

mathe online – Perspektiven für einen zeitgemäßen Mathematikunterricht

Projekt durchgeführt im Sommersemester 2002/3 im Rahmen der Initiative
Naturwissenschaftswerkstatt

Abschlussbericht

vorgelegt von

**Notburga Grosser, Wolfgang Wisenöcker, Walter Kulha,
Evelyn Stepancik, Wolfgang Zach und Franz Embacher**

Inhalt:

1. Projektziele und Projektdesign.....	2
a.) Vorbemerkungen	2
b.) Projektziele.....	2
c.) Projektteam	3
d.) Teilnehmende Klassen/Lehrveranstaltungen	3
e.) Eingesetzte Software	4
f.) Die Lernpfade des Projekts.....	4
g.) Projektablauf	5
2. Berichte aus den Klassen/Lehrveranstaltungen	5
a.) Funktionen	5
b.) Von super bis langweilig	8
c.) „Ich habe mir alles selber erarbeitet!“	9
d.) Kurvendiskussion	10
e.) „Ja! Auf jeden Fall!“	11
3. Schlussfolgerungen.....	13
a.) Zusammenfassung der Erfahrungen und Projektergebnisse	13
b.) Tipps für NachahmerInnen	16
c.) Ausblick	17
4. Anhänge	18
a.) Anhang zu: Funktionen	18
b.) Anhang zu: Von super bis langweilig	20
c.) Anhang zu: „Ich habe mir alles selber erarbeitet!“	23
d.) Anhang zu: Kurvendiskussion.....	28
e.) Anhang zu: „Ja! Auf jeden Fall!“	30
f.) Seminar „Angewandte Mathematik“ an der Pädagogischen Akademie	39
g.) Anhang: Fragebogen für SchülerInnen.....	41
h.) Anhang: Detaillierergebnisse der SchülerInnenbefragung	43
5. Literatur	47

1. Projektziele und Projektdesign

a.) Vorbemerkungen

Mathematikunterricht sieht sich heute vor eine Reihe von Herausforderungen gestellt. Insbesondere wächst die Nachfrage nach Grundkompetenzen in der Formalisierung technischer und wirtschaftlicher Problemstellungen. Der Einsatz elektronischer Medien kann helfen, diese Herausforderungen anzunehmen.

Computer und Internet spielen in einem zukunftsorientierten Bildungssystem eine wichtige Rolle. Bildung erhält angesichts der Verfügbarkeit neuer Medien eine zusätzliche Dimension. Die Entwicklung von Minimalkompetenzen im Umgang mit Informations- und Kommunikationstechniken wird in den kommenden Jahren ein zentrales Anliegen unseres Bildungssystems sein.

Elektronische Medien dienen als externe Wissensspeicher, stellen effektive methodische Werkzeuge dar und können Erkenntnisgewinnung und Kommunikation erleichtern. Insgesamt stellen sie für Lernende neue Möglichkeiten bereit, Lernprozesse eigenverantwortlich zu gestalten.

b.) Projektziele

Im Schuljahr 2002/3 wurde im Rahmen der Initiative "Naturwissenschaftswerkstatt" das Projekt "**mathe online – Perspektiven für einen zeitgemäßen Mathematikunterricht**" durchgeführt. Ziel des Projekts war es, konkrete Einsatzformen webbasierter Lerninhalte für den Mathematikunterricht und die LehrerInnenausbildung zu entwickeln und zu erproben.

Im Zuge der Durchführung und der Evaluation sollte auf folgende Themen näher eingegangen werden:

- Welchen Einfluss haben interaktive Medien auf den für den Mathematikunterricht äußerst wichtigen Begriffsbildungsprozess?
- Können kognitive Fähigkeiten wie Analyse, Synthese und Bewertung mathematischer Sachverhalte durch den Einsatz eines Tools wie **mathe online** gefördert werden?
- Welche Möglichkeiten für individuelles Lernen und Selbststudium ergeben sich durch ein hypermediales Angebot an interaktiv aufbereiteten Web-Lernseiten?

Ein wichtiges Anliegen war die Thematisierung der durch den Einsatz von **mathe online** auftretenden Probleme und Fragen:

- Welche Schwierigkeiten organisatorischer, technischer, methodisch-didaktischer oder sonstiger Art können sich für LehrerInnen und SchülerInnen ergeben? In welcher Relation steht der Mehraufwand zum Unterrichtsertrag?
- Wie könnte eine dem Unterricht entsprechende Leistungsbeurteilung aussehen?
- Welchen Einfluss hat diese Form des Unterrichts auf die Kommunikation zwischen SchülerInnen und LehrerInnen? Wie bedeutsam ist eine den Lernprozess begleitende (virtuelle) Kommunikation aus pädagogischer Sicht?

c.) Projektteam

Das Projektteam bestand aus folgenden Personen/Institutionen:

- **Notburga Grosser**
Pädagogische Akademie der Erzdiözese Wien
Albertus Magnus Gymnasium, Wien
E-mail: ngrosser@t-online.at
- **Wolfgang Wisenöcker**
Albertus Magnus Gymnasium, Wien
E-mail: w.wisenoecker@gmx.at
- **Walter Kulha**
Albertus Magnus Gymnasium, Wien
E-mail: kulha@ams-wien.at
- **Evelyn Stepancik**
BG|BRG Purkersdorf
E-mail: estepancik@informatix.at
- **Wolfgang Zach**
BG|BRG Purkersdorf
E-mail: wzach@gmx.net
- **Franz Embacher**
Institut für Theoretische Physik der Universität Wien
Mitentwickler von **mathe online**
E-mail: fe@ap.univie.ac.at

d.) Teilnehmende Klassen/Lehrveranstaltungen

In den folgenden Klassen/Lehrveranstaltungen wurde das Projekt im jeweils angegebenen Umfang umgesetzt:

LeiterIn	Klasse/LVA Zahl d. SchülerInnen	Stoffgebiet	Zeitraum Stunden
Evelyn Stepancik	5. Klasse (G) 17 SchülerInnen	Funktionen	2 Wochen 15 Stunden
Wolfgang Zach	5. Klasse (G) 15-17 SchülerInnen	Funktionen	4 Wochen 12 Stunden
Wolfgang Wisenöcker	5. Klasse (RG) 14 SchülerInnen	quadratische Funktionen	1.5 Wochen 6 Stunden
Walter Kulha	7. Klasse (RG) 20 SchülerInnen	Ableitung von Funktionen, Kurvendiskussion	2 Wochen 10 Stunden
Notburga Grosser	6. Klasse (RG) 16 SchülerInnen	Exponentialfunktionen	4 Wochen 17 Stunden
Notburga Grosser	Angewandte Mathematik (Seminar) (Pädagogische Akademie) 13 HörerInnen	Wachstums- und Abnahmeprozesse	8 Wochen 10 Stunden

e.) Eingesetzte Software

Als softwaremäßige Grundlage für die Entwicklung von Materialien diene das in der Web-Plattform **mathe online** seit Ende des Jahres 2002 angebotene Werkzeug der **Lernpfade**. Dieses Konzept ermöglicht es Unterrichtenden, Abfolgen von Lernschritten zu definieren, die auf ihre konkrete Unterrichtssituation abgestimmt sind. Der Verweis auf existierende Materialien im Rahmen von **mathe online** (mathematische Hintergrundtexte, interaktive Tests, dynamische Diagramme,...) ist ebenso vorgesehen wie die Einbindung eigener Dokumente (z.B. auf die jeweilige Klasse abgestimmter Übungsaufgaben) sowie die Verwendung sonstiger im WWW zur Verfügung stehender Ressourcen. Lernpfade stellen eine (relativ offene) Form einer "Lernumgebung" dar.

Die mit den Lernpfaden im Rahmen des **Open Studio** von **mathe online** verbundene weitere Möglichkeit für Lernende, Aktivitäten in Form eines Online-**Lerntagebuchs** zu dokumentieren, wurde in einer der Projektklassen wahrgenommen. Eine ausführlichere Beschreibung dieser Software findet sich unter

<http://www.mathe-online.at/openstudio/Doku/>.

Das Projekt "**mathe online – Perspektiven für einen zeitgemäßen Mathematikunterricht**" stellte den ersten Praxistest des Konzepts der **mathe online**-basierten Lernpfade dar.

f.) Die Lernpfade des Projekts

Im Rahmen des Projekts wurden 7 Lernpfade entwickelt:

- **Funktionen – Wichtige Begriffe** (Evelyn Stepancik)
- **Funktionen – Eigenschaften** (Evelyn Stepancik)
- **Einfache Potenzfunktionen** (Wolfgang Zach)
- **Lineare Funktionen 1** (Wolfgang Zach)
- **quadratische Funktionen - 5.Klasse** (Wolfgang Wisenöcker)
- **Kurvendiskussion** (Walter Kulha)
- **Exponentialfunktionen** (Notburga Grosser)

In Klammern sind die AutorInnen angegeben. Die ersten vier Lernpfade wurden von Evelyn Stepancik und Wolfgang Zach im Unterricht eingesetzt, die übrigen Lernpfade von ihren jeweiligen AutorInnen. Ein achter Lernpfad (**Exponentialfunktionen 1**) wurde von Notburga Grosser für den Einsatz in der HauptschullehrerInnenausbildung angelegt, stimmt weitgehend mit **Exponentialfunktionen** überein und wird hier nicht eigens berücksichtigt. Alle Lernpfade stehen am WWW unter

<http://www.mathe-online.at/nww/>

zur freien Verfügung. Da sie sich durch Wartung und Aktualisierung im Laufe der Zeit ändern können, sind Archivkopien, die den Stand zur Zeit des Projektabschlusses (Juni 2003) festhalten, unter

<http://www.mathe-online.at/nww/Archiv/>

abrufbar.

g.) Projektablauf

Die relevanten Stationen des Projektablaufs waren:

- **Konzeptphase**
Grundsätzliche Diskussion der für das Projekt relevanten Themen.
Einigung auf die Erstellung von (auf einzelne Klassen abgestimmten) Lernpfaden.
Die konkrete didaktische und pädagogische Umsetzung des Projekts sowohl bei der Entwicklung der Lernpfade als auch bei deren Einsatz im Unterricht war den einzelnen Teammitgliedern freigestellt.
Erstellung eines Fragebogens für SchülerInnen.
- **Erstellung der Lernpfade**
Durch die Kooperation mit den EntwicklerInnen von *mathe online* stellte diese Phase gleichzeitig einen wichtigen Usability-Test der Lernpfad-Software dar.
- **Durchführung in den Klassen/Lehrveranstaltungen**
Die Durchführung wurde in allen Klassen/LVAen leicht unterschiedlich gestaltet.
In allen Fällen mussten die SchülerInnen ihre Aktivitäten dokumentieren (wobei die Details unterschiedlich geregelt wurden) und konnten ihre Erfahrungen über einen Fragebogen (siehe die Anhänge f und g) mitteilen.
- **Auswertung der Daten der einzelnen Klassen/LVAen und Selbstevaluierung**
Siehe hierzu die ausführlichen Berichte unter Punkt 2 und im Anhang.
- **Zusammenführung der Ergebnisse, Schlussfolgerungen**
Siehe hierzu die Schlussfolgerungen unter Punkt 3.

2. Berichte aus den Klassen/Lehrveranstaltungen

Zu jedem der hier wiedergegebenen Berichte finden Sie im Anhang weiteres Material und vertiefende Ausführungen.

a.) Funktionen

Evelyn Stepancik

Die Klasse

Die 5a (Gymnasium) des BG|BRG Purkersdorf wird von 14 Schülerinnen und 4 Schülern besucht. Die meisten SchülerInnen zeigen stets reges Interesse am Mathematikunterricht. Bei der Mitarbeit fallen 4 Schülerinnen und 3 Schüler besonders positiv auf, zwei Schülerinnen beteiligen sich fast nie am Mathematikunterricht. Die Motivation, mathematische Inhalte zu verstehen und gute Noten zu bekommen, ist in dieser Klasse insgesamt sehr hoch. Bei den Semesternoten in Mathematik gab es 4 „sehr gut“, 8 „gut“, 5 „befriedigend“ und ein knappes „genügend“. Die Burschen arbeiten am liebsten zusammen und wählen kaum ein Mädchen für Partnerarbeiten. Die Mädchen wählen ihre Teams oder Partnerin meist nach Freundschaft aus. Dabei wird langsameren Schülerinnen die Arbeit

nicht abgenommen, sondern es zeigte sich immer wieder, dass die schnelleren Schülerinnen darauf achteten, dass ihre Kolleginnen die Inhalte auch verstehen.

Der Ablauf

Der geplante Ablauf zur Absolvierung der vier Lernpfade sah vor, dass die SchülerInnen möglichst in Einzelarbeit an einem PC die Inhalte erarbeiten und wichtige Begriffe selbständig dokumentieren sollten. Doch es kam natürlich ganz anders!

Die SchülerInnen gewöhnten sich in der ersten Stunde an die Oberfläche von **mathe online** und kamen meiner Aufforderung, die wichtigsten Inhalte in ihrer Mappe festzuhalten, nach. Anfangs wussten sie nicht so recht, was sie alles aufschreiben sollten. Manche notierten zu viel und manche zu wenig. In der zweiten Stunden arbeiteten die SchülerInnen sehr selbständig an den Lernpfaden, und ich hatte Gelegenheit, sie zu beobachten oder wo nötig Hilfestellung zu geben. Nach diesen zwei Stunden war ich vorerst sehr zufrieden. Doch leider stand uns in der darauf folgenden Stunde kein Informatikraum mehr zur Verfügung und fünf SchülerInnen waren krank. Die nächsten zwei Wochen waren geprägt vom Kampf um den Informatikraum und von den Überlegungen, wie die kranken SchülerInnen die Inhalte nachholen konnten. Da ich nun auch auf einen Informatikraum zurückgreifen musste, der keine 18 Computer hatte, überlegte ich, wie die übliche Team- und Gruppenbildung in dieser Klasse durchbrochen werden konnte. Die besonders fleißigen und guten SchülerInnen bekamen einen Computer zugewiesen und zogen einen Partner / eine Partnerin mittels Los. So kam es auch dazu, dass die Burschen ein Mädchen als Partnerin hatten. Diese Zusammenstellungen erwiesen als durchaus positiv. Nach einigen Stunden forderten die SchülerInnen (besonders die mathematisch begabten) eine Reflexions- und Besprechungsstunde. Ich bat alle SchülerInnen, sich auf die nächste Stunde vorzubereiten, Fragen zu stellen, Unklarheiten zu formulieren und all ihre Aufzeichnungen nochmals zu studieren. Diese Stunde war ein Traum! Ich war erstaunt, welch interessantes Gespräch über mathematische Inhalte sich in dieser Stunde entwickelte. Ab nun stand für mich fest, immer im Anschluss an einen absolvierten Lernpfad eine derartige Reflexionsstunde durchzuführen. Nach und nach wurden wieder einige SchülerInnen gesund und andere erkrankten. Jenen SchülerInnen, welche die Inhalte nachholen mussten, stellte ich zwei Laptops und den Lehrer-PC, der in unserer Schule in jeder Klasse steht, zur Verfügung. Die anderen mussten die Begriffe, die sie in den Lernpfaden kennen gelernt hatten, im Mathematikbuch (Lehrbuch der Mathematik 5, Reichel, Müller) suchen und vergleichen, ob die Formulierungen mit jenen aus den Lernpfaden übereinstimmten. Im Anschluss daran hatten sie einige Aufgaben aus dem Lehrbuch zu lösen. Vor den Semesterferien hatten alle SchülerInnen die ersten zwei Lernpfade absolviert und einige Übungsaufgaben gelöst.

Nach den Semesterferien waren noch immer nicht alle SchülerInnen gesund, trotzdem setzten wir die Arbeit mit den Lernpfaden fort. Gegen Ende dieser Unterrichtssequenz, als schon viele die Lernpfade zur Gänze absolviert hatten, waren endlich auch wieder alle SchülerInnen gesund. Einige hatten jedoch großen Aufholbedarf. Also bekamen jene SchülerInnen, die bereits mit den Lernpfaden fertig waren, die Aufgabe, Plakate zu verschiedenen Themen zu gestalten und vertiefende Aufgaben auch unter Einbeziehung von Derive zu lösen, die anderen bekamen noch drei Unterrichtsstunden, um die Lernpfade komplett zu absolvieren. Zwischendurch erhielten alle SchülerInnen gemäß ihrem Wissenstand kurze Lernzielkontrollen.

Insgesamt hat die Grippewelle die Organisation des Unterrichts für mich erheblich erschwert. Da die SchülerInnen die Dokumentation der Inhalte aus den Lernpfaden individuell gestalteten, konnte ich nicht erwarten, dass jene, die gefehlt hatten, das Versäumte einfach durch Abschreiben einer anderen Dokumentation nachholten. Diese individuelle Gestaltung möchte ich aber auch bei künftiger Verwendung von **mathe online** beibehalten, obwohl dieser Teil den SchülerInnen besonders schwer zu fallen scheint, da

sie meist an ein sorgfältig entwickeltes Tafelbild gewöhnt sind, ihre eigenständigen Gedanken jedoch nicht dermaßen strukturiert aufzeichnen können.

Lehrplanbezug

Der Einsatz der Lernpfade (**Funktionen – Wichtige Begriffe** und **Funktionen – Eigenschaften** [erstellt von Evelyn Stepancik]; **Funktionen – einfache Potenzfunktionen** und **Lineare Funktionen 1** [erstellt von Wolfgang Zach]) diene anfangs der Wiederholung und Festigung bereits bekannter Begriffe und widmete sich dann den Themen „Definitions- und Wertemenge, Nullstellen, Monotonie, Bijektivität, einfache Typen reeller Funktionen, Funktionen nullter, erster und zweiter Ordnung, Anstieg k , Achsenabschnitt der linearen Funktion, Steigungsdreieck und Differenzenquotient“. Besondere Bedeutung hatten das Beschreiben und Untersuchen von Abhängigkeiten und Zusammenhängen, sowie das Definieren des Begriffs der reellen Funktion.

