

**SITES-M2**

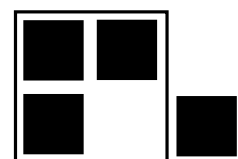
**Narrativer Bericht**

**Fallbericht DE015**

**Selbstlernen im Mathematikunterricht durch  
computergestützte Lernstationen**

**Deutschland**

**Institut für Schulentwicklungsforschung  
Universität Dortmund  
D-44221 Dortmund, Deutschland**





## **TEIL I: BESCHREIBUNG DER INNOVATION**

### **A. Hintergrundinformationen**

Die Innovation findet in den Klassen 11 und 12 einer Gesamtschule statt. Die Schule liegt in einer Stadt mit ca. 80.000 Einwohnern am Rande eines industriellen Ballungsgebietes. Das Kollegium fühlt sich seit Schulgründung 1985 unter Druck, seine Leistungsfähigkeit im Vergleich zu den umliegenden Gymnasien unter Beweis zu stellen. Die Schule legt Schwerpunkte auf eine frühe Berufsorientierung und auf die Erziehung der Schülerinnen und Schüler zum selbstständigen Lernen.

Als Ganztagschule verfügt die Schule über eine gute Personalausstattung, um Freizeitangebote während der Mittagspause und in den Nachmittagsstunden zu ermöglichen. 1999 richtete sie ein Selbstlernzentrum ein, das mit internetfähigen PCs und einer gut bestückten Mediathek<sup>1</sup> ausgestattet ist. Bedingt durch den Schwerpunkt Berufsorientierung ist die Schule gut mit Computern ausgerüstet. Sie verfügt über 66 PCs in Computerräumen, im Selbstlernzentrum, im Lehrerzimmer und in der Verwaltung, die an ein Intranet angeschlossen sind.

In Bezug auf die neuen Medien ist es Ziel der Schule, PCs soweit wie möglich in alle Unterrichtsfächer einzubeziehen. Die Lehrpersonen sind für die Anwendung und Nutzung von Computern relativ gut aus- bzw. fortgebildet. Zehn Prozent des Kollegiums sind in der Lage, Computer einzurichten und Netzwerke zu pflegen. Zwei Drittel des Kollegiums besitzen gute Anwenderkenntnisse am PC, etwa ein Drittel der Lehrpersonen setzt den Computer im Unterricht ein.

## **B. Zusammenfassung der Innovation**

Gegenstand der Innovation ist die Förderung selbstständigen Lernens in der Oberstufe im Fach Mathematik. Etwa 70 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 11 und 12 sind an der Innovation beteiligt. Gegenüber dem üblichen Frontalunterricht unterscheidet sich der Unterricht in der Innovation durch drei Merkmale. Im Ablauf des Schuljahres sind Phasen des Selbstlernens an Stationen eingebaut. Die Lernstationen sind in einer html-Umgebung programmiert und werden am PC mit einem Browser aufgerufen. Die Übungsaufgaben bilden Alltagsprobleme ab und erfordern komplexe Rechenoperationen. Dazu wird ein grafikfähiger Taschenrechner eingesetzt, der komplexe standardisierte Rechenarbeit übernimmt. Drittens reflektieren die Schülerinnen und Schüler ihre Lernprozesse in einem Lerntagebuch, das von den Lehrern kommentiert, aber nicht korrigiert wird.

Die Innovation ist eingebettet in ein staatliches Förderprogramm (SelMa<sup>2</sup>), welches die Förderung eigenständigen Lernens im Mathematikunterricht der Oberstufe zum Ziel hat und durch die Entwicklung von Unterrichtskonzepten unterstützt. Als Bestandteil dieses Programmes erarbeiten in NRW fünf Sekundarschulen (Sekundarstufe II) schülerzentrierte Unterrichtsmethoden zum Selbstlernen. Diese "Autorenschulen" entwickeln Unterrichtsmaterialien für Selbstlernphasen, geben diese an andere Schulen zur Erprobung weiter und erhalten von diesen Erfahrungsberichte, die wiederum für die Weiterentwicklung der Materialien verwendet werden.

In den Selbstlernphasen verändert sich die Lehrerrolle stark in Richtung individualisierter Begleitung der Schülerinnen und Schüler. Die Lehrpersonen berichten noch über Schwierigkeiten, eine Balance zu finden zwischen dem Gewähren-Lassen und der Intervention in die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler. Die Lerntagebücher wirken sich positiv auf das Leistungsniveau insbesondere schwacher Schülerinnen und Schüler aus. In den Selbstlernphasen am PC zeigen die Schülerinnen und Schüler eine höhere Motivation und Beteiligung als im herkömmlichen Frontalunterricht. Knapp die Hälfte der Schülerinnen und Schüler – insbesondere Mädchen – führen das Lerntagebuch nach der anfänglichen Pflichtphase freiwillig fort.

Die Schule will die neuen Methoden im Mathematikunterricht zukünftig in das Regelangebot aufnehmen. Für alle Oberstufenschüler und -schülerinnen wurden grafikfähige Taschenrechner angeschafft, die Selbstlerneinheiten werden in die schulinternen Lehrpläne aufgenommen.

## **TEIL II: ANALYSE**

### **A. Meso-Level**

#### **A1. Hintergrundinformationen zur Schule**

Die Schule wurde 1985 in den Räumen eines ehemaligen Mädchengymnasiums gegründet, hat 1250 Schülerinnen und Schüler und 90 Lehrpersonen. Sie liegt im Zentrum einer Stadt mit ca. 70.000 Einwohnern, die sich am Rande eines industriellen Ballungsgebietes befindet. Die Bevölkerung ist durch Zuzüge aus dem Ballungsgebiet in den letzten Jahren stark gewachsen. Es zogen vor allem junge Familien mit mittlerem Einkommen zu. Da es sich um eine Ganztagschule handelt, ist sie besonders für berufstätige Eltern interessant, deren Kinder so auch nachmittags betreut werden.

Die Schule bietet Unterricht von der 5. bis zur 13. Klasse an. Die meisten Schülerinnen und Schüler verlassen die Schule allerdings nach der 10. Klasse, um eine Berufsausbildung zu beginnen, nur etwa 120 Schülerinnen und Schüler besuchen die Klassen 11 bis 13, die zur

allgemeinen Hochschulreife führen. Um in der Oberstufe ein breites Fächerangebot leisten zu können, bildet die Schule mit zwei benachbarten Gymnasien gemeinsame Kurse.

Die Schulform der Gesamtschule ist politisch umstritten. Vor allem konservative politische Kräfte befürworten nach wie vor eine Dreiteilung der Schülerschaft nach ihrem in der Primarstufe gezeigten Leistungsstand. Daher muss die Innovationsschule seit ihrer Gründung ihre Leistungsfähigkeit darstellen und ihre Existenzberechtigung durch ein besonderes Profil (Berufsorientierung) beweisen.

## **A2. Schulkultur**

Die Schule bildete ab 1991 ein Profil bei der Berufsorientierung im Wahlpflichtbereich der Klassen 9 und 10. Hier können die Schülerinnen und Schüler erste Kenntnisse in kaufmännischen, industriellen oder handwerklichen Berufsfeldern erwerben. Die Gesamtschule verfügt über gute Kontakte zu den ortsansässigen Betrieben und pflegt sie auf Berufsmessen und durch Schülerpraktika.

