



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
S1 „Lehren und Lernen mit Neuen Medien“**

INTERAKTIVE ELEKTRONISCHE MEDIEN BEIM LEHREN UND LERNEN VON MATHEMATIK

Dr. Hildegard Urban-Woldron

**Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum
und Pädagogische Akademie der Erzdiözese Wien**

Juli, 2005

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
2 ENTWICKLUNG DES AUSGANGSPUNKTES	7
2.1 Motivation für das Projekt	7
2.1.1 Institutionelle Gegebenheiten	7
2.1.2 Eigene Überlegungen und Einschätzungen	8
2.1.3 Überlegungen zum Lernangebot für Schüler/innen.....	9
2.1.3.1 Dynamische Geometrie	10
2.1.3.2 Tabellenkalkulation	11
2.1.3.3 Interaktive Applets.....	12
2.1.3.4 Lernpfad Lehrsatzgruppe des Pythagoras.....	15
2.1.3.5 Interaktive Lernmaterialien – „Kernidee“ Funktionen.....	17
2.1.3.6 Singuläre Forschungsaufgaben	20
2.1.3.7 Aufbau und Förderung von Raumvorstellungen	21
2.1.4 Interaktion und Interaktivität	24
2.2 Problemstellungen und Herausforderungen.....	26
2.2.1 Vorgaben durch den Lehrplan und eigene Schwerpunktsetzungen	26
2.2.2 Funktionen digitaler Medien im Lehr – Lern - Prozess	27
2.2.2.1 Medien zur Wissenspräsentation.....	27
2.2.2.2 Medien zur Wissensvermittlung	28
2.2.2.3 Medien als Wissenswerkzeuge.....	28
2.2.3 Von der Instruktion zur Konstruktion	28
2.2.4 Entwicklung geeigneter Aufgabenstellungen	29
2.2.5 Neue Lehrerrolle	30
2.3 Forschungsergebnisse zum Lernen mit neuen Medien	30
2.4 Ziele und Erwartungen.....	32
2.4.1 Steigerung der Qualität des Lernangebots.....	32
2.4.2 Einschätzen der Potenziale neuer Medien	33
2.4.3 Anregungen zur Reflexion des individuellen Lernprozesses.....	34
2.4.4 Lernplattform zur Unterstützung kooperativen Lernens	35
2.4.5 Das Leistungsverständnis erweitern.....	36
2.4.6 Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Aspekte	36
3 DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTS	38
3.1 Formulierung der Forschungsfragen	38

3.2	Auf dem Weg zur mediendiaktischen Konzeption	40
3.3	Didaktische Aufbereitung der Lehr- und Lerninhalte	41
3.4	Unterrichtliche und organisatorische Maßnahmen	41
3.5	Überblick über die erhobenen Daten	42
3.5.1	Mit welchen Methoden wurden Daten gesammelt?	42
3.5.2	Was wurde festgehalten?	42
4	ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE	44
5	EVALUATION, BEWERTUNG UND REFLEXION	53
6	AUSBLICK	55
7	VERZEICHNISSE UND ANHÄNGE.....	56
7.1	Abbildungsverzeichnis	56
7.2	Verzeichnis der Tabellen	57
7.3	Literaturverzeichnis.....	57
7.4	Anhänge	61
7.4.1	Vortrag bei der ICTMT7	61
7.4.2	Elternfragebogen 3. Klasse	69
7.4.3	Elternfragebogen 4. Klasse	70
7.4.4	Schüler/innen – Fragebogen 3. Klasse	71
7.4.5	Schüler/innen – Fragebogen 4. Klasse	73
7.4.6	Arbeitsblatt Fallschirm	75
7.4.7	Lernziele zum Thema FUNKTIONEN (4. Klasse)	76
7.4.8	Lernpfad des Pythagoras.....	78
7.4.9	Beweis des Lehrsatzes des Pythagoras von Clairaut	78
7.4.10	Experimenteller Beweis des PLS	80
7.4.11	Höhensatz von EUKLID.....	81
7.4.12	Interaktiver Gang durch den Beweis des PLS.....	83
7.4.13	Lernziele zur Kernidee Lehrsatzgruppe des Pythagoras	86
7.4.14	Arbeitsblatt zu AutoSketch - Parkettierung.....	87

ABSTRACT

Entscheidend für den Erfolg interaktiver Lernumgebungen sind vor allem die motivierten, selbstständigen Schüler/innen mit einer hinreichend großen Wissensbasis, die die angebotenen Informationen durch vollständiges Lernen in Wissen transformieren wollen und können. Basierend auf Forschungsergebnissen zum Lehren und Lernen mit neuen Medien wurden beispielhafte und geschlechtssensitive Lernmaterialien, die zum selbst gesteuerten Lernen herausfordern sollen, konzipiert, gestaltet, eingesetzt und evaluiert. Es wurde der Frage nachgegangen, ob und wie weit es dadurch gelingt, Lernende zu selbstständigem und reaktivem Lernen und Wissenserwerb anzuregen und welche Begleitmaßnahmen sich förderlich und unterstützend auf den Lernprozess auswirken. Um einem komplexeren Leistungsbegriff, der neue Formen der Leistungsbeurteilung notwendig macht, gerecht zu werden, wurde weitgehend mit Lerntagebüchern gearbeitet.

Schulstufe: 7 und 8

Fach: AGM (Angewandte Geometrie und Mathematik)

Kontaktperson: Dr. Hildegard Urban-Woldron

Kontaktadresse: Gymnasium Saure Cour Pressbaum

Klostergasse 12

3021 Pressbaum

1 EINLEITUNG

„Der Computer zwingt uns zum Nachdenken über Dinge, über die wir auch ohne Computer längst hätten nachdenken müssen.“ (Hans Schupp, zit. nach [21], S. 212)

Die vorliegende Studie bildet einen Baustein meiner Forschungsarbeiten im Feld „Lehren und Lernen mit neuen Medien“ mit dem Ziel die Frage der Medien lerntheoretisch und letztlich bildungstheoretisch zu fundieren. Mir ist bewusst, dass Multimedia und Internet das Lern- und Arbeitsverhalten der Lernenden innerhalb und außerhalb der Bildungseinrichtungen grundlegend verändern können und auch verändert werden, und dass Lehrende sich dafür qualifizieren müssen, die Einsatzmöglichkeiten der neuen Medien in ihren pädagogisch-didaktischen Begründungszusammenhängen und aktuellen bildungs-politischen Planungshorizonten analysieren zu können.

Den persönlichen Ausgangspunkt bzw. den Katalysator meiner Auseinandersetzung mit dem Thema „Lehren und Lernen mit neuen Medien“ bildete der Einsatz neuer Technologien im Mathematik-, Physik- und Informatikunterricht. In diesem Bereich arbeite ich seit mehr als einem Jahrzehnt mit elektronischen Werkzeugen wie grafik- und algebratauglichen Taschenrechnern, Tabellenkalkulationsprogrammen, Modellbildungssystemen und dynamischer Geometriesoftware und seit einigen Jahren auch mit dem Internet.

Mir geht es um die Frage, welche Bedeutung Werkzeuge für das Lehren und Lernen haben und wie die veränderten Arbeits- und Denkweisen für das Verstehen genutzt werden können. Dabei bin ich nicht nur am Ergebnis oder Produkt des Lernens, also z.B. begrifflichem mathematischen Wissen und Können, sondern im Besonderen an dem Prozess dieser Entwicklungen, also den Lernprozessen der Schüler interessiert.

Die Forderung nach eigen bestimmtem Erschließen neuer Inhalte und selbsttätigem Lernen in der Schule werden durch diese neuen Werkzeuge, die Visualisierung, entdeckendes Lernen und die Bearbeitung komplexer, realitätsorientierter Probleme ermöglichen, intensiv unterstützt. Entgegen populären Fehlvorstellungen hat das aber keine Mathematik auf Knopfdruck" zur Folge, bei der man nichts mehr wissen muss, aber trotzdem alle Probleme lösen kann. Ohne solide fachliche Kenntnisse kann der Computer nicht sinnvoll eingesetzt werden. Allerdings werden sich die Schwerpunkte des Unterrichts verändern. Diese Verschiebung der Schwerpunkte wird zum Beispiel von der MNU (Gesellschaft zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts) in den „Empfehlungen Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Mathematikunterricht" gefordert (weniger „Mathematik als Fertigprodukt“ mehr „Mathematik als Prozess"). Damit wird - auch im Sinne einer neuer Unterrichtskultur- intendiert, die Lernenden besser zu befähigen die Werkzeuge verständlich zu nutzen.

Meine bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass der Unterricht mit dem Einsatz der neuen Werkzeuge interessanter und anspruchsvoller wird. Die Aufgabenstellungen werden sich verändern müssen und zwar in einer Weise, die auch ohne die Werkzeuge wünschenswert ist. Es wird weniger um die Frage gehen „Welches Ergebnis hast du?" sondern mehr danach „Erkläre mir, wie du zur Lösung gekommen bist!". Dynamische Geometrie-Software eröffnet neue Möglichkeiten, Geometrie zu unterrichten. Alte Themen erscheinen in neuem Licht, andere methodische Herangehensweisen werden möglich. Interaktive elektronische Arbeitsblätter werden zu Ar-

beitsmitteln im Geometrie-Unterricht und regen dazu an, in veränderten Problemstellungen dem Konzept "Lernen zu sehen, zu fragen und zu argumentieren" zu folgen, durch Aufwand- und Zeiteinsparung Substanz- und Aspektreichtum der Geometrie zu sehen, und damit schließlich die Anwendungskompetenz der Lernenden zu stärken.

Ich habe während der letzten Jahre versucht, die neuen Werkzeuge in bewährte Unterrichtsstrukturen einzugliedern und sehr bald festgestellt, dass die Lernenden durch die neuen Technologien verstärkt vom Ausführen algorithmischer Tätigkeiten entlastet werden und damit heuristische und experimentelle Arbeitsweisen an Bedeutung gewinnen, dass es aber auch notwendig wird, die eigene Lehrerrolle neu zu überdenken und die Lernenden zum Experimentieren, Explorieren, Kommunizieren und Kooperieren durch entsprechend didaktisierte Lernmaterialien, die zusammen mit den Werkzeugen so genannte Lernumgebungen darstellen, herauszufordern, aber nicht zu über- oder unterfordern.

Diese Lernumgebungen sind keine Instrumente der Wissensvermittlung, sondern sollen dem Lerner helfen, zunächst Fragen zu stellen, diese zu verstehen und die Problematik der Materie zu erfassen, bevor Antworten entdeckt werden können. Sie sollen also dem Lernenden bei der Wissenskonstruktion helfen und Provokationen bieten, die zu einer vertieften Auseinandersetzung mit dem Thema führen, ihm aber auch helfen, die individuellen Lernwege reflektierend wahrzunehmen und letztlich ein proaktiver Lerner zu werden.

Auf der Grundlage einer theoriegeleiteten reflektierten Praxis meines Unterrichts durch Lehrerforschung konnte ich meine Konzepte und Sichtweisen im Umgang mit dem Lehren und Lernen mit neuen Medien stetig weiter entwickeln, mich intensiv der Beobachtung sowie der Veröffentlichung von Lehr-Lern-Situationen meiner eigenen Praxis widmen und hoffe damit, auch einen Beitrag zur wissenschaftlichen Diskussion liefern zu können.

Für die Möglichkeit zur Durchführung meiner Forschungsprojekte danke ich den Direktoren meiner beiden Dienststellen Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum und Pädagogische Akademie Strebersdorf und für die finanzielle Unterstützung beim Sachaufwand bedanke ich mich beim MNI-Fonds.

Mein besonderer Dank gilt den Lernenden, die sich die große Mühe gemacht haben, alle Fragen sehr ausführlich zu beantworten und sich Zeit für persönliche Gespräche und schriftliche Reflexionen zu nehmen.

2 ENTWICKLUNG DES AUSGANGSPUNKTES

2.1 Motivation für das Projekt

Durch die schulautonome Einführung eines neuen Pflichtgegenstandes bekam ich die Gelegenheit meine Forschungsarbeit „Lehren und Lernen mit neuen Medien“ auch auf das Fach Mathematik auszudehnen. Das stellte eine neue und ganz besondere Herausforderung dar.

Aus meinen bisherigen Arbeiten im Fachbereich Physik weiß ich, dass neue Medien und Multimedia keine Qualität an sich darstellen, dass sie auch kein fertiges Wissen bieten, das nur noch aufzunehmen ist, sondern dass sie Material und System sind, wo Erfahrungen zum selbstständigen Aufbau von Wissensstrukturen ermöglicht und damit faszinierende Aspekte eröffnet werden. Es kommt vor allem darauf an, wie gut das Lernangebot inhaltlich, methodisch und situativ auf die Bedürfnisse des Lernenden abgestimmt ist. Nur dann, wenn der Lernende durch die Interaktionen mit dem Lernmaterial aktiv sein kann und will, und so die aktive Verknüpfung neuer Informationen mit bereits vorhandenem Wissen gefördert wird, wird letztlich auch vollständiges Lernen ermöglicht.

Mit Schulbuch und Lösungsheft lässt sich nach meiner Einschätzung kein selbst organisiertes Lernen realisieren. Es stellt sich die Frage, wie weitaus anspruchsvollere Lernumgebungen mit interaktiven Lernmodulen gestaltet werden können, die dem durchschnittlichen Lehrerunterricht weit überlegen sind, weil der Lernvorgang damit individualisiert und differenziert werden kann und der Leerlauf gegenüber dem konventionellen Klassenunterricht wesentlich geringer wird.

Evaluation ist für mich ein Kernstück der Arbeit an der Qualität des Unterrichts, die mir hilft meine Arbeit besser zu verstehen und Entwicklungsfelder aufzuzeigen, was mir gerade bei neuen Herausforderungen und geänderten Rahmenbedingungen besonders wichtig erscheint. Mit Evaluation lässt sich das Wissen über die eigene Situation erweitern, es können neue Einsichten gewonnen werden und man erhält Handlungssicherheit und Orientierung sowie Rechenschaft über die eigenen Leistungen, die Einhaltung eigener und fremder Standards sowie über die Zielerreichung.

2.1.1 Institutionelle Gegebenheiten

Am Gymnasium Pressbaum wurde im Schuljahr 2003/2004 ein neues Schularbeitsfach AGM (Angewandte Geometrie und Mathematik) im Ausmaß von zwei Wochenstunden eingeführt. Der Unterricht findet im Computerraum statt. Die Klasse ist in zwei Gruppen geteilt – jede Schülerin und jeder Schüler verfügt über einen eigenen Computer. In jedem Semester gibt es zwei einstündige Schularbeiten.

Aufbauend auf meine Erfahrungen mit interaktiven Lerneinheiten und Lernumgebungen im Fach Physik wurde das erste Unterrichtsjahr formativ evaluiert. Im Unterschied zum Physikunterricht, wo sich der Einsatz des Computers auf einzelne Lernsequenzen beschränkte und in weiten Bereichen auf freiwillige Erweiterung und Vertiefung der Lerninhalte angelegt war, war in diesem neuen Fach AGM grundsätzlich vorgesehen, dass jeder Schüler und jede Schülerin über die ganze Zeit an ihrem bzw. an seinem eigenen Computer arbeitet.

Für mich zeigte sich schon während des ersten Jahres die Notwendigkeit, verstärkt über andere Formen der Leistungsbeurteilung nachzudenken und zu versuchen, die Potenziale der neuen Medien in der von der Organisation her doch recht optimalen Situation noch besser auszunutzen. Leider konnte ich meine in diesem neuen Bereich tätigen Kolleginnen und Kollegen für eine Einreichung eines Projekts beim MNI-Fonds nicht begeistern, fand aber beim Projektverbund **mathe online network** - Erweiterung auf Sek 1 Motivation und Unterstützung ein eigenes Projekt einzureichen.

Ich ging davon aus, dass meine Schülerinnen und Schüler mit der kostenfreien Plattform **mathe-online** erste Erfahrungen mit selbstständigem Lernen machen konnten. Für mich selbst hoffte ich auf gedeihliche Zusammenarbeit und regen Gedanken- und Erfahrungsaustausch mit Kolleginnen und Kollegen aus dem Projektverbund.

2.1.2 Eigene Überlegungen und Einschätzungen

Erfolgreiches Lernen und damit verbundenen Wissenserwerb verstehe ich unter Bezug auf konstruktivistische Lerntheorien als aktiven, selbst gesteuerten, konstruktiven und sozialen Prozess.

Die Entwicklungen im Bereich der neuen Medien machen deutlich, dass ihnen eine besondere Qualität für das Lernen zugesprochen wird. Es wird also notwendig, nach dem Erfolg des Lernens mit neuen Medien zu fragen und sich mit den Konzepten, die um das Lernen mit neuen Medien kreisen, auseinander zu setzen. Die heute zur Verfügung stehenden Medienarten und digitalen Werkzeuge müssen mit Hilfe von didaktischem Sachverstand zu Lernmedien und Lernwerkzeugen gemacht werden, wobei der Einsatz durch die Erfordernisse des Lernens und Lehrens und nicht durch technische Aspekte bestimmt wird.