Arbeitsaufwand

Mein Arbeitsaufwand war besonders in der Anfangs- und Planungsphase sehr hoch. Ich überlegte mithilfe des Lehrplans, welche Begriffe die SchülerInnen unbedingt kennen lernen müssen. Durchforstete **mathe online** nach diesen Begriffen und sah mir diese auch im Buch an. Danach suchte ich Aufgabenstellungen, die meinen aus der Planungsphase entstandenen Zielen entsprachen. Da ich in **mathe online** nicht immer fündig wurde, mussten die Lernpfade so gestaltet werden, dass Übungen aus dem Buch absolviert werden konnten. Auch die Übungsbeispiele aus dem Schulbuch entsprachen nicht ganz meinen Erwartungen, also entwickelte ich selbst passende Aufgaben. Dieses Viergestirn aus **mathe online**, Schulbuch, Lehrplan und eigener Gewichtung beanspruchte mehr Zeit als die übliche Unterrichtsvorbereitung.

Auch die Nachbereitung und das Kontrollieren der Schülerleistungen war recht aufwendig. Dazu trugen aber auch sicher die kranken SchülerInnen bei, denn ich musste in meinen Aufzeichnungen immer wieder nachsehen, was die kranken SchülerInnen noch nachzuholen hatten und manchmal war es schwierig, den Überblick nicht zu verlieren. Die Unterrichtsstunden begannen immer mit einem zumindest fünfminütigen organisatorischen Teil, ich forderte fehlende Leistungen ein und informierte die einzelnen SchülerInnen über ihren individuellen Fortschritt und Nachholbedarf. Einen derartigen Aufwand betreibe ich sonst wohl eher nicht.

Während der Unterrichtsstunden hatte ich jedoch ausreichend Zeit, auf die individuellen Bedürfnisse der SchülerInnen einzugehen. Manche baten mich zu ihren Plätzen, wünschten Erklärungen, erklärten mir und wollten wissen, ob sie es richtig verstanden haben. Andere brauchten kaum Unterstützung und absolvierten alle Aufgabenstellungen alleine.

Rückblick und Ausblick

Das Anlegen von Lernpfaden und die Verwendung von **mathe online** fördert individuelles Lernen und begünstigt den Begriffsbildungsprozess, wenn ausreichend Zeit zur Verfügung steht. Die Förderung kognitiver Fähigkeiten erfolgt jedoch durch den Einsatz eines Tools wie **mathe online** nicht automatisch, da muss vom Lehrer / von der Lehrerin mittels entsprechender Aufgabenstellungen beigetragen werden.

Eine effektive Nutzung von **mathe online** wird erst möglich, wenn die SchülerInnen die verwendete Fachsprache nicht mehr als Hindernis oder Schwierigkeit empfinden und sie an das eigenständige und sorgfältige Dokumentieren mathematischer Inhalte gewöhnt sind.

b.) Von super bis langweilig

Wolfgang Zach

„Es macht Spaß, am Computer zu arbeiten“

„Super – man kann etwas selbständig erarbeiten“

„Angenehme Abwechslung - trotzdem ist es verständlicher, wenn der Lehrer erklärt“

„Mühsam – man muss sich selbst alles erarbeiten. Das kann ich zu Hause auch“

„Langweilig – man muss dauernd lesen“

„Unpersönlich – es ist besser, wenn der Lehrer erklärt“

Solche und ähnliche Statements seitens der SchülerInnen beschrieben den rund vierwöchigen Einsatz von **mathe online** in meinem Mathematikunterricht. Während die Hälfte meiner SchülerInnen diese Alternative zum regulären Unterricht willkommen hieß, gaben die anderen dezidiert an, gerne auf dieses Medium verzichten zu können.

Es bedurfte einige Zeit seitens der SchülerInnen, zu erkennen, dass der Einsatz von **mathe online** nicht als reine Festigung eines bereits bekannten Kapitels der Mathematik diene, sondern dass im Zeitraum von 4 Wochen teilweise neue Stoffgebiete selbständig zu erarbeiten waren.

Hinzu kamen einige Schwierigkeiten beim Verstehen der von den SchülerInnen teilweise zu langweilig und zu lang formuliert empfundenen Texte. Niemand gab an, jedes Kapitel zur Gänze aufmerksam gelesen zu haben. 2 Schüler räumten sogar ein, die meisten Texte übersprungen zu haben, um sich gleich auf die interaktiven Teile in **mathe online** stürzen zu können, die im übrigen zu 100% positiv aufgenommen wurden.

Im Laufe der Zeit gewöhnten sich die SchülerInnen an die in **mathe online** verwendete Sprache. Die Motivation, auf diese Art weiterzuarbeiten, stieg wieder an. Am Ende der Einsatzphase zeichnete sich die Bereitschaft, später wieder einmal im Mathematikunterricht mit **mathe online** zu arbeiten, bei der Hälfte der Klasse, bestehend aus 15 SchülerInnen, ab. Dennoch konnte sich bis auf 2 SchülerInnen niemand vorstellen, dieses Medium für die Vorbereitung von etwaigen Prüfungen und Schularbeiten zu Rate zu ziehen.

Sollte nicht dieses hypermediale Angebot an interaktiv aufbereiteten Web-Lernseiten meinen SchülerInnen eine neue, interessante Möglichkeit für individuelles Lernen aufzeigen und sie *alle* dazu anzuhalten, mit mehr Motivation an die Mathematik heranzugehen und eventuell auch außerschulisch mit **mathe online** zu arbeiten und zu experimentieren?

War die Tatsache, dass die SchülerInnen über einen so langen Zeitraum hinweg „alleingelassen“ verschiedenste Arbeitsaufträge multimedial absolvieren mussten, Schuld daran, dass die Klasse über diese Möglichkeit des Wissenserwerbs geteilter Meinung war, und die Resonanz meines Erachtens zu Beginn eher negativ war?

Oder einfach weil meine SchülerInnen in der heutigen konsumorientierten und reizüberfluteten Gesellschaft gewöhnt sind, ohne übermäßige Eigeninitiative zum Ziel zu gelangen?

Hat vielleicht unser, am neuesten Stand der Technologie ausgestattetes Schulgebäude (derzeit 2 Informatiksäle, Lehrer-PCs mit Beamer in jedem Klassenraum) zur Reizüberflutung und zur teilweisen Abstumpfung unserer SchülerInnen beigetragen,

sodass das Arbeiten am Computer während des Unterrichts nichts Außergewöhnliches mehr ist?

War mein Mathematikunterricht nicht „zeitgemäß“ genug gestaltet? War das Erarbeiten abstrakter Inhalte mit Hilfe der neuen Informations- und Kommunikationstechnologien zu wenig interessant?

Konnte **mathe online** überhaupt Wesentliches zum Begriffsbildungsprozess beitragen?

Obwohl die nach der Einsatzphase angesetzte Schularbeit keine wesentlich nennenswerte Verbesserungen der Resultate aufweist, verglichen mit den anderen in diesem Schuljahr erbrachten Leistungen, behaupte ich, dass der Einsatz von **mathe online** dennoch Wesentliches zum Begriffsbildungsprozess beitrug.

Dies zeigte sich eineinhalb Monate später – die SchülerInnen arbeiteten inzwischen an anderen mathematischen Themen. Während einer Supplierstunde, in welcher einige meiner „VersuchsschülerInnen“ mit SchülerInnen einer *anderen* 5. Klasse zusammentrafen, bewiesen sie ein besseres Vorstellungsvermögen (bezogen auf graphische Darstellungen von Funktionen), konnten formale Begriffe besser deuten und verschiedenste Sachverhalte einwandfrei verbal formulieren. (Ich überprüfte das „noch bestehende Wissen“ aller SchülerInnen mit Hilfe interaktiver Tests).

Dennoch sei Vorsicht geboten, voreilig Schlüsse zu ziehen, da ich über die Klassensituation und Leistungen der anderen SchülerInnen wenig bis gar nicht Bescheid wusste.

In einer darauffolgenden Mathestunde, in welcher ich meine SchülerInnen nochmals über den in den Lernpfaden erarbeiteten Lehrstoff testete, bestätigte sich, dass sie sämtliche Eigenschaften von Funktionen und Begriffe besser verinnerlicht haben, diese besser deuten konnten, und das im Jänner bis Mitte Februar erworbene Wissen keineswegs verdrängt wurde, als manch 5. Klassen, die ich zuvor durchs Schuljahr begleitet hatte.

Schon aufgrund dessen möchte ich **mathe online** wieder in meinen Mathematikunterricht einsetzen, und aufgrund der Tatsache, dass ich erstmals mit Freude während der Einsatzphase dieses Mediums beobachten konnte, dass SchülerInnen sehr bald – ohne Aufforderung des Lehrers – über die Mathematik zu reflektieren begonnen haben.

c.) „Ich habe mir alles selber erarbeitet!“

Wolfgang Wisenöcker

Die SchülerInnen wurden mit zwei Fragebögen anonym einmal während und einmal nach dem Einsatz von **mathe online** befragt. Mein Resümee stützt sich auf persönliche Beobachtungen während der Stunden, die Auswertung der Fragebögen, und auf einen Multiple-Choice-Test, der zwei Wochen nach der Unterrichtssequenz durchgeführt wurde. Eine Archivkopie des Tests steht unter

<http://www.mathe-online.at/nww/Archiv/>

zur Verfügung.

Aus Sicht der SchülerInnen war der Einsatz von **mathe online** zu einem Großteil motivierend und abwechslungsreich und hat das Verständnis gefördert. Den SchülerInnen hat es Freude bereitet, selbst die Verantwortung für den Lernprozess in die Hand zu

nehmen und in ihrem eigenen Tempo arbeiten zu können. Das ist ein Effekt, den man ja auch beim Einsatz von offenem Lernen immer wieder beobachten kann.

Es gab aber durchaus auch kritische Stimmen, die den Unterricht "an der Tafel" leichter verständlich fanden. Meiner Einschätzung nach ist dies eher die Meinung schwächerer SchülerInnen, bei denen neben mathematischen Defiziten auch sprachliche Schwächen oder mangelnde Übung im Umgang mit dem Computer zum Tragen kommen.

Durchwegs positiv wird der Einsatz des Funktionsplotters beurteilt. Die SchülerInnen können auch verbalisieren, warum sie dieses Applet gut finden ("Damit wäre eine einfache Kontrolle der Hausübung möglich!").

Aus meiner Sicht war die Erstellung des Lernpfades eine Herausforderung, da es dafür noch keine Erfahrungswerte gab. Es sollte ja ein Verständnisprozess im Voraus gesteuert werden und nicht nur eine Sammlung von Aufgaben geboten werden!

Die Resultate des am Ende durchgeführten Tests waren aber auch für mich sehr motivierend. Außerdem ist es eine Freude, SchülerInnen beim selbständigen Arbeiten *zusehen* zu können - und das ist mit Sicherheit nicht ironisch gemeint!

d.) Kurvendiskussion

Walter Kulha

„Der Mensch ist nicht durch die Maschine zu ersetzen.“ (Schüler der 7C)

Dieses ausgehend von allen Schülerkritiken durchaus repräsentative Zitat (es gab zahlreiche ähnliche Zitate) zeigt, welche wichtige pädagogische Position der Lehrervortrag auch im Zeitalter der modernen Informationstechnologie nach wie vor hat.

Der Einsatz neuer Medien ist aber für die SchülerInnen dennoch eine unverzichtbare Bereicherung für den herkömmlichen Unterricht. **mathe online** eignet sich nach meiner Meinung dafür ausgezeichnet.

Bereits nach einer einzigen Einführungsstunde sind die SchülerInnen mit **mathe online** und dem Lernpfad vertraut. Die Stunden verliefen trotz der offenen Unterrichtsgestaltung ausgesprochen ruhig und für mich persönlich sehr angenehm.

Der Lernpfad „Kurvendiskussion“ soll generell den effizienten Umgang mit höheren Ableitungen sowie das rasche Erkennen von Eigenschaften einer Kurve schulen. Durch die interaktiven Teile sollen die SchülerInnen einen breiteren Zugang zur Auseinandersetzung mit mathematischen Problemen bekommen.

Der Einsatz des Lernpfades im Mathematikunterricht stellte für die meisten SchülerInnen eine Abwechslung zum Unterricht dar. Über 80% hatten Spaß an dieser Arbeit. Die Webgestaltung empfand die große Mehrheit der SchülerInnen übersichtlich, die Sprache von **mathe online** war für über 70% verständlich.

mathe online hilft sicher, mathematische Zusammenhänge besser zu verstehen. Nach Meinung der SchülerInnen sind die Applets zum Großteil gut gestaltet. Besonders begeistert waren die SchülerInnen von den Puzzles. Diese Puzzles sind ein gelungener Beitrag für eine interaktive Unterrichtsgestaltung und tragen durch ihre einfache Strukturierung sehr zum besseren Verständnis bei.

Die SchülerInnen haben viel zu wenig zu Hause gearbeitet. Die Motivation, mehr zu arbeiten ist mit **mathe online** nicht erreicht worden. Die SchülerInnen waren zum überwiegenden Teil nicht bereit, diese Form der Unterrichtsgestaltung über einen längeren Zeitraum mitzugestalten. Der Grund dafür ist leicht zu erklären: Die SchülerInnen wünschen sich mehr vollständig durchgerechnete Beispiele, striktere Vorgaben, „Kochrezepte“, die im Rahmen eines Frontalunterrichts vorgetragen werden, damit die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Schularbeit gegeben sind.

Persönlich habe ich viel Wert auf einen „ertragreichen“ Unterricht gelegt. Daher wurde das Projekt zu 100% zur Schularbeitsvorbereitung genutzt. *Genau diese Mischung aus freier, selbständiger Arbeit auf der einen Seite und der notwendigen Schularbeitsvorbereitung auf der anderen Seite* hat den SchülerInnen die meisten Sorgen bereitet. Damit konnten vor allem die schwächeren SchülerInnen nicht gut umgehen.

Ich werde das Projekt sicher mit einer anderen Klasse wiederholen. Allerdings werde ich dann den Schularbeitsstoff ausführlicher im Rahmen des klassischen Unterrichts vorbereiten und **mathe online** zur Ergänzung des Fachwissens, zur Auflockerung und als Beitrag für besseres mathematisches Verständnis verwenden.

e.) „Ja! Auf jeden Fall!“

Notburga Grosser

Die Klasse

Der Lernpfad wurde über einen Zeitraum von ca. 4 Wochen in einer 6.Klasse Realgymnasium, bestehend aus 9 Schülerinnen und 7 Schülern, eingesetzt.

Unterrichtsgestaltung, die Rolle der Lehrperson

Der Zeitpunkt – zu Beginn des 2.Semesters – war von mir sehr bewusst gewählt worden. Das Projekt sollte an prominenter Stelle platziert werden, damit es von den SchülerInnen nicht bloß als Lückenbüsser empfunden wird.

Die Einführung in das Thema Exponentialfunktionen und der Erwerb grundlegender Begriffe erfolgte im konventionellen Unterricht in der Klasse. Nachdem die SchülerInnen mit den wesentlichen Prinzipien vertraut waren, fand der Unterricht im Informatikraum statt.

In dieser Phase prägten Selbstlernaktivitäten das Unterrichtsgeschehen. Vortrag und Unterrichtsgespräch traten deutlich in den Hintergrund.

Da das Anlegen eines Portfolios ein wichtiger Aspekt des Projekts war, sollten die SchülerInnen anfangs mit den zur Verfügung stehenden elektronischen Werkzeugen vertraut werden. Dies geschah mit sehr engen, klar abgegrenzten Arbeitsaufträgen. Nach einer Einführung in die Oberfläche von **mathe online** begann die eigentliche Arbeit mit dem Lernpfad. Die Bearbeitung des Lernpfades erfolgte in einer ausgesprochen ruhigen und schülerInnenzentrierten Atmosphäre.

Der verstärkte Medieneinsatz gemeinsam mit verschiedenen Lehr- und Lernformen bedeutete eine erhöhte Anforderung an die Organisation.

Konstruktion des Lernpfades

Da der Lernpfad einer größeren Öffentlichkeit zugänglich ist, werden an seine Konzeption bestimmte fachdidaktische und mediendidaktische Anforderungen gestellt.

- Die grundsätzliche Bedeutung des Lernpfades liegt in der Möglichkeit, Lernprozesse eigenverantwortlich zu gestalten.
- Die SchülerInnen können bei der Bearbeitung der Arbeitsaufträge jederzeit auf Informationen aus **mathe online** zugreifen.
- Lerninhalte werden mit interaktiven Applets veranschaulicht.
- Kennzeichnend für dieses interaktive Medium ist die Selbststeuerung und das individuelle Lerntempo.
- Interaktive Tests geben Rückmeldung über den Lernerfolg.
- Den SchülerInnen wird die Möglichkeit gegeben, komplexe Aufgabenstellungen über einen längeren Zeitraum hinweg in eigenständiger Vorgehensweise bearbeiten zu können.

mathe online aus der Sicht der SchülerInnen

Der Einsatz des Computers im Mathematikunterricht wurde von den SchülerInnen grundsätzlich sehr positiv bewertet. Sie empfanden das Projekt abwechslungsreich, interessant und lehrreich. Jedenfalls hat es fast allen Spaß gemacht. *„Ich bring es mir sozusagen selber bei“* ist eines der sinngemäß immer wiederkehrenden SchülerInnenstatements. Die Sprache von **mathe online** war für 75% verständlich. Die Mehrheit der SchülerInnen kann sich vorstellen, **mathe online** zukünftig zur Schularbeits- und Prüfungsvorbereitung zu konsultieren. Nur 25% antworteten hier mit einem eindeutigen Nein. Den weiteren Einsatz von **mathe online** im Mathematikunterricht befürworten alle SchülerInnen.

mathe online aus der Sicht der Lehrerin

Der Einsatz des Lernpfades gemeinsam mit **mathe online** stellte eine Bereicherung des Mathematikunterrichts dar, auf die ich auch zukünftig nicht verzichten möchte. Neben den individuellen Gestaltungsmöglichkeiten von Lehr- und Lernprozessen, kam auch dem Aufbau von sozialer Kompetenz Bedeutung zu. Mathematische Kommunikation und Kooperation spielte sich auf einer ziemlich emotionslosen Ebene ab. Eine relative Selbstständigkeit bei der Lösung von Problemen war gegeben.

Auffallend war, dass die SchülerInnen im Allgemeinen wenig Geduld aufbrachten, um sich überlegt und gezielt mit schwierigeren Sachverhalten und längeren Texten auseinander zu setzen. Hier wird zukünftig ein Training für konzentriertes Arbeiten in Verbindung mit anfänglich straffen Anweisungen erforderlich sein.

Der Arbeitseinsatz und das Engagement der SchülerInnen waren überzeugend.