Zum Konzept der Gesamtschule gehört der ganztägige Schulunterricht, eine flexible Differenzierung der Schülerinnen und Schüler nach Leistungsstand in Grund- und Erweiterungskurse und eine Erziehung zur Selbstständigkeit u.a. durch schülerzentrierte Unterrichtsformen. Dafür ist die Schule im Unterschied zu anderen Sekundarschulen personell besser ausgestattet. Lernformen wie Projektwochen oder Stationenlernen finden in der Sekundarstufe 1 häufig statt. Die Klassen werden von zwei Klassenlehrern betreut. Dies – und die Notwendigkeit, die Grund- und Erweiterungskurse inhaltlich miteinander abzustimmen - führen zu einer relativ intensiven Kooperation zwischen den Lehrkräften. Die Fachkonferenzen entwickeln schulinterne Lehrpläne aus den Unterrichts-Richtlinien der Landesregierung, die Schulgremien arbeiten an einem Schulprogramm.

Weil sie als Ganztagschule ein entsprechendes Freizeitangebot bereitstellen muss, steht der Schule nach den Landesvorschriften u.a. eine gut ausgestattete Schulbibliothek zu. 1999 konnte sie ein Selbstlernzentrum einrichten, d.h. eine mit Büchern, visuellen und elektronischen Medien ausgestattete Schulbibliothek, die auch über fünf PCs mit Internetanschluß verfügt. Die Lehrpersonen beziehen das Selbstlernzentrum durch Rechercheaufgaben oder in offenen Unterrichtsformen in ihren Unterricht ein; die Schülerinnen und Schüler nutzen das Selbstlernzentrum auch in Freistunden.

## **A3. Neue Medien in der Schule**

Der Schwerpunkt Berufsorientierung brachte die Schule frühzeitig zu einer Beschäftigung mit dem Computer. Da die Arbeitswelt durch neue Medien geprägt ist, sollten die Schülerinnen und Schüler den fachgerechten Umgang damit lernen. Im Fach Technik wird beim technischen Zeichnen mit CAD-Programmen gearbeitet, bei der Erstellung von Platinen mit Layout-Programmen, in den kaufmännisch orientierten Fächern wird Textverarbeitung am PC unterrichtet.

Medienbildung soll über mehrere Jahrgangsstufen unter Beteiligung verschiedener Fächer sowie projektorientiert geplant und durchgeführt werden. Die Fachkonferenzen legen in den schulinternen Lehrplänen verbindliche Unterrichtsvorschläge für die Nutzung des PCs in den einzelnen Fächern fest. Etwa ein Drittel der Lehrpersonen verwendet PCs regelmäßig im Unterricht. Einsatzbereiche sind beispielsweise Vokabeltrainer, E-Mail-Projekte und die Suche nach landeskundlichen Informationen in den Fremdsprachen, Internet-Recherche in Geschichte und Biologie sowie die Nutzung von Mathematik-Lernprogrammen in der Sekundarstufe 1. Daneben gibt es Informatik- und Internet-Arbeitsgruppen sowie das offene

Angebot der Internetnutzung im Selbstlernzentrum. Die Lehrpersonen können sich an der Schule eine E-Mail-Adresse einrichten lassen.

Die Schule verfügt über ein Intranet, in dem Lehrpersonen und Schülerinnen und Schüler die im Unterricht erarbeiteten Materialien jeweils bis zum Ende eines Schuljahres abspeichern. Das Netz soll zunehmend auch die Kooperation zwischen Lehrern unterstützen: Die Lehrpersonen können ihren Kollegen Unterrichtsmaterialien im Netz zur Verfügung stellen.

1999 richtete die Schule ein „Selbstlernzentrum“ ein, das mit internetfähigen PCs und einer gut bestückten Mediathek ausgestattet ist. Insgesamt ist die Schule gut mit Computern ausgerüstet. Sie verfügt über 66 PCs in Computerräumen, im Selbstlernzentrum, im Lehrerzimmer und in der Verwaltung, die an ein Intranet angeschlossen sind. Von 36 Computern ist ein Zugriff auf Internet und E-Mail möglich, 21 Computer sind multimediafähig.

Der technische Administrator legt Wert auf eine hohe Anwenderfreundlichkeit des Intranets. Die Computerräume sind mit PC-Wächterkarten ausgestattet, die nach dem Abschalten des Servers die ursprüngliche Konfiguration wieder herstellen. So müssen die Lehrpersonen nicht befürchten, dass Netzwerkkonfigurationen während des Unterrichts verändert werden; damit ist nach Aussage des Netzwerkadministrators ein großes „Nutzungshindernis“ beseitigt. Um die Internet-Verbindung der Schule nicht zu überlasten und aus Gründen des Jugendschutzes wird eine Filter-Software verwendet, die das Herunterladen z.B. von großen MP3-Dateien und das Betrachten von Seiten mit jugendgefährdendem Inhalt verhindert.

Etwa zehn Lehrpersonen kennen sich mit Computertechnik und Netzwerkadministration aus, weil sie vor ihrer Tätigkeit im Schuldienst einige Jahre in diesen Arbeitsfeldern tätig waren. Diese Lehrpersonen übernehmen schulinterne Fortbildungen für ihre Kollegen, an denen bislang knapp zwei Drittel des Kollegiums teilnahmen.

#### **A4. Unterstützungsstruktur für neue Medien**

Der berufsorientierte Schwerpunkt und die damit verbundene Nähe zur Wirtschaft brachte eine frühzeitig gute PC-Ausstattung mit sich. Die ersten beiden Computerräume wurden 1990 eingerichtet, einen davon sponserte ein Computerhändler, der im Gegenzug die Schulräume für die Weiterbildung seiner Mitarbeiter nutzen durfte. Den überwiegenden Teil der Computerausstattung finanzierte der Schulträger.

Mittlerweile verfügt die Schule über fünf Computerräume zu jeweils etwa 15 Arbeitsplätzen. Die Hardware der beiden älteren Räume ist nicht multimediafähig, der Schulträger hat mittelfristig eine Modernisierung dieser Räume zugesagt. Ein Computerraum, das Selbstlernzentrum und das Lehrerzimmer sind an das Internet angeschlossen. Zusammen mit den Verwaltungs-PCs hat die Schule ca. 100 Computer zur Verfügung.

Das Intranet wird durch einen Lehrpersonen betreut, der dafür eine Entlastung von zwei bis drei Stunden erhält. Den tatsächlichen Aufwand schätzt der TC auf 15 bis 20 Stunden in der Woche. Zwar beschäftigt der Schulträger seit einigen Monaten einen EDV-Fachmann, der Schulen in der Anschaffung und Betreuung von PCs berät, der jedoch für alle städtischen Schulen zuständig ist, seinen Schwerpunkt zur Zeit auf Primarschulen legt und daher für die Innovationsschule keine Hilfe darstellt.

Es existieren informelle Unterstützungsangebote für Lehrpersonen, die sich bei Fragen zum Einsatz des PCs im Unterricht an die kompetenten Kollegen wenden können. Ein Ansprechpartner steht fast immer kurzfristig zur Verfügung. Die Lehrpersonen äußern sich insgesamt mit dem Niveau der technischen Betreuung zufrieden.