Lernen mit neuen Medien wird dann effizienter und qualitätsvoller, wenn es gelingt im Unterschied zur traditionellen Unterrichtssituation, wo im Allgemeinen versucht wird, den Ansprüchen eines durchschnittlichen Lerners gerecht zu werden, durch Weckung der richtigen Fragen im Lerner den individuellen Lernprozess in Gang zu setzen. Die Hauptaufgabe des didaktischen Designs beim Entwickeln multimedialer Lernumgebungen sehe ich daher darin, gelungen aufgebaute und programmierte Lernanwendungen mit einer entsprechenden pädagogischen Einbettung, die die individuell unterschiedlichen Lernvoraussetzungen berücksichtigt, zu verbinden, wobei nicht übersehen werden darf, dass die Didaktisierung auch ihre Grenzen hat.

Auch wenn die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass eine einfache und eindeutige Mehrwertzuschreibung an neue Lehr- und Lernverfahren eine unerfüllbare Hoffnung bleibt, möchte ich in meiner Arbeit mit Hinweisen auf konkrete unterrichtspraktische Beispiele und mit Darlegung von Argumenten meinen Lehrerkollegen/innen Mut machen, sich auch auf diesen in der Praxis nicht einfachen Weg zu begeben und eigene Erfahrungen zu machen.

Es stellt sich die Frage, ob und wie mit den neuen Medien mehr Lernqualität zu erreichen ist. Dabei geht es nicht darum, das Lernen nur effektiver zu machen, d.h. dass in derselben oder in kürzerer Zeit mehr „Stoff“ gelernt werden kann. Nach meiner Einschätzung sollte es möglich sein, mit Unterstützung interaktiver Medien nachhaltigeres Lernen zu initiieren, was bedeutet, dass das Gelernte besser behalten und angewendet werden kann, was letztlich zu einem qualitätsvolleren Lernen führt. Beim qualitätsvollen Lernen geht es vielmehr darum, wichtige oder zukunftsorientierte Bildungsziele oder Kompetenzen oder Schlüsselqualifikationen vollständiger und nach-

haltiger zu erreichen und es stellt sich die Frage, ob und was die neuen Medien dazu beitragen können bzw. ob mit Hilfe neuer Medien sogar neue, zukunftsorientierte Ziele erreicht werden, die ohne diese Medien nicht oder kaum erreichbar sind.

Ich weiß, dass die Qualität des Lernens nicht alleine dadurch ansteigt, dass Neue Medien genutzt werden oder E-Learning stattfindet beziehungsweise die Computer eingesetzt werden. Beispielhafte neue Medien, die z.B. eine hohe Eigenaktivität beim Lernen und beim Denken, Erkennen, Experimentieren, Bewerten und Verstehen fördern und herausfordern, werden sich in einem Unterricht, in nur „gelehrt“ wird, sogar disfunktional auswirken können und das konstruktive Lernen eher behindern als fördern. Eine qualitative Verbesserung des Lernerfolgs mit Hilfe beispielhafter neuer Medien ist wahrscheinlich nur dann zu erwarten, wenn gleichzeitig im Unterricht ein Paradigmenwechsel vom Lehren zum Lernen eingeleitet wird. Dieser Aspekt betrifft die Notwendigkeit des Überdenkens der eigenen Lehrer/innen-Rolle.

Es geht auch um eine schrittweise Entwicklung eines umfassenderen Leistungsverständnisses, das Verhaltensweisen und Einstellungen genauso ernst nimmt, wie Wissen. So werden konventionelle Prüfungssituationen weiterhin geeignet sein, Lernfortschritte zu dokumentieren und Aufschluss über den Lernstand zu geben, wenn die Vorgaben den angestrebten Zielen angemessen, differenziert und nachvollziehbar sind. Zunehmend werden aber darüber hinaus, sichtbare konkrete Arbeitsprodukte unterschiedlichster Art zu gültigen Faktoren der Leistungsbeurteilung werden müssen.

2.1.3 Überlegungen zum Lernangebot für Schüler/innen

Die Möglichkeiten, Schülerinnen und Schülern im Mathematikunterricht Freiräume für ein Lernen auf eigenen Wegen zu schaffen, sind ausgesprochen vielfältig. Im Folgenden wird der Blick darauf gerichtet, wie das Arbeiten mit dynamischer Geometrie, mit Tabellenkalkulation, interaktiven Applets und dem Einsatz von Lernpfaden Verstehens- und Lernprozesse wirkungsvoll unterstützen kann. Eine vollständige Beschreibung der im Unterricht eingesetzten Module und Programme würde den Rahmen der Arbeit sprengen – es werden daher nur einige wenige Unterrichtssituationen exemplarisch vorgestellt.

Der Computer und die eingesetzte Unterrichtssoftware sind nur Werkzeuge, um selbständiges, und eigenverantwortliches Arbeiten der Schülerinnen und Schüler mit mathematischen Inhalten, gemeinschaftliches Forschen und Entdecken, Argumentieren und Beweisen sowie kooperatives Präsentieren und Diskutieren erarbeiteter Resultate anzuregen.

Die Schülerinnen und Schüler erhalten Arbeitsaufträge oder Problemstellungen, die individuelle Lernprozesse und ein Lernen auf eigenen Wegen ermöglichen. Sie beschäftigen sich alleine oder in Partnerarbeit mit der jeweiligen Thematik, um diese eigenständig zu erschließen und zu durchdringen. Die Kommunikation und die Kooperation mit einem Partner können den Lernprozess dabei in vielerlei Hinsicht befruchten. Den Abschluss einer derartigen Unterrichtssequenz können die Präsentation und Diskussion der Schülerergebnisse im Klassenteam sowie eine fundierte Ergebnissicherung – etwa im Rahmen eines Unterrichtsgesprächs – bilden.

Auch wenn die Schülerinnen und Schüler mit Lernsoftware in elektronischen Lernumgebungen arbeiten, verliert das Heft als Lern- und Arbeitsmedium nicht an Bedeutung. Das Aufschreiben von Gedanken führt zu deren Ordnung und Verfestigung so-

wie zu einer tiefer gehenden Durchdringung der jeweiligen Thematik. Deshalb muss das Experimentieren am Bildschirm mit dem Dokumentieren der Überlegungen und Ergebnisse im Heft eng einhergehen. In ihrem Heft sollen die Schülerinnen und Schüler parallel zur Arbeit am Bildschirm Beobachtungen notieren, Vermutungen formulieren, Begründungen aufschreiben und persönliche Eindrücke festhalten. Durch die intensive Arbeit im Heft wird auch verhindert, dass sich die gewonnenen Ergebnisse nach Abschalten des Computers zu schnell verflüchtigen. Die individuellen Aufzeichnungen dienen der Ergebnissicherung und bilden eine Grundlage für die gemeinsame Diskussion der Resultate im Klassenteam.

2.1.3.1 Dynamische Geometrie

Die herkömmlichen Konstruktionswerkzeuge der (euklidischen) Schulgeometrie sind Lineal, Zirkel, Geodreieck und Winkelmesser. Mit ihnen werden Figuren auf Papier gezeichnet, die - einmal erstellt - sich nur noch mit Mühe (wenn überhaupt) verändern lassen. Soll ein bestimmter Punkt und damit auch die von ihm abhängigen Teile der Figur eine andere Lage einnehmen, so muss man dies in der Vorstellung (gleichsam vor dem inneren Auge) vollziehen oder die Figur neu zeichnen.

So genannte *Dynamische Geometrie-Systeme* (DGS) lösen (unter anderem) dieses Problem wie folgt: Automatisierte Konstruktionsschritte (Befehle) erzeugen die Figur logisch und stellen sie auf dem Bildschirm dar. Der Benutzer (Lehrer oder Schüler) kann sie nun mit der Computermaus an bestimmten Teilen "anfassen" und unter Wahrung des Konstruktionszusammenhangs bewegen (sog. *Zugmodus*).

Hier einige der wichtigsten Merkmale dynamischer Geometrie-Software:

- Unmittelbare Beweglichkeit (Zugmodus)
- Erzeugung von Ortslinien abhängiger Punkte
- Ökonomisches Konstruieren durch Makro-Definitionen
- Umfassende Edier- und Aufzeichnungsmöglichkeiten
- Animation (filmischer Ablauf von Aufzeichnungen)
- Ausdrucken einer Figur

Praktisch erweitern sich hierdurch die Möglichkeiten der Geometrie im Klassenzimmer beachtlich:

1. Vor allen Dingen wird *heuristisches Arbeiten* und *entdeckendes Lernen* in hohem Maße unterstützt. Man kann experimentell vorgehen, indem man eine Figur verändert, in Grenzlagen bringt und sich ein Bild von der Abhängigkeit ihrer Teile verschafft. Nicht nur die Figur, sondern auch der Zusammenhang ihrer Konstruktion als Ganzes wird visualisiert. Auf diese Weise gewinnt man auch zu komplexeren Problemen bzw. Figuren leichteren Zugang.
2. Mit den Konstruktionswerkzeugen lassen sich interaktive (sogar animierte) *Arbeitsblätter für die Klasse* vorbereiten. Die fertigen oder halbfertigen Figuren dienen dann den Schülern zur weiteren Erkundung bzw. Ergänzung. Für schwächere Schüler lassen sich Blätter mit mehr Vorgaben oder Hilfen entwickeln. Die Figuren können beschriftet, mit Begleittext versehen und ausgedruckt werden. Neuerdings erlauben immer mehr Systeme den Export ihrer Figuren auf Web-Seiten.

Ein prominenter Vertreter der DG-Systeme ist *Cabri Géomètre*, das auch im Unterricht verwendet wurde.

DGS gestattet darüber hinaus, Konstruktionen quantitativ auszuwerten, indem man Streckenlängen, Winkelgrößen und Flächengrößen oder Punktkoordinaten automatisch messen lässt und diese Messungen als Grundlage für weitere Berechnungen nutzt.

DGS macht Beweise nicht überflüssig. Im Gegenteil! Sie erlaubt den Schülerinnen und Schülern einen experimentellen Zugang zu den mathematischen Inhalten; die anschließende Beschäftigung mit dem „Warum?“ fällt dann aber umso leichter, je besser die Schülerinnen und Schüler das „Was?“ verstanden und durchdrungen haben. Die bewegliche Konstruktion regt aufgrund ihrer Veränderbarkeit auch zum Weiterdenken an:

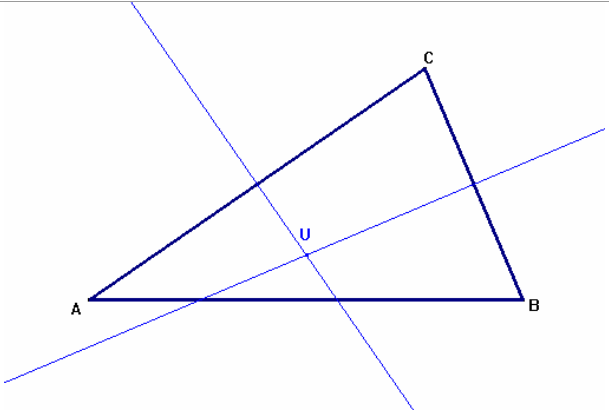
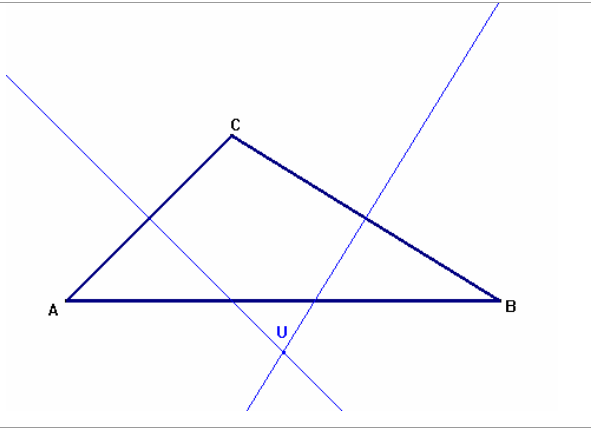
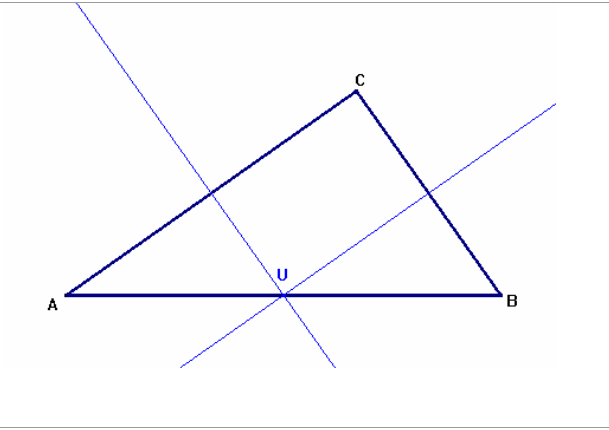
<p>Wie bewegt sich z. B. der Schnittpunkt der Mittelsenkrechten eines Dreiecks, wenn man an einer Dreiecksecke zieht und so das Dreieck verändert?</p> <p>Wann liegt dieser Schnittpunkt</p> <ul style="list-style-type: none"> • im Inneren des Dreiecks, • außerhalb des Dreiecks, • auf einer Dreiecksseite? 	
	

Tabelle 1: Wo liegt der Umkreismittelpunkt eines Dreiecks?

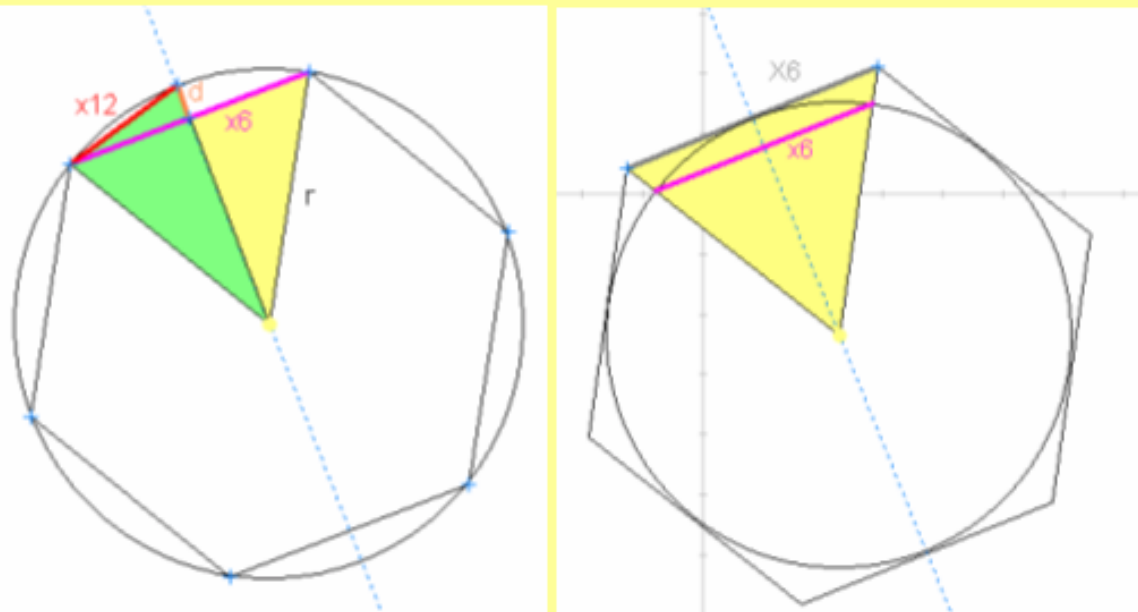
Derartigen Fragen kann mit statischen Zeichnungen auf Papier oder an der Tafel nur schwerlich nachgegangen werden. Dynamische Konstruktionen drängen diese Fragen dagegen geradezu auf und dienen damit als Grundlage zum Weiterforschen und Entdecken.

2.1.3.2 Tabellenkalkulation

Die Einsatzmöglichkeiten der Tabellenkalkulation sind sehr vielfältig. Im Projekt wurde EXCEL an vielen Stellen genutzt. So z.B. bei einfachen statistischen Untersuchungen und Aufgaben zur Wahrscheinlichkeit, beim Umsetzen von Daten in Graphik, beim Suchen einer Regressionsfunktion, beim Erkunden von Funktionen, beim

Berechnen von Zinsen und Tilgungsplänen und beim Studieren von Algorithmen. Das Ausführen von Algorithmen ist ja ein klassisches Anwendungsgebiet des Rechereinsatzes. So wurde z.B. das Heronverfahren zur Berechnung der Quadratwurzel einer Zahl, der Euklidische Algorithmus zur Bestimmung des größten gemeinsamen Teilers zweier Zahlen sowie die Berechnung der Zahl π nach Archimedes implementiert.

Diese Abschätzung leitete Archimedes durch die Berechnung an einem Kreis mit um- und eingeschriebenen regulären Vielecken her. Er verwendete eine sogenannte "Rekursionsformel", indem er mit dem Sechseck beginnend durch fortlaufende Verdopplung der Eckenzahl für das 96-Eck das obige Resultat erhielt.