Dokumentation

Die SchülerInnen sollten ihre Leistung in Form eines Portfolios dokumentieren. Die Art der Präsentation der Arbeitsergebnisse war den SchülerInnen prinzipiell freigestellt, jedoch war es mir ein Anliegen, sie bei der Bearbeitung der Fragestellungen und der Arbeitsaufträge mit elektronischen Werkzeugen vertraut zu machen.

Diese Form der Dokumentation fand bei den SchülerInnen eine 100%ige Zustimmung. Einige exemplarisch ausgewählte SchülerInnenzitate mögen dies veranschaulichen:

- „die Mappe ist super“,*
- „eine gute Vorbereitung für später, um selbstständig zu arbeiten“,*
- „ich finde das Anlegen einer Mappe sehr gut, weil man dadurch Selbstständigkeit erlangt und für diese Mappe verantwortlich ist“*

Ich kann nur bestätigen, dass die vorliegenden SchülerInnenarbeiten durch ein hohes Maß an Eigenständigkeit überzeugen.

Das Schlusswort möchte ich wiederum einer SchülerIn überlassen:

„Ich freue mich schon auf ein weiteres Projekt“.

3. Schlussfolgerungen

a.) Zusammenfassung der Erfahrungen und Projektergebnisse

Die Berichte aus den Klassen/Lehrveranstaltungen zeigen etliche Übereinstimmungen, aber auch interessante Abweichungen auf:

- Von den Lehrenden generell als positiv empfunden wurden die Aspekte des *selbstgesteuerten Lernens* und die Möglichkeit, dass SchülerInnen ihr *individuelles Lerntempo* selbst wählen. Von SchülerInnen wurden sie ebenfalls begrüßt, aber auch als schwierig beurteilt.
- Die Hauptprobleme der SchülerInnen bestanden darin, *eigene Gedanken in strukturierter Form zu dokumentieren*. Die entscheidende Herausforderung besteht also weniger im Umgang mit dem Medium als solchem, sondern in der damit verbundenen Unterrichtsform (v.a. der erforderlichen Eigenständigkeit).
- Eine wichtige Rolle spielte die *Kommunikation der SchülerInnen untereinander* (und in Verbindung damit das „Zurücktreten des Lehrers/der Lehrerin“). Gemeinsames Reflektieren über mathematische Inhalte und gegenseitige Hilfestellungen („sachbezogene Kommunikation und Kooperation“, auch „gegenseitiges Abprüfen“) kamen im Großen und Ganzen problemlos und spontan zustande.
- Unterschiedlich wurde beurteilt, ob durch den Einsatz von **mathe online** mehr SchülerInnen über Mathematik sprechen oder sich vermehrt mit Mathematik beschäftigen.
- Hinsichtlich der durch die SchülerInnen erstellten Dokumentationen bestand vorwiegend Zufriedenheit, zum Teil überraschte die hohe Qualität.
- Einhellig berichten alle KollegInnen von einer ruhigen und konzentrierten *Arbeitsatmosphäre*.
- Die *Sprache* der „*Mathematischen Hintergründe*“ von **mathe online** bereitete vielen SchülerInnen Schwierigkeiten bzw. wurde als „langweilig“ empfunden. Dies wirft die Frage auf, inwieweit auf das Erlernen eines adäquaten Umgangs mit mathematischen Texten und der Benutzung der Fachsprache als längerfristige Ziele des Mathematikunterrichts stärkeres Gewicht gelegt werden sollte.
- Als besondere Hürde für die SchülerInnen wurde die Notwendigkeit der *Verschriftlichung* der Ergebnisse angesehen.
- Die *interaktiven Teile* von **mathe online** (Applets, interaktive Tests) wurde einhellig positiv aufgenommen und als verständnisfördernd empfunden.
- Unterschiedlich bewertet wurden die unmittelbar nach der Projektphase festgestellten Leistungen (Schularbeit) durch die Lehrenden. Zum Teil lagen die Leistungen über den Erwartungen. Generell wurde der Unterrichtsertrag als zufriedenstellend empfunden.

- Einige KollegInnen beobachteten einen unerwarteten *Nachhaltigkeitseffekt*. SchülerInnen wiesen einige Zeit (Wochen/Monate) nach der Durchführung des Projekts besseres Vorstellungsvermögen (bezogen auf graphische Darstellungen von Funktionen) auf, sie konnten formale Begriffe besser deuten und verschiedenste Sachverhalte einwandfrei verbal formulieren und schnitten bei einem zusätzlichen Test überraschend gut ab.
- Unterschiedlich wurde das Problem, der *schwächeren SchülerInnen* empfunden. Zum Teil scheinen sie weniger vom Einsatz von **mathe online** profitiert zu haben als gute SchülerInnen, andererseits wurde gerade durch die gewählte Unterrichtsform eine sinnvolle Differenzierung der verlangten Leistungen möglich. Durch die wohlüberlegte Planung der Lernpfade konnten leistungsschwächere und eher uninteressierte SchülerInnen angeregt werden, sich eingehend mit mathematischen Themen zu beschäftigen. Weiters milderten die gegenseitigen Hilfestellungen der SchülerInnen das Problem.
- In einigen Fällen konnten die schnelleren SchülerInnen als „TutorInnen“ eingesetzt werden, wodurch die von ihnen (überraschend professionell) geleistete Hilfestellung „institutionalisiert“ wurde.
- Die Vorstellungen der SchülerInnen, wie **mathe online** eingesetzt werden sollte, sind relativ einheitlich: als Ergänzung und zusätzliche Anregung. Differenzen bestehen vor allem hinsichtlich der Frage, ob **mathe online** bei der Vorbereitung auf Prüfungen und Schularbeiten hilfreich ist.
- Der Arbeitsaufwand für LehrerInnen (Gestaltung von Lernpfaden, Nachbereitung und das Kontrollieren der Schülerleistungen) war deutlich höher als bei herkömmlichem Unterricht.
- Alle KollegInnen wollen ähnliche Unterrichtsformen auch zukünftig einsetzen.

Für SchülerInnen brachte die gewählte Arbeitsform

- ein größeres Maß an Eigenverantwortung für den Lernprozess,
- die Notwendigkeit, mit der verfügbaren Zeit selbständig umzugehen (Zeitmanagement),
- eine größere Bedeutung strukturierter Dokumentation und
- eine größere Bedeutung sprachlicher Kompetenz

mit sich.

Die Usability von **mathe online** wurde im Großen und Ganzen positiv bewertet, die Einarbeitung erfolgte meist relativ rasch. Einzelne technische Probleme wurden umgehend behoben. Weitergehende Rückmeldungen werden in die zukünftige Gestaltung von **mathe online** einfließen.

Aufgrund der gemachten Erfahrungen können wir nun die unter den Projektzielen gestellten zentralen Fragen wieder aufnehmen:

- *Welchen Einfluss haben interaktive Medien auf den für den Mathematikunterricht äußerst wichtigen Begriffsbildungsprozess?*

Diesbezüglich stimmen die Urteile alle Lehrenden überein: Der Einsatz von **mathe online** trägt sehr viel zum Begriffsbildungsprozess bei. Möglicherweise geschieht dies auch in indirekter Form, durch die für die Arbeit an bestimmten Themen aufgewendete Zeit und die durch das Medium geprägte Arbeitsform, die auch in fachlicher Hinsicht die SchülerInnen stärker zu fordern scheint als herkömmlicher Unterricht (vgl H. Astleitner [1]).

- *Können kognitive Fähigkeiten wie Analyse, Synthese und Bewertung mathematischer Sachverhalte durch den Einsatz eines Tools wie **mathe online** gefördert werden?*

Von den SchülerInnen wurde ein verstärkter Einsatz dieser Fähigkeiten verlangt. Die von einigen KollegInnen beobachteten *Nachhaltigkeitseffekte* deuten darauf hin, dass die gelernten Inhalte von SchülerInnen entweder besser gemerkt wurden oder aufgrund besseren Verständnisses leichter rekonstruiert werden konnten als erwartet. Welcher Anteil an dieser positiven Bilanz der Förderung kognitiver Fähigkeiten zu verdanken ist, lässt sich aufgrund der vorliegenden Erfahrungen nicht eindeutig entscheiden.

- *Welche Möglichkeiten für individuelles Lernen und Selbststudium ergeben sich durch ein hypermediales Angebot an interaktiv aufbereiteten Web-Lernseiten?*

Die größte Stärke von interaktiven Angeboten wie **mathe online** stellen die Applets der „Galerie“ dar, weil die SchülerInnen den Einfluss von Parametern direkt beobachten können. Die wichtigste Aufgabe für die Lehrenden ist, zu sichern, dass die SchülerInnen "das Richtige" sehen und dokumentieren. Lernpfade und das Lerntagebuch ermöglichen beides gleichzeitig. Außerdem stellt **mathe online** ein umfangreiches Nachschlagewerk dar.

- *Welche Schwierigkeiten organisatorischer, technischer, methodisch-didaktischer oder sonstiger Art können sich für LehrerInnen und SchülerInnen ergeben? In welcher Relation steht der Mehraufwand zum Unterrichtsertrag?*

Da die Förderung kognitiver Fähigkeiten durch den Einsatz eines Tools wie **mathe online** nicht automatisch erfolgt, müssen entsprechende Aufgabenstellungen zu Verfügung gestellt (d.h. entweder übernommen oder selbst entwickelt) werden.

In organisatorischer Hinsicht ist zu sagen, dass Doppelstunden sinnvoll sind, vor allem, wenn die Klasse sich noch nicht mit **mathe online** befasst hat.

Je nach Klassen- und Schulgröße stehen leider noch nicht überall ausreichend viele Computerarbeitsplätze zur Verfügung.

Zum heutigen Zeitpunkt kann noch nicht in jeder Schule bzw. Klasse verlangt werden, dass die SchülerInnen zu Hause mit **mathe online** arbeiten, da nicht alle über einen Internet-Zugang verfügen bzw. die Nutzung mit Kosten verbunden ist. Natürlich wäre die Arbeit mit **mathe online** zu Hause wünschenswert, weil etwa auch Hausübungen gegeben werden könnten. In diesem Zusammenhang stellen auch Absenzen von SchülerInnen ein Problem dar, weil ja Lernpfade nicht einfach "nachgeschrieben" werden können, sondern online bearbeitet werden müssen.

Was technische Probleme betrifft, hat die Darstellung von Applets nicht in allen Browsern einwandfrei funktioniert bzw. mussten Browsereinstellungen geändert werden.

- *Wie könnte eine dem Unterricht entsprechende Leistungsfeststellung/Leistungsbeurteilung aussehen?*

Diese wird erst in vollem Umfang möglich sein, wenn den SchülerInnen ausreichend Möglichkeiten zum Üben zur Verfügung stehen, sei es durch freien Zugang zu Computern in der Schule oder durch Verwendung von **mathe online** zu Hause.

Die Dokumentation der Arbeit mit **mathe online** kann nach festgelegten Kriterien (inhaltliche Richtigkeit, korrekte Verwendung von Fachbegriffen und Symbolen, Eigenständigkeit, etc) als Mitarbeitersleistung gewertet werden.

- *Welchen Einfluss hat diese Form des Unterrichts auf die Kommunikation zwischen SchülerInnen und LehrerInnen? Wie bedeutsam ist eine den Lernprozess begleitende (virtuelle) Kommunikation aus pädagogischer Sicht?*

Durch die selbstgesteuerte Arbeitsform ist die Kommunikation zwischen LehrerInnen und SchülerInnen konkret, problemorientiert und zielgerichtet. Besonders positive Erfahrungen wurden hinsichtlich der (sehr konstruktiven) Kommunikation zwischen den SchülerInnen gemacht. Virtuelle Kommunikationsformen (Foren) wurden im Rahmen des Projekts kaum eingesetzt.

b.) Tipps für NachahmerInnen

Aus den bisher gezogenen Schlussfolgerungen können wir KollegInnen, die **mathe online** und das Werkzeug der Lernpfade im Mathematikunterricht einsetzen wollen, einige Ratschläge mit auf den Weg geben.

Die im Rahmen des Projekts gewählten Unterrichtsformen bringen sowohl für Lehrende als auch Lernende Änderungen der herkömmlichen Rollen, Erwartungen und Aktivitäten mit sich. So sollte schon vor dem Erstellen eines Lernpfades in der Planungsphase Folgendes bedacht werden:

- Schwerpunktsetzung und Verschiebung: **mathe online** eignet sich weniger zum Einüben und Trainieren von Rechentechniken, sondern unterstützt vielmehr den Erwerb beschreibender, begründender wie auch beurteilender Fähigkeiten.
- Um SchülerInnen mehr Übungsmöglichkeiten außerhalb von **mathe online** bieten zu können, empfiehlt es sich, die Aufgabenstellungen in den Lernpfaden so zu gestalten, dass Übungen aus dem Buch leicht absolviert werden können, ohne dass sich die SchülerInnen auf eine neue Ausdrucksweise einstellen müssen.
- Ebenso sollte man sich im Voraus im Klaren sein, in welcher Form das Erlernte überprüft werden soll. Das Begründen, Beschreiben und Argumentieren kann durchaus den überwiegenden Teil einer Schularbeit einnehmen.
- Weiters ist im Vorfeld abzuklären, ob und für welchen Zeitraum die PC – Räume für den Einsatz von **mathe online** zur Verfügung stehen. Ebenfalls muss man immer damit rechnen, dass sich technische Schwierigkeiten (z.B. kein Internetzugang, nicht funktionierende PCs, etc.) während der Durchführung eines solchen Projekts ergeben können. Dabei soll an die Flexibilität der LehrerInnen appelliert werden, in solchen Krisensituationen kühlen Kopf zu bewahren, um dennoch den Unterrichtsertrag in solchen Stunden zu sichern (durch Feedbackstunden, etc.)
- Zeitmanagement: Aufgrund unterschiedlicher Lerntempi, Fernbleiben der SchülerInnen durch Erkrankung, technischer Schwierigkeiten, etc. verlängert sich der Einsatz der Lernpfade erfahrungsgemäß über den ursprünglich geplanten Zeitrahmen hinaus.
- Wie bei anderen offenen Lernformen tritt der Lehrer/die Lehrerin als zentrale Person des Unterrichtsgeschehens in den Hintergrund. Da die SchülerInnen neue mathematische Inhalte selbständig erarbeiten, kann es vorkommen, dass sie Um- oder Irrwege gehen. Aber eben diese können auch sehr lehrreich sein. Wichtig ist, dass die SchülerInnen ausreichend Zeit zum Finden des (oder eines) richtigen Weges haben, und dass Irrwege als solche erkannt werden.
- Da SchülerInnen während des Einsatzes von **mathe online** immer wieder mit längeren Texten mathematischen Inhalts konfrontiert werden, würde sich ein

Training für konzentriertes Arbeiten und eine Auseinandersetzung mit längeren mathematischen Texten schon *vor* erstmaliger Verwendung von **mathe online** empfehlen.

- Lernpfade können auch klassenindividuelle Aspekte aufweisen.
- Im Prinzip ist es möglich, Lernpfade, die bereits im Angebot von **mathe online** vorhanden sind, einzusetzen. Über Probleme, die bei dieser Art der „Wiederverwendung“ auftreten können, bestehen noch keine Erfahrungswerte.

Weitere Tipps:

- Rücksicht auf das unterschiedliche Arbeitstempo der SchülerInnen nehmen (z.B. genügend freiwillige Aufgaben einbauen)!
- Den SchülerInnen Deadlines stellen.
- Reflexionsstunden (Feedbackstunden) durchführen.

c.) Ausblick

Um einen *breiten* Einsatz von Tools wie **mathe online** zu ermöglichen, muss es gelingen, den notwendigen Aufwand, den LehrerInnen auf sich nehmen müssen, zu reduzieren. Besonders wünschenswert wäre der Aufbau einer Infrastruktur, in der Erfahrungen ausgetauscht werden können.

Vor Fertigstellung dieses Berichts wurde ein Nachfolgeprojekt im Rahmen der Naturwissenschaftswerkstatt genehmigt:

„Lernpfade im Mathematikunterricht – Ansätze zu einer breiten Integration“
(Schuljahr 2003/4).

Ziel dieses Projekts ist der Aufbau einer offenen Community,

- die den Einsatz von **mathe online** und des Lernpfad-Werkzeugs thematisiert,
- in der Erfahrungen ausgetauscht werden, und
- in der Hilfestellung bei Gestaltung und Einsatz von Lernpfaden gegeben wird,

um einer größeren Zahl von KollegInnen die Erprobung neuer Unterrichtsformen zu ermöglichen und damit deren Breitenwirkung im Mathematikunterricht zu erhöhen.

4. Anhänge

a.) Anhang zu: Funktionen

Evelyn Stepancik

„Der Computer ermöglicht mir das selbständige Arbeiten, aber ich kann ihm keine Fragen stellen.“

„Wenn die Lehrerin erklärt, verstehe ich den Stoff doppelt so schnell.“

Die Befragung der 17 SchülerInnen der 5a des BG|BRG Purkersdorf zum Einsatz von **mathe online** im Unterricht erfolgte nach Absolvierung der vier vorgegebenen Lernpfade. Bei einigen Fragen mussten die SchülerInnen auf einer fünfstufigen Wertskala Zutreffendes ankreuzen und konnten ihre Wahl verbal begründen. Viele Fragen waren ausschließlich verbal zu beantworten.

Auf die Frage, ob den SchülerInnen der Einsatz des Computers im Mathematikunterricht Spaß macht (sehr großen Spaß bis überhaupt keinen Spaß), antworteten 4 SchülerInnen, dass es ihnen großen Spaß macht, kein Schüler / keine Schülerin gab an, dass der Einsatz des Computers im Mathematikunterricht überhaupt keinen Spaß macht. Belegt man die drei Zwischenwerte mit den üblichen Schulnoten „gut – befriedigend – genügend“, so vergeben die SchülerInnen dreimal die Note gut und je fünfmal die Note befriedigend und genügend.

Die verbalen Begründungen sind sehr unterschiedlich, einige SchülerInnen schätzen die Möglichkeit des selbständige Arbeitens, andere meinen, sie können sich bei der Arbeit mit dem Computer nicht so gut konzentrieren. Das Lesen langer Texte wird von einem Großteil der SchülerInnen als unangenehm empfunden.