## **B. Macro-Level**

### **B1. Allgemeine Rahmenbedingungen**

Die Stadt D. legt seit langer Zeit Priorität auf Investitionen im Schulbereich. Bedingt durch das Bevölkerungswachstum richtete sie in den letzten Jahren mehrere neue Schulen ein und modernisierte vorhandene Einrichtungen an allen städtischen Schulen.

Auf Kreisebene werden momentan Standards für die Schulausstattung mit neuen Medien entwickelt. Dies und ein Informationsaustausch über die vorhandene Computerausstattung an den Schulen sind unter anderem Aufgabe des regionalen Arbeitskreises "Neue Medien in der Schule", an dem die Stadt D. mitwirkt.

Während zwischen der Innovationsschule und dem Schulträger ein guter Arbeitskontakt besteht, charakterisiert der Schulleiter die Unterstützung der Landesregierung als unbefriedigend. Zwar seien die Anregungen zu den pädagogischen Inhalten der Schule richtig, ließen sich aber mit den zugebilligten Personalressourcen nicht umsetzen. Förderinitiativen zur Einführung neuer Medien in der Schule beschränkten sich auf Appelle, ohne dass Fragen der Investition, Netzwerkbetreuung oder Weiterbildung berücksichtigt würden.

## **C. Thematische Analyse**

### **C1. Inhalte, Lernziele und Bewertung**

Die Innovation ist Bestandteil eines Modellversuchs zu neuen Methoden im Mathematikunterricht der Oberstufe und findet seit 1999 im Mathematikunterricht der Oberstufe statt. Vier Mathematiklehrer sind an dem Projekt beteiligt; sie entwickeln Unterrichtsmaterialien, erproben sie und leiten sie an andere Schulen weiter. Drei grundlegende Veränderungen wurden gegenüber dem traditionellen Frontalunterricht vorgenommen. In den Schuljahresablauf sind erstens Phasen des Stationenlernens mit einer Dauer von drei bis vier Wochen eingebaut, in denen sich die Schülerinnen und Schüler den Lerninhalt selbst erarbeiten. Die Lernstationen sind überwiegend als Web-Seiten gestaltet und werden vom PC abgerufen. In diesen Phasen unterstützen die Lehrpersonen die Schülerinnen und Schüler auf Anfrage mit individuellen Beratung. Zweitens sind die Aufgabenstellungen aufgrund ihrer Authentizität gewählt und erfordern komplexe Rechenwege, die sich nur mit einem grafik- und programmierfähigen Taschenrechner lösen lassen. Drittens führen die Schülerinnen und Schüler ein Lerntagebuch, in dem sie ihre Lernfortschritte festhalten, ihre Arbeitsschritte reflektieren und ihre Fragen notieren. Ziel ist, die Schülerinnen und Schüler zu selbstständigem Lernen und Arbeiten zu führen. Durch die realitätsbezogenen Aufgaben sollen Motivation und Interesse für Mathematik steigen. Mit dem Lerntagebuch soll die Reflexion des eigenen Lernprozesses unterstützt werden.

Die Arbeit in den Phasen des Stationenlernens und das Lerntagebuch fließen in die mündliche Note ein; eine unmittelbare Bewertung der individuellen Lernprozesse findet nicht statt. Die Lehrpersonen beurteilen die Bewertung von Stationenlernen und Tagebüchern als schwierig. Auch sei es eine Umstellung, die Lerntagebücher zu kommentieren statt zu korrigieren.

### **C2. Lehreraktivitäten und Ergebnisse**

Zum Zeitpunkt des Schulbesuches befanden sich ein Leistungskurs der 12. Klasse und ein Grundkurs der 11. Klasse in der Phase des Stationenlernens. Drei Doppelstunden, in denen die Schülerinnen und Schüler selbstständig an den Aufgaben des Stationenlernens arbeiteten,

wurden beobachtet. Den Aufwand zur Vorbereitung eines dreiwöchigen Zyklus, inklusive der Programmierung der Lernaufgaben, schätzen die Lehrpersonen auf acht bis zehn Monate. Insbesondere die Darstellung mathematischer Formeln mit HTML-Editierprogrammen ist kompliziert und zeitaufwändig.

Aber auch Lehrpersonen, die die Lernstationen als fertiges Material übernehmen, haben einen hohen Vorbereitungsaufwand. Sie müssen die komplexen Aufgaben und ihre Lösungswege genau kennen und die Denkweisen der Schülerinnen und Schüler antizipieren, damit sie ihnen auf Anfrage schnell helfen können:

“Der [Lehrer] muss alle 20 Stationen durchblicken, damit er sich jederzeit an jeder Station schnell zurechtfinden und das Problem erkennen kann. Das ist schon ein großer Aufwand...” (T, 938-945).

Während des Stationenlernens lassen die Lehrer die Schülerinnen und Schüler allein arbeiten und beraten nur, wenn Schülerinnen und Schüler eine Frage haben. Die Schülerinnen und Schüler sollen explizit bei auftauchenden Problemen nicht sofort den Lehrer hinzubitten, sondern zunächst selbst versuchen eine Lösung zu finden. Ein Lehrer sagte, es dauere etwa ein halbes Jahr, die Schülerinnen und Schüler dahin zu bringen. Im beobachteten Unterricht wollten Schülerinnen und Schüler ein Problem klären und fragten den Lehrer. Statt ihnen direkt eine Antwort zu geben, stellte der Lehrer Lenkfragen. Er erläutert, dass es auch für ihn ein Lernprozess ist, die Schülerinnen und Schüler selbstständig agieren zu lassen:

“Wenn wir zu früh eingreifen, nehmen wir Schülern die Chance selbst Sachen zu entdecken. Deswegen müssen wir auch immer wieder lernen uns zurückzuziehen. Auch wenn wir sehen, dass da gleich ein Fehler kommt, gerade dann müssen wir weggehen und uns zurückhalten, ohne den Schülern sofort zu erklären - auch wenn sie es vielleicht wünschen - was dort falsch ist. Wir müssen sagen: ‚Nein, wir ziehen uns zurück, damit Sie selbst eine Lösung finden können‘” (T, 1004-1010).

Die Lehrer empfinden das Sich-Zurücknehmen einerseits als angenehm, da sie nicht mehr im Mittelpunkt stehen, andererseits widerspricht es der bisherigen, intervenierenden Lehrerrolle:

“Die [traditionelle Lehrerrolle] ist eine andere. Die ist geneigt, dauernd hinter dem Schüler zu stehen und zu schauen, was er macht. Und wenn man dann da sitzt, wie ich am Dienstag, und keiner will was von einem, ist das schon komisch. Man kommt sich überflüssig vor. Das muss man einfach aushalten” (T, 990-997).