Arbeitsauftrag:

- ⇒ **Prüfe** die Abschätzungen des Archimedes nach!
- ⇒ **Berechne** mit Hilfe des Lehrsatzes von Pythagoras und der Strahlensätze die Seitenlängen x_{2n} und X_{2n} der ein- und umgeschriebenen $2n$ -Ecke aus der Seitenlänge des einbeschriebenen n -Ecks.
- ⇒ **Zeige**, dass sich die Umgänge der einbeschriebenen Vielecke bei fortgesetzter Verdopplung der Seitenanzahl den exakten Umfang des Kreises von unten her annähern, während die umgeschriebenen Vielecke das von oben tun.
- ⇒ **Entwirf** zur Aufgabenstellung eine möglichst übersichtliche Tabelle!
- ⇒ **Führe** die Überlegungen auch ausgehend vom Viereck **durch!**

► **Berechnung von pi (Archimedes)** / Berechnung von pi (Vieta) / Berechnung von

Abbildung 1: Berechnung der Zahl π nach Archimedes

2.1.3.3 Interaktive Applets

Schüler/innen arbeiten gerne mit den meist bunten interaktiven Applets, sie müssen nichts selbst konstruieren, alles lässt sich mit der Maus bewerkstelligen. Für den Lehrer/die Lehrerin stellen diese Werkzeuge dennoch einige Herausforderung dar, da oft der spielerische Charakter überwiegt.

Die notwendige Entschleunigung führt über die Dokumentation der durchgeführten Handlungen beziehungsweise der Reflexion darüber warum, mit welcher Absicht und zu welchem Zweck sie durchgeführt wurden sowie welches Ergebnis man erhalten hat.

- War das Ergebnis überraschend oder hat man es ohnehin vermutet?
- Gibt es eine Erklärung dafür?
- Gilt das Phänomen allgemein oder nur für den speziellen Fall beziehungsweise eine ganz bestimmte Form und Figur?

Es soll auch zu diesem Punkt eine Unterrichtssituation herausgegriffen werden, die zeigt, was der Output einer Lernsequenz sein kann, wenn der Lehrer/die Lehrerin nicht im Vorfeld alles festgelegt und vorbestimmt.

Ausgangspunkt war die Webseite von Walter Fendt¹ und dort die Applet-Sammlung „Das Dreiecks – Labor“, die zu diesem Zeitpunkt insgesamt 33 Applets umfasste. Die Auswahl konnte nur über eine Liste mit Namen vorgenommen werden.

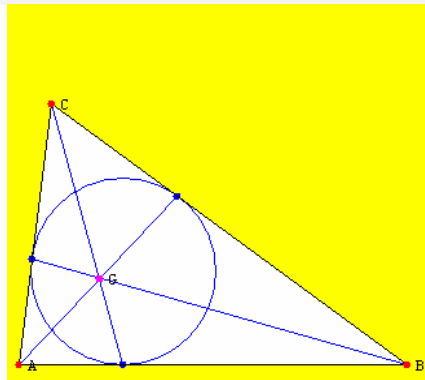
Die Aufgabenstellung zur Hausübung lautete:

- Wähle ein Applet aus der Sammlung Dreiecks – Labor aus und studiere es sorgfältig.
- Begründe auch, warum du gerade dieses Applet ausgewählt hast.
- Schreibe deine Lernergebnisse in deinem Lerntagebuch auf.
- Hast du noch weitere Vermutungen?
- Versuche die Konstruktion in deiner DGS nachzuvollziehen und führe eventuell Messungen durch.
- Bereite eine kleine Präsentation für die nächste Stunde vor. Du sollst sie mit deinem Sitznachbar/deiner Sitznachbarin gegenseitig besprechen.
- Überlege zusammen mit deinen Klassenkollegen/Klassenkolleginnen, wie ihr es bewerkstelligt könntet, dass alle verschiedenen Applets möglichst anschaulich und übersichtlich auf einem Poster zu platzieren, das wir dann am Gang aufhängen könnten. Die Informationen sollten aber so ausreichend sein, dass ein Schüler/eine Schülerin, die dieses vorher noch nicht gesehen hat, mit Hilfe deiner Erklärungen weiß, was damit gemeint ist.

Das Hauptkriterium für die Auswahl des Applets war der Name. Es wurde das gewählt, was man noch nie gehört hat oder was besonders exotisch klingt. Die folgenden drei Beispiele wurden jeweils zweimal gewählt, so dass insgesamt 12 verschiedene Beispiele ausgetauscht wurden.

¹ <http://www.walter-fendt.de/>

Gerade in den letzten Jahren wurden – oft mit Hilfe von Computern – immer wieder neue, verblüffende Eigenschaften entdeckt. Dieses Dreiecks-Labor soll dabei helfen, ein wenig Einblick in die Welt der Dreiecke zu erhalten.



Neustart

Nächster Schritt

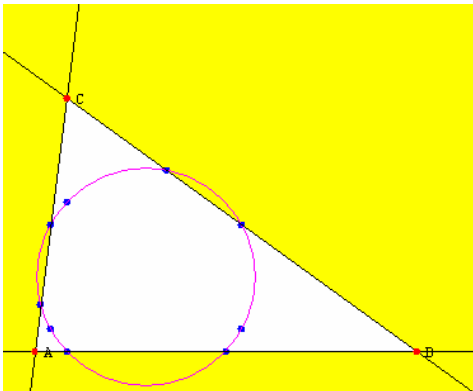
... so stellt man fest, dass sich die Verbindungsstrecken in einem Punkt schneiden. Man spricht vom Gergonne-Punkt des Dreiecks.

Was ist z.B. der Gergonne-Punkt?

Kann man das aus der Zeichnung links erkennen? Oder muss man den Konstruktionsgang aufmerksam mitverfolgen?

Welche Bedeutung hat der Kreis?

Was gibt es Besonderes über diesen Punkt herauszufinden?



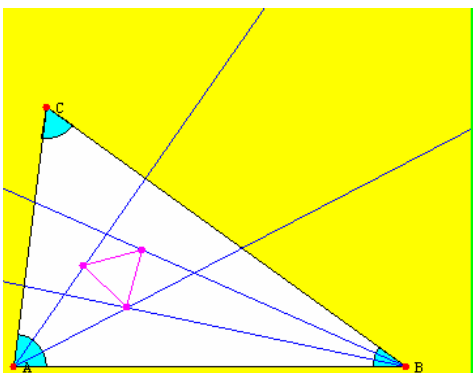
Neustart

Nächster Schritt

Richtig! Alle diese Punkte liegen auf einem Kreis. Man nennt ihn den Feuerbach- oder Neun-Punkte-Kreis.

Die drei Seitenmittelpunkte, die drei Fußpunkte der Dreieckshöhen und die drei Mittelpunkte der "oberen Höhenabschnitte" (jeweils zwischen dem Höhenschnittpunkt und einer Ecke des Dreiecks) liegen auf einem Kreis.

Dieser Kreis heißt Feuerbach-Kreis oder Neun-Punkte-Kreis.



Neustart

Nächster Schritt

Diese Schnittpunkte werden zu einem Dreieck verbunden.

Das Morley-Dreieck eines Dreiecks ist gleichseitig. Beide Schüler, die diese Aufgabe wählten, hatten Probleme bei der Dreiteilung des Winkels in der DGS CABRI. Das Problem ist wahrscheinlich bis heute nicht gelöst, es wird aber sogar jetzt während der Ferien daran gearbeitet, wie ich aus einer Email-Anfrage, die ich vor ein paar Tagen erhielt, entnehmen konnte.

Tabelle 2: Favoriten aus dem Dreiecks- Labor

2.1.3.4 Lernpfad Lehrsatzgruppe des Pythagoras²

Adresse <http://www.mathe-online.at/lernpfade/Lernpfad203/>

Die Lernmaterialien sollen die Schülerinnen zu den Lehrsätzen der Satzgruppe des Pythagoras hinführen und ihnen die Problemstellung verdeutlichen. Die Schülerinnen sollen die Aussage des Satzes des Pythagoras als Satz über die Quadrätfächen am rechtwinkligen Dreieck kennen und erklären können. Die Schülerinnen sollen Beweise zum Satz des Pythagoras kennen lernen, wenigstens einen Beweis mit allen Beweisschritten verständlich reproduzieren und die Schönheit und Eleganz verschiedener Beweise erleben können. Die Schülerinnen sollen weitere Gesetzmäßigkeiten der Satzgruppe des Pythagoras kennen und anwenden können. Die Schülerinnen sollen die Bedeutung des Satz des Pythagoras zur Längenberechnung erkennen und anwenden können. Die Schülerinnen sollen Materialien und Informationen zu einem gestellten Problem auswählen, zur Lösung des Problems auswerten und das Gelehrte in Wort und Bild verständlich darstellen können.

1. [Über die Entstehungsgeschichte](#)
2. [Hinführung zu den Lehrsätzen](#)
3. [Beweise der Lehrsätze](#)
4. [Noch mehr interaktive Lernmaterialien](#)
5. [Anwendungsaufgaben](#)
6. [Übersicht - Test - Lernziele - Reflexion](#)

Die Kernidee Lehrsatzgruppe des Pythagoras (siehe Anhänge 7.4.8 bis 7.4.13) soll von den Schülern und Schülerinnen vollständig auf eigenen Wegen erforscht werden. Für die Bearbeitung, die zu Hause erfolgen soll, steht ein Zeitraum von sechs Wochen zur Verfügung. Neben Pflichtaufgaben gibt es auch freiwillige Bonusbeispiele. Es gibt auch Anregungen für Gruppenarbeiten und Präsentationen. Besonders wichtig sind die Dokumentationen der Lernwege im Lern- bzw. Reisetagebuch.

Abbildung 2: Übersicht – Lernpfad Lehrsatzgruppe des Pythagoras

Über die Entstehungsgeschichte

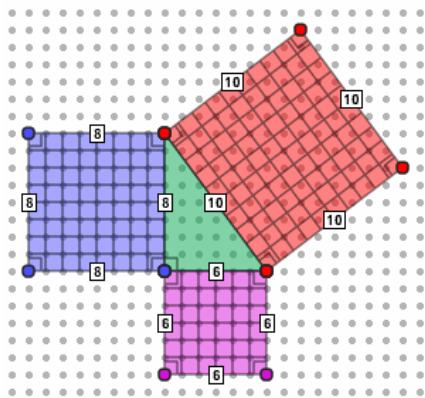
1.1 Wer hat den Lehrsatz gefunden?
<http://www.mathe-online.at/materialien/hildegard.urban/files/knotenseil.doc>
 Der Lehrsatz von Pythagoras wurde sicher nicht von Pythagoras gefunden. Er ist viel älter und war bereits im alten Ägypten bekannt. Gesichert ist jedenfalls, dass die ägyptischen Baumeister bereits 2300 v. Chr. rechte Winkel mit einer Knotenschnur (3, 4, 5) abgetragen haben. Wie sind sie dabei vorgegangen? Warum hat die Methode "funktioniert"?
 Historischer Hintergrund, Eintrag in das Lerntagebuch

1.2 Wie könnte Pythagoras vorgegangen sein?
<http://www.mathe-online.at/materialien/hildegard.urban/files/Spekulationen-Entstehungsgeschichte.doc>
 Über die Entstehungsgeschichte des Lehrsatzes von Pythagoras gibt es keinerlei gesicherte Erkenntnis. Hat Pythagoras möglicherweise auch andere Figuren als Quadrate über den Katheten und der Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks errichtet?
 Übungsaufgabe, Eintrag in das Lerntagebuch, Vorgriff

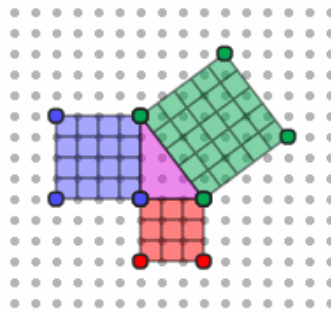
1.3 Interaktive Lernmaterialien zur Entstehungsgeschichte
<http://www.mathe-online.at/materialien/hildegard.urban/files/Entstehung.zip>
 Die möglichen Vermutungen und Versuche des Pythagoras können mit interaktiven Lernmaterialien selbsttätig und experimentell überprüft werden. Die schriftlichen Anleitungen sind im Kapitel 1.2 zu finden
 Vertiefung, experimentelles Arbeiten

Abbildung 3: Über die Entstehungsgeschichte des Lehrsatzes von Pythagoras

² Dieser Lernpfad wurde von der Autorin konzipiert und entwickelt und ist unter www.mathe-online.at verfügbar.



- A. $6 + 8 = 10$
- B. $6 + 8 = 14$
- C. $6^2 + 8^2 = 10^2$
- D. $10^2 + 8^2 = 6^2$



Find the areas of the three squares in the diagram.

- a. What are the areas of each of the squares?
- b. What is the sum of the areas of the squares on the legs? What is the area of the square on the hypotenuse? How do these compare?
- c. You started with a right triangle with side lengths 3, 4, and 5. By building squares and finding areas you should have found that $3^2 + 4^2 = 5^2$. What equation would you have if the side lengths of the right triangle were a , b , and c instead of 3, 4, and 5? (Use c as the length of the hypotenuse.) This is the *Pythagorean Theorem*.

Abbildung 4: The Pythagorean Theorem Gizmo

Puzzle - Beweis von PERIGAL

Betrachte die Kathetenquadrate und das Hypothenusenquadrat. Nach welcher Konstruktionsvorschrift wurde das größere Kathetenquadrat in vier Teile geteilt? Was stellst du fest?

Verändere die Lage des Punktes C. Was verändert sich, was verändert sich nicht?

Beschreibe die Eigenschaften der vier unregelmäßigen Vierecke (gelb, grün, hellblau, dunkelblau).

Kannst du begründen, warum die fünf Teilflächen genau aneinander passen?

Gilt das für alle rechtwinkligen Dreiecke?

Abbildung 6: Der Puzzle – Beweis des PLS von PERIGAL

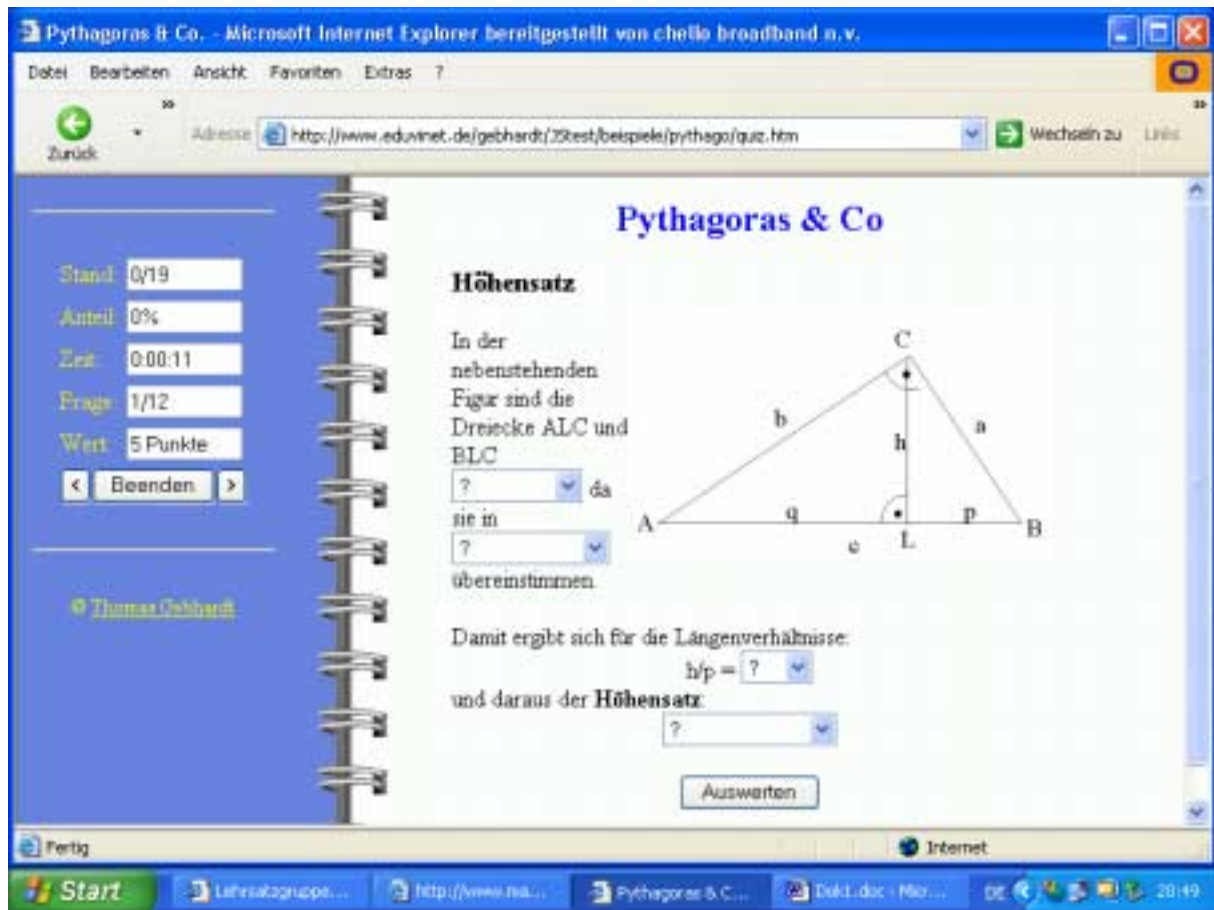


Abbildung 7: Ein aktiver Test zum Thema Lehrsatzgruppe des Pythagoras

2.1.3.5 Interaktive Lernmaterialien – „Kernidee“ Funktionen³

Die Schülerin/der Schüler findet in dieser strukturierten Material- und Aufgabensammlung (Abbildung 8) eine Reihe von Aufgabenstellungen, Fragestellungen und Anregungen zur selbstständigen Weiterarbeit. Wegleitend ist neben dem Reisetagebuch der Begriff der Kernidee (vgl. Ruf/Gallin, [32]). Die beiden Autoren verstehen unter Kernideen sachbezogene Herausforderungen der Lehrpersonen an die Lernenden, sich ihre eigenen Kernideen bewusst zu machen und sie mit den Anforderungen der Stoffe zu koordinieren. Dabei kommt dem divergierenden Austausch eine Schlüsselrolle zu. So wie man den singulären Standortbestimmung im Unterricht viel Raum und Zeit einräumen muss, so muss auch der Austausch mit Geduld und Beharrlichkeit als Arbeitsform erlernt und kultiviert werden. Gallin und Ruf messen der Schriftlichkeit in allen Phasen des Lernprozesses eine große Bedeutung zu. Für den Aufbau dieser Kompetenzen können sowohl anwendungsorientierte als auch innermathematische Problemfelder, die insgesamt ein ausgewogenes Bild von mathematischer Tätigkeit im Spannungsfeld zwischen Anwendung und Theoriebildung vermitteln, dienen.