Die Sprache von **mathe online** ist für keinen Schüler / keine Schülerin verständlich. Auch im Laufe der Zeit hat sich kein Schüler / keine Schülerin „sehr“ an die Sprache von **mathe online** gewöhnt. Vier SchülerInnen gaben an, dass die Sprache in **mathe online** nicht verständlich sei. Drei hatten sich auch im Laufe der Zeit kaum an diese Sprache gewöhnt.

Trotz der für die SchülerInnen komplizierten Sprache gaben drei SchülerInnen an, jedes Kapitel zur Gänze gelesen zu haben. 6 SchülerInnen beantworteten die Frage: „Liest du aufmerksam jedes Kapitel zur Gänze durch?“, mit „eher ja“, vier mit „zum Teil“, drei mit „eher nein“ und ein Schüler / eine Schülerin mit „nein“.

Die interaktiven Applets in **mathe online** halfen 5 SchülerInnen „sehr“ beim Verstehen der Inhalte, nur 2 SchülerInnen gaben an, dass diese ihnen „kaum“ beim Verstehen helfen würden. Belegt man auch hier die drei Zwischenwerte mit den Noten „gut – befriedigend – genügend“, so bewerteten weitere 5 SchülerInnen die Applets mit „gut“, 3 SchülerInnen vergaben die Note „befriedigend“ und 2 SchülerInnen beurteilten die Hilfe der Applets mit „genügend“.

Für die Hälfte der SchülerInnen war diese Art des Unterrichts zu kompliziert, sie konnten den Inhalt erst aufgrund weiterer Erklärungen (MitschülerInnen, Lehrerin, ...) verstehen. Drei SchülerInnen meinten, dass der Unterricht der Lehrerin effizienter sei, weil sie den Inhalt doppelt so schnell verstehen würden. Weitere drei SchülerInnen gaben an, dass ihnen die Art dieses Unterrichts besonders gut gefallen habe, weil sie ihrem individuellen Lerntempo nachgehen konnten.

Sechs SchülerInnen gaben an, dass sie weiterhin motiviert sind, mit **mathe online** zu arbeiten. Vier SchülerInnen meinten, dass sie auch weiterhin mit **mathe online** arbeiten wollen, jedoch in einem geringeren Maße. Sieben SchülerInnen möchten eher nicht mehr mit **mathe online** arbeiten, da für sie einerseits die Sprache zu kompliziert ist und andererseits die eigene Dokumentation zu ungenau war.

Fast alle SchülerInnen fügten hinzu, **mathe online** künftig nicht ausschließlich verwenden zu wollen und forderten gemeinsame Besprechungen im Klassenverband und zusätzliche Erklärungen der Lehrerin ein.

Die obigen Ausführungen zeigen die Einschätzung der SchülerInnen zum Einsatz von **mathe online**, die ich nun mit einigen persönlichen Bemerkungen abschließen möchte.

Der Einsatz von **mathe online** hat sehr viel zum Begriffbildungsprozess beigetragen. Die anschließend durchgeführte Schularbeit zu den Inhalten der Lernpfade ist überdurchschnittlich gut ausgefallen, obwohl diesmal besonders wenig Zeit zum Üben und Wiederholen war, da ich selbst auf Skikurs und Seminar war. Möglicherweise hat nicht nur der Einsatz von **mathe online** zum ausgeprägten Begriffbildungsprozess beigetragen, sondern auch die dafür aufgewendete Zeit.

Die Schularbeit:

1. **Beispiel:** Von einer Geraden **g** kennt man zwei Punkte **A(4/0)** und **B(-8/-9)**.
 - a.) Zeichne die Gerade und ermittle die Funktionsgleichung rechnerisch!
 - b.) Gib die Gleichung der Geraden **h** an, die **parallel** zu **g** ist und durch den Punkt **P(1/1)** geht! Zeichne die Gerade h!
 - c.) Gib die Gleichung der Geraden **h₁** an, die **normal** auf **g** steht und durch den Punkt **R(0/4)** geht! Zeichne die Gerade h₁!

Die Begriffe „Anstieg k, Achsenabschnitt einer linearen Funktion, Steigungsdreieck und Differenzenquotient“ wurden mit dem Lernpfad „Lineare Funktionen 1“ (<http://www.mathe-online.at/lernpfade/Lernpfad9/>) erarbeitet. Entsprechende Beispiele wurden im Unterricht geübt.

11 von 17 SchülerInnen hatten bei diesem Beispiel die volle Punkteanzahl (12 Punkte), ein Schüler / eine SchülerIn erreichte 11 Punkte, 3 SchülerInnen erreichten 10 Punkte, ein/eine SchülerIn erreichte 8 und ein/eine SchülerIn erreichte nur 4 Punkte.

2. Beispiel:

- a.) Zeichne die Funktion **f: R → R; f(x) = x² + 2x - 3** im Intervall **[-5; 3]**!
- b.) Berechne die Nullstellen und den Scheitelpunkt

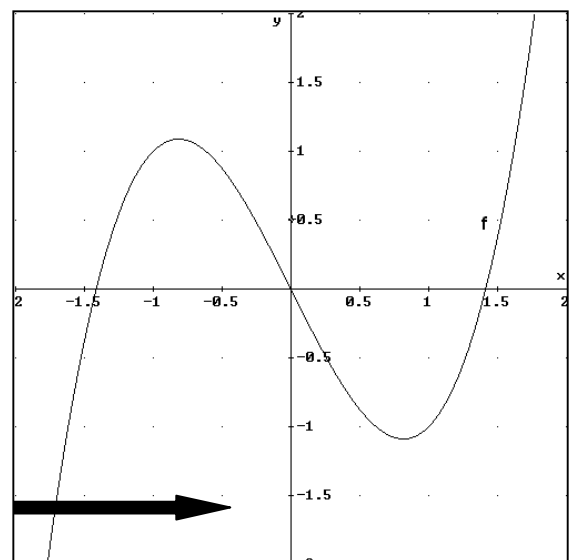
$$S = \left(-\frac{b}{2a} \mid \frac{4ac - b^2}{4a} \right)$$

der Funktion **f**!

- c.) Gib das Monotonieverhalten der Funktion an!

Die Begriffe Nullstellen und Monotonie wurden ebenfalls ausschließlich mit den Lernpfaden (<http://www.mathe-online.at/lernpfade/Lernpfad6/>) erarbeitet und danach im Klassenplenum besprochen. 9 von 17 SchülerInnen erreichten auch hier wieder die volle Punkteanzahl (12 Punkte). 6 SchülerInnen hatten 11 Punkte, ein/eine SchülerIn erreichte 10 Punkte und ein/eine SchülerIn 9 Punkte.

3. Beispiel:

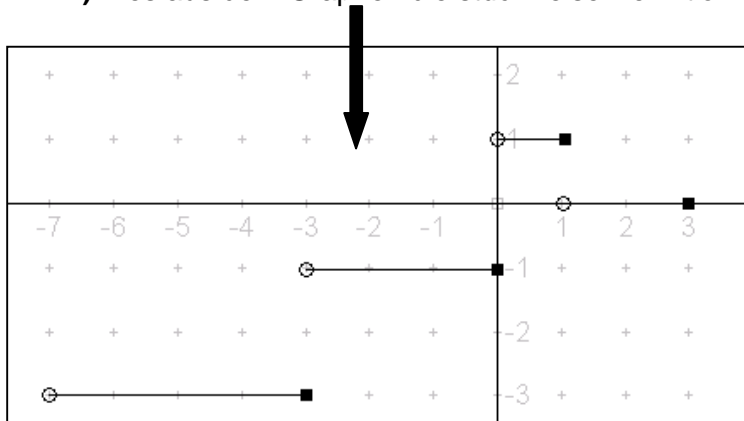


a.) Erkläre den Begriff surjektiv und gib an, ob die nebenstehende Funktion $f: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ surjektiv ist!

Zeichne das Intervall $[-1;+1]$ ein und markiere das Maximum und Minimum!

Erkläre den Begriff „injektiv“! Ist die nebenstehende Funktion $f: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ injektiv?

b.) Lies aus dem Graphen die stückweise Definition ab!



Die Begriffe „surjektiv, injektiv, bijektiv, Maximum und Minimum“ wurden ebenfalls nur anhand der Lernpfade (<http://www.mathe-online.at/lernpfade/Lernpfad6/>) erarbeitet.

10 von 17 SchülerInnen erreichten auch hier wieder die volle Punkteanzahl (12 Punkte), ein/eine SchülerIn

erreichte 11 Punkte, 3 SchülerInnen erreichten 10 Punkte, 2 SchülerInnen erreichten 9 Punkte und ein/eine SchülerIn wieder nur 4 Punkte.

Das vierte Beispiel widmete sich den stückweisen linearen Funktionen, die ohne **mathe online** erarbeitet wurden.

Das hypermediale Angebot von **mathe online** hat es mir erleichtert, den SchülerInnen individuelles Lernen zu ermöglichen. Die grundlegenden Kenntnisse konnten alle SchülerInnen mithilfe der Lernpfade in ihrem eigenen Lerntempo erwerben. Die Gestaltung der vertiefenden Aufgaben für besonders eifrige SchülerInnen obliegt jedoch immer noch dem Lehrer / der Lehrerin. Da kann **mathe online** wenig beitragen, da es ein derartiges Aufgabenpool nicht enthält. Auch zur Förderung der schwachen SchülerInnen kann **mathe online** nicht direkt beitragen. Die wohlüberlegte Planung der Lernpfade und der vertiefenden Aufgaben haben jedoch dazu beigetragen, dass ich den schwachen SchülerInnen mehr Zeit als üblich widmen konnte.

Insgesamt kann ich H. Astleitner [1] zustimmen, der feststellt, dass der Einsatz neuer Medien oft nicht direkt auf Schülerleistungen wirkt, sondern eine indirekte Verbesserung des Unterrichts durch eine allgemeine Reflexionsanregung und durch die öffentliche Präsentation der Inhalte zu bemerken ist. Da der Einsatz neuer Medien und die meist öffentlich einsehbaren Lernunterlagen LehrerInnen anspornen, Unterricht neu und gegebenenfalls besser zu gestalten.

b.) Anhang zu: Von super bis langweilig

Wolfgang Zach

Klassenbericht:

Vorrangiges Ziel für den Einsatz von **mathe online** im Mathematikunterricht war, meinen SchülerInnen eine neue Möglichkeit für individuelles Lernen aufzuzeigen, und sie dazu anzuhalten, mit mehr Motivation an die Mathematik heranzugehen und eventuell auch außerschulisch mit diesem Medium zu arbeiten. In der selbständigen Erarbeitung des in den Lernpfaden enthaltenen Lernstoffes sollte das individuelle Lerntempo jedes einzelnen gewahrt bleiben.

Voraussetzung für die erfolgreiche und zweckmäßige Durchführung dieses Projekts war, dass jeder Schüler eigenverantwortlich an einem Computer während des Unterrichts arbeiten konnte. Weiters musste vorab geklärt werden, ob die Informatiksäle über den geplanten Zeitraum von 4 Wochen (mit je 3 WSt) ohne Unterbrechung zur Verfügung standen.

So entschied ich mich aufgrund der besonderen Klassenkonstellation und aufgrund des Stundenplans der 5b (Gymnasiumzweig des BG /BRG Purkersdorf), bestehend aus 11 Mädchen und 4 Burschen, 2 Lernpfade zum Thema Funktionen (**einfache Potenzfunktionen** und **lineare Funktionen 1**) für diese kleine Gruppe zu entwickeln.

Weiters konnte ich bei diesen SchülerInnen davon ausgehen, dass jede/r von ihnen zu Hause Zugang zum Internet hatte, was zwar nicht Voraussetzung für das Bewältigen der virtuellen Arbeitsaufträge war, was sich aber während der Durchführung als sehr praktisch erwies, worauf ich noch später eingehen werde.

Klassenbeschreibung:

Die Klasse würde ich als unkompliziert beschreiben, machte disziplinär keine Probleme und war bis auf ein paar wenige SchülerInnen interessiert und arbeitswillig. (Zu Semesterende verkleinerte sich die 17-köpfige Klassengemeinschaft auf die Zahl 15).

Der Durchschnitt der Halbjahresnoten aus Mathematik betrug 3,00, wobei 4 Schülerinnen regelmäßig gute bis sehr gute Leistungen erbrachten, der Großteil der Klasse eher im mittleren Bereich anzusetzen war.

Aufgrund der guten Klassengemeinschaft konnte und kann jede soziale Arbeits- und Unterrichtsform durchgeführt werden.

Lehrplanbezug:

Der Einsatz der Lernpfade (**Funktionen – Wichtige Begriffe** und **Funktionen – Eigenschaften** [erstellt von Evelyn Stepancik]; **Funktionen – einfache Potenzfunktionen** und **Lineare Funktionen 1** [erstellt von Wolfgang Zach]) wurde als „Gesamt-Pensum“ betrachtet und von den SchülerInnen zur Gänze bearbeitet. Da ich nur 5 SchülerInnen der Klasse die letzten zwei Jahre durch den Mathematikunterricht begleitet hatte, konnte ich nicht zwingend von den in den vorangegangenen Schulstufen erworbenen und gefestigten Fähigkeiten im Darstellen und Untersuchen von funktionalen Zusammenhängen ausgehen.

So beinhaltet der erste Lernpfad (**Funktionen – Wichtige Begriffe**) erneut die Thematisierung des Funktionsbegriffes: Schüler sollen erkennen, dass der Begriff der reellen Funktion eine gemeinsame Sicht vieler Sachverhalte ermöglicht, wobei die Modellbildung außermathematischer Situationen meist eine Vereinfachung und Idealisierung mit sich zieht.

Das Darstellen von Abhängigkeiten und Zusammenhängen innerhalb und außerhalb der Mathematik durch Tabellen, Terme, verbale Beschreibungsvorschriften, Gleichungen, Mengen von Zahlenpaaren soll hier erlernt werden.

Im Lernpfad **Funktionen – Eigenschaften** werden die Begriffe der Definitions- und Wertemenge, der Bijektivität, die des Minimums und des Maximums erarbeitet und definiert. Die Monotonie einer Funktion wird in Verbindung mit anschaulichen Vorstellungen formal beschrieben.

Ziel des Lernpfades **Funktionen – einfache Potenzfunktionen** ist es, einfache Typen reeller Funktion (einige nichtlineare Funktionen wie $f(x)=cx^2$, $f(x)=c/x$, $f(x)=c/x^2$)

kennenzulernen und auf Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede zu untersuchen. Wesentliche Eigenschaften (wie etwa das Monotonieverhalten) werden beschrieben, Definitions- und Wertemengen eingeschränkt und verglichen, und vorgegebene Graphen werden bekannten Funktionstypen zugeordnet.

Der Lernpfad **Lineare Funktionen 1** geht über einen kurzen Einstieg über Funktionen nullter, erster und zweiter Ordnung auf die Begriffe der konstanten Funktion und der Funktion erster Ordnung genauer ein. SchülerInnen sollen den Zusammenhang von direkter Proportionalität und linearer Funktion erkennen und über die Steigung und den Achsenabschnitt Rückschlüsse auf die graphische Darstellung der Funktion machen können.

Ablauf:

Nach einer einstündigen Kurzeinführung, einer Art Gewöhnungsphase an die Oberflächenstruktur von **mathe online**, sollten die ersten zwei Lernpfade (Zeitraumen 7 WSt) zur allgemeinen Funktionsbegriffsbildung beitragen. Individuelle Lerntempi wurden berücksichtigt – eine gemeinsame, schrittweise Vorgangsweise wurde nicht vorgenommen.

Die Anweisungen in den Lernpfaden war klar formuliert und musste von allen SchülerInnen befolgt werden. In welcher Form sie die Aufgaben bearbeiten wollten, stellte ich ihnen frei (alleine, in Partnerarbeit, in Gruppen). Vorrangiges Ziel war das Erfassen des Wesentlichsten des Lehrstoffes; Experimentiermöglichkeiten räumte ich ihnen durch Verwenden diverser Applets und Links ein (Funktionsplotter, interaktive Tests, usw.).

Aufgrund von Unsicherheit beziehungsweise zur Absicherung seitens der SchülerInnen, ob sie den Lehrstoff in den wesentlichsten Inhalten erfasst hatten, und aufgrund der Tatsache, dass ich mich als Lehrer stark in den Hintergrund stellte, fanden sich sehr bald die meisten Schüler zusammen, um über die mathematischen Lerninhalte zu reflektieren, und um sich gegenseitig abzufragen. Dass auch leistungsschwächere und eher uninteressierte SchülerInnen sich eingehend zu diesem Thema gemeinsam beschäftigten, war sehr erfreulich. 3 von 15 SchülerInnen arbeiteten alleine und wurden, nachdem sie vergleichsweise rasch ihr Pensum erledigt hatten, als Tutoren eingesetzt, um anderen SchülerInnen weiterzuhelfen.

Im Anschluss an die ersten beiden Lernpfade fand eine Feedbackstunde zwecks Überprüfung für Lehrer und SchülerInnen, wie gut und in wie weit sie das Wesentlichste erfasst haben, statt.

Im Folgenden wurden die Lernpfade **Funktionen – einfache Potenzfunktionen** und **Lineare Funktionen 1** bearbeitet. Abschließend wurde das gesamte Stoffkapitel in Form einer Schularbeit abgeprüft.

Obwohl pro Lernpfad der Zeitraum von 3 Wochenstunden (also insgesamt 4 Wochen) geplant war, verlängerte sich der Einsatz um eine Woche (Beginn: Samstag, 11.01.03 – Ende: Samstag, 22.02.03). Ein Grund für die Verzögerung lag in der im Jänner und Mitte Februar auftretenden Grippewelle. Da die SchülerInnen individuelle Lerntempi innerhalb der Lernpfade aufwiesen, war es unmöglich, von ihnen zu verlangen, innerhalb kürzester Zeit das nachzuholen, was andere schon während der Unterrichtszeit bewältigt haben. Obwohl einige Schüler, die dem Unterricht in dieser Zeit fernblieben, versuchten, das Lernpensum ihrer MitschülerInnen zu Hause einzuholen, hatte sie Schwierigkeiten, einige Applets, die für das weitere Verständnis unerlässlich waren, zu öffnen.

Diejenigen SchülerInnen, die relativ rasch die Lernpfade bearbeitet hatten, wurden von meiner Seite aus „gebremst“, indem sie zusätzliche Übungen erledigen mussten – was sie

teilweise als Strafe empfanden („*Hab´ so brav gearbeitet, wieso muss ich noch mehr machen? Darf ich stattdessen im Internet surfen?*“ [Schülerzitat]). So wurden sie als Tutoren eingesetzt, was die bessere Alternative war, und von den MitschülerInnen gerne angenommen wurde.