Die Lehrpersonen nutzen ihre Freiräume dazu, zu beobachten, was die Schülerinnen und Schüler machen und wie sie zusammenarbeiten. Im Vergleich zum Frontalunterricht erfahren sie mehr über die Lernschwierigkeiten und den Wissenszuwachs einzelner Schülerinnen und Schüler. Aus Sicht der Schülerinnen und Schüler wird der Rundgang der Lehrpersonen aber eher negativ bewertet. Eine Schülerin äußerte, sie fühle sich dadurch unter Druck gesetzt. Die Schülerinnen und Schüler fordern ihre Selbstständigkeit ein:

“Ich habe es gern, wenn ich erst mal rumprobieren kann. Auch wenn es so aussieht, als würde ich erst mal auf nichts kommen” (S, 405-410).

Die Entscheidung, nur zu beobachten oder mit einem Hinweis einzugreifen, stellt sich für die Lehrpersonen als schwieriger Balanceakt dar:

“Man fragt normalerweise nichts, sondern schaut, gibt vielleicht mal einen Hinweis: ‚Schaut doch mal da, da ist ein Fehler, da müsst Ihr weiter arbeiten‘. Aber das kann unpassend sein, das ist gar keine Frage.” (T, 1138-1147)

Die Lehrpersonen haben auch die Aufgabe, die Lernwege aus den Selbstlernphasen gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern zu reflektieren, d.h. Regeln und

Lösungswege, die allen Aufgaben gemeinsam waren, in der Gruppe zu besprechen. Diese Reflexionsphasen werden vom Lehrer geplant und in der Gruppe durchgeführt. In Grundkursen müssen Lehrer zusätzlich darauf achten, dass sich alle Schülerinnen und Schüler am Unterricht beteiligen, denn einige Schülerinnen und Schüler sind wenig motiviert und nutzen die Selbstlernphasen um andere Dinge zu tun (z.B. privates Surfen im Internet).

Technische Schwierigkeiten traten in den beobachteten Stunden nicht auf, da die fertigen HTML-Seiten vom Browser nur aufgerufen und gelesen wurden. Lehrer und Schülerinnen und Schüler berichten hingegen von Schwierigkeiten mit dem Taschenrechner TI-89, der im gesamten Mathematik-Unterricht der Oberstufe eingesetzt wird. Die Bedienungsanleitung des Rechners sowie die Fehlermeldungen sind schwer verständlich. Für Lehrer ist es schwierig, die Probleme der Schülerinnen und Schüler mit dem Taschenrechner sofort zu erkennen und zu lösen.

Die Schülerinnen und Schüler erwarten von den Lehrern, dass sie kompetent auftreten, die Probleme mit dem TI-89 sowie alle Probleme in der Aufgabensammlung des Stationenlernens lösen können. Die Aufgabensammlung enthält aber einige Fehler, da sie sich noch in der Entwicklungsphase befindet und aus komplexen Aufgaben besteht. Die Lehrer befürchten, dass bei den Schülerinnen und Schülern dadurch der Eindruck entsteht, die Lehrer würden ihren Stoff nicht beherrschen. Wenn die Schülerinnen und Schüler Fehler entdeckten, machten sie den Lehrer darauf aufmerksam, empfanden es z.T. aber auch als ärgerliche Verzögerung:

“Damals habe ich bei einer Funktionenschar einen Fehler entdeckt. Man sollte die von links nach rechts mit verschiedenen Streckungsfunktionen bewegen. Weil die Funktion falsch programmiert war, ging es überhaupt nicht. Ich habe mich zwei Tage abgequält. Hinterher habe ich auch noch mit [dem Lehrer] gestritten” (S, 278-281).

### **C3. Schüleraktivitäten und Ergebnisse**

Das Stationenlernen wird mit Hilfe eines „Laufzettels“ strukturiert, der u.a. Angaben dazu enthält, ob eine Aufgabe eine Pflichtaufgabe ist, ob sie in Einzel- oder Partnerarbeit gelöst werden soll und ob ihre Bearbeitung die Lösung einer früheren Station voraussetzt. Außerdem ist eine Kurzbeschreibung der einzelnen Aufgaben in Form von Stichworten enthalten. In den Selbstlernphasen arbeiten die Schülerinnen und Schüler in hohem Maße in Partner- oder Einzelarbeit, die sie selbst organisieren. In den beobachteten Unterrichtsstunden sprachen sich jeweils ca. 2/3 der Schülerinnen und Schüler ab, sich einen PC zu teilen, 1/3 zog es vor, allein an einem PC zu arbeiten. Bei den 20 Aufgaben des Stationenlernens ist vermerkt, ob sie für Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit geeignet sind. Alle Schülerinnen und Schüler begannen mit einer Einzelaufgabe. Nach kurzer Zeit bezogen sie ihre Nachbarn mit ein, erklärten oder fragten sich gegenseitig etwas und zeigten sich Zwischenergebnisse auf ihren TI-89. So entstand Gruppenarbeit jeweils an benachbarten PCs, die sich wieder in Phasen von Einzelarbeit auflösten, wenn der Besprechungsbedarf erschöpft war.

Die Schülerinnen und Schüler empfinden es als positiv, dass sie während des Stationenlernens untereinander reden dürfen:

“Das Gute ist, dass man hier fragen darf. Im normalen Unterricht heißt es: ‚Jetzt seid doch mal leise!‘. Hier kann man auch mal etwas länger sprechen” (S, 386-388).

Die Lehrer bemerken einen hohen Motivationsschub durch das eigenständige Lernen. Im Vergleich zum Frontalunterricht sind wesentlich mehr Schülerinnen und Schüler aktiv mit den Aufgaben beschäftigt und bleiben über längere Zeit bei der Sache:

“[Es gibt eine] sehr hohe Schüleraktivität. (...) Wie intensiv die dort über 90, 95 Minuten diskutiert haben, das lässt sich [sonst] im Unterricht kaum organisieren” (T, 828-830).

Allerdings sind nicht alle Schülerinnen und Schüler durch diese Methode erreichbar und auch in der Kleingruppe bestehen Freiräume, gedanklich abzuschalten. So blieb z. B. eine Schülerin in einer Gruppe von drei Personen über lange Zeiträume passiv und beobachtete ihre Mitschüler dabei, wie sie die Aufgabe lösten.

Mit Ausnahme einiger Pflichtstationen entscheiden die Schülerinnen und Schüler selbst, welche Aufgaben sie bearbeiten und in welcher Reihenfolge sie dies tun. Die Aufgabensammlung gibt wenige Auswahlhilfen. An einigen Lernstationen ist vermerkt, dass ihre Bearbeitung die Lösung einer anderen Lernstation voraussetzt, eine Kurzbeschreibung informiert über die ungefähre Bearbeitungsdauer. Die Schülerinnen und Schüler wandten sehr unterschiedliche Auswahlmethoden an. Im Leistungskurs 12 gingen zwei Gruppen der Reihe nach vor, ohne sich die Aufgaben vorher anzusehen. Andere Gruppen schauten sich zunächst die Aufgabenstellung von zwei oder drei Stationen an und wählten daraus aus. Beobachtet wurde auch, dass Schülerinnen und Schüler zunächst mit einer Aufgabe begannen und sich nach wenigen Minuten für eine andere entschieden, weil die erste zu schwierig erschien. Im Extremfall war eine Schülerin des Grundkurses die gesamte Doppelstunde damit beschäftigt, sich die Aufgaben anzusehen, einen Lösungsansatz zu versuchen, nach kurzer Zeit aufzugeben und die nächste Aufgabe zu betrachten. Der Auswahlprozess nimmt einige Zeit in Anspruch. Aus Sicht der Lehrer ist dies jedoch kein Zeitverlust, sondern fördert vernetztes Denken. Allerdings wünschen sich die Schülerinnen und Schüler mehr und bessere Auswahlhilfen, fordern mehr Erklärungen und Unterstützung durch den Lehrer ein:

“Letztes Jahr hatten wir schon wesentlich mehr vorher im Unterricht behandelt. Das [Stationenlernen] war eine Übungssache. Jetzt sind aber völlig neue Inhalte dabei, die man sich dann selbst erarbeitet” (S, 282-287).