³ Diese Lernumgebung wurde ebenfalls von der Autorin selbst konzipiert und entwickelt.

Die Arbeit mit Reisetagebuch und Kernideen erlaubt es, die Lernenden mit großen und zusammenhängenden Stoffgebieten zu konfrontieren und ihnen genügend Raum für authentische Begegnungen und für singuläre Standortbestimmungen anzubieten. Die Lernenden können persönliche Schwerpunkte setzen, sich in Arbeitsgruppen organisieren und eigene Kernideen entwickeln. Jede Schülerin/jeder Schüler soll seinen persönlichen Dialog mit der Sache aufnehmen. Alle machen sich auf den Weg, jeder/jede nutzt seine Möglichkeiten, so gut er kann. Im Reisetagebuch erzählen die Lernenden ihre persönliche Begegnung mit den Stoffen. Abbildung 9 bis Abbildung 13 zeigen eine kleine Auswahl der vielfältig angelegten Lernmaterialien – von der Selbstlerneinheit, über die Explorationsaufgabe bis zur Anwendungsaufgabe. Die Lehrperson stellt nicht Mängel fest und misst Abweichungen gegenüber den fachlichen Normen, sondern interpretiert die Spuren singulärer Lernprozesse und gibt Empfehlungen für die Weiterarbeit.

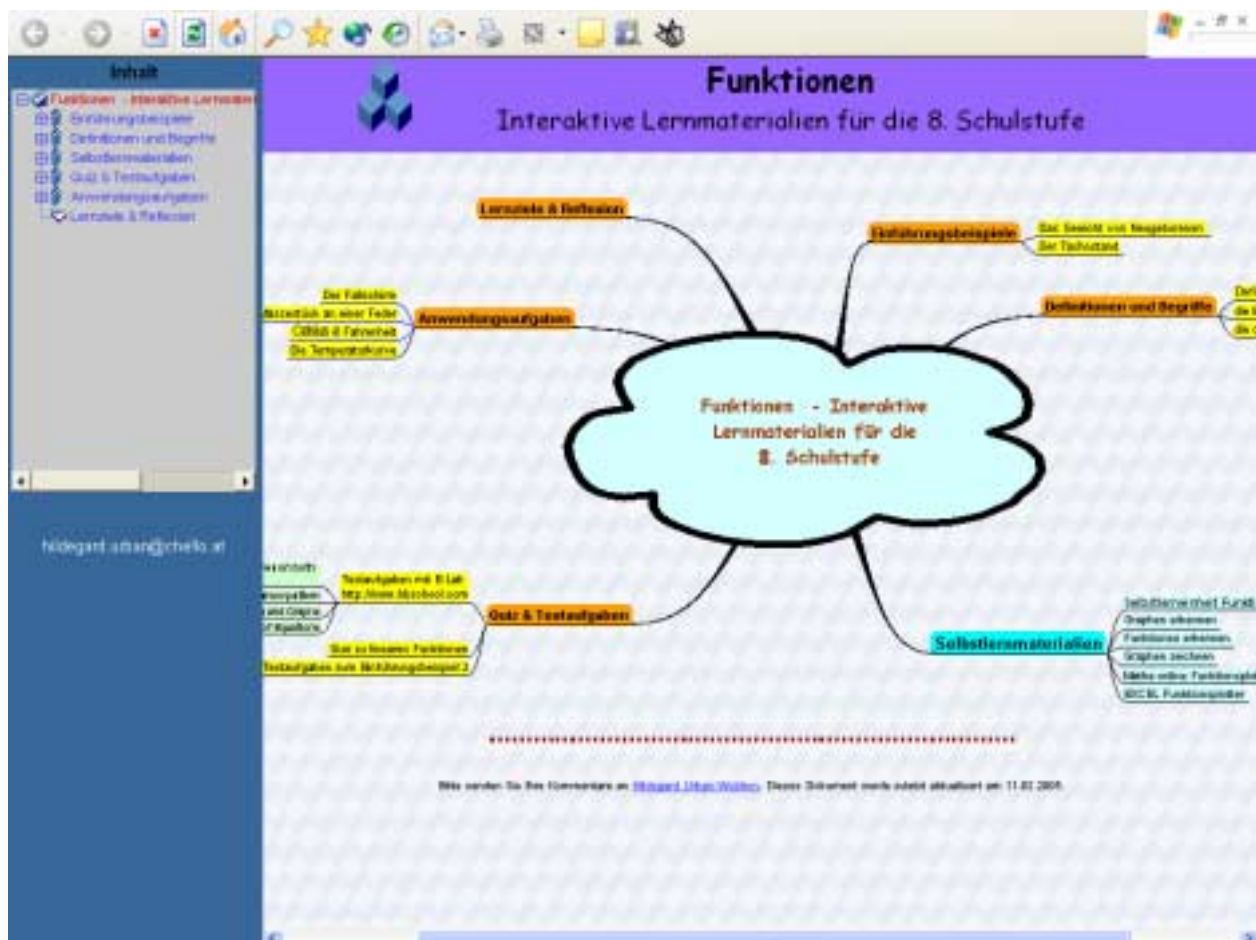


Abbildung 8: Eine Sammlung interaktiver Lernmaterialien zum Thema Funktionen

Funktionen
Interaktive Lernmaterialien für die 8. Schulstufe

Selbsterneinheit Funktionen

Von der Universität Bremen steht dir eine [Selbsterneinheit zum Thema Funktionen](#) zur Verfügung.

Wenn du den entsprechenden Links folgst, kannst du dir **ganz individuell und eigenständig Wissen aneignen**.

Einige Aufgaben begegnen dir auch an anderen Stellen der hier vorliegenden Lernumgebung.

!Bonusaufgabe 1!
Arbeite mit der [Selbsterneinheit Funktionen](#) und dokumentiere, was du dabei gelernt hast und wie du vorgegangen bist!

!Bonusaufgabe 2!
Arbeite mit der [interaktiven Lerneinheit für Klasse 8](#) und dokumentiere, was du dabei gelernt hast und wie du vorgegangen bist!

Abbildung 9: Selbsterneinheit Funktionen

Funktionen
Interaktive Lernmaterialien für die 8. Schulstufe

Graphen erkennen

In diesem Applet sollst du – in Form eines Puzzles – die Funktionsausdrücke zugehöriger Graphen erkennen.

[Überwähle](#) Unter der interaktiven Test-Software wird dir eine Lernaufgabe [zur Verfügung](#) gestellt. Es werden [Beschreibung](#) und [Lösung](#) der Aufgabenstellung als einen guten Vorstudienwert dienen (Original-Problem).

[Zurück](#) [Weiter](#) [Hilfe](#) [Lernaktivitäten](#) [Über](#) [Hilfe](#)

$f(x) = 2x^2$
 $g(x) = 2x$
 $h(x) = 2x - 1$
 $i(x) = 2x + 1$
 $j(x) = 2x - 2$
 $k(x) = 2x + 4$

Abbildung 10: Zuordnungsaufgabe

Funktionen
Interaktive Lernmaterialien für die 8. Schulstufe

Exploring graphs of Equations

- Drucke das zugeworfene [Arbeitsblatt](#) ab.
- Starte das Programm E.L.E.F.
- Wähle die (jeweils) Aktivität E.L.E.F. 2. a-f.

- Bearbeite die Fragekatalogen 1 bis 13 zum Arbeitsblatt und überlebe deine Ergebnisse auf der Lernplattform!

Erstelle einen Eintrag in deinem Lerntagebuch!

Abbildung 11: Exploring graphs

Funktionen
Interaktive Lernmaterialien für die 8. Schulstufe

Testaufgaben zum Einführungsbeispiel 2 Gewicht von Neugeborenen

Hinweis:

- Es handelt sich um einen interaktiven Test.
- Du kannst die Richtigkeit deiner Antworten selbst überprüfen!
- Beschreibe, wie du an die Lösung der Aufgabenstellung herangegangen bist!

Testaufgabe 1 (Normalgewicht für Neugeborene) **Testaufgabe 2** (Über- oder Untergewicht?)

!Bonusaufgabe!

- Dieses [Arbeitsblatt](#) enthält fünf weitere Aufgabenstellungen zum Thema "lineare Funktion".
- Drucke zumindest die **erste Seite** des Aufgabenblattes **in Farbe** aus (sonst kannst du die Graphen nicht zuordnen)!
- Stelle deine Lösungen auf die **Lernplattform** und **nimm Stellung** zu den Ergebnissen deiner MitschülerInnen!
- Stelle in einem Aufsatz (wenigstens eine A4-Seite) dar, **wie du** bei der Bearbeitung der einzelnen Beispiele **vorgegangen bist**! Das ist mindestens genau so wichtig, wie die Lösung der Aufgaben!

Abbildung 12: Testaufgaben

Funktionen
Interaktive Lernmaterialien für die 8. Schulstufe

Der Fallschirm

- Lade das folgende [Arbeitsblatt](#).
- Ein Fallschirmspringer öffnet seinen Fallschirm und misst mit Hilfe eines Höhenmessers zu verschiedenen Zeitpunkten nach dem Öffnen des Schirms seine Höhe über dem Erdboden. Die Messung ergab die am Arbeitsblatt dargestellte Wertetabelle.
- Bearbeite die **Arbeitsaufträge** a) bis j).
- Für die Erarbeitung der Aufgaben kannst du auch den PC (z.B. das TBK - Programm EXCEL) verwenden.
- Welche **physikalische Bedeutung** hat die Steigung der linearen Funktion?
- !Bonusaufgaben!**
 - Kannst du auch die Umkehrfunktion bestimmen?
 - Beschreibe in Worten, was sie darstellt!
 - Welche Lage haben die beiden Funktionsgraphen im Koordinatensystem?



Abbildung 13: Anwendungsaufgabe Fallschirm zum Thema Funktionen

2.1.3.6 Singuläre Forschungsaufgaben

Im Unterschied zu den beiden selbst gestalteten großen Lernumgebungen Funktionen und Lehrsatzgruppe des Pythagoras wurden viele weitere kleine Forschungsaufgaben, meist als Bonusbeispiele für die Hausübung, eingesetzt. Es sollte festgestellt werden, wie und mit welchen Werkzeugen der Schüler/die Schülerin an die Lösung der Aufgabenstellung herangeht.

Eine besondere Lernsituation in der 7. Schulstufe soll hier angeführt werden, da das Ergebnis höchst überraschend war. Es zeigt, wie sich aus einer relativ einfachen Fragestellung Vermutungen und Beweisbedürfnisse ergeben können und wie sich dadurch die Lernatmosphäre in der ganzen Lerngruppe positiv entwickeln kann. Ausgangspunkt war das Thema Parkettierung (siehe Arbeitsblatt im Anhang 7.4.14). Der Fokus lag auf dem Üben der Konstruktionsschritte mit dem Konstruktionsprogramm AutoSketch. Überraschend für die Schüler/innen war, dass man aus dieser offensichtlich unregelmäßigen Figur ein Parkettmuster legen kann. Die Bonusaufgabe wurde nur von zwei Schülerinnen bearbeitet und da auch unvollständig, da in derselben Woche Englischschularbeit war und sich daher kaum Schüler/innen ausführlich mit Zusatzaufgaben beschäftigen wollten. Die beiden Schülerinnen, die sehr leistungsstark sind, hatten auch keine Vermutung und schon gar keine Erklärung: Die Frage, ob sich jedes Viereck als Parkettstein eignet blieb offen.

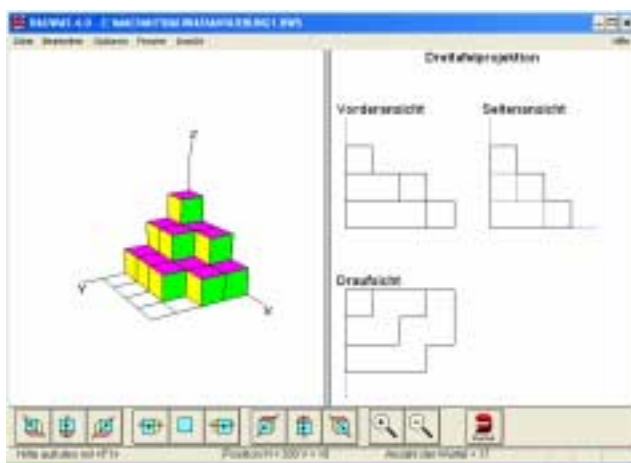
Mehr als 2 Monate später stellte ich diese Bonusaufgabe noch einmal, ohne Verweis auf das Arbeitsblatt, sondern nur als Frage: „Überprüfe, ob sich jedes Viereck als Parkettstein eignet und falls es so ist, gib eine Erklärung dafür!“ Ich war neugierig, auf welche Weise die Schüler/innen an die Aufgabenstellung herangehen: werden sie wieder AutoSketch verwenden, oder verwenden sie Cabri oder arbeiten sie überhaupt nur mit Papier und Schere? Etwas enttäuscht habe ich zur Kenntnis genommen, dass keine/keiner der fünfzehn Schüler/innen zur Bearbeitung der Fragestellung Software verwendet hat, alle fünfzehn hatten mehrere jeweils gleichartige Vierecke aus Papier ausgeschnitten, die meisten überhaupt Rechtecke oder Trapeze, nur zwei Schüler verwendeten jeweils ein konvexes Viereck. Zwei Schülerinnen hatten allerdings zu Hause zusammen gearbeitet und hatten versucht das „etwas fad aussehende Parkettmuster“ durch ein Muster zu verschönern. Auf spielerische Weise hatten sie die Mittelpunktvierecke eingezeichnet und diese bunt gefärbt. Erst beim abermaligen Auflegen in der Schule und als die beiden Schülerinnen mir ihr Werk zeigten, sagte die eine Schülerin zur anderen: „Du siehst du das auch? Es sieht so aus, als wären die bunten Flächen und die dazwischen liegenden gleich groß. Das ist uns zu Hause überhaupt nicht aufgefallen.“ Was sich daraus entwickelt hat, ist im Anhang 7.4.1 ausführlich beschreiben.

Ich wollte sehen, ob sich diese Lernsituation in der 8. Schulstufe auch so entwickelt und stellte die gleiche Bonusaufgabe. Hier ergaben sich zwar sehr viel differenzierte Vierecke, viel mehr konvexe Vierecke, aber niemand kam auf die Idee, das oben beschriebene Varignon-Viereck einzuzichnen und daher konnten auch keine Entdeckungen gemacht werden. Ich ließ es auch dabei, da mir klar wurde, dass solche Erlebnisse wahrscheinlich einmalig sind und ganz bestimmte Zufälle für deren Auslösung notwendig sind.

2.1.3.7 Aufbau und Förderung von Raumvorstellungen⁴

Die „Raumvorstellungsfähigkeit“ ist eine wesentliche Dimension der menschlichen Intelligenz und entwickelt sich im Laufe des individuellen Lebens mit einem typischen S-förmigen Verlauf mit einer Sättigung im Erwachsenenalter und einem besonders steilen Anstieg zwischen etwa 7 und 13 Jahren (vgl. [6]). In unserer heutigen Welt erlangt das (zweidimensionale) Bild durch Fernsehen, Filme und Internet eine immer größere Bedeutung. In vielen verschiedenen außer- und innermathematischen Bereichen werden aber die Fähigkeiten zur Raumanschauung gebraucht, die trainierbar sind und durch Bearbeiten geeigneter Problemstellungen gefördert werden.

Die Auseinandersetzung mit räumlichen Verhältnissen und Formen wird im Lehrplan Mathematik und in der Geometriedidaktik schon für die Grundschule als besonders wichtiges Ziel angesehen. Dabei ist das konkrete Handeln mit dem Material für die Förderung der Raumvorstellung eine ganz wesentliche Grundlage und „händische“ Aktivitäten müssen zu Beginn im Vordergrund stehen. Kompetenzen zur mentalen Vorstellung von räumlichen Objekten und Beziehungen müssen durch konkretes Handeln – durch Sehen und „Begreifen“ mit realen Objekten und Modellen erworben werden. Eine virtuelle Anreicherung kann niemals als Ersatz sondern nur als Ergänzung für händische Aufgaben gedacht sein und sollte einen „Mehrwert“ gegenüber herkömmlichen Materialien aufweisen. *„Gute und für die jeweilige Altersstufe leicht handhabbare Software kann eine wertvolle Ergänzung und Erweiterung der Materialien und Aktivitäten zur Förderung der Förderung der Raumvorstellung bieten“* ([6], S. 31)



Das Programm BAUWAS⁵ wurde von einer interdisziplinären Arbeitsgruppe aus Pädagogen/innen und Informatiker/innen entwickelt. Es bietet die Möglichkeit komplexe Körper aus Würfeln per Mausklick zu konstruieren.