Weiters verzögerten technische Schwierigkeiten den geplanten Zeitablauf. So mussten 2 Stunden lang je 2 Schüler mit einem PC arbeiten, zwei Mal mussten wir den Informatiksaal wieder verlassen, da wir an diesen Tagen keinen Internetzugang hatten. Diese beiden Stunden nutzte ich als Feedbackstunden.

Hausübungen wurden am Ende jedes Lernpfades gegeben und waren mit Hilfe des Schulbuches oder im Bearbeiten von Arbeitsblättern bewältigbar.

Die eingebrachten Leistungen der SchülerInnen bestanden im Anlegen einer Mappe, die das Wesentlichste beinhalten sollte: Definitionen, kurze Erklärungen in eigenen Worten, Musterbeispiele, Arbeitsblätter und Hausübungen. Die Beurteilung der Mappe floss in die Mitarbeitsnote ein.

Obwohl der eigene persönliche Arbeitsaufwand für die Erstellung der Lernpfade und die für die Durchführung erforderliche Organisation nicht annähernd mit der didaktischen Aufbereitung des Lehrstoffes für den regulären Unterricht zu vergleichen war, so war der Unterrichtsertrag für mich trotz unterschiedlichster Reaktionen seitens der SchülerInnen zufriedenstellend.

Durch das bewusste Zurücknehmen von meiner Rolle als Wissensvermittler während des Einsatzes der Lernpfade ergab sich vermehrt die Bereitschaft seitens der SchülerInnen zur sachbezogenen Kommunikation und Kooperation. Dennoch wollte niemand die Anwesenheit des Lehrers während dieses Zeitraumes missen.

c.) Anhang zu: „Ich habe mir alles selber erarbeitet!“

Wolfgang Wisenöcker

Über die Klasse

Die 5B-Klasse ist eine realgymnasiale Klasse des Albertus Magnus Gymnasiums in Wien 18. In der Klasse (12 Schüler und 2 Schülerinnen) herrscht ein gutes Arbeitsklima. Im Semester gab es fünf Sehr gut, zwei Gut, drei Befriedigend, drei Genügend und ein Nicht genügend. Die SchülerInnen haben keine "Berührungsängste" mit Mathematik und lassen sich durchaus auch mit schwierigeren Themen und Aufgaben fordern.

Der soziale Umgang der SchülerInnen miteinander ist von Wertschätzung und Respekt geprägt. Obwohl sich die Klasse in diesem Schuljahr neu konstituiert hat, kennen einander die SchülerInnen zum Teil bereits aus dem Kindergarten oder der Volksschule. Es ist zu beobachten, dass die guten SchülerInnen eher alleine arbeiten, während sich die weniger guten eher um Hilfe umsehen.

Das Unterrichtskonzept

Für die eigentliche Durchführung des Projekts wurden fünf Unterrichtsstunden innerhalb einer Woche verwendet (drei M-Einzelstunden und eine M/Ph-Doppelstunde). Der Unterricht fand in dieser Woche im EDV-Raum der Schule statt. Da 17 Geräte zur Verfügung stehen, konnte jede Schülerin und jeder Schüler auf einem eigenen Rechner arbeiten.

Ziele der Sequenz waren:

- Die SchülerInnen sollten **mathe online** kennen lernen und dabei
- Grundbegriffe aus dem Thema Funktionen wiederholen und
- den Umgang mit linearen Funktionen üben.
- Die SchülerInnen sollten die Eigenschaften von quadratischen Funktionen (also von Polynomfunktionen zweiten Grades) erarbeiten.
- Die SchülerInnen sollten zur Dokumentation ihrer Arbeit ein (**mathe online**-basiertes) "Lerntagebuch" anlegen.

Um die Ziele zu erreichen, habe ich die in **mathe online** vorgesehene Möglichkeit genutzt, einen Lernpfad anzulegen. Dabei werden die SchülerInnen durch gezielte Aufgabenstellungen zum Erkennen von Sachverhalten und Zusammenhängen geführt (gewissermaßen auf einen "Pfad zur Erkenntnis" gebracht). Die Aufgaben können z.B. das Lesen und Zusammenfassen eines Textes beinhalten, das Anwenden eines interaktiven Applets verlangen oder auch Übungsaufgaben sein. Manche der Aufgaben sind verpflichtend, manche freiwillig. Das gibt den SchülerInnen die Möglichkeit, ihr individuelles Arbeitstempo zu finden und so Eigenverantwortung für den Lernfortschritt zu übernehmen. Diese Tatsache schätzen die SchülerInnen auch, wie sich aus den Fragebögen ergibt.

Für uns als Lehrende liegt der Vorteil darin, dass gute SchülerInnen durch freiwillige, schwierigere Aufgaben weiter gefordert werden können, während die schwächeren SchülerInnen eben gerade ihre Pflicht absolvieren.

Der Aufbau des Lernpfades

Inhaltliche Überlegungen und Lehrplanbezüge

Da mir das Erlernen eines neuen Stoffes bei gleichzeitiger Anwendung einer neuen Methode zu schwierig erschien, habe ich den Lernpfad in drei Teile geteilt, wobei es möglicherweise geschickter gewesen wäre, drei separate Lernpfade zu erstellen:

1. Teil: Wiederholung grundlegender Begriffe über Funktionen.

Das Stoffgebiet war in der Woche zuvor Schularbeitsstoff, die SchülerInnen konnten sich also auf "gesichertem Terrain" mit **mathe online** vertraut machen. Im ersten Teil habe ich noch ohne das Anlegen des Lerntagebuchs gearbeitet, um die SchülerInnen nicht zu überfordern.

Definition und Eigenschaften von Funktionen werden im Lehrplan explizit als Lehrstoff genannt:

Lehrplanzitat:

Definieren des Begriffes der (einstelligen) reellen Funktion. Formales Beschreiben (Definieren) der Monotonie in Verbindung mit anschaulichen Vorstellungen und Arbeiten mit dieser Definition.

2. Teil: Übungen zum Thema lineare Funktionen.

Hier ging es mir um das Erlernen des Umgangs mit dem Funktionsplotter und dem Lerntagebuch. Das Thema war ebenfalls bereits Schularbeitsstoff.

Lehrplanzitat:

Lineare Funktionen:

Begründen, daß eine lineare Funktion durch eine Gerade dargestellt werden kann. Kennen von inner- und außermathematischen Deutungen der Steigung. Kennen des Zusammenhanges von direkter Proportionalität und linearer Funktion.

Anwenden von linearen Funktionen beim Bearbeiten von außermathematischen Problemen (etwa aus Wirtschaft und Physik).

3. Teil: Erst dieser größte Teil enthielt den grundsätzlich neuen Stoff. Dabei konnte an Vorwissen auf das Thema quadratische Gleichungen (Lösungsformeln, Sätze von Vietà) zurückgegriffen werden.

Lehrplanbezug:

reelle Funktionen:

Untersuchen von Funktionstypen, Skizzieren von Graphen, Beschreiben von Eigenschaften (etwa Monotonieverhalten). Zuordnen bekannter Funktionstypen zu vorgegebenen Graphen.

Arbeiten mit quadratischen Funktionen:

Graphisches Darstellen der Funktionen der Form $f(x) = ax^2 + bx + c$ und Untersuchen in Hinblick auf Nullstellen, Extremstellen und Monotonieverhalten. (-> Darstellen und Interpretieren, Produktives Arbeiten, Anwenden von Mathematik)

In allen drei Teilen ging es auch darum, Informationen aus den "mathematischen Hintergründen" von **mathe online** zu finden, zu verstehen und zu verwenden. Gerade diese Fähigkeit wird auch im Lehrplan explizit verlangt:

Die Schüler sollen mit der Verwendung geeigneter mathematischer Texte und Arbeitsmittel, insbesondere elektronischer Rechengерäte vertraut werden.

Und im Teil "Allgemeine mathematische Fähigkeiten" :

Im Zusammenhang mit dem Erwerb von mathematischem Wissen und Können und dem Anwenden von Mathematik sind folgende Lernziele anzustreben:

- Argumentieren und exaktes Arbeiten.

Insbesondere: präzises Beschreiben von Sachverhalten, Eigenschaften und Begriffen (Definieren); [...]

- Darstellen und Interpretieren.

Insbesondere: verbales, formales und graphisches Darstellen von Sachverhalten; [...]

Auch die Fähigkeit zum selbständigen Erarbeiten mathematischer Inhalte ist Bestandteil des Lehrplanes:

- Produktives geistiges Arbeiten.

Insbesondere: Kombinieren von vertrauten Methoden; [...];

Anwenden bekannter Verfahren in teilweise neuartigen inner- oder außermathematischen Situationen; Abstrahieren und Konkretisieren, Verallgemeinern und Spezialisieren, Analogisieren und Kontrastieren.

- Kritisches Denken.

Insbesondere: Überprüfung von Vermutungen, von Ergebnissen; Erkennen von Mängeln in Darstellungen oder Begründungen; Erkennen der beschränkten Gültigkeit von Aussagen, Feststellen von Voraussetzungen; Erkennen von Unzulänglichkeiten mathematischer Modelle.

Zeitliche Überlegungen

Es schien mir wichtig, zu Beginn genügend Zeit für das Erlernen von **mathe online** zu lassen. Ich habe daher die zur Verfügung gestandene Zeit folgendermaßen strukturiert:

Zeitraumen	Aufgabe	Art der Anweisung	Dokumentation
1. Stunde (24.2.)	kurzes Kennenlernen der Seite, "Surfen" und Probieren	mündlich	keine Vorgaben

ca. 20 Minuten			
ca. 10 Minuten	Anmelden als User	mündlich	keine
Rest der Stunde	Kennenlernen des Lernpfades, Beginn des 1. Teils	im Lernpfad vorgegeben	schriftlich (Heft)
2. Stunde (25.2.)	1. und 2. Teil des Lernpfades	im Lernpfad vorgegeben	Lerntagebuch
3. Stunde (27.2.)	3. Teil des Lernpfades	im Lernpfad vorgegeben	Lerntagebuch
4. u. 5. Stunde (Doppelstunde am 28.2.)	Fertigstellen des Lerntagebuches, Korrekturen anbringen	im Lernpfad vorgegeben, Kommentare in den Lerntagebüchern	Lerntagebuch

Die SchülerInnen sollten einzeln arbeiten, gegenseitiger Austausch war aber natürlich nicht verboten. Eine Anwendung andere Programme war nicht vorgesehen, abgesehen von der gelegentlichen Benützung des (Windows-)Taschenrechners.

Der Ablauf

Die Vorarbeit des Lehrers

Zur Beschreibung des Ablaufs möchte ich mit der Vorbereitungsphase beginnen. Zunächst benötigt man als Lehrer natürlich auch eine gewisse Zeit, um sich in **mathe online** zurechtzufinden. Dafür ist die Download-Version zu empfehlen, um nicht die gesamte Zeit online sein zu müssen.

Die Erstellung der Lernpfade gestaltete sich für mich deshalb schwierig, weil natürlich Erfahrungswerte für die Art der Fragestellungen fehlten. Die Anforderungen sind ja vielfältig:

- Die Fragen sollen zur Antwort hinführen, sie aber nicht schon enthalten.
- Sie müssen die Kluft zwischen der mathematischen Fachsprache und der Sprache von Fünfzehnjährigen überbrücken.
- Sie sollen zum Ausprobieren animieren, aber nicht vom Wesentlichen ablenken.
- Sie sollen zum Festhalten der (aus Sicht der Lehrperson!) wichtigsten Ergebnisse führen.
- Sie sollen zur Reflexion der interaktiven Tätigkeiten (Verwendung von Applets) anregen, um ein oberflächliches "Spielen" zu vermeiden.

Natürlich ist die Formulierung der Fragen ein längerer Prozess. Zu beachten ist, dass ein Lernpfad nur online erstellt werden kann – ein schneller und billiger (Flatrate-)Internetzugang ist also von Vorteil. Mein Arbeitsaufwand für die Erstellung des Lernpfades und die Überprüfung der Lerntagebücher betrug insgesamt ca. zehn Stunden, wobei ich mit **mathe-online** bereits vertraut war und mich auch sonst als "geübten" Computer-Nutzer einschätzen würde.

Die Arbeit der SchülerInnen

Die SchülerInnen hatten zunächst ca. 20 Minuten Zeit, sich auf der Seite "umzusehen". Das geschah in Form typischen "Surfens", durchaus konzentriert und interessiert. Die folgende Anmeldung als User stellte ebenso wenig ein Problem dar wie der Einstieg in den Lernpfad.

Bei der Bearbeitung des Lernpfades kam es natürlich immer wieder zu Fragen, die sowohl inhaltlicher als auch technischer Natur waren.

Ein großer Teil betraf die Schwierigkeit, eigene Erkenntnisse selbständig zu formulieren. Beispielsweise haben alle SchülerInnen erkannt, welchen Einfluss auf den Funktionsgraphen eine additive Konstante im Funktionsterm hat, waren aber zu einem großen Teil nicht in der Lage, das aufzuschreiben. Hier wäre es eventuell hilfreich, Formulierungen im Rahmen des Lernpfades anzubieten.

Die Fragen technischer Natur betrafen vor allem Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Formatierung von Texten, etwa das Hoch- und Tiefstellen. Gerade für schwächere SchülerInnen oder für solche, **die keine Erfahrung mit HTML haben**, ist das eine nicht zu unterschätzende zusätzliche Hürde, die vom mathematischen Inhalt ablenkt und das Gefühl der Überforderung auslöst.

Während der gesamten Arbeitszeit herrschte eine ruhige und konzentrierte Arbeitsatmosphäre. Die SchülerInnen scheinen also durchaus in der Lage zu sein, sich verantwortungsvoll auf selbstbestimmtes Lernen einstellen zu können.

Überprüfung der Lernziele

Am 17.3., also mehr als zwei Wochen nach der letzten **mathe online**-Einheit, habe ich die Lernziele durch einen Multiple-Choice-Test (erstellt mit dem Programm "HotPotatoes", Archivkopie unter <http://www.mathe-online.at/nww/Archiv/>) überprüft. Meine Erwartungen waren eher niedrig, da die Klasse in der Zeit dazwischen auf Schikurs war, wir das Thema auch sonst überhaupt nicht behandelt haben und der Test unangekündigt war. Selbstverständlich war der Test auch nicht Teil der Leistungsbeurteilung. Umso erstaunter war ich, dass die Ergebnisse durchwegs positiv waren. So kamen etwa 6 SchülerInnen über 80% der Punkte.

Resümee

Im Rahmen des Projekts lassen sich bei der Arbeit mit dieser speziellen Klasse aus meiner Sicht - Allgemeingültigkeit ist natürlich nicht ableitbar - folgende bewusst unbewertete Aussagen treffen:

- SchülerInnen sind in der Lage, Lernprozesse selbst in die Hand zu nehmen, wenn die Rahmenbedingungen (Arbeitsplätze, Motivation) stimmen.
- Der Einsatz des Computers motiviert den Großteil der SchülerInnen, wobei insbesondere die Abwechslung vom "Alltag" den Reiz ausmacht. Einige wenige SchülerInnen arbeiten sehr ungern am Computer.
- Lernen am Computer fördert begabte SchülerInnen mehr als unbegabte.
- Einige SchülerInnen haben sprachliche Probleme, den Inhalten zu folgen.
- Die Möglichkeiten des interaktiven Mediums können beim Verstehen nur dann helfen, wenn die SchülerInnen über das interaktive Geschehen reflektieren und das Ergebnis verschriftlichen.
- Der Vorbereitungsaufwand für die Stunden ist relativ hoch, die Stunden selbst sind weniger anstrengend als gewöhnliche Unterrichtsstunden.
- Die Korrekturarbeit der Lerntagebücher ist zwar etwas aufwändiger als etwa das Verbessern von Heften, kann dafür aber begleitend während der Arbeit der SchülerInnen durchgeführt werden.

Es gibt auch Punkte, die im Rahmen dieses Projekts nicht zufrieden stellend geklärt werden konnten und die für einen breiten Einsatz von **mathe online** wichtig wären:

- Sollen online Hausübungen gegeben werden? Dafür müsste sicher gestellt sein, dass jeder Schülerin und jedem Schüler für diesen Zweck ein Internet-Zugang zur Verfügung steht. Dafür scheint mir die Zeit noch nicht ganz reif zu sein.
- Wie könnte eine Leistungsbeurteilung aussehen, die auf das Medium Rücksicht nimmt? Immerhin müsste – siehe oben – sicher gestellt sein, dass alle SchülerInnen Übungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen.
- Die Zeit, die LehrerInnen vor dem Bildschirm verbringen, wächst überproportional an, da neben der Vorbereitung auch die Korrektur der Lerntagebücher und ggf. die Beantwortung von Fragen (etwa bei Heimarbeit) am Computer zu erledigen ist. Hierbei ist auf Verhältnismäßigkeit des Zeitaufwands zu achten.
- Wie gut sind Lernpfade für andere LehrerInnen "wieder verwendbar"? Diese Frage wäre vor allem zu klären, wenn andere KollegInnen vorhandene Lernpfade einsetzen möchten.

In meinen Klassen möchte ich auf Grund der Erfahrungen aus dem Projekt in Zukunft etwa zwei Blöcke pro Jahr auf ähnliche Art gestalten. Mit Sicherheit wird der Zeitaufwand für die Vorbereitung sinken und meine Erfahrung und damit der Erfolg steigen. Es ist zu hoffen, dass sich durch eine steigende Zahl vorhandener Lernpfade auch möglichst viele KollegInnen zum Einsatz von **mathe online** entschließen werden.

d.) Anhang zu: Kurvendiskussion

Walter Kulha

Die Klasse

Die 20 SchülerInnen des realgymnasialen Zweigs des Albertus Magnus Gymnasiums zeichnen sich durch überdurchschnittliches Engagement in naturwissenschaftlichen Bereichen aus. Der Notenschnitt in Mathematik liegt – trotz anspruchsvoller Schularbeiten – unter 2,5. Ein großer Teil der SchülerInnen benützt den PC regelmäßig zur Unterrichtsvorbereitung, weshalb sich die Einführung in das Arbeiten mit **mathe online** unproblematisch gestaltete. Unter den raschen Fortschritten litten allerdings die wenigen nicht so guten SchülerInnen. Der individuelle Zeitplan und die Möglichkeit, viele Arbeitsschritte im Rahmen von Hausübungen zu erledigen, relativierten dieses Problem allerdings.