Die Beschreibung der ungefähren Lösungsdauer kann auch irritierend wirken: In einem Fall hatten die Schülerinnen und Schüler statt der angegebenen 45 nur 20 Minuten gebraucht. Sie zweifelten daran, ob ihr Lösungsweg richtig sei und fragten deswegen beim Lehrer nach.

Die Lehrer wurden meist dann um Rat gebeten, wenn Schülerinnen und Schülern die Richtigkeit des eingeschlagenen Lösungsweges unklar war. Die Schülerinnen und Schüler haben die Möglichkeit, sich die Lösungen der Aufgaben anzusehen, nutzen dies jedoch meist erst, wenn sie selbst einen Ansatz gefunden haben.

Während des gesamten Schuljahres führen die Schülerinnen und Schüler ein Lerntagebuch. Im ersten Halbjahr der Klasse 11 sind sie dazu verpflichtet, danach geschieht dies freiwillig. In beiden Phasen machen Mädchen deutlich mehr vom Lerntagebuch Gebrauch als Jungen.

Die Art und Weise der Eintragung ist sehr unterschiedlich. Einige Schülerinnen und Schüler führen das Tagebuch während des Unterrichts und schreiben ab, was an der Tafel steht. Andere Schülerinnen und Schüler machen ihre Eintragungen einmal wöchentlich (meist am Wochenende), eine dritte Gruppe erstellt das Lerntagebuch komplett vor schriftlichen Arbeiten bzw. dem Abgabetermin oder schreibt Tagebucheintragungen von Mitschülern ab. Eine vierte Gruppe führt es gar nicht.

Anfangs bestanden Unklarheiten darüber, was in dem Lerntagebuch aufgeschrieben werden sollte. Es zeigte sich, dass eine Einführungsveranstaltung und ein Merkblatt zur Gestalt des Tagebuches nicht ausreichte, um die Schülerinnen und Schüler über die Anforderungen zu orientieren.

“Ich musste feststellen, dass das nicht von ganz alleine läuft, dass die Schüler nicht genau wussten, was sie reinschreiben sollen. Manche haben alles abgeschrieben, was an der

Tafel stand, das war natürlich nicht Sinn der Sache. Manche haben sehr kurz irgend etwas reingeschrieben. Manche haben das schon sehr gut gemacht” (T, 395-400).

Lehrer und einige Schülerinnen und Schüler schreiben dem Lerntagebuch eine positive Wirkung auf den Leistungsstand und das Verständnis für mathematische Probleme zu. Insbesondere bei schwachen Schülerinnen und Schülern besserten sich die Zensuren bei schriftlichen Arbeiten und bei der mündlichen Beteiligung, wenn das Lerntagebuch kontinuierlich geführt wurde. Die Schülerinnen und Schüler, die das Lerntagebuch regelmäßig führen, haben eine kontinuierliche Kontrolle über ihren Lernprozess:

“Diejenigen, die regelmäßig Lerntagebuch führen, sind immer auf der Höhe der Zeit. Die wissen, was an letzter Stelle gelaufen ist, was sie vielleicht nicht verstanden haben, wo wir sind, und können den nächsten Schritten wieder viel besser folgen als alle anderen, bei denen sich alles ansammelt und bei denen dann kaum noch Pannenhilfe möglich ist” (T, 483-494).

Insbesondere Schülerinnen scheinen vom Führen des Lerntagebuches zu profitieren:

“Mädchen nutzen diese Methode deutlich intensiver. (...) Speziell Schülerinnen haben durch die Arbeit am Tagebuch enorm Fuß gefasst und dadurch sehr gewonnen, dass sie immer wieder ihr Tun reflektiert haben.” (T, 483f)

Außerdem können die Lehrer durch das Lerntagebuch genauer den Stand der Schülerinnen und Schüler nachvollziehen.

Einige Schülerinnen und Schüler haben Schwierigkeiten mit der Bedienung des Taschenrechners. Bestimmte Formen der Unterstützung für den Umgang – Nachhilfe durch ältere Schülerinnen und Schüler oder ältere Geschwister – sind ihnen verstellt, weil diese keine Erfahrung mit diesem Taschenrechner haben. Unsicherheiten in der Gerätebedienung stellen besonders während schriftlicher Arbeiten ein Problem dar.

Insgesamt beobachten die Lehrer, dass die Schülerinnen und Schüler in der Innovation selbstständiger geworden sind. Sie übernehmen mehr Verantwortung für ihren Lernprozess und sind besser in der Lage, ihre Lerninteressen zu artikulieren. Als Beispiel für diese Veränderung berichtete eine nicht beteiligte Lehrerin:

“Als [ihr Lehrer] vor der letzten Arbeit krank gewesen ist, haben die Zwölfer eine meiner Doppelstunden Philosophie völlig selbstständig umgemodelt in eine Doppelstunde Mathematik, und gleichzeitig [es geschafft], alle anderen Schülerinnen und Schüler, die in ihrem Kurs gewesen wären, zu dieser Stunde auch da zu haben. Sie (...) haben mich im Vorfeld schon gefragt, ob ich das auch tun würde, haben ihre Unterlagen gesammelt und sortiert, so dass ich das überhaupt machen konnte. Das war eine sehr große selbstständige Leistung.” (T, 481-495)

#### **C4. Genutzte Technologien**

Für das Stationenlernen stehen zwei vernetzte Computerräume mit jeweils 15 Arbeitsplätzen zur Verfügung. Die Lernstationen werden mit dem Netscape-Navigator aufgerufen. Die Schule besaß bereits die notwendige Hardware. Der technische Koordinator musste lediglich einige Plug-Ins neu installieren.

Der PC dient beim Stationenlernen vor allem zum Lesen der Aufgaben. In einer Aufgabe konnte durch Tastatureingaben eine geometrische Figur am Bildschirm modifiziert werden. Der PC ist in den Augen der Schülerinnen und Schüler attraktiver als herkömmliche Arbeitsmaterialien. Während der Beobachtungen blieben sie an ihren Plätzen sitzen und riefen auch die Lernstationen vom PC aus auf, die alternativ als Papierversion verfügbar waren. Ein

Vorteil des Abrufens am PC ist, dass keine Wartezeiten an den einzelnen Stationen entstehen, da jede Station von allen Plätzen aus jederzeit erreicht werden kann.