Durch Öffnen eines zweiten Fensters z.B. mit Dreitafelprojektion des konstruierten Körpers kann die Fähigkeit zu mentalen Transformationen, in diesem Fall von 3D-Darstellungen in 2D-Darstellungen und umgekehrt geübt werden.

Tabelle 3: Die Arbeitsoberfläche von BAUWAS

⁴ vgl. [44]

⁵ Bezugsquelle für das Programm: MACH MIT e.V. c/o Marianne Handke, Britzer Damm 125, 12347 Berlin – eine Demo-Version finden Sie unter www.learnline.nrw.de/Themen/Medienbildung/Beispiele/Bauwas.html oder www.bauwas.de

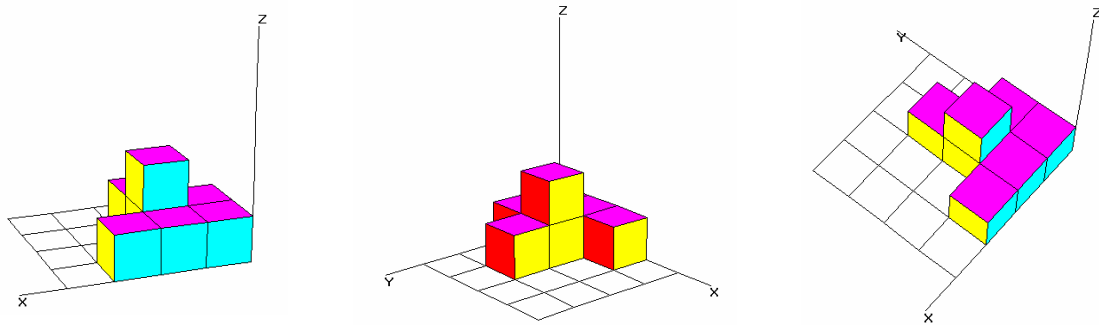


Tabelle 4: BAUWAS ermöglicht das Bewegen eines Körpers im Raum

Mit Hilfe der Zwei-Fenster-Ansicht (Abbildung 14) kann der Transfer von den Normalprojektionen zum axonometrischen Bild und umgekehrt geübt werden. Dabei kann der Schüler/die Schülerin beliebig Würfel wegnehmen oder dazufügen und so die Veränderungen in den Normalprojektionen feststellen.

Durch Drehen des Körpers im axonometrischen Bild kann der Körper aus verschiedenen Richtungen betrachtet werden.

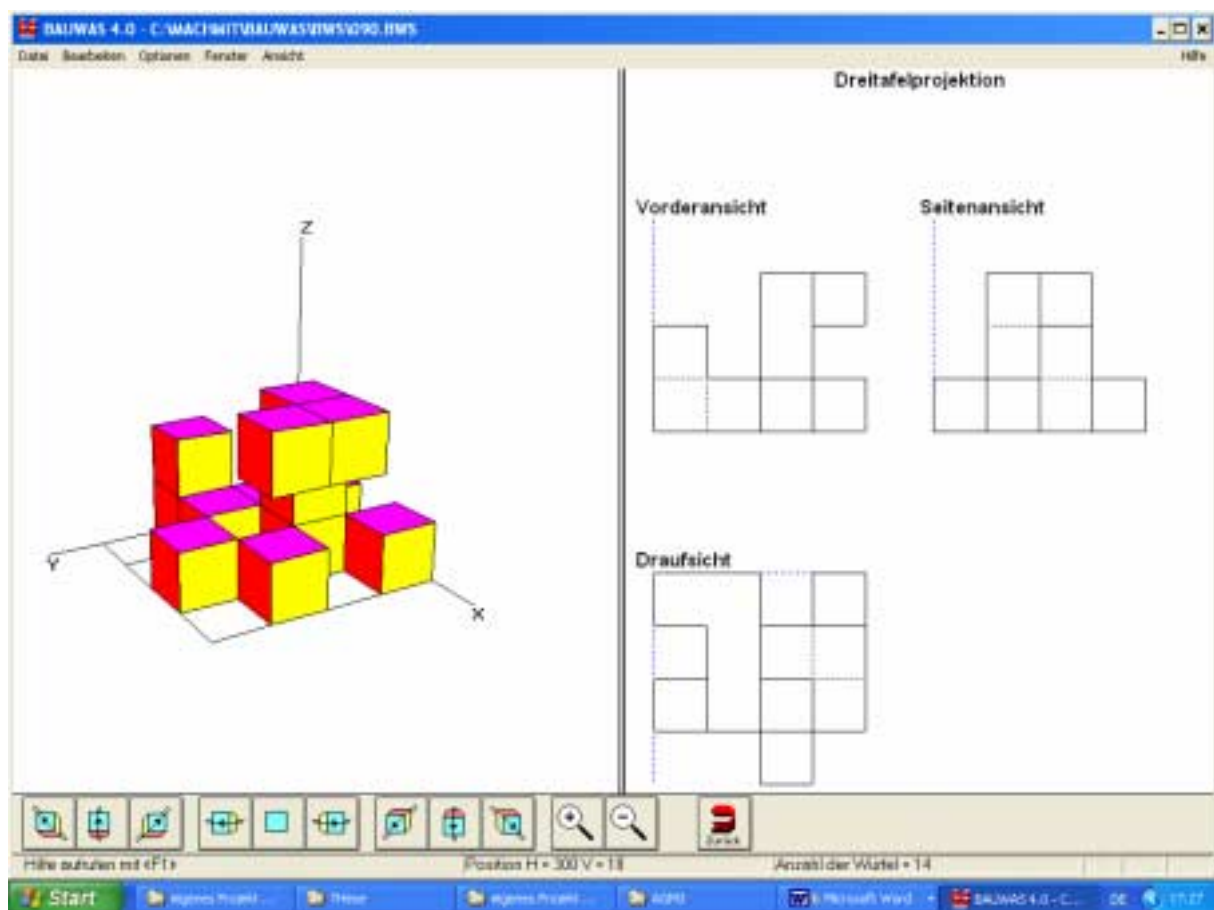


Abbildung 14: Grund-, Auf- und Kreuzriss sowie axonometrisches Bild

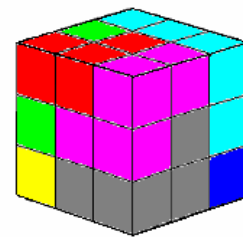
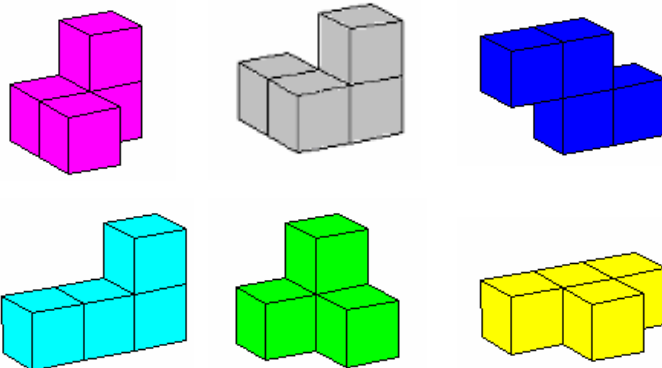
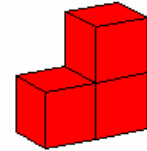
Die Verbindung von realen (Holzmodell), virtuellen (mit BAUWAS dargestellten) und gezeichneten (ausgedruckten) Würfelkonstellationen ermöglicht vielfältige Transfer-

aktivitäten, die das räumliche Vorstellungsvermögen der Schüler/innen trainieren. Mit den einzelnen Grundbausteinen lässt sich neben dem Soma-Würfel noch eine Vielzahl an schönen Formen zusammenbauen.

Beispiel: Den Soma-Würfel interaktiv erfahren

Der Somawürfel⁶ ist aus sieben Teilen (einem Würfel drilling und sechs Würfelvierlingen) zusammengesetzt.

Das Gesamtvolumen beträgt 27 Einheitswürfel – die einzelnen Teile lassen sich auf 240 verschiedene Möglichkeiten zu einem 3x3x3 Würfel zusammenbauen.



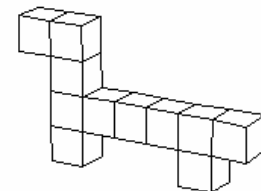
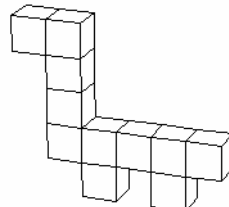
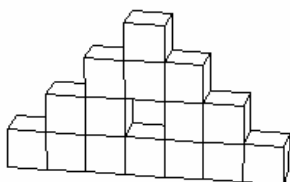
Es gibt weitere 239(!) Möglichkeiten, einen 3x3x3 Würfel aus den vorgegebenen 7 Bauteilen zusammenzusetzen.

Tabelle 5: Die sieben Teile des SOMA-Würfels

Eine Auswahl möglicher Fragestellungen

(1) Du kannst mit den vier einschichtigen Teilen (rot, gelb, hellblau, dunkelblau) auch schon interessante Körper zusammenbauen.

- Baue die dargestellten Körper nach, beschreibe wie du vorgegangen bist und kennzeichne die einzelnen Teile mit den entsprechenden Farben.
- Wie viele Teile benötigst du jeweils?
- Erfinde selbst zwei weitere Körper, die sich mit zwei, drei oder allen vier Ebenen Teilen zusammensetzen lassen.
- Skizziere deine Körper – ohne farbige Lösung – und tausche sie mit einer Mitschülerin/einem Mitschüler aus. Baue auch die erhaltene Figur nach!



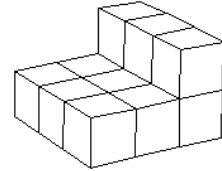
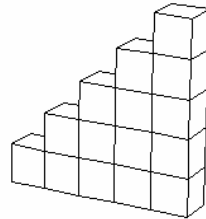
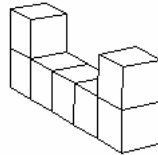
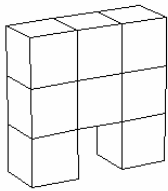
(2) Die dargestellten Figuren bestehen aus zwei, drei oder vier Teilen aus dem ganzen Sortiment.

- Überlege bei jeder Figur zuerst, wie viele Teile du brauchst – und baue sie dann. Markiere die

⁶ Der Soma-Würfel wurde Piet Hein, einem Dänen, während einer Vorlesung über theoretische Physik von Werner Heisenberg erfunden.

verwendeten Teile mit den entsprechenden Farben und vergleiche deine Lösung mit deinen Mitschülerinnen/Mitschülern. Vielleicht gibt es auch verschiedene Lösungen?

- Erfinde selbst interessante Körper aus maximal vier Teilen.



(3) Für den Soma-Würfel benötigst du alle sieben Teile aus dem gesamten Sortiment. Es gibt 240 Möglichkeiten, diese sieben Teile zu einem Würfel zusammenzusetzen.

- Wie viele findest du?
- Erstelle für deine Mitschüler/innen eine nachvollziehbare, schrittweise Bauanleitung zu jeder von dir gefundenen Lösung.

Tabelle 6: Ausgewählte Beispiele zum SOMA-Würfel

2.1.4 Interaktion und Interaktivität

Der Begriff Interaktion, abgeleitet vom Lateinischen *inter* = zwischen und *agere* = handeln, kennzeichnet in den Sozialwissenschaften die gegenseitige Beeinflussung, die wechselseitige Abhängigkeit und das „Miteinander - in - Verbindung - treten“ zwischen Individuen und sozialen Gebilden. In den 80er-Jahren des 20. Jahrhunderts wurde dieser ursprüngliche Verwendungszusammenhang auf den Bereich der Mensch-Computer Interaktion erweitert. Der Begriff Interaktivität beschreibt in Bezug auf Computersysteme die Eigenschaften von Software, die dem Benutzer eine Reihe von Eingriffs- und Steuermöglichkeiten eröffnen.

Wenn wir uns mit Multimedia befassen, interessiert weniger die Mensch-Computer Interaktion als vielmehr die Mensch-Programm Interaktion, wo der Computer als Maschine unsichtbar hinter die Anwendung zurücktritt und nur mehr das Medium für ein Lernprogramm darstellt. Die Relation von intelligenten Lernumgebungen und Lernern wird als Interaktionsraum bezeichnet. Schulmeister beschreibt Interaktion auf drei Ebenen unterschiedlicher Qualität in Implikation auf die Lernerkontrolle:

<i>reaktive Interaktion</i>	Eine reaktive Interaktion ist eine Antwort auf präsentierte Stimuli, z.B. eine Antwort auf eine gestellte Frage. Der Entwickler behält auf diesem Niveau die vollständige Kontrolle über den Inhalt, seine Präsentation, die Abfolge und die Übungsniveaus.
<i>proaktive Interaktion</i>	Proaktive Interaktion betont die Konstruktion und generierende Aktivitäten des Lernenden. Dabei gehen die Handlungen des Lernenden über die Auswahl vorhandener Informationen und die Antwort auf vorhandene Strukturen hinaus und generieren subjektive und einzigartige Konstruktionen jenseits der vom Designer der Multimedia-Anwendung eingerichteten Regeln.

Wechselseitige Interaktion findet in Anwendungen mit künstlicher Intelligenz oder virtueller Realität statt, in denen Lerner und System sich wechselseitig anpassen können.

Tabelle 7: Interaktion in Hinblick auf die Lernerkontrolle (nach Schulmeister, 2002a)

Beim personalen Unterricht ist der pädagogische Dialog charakterisiert durch ein wechselseitiges Eingehen von Lehrenden und Lernenden: durch *Interaktion*. Gerade diese Interaktivität fällt den so genannten „interaktiven“ Medien schwer und ihre Konzeption und technische Implementation stellt eine große Herausforderung und einen erheblichen Aufwand dar und führt dazu, dass die „Intelligenz“ so genannter intelligenter tutorieller Systeme weniger „im“ Programm, sondern vielmehr in der Schnittstelle zwischen Mediensystem und Lerner zu suchen ist.

Um „echte“ Interaktivität von „bloßer Reaktivität“ zu unterscheiden, definiert Issing (vgl. [16]) den Begriff Interaktivität in der folgenden Weise.

„Interaktivität ist eine der besonderen, wenn nicht sogar die bedeutendste, Eigenschaft von Multimedia und Hypermedia und bildet zugleich die wichtigste didaktische Komponente im computerunterstützten Lernen. Als Schlüsselkomponente dieser neuen Medienformen unterstützt Interaktivität die Individualisierung des Lernprozesses“ (Issing, 1998, S. 171).

Issing unterscheidet sechs Stufen der Interaktivität und stellt fest, dass die meisten auf dem Markt befindlichen Lernprogramme nur Interaktionsformen auf den Stufen 1 bis 3 zulassen. Lernende können dabei aktiv höchstens Inhalte und Objekte bestimmen und auswählen und bleiben in der Phase der Informationserschließung in der Rolle eines passiven Rezipienten.

1. Steuerung des Ablaufs des Informationsangebotes bzw. Programms
2. Auswahl der Inhalte und Bestimmung des eigenen Lernweges
3. Auswahl und Steuerung der Präsentationsformen der Inhalte
4. „Dialog“ mit dem Computer mittels Datenein- und -ausgabe
5. Manipulation, Modellierung und Generierung multimedialer Daten und Objekte
6. Asynchrone und synchrone Kommunikation und Kooperation mit Experten, Tutoren und anderen Lernenden.

Nach Issing soll aus didaktischer Sicht durch Interaktivität die aktive Verknüpfung neuer Informationen mit bereits vorhandenem Wissen gefördert werden. Der Lernende muss durch die Interaktionen mit dem Programm aktiv sein können, Rückmeldung über sein lernerisches Tun erhalten und durch Aufrechterhaltung der Lernmotivation zu einer elaborativen und lernwirksamen Verarbeitung angeregt werden.(vgl. [16]) Von echter Interaktivität kann nach Issing nur gesprochen werden, wenn

- die Lernenden kreativ sein dürfen– wenn sie Inhalte modifizieren bzw. selbst erstellen dürfen
- das Programm nicht starr und statisch ist, sondern dynamisch und adaptiv auf die Aktionen des Lerners reagiert
- die Lernenden selbst die Kontrolle des Lernprozesses übernehmen können
- den Lernenden vom Mediensystem bei Bedarf adaptive Hilfe bzw. Führung angeboten wird.

Ich werde im praktischen Teil meiner Arbeit Ansatzpunkte für die konkrete Umsetzung dieser theoretischen Aspekte der Interaktivität in offenen und adaptiven Lernumgebungen, die möglichst viele Lerner bei ihrem Aneignungsprozess unterstützen sollen, darstellen.