Der Lehrplan

Untersuchen von Funktionen, in erster Linie von Polynomfunktionen:

Kennen von Definitionen und Sätzen zur Bestimmung des Monotonieverhaltens, von lokalen Extremstellen und von Extremstellen in einem Intervall. Ermitteln von Monotoniebereichen und Extremstellen, zeichnerisches Darstellen (auch skizzenhaft) von Funktionsgraphen; gegebenenfalls auch Verwenden von Computergraphiken. Begründen des Vorgehens bei Funktionsuntersuchungen durch Definitionen und Sätze. Kennen einiger typischer Graphen von Polynomfunktionen. Anwenden der Methoden zur Untersuchung von Funktionen, insbesondere zum Ermitteln von Nullstellen bzw. von Lösungen von Gleichungen (Anzahl und Lage) sowie zum Lösen von Extremwertaufgaben.

<A l l e n f a l l s> Untersuchen des Krümmungsverhaltens von Funktionen. Ermitteln von Polynomfunktionen aus vorgegebenen Bedingungen.

Der Lernpfad

Der den SchülerInnen zur Verfügung gestellte Lernpfad gliedert sich in 5 Kapitel:

Grundlagen

- Wiederholung des Funktionsbegriffs
- Grundlagen der Differentialrechnung
- Erkennen von Ableitungs-Graphen

Polynomfunktionen

- Kurven mittels Plotter zeichnen – den Verlauf vorher vermuten können
- Nullstellen, Extremwerte, Wendepunkte erkennen (Anzahl bestimmen)
- Monotonie- und Krümmungsverhalten erkennen können

Rationale Funktionen

- Eine vollständig durchdiskutierte Funktion nachvollziehen können
- Ein Frage- und Antwortprogramm durcharbeiten

Winkelfunktionen

- Eine englischsprachige Wiederholung der wichtigsten Begriffe
- Erkennen von Winkelfunktionen
- Diskussion einer periodischen Funktion

Übungsaufgaben

- Diverse Beispiele aus Linksammlungen und dem Schulbuch

Persönliche Bemerkung zum Lernpfad:

Die Anweisungen werde ich bei meinem nächsten Projekt mit **mathe online** noch präziser und noch kürzer gestalten.

Die Übungen mit den rationalen Funktionen und den Winkelfunktionen waren aufgrund des überdurchschnittlichen Leistungsstandards der Klasse möglich.

Dokumentation

Das Anlegen einer Arbeitsmappe war ein wichtiger Bestandteil des Projekts. Mitschriften, Übungsbeispiele, aber auch Hardcopies diverser Seiten aus **mathe online** sollten die Inhalte dieser Arbeitsmappe bestimmen.

Unterrichtsablauf

Das Projekt startete mit einer 2-stündigen Einführung in die neue Materie (frontal unterrichtet). Die 8 Stunden im EDV – Raum wurden offen gestaltet. Der Lehrer beantwortete Fragen, mischte sich aber sonst kaum in den Unterrichtsablauf ein. Leider standen den 20 SchülerInnen nur 16 PCs zur Verfügung. Durch den offenen Unterricht kam es aber kaum zu Problemen. Trotzdem werde ich in Zukunft dieses Projekt nur unter der Voraussetzung durchführen, dass jeder Schüler und jede Schülerin seinen (ihren) eigenen PC zur Verfügung hat.

Mit der Oberfläche von **mathe online** waren die SchülerInnen bereits nach kurzer Zeit vertraut. Die klar abgegrenzten Arbeitsaufträge wurden mit unterschiedlicher Intensität und daher auch in unterschiedlichen Zeitrahmen erledigt. Der Unterricht war stets von Ruhe und positiver Atmosphäre geprägt.

Wissensüberprüfung

Der erlernte Lehrstoff wurde in Form einer 2-stündigen Schularbeit abgefragt. Genau hier lagen die größten Probleme. Die SchülerInnen hätten folgende Vorgangsweise bevorzugt: Der Stoff wird klassisch (frontal) vermittelt. Zu jedem Kapitel gibt es Rechenanleitungen, vollständig durchgerechnete Beispiele, notwendige Formeln. Der Schularbeitsstoff wird mittels eindeutiger Beispiele wiederholt. **mathe online** wird als Ergänzung und/oder Auflockerung betrachtet.

Auswertung der Fragebögen (Meinung der SchülerInnen)

- Über 80% der SchülerInnen hatten Spaß an der Arbeit mit **mathe online**.
- Die Sprache von **mathe online** war für mehr als 80% verständlich.
- **mathe online** fördert das Verständnis mathematische Zusammenhänge.
- **mathe online** hat den SchülerInnen prinzipiell gefallen und/oder stellte zumindest eine Abwechslung zum herkömmlichen Unterricht dar.
- **mathe online** eignet sich nur bedingt zum Lernen für Prüfungen und Schularbeiten.
- Die SchülerInnen wollen öfter mit dem PC arbeiten.
- Die Applets waren zum Großteil gut gestaltet.
- Die Puzzles haben den SchülerInnen sehr gut gefallen. Die Puzzles wurden zum Großteil gelöst und trugen sehr zum besseren Verständnis bei. D.h., dass die interaktiven Teile den SchülerInnen zu 100% beim Verstehen der Inhalte geholfen haben.
- **mathe online** hat nicht dazu beigetragen, dass die SchülerInnen mehr über Mathematik sprechen oder sich mehr mit Mathematik beschäftigen.
- Die meisten SchülerInnen wünschen sich mehr vollständig durchgerechnete Beispiele und damit eine effizientere Schularbeitsvorbereitung.

Erfahrungen

Der Unterricht lief meistens ruhig und ohne Probleme (oder längere Unterbrechungen) ab. Der Zeitrahmen war gut gewählt, allerdings empfehle ich auf alle Fälle, nur Doppelstunden zu verwenden da der organisatorische Aufwand einer EDV-Stunde doch erheblich größer ist (booten, anmelden, laden,...).

Die Schüler waren von den Applets – besonders von den Puzzles – begeistert. SchülerInnen mit geringeren EDV-Kenntnissen haben mehr Zeit für die technische Handhabung verbraucht und daher weniger vom Projekt an sich profitiert. Den SchülerInnen fehlten vollständig durchgerechnete Beispiele.

Für die meisten SchülerInnen stellte **mathe online** eine Ergänzung zur Vorbereitung für Prüfungen und Schularbeiten dar.

Auf alle Fälle wünschten sich die meisten SchülerInnen einen regelmäßigen Einsatz von **mathe online** im Mathematikunterricht. Die Verwendung von **mathe online** sollte sich allerdings auf Ergänzungen, Veranschaulichungen und Übungen reduzieren. Die vollständige Erarbeitung eines Kapitels nur unter Verwendung einer Software wurde kategorisch abgelehnt.

e.) Anhang zu: „Ja! Auf jeden Fall!“

Notburga Grosser

Charakteristik der Klasse (6B):

Arbeitsklima und Umgangston sind in dieser Klasse angenehm, diszipliniert gibt es keine Probleme. Ich arbeite sehr gerne mit den SchülerInnen. Die Zusammensetzung der Gruppe ist eigenartig: Auffallend ist einerseits die „girls' power“: eine Mädchengruppe, die ausgesprochen interessiert, engagiert und leistungsstark ist. Andererseits haben derzeit einige – hauptsächlich Burschen – mit enormen persönlichen und fachlichen Schwierigkeiten zu kämpfen.

Diese eigenartige Situation spiegelt sich auch in den Mathematiknoten der Halbjahresnachrichten wider: Sehr gut (3), Gut (4), Befriedigend (1), Genügend (4), Nicht genügend (4). Die Leistungsunterschiede sind in dieser Klasse enorm.

Als belastend empfinde ich, auch in Hinblick auf das Projekt, die vier Nicht genügend. Mein ständiges Bemühen ist daher, diesen vier SchülerInnen eine optimale Lernumgebung anzubieten.

Aufbau des Lernpfades

Der Lernpfad "Exponentialfunktionen" ist in drei Kapitel gegliedert.

1. Exponentielle Vorgänge
2. Exponentialfunktionen mit verschiedenen Basen
3. Exponentielle Prozesse und Modellbildung

Vorausschicken möchte ich, dass den SchülerInnen alle grundlegenden Begriffe und die wesentlichen Eigenschaften einer Exponentialfunktion der Form $x \mapsto a^x$ aus den vorhergegangenen Unterrichtsstunden bekannt waren.

Im Lernpfad sollte eindeutig der Modellbildungsprozess fokussiert werden. Das Kapitel "Bakterien und exponentielles Wachstum" aus **mathe online** erschien mir daher als Einstieg in den Lernpfad besonders geeignet. Ich konnte auf diese Weise sehr gut an die Vorkenntnisse der SchülerInnen anschließen.

Im 2. Kapitel des Lernpfades geht es im Wesentlichen um das Erkennen von Wachstums- und Abnahmeprozessen und ihre formale Beschreibung mithilfe reeller Funktionen. Auch auf die Basis e wird hier näher eingegangen.

Das 3. Kapitel ist zur Gänze der Modellbildung gewidmet. Hier soll der Unterschied zwischen diskreten und konkreten Modellen erklärt werden. Die verbale und formale Beschreibung exponentieller Vorgänge ist ein wesentliches Lernziel. Entsprechende Beispiele sollen mithilfe elektronischer Werkzeuge dargestellt werden.

Zeitraumen und Handlungsablauf

Datum	Handlungslauf	Kommentare
Do, 23.1. Doppelstunde	Erster Aufruf von mathe online .	Im Vordergrund steht das Kennenlernen der Oberfläche von mathe online .
Do, 30.1. Doppelstunde	Die SchülerInnen sollen mithilfe von mathe online folgende Fragen beantworten: <ul style="list-style-type: none"> – Was ist eine reelle Funktion? – Was ist der Graph einer reellen Funktion? – Wie kann man eine reelle Funktion veranschaulichen? – Wann ist eine reelle Funktion streng monoton steigend, wann streng monoton fallend? 	Die Fragen sind bewusst sehr allgemein gestellt. Sie behandeln nicht unmittelbar den Stoff der 6.Klasse, die Thematik ist jedoch eine willkommene Auffrischung. Meine tatsächliche Absicht ist die Informationsbeschaffung mit Hilfe von mathe online . Die SchülerInnen sollen sich mit der Struktur von mathe online auseinandersetzen. Weiters sollen die Antworten in einem Worddokument dargestellt werden.

<p>Do,13.2. Doppelstunde + Supplierstunde</p>	<p>Die SchülerInnen erhalten auf einem A4-Blatt Arbeitsaufträge (siehe unten, am Ende dieses Anhangs).</p>	<p>Der Werkzeuggebrauch soll dabei im Vordergrund stehen. Tabellen können z.B. in Excel angelegt werden. Weiters soll der Funktionsplotter von mathe online ausprobiert werden, genauso das Plotten mit Mathematica. Funktionsgraphen sollen auch in Derive gezeichnet werden. Das Ganze ist hauptsächlich als Übung für die geplante Dokumentation gedacht.</p>
<p>Fr,14.2.</p>	<p>Fertigstellung des Arbeitsauftrages.</p>	<p>Schwierigkeiten: Wie viele Dezimalstellen sind in der Wertetabelle sinnvoll? Wiederholt haben die SchülerInnen mit der Wahl einer geeigneten Achseneinteilung in Derive Schwierigkeiten. Ein Graph, dargestellt mit dem Funktionsplotter von mathe online, macht keine Schwierigkeiten – in Derive sind zusätzliche Überlegungen notwendig. Fast alle sind mit dem Arbeitsauftrag fertig. Mein Hinweis, die Aufzeichnungen können auch handschriftlich erfolgen, wird hartnäckig ignoriert.</p>
<p>Mo, 17.2.</p>	<p>Für diese Stunde war der Beginn des Lernpfades geplant. Aufgrund von Fehlplanungen stand der Informatikraum nicht zur Verfügung. Die Stunde fand in der Klasse statt. Die Logarithmusfunktion wird vorgezogen.</p>	

Datum	Handlungslauf	Kommentare
<p>Do, 20.2. Doppelstunde</p>	<p>Erster Aufruf des Lernpfades. Beginn des ersten Kapitels.</p>	<p>Besonders wichtig erscheint mir, dass sich die SchülerInnen mit dem Text auseinandersetzen. Gleich zu Beginn werde ich mit Fragen bestürmt. Jetzt heißt's hart bleiben: "no comment – steht eh alles drin in mathe online." Als sie merken, dass sie bei mir nichts erreichen, setzen sie sich doch mit dem Text auseinander und – sieh da – es geht ja doch – und zwar sehr gut auch noch. Dass der Lernpfad speziell für die Klasse entwickelt wurde und die Namen von Schule, Klasse und mir im Internet stehen, macht Eindruck.</p>
<p>Fr, 21.2.</p>	<p>Kurze Vorbesprechung, um die Anforderungen für die Arbeitsmappen zu klären. Arbeit mit dem Lernpfad</p>	<p>Während der Vorbesprechung dürfen die Computer nicht eingeschaltet werden. Die Finger sind bei einigen SchülerInnen die ganze Zeit über am Einschaltknopf. „Fangen wir endlich an“, tönt es mehrmals. Gut, nach zwei Minuten gebe ich auf, es hört mir eh</p>

		keiner zu. Blitzschnell werden die Computer eingeschaltet und schon ist mathe online da. Anfallende Besprechungen werde ich in Zukunft in der Klasse abhalten
Mo, 24.2.	Arbeit mit dem Lernpfad	Diese Woche bin ich nicht in Wien. Die Stunde wird suppliert. Die SchülerInnen kommen problemlos alleine zurecht.
Do, 27.2. Doppelstunde	Arbeit mit dem Lernpfad	Auch diese Doppelstunde wird suppliert. Sie ist gekennzeichnet durch ein hohes Maß an Selbsttätigkeit.
Do, 6.3. Doppelstunde	Arbeit mit dem Lernpfad.	Das 2. Kapitel wird von einigen SchülerInnen im Nachhinein als sehr schwierig eingestuft.
Fr.7.3.	Letzte Stunde im Informatikraum. Fast alle SchülerInnen sind fertig. Die letzten Arbeitsblätter für die Dokumentation werden ausgedruckt.	

Lehrplanbezug

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf den derzeit gültigen Lehrplan der AHS–Oberstufe, der seit dem Schuljahr 1989/90 in Kraft ist.

In erster Linie werden reelle Funktionen der Art $f(x) = c \cdot a^x$ und $f(x) = c \cdot a^{kx}$ behandelt. Durch das Arbeiten mit diesen Funktionstypen soll vertiefend auf den Funktionsbegriff eingegangen werden.

Das verbale, formale und graphische Darstellen funktionaler Zusammenhänge und das Erkennen exponentieller Prozesse bilden einen ersten Schwerpunkt im Lernpfad.

In der Folge sollen die Eigenschaften reeller Funktionen der Art $f(x) = c \cdot a^x$ untersucht werden und dabei grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten erworben werden. Besonderes Augenmerk wird hier auf das Argumentieren und exakte Arbeiten gelegt.

Ein weiterer Schwerpunkt des Lernpfades widmet sich der Modellbildung mit Hilfe reeller Funktionen. Im Vordergrund steht hier die Anwendung reeller Funktionen in außermathematischen Situationen, etwa bei Vorgängen und Problemen aus den Naturwissenschaften, der Wirtschaft oder aus anderen Bereichen. Beim Erkennen der Probleme der Modellbildung soll kritisches Denken gefördert werden.

Insbesondere sollen die SchülerInnen bei der Bearbeitung der Fragestellungen und der Arbeitsaufträge mit elektronischen Hilfen und Systemen vertraut werden. Das kritische Vergleichen von Eingaben und Ausgaben bei verschiedenen Programmen und Geräten bezüglich der Problemstellung soll zum Entwickeln eines problem- und softwareadäquaten Analysierens, Formulierens und Auswertens beitragen.

mathe online aus der Sicht der SchülerInnen

Der Einsatz des Computers im Mathematikunterricht wurde von den SchülerInnen grundsätzlich sehr positiv bewertet. Sie empfanden das Projekt abwechslungsreich, interessant und lehrreich.

Die überwiegende Mehrheit der Rückmeldungen liest sich in etwa wie diese:

*„man kann selbstständig arbeiten, im eigenen Tempo“
„weil man selbständig Sachen erarbeiten kann und es einmal etwas anderes ist“
„die Arbeit am PC hat mir besser gefallen, als irgendwelche Formeln zu lösen“
„abwechslungsreich, übersichtlich, verständlich“
„es ist mal was anderes“
„manche Werkzeuge wie der Funktionsplotter sind schon recht nützlich, andererseits gibt es auch Stellen, wo man sich überhaupt nicht auskennt“
„es bringt Abwechslung in den Mathematikunterricht und man lernt mit dem Computer in mathematischer Hinsicht umzugehen“
„es ist eine gute Alternative zum normalen Unterricht“
„es interessiert mich“
„am Computer kann ich besser arbeiten, weil ich mich dort gut auskenne“
„gute Lernunterstützung“
„eine Abwechslung zum täglichen Unterricht“
„ich bring es mir sozusagen selber bei“
„das freie Lernen gefällt mir, man hat Spaß und es ist nicht alles so ernst“
„gut für die Zukunft, da man die Dinge selbst erlernen muss“
„die Lösung eines Problems findet man sehr schnell“
„es ist nicht so fad und trocken wie manchmal der Mathematikunterricht“
„fördert das Verständnis der Inhalte im Unterricht“
„learning by doing“*

Die drei kritischsten Stellungnahmen von 16 SchülerInnen lesen sich so:

*„Es ist so, dass die Informatiker, die besser sind, gleich benotet werden wie die schlechtesten. Es ist ein gravierender Nachteil für schlechte Informatiker vorhanden.“
„Mir gefällt nicht, dass man ein Kapitel nur sachlich, ohne zu rechnen, erarbeitet und so kaum Praxis mitnimmt.“
„Ich finde, dass man ein Kapitel im klassischen Unterricht mit Schul – und Hausübungen, indem man gezwungen ist selbst zu rechnen, besser erarbeiten kann.“*

Die Sprache von **mathe online** war für 75% verständlich. Zwei SchülerInnen gaben explizit an, dass sie die Sprache schwer verstanden haben. Auch mit den Formulierungen der Fragen hatte eine SchülerIn Probleme.