Eine große Rolle für die Innovation spielt der TI89, ein grafikfähiger Taschenrechner mit einem großen Display. Man kann ihn an ein Overheaddisplay anschließen und das Ausgabefenster der gesamten Klasse zeigen. Mit Speicher- und Programmierfunktionen lassen sich komplizierte Berechnungen schneller anstellen als mit herkömmlichen Taschenrechnern. Im beobachteten Unterricht nutzten die Schülerinnen und Schüler ihn einerseits für Berechnungen, andererseits um ihren Mitschülern oder dem Lehrer Lösungen auf dem Display zu zeigen. In einigen Gruppen reichten die Schülerinnen und Schüler den TI89 untereinander herum, um Matrizen abzugleichen oder Lösungen abzuschreiben.

Die Innovation wäre auch ohne TI89 durchführbar, allerdings würden dann nach Einschätzung der Lehrer die Aufgabenstellungen weniger komplex und realitätsnah. Bei einem Ersatz des TI89 durch ein PC-basiertes Computer-Algebra-System bestünde für die Schülerinnen und Schüler keine Möglichkeit mehr, das Programm auch zu Hause zu nutzen, es sei denn, alle verfügten über einen PC und die Möglichkeit, dort die Software zu installieren.

### **C5. Probleme und deren Lösung**

Ein mit der Innovation verbundenes Problem ist der Zeitbedarf für das Stationenlernen, das jeweils drei bis vier Wochen dauert. Die Selbstlernphasen bereiten nicht gezielt auf Klausuren vor, die Klausurtermine werden aber von der Oberstufenleitung zentral festgelegt. Daher muss das Stationenlernen so terminiert werden, dass die Klausurvorbereitung nicht zu kurz kommt. Manchmal sind zu den angezielten Terminen die Computerräume durch andere Kurse belegt. Als Kompromiss versuchten die Lehrer, die Phase des Stationenlernens zu verkürzen, gerieten damit aber in die Schwierigkeit, dass der Zeitanteil der Pflichtstationen stieg und die Schülerinnen und Schüler die Entscheidungsfreiheit bei der Auswahl der Stationen verloren.

Auch der Zeitbedarf für die Einführung der neuen Lernmethoden mit Lerntagebüchern, selbstständiger Arbeitsweise und TI89 wurde zunächst unterschätzt. Insgesamt wünschen sie sich mehr Informationen über Ziele und Arbeitsweisen der Innovation. Eine Mutter äußerte die Befürchtung, ihr Kind könne benachteiligt sein, wenn in der Oberstufe ein Mathematikkurs in Kooperation mit den benachbarten Gymnasien stattfinden muss, da die Gymnasialschüler nur den herkömmlichen Frontalunterricht gewöhnt seien. Durch die notwendige Angleichung der Unterrichtsmethoden seien die neuen Lernformen ihres Kindes dann wenig nützlich.

### **C6. Nachhaltigkeit**

Die neuen Richtlinien der Landesregierung sehen für den Mathematikunterricht der Oberstufe anwendungsbezogener Aufgaben und den Einsatz des PCs im Unterricht vor; insofern setzt die Innovation die vorhandenen Richtlinien um. Sie wird in der Schule beibehalten und in die schulinternen Lehrpläne aufgenommen. Die bislang nicht beteiligten Lehrpersonen sind bereit, die Innovation zu übernehmen und sehen darin eine Chance, ihren Unterricht zu verändern.

Für die Nachhaltigkeit der Innovation spricht, dass einer der an der Innovation beteiligten Lehrpersonen bereits seit mehreren Jahren konzeptionell in den Bereichen Lehrmittelentwicklung und der Förderung selbstständigen Lernens arbeitet. Die Innovation passt außerdem zu den inhaltlichen Schwerpunkten der Schule (Berufsorientierung und selbstständiges Lernen). Schülerzentrierte Unterrichtsformen und Stationenlernen werden

bereits in der Sekundarstufe 1 genutzt. Die befragten Schülerinnen und Schüler empfahlen, das Stationenlernen solle in der Mathematik bereits früher stattfinden, damit auch Schülerinnen und Schüler davon profitieren können, die die Schule nach der zehnten Klasse verlassen.

### **C7. Transferfähigkeit**

Ein Transfer der Innovation innerhalb der Schule wird stattfinden. In anderen Stufen und Fächern haben Lehrpersonen teilweise bereits damit begonnen, so wurden z.B. Lerntagebücher im Fach Deutsch in der Unterstufe eingesetzt. Da die Unterstufenschüler ihre Tagebücher in Gruppenarbeit erstellen sollten und ihre Gruppen noch nicht gut koordinieren konnten, waren die Erfahrungen damit allerdings weniger positiv.

Durch die Beteiligung am Modellprogramm ist ein Transfer auf andere Schulen von vornherein beabsichtigt. Die Innovationsschule leitet die erstellten Materialien an vier andere Schulen weiter. Die Rückspiegelung der Erfahrungen dieser Schulen hat bereits zu Überarbeitungen des Lernmaterials geführt.

Obwohl die neuen Richtlinien im Fach Mathematik ein selbstständigeres Lernen der Schülerinnen und Schüler empfehlen und die technischen Voraussetzungen für PC-basierte Selbstlernphasen an den meisten Schulen vorhanden sind, schätzen die beteiligten Lehrpersonen die Transfermöglichkeiten, insbesondere für Gymnasien, eher pessimistisch ein. Die umliegenden Schulen, die mit der Schule ihre Oberstufenkurse abstimmen, zeigen sich wenig interessiert. Hauptsächliches Hindernis ist, dass die dortigen Mathematiklehrer ein lehrerzentriertes Rollen- und Unterrichtsverständnis haben und hohe Hemmschwellen aufweisen, die neuen Medien im Unterricht einzusetzen. Daneben muss berücksichtigt werden, dass die Innovationsschule als Ganztagschule über 20% höhere Personalressourcen verfügt als Halbtagschulen. Diese bessere Personaldecke kann teilweise zur Initiierung von Unterrichtsprojekten eingesetzt werden.

---

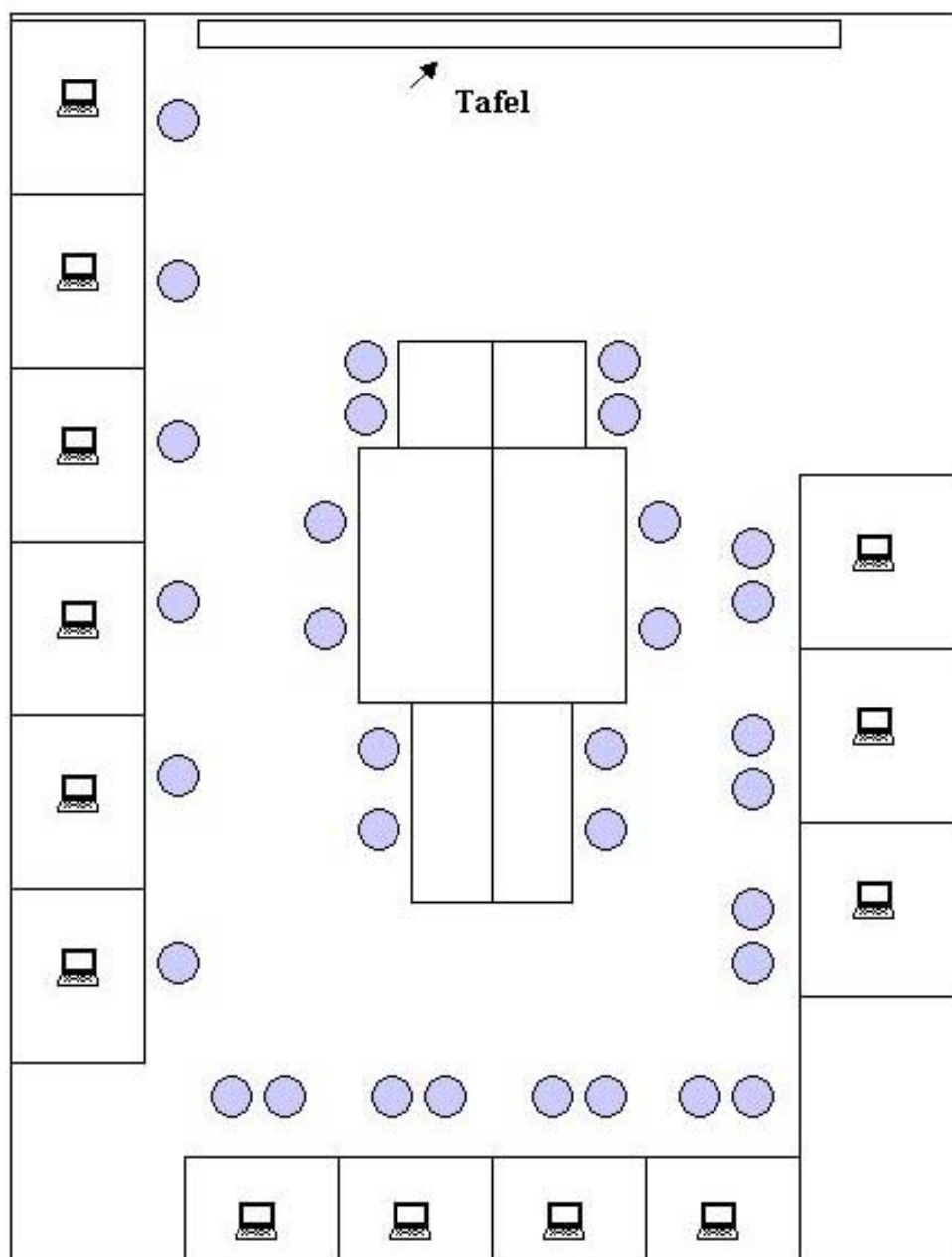
<sup>1</sup> Mediathek = Sammlung von verschiedenen Medien: Bücher, Tonbänder, CDs, CD-ROMs etc.

<sup>2</sup> SelMa: Modellversuch eines deutschen Bundeslandes „Selbstlernen in der gymnasialen Oberstufe – Mathematik“. Das Ziel dieses Modellversuchs ist zu zeigen, wie Mathematikunterricht in der gymnasialen Oberstufe gestaltet sein muss, um eigenständiges lernen mit neuen Medien zu fördern. SelMa ist eingebettet in das staatliche Förderprogramm SEMIK (Systematische Einbeziehung von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr- und Lernprozesse). Als Bestandteil dieses Programmes erarbeiten in NRW fünf Sekundarschulen (Sekundarstufe II) schülerzentrierte Unterrichtsmethoden zum Selbstlernen im Fach Mathematik. Diese „Autorenschulen“ entwickeln Unterrichtsmaterialien für Selbstlernphasen, geben diese an andere Schulen zur Erprobung weiter und erhalten von diesen Erfahrungsberichte, die wiederum für die Weiterentwicklung der Materialien verwendet werden.

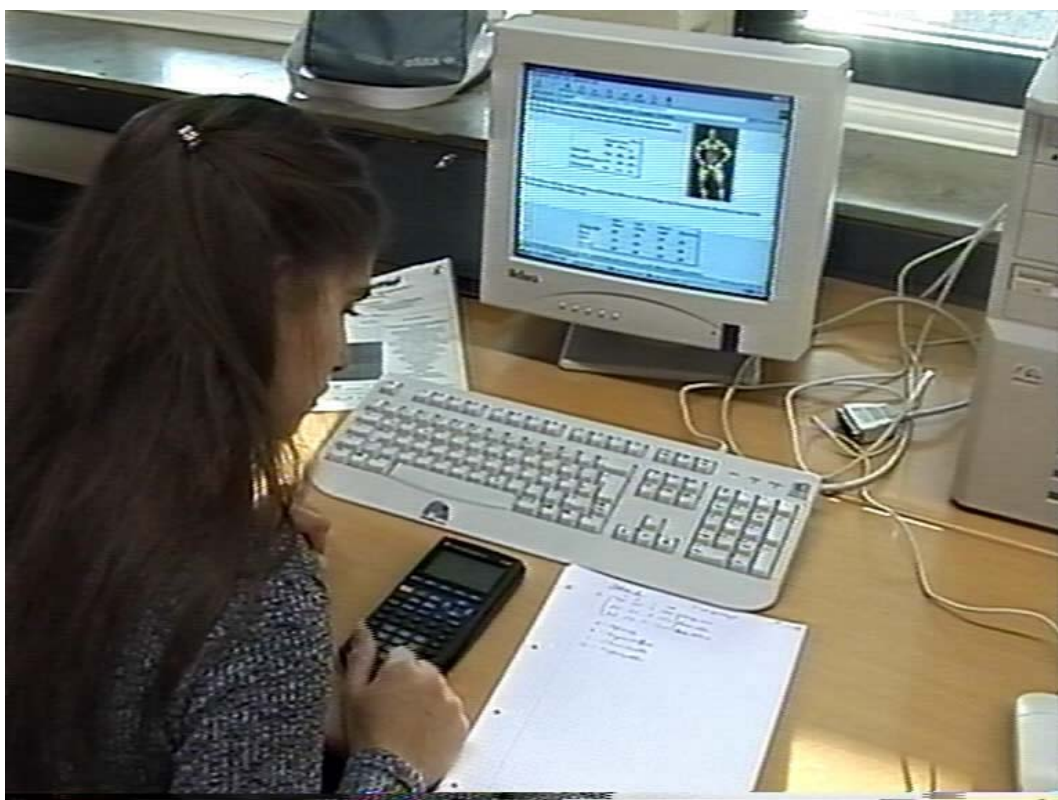
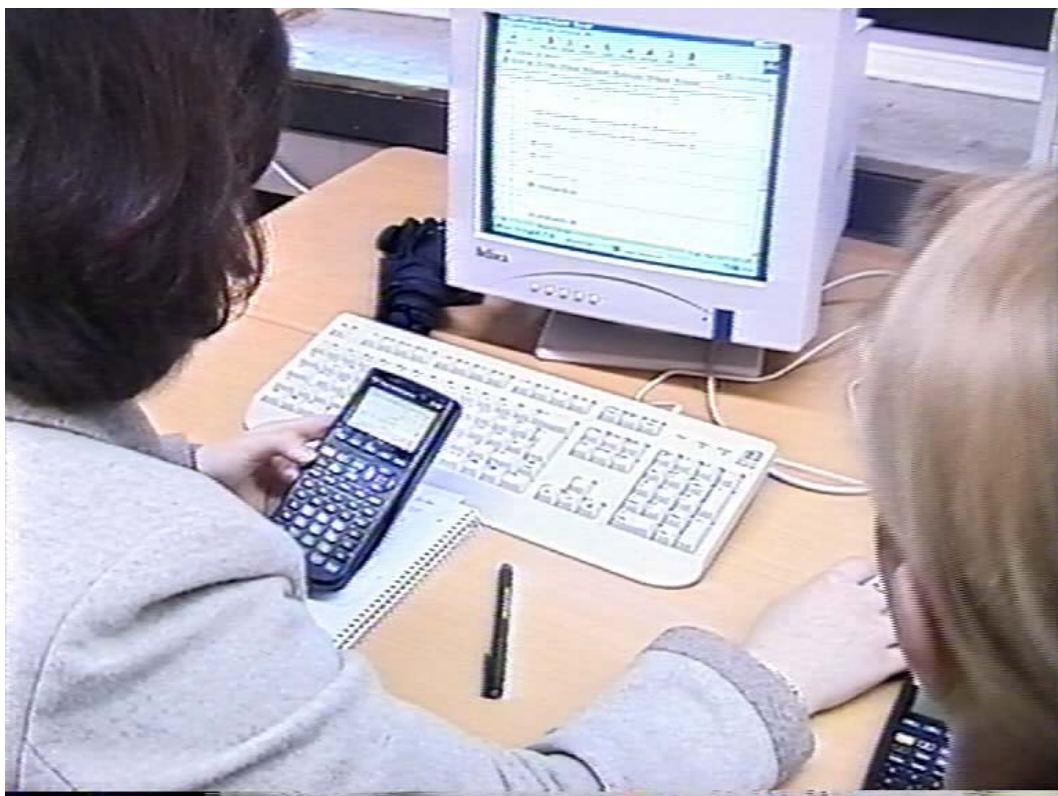
## **ANHANG**