2.2 Problemstellungen und Herausforderungen

2.2.1 Vorgaben durch den Lehrplan⁷ und eigene Schwerpunktsetzungen

Für das schulautonome Fach AGM gibt es am Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum einen eigenen Lehrplan, nach dem sich die Bildungs- und Lehraufgabe zunächst an den Fächern Mathematik, Geometrisches Zeichnen und Mathematik orientiert. Darüber hinaus sollen die Schüler/innen u. a. befähigt werden

- stark interessenorientierte Arbeiten in selbstorganisierter, selbsttätiger Weise sowohl individuell als auch in der Gruppe durchzuführen
- Interesse für größere Zusammenhänge zu entwickeln
- Verständnis für Denk- und Arbeitsweisen bei der Anwendung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien zu entwickeln
- ihren eigenen Lernerfolg selbst zu kontrollieren
- ihre Arbeit in geeigneter Weise zu dokumentieren

Aufbauend auf den Festsetzungen im Lehrplan habe ich eigene Schwerpunktsetzungen vorgenommen und Möglichkeiten der Zielerreichung überlegt:

- Selbststeuerung beim Lernen
 - Um Selbststeuerung beim Lernen zu initiieren, müssen die Lernenden in Situationen versetzt werden, die sie dazu bringen, Verantwortung zu übernehmen. Dabei müssen Planungs-, Organisations- und Feedback-Kompetenzen angewendet und eingeübt werden, wobei die verstärkte Übernahme von Verantwortung zu Stärkung der Selbststeuerung führt.
- Was können neue Medien bewirken?
 - Neue Medien erzeugen Druck, das eigene Lernen selbst in die Hand zu nehmen und ständig neu zu lernen.
 - Sie bieten die Möglichkeit, u. a. durch Visualisierungen Informationen lerngerechter aufzubereiten und Wissen bei den Lernenden entstehen zu lassen.
 - Die Arbeit mit neuen Medien regt die Lernenden dazu an, die Lernarbeit aufzuteilen und arbeitsteilig in einer Lerngemeinschaft das gemeinsame Lernen zu organisieren und gemeinsam zu lernen.
- Selbstständiges Lernen steht im Mittelpunkt

⁷ vgl. Lehrplan für den Pflichtgegenstand „Angewandte Geometrie und Mathematik“. Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum. (2003).

- Die Konzeption der geplanten interaktiven Lernumgebungen beruht auf dem Ansatz, dass die Schüler/innen selbstständig ein Lerntagebuch führen.
- Dort dokumentieren und skizzieren sie ihre individuellen Lernprozesse.
- Sie notieren Fragen und Unklarheiten.
- Da es kein Schulbuch gibt, kleben die Schüler/innen im Lerntagebuch auch die Ergebnisblätter - gleichsam wie das in Schulbüchern häufig propagierte Überblickswissen – ein.

2.2.2 Funktionen digitaler Medien im Lehr – Lern - Prozess

Für den Lehrer stellt sich die Frage, welche Funktionen die neuen digitalen Medien im Lern- und Lehrprozess übernehmen können.

Nach Kerres ergeben sich je nach Einsatzort und Einsatzziel unterschiedliche Möglichkeiten. „*Sie können zum Beispiel ...*

- *Lehrende bei der Präsentation von Informationen im Unterricht unterstützen (z.B. zur Visualisierung, zur Anleitung von Lernaufgaben, als Merkhilfe),*
- *personale Lernformen ergänzen oder ersetzen, indem die Be- und Erarbeitung bestimmter, besonders angemessener Inhalte auf Medien verlagert wird,*
- *der Vorbereitung konventionellen Unterrichts dienen, um den Erfolg einer Präsenzveranstaltung zu erhöhen,*
- *interpersonelle Kommunikation zwischen entfernten Lernern sowie Lehrenden und Lernenden ermöglichen,*
- *zu Übungs- und Vertiefungszwecken oder Testzwecken eingesetzt werden“ (Kerres, 2001, S.94).*

In der einfachsten Form werden Medien und digitale Technologien als Werkzeuge genutzt, wobei eine didaktische Aufbereitung des Werkzeuges selbst in der Regel nicht benötigt wird, da das Werkzeug meist selbsterklärend ist. Die Aufgabe des Lehrenden ist es aber, Lernaufgaben zu spezifizieren und die Lernorganisation zu arrangieren, dass die angestrebten Lehr- und Lernziele erreichbar werden.

2.2.2.1 Medien zur Wissenspräsentation

Medien haben in ihrer Funktion zur Darstellung und Organisation von Wissen eine darstellende beziehungsweise realitätsabbildende Funktion.

- Darstellung von Wissen

Mediale Darstellungen wurde lange Zeit in der Didaktik an Hand ihres Abstraktionsgrades von der realen über die modellhafte und bildhafte zur symbolischen Form kategorisiert. Bei digitalen Medien kann die weniger „reale“ Form der Simulation deutlich instruktiver sein als die Aufzeichnung des realen Vorganges, da der Lernende mit den nachgebildeten Objekten und Prozessen explorativ umgehen kann.

- Organisation von Wissen

Mit Medien kann Wissen nicht nur dargestellt, sondern in einer Weise, die das Verstehen und Behalten beim Lernen erleichtert, aufbereitet werden. Durch das Entfernen von Details, das Hervorheben essentieller Bestandteile, sowie durch eine Strukturierung mit Hilfe von Grafiken, Schaubildern, Gliederungen und Hypertext kann die

Wissensorganisation und damit das kognitive System unterstützt werden. Diese organisierende Funktion von Medien halte ich für sehr wichtig. Für den Einsatz muss aber überlegt werden, mit welchen Arbeitsanweisungen oder Lernaufgaben der noch nicht sehr selbstständig Lernende zur intensiven Auseinandersetzung mit den dargestellten und aufbereiteten Informationen angeleitet wird.

2.2.2.2 Medien zur Wissensvermittlung

Unter der Voraussetzung, dass Wissen überhaupt vermittelt werden kann, wird Medien die Funktion der Steuerung und Regelung von aktuellen Lernprozessen zugesprochen. So wird zum Beispiel bei der Präsentation eines Films der Lernprozess zeitlich gesteuert, wobei nicht sichergestellt werden kann, dass die zeitlich festgelegte Darstellung auch mit dem individuellen Lernverständnis korrespondiert. Wenn lernende Person Lehrinhalte in einer multimedialen Lernumgebung in einem rückgekoppelten System verknüpft sind, wäre zumindest theoretisch ein gewisser Grad an Regelung des Lernprozesses zu erreichen. Damit wären wir wieder bei intelligenten tutoriellen Systemen angelangt, wo die Präsentation des Lehrinhaltes in Abhängigkeit vom Lernfortschritt erfolgt beziehungsweise entsprechend variiert werden kann. In der mediendidaktischen Literatur wird häufig die Frage gestellt, ob und wie weit eine solche Steuerung oder Regelung des Lernprozesses durch das Medium selbst didaktisch sinnvoll ist und wie weit es wirklich Sinn macht, die Entwicklung derartig aufwändiger Lernprogramme zu forcieren. Es wurde weiter untersucht, dass die Akzeptanz solcher Systeme, die eine starke Regelung des Lernprozesses durch die Diagnose des Lernfortschrittes anstreben, bei Lernenden vielfach gering ist und dass hypertextuell strukturierte „offene“ Lernumgebungen, die eine stärkere Selbststeuerung der Bearbeitung zulassen, für Lernende attraktiver erscheinen.

2.2.2.3 Medien als Wissenswerkzeuge

Medien und Kommunikationstechniken können als Werkzeuge zur Erarbeitung, Sammlung, Aufbereitung und Kommunikation von Informationen und letztlich auch von Wissen genutzt werden. Bei der Erarbeitung und Kommunikation bzw. Publikation von multimedialen Informationen werden Netze als Werkzeug für individuelle aber auch für kooperative Arbeitsphasen verwendet. Die mediendidaktische Forschung hat sich lange Zeit auf konventionelle computerbasierte Lernprogramme konzentriert und dabei die Werkzeugfunktion digitaler Medien in ihrer Bedeutung für Lernen und Unterricht unterschätzt. Ich schätze die Werkzeugfunktion der neuen Medien, die lange Zeit wenig beachtet wurde und gerade mit der Diskussion über Konstruktivismus an Bedeutung gewonnen hat, zur Konstruktion und Kommunikation von Wissen als Funktion mit höchster Priorität ein und erwarte mir langfristig qualitative und quantitative Effekte auf den Lernerfolg, da die aktive und explorative Auseinandersetzung des Lernenden mit den Inhalten gefördert wird.

2.2.3 Von der Instruktion zur Konstruktion

Die *instruktionistische* Lernphilosophie geht überwiegend von einem passiven Lernenden aus, dem didaktisch geschickt aufbereitetes Lernmaterial angeboten wird. Der Lehrende dagegen ist aktiv und reguliert den Zugang zum Wissen. In computerbasierten Lernumgebungen sind die Aufgabenstellungen meist so aufgebaut, dass die Anwender kurze Lerneinheiten angeboten bekommen und dann dazu abgefragt werden.

Das Lernen mit neuen Medien wird vielfach auch mit einer neuen Lernphilosophie verbunden, die sich am Konstruktivismus orientiert. Die *konstruktivistische* Lernphilosophie betont die Bedeutung der Konstruktion von Wissen. Dieses Wissen wird nicht einfach vermittelt, sondern in den Köpfen der Lernenden hergestellt bzw. konstruiert. Damit bekommen diese auch eine aktive und die Lehrenden eine eher beratende, unterstützende Rolle. Aus der Perspektive dieses Ansatzes sind also bei den neuen Medien nicht nur die Inhalte entscheidend, sondern ebenso die pädagogischen Arrangements. Man spricht deshalb auch weniger von einer Lernsoftware bzw. einem Lernprogramm sondern vielmehr von Lernumgebungen (learning environments), um deutlich zu machen, dass es beim konstruktivistischen Lernen auf das Zusammenspiel von Lehrenden, Lernenden und der Sache selbst ankommt.

Aktive Wissenskonstruktion in Eigenverantwortung schließt allerdings systematische Wissensvermittlung und instruktionale Unterstützung der Lernenden keineswegs aus – erst beides zusammen gewährleistet wirksame Lernprozesse. Nach meiner Einschätzung und Erfahrung hängt der notwendige Didaktisierungsgrad ganz wesentlich von der Lage der Wissensbasis und der intrinsischen Motivation der Lernenden ab.

Die Neuen Medien bieten entsprechende Potenziale nicht nur für eine Erhöhung der Effizienz, sondern auch für eine Erhöhung der Qualität des Lehrens und Lernens und damit für die Verbesserung von Unterricht und Schule. Unsere Schüler benötigen in der Informationsgesellschaft neue Kompetenzen und Orientierungen. Medienkompetente Schüler setzen aber medienkompetente Lehrer voraus. Daher nimmt auch die Lehrerqualifizierung für eine erfolgreiche und reflektierte Medienverwendung, Mediengestaltung und Medienerziehung eine Schlüsselrolle im Bildungswesen ein. Die Herausforderungen für die Lehrerbildung bestehen darin, Perspektiven aufzuzeigen, wie der kompetente und verantwortungsbewusste Umgang mit neuen Medien integraler Bestandteil der Lehrerbildung werden kann.

2.2.4 Entwicklung geeigneter Aufgabenstellungen

Ich habe mich in meiner Studie nur mit einer Teilmenge der neuen Medien auseinandergesetzt, nämlich mit jenen Produkten, die ein relativ hohes Interaktivitätsniveau aufweisen, und wo eine hohe Schüler/innen-Interaktivität möglich und natürlich auch erforderlich ist. Eine proaktive Interaktion Lerner/in-Medium bzw. Lerner/in-Lernmaterial betont die Konstruktion und die generierenden Aktivitäten der Lernenden. Es findet nicht nur – wie bei der reaktiven Interaktion eine Antwort auf eine gestellte Frage statt, sondern die Handlungen der Lernenden gehen über die Auswahl vorhandener Informationen und die Antwort auf vorhandene Strukturen hinaus und generieren einzigartige Konstruktionen und Elaborationen jenseits der vom Lehrer eingerichteten Lernpfade. Den proaktiven Lernenden stellen sich zusätzlich zu den didaktisierenden Lehrfunktionen und vorgegebenen Impulsfragen, die durch die Lernumgebung und die Lehrenden vorgegeben werden, eine Reihe von Fragen, sie gehen möglicherweise auch einen ganz anderen Weg und arbeiten selbst gesteuert und selbst kontrolliert sowie explorierend an der Lösung der Aufgabenstellung.

Auf diesem proaktiven Niveau geht die Kontrolle des Lernprozesses stärker in die Hände der Lernenden über. Um daher Aussagen über Lernprozesse vom Außenstandpunkt treffen zu können, kann ich mich nicht nur auf eigene Beobachtungen und die Rekonstruktion der Tätigkeiten der Schüler/innen stützen, sondern muss die Schüler/innen als Akteure ihres Lernens mit in die Auswertung ihrer Lernprozesse einbeziehen. Daher forderte ich die Schüler/innen auf, sich zu dem Konzept Lernen

mit multimedialen Lernumgebungen schriftlich zu äußern und regte sie in Gesprächen an, über ihr Interesse, ihre Fragen, Irrwege und Lernprozesse zu reflektieren. Die Aussagen der Schüler/innen habe ich transkribiert. Sie bilden zusammen mit Beobachtungen aus dem Unterricht und den Fragebögen die Materialgrundlage für Interpretationen und Analysen.

Der Einsatz von neuen Medien erfordert nicht eine gänzlich neue Didaktik. Es muss uns Lehrenden aber schon bewusst sein, dass Lernen mit neuen Medien anders funktioniert als eine personale Unterweisung, damit anderen Gestaltungsprinzipien unterliegt und die reine Nachahmung personalen Unterrichtens als Ersatz von Lehrpersonen nicht adäquat ist. Damit werden aber auch die Grenzen der Didaktisierung von Medien gestützten Lernangeboten deutlich. *„Die gestaltungsorientierte Medien- didaktik geht vielmehr davon aus, dass didaktische Qualität zustande kommt, wenn die Konzeption, Entwicklung und Einführung des Mediums als Element einer Lern- umgebung ein Bildungsproblem angemessen adressiert“* (Kerres, 2001, S. 54).

2.2.5 Neue Lehrerrolle

Die Gestaltung multimedialer Lernumgebungen macht auch einen Wandel im Verständnis der Lehrerrolle, die nicht mehr auf traditionelle Aufgaben wie Informationspräsentation und Wissensvermittlung beschränkt werden kann, sondern in zunehmendem Maße Funktionen wie Beratung und Unterstützung eigenverantwortlicher und sozialer Lernprozesse seitens der Lernenden umfasst, unerlässlich.

Der Einsatz von interaktiven Medien im Unterricht fördert nicht nur die fachliche Kompetenz, sondern in einem besonderen Maße die Möglichkeiten der Schüler, eigene theoretische Ideen zu formulieren und zu erproben. Die qualitativen Unterrichtsanteile werden verstärkt und begriffliche Grundstrukturen in den Vordergrund gestellt. Die Behandlung lebensweltlicher Phänomene im Unterricht wird unterstützt und die Verzahnung von Theorie, Empirie und dem Experimentieren mit Ideen sowie fächerübergreifendes Lernen ermöglicht und begünstigt. Damit werden auch an den Lehrer in mehrfacher Hinsicht neue Anforderungen gestellt:

- Der Lehrer muss sich mit den Schülervorschlägen intensiver auseinandersetzen als im traditionellen Unterricht – es erfordert ein flexibles Denken in mehreren Lösungen. Während der Lehrer im traditionellen Unterricht rasch erkennt, ob eine eingeschlagene Schülerlösung richtig ist, so ist dies beim Umgang mit Programmen je nach Komplexitätsgrad nicht so schnell möglich. Häufig ist ein intensives Eindringen in die Lösungsansätze der Schüler notwendig, um Fehler und Lücken zu finden.
- Der Lehrer muss sich mit allen organisatorischen Problemen (Hardware- und Software-Ausrüstung, Raumfrage, Zeitfrage, Software-Beschaffung, extreme Divergenz in Computervorkenntnissen, ...) im Umfeld des Computereinsatzes beschäftigen.

2.3 Forschungsergebnisse zum Lernen mit neuen Medien

Aufenanger (vgl. [1]) macht in einem Artikel in der Zeitschrift „Medienpraktisch“, wo er sich mit Forschungsergebnissen und Lernphilosophien zum Lernen mit neuen Medien auseinandersetzt, deutlich, dass Forschungsergebnisse vorsichtig zu interpretieren sind, da die Studien zu Lernprogrammen den Entwicklungen immer hinterher hinken, d.h., wenn ein Programm evaluiert worden ist, dann sind schon neuere mit besseren Entwicklungen auf dem Markt, da die Komplexität der multimedialen

Anwendungen es schwer macht, die relevanten Faktoren für optimales Lernen zu bestimmen und da nicht zuletzt die Methoden oftmals sehr fragwürdig sind.

Es wird ein gewisser Trend deutlich gemacht, der sich dahingehend charakterisieren lässt, dass die anfängliche Euphorie, die die neuen Medien bei manchen bewirkt haben, nun doch auf einen realistischen Boden zurückgeholt wird. Aufenanger hält fest, dass diejenigen, die sich mit der empirischen Forschung beschäftigen, skeptischer gegenüber den Lernpotenzialen der neuen Medien geworden sind und dass wir noch weit davon entfernt sind, genaueres über die Optimierung von Lernprozessen mit Hilfe von Computern und Internet zu wissen. Dies möchte er aber nicht als eine Entmutigung verstanden wissen, sondern vielmehr als Ermutigung, noch gezielter die Bedingungen des Lernens mit neuen Medien zu erforschen und dabei die vielfältigen Faktoren, die das neue Lernen mit neuen Medien beeinflussen, zu berücksichtigen.