Die Geduld, sich mit Texten auseinander zu setzen war beschränkt. Niemand gab an, jedes Kapitel zur Gänze aufmerksam gelesen zu haben.

Alle SchülerInnen sind nach wie vor motiviert mit **mathe online** weiterzuarbeiten. Den weiteren Einsatz von **mathe online** im Mathematikunterricht befürworten alle SchülerInnen.

Die Mehrheit der SchülerInnen kann sich vorstellen, **mathe online** zukünftig zur Schularbeits- und Prüfungsvorbereitung zu konsultieren. Nur 25% antworteten hier mit einem eindeutigen Nein.

Zusätzliche Lernhilfen haben alle in Anspruch genommen. Konkret genannt wurden hier das Buch (7), das Schulübungsheft (5), MitschülerInnen (7) und Nachhilfe (1).

Nach Angabe der SchülerInnen haben sie den Eindruck, das Wesentliche auch verstanden zu haben. Die Antworten auf die Frage nach dem Verständnis lesen sich so:

- „Ja – im Grunde schon! Wenn man einmal die mathematische Sprache gewöhnt ist, war es für mich kein Problem die Aufgabenstellungen zu lösen, doch manche Fragen waren zu kompliziert für mich.“*
- „Das meiste habe ich schon verstanden, aber ein paar Sachen waren aufgrund der Sprache etwas unverständlich.“*
- „die Exponentialfunktionen habe ich schon etwas besser verstanden, mit den Graphiken verständlicher“*
- „Ich denke schon, dass ich das Wesentliche verstanden habe. Nur bei manchen Kapiteln war zu viel Information auf einmal und man hat daher etwas länger gebraucht.“*
- „eher schlecht verstanden habe ich die Exponentialfunktionen mit e“*
- „gut waren die Tests, Übungen und manche Kapitel“*
- „Ich habe mir schwer getan, Graphen zu zeichnen und manche Fragen aus dem Text zu beantworten. Aber ich glaube, dass ich das Wesentliche verstanden habe“*
- „Die Texte und Erläuterungen sind teilweise etwas verwirrend. Man muss einiges öfter lesen bis man es richtig verstanden hat. Was man gut verstanden hat, ist die Fragestellung und die Beantwortung war auch recht einfach.“*
- „Die Erklärungen für Hilfsmittel (Plotter) finde ich ziemlich spärlich. Außerdem sollte es in jedem Kapitel eine Art Zusammenfassung geben, die das Wesentliche enthält.“*
- „ein paar Sachen habe ich nicht verstanden“*
- „Exponentialfunktionen gehören nicht zu meinen Lieblingskapiteln, darum war es manchmal auch mühsam. Die Sprache war manchmal etwas zu fachbezogen.“*
- „Das, was ich gemacht habe, habe ich problemlos verstanden.“*
- „Das Lexikon war großteils gut verständlich und übersichtlich, die Tests fand ich persönlich etwas schwierig, doch die Spiele waren auch ok! Nur würde ich die Startseite übersichtlicher gestalten, wie z.B., dass man alle Links gleich groß untereinander schreibt, oder dass man eine Version des Funktionsplotters einführt, wo man seine gezeichneten Graphen kopieren kann.“*

Die kritischste Stellungnahme von 16 SchülerInnen liest sich so:

- „Das Wesentliche habe ich verstanden, was mir nur nicht gefällt, ist, dass die Arbeit nach Erstellen der Mappe, die meistens nur durch „Rüberkopieren“ gestaltet wird, der Arbeitsauftrag zu Ende war und kaum etwas hängen geblieben ist.“*

Übungsgelegenheit

Der Anteil der SchülerInnen, die außerhalb der Unterrichtszeit keinen Internetanschluss zur Verfügung haben, ist relativ hoch.

50% gaben an, dass sie zu Hause nie mit dem Lernpfad gearbeitet hatten. Sie begründeten dies großteils durch mangelnde technische Ausrüstung. Online-Hausübungen sind für mich derzeit keine ernstzunehmende Alternative.

Dokumentation

Die SchülerInnen sollten ihre Leistung in Form eines Portfolios dokumentieren. Die Art der Präsentation der Arbeitsergebnisse war den SchülerInnen prinzipiell freigestellt, jedoch war

es mir ein Anliegen, sie bei der Bearbeitung der Fragestellungen und der Arbeitsaufträge mit elektronischen Werkzeugen vertraut zu machen.

Diese Form der Dokumentation fand bei den SchülerInnen eine 100%ige Zustimmung.

„die Mappe ist super“

„eine gute Vorbereitung für später, um selbstständig zu arbeiten“

„ich finde das Anlegen einer Mappe sehr gut, weil man dadurch Selbstständigkeit erlangt und für diese Mappe verantwortlich ist“

„das mit der Mappe ist das Einfachste und das Beste“

„ich würde keine andere Form bevorzugen“

„Ich finde diese Art zum Erlernen des Stoffes sehr gut. Wenn man nicht nur den Stoff „vorgesehen“ bekommt, sondern selbst erarbeiten muss.“

„das Anlegen der Mappe finde ich gut“

„die Mappe ist recht übersichtlich“

„die Art der Dokumentation ist völlig ausreichend“

Die beiden kritischen Stellungnahmen lesen sich so:

„Anlegen einer Mappe ist gut, aber in Verbindung mit der Handschrift besser“

„Ich finde, man sollte es per PC und nachträglich handschriftlich nochmals überarbeiten und eine handgeschriebene Mappe abgeben, damit man sich den Stoff besser merkt.“

Diese ungeteilte Zustimmung zur Arbeitsmappe hat mich etwas überrascht. Die SchülerInnen haben sehr viel Zeit dafür verwendet. Das Layout entspricht bei allen den Anforderungen, in den meisten Fällen kann man es sogar als sehr gelungen bezeichnen. Bis auf eine Schülerin, die handschriftliche Arbeitsblätter erstellt hat, haben alle die Dokumentation mithilfe elektronischer Werkzeuge erstellt.

Nicht zufrieden stellend ist die Tatsache, dass manche Textpassagen unreflektiert aus **mathe online** in das Arbeitsblatt kopiert wurden.

Lernzielkontrolle

Die anschließend durchgeführte Schularbeit enthielt zwei (von vier) Aufgabenstellungen das Thema Exponentialfunktionen betreffend, wobei die SchülerInnen 30 von insgesamt 48 Punkten erreichen konnten.

Aufgabe 1:

[14P] Cäsium –137 hat eine Halbwertszeit von ca. 30 Jahren.

- Stelle das Zerfallsgesetz für Cäsium –137 sowohl in der Form $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ als auch in der Form $N(t) = N_0 \cdot a^t$ dar!
- Gib die jährliche prozentuelle Abnahme von Cäsium –137 an!
- Wann sind nur noch 1% der ursprünglichen Substanz vorhanden?
- In welchem Bereich liegt die Basis a bzw. die Zerfallskonstante λ , wenn die Halbwertszeit mit einem Fehler von $\pm 0,5$ Jahren behaftet ist?

Aufgabe 2:

[16P] Im Jahre 1960 gab es ca. $3 \cdot 10^9$ Menschen, bis 2000 wuchs die Zahl auf $6 \cdot 10^9$. Es sei $N(t)$ die Bevölkerungszahl t Jahre nach 1960.

- Stelle eine Formel für $N(t)$ auf, wenn man annimmt, dass kontinuierliches logistisches Wachstum vorliegt, das durch die Formel

$$N(t) = \frac{K \cdot N_0 \cdot a^t}{N_0 \cdot a^t + (K - N_0)}$$

beschrieben wird und man annimmt, dass auf der

Erde höchstens $K = 15 \cdot 10^9$ Menschen leben können.

- Wie viele Menschen würden nach diesem Modell im Jahr 2050 leben?

- c) *Stelle eine Formel für $N(t)$ auf, unter der Annahme, dass ungebremstes exponentielles Wachstum vorliegt. Wie viele Menschen würden nach diesem Modell im Jahr 2050 leben?*

Das Ergebnis der Schularbeit zeigte im Vergleich zu den anderen Schularbeiten keine nennenswerten Auffälligkeiten.

Bei Aufgabe 1 erhielten 6 von 16 SchülerInnen die volle Punkteanzahl, weitere 5 erreichten mehr als 10 Punkte. Aufgabe 2 wurde von 2 SchülerInnen vollständig beantwortet, 3 weitere erreichten mehr als 12 Punkte.

Aufschlussreicher hingegen ist das Ergebnis einer Befragung, die ich 15 Wochen nach Abschluss des Lernpfadeinsatzes durchgeführt habe. Der Termin war die letzte Mathematikstunde des laufenden Schuljahres und für die SchülerInnen der letzte Unterrichtstag, da sie anschließend eine einwöchige Romreise antraten. Der Zeitpunkt nach der Klassifikationskonferenz war von mir bewusst gewählt worden, damit die SchülerInnen frei von jeglichem Notendruck antworten konnten. Leider waren an diesem Tag nur neun SchülerInnen anwesend.

- 1) *Definiere den Begriff „Exponentialfunktion“!*
- 2) *Gib wesentliche Eigenschaften von Exponentialfunktionen an!*
- 3) *Woran erkennt man einen exponentiellen Prozess?*
- 4) *Gib eine Funktionsgleichung zur Beschreibung eines exponentiellen Prozesses an!*
- 5) *Nenne Beispiele für exponentielle Wachstums- bzw. exponentielle Abnahmeprozesse!*

Die Aufgaben 1), 4) und 5) konnten jeweils 7 von 9 SchülerInnen zufriedenstellend beantworten.

Aufgabe 2) wurde von 3 SchülerInnen korrekt beantwortet, bei 3 SchülerInnen traten ungenaue Formulierungen auf und 3 SchülerInnen antworteten falsch bzw. gar nicht.

Aufgabe 3) wurde von 2 SchülerInnen richtig beantwortet. 4 SchülerInnen hatten bei dieser Aufgabenstellung (erwartungsgemäß) Formulierungsschwierigkeiten – ihre Antworten sind rudimentär richtig und wiederum 3 SchülerInnen antworteten falsch bzw. gar nicht.

Begriffsbildungsprozess

Wenn man bedenkt, dass die Bearbeitung des Themas mindestens 3 Monate zurückliegt, ferner die SchülerInnen auf diese Befragung nicht vorbereitet waren und sie unter keinerlei Leistungsdruck standen, ist das Ergebnis ausgesprochen bemerkenswert und erfreulich.

Positiv überrascht wurde ich von den SchülerInnen beim Thema „Folgen“, das wir gut zwei Monate nach den Exponentialfunktionen im Anschluss an die Koordinatengeometrie erarbeiteten. Die SchülerInnen erkannten augenblicklich und ohne jeglichen Hinweis meinerseits, dass es sich bei der geometrischen Folge um eine Exponentialfunktion und bei der arithmetischen Folge um eine lineare Funktion handelt.

Es ist davon auszugehen, dass der Begriffsbildungsprozess erfolgreich war, da ein Transfer auf ein anderes Stoffgebiet gelungen ist.

Nach Zech (1998, S.216) ist die wichtigste Transferbedingung die „Güte“ der Lernvoraussetzungen:

- Die Lernvoraussetzungen müssen vollständig sein,
- das Gelernte muss hinreichend gut verstanden und sinnvoll geübt sein,
- das Gelernte muss öfter angewendet werden.

Der Einsatz eines Lernpfades begünstigt offensichtlich diese geforderten Lernvoraussetzungen und er bewirkt eine gute Verankerung der relevanten Begriffe in der kognitiven Struktur.

Natürlich muss eingeräumt werden, dass dem Thema Exponentialfunktionen durch den Einsatz des Lernpfades besonders viel Zeit und Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

Erfahrungen

Eindeutig erkennbar war die motivierende Funktion des interaktiven Mediums.

Die SchülerInnen haben sehr aufwändige Dokumentationen ihrer Arbeit angefertigt. Obwohl die Art der Präsentation der Ergebnisse freigestellt war, haben die SchülerInnen Diagramme, Tabellen und Texte durchwegs am PC erstellt. Sie haben viel Zeit für das Anlegen ihrer Arbeitsmappen verwendet, was sich im gelungenen und ansprechenden Layout der Arbeitsblätter widerspiegelt.

Viele der vorliegenden SchülerInnenarbeiten überzeugen durch ein hohes Maß an Eigenständigkeit.

Die SchülerInnen brachten im Allgemeinen wenig Geduld auf, um sich überlegt und gezielt mit schwierigeren Sachverhalten und längeren Texten auseinander zu setzen. Hier wäre ein Training für konzentriertes Arbeiten in Verbindung mit anfänglich straffen Anweisungen erforderlich.

Das Vorwissen der SchülerInnen zum Thema "Exponentialfunktionen" hat sich als günstig erwiesen.

Der Einsatz des Lernpfades stellte hohe Anforderungen an Organisation und Planung des Unterrichts.

Doppelstunden sind vorteilhaft.

Etwaige Besprechungen werde ich in Zukunft in der Klasse und nicht im Informatikraum abhalten.

Auf der sozialen Ebene waren durchaus interessante Verhaltensweisen beobachtbar. Die SchülerInnen versuchten möglichst lange mit den anfallenden Problemen alleine zurecht zu kommen. Angebotene Hilfe – auch die der MitschülerInnen – wurde meistens abgelehnt. Erst nachdem die eigenen Ressourcen ausgeschöpft waren, wurden Ratschläge von MitschülerInnen angenommen. Die gegenseitige Hilfestellung erfolgte überraschend professionell: rasch, unaufdringlich und sachbezogen.

Die Arbeitsatmosphäre war sehr konzentriert. Es war stets auffallend ruhig im Raum, Gespräche waren immer sachbezogen und wurden knapp und leise geführt. Es traten keine Leerläufe auf.

In der abschließenden Evaluation vermittelten die SchülerInnen ausgeprägte Zufriedenheit mit dem Einsatz des Lernpfades. Auf die Anwesenheit der Lehrerin möchten sie jedoch nicht verzichten.

Der Lernpfad ist speziell für diese Klasse konzipiert. Es sollte jedoch ohne nennenswerte Schwierigkeiten möglich sein, einen bestehenden Lernpfad an die individuelle Unterrichtssituation anzupassen.

Arbeitsaufträge	13.2.2003
<p>1. Erstelle Wertetabellen für die Funktionen $f(x) = \left(\frac{5}{4}\right)^x$ und $g(x) = \left(\frac{4}{5}\right)^x$ in einem geeigneten Bereich! Es sei dir überlassen, ob du den Taschenrechner verwendest, im Kopf rechnest oder Excel benützt.</p> <p>2. Füge das Ergebnis in Form einer Tabelle in ein Worddokument ein!</p> <p>3. Stelle die Graphen der Funktionen $f(x) = \left(\frac{5}{4}\right)^x$ und $g(x) = \left(\frac{4}{5}\right)^x$ in einem Diagramm dar! Probier dazu zuerst einmal verschiedene Werkzeuge aus! Du hast folgende Hilfsmittel zur Verfügung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ mathe online Funktionsplotter ▪ Funktionsgraphen mit Mathematica plotten ▪ Derive <p>Die beiden ersten Werkzeuge findest du in mathe online unter Online-Werkzeuge, Funktionen und graphische Darstellungen. Derive findest du im Ordner „Science“.</p> <p>4. Hast du eine geeignete Darstellung angefertigt, dann füge sie ebenfalls in das Worddokument ein. Vielleicht gelingt dir eine geeignete Beschriftung des Diagramms.</p> <p>5. Gib Eigenschaften von Exponentialfunktionen der Form $x \mapsto a^x$ an!</p> <p>6. Ordne nun Wertetabelle, Funktionsgraph und wesentliche Eigenschaften auf einer A4 Seite übersichtlich an!</p> <p>7. Stelle den Verlauf von $N(t)$ aus der Aufgabe 5.55 (Buch S:127) mithilfe eines der Zeichenwerkzeuge dar! Jetzt kannst du mit Derive überprüfen, ob du die Formel richtig umgeformt hast. Achte auf eine geeignete Achseneinteilung.</p>	

f.) Seminar „Angewandte Mathematik“ an der Pädagogischen Akademie

Die Lehrveranstaltung

Das Seminar „Angewandte Mathematik“ ist eine einstündige Lehrveranstaltung und wird im 2.Semester der HauptschullehrerInnenausbildung für Mathematik an der Pädagogischen Akademie der Erzdiözese Wien abgehalten.

Inhaltlich geht es unter anderem um das Erkennen mathematischer Beziehungen in Umweltsituationen und deren graphische und formale Darstellung. Die Modellbildung mit Hilfe reeller Funktionen wird behandelt. Da Wachstums- und Zerfallsprozesse sowohl in Natur- als auch in Wirtschaftswissenschaften eine wichtige Rolle spielen, sind Exponentialfunktionen, die solche Prozesse beschreiben, bedeutend. Wichtig ist, dass sich die Studierenden eingehend mit Problemen der Modellbildung auseinandersetzen. Speziell für diese Lehrveranstaltung wurde der Lernpfad „Exponentialfunktionen 1“ angelegt.

Der Einsatz des Lernpfades

Es waren hauptsächlich drei Faktoren ausschlaggebend, warum ich in diesem Seminar einen Lernpfad einsetzen wollte:

Erstens finde ich es wichtig, dass sich zukünftige LehrerInnen anhand eigener Lernerlebnisse mit dem didaktischen Potenzial computerbasierter Medien auseinandersetzen.

Zweitens, der Vorteil, Lernprozesse eigenverantwortlich zu gestalten, liegt mit dem Einsatz eines Lernpfades auf der Hand. Die Einflussnahme auf den Lernprozess liegt vorwiegend bei den Studierenden und sie haben gleichzeitig die Möglichkeit zur Selbstreflexion der eigenen Lernstrategie.

Drittens, da eLearning aus der Diskussion um zukunftsorientiertes Lehren und Lernen nicht mehr wegzudenken ist, wollte ich persönliche Erfahrungen mit dem Einsatz von Online-Lernmedien gewinnen.

Ablauf

Die Möglichkeit, das Seminar geblockt (d.h., alle 2 Wochen eine Doppelstunde) abzuhalten, war für das Projekt vorteilhaft. Den Studierenden standen PC-Einzelarbeitsplätze in ausreichender Zahl zur Verfügung. Es traten keinerlei technische bzw. organisatorische Schwierigkeiten auf.

Ursprünglich hatte ich für den Lernpfad drei Doppelstunden vorgesehen. Bereits beim Kennenlernen der Oberfläche von **mathe online** und dem Anlegen der Lerntagebücher in der ersten Doppelstunde zeichnete sich ein längerer Zeitrahmen ab. Tatsächlich wurden es dann insgesamt fünf Doppelstunden.

In den ersten Stunden stellten die Studierenden viele Fragen, die ich individuell beantwortete. Einige Studierende bevorzugten anfangs die Partnerarbeit, sie fühlten sich an der Seite eines/einer „PC- und interneterfahrenen“ Kollegen/Kollegin offensichtlich wohler. In den folgenden Doppelstunden nahm die Zahl der Fragen deutlich ab, außerdem war eine zunehmende Sicherheit im Umgang mit elektronischen Werkzeugen erkennbar. Am Schluss gaben alle der Einzelarbeit den Vorrang. Kollegiale Hilfe wurde jederzeit gerne angenommen.

Eine ausführliche schriftliche Dokumentation der Arbeitsaufträge aus dem Lernpfad war für die Studierenden eine Voraussetzung für den positiven Abschluss des Seminars.

Erfahrungen

Die Akzeptanz der Lernenden für diese Art der Wissenserarbeitung beeinflusst den Erfolg eines eLearning – Konzepts. Eine umfassende Information vor dem Einsatz von Online – Lernmedien ist entscheidend für einen erfolgreichen Einsatz.

Komplexe Lernprozesse, die vielfältige Lösungswege zulassen, benötigen viel Unterrichtszeit.

Erfolgreiches eLearning benötigt eine intensive Betreuung der Studierenden.

Der Vorteil, unabhängig von Zeit und Ort lernen zu können, wurde nur von wenigen Studierenden genützt. Begründet wurde dies mit fehlender Internetanbindung bzw. zu hohen Kosten.

Die Kommunikationsmöglichkeit über das Lerntagebuch wurde von den Studierenden nicht angenommen. Der persönliche Kontakt mit der Lehrenden wurde eindeutig bevorzugt.

Die Dokumentationen sind ausführlich und überzeugen durch ein hohes Maß an Eigenständigkeit. Das Layout der Arbeiten ist durchwegs ansprechend und sorgfältig gestaltet.

Inwieweit diese Gruppe ihre eLearning-Erfahrungen in der weiteren Ausbildung, insbesondere den fachdidaktischen Seminaren als Diskussionsgrundlage nutzen wird, ist derzeit natürlich noch offen. Für die Studierenden ist auf jeden Fall die Chance, diese Erfahrungen für das zukünftige berufliche Handeln nutzbar zu machen, gegeben.

g.) Anhang: Fragebogen für SchülerInnen

1. Teil: WÄHREND DES EINSATZES VON *mathe online*

- Der Einsatz des Computers im MA-Unterricht macht dir

großen Spaß

überhaupt keinen Spaß

Warum/warum nicht?

.....

- Wie empfindest du die Webgestaltung von mathe-online? (übersichtlich, verwirrend, etc)

.....

- Die Sprache von mathe-online ist

verständlich

nicht verständlich

Hast du dich im Laufe der Zeit an die math. Sprache in mathe-online gewöhnt?

sehr

kaum

- Liest du aufmerksam jedes Kapitel zur Gänze durch? (sei ehrlich)

ja

eher ja

zum Teil

eher nein

nein

- Die interaktiven Teile in mathe-online helfen dir beim Verstehen der Inhalte?

sehr

kaum

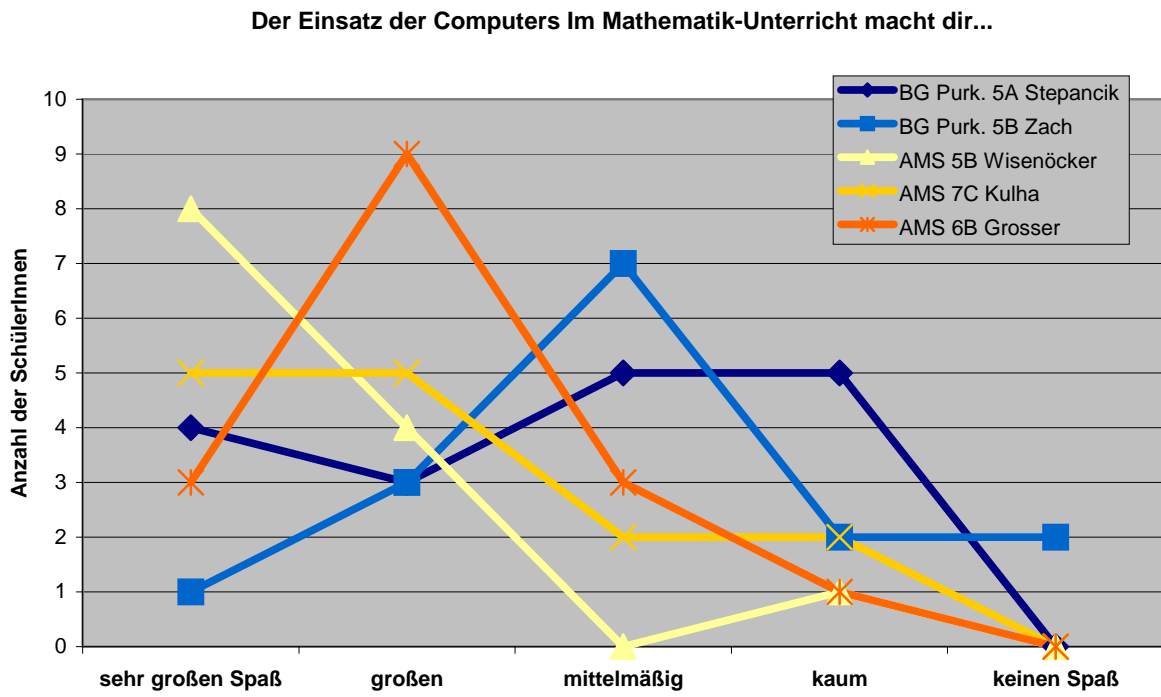
- Was gefällt dir besonders gut / überhaupt nicht an dieser Art des Unterrichts?
.....
- Wie viel hast du zu Hause mit mathe-online gearbeitet? Wie ist es dir dabei ergangen? Wo gab es Probleme?
.....
- Wie empfindest du die Art und Weise, wie du den Lernstoff dokumentierst (z.B. durch Anlegen einer Mappe, Eintragungen ins Lerntagebuch, etc) ? Würdest du eine andere Form der Dokumentation vorziehen? Wenn ja, welche und warum?
.....
- Bist du nach wie vor motiviert, mit mathe-online weiterzuarbeiten?
.....
Wenn nein, warum nicht?
.....

2. Teil: NACH DEM EINSATZ VON *mathe online*

- Hast du den Eindruck, das Wesentlichste verstanden zu haben?
Was hast du **gut** verstanden, **was nicht**?
.....
- Warst du gezwungen, zusätzliche Lernhilfen (z.B. Schulbuch, Nachhilfe, Erklärungen von MitschülerInnen ,etc.) in Anspruch zu nehmen, um den in den Lernpfaden behandelten Lehrstoff besser verstehen zu können?
.....
- Würde es dir gefallen, später wieder einmal im Mathematikunterricht mit mathe-online zu arbeiten?
.....
- Kannst du dir später einmal bei der Vorbereitung zu einer Prüfung oder zu einer Schularbeit vorstellen, dass du mathe-online „konsultierst“?
.....

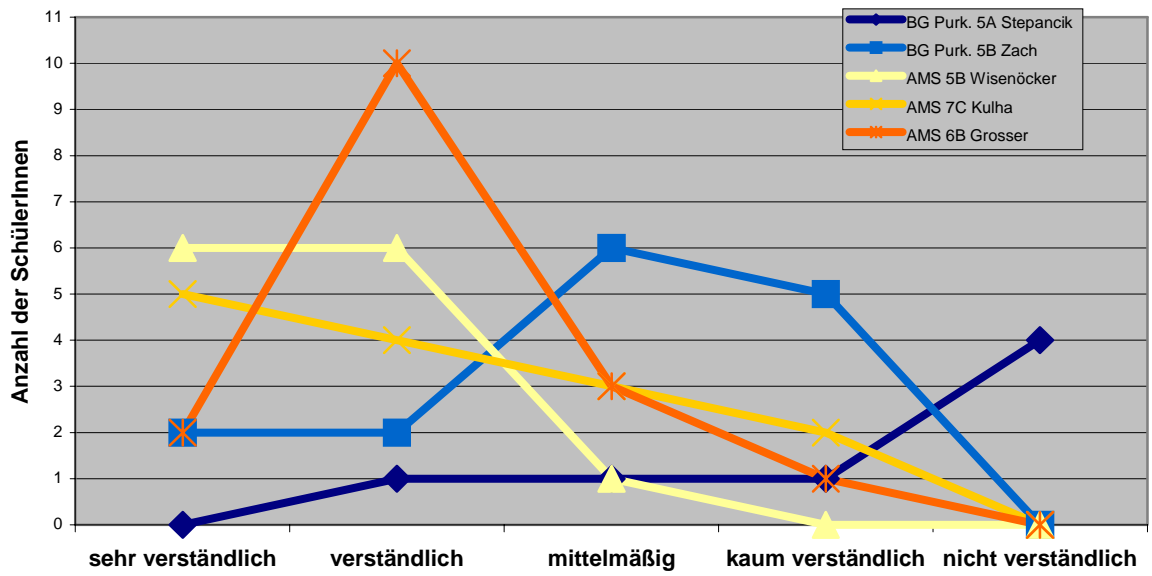
h.) Anhang: Detailergebnisse der SchülerInnenbefragung

Hier sind die Ergebnisse zu jenen 5 Fragen, die auf einer Bewertungsskala zu beantworten waren, zusammengefasst.



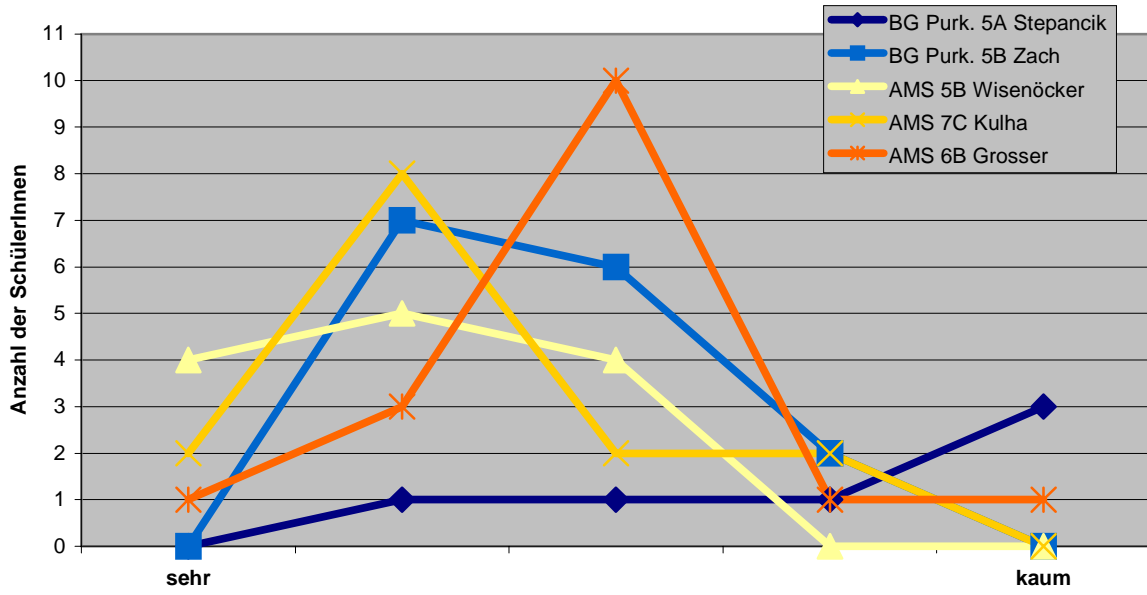
	Gesamtzahl	gültige Antworten
BG Purk. 5A Stepancik	17	17
BG Purk. 5B Zach	15	15
AMS 5B Wisenöcker	13	13
AMS 7C Kulha	14	14
AMS 6B Grosser	16	16

Die Sprache von *mathe online* ist ...



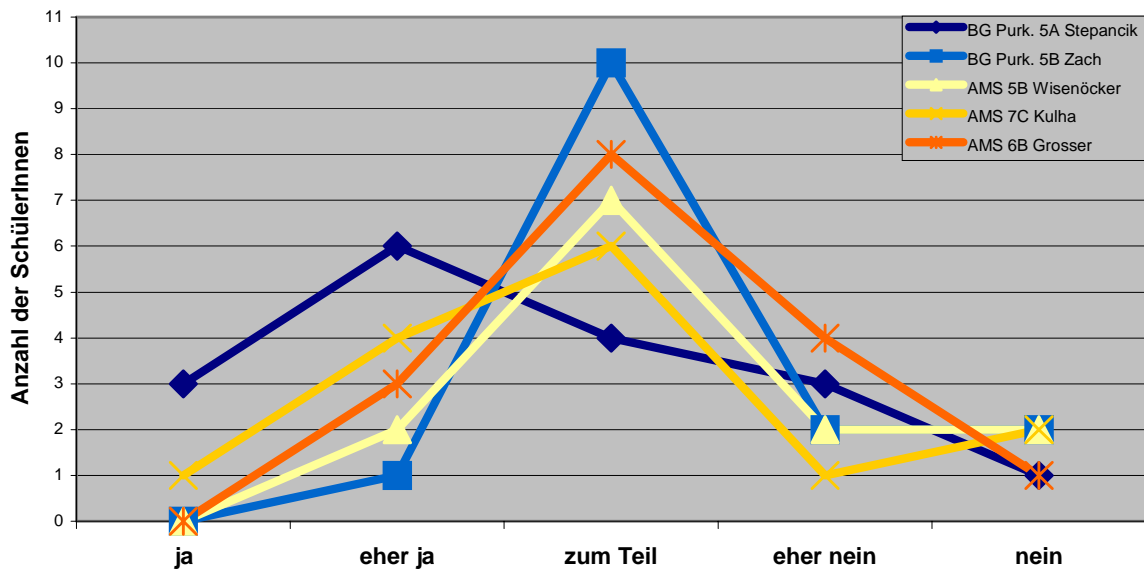
	Gesamtzahl	gültige Antworten
BG Purk. 5A Stepancik	17	7
BG Purk. 5B Zach	15	15
AMS 5B Wisenöcker	13	13
AMS 7C Kulha	14	14
AMS 6B Grosser	16	16

Hast du dich im Laufe der Zeit an die Sprache von *mathe online* gewöhnt?



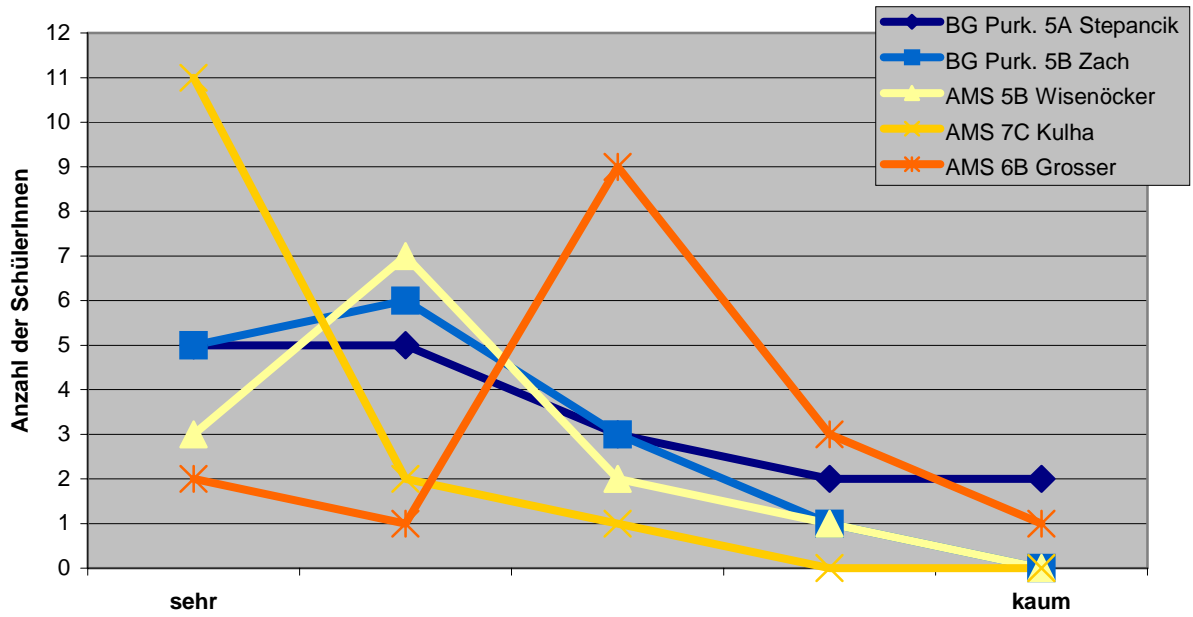
	Gesamtzahl	gültige Antworten
BG Purk. 5A Stepancik	17	6
BG Purk. 5B Zach	15	15
AMS 5B Wisenöcker	13	13
AMS 7C Kulha	14	14
AMS 6B Grosser	16	16

Liest du aufmerksam jedes Kapitel zur Gänze durch? (sei ehrlich)



	Gesamtzahl	gültige Antworten
BG Purk. 5A Stepancik	17	17
BG Purk. 5B Zach	15	15
AMS 5B Wisenöcker	13	13
AMS 7C Kulha	14	14
AMS 6B Grosser	16	16

Die interaktiven Teile in *mathe online* helfen dir beim Verstehen der Inhalte?



	Gesamtzahl	gültige Antworten
BG Purk. 5A Stepancik	17	17
BG Purk. 5B Zach	15	15
AMS 5B Wisenöcker	13	13
AMS 7C Kulha	14	14
AMS 6B Grosser	16	16

5. Literatur

- [1] H. Astleitner, *Was können E-Learning-Plattformen zur Verbesserung von Unterricht beitragen?*, Studie, Wien 2002, S.9
- [2] Zech, F. (1998). *Grundkurs Mathematik – Didaktik*. (9.Aufl.). Weinheim und Basel Beltz Verlag.