Lehrers“, noch zwischen „Klassengröße“ und „Leistungsstand der Klasse“. In der Computergruppe ist auch die sonst gegebene Abhängigkeit von „Leistungsstand“ und „Arbeitsklima der Klasse“ nicht mehr zu finden.

Einige wesentliche Folgerungen lassen sich daraus ableiten :

Der bisherige Computeralgebraeinsatz ohne begleitende Maßnahmen ändert nur wenige, aber durchaus nicht unwichtige Elemente der Unterrichtsstruktur, er führt zu mehr selbständiger produktiver Schülertätigkeit und geht damit auch wesentlich auf allgemeine Bildungsziele ein.

Die derzeitige übliche technische Ausstattung mit Computerräumen führt zu einer Laborsituation, der verstärkte Einsatz von Notebooks zeigt eine Möglichkeit zu einer integrierteren Verwendung auf.

Die Belastung des Lehrers steigt mit zunehmender Schülerzahl in Stunden mit computerunterstütztem Unterricht unabhängig von Arbeitsklima und Leistungsstand der Klasse deutlich an. Es gab in dieser Gruppe auch nur wenige Klassen mit mehr als 20 Schülern. Eine Gruppenteilung, wie in Informatik, wäre daher zumindest in einem Teil der Wochenstunden des Faches Mathematik wünschenswert.

Methodenvergleich Computer- mit Standardstunden

(Durchschnitte der 5-Minuten-Intervalle pro Unterrichtsstunde,
Signifikanzen fett, p... Signifikanzniveau in %)

| Situation | Computer | Standard | p*100 |
|--|-----------------|-----------------|--------------|
| Unterweisung | 8,10 | 7,68 | 30,9 |
| Disziplinäre Maßnahmen | 0,00 | 0,00 | -- |
| Technische Maßnahmen | 0,60 | 0,00 | -- |
| Hausübungen betreffende Handlungen | 1,00 | 1,38 | 38,4 |
| Organisatorisches, Mitteilungen | 0,10 | 0,62 | 1,2 |
| Didaktische Funktion | Computer | Standard | |
| Einführung | 1,15 | 1,05 | 79,3 |
| Aneignung | 2,70 | 2,03 | 39,9 |
| Wiederholung/Systematisierung | 2,45 | 2,11 | 60,5 |
| Übung | 1,85 | 1,73 | 85,6 |
| Anwendung | 0,95 | 1,43 | 37,3 |
| Kontrolle/Beurteilen | 0,50 | 0,73 | 41,7 |
| Schülersteuerung ¹ | -- | -- | -- |
| Qualifikationsziel | Computer | Standard | |
| mathematischer Kenntniserwerb | 4,75 | 5,95 | 20,5 |
| info. Kenntniserwerb (Programmhandling) | 1,55 | 0,00 | -- |
| Bildung intellekt. Fertigkeiten und Fähigkeiten | 3,25 | 3,16 | 92,1 |
| Methodische Grundform | Computer | Standard | |
| Lehreraktivität (Vortragen, Herleiten, Vorrechnen) | 2,50 | 3,41 | 13,8 |
| Unterrichtsgespräch/Diskussion | 2,25 | 2,38 | 81,2 |
| Vorrechnen (Schüler) | 0,35 | 2,11 | 0,1 |
| Schüler-Stillarbeit | 0,10 | 0,11 | 94,4 |
| selbständige Schülertätigkeit | 4,45 | 1,65 | 0,002 |
| Technische Hilfen (Mehrfachantw. mögl.) | Computer | Standard | |
| Overhead-Folien | 1,00 | 0,81 | -- |
| Overhead-Display | 0,50 | 0,00 | -- |
| Taschenrechner | 0,00 | 0,59 | -- |
| Computer-Spreadsheet | 0,40 | 0,00 | -- |
| CAS (z.B. DERIVE) | 5,80 | 0,00 | -- |
| Arbeitsblätter | 0,55 | 0,11 | -- |
| Sonstiges | 0,10 | 0,05 | -- |
| Sozialform | Computer | Standard | |
| Klassenunterricht | 4,45 | 7,89 | 0,000 |
| Gruppenarbeit | 0,20 | 0,03 | 25,5 |
| Partnerarbeit | 2,50 | 0,49 | 0,1 |
| Einzelarbeit | 2,45 | 1,24 | 2,5 |
| Schülertätigkeit | Computer | Standard | |
| Aufnehmen | 3,40 | 5,11 | 2,8 |
| Wiedergeben | 1,55 | 1,97 | 40,0 |
| Produzieren | 4,70 | 2,54 | 0,4 |

¹ Schülersteuerung wegen Interpretationsdifferenzen der Beobachter nicht ausgewertet

Fragebogen-Methodeneinsatz

Absolute Häufigkeiten in den Zeitintervallen

Unterrichtseinheiten mit Computereinsatz (C): n=20 in den Intervallen 1-9, n=16 im Intervall 10
 Unterrichtseinheiten ohne Computereinsatz (S): n=37 in den Intervallen 1-9, n=25 im Intervall 10
 (von n verschiedene Spaltensummen in den ersten Spalten, da bei den Kategorien 3-5 aus der Dimension „Situation“ zum Teil keine Ausprägungen anderer Dimensionen zu beobachten waren)

| Dimension | Kategorie | Intervall | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Situation | 1. Unterweisung | C | 8 | 12 | 15 | 16 | 19 | 19 | 20 | 20 | 19 | 14 |
| | | S | 7 | 15 | 25 | 32 | 34 | 36 | 37 | 36 | 37 | 25 |
| | 2. Disziplinarische Maßnahmen | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3. Technische Maßnahmen | C | 7 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4. Hausübungen betr. Handlungen | C | 3 | 7 | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | S | 14 | 16 | 11 | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 5. Organisatorisches, Mitteilungen | C | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | S | 15 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Didaktische Funktion | 1. Einführung | C | 6 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| | | S | 1 | 1 | 3 | 10 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 2 |
| | 2. Aneignung | C | 1 | 2 | 5 | 6 | 5 | 7 | 7 | 7 | 8 | 6 |
| | | S | 1 | 4 | 4 | 4 | 11 | 8 | 12 | 11 | 12 | 8 |
| | 3. Wiederholung/Systematisierung | C | 6 | 7 | 2 | 5 | 6 | 5 | 3 | 6 | 5 | 4 |
| | | S | 10 | 15 | 15 | 8 | 7 | 6 | 3 | 6 | 4 | 4 |
| | 4. Übung | C | 2 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| | | S | 0 | 4 | 6 | 8 | 5 | 10 | 8 | 7 | 9 | 7 |
| | 5. Anwendung | C | 0 | 0 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | | S | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 9 | 10 | 8 | 4 | 4 |
| | 6. Kontrolle/Beurteilen | C | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | S | 9 | 6 | 5 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Qualifikationsziel | 1. mathematischer Kenntniserwerb | C | 7 | 12 | 11 | 10 | 8 | 9 | 9 | 11 | 9 | 9 |
| | | S | 18 | 24 | 26 | 22 | 22 | 21 | 22 | 24 | 25 | 16 |
| | 2. info. Kenntniserwerb (Handling) | C | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3. intellekt. Fertigkeit- und Fähigkeiten | C | 5 | 5 | 5 | 6 | 8 | 7 | 8 | 7 | 9 | 5 |
| | | S | 4 | 8 | 10 | 15 | 15 | 16 | 15 | 13 | 12 | 9 |

| Dimension | Kategorie | Intervall | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| Methodische Grundform | 1. Lehreraktivität (Herleiten,...) | C | 10 | 6 | 5 | 5 | 3 | 3 | 6 | 4 | 6 | 2 |
| | | S | 16 | 13 | 7 | 12 | 13 | 11 | 14 | 16 | 17 | 7 |
| | 2. Unterrichtsgespräch/Diskussion | C | 4 | 8 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 |
| | | S | 10 | 9 | 15 | 7 | 8 | 9 | 6 | 10 | 8 | 6 |
| | 3. Vorrechnen/Schüler | C | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | S | 8 | 14 | 11 | 12 | 8 | 8 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| | 4. Schüler-Stillarbeit | C | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | S | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 5. selbständige Schülertätigkeit | C | 2 | 3 | 7 | 11 | 12 | 13 | 9 | 12 | 11 | 9 |
| | | S | 2 | 1 | 4 | 5 | 8 | 8 | 11 | 7 | 7 | 8 |
| Technische Hilfen (Mehrfachantworten möglich) | 1. Overhead-Folien | C | 3 | 3 | 5 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| | | S | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 1 |
| | 2. Overhead-Display | C | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 3. Taschenrechner | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | S | 0 | 0 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| | 4. Computer-Spreadsheet | C | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 5. CAS (z.B. DERIVE) | C | 9 | 9 | 11 | 16 | 17 | 16 | 15 | 15 | 15 | 13 |
| | | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6. Arbeitsblätter | C | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| | S | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Sozialform | 1. Klassenunterricht | C | 14 | 18 | 11 | 6 | 5 | 6 | 9 | 6 | 8 | 6 |
| | | S | 35 | 36 | 33 | 30 | 29 | 28 | 24 | 30 | 29 | 18 |
| | 2. Gruppenarbeit | C | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | S | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3. Partnerarbeit | C | 2 | 1 | 5 | 5 | 6 | 7 | 5 | 8 | 7 | 6 |
| | | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 | 4 | 2 | 2 | 1 |
| | 4. Einzelarbeit | C | 2 | 1 | 4 | 8 | 8 | 6 | 5 | 6 | 5 | 4 |
| | | S | 1 | 1 | 4 | 6 | 5 | 3 | 9 | 5 | 6 | 6 |
| Schüler-tätigkeit | 1. Aufnehmen | C | 10 | 9 | 7 | 7 | 5 | 5 | 8 | 5 | 7 | 4 |
| | | S | 22 | 17 | 15 | 19 | 22 | 18 | 19 | 24 | 23 | 10 |
| | 2. Wiedergeben | C | 5 | 9 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| | | S | 13 | 18 | 16 | 7 | 2 | 4 | 2 | 4 | 5 | 2 |
| | 3. Produzieren | C | 2 | 2 | 9 | 11 | 13 | 13 | 10 | 13 | 10 | 11 |
| | | S | 0 | 2 | 6 | 11 | 13 | 15 | 16 | 9 | 9 | 13 |