Einige Forschungsergebnisse⁸, die für meine praktische Arbeit relevant sind, möchte ich im Folgenden kurz skizzieren:

- Es gibt positive Wirkungen von Illustrationen auf das Behalten von Text. Bilder, die Texte ergänzen, in dem sie bestimmte Sachverhalte verdeutlichen, helfen bei der Wissensaufnahme aber nur, wenn sie optimal gestaltet sind. D.h. etwa, dass sie anschaulich, gut beschriftet, nicht überladen und nicht zu komplex sind. Gleiches gilt natürlich auch für Darstellungen in hypermedialen Anwendungen.
- Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen thematischem Interesse und Wissenserwerb. Dies ist besonders für den pädagogischen Alltag in Schulen wichtig. Die best gemachte hypermediale Lernanwendung kann relativ wenig bewirken, wenn kein Interesse am dargestellten Thema vorhanden ist.
- Schwache Lerner lernen besser in einer hoch strukturierten Lernsituation, während starke Lerner auch von einer wenig strukturierten Lernsituation profitieren. Dies gilt besonders für hypertextuelle Anwendungen, die den Lernenden zwar die Möglichkeit geben, sich selbst einen Lernweg zu wählen oder zusammenzustellen, die aber schwache Lerner vor die schwierige Aufgabe der Strukturierung des Angebots stellen.
- Möglichkeiten zur Interaktivität fördern eine aktive Auseinandersetzung mit multimedialen Angeboten. Je stärker Lernende sich in Lernanwendungen "einbringen" können, desto attraktiver wird die Anwendung und motiviert auch zum Lernen. Interaktivität kann dabei Verschiedenes heißen, wie etwa Anmerkungen und Kommentare einfügen, Texte schreiben oder auswählen zu können.
- Die Instruktionmethode hat Vorrang vor der Präsentationsweise. Dies ist eines der wichtigsten Ergebnisse, die die bisherige Forschung über das Lernen mit neuen Medien hervorgebracht hat. Damit ist gemeint, dass die Pädagogik immer noch die wichtigste Rolle spielt und selbst eine gelungen aufgebaute und programmierte Lernanwendung kaum etwas bewirken kann, wenn nicht eine entsprechende pädagogische Einbettung damit verbunden ist.

⁸ die folgenden Zitate sind der Zeitschrift „Medienpraktisch“ – Heft 4/99 entnommen

2.4 Ziele und Erwartungen

2.4.1 Steigerung der Qualität des Lernangebots

Nach meiner Einschätzung ist die Tätigkeit des Lehrers/der Lehrerin untrennbarer Bestandteil auch von selbst organisierten Lernprozessen der Schüler/innen, da sich die unterrichtlichen Situationen aus dem Handeln von Lehrern/Lehrerinnen und Schülern/Schülerinnen konstituieren. Ein wichtiger Aspekt meiner Beobachtungen im Forschungsfeld richtete sich daher darauf, zu eruieren und einzuschätzen, inwieweit meine unterstützenden, strukturierenden und reglementierenden Maßnahmen die Lernprozesse der Schüler/innen unterstützten oder eher beschränkten oder vielleicht sogar behinderten.

Die neuere Mediendidaktik betrachtet nicht mehr vorrangig den Medieneinsatz im konventionellen Unterricht, sondern in verschiedenen Lernszenarien. Mediale Lernumgebungen sind planmäßig gestaltete Arrangements, in denen auf Grundlage technischer Medien möglichst lernförderliche Bedingungen geschaffen werden und stellen damit einen wesentlichen Bestandteil aktueller Bildungskonzepte dar.

Besonders interessant für mediengestützte Lernangebote sind digitale Multimedia-Systeme in einer Lernumgebung, die nicht nur eine materielle Umgebung mit einer bestimmten technischen Ausstattung darstellt, sondern auf den sozialen Kontext, in dem Lernen stattfinden soll, verweist. Um den Erfolg des mediengestützten Lernens zu sichern, sind unterschiedliche personale Unterstützungsangebote notwendig. Die lernförderliche Infrastruktur kann sich nicht nur auf das Bereitstellen von Mediensystemen beschränken, sondern bedarf didaktisch aufbereiteter Lernangebote.

In den Mittelpunkt einer mediendidaktischen Konzeption einer Lernumgebung rückt die gesamte „physikalisch-soziale“ Infrastruktur und deren Potenzial zur Anregung von individuellen oder kollektiven Lernprozessen (vgl. Kerres, 2001).

In der einfachsten Form werden Medien und digitale Technologien als Werkzeuge genutzt, wobei eine didaktische Aufbereitung des Werkzeuges selbst in der Regel nicht benötigt wird, da das Werkzeug meist selbsterklärend ist. Die Aufgabe des Lehrenden ist es aber, Lernaufgaben zu spezifizieren und die Lernorganisation zu arrangieren, dass die angestrebten Lehr- und Lernziele erreichbar werden.

Die Präsentation von Wissen kann mit einem unterschiedlichen Grad an didaktischer Aufbereitung erfolgen, von der bloßen Wiedergabe zur Organisation von Wissen. Die Beurteilungskriterien richten sich nicht nur mehr auf die Produktqualitäten des Mediums, sondern auf die Nutzung in einer didaktischen Kommunikationssituation.

Bei Medien zur Wissensvermittlung erfordert die didaktische Aufbereitung den höchsten Aufwand. Das Medium muss möglichst präzise an Lernprozesse angepasst werden beziehungsweise auf die Lösung genau eines didaktischen Problems ausgerichtet werden, um in der Auseinandersetzung mit dem Medium ganz bestimmte Erfahrungen und Einsichten zu ermöglichen und zu gewährleisten, dass tatsächlich ein Lernnutzen eintreten kann.

2.4.2 Einschätzen der Potenziale neuer Medien

Baumgartner und Payr (1999, S. 137) gehen von der These aus, dass sich in jeder Bildungssoftware ein theoretisches Lernmodell niederschlägt, d.h. dass in jeder Lernsoftware ein pädagogisches und didaktisches Modell implementiert wurde.

„Unter Lernsoftware verstehen wir Software, die eigens für Lehr- und Lernzwecke programmiert wurde und deren hauptsächlichster Zweck der Einsatz im Bildungsbereich darstellt. Bildungssoftware hingegen fassen wir etwas allgemeiner, da wir darunter alle Arten von Software verstehen, die sich für Bildungszwecke verwenden lässt“ (Baumgartner & Payr, 1999, S.137).

Diese Definition spiegelt die Auffassung wieder, dass Lernen nicht bloß auf die An-eignung besonders didaktisch aufbereiteter Inhalte zu reduzieren ist, sondern dass zwischen einem didaktisierten Lernprozess und dem natürlichen Erwerb von Fertigkeiten differenziert werden sollte. Mit der Frage des Didaktisierungsgrades möchte ich in meiner praktischen Untersuchung auseinander setzen, wobei es mir weniger darum geht, Medien ausschließlich als Mittel zur Erreichung fachlicher Lehr- und Lernziele einzusetzen, sondern den Fokus auf die Lernprozesse beim Schüler zu richten.

Kerres (vgl. [17], S. 21) sieht Bildungsmedien immer in Relation zum einem Bildungsprozess bzw. einem Bildungsanliegen oder Bildungsproblem. Daraus folgert er, dass die Qualität eines Bildungsmediums nur im kommunikativen Zusammenhang, in dem das Medium Verwendung findet, ermittelt werden kann und nicht anhand von produktbezogenen Kriterien.

Für mediendidaktische Fragestellungen ist es deshalb wichtig, zwischen Medientechnik und Mediensystemen (Bildungsmitteln) einerseits und didaktisch aufbereiteten Inhalten (Bildungsmedien) andererseits zu unterscheiden. Im Folgenden soll daher der Begriff Bildungsmedium im Sinne eines Lehr-Lern-Mediums verstanden werden.

Ein Bildungsmittel wird erst dann zu einem Bildungsmedium, wenn es mit einer didaktischen Intention hergestellt und eingesetzt wird. Mit den heutigen technischen Möglichkeiten wird es dem Lehrer grundsätzlich möglich, immer mehr didaktische Medien selbst „herzustellen“, d.h. nach seinen didaktischen Vorstellungen zu konzipieren und zu entwickeln und nicht nur das hoffentlich „richtige Medienprodukt“ auszuwählen und im unterrichtspraktischen Einsatz zu nutzen.

Die neuere Mediendidaktik betrachtet nicht mehr vorrangig den Medieneinsatz im konventionellen Unterricht, sondern in verschiedenen Lernszenarien. Mediale Lernumgebungen sind planmäßig gestaltete Arrangements, in denen auf Grundlage technischer Medien möglichst lernförderliche Bedingungen geschaffen werden und stellen damit einen wesentlichen Bestandteil aktueller Bildungskonzepte dar.

Besonders interessant für mediengestützte Lernangebote sind digitale Multimedia-Systeme in einer Lernumgebung, die nicht nur eine materielle Umgebung mit einer bestimmten technischen Ausstattung darstellt, sondern auf den sozialen Kontext, in dem Lernen stattfinden soll, verweist. Um den Erfolg des mediengestützten Lernens zu sichern, sind unterschiedliche personale Unterstützungsangebote notwendig. Die lernförderliche Infrastruktur kann sich nicht nur auf das Bereitstellen von Mediensystemen

temen beschränken, sondern bedarf didaktisch aufbereiteter Lernangebote und geht damit wesentlich über die Konzeption eines computergestützten CBT- Programms hinaus.

In den Mittelpunkt einer mediendidaktischen Konzeption einer Lernumgebung rückt die gesamte „physikalisch-soziale“ Infrastruktur und deren Potenzial zur Anregung von individuellen oder kollektiven Lernprozessen (vgl. Kerres, 2001).

2.4.3 Anregungen zur Reflexion des individuellen Lernprozesses

Im Rahmen dieses Projektes hat sich das Lern- beziehungsweise Reisetagebuch mehr und mehr zu einem Arbeitsinstrument entwickelt, wo Schüler und Schülerinnen Kompetenzen und Fähigkeiten aufbauen konnten, die sich nicht bloß dem Fach AGM und dessen Zielen zuordnen lassen. Pionierarbeit auf diesem Gebiet wurde von den beiden Schweizer Lehrern und Didaktikern Urs Ruf und Peter Gallin geleistet (vgl. [31] bis [33]).

Im Reisetagebuch stellt der Lernende/die Lernende dar, was ihn/sie bewegt, was er/sie kann und wo seine/ihre nächsten Probleme liegen. Es sind das die Kernideen der Schüler/innen, ihre singulären Nachforschungen, Übungen, Hausaufgaben und Reflexionen. Die Schülerin/der Schüler erhält von der Lehrerin regelmäßige Rückmeldungen über den individuellen Lernprozess und Anregungen für die Weiterarbeit. Das Lerntagebuch stellt eine der wichtigsten Grundlagen für die Leistungsbeurteilung dar (siehe auch Kapitel 2.4.7).

Die Funktionen und Einsatzmöglichkeiten des Lerntagebuchs sind vielfältig. So ermöglichen sie neben Aspekten für die Lernenden und das Lernen selbst auch eine individuelle Kommunikation der Lehrenden mit den Lernenden und eine Diagnostik hinsichtlich eines Verständnisses der individuellen Dispositionen der Schüler/innen, wie z.B. Lernstrategien, Denkstile, Vorerfahrungen, Erwartungen und Einstellungen. Sie vermitteln den Lehrenden auch ein Verständnis individueller Schülerprobleme und möglicher Fehlkonzepte und geben damit wertvolles Feedback hinsichtlich der eigenen Instruktions- und Kommunikationstechniken. Darüber hinaus ermöglichen sie eine individuelle Förderung von Schülern/Schülerinnen und die Förderung von kooperativem Lernen und stellen ein breites Fundament für die Leistungsbeurteilung dar.

Was lernen Schüler/innen beim Führen eines Reisetagebuchs? (vgl. [32], S.91)

- Objekten gegenüber treten, ihre Wirkungen reflektieren und sich eines singulären Standorts versichern
- Fragestellungen und Aufgaben entwickeln, die im Rahmen einer vorgegebenen Thematik interessant sind
- zu eigenen Erkenntnissen vorstoßen und sie für andere verständlich formulieren
- Wege und Ziele der eigenen Arbeit überdenken und aus der Rückschau Konsequenzen für die Zukunft ziehen

Gallin und Ruf vergleichen das Reisetagebuch mit einer Werkstatt und eben nur angelernte Fertigkeiten als lieblos vermittelte Universalwerkzeuge, die in entlegenen Winkeln des Gedächtnisses als Kuriositäten verstauben, anstatt Teil der menschlichen Gesamtkompetenz zu sein (vgl. [32], S.93).

Damit Fachwissen zur Fachkompetenz werden kann, muss es in steter Wechselwirkung mit den Problemen aufgebaut werden.

Kompetenz haben heißt dann:

- Werkzeuge besitzen – Kenntnisse und Wissen über Fakten und Zusammenhänge
- Werkzeuge handhaben können – Fertigkeiten, d.h. Beherrschen von psychomotorischen und kognitiven Verhaltensabläufen
- in einer Problemsituation zu geeigneten Werkzeugen greifen können – Strategien, d.h. Verhaltensweisen, die es ermöglichen, mit den verfügbaren aber vorerst oft noch unzulänglichen Mitteln Neues zu entdecken
- über den eigenen Werkzeuggebrauch Rechenschaft ablegen können – Metakognition, d.h. Selbstreflexion und Selbststeuerung des eigenen Verhaltens beim Problemlösen
- Werkzeuge notfalls auch selber herstellen können – Autonomie, d.h. Dank der Erfahrungen im Umgang mit Fragen, die durch die traditionellen Kenntnisse und Fertigkeiten gelöst worden sind, eigene, unkonventionelle Antworten entwickeln können

2.4.4 Lernplattform zur Unterstützung kooperativen Lernens

Der bekannte amerikanische Physiker Richard Feynman, der selbst ein alternatives Konzept für einen Physik-Einführungskurs an Universitäten entwickelt hat, analysiert die klassischen Unterrichtsformen und bestätigt die Forderungen nach konstruktivistischen Lernmodellen: *“Es ist unmöglich, sehr viel zu lernen, wenn man nur in einer Vorlesung sitzt oder selbst wenn man einfach gestellte Aufgaben löst.“*

Ich habe nun versucht aus den angeführten lerntheoretischen Prämissen ein konstruktivistisches Lernmodell als Ausgangspunkte elektronischer Lernumgebungen zu entwickeln und bin dabei von folgenden Thesen ausgegangen:

- Der Lehrende spielt im Lernprozess nur mehr eine begleitende Rolle – das primäre Ziel muss es sein, die Kontrolle, aber auch die Verantwortung über den Lernprozess an den Lernenden zu übergeben.
- Der Einsatz des Computers in einer Lernumgebung kann durch das Ermöglichen von Interaktivität, durch das Aufzeigen vernetzter Strukturen und durch das Bereitstellen offener Plattformen unterstützende Strukturen für einen selbst gesteuerten Lernprozess bieten.
- Der Lernende muss mit konkreten Problemstellungen konfrontiert werden, die seiner Erfahrungswelt entsprechen und mit denen er sich identifiziert.
- Wo immer möglich soll eine Situierung des Wissens an Beispielen aus der Lebenswelt bzw. dem zukünftigen Berufsfeld im Austausch mit anderen Lernenden stattfinden.

Hauptbestandteile solcher elektronischen Lernumgebungen sind dynamische, erweiterungsfähige und aktuelle Inhalte in Form von Texten, Bildern, Animationen, Audio, Video und Kommunikationstools wie Email und Chat.

Durch den zeitlich und räumlich nicht beschränkten Zugang zu den Kursinhalten ergibt sich eine Anpassung an den individuellen Lernstil und die Lerngeschwindigkeit. Die Inhalte können darüber hinaus beliebig vernetzt werden und damit kann eine Interaktion mit Lehrern und anderen Lernenden ermöglicht werden.

Baumgartner (vgl. [3]) versteht e-Learning als einen übergeordneten Begriff für softwareunterstütztes Lernen in Abgrenzung zum computerunterstützten Lernen, das

mit Hilfe einer lokal auf einer Festplatte installierten Software oder mit CD-ROM durchgeführt wird. E-Learning betont in erster Linie die internetbasierten Kommunikationsformen und durch die Begleitung des Lernprozesses den dynamischen prozesshaften Charakter des Lernens.

„Eine Lernplattform ist eine Software für die Organisation und Betreuung web-unterstützten Lernens. Diese Software wird auf einem zentralen Computer – dem Server – installiert und wird über eine lokal installierte Software (dem so genannten Client) angesprochen.“(vgl. [3])

Besonders hervorgehoben wird mit dieser Definition die Organisation des Lernprozesses mit seiner pädagogisch-didaktischen und seiner administrativen Seite. Lernplattformen werden daher auch als Virtual Learning Environments (VLE), Integrated Distributed Learning Environments (IDLE) und in letzter Zeit vor allem als Learning Management Systems (LMS) bezeichnet.

Im Projekt wurden die Plattformen <http://community.schule.at/AGM> und ansatzweise die Lernplattform MOODLE verwendet.