1. Skizze des Computerraums
2. Fotos
3. Screen Shots

## Anhang 1: Skizze des Computerraums

**Computerraum**

Anhang 2: Fotos





**Laufzettel**

Lernen an Stationen in der Sekundarstufe II  
Matrizenrechnung

Aufgabengruppen

	Einführung in die Matrizenrechnung Geometrie der Matrizen Prozesse von Matrizen
--	---

Die einzelnen Stationen

Nr.	Pflicht	Arbeits- form	Setzt Station X voraus	Persönliche Bewertung	Kurzbeschreibung
1				⊙ ? ⊖ ⊕	Produktions- und Auslieferungsplanung
2	⊙			⊙ ? ⊖ ⊕	Fit for Life
3				⊙ ? ⊖ ⊕	Mehrstufige Produktionsprozesse
4				⊙ ? ⊖ ⊕	Auch für Matrizen gelten Gesetze
5				⊙ ? ⊖ ⊕	Gaußscher Algorithmus
6	□		2	⊙ ? ⊖ ⊕	Codierung von Nachrichten
7					Geometrische Abbildungen in der Ebene
8					Elementare Abbildungen in der Ebene
9					Eine Drehung im Raum
10					Elemente der Geometrie



Station 4 Lösungen: Auch für Matrizen gelten Gesetze

Geggeben:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 0 & -2 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -1 & 4 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$r = 2 \quad s = -3$$

$AB = \begin{pmatrix} -1 & 11 \\ 2 & -8 \end{pmatrix}$ 
 $AC = \begin{pmatrix} 6 \\ 4 \end{pmatrix}$ 
 $BA = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ -1 & -11 \end{pmatrix}$ 
 $CA = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ -1 & -7 \end{pmatrix}$   
 $A(B+C) = \begin{pmatrix} -3 & 11 \\ 4 & -11 \end{pmatrix}$ 
 $AB+AC = \begin{pmatrix} -3 & 11 \\ 4 & -11 \end{pmatrix}$ 
 $(A+B)C = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -3 & 4 \end{pmatrix}$   
 $(A+B)C = \begin{pmatrix} -14 & 26 \\ 20 & 6 \end{pmatrix}$ 
 $(rA)(rB) = \begin{pmatrix} 6 & -11 \\ -11 & 48 \end{pmatrix}$ 
 $(rB)(A^T) = \begin{pmatrix} 6 & -11 \\ -11 & 48 \end{pmatrix}$

CTX

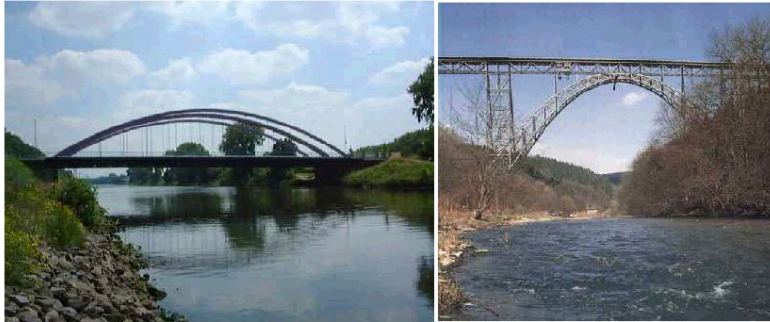
### Anhang 3: Screenshots

**Ernst-Barlach-Gesamtschule Dinslaken - Netscape**

Station 8 **Parabelgleichungen bestimmen**

**Quadratische Funktionen**

Wenn du dich in deiner Umgebung umschaust, wirst du feststellen, dass viele Bögen die Form von Parabeln haben, d.h. ihr Verlauf lässt sich durch eine quadratische Funktion beschreiben.



An dieser Station sollst du noch einmal üben, zu vorgegebenen Parabeln die Funktionsgleichung zu finden.  
Du solltest die Funktionsgleichung in der Scheitelpunktform angeben.

Dokument: Übermittelt

Start Pegasus Mail Datei-Manager Ernst-Barlac... Lesezeichen - b... Microsoft Word Paint Shop Pro... Comment lie - L... Netscape Plugi... 02:36

**Ernst-Barlach-Gesamtschule Dinslaken - Netscape**

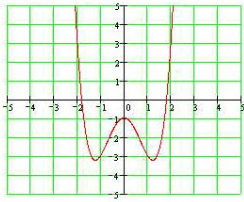
**Symmetrie von ganzrationalen Funktionen**

Während die Graphen von quadratischen Funktionen und Potenzfunktionen relativ leicht zu zeichnen und zu erkennen sind, lassen sich Funktionen höheren Grades nicht so leicht erfassen bzw. skizzieren. Es lohnt sich daher, einige Erfahrungen im Umgang mit ganzrationalen Funktionen zu sammeln und den Verlauf ihrer Graphen zu untersuchen.

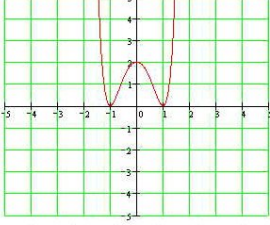
**Aufgabe 1**

Betrachte die folgenden ganzrationalen Funktionen.

$f(x) := x^4 - 3x^2 - 1$



$f(x) := x^6 - 3x^2 + 2$



Dokument: Übermittelt

Start Pegasus Mail Datei-Manager Ernst-Barlac... Lesezeichen - b... Microsoft Word Paint Shop Pro... Comment lie - L... Netscape Plugi... 02:37