2.4.5 Das Leistungsverständnis erweitern

Leistungsbewertung ist eine schwierige Aufgabe für die Schule, da sie einerseits pädagogischen Anforderungen zu genügen hat und andererseits für außerschulische Instanzen glaubwürdig sein muss. Timo Leuders (vgl. [21]) unterscheidet zwischen Aufgaben zum Lernen und Aufgaben zum Leisten. Er berücksichtigt damit die Tatsache, dass es im Unterricht Phasen gibt, die auf das Lernen im engeren Sinne, also den Erwerb von Wissen und Fähigkeiten, ausgerichtet sind, und solche, in denen es um das Leisten geht, also deren gezielter Darstellung und Analyse. Beim Leisten unterscheidet Timo Leuders noch zwischen Kompetenz und Performance. Wenn wir von Leistung sprechen, so schätzen wird das beobachtbare der Verhalten der Schüler/innen auf eine ganz bestimmte Weise ein. Aus diesen Überlegungen heraus wurde der Leistungsmessung und Leistungsbeurteilung im Rahmen des Projektes besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Darüber hinaus haben auch die Arbeiten in den Lerntagebüchern der Schüler/innen Schüler/innen-Leistungen zu Tage gefördert, die nicht in bewährte und gängige Kriterien einzuordnen waren. In Anlehnung an Ruf und Gallin wurde die Leistungsfeststellung auf eine neue Basis gestellt und zweidimensional unter den Aspekten Weg und Produkt gemessen. Maßgebend war die Unterstützung persönlicher Entwicklungstendenzen, wo die Lernenden bei den Auseinandersetzungen mit den Stoffen dort qualifiziert wurden, wo sie ihre Stärken zeigten. Guten Leistungen im Lerntagebuch wurde gegenüber der schwächeren Leistung bei Schularbeiten mehr Gewicht beigemessen. Entsprechendes gilt auch für die Lernenden, die in Prüfungen gute Leistungen erbringen, aber im Reisetagebuch noch vorläufige Schwierigkeiten beim individuellen und selbstständigen Problemlösen erkennbar sind.

Es ging mir um die schrittweise Entwicklung eines umfassenderen Leistungsverständnisses, das Verhaltensweisen und Einstellungen genauso ernst nimmt wie Wissen. Daher habe ich nach Ergebnis- und Darstellungsformen gesucht, die einem komplexen Leistungsbezug gerecht werden.

2.4.6 Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Aspekte

Es stellt sich die Frage, ob davon ausgegangen werden muss, dass bestimmte Gruppen von Lernenden in einer veränderten Lernkultur mit neuen Medien weniger profitieren oder sogar benachteiligt werden. Beispielsweise gibt es Befürchtungen, dass Mädchen durch die Nutzung neuer Medien im Unterricht benachteiligt werden. In koedukativen Klassen führt eine Computernutzung häufig dazu, dass man bei oberflächlichem Hinsehen den Eindruck bekommen könnte, dass *Schüler* sich stärker engagieren als *Schülerinnen*. Die Gründe für diese geschlechtsspezifischen Unterschiede sind wie auch bei unterschiedlichen Leistungen in Mathematik und Physik sicher vielfältig. In dieser Studie wurden zwei Aspekte herausgegriffen, beobachtet und in den Lerngruppen ausführlich diskutiert.

- Mädchen schreiben sich selbst eine geringere technische Kompetenz zu.
- Mädchen wird seitens der Mitschüler/innen, Eltern und Lehrer/innen eine geringere Kompetenz zugeschrieben.

Trotz der kleinen Stichprobenanzahl habe ich in allen Datenerhebungen immer auch das Geschlecht erfasst, sowie auch bei den Beobachtungen und Dokumentationen in meinem Forschungstagebuch festgehalten.

Auf der Unterrichtsebene wurde bei der Art der Gestaltung darauf geachtet, dass sie beiden Geschlechtern gerecht wird. In den verschiedenen Phasen der Partner- und Gruppenarbeit gaben sich von selbst meist - bzw. wann immer es möglich war - geschlechtshomogene Lerngruppen herausgebildet. Wir haben darüber auch diskutiert und reflektiert und ich habe als Grund erfahren, dass die meisten Mädchen die Meinung haben, Buben würden weniger zielstrebig arbeiten und oft nur herumblödeln. Im Forschungstagebuch habe ich auch meine eigene Interaktion mit Schülern und Schülerinnen beobachtet. Interventionen waren bei Burschen häufiger notwendig als bei Mädchen, vor allem was die Qualität der Arbeiten betraf – Burschen waren immer viel schneller fertig, haben aber oft nur den halben Arbeitsauftrag erfüllt. Auch die schriftlichen Rückmeldungen zu den Fragebögen wurden von den Mädchen meist viel ernster genommen. Mädchen zeigten auch den Gruppendiskussionen viel größeres Interesse an den Gruppendiskussionen.

Auf der Ebene der Lerninhalte wurde auf eine Verwendung einer geschlechtergerechten Sprache geachtet.

3 DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTS

3.1 Formulierung der Forschungsfragen

Gegenstand des empirischen Teils dieser Arbeit sind die Handlungs- und Lernprozesse und die Sichtweisen von Schülerinnen und Schülern einer 7. und einer 8. Schulstufe einer allgemein bildenden höheren Schule im Verlauf ihrer Arbeit mit interaktiven Lernumgebungen.

Mein Untersuchungsvorhaben hat eine Nähe zum Forschungsansatz der Lehrerforschung, die eine Tradition der Erforschung und systematischen Untersuchung der schulischen Praxis durch Lehrer und Lehrerinnen selbst darstellt, mit dem Ziel zu einem vertieften Verständnis der Praxis sowie zu einer Verbesserung von beruflichen Situationen zu gelangen. Durch Aufarbeitung und Verbreitung von reflektierten Erfahrungen soll das Wissen der Profession insgesamt vermehrt und damit ihr professioneller Status gesichert und weiterentwickelt werden. Dabei beziehen sich die Fragen des forschenden Praktikers sowie die sich daraus entwickelnde Forschung vor allem auf den Kontext des eigenen Unterrichts, in meinem Fall lag der Fokus auf dem Einsatz von multimedialen Lernumgebungen beim Lehren und Lernen.

Das Wesentliche dieser Form der Forschung sind nicht die angewandten Methoden, sondern das In-Gang-Setzen eines Prozesses, bei dem Handeln in der Praxis und Reflexion dieser Erfahrungen stetig und immer wieder aufeinander bezogen werden. Der Untersuchungsfrage wird unter Verwendung von Methoden aus der quantitativen wie der qualitativen Forschung – z.B. Beobachtung oder Fragebogen – im Praxisfeld nachgegangen. Die schriftlich festgehaltenen Daten über den Problemzusammenhang werden ausgewertet und analysiert.

Als Folge der Reflexionen können Handlungskonzepte entworfen werden, um verändernd in die Praxis einzugreifen und aus den reflektierten Erfahrungen mit einer veränderten Praxis kann die Wirksamkeit einer pädagogischen Maßnahme systematisch untersucht und evaluiert werden. So werden nicht nur wie in der traditionellen wissenschaftlichen Forschung distanzierte „Reflexionen-über-die-Handlung“ zur Erkenntnisgewinnung genutzt, sondern auch Reflexionen, die in der Handlung geschehen. Die eigene Praxis wird damit zu einer Prüfung der bisherigen Forschung. Der Praktiker kann durch Rekonstruktion und Reorganisation eigener Erfahrungen sowohl Handlungssituationen neu verstehen, als auch durch systematisches und reflexives Durchlaufen einer Reflexion-Aktions-Spirale die unterrichtliche Praxis verändern und so zu einem veränderten Selbstverständnis des Lehrerseins gelangen.

Aus meinen bisherigen Erfahrungen und Aktions-Reflexions-Prozessen gehe ich bei den Untersuchungsfragen der vorliegenden Studie von den unten angeführten Voraussetzungen aus und formuliere darauf basierend die in Tabelle 1 angeführten Forschungsfragen meiner empirischen Arbeit.

- Lernen ist nach meiner Vorstellung ein höchst personaler und aktiver Prozess und daher ist erfolgreiches Lernen auf intrinsische Motivation, auf Interesse und auf die aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit den Lerngegenständen angewiesen.
- Die eingesetzten Software-Produkte und angebotenen Lernumgebungen lassen auch selbst gesteuertes Lernen und eine explorative Auseinandersetzung zu.

- Die Zusammensetzung der verschiedenen Lerngruppen ist sowohl in Bezug auf die Wissensbasis als auch was die persönlichen Lernstile und Herangehensweisen an neue Aufgabenstellungen betrifft, sehr heterogen.
- Lernende eignen sich die angebotenen Lerninhalte nach ihren Regeln und Vorerfahrungen, nach ihren eigenen Verständniszugängen und im Kontext ihrer individuellen Lebenswelt und Leistungsansprüche an – nicht jeder Lerner wird jedes Lernziel in gleichem Ausmaß erreichen
- Jeder Lernende gestaltet auf Grund unterschiedlichen Vorwissens, individueller Neigungen und Interessenlagen seine eigene Lernqualität. Dieser selbst gesteuerte Prozess wird in Bezug auf die Auswahl der Lerngegenstände, die Lernzeit und den methodischen Zugang in hohem Maße vom Lernenden selbst reguliert. Die Lernergebnisse werden individuell stärker differieren als bei herkömmlichen Lehr-Lern-Unterrichtssituationen. Daran kann auch die beste Lernumgebung nur wenig ändern.
- Um für alle Lerner möglichst erfolgreiches vollständiges Lernen zu ermöglichen, muss der Lerninhalt abhängig von der Wissensbasis degressiv didaktisiert werden.

Meine Forschungsfragen und deren methodische Verankerung habe ich auf Basis lerntheoretischer Überlegungen, der Einschätzung der Potenziale der neuen Medien sowie auf Forschungsergebnissen zum Lernen mit neuen Medien formuliert und mit Methoden der Aktionsforschung bearbeitet.

Ich habe mich auf fünf Fragestellungen konzentriert

1	Gelingt es, Lernende durch den Einsatz multimedialer Lernumgebungen zu selbstständigem und reaktivem Lernen und Wissenserwerb anzuregen?
2	Welche Formen der Unterstützung und Begleitung durch die Lehrperson muss bzw. soll dabei erfolgen?
3	Welche Formen der Kommunikation (eLearning-Plattformen) erweisen sich als geeignet, und wie können Schülerinnen und Schüler zum selbstständigen Umgang mit den neuen Kommunikationstechnologien befähigt werden?
4	Sind neue Formen der Leistungsbeurteilung notwendig bzw. welche Möglichkeiten erscheinen sinnvoll?
5	Gibt es auffallende Unterschiede zwischen Mädchen und Burschen im Zugang und Umgang mit den interaktiven Lernmodulen?

Tabelle 8: Forschungsfragen

3.2 Auf dem Weg zur mediendiaktischen Konzeption

Für meine Studie habe ich das Softwarebewertungsmodell von Baumgartner & Payr (siehe Abb.1) vor allem zur formativen Evaluierung, d.h. zur gestaltenden Bewertung von Lernprozessen verwendet.

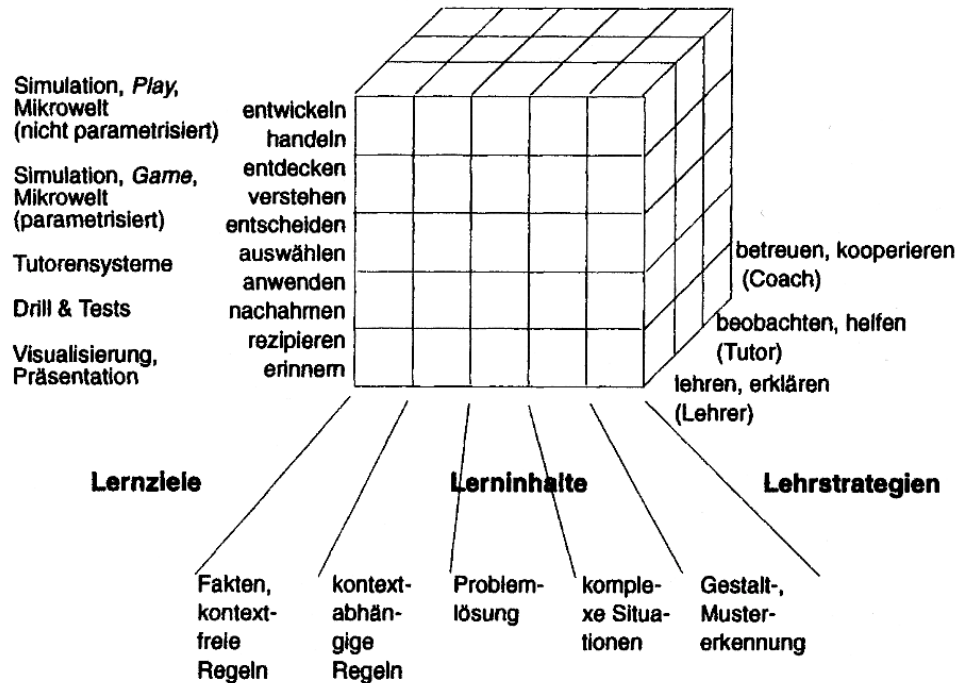


Abbildung 15: Ein heuristisches Modell zur Softwarebewertung nach Baumgartner & Payr (vgl. [4], S. 142)

Dabei habe ich zuerst die Rahmenbedingungen, wie Organisationsform, Lerninhalt, Eingangsvoraussetzungen der Lernenden und Zeitrahmen fest gelegt und im Anschluss daran mit dem 3-D-Würfelmodell Lernziel, Lernstufe und Lernstrategie definiert, d.h. die didaktische Situation anhand der konkreten inhaltlichen Fragestellungen spezifiziert. Statt des Lernens von „Fakten oder kontextfreien Regeln“ (Stufe 1), sollten die Schüler/innen in einem handlungsorientierten Unterricht an Hand von Problemkontexten lernen,

- **zu fragen**, insbesondere
 - neugierig zu sein,
 - Probleme zu erkennen,
 - sie als Fragen zu formulieren, zu präzisieren, zu variieren,
- **zu planen**, insbesondere
 - durch heuristische Verfahren Lösungsideen zu generieren,
 - die eigene Vorgehensweise zu reflektieren,
 - einen Plan zu erstellen und bei der Durchführung die Übersicht zu behalten,
- **zu schreiben**, insbesondere

- die Ideen auszuformulieren und zu überprüfen,
- Fehler konstruktiv zu nutzen,
- die Lösungen sprachlich zunehmend genauer (mündlich und schriftlich) zu entwickeln.

In meiner Studie habe ich daher auch solche Medienprodukte ausgewählt, die ein relativ hohes Interaktivitätsniveau aufweisen, und wo eine hohe Schülerinteraktivität möglich und natürlich auch erforderlich ist und wo die Konstruktion und die generierenden Aktivitäten des Lernenden betont werden. Ich wollte Lernsituationen schaffen, wo die Lernende/der Lernende nicht nur eine Antwort auf eine gestellte Frage gibt, sondern wo sich dieser/diesem zusätzlich zu den didaktisierenden Lehrfunktionen und den Impulsfragen, die durch die Lernumgebung vorgegeben werden, eine Reihe von Fragen selbst stellen, und wo die Lernende/der Lernende möglicherweise auch einen ganz anderen Lernweg geht und selbst gesteuert, selbst kontrolliert sowie explorierend an der Lösung der Aufgabenstellung arbeitet.

3.3 Didaktische Aufbereitung der Lehr- und Lerninhalte

Ich habe mich auch mit dem pädagogisch-didaktischen Einsatz von Bildungsmedien auseinandergesetzt, wobei ich den Akzent vor allem auf die Funktionen digitaler Medien im Lern-Lehr-Prozess gelegt habe und herausgearbeitet habe, dass mir bei der Einschätzung der Chancen und Grenzen des Lernens und Lehrens mit Multimedia im Sinne meiner Forschungsfragen ganz besonders die differenzierte Betrachtung der unterschiedlichen Interaktivitätsniveaus wichtig erscheint. Mit dem Einsatz von Lernsoftware und neuen Medien verfolge ich ganz konkrete Zielsetzungen, dass nämlich vollständiges Lernen in weiten Teilen als eigenverantwortliches Lernen verstanden und gefördert werden muss, und dass die Bereitschaft und Fähigkeit einen eigenverantwortlichen Umgang mit neuen Medien zur Transformation von Information in Wissen zu praktizieren, als eine der wichtigsten Anforderungen an ein lebensbegleitendes Lernen angesehen werden muss. Ich bin der Meinung, dass der Einsatz von neuen Medien nicht eine gänzlich neue Didaktik erfordert, dass uns Lehrenden aber schon bewusst sein muss, dass Lernen mit neuen Medien anders funktioniert als eine personale Unterweisung, damit anderen Gestaltungsprinzipien unterliegt und die reine Nachahmung personalen Unterrichtens als Ersatz von Lehrpersonen nicht adäquat ist. Damit werden für mich die Grenzen und Schwierigkeiten der Didaktisierung der von mir konzipierten mediengestützten Lernangebote deutlich. Ich sehe aber auch die neuen Möglichkeiten und Herausforderungen und versuche einen Weg zur mediendidaktischen Konzeption zu erschließen und die didaktisch aufbereiteten Lehr- und Lerninhalte in einem medialen Lernangebot zu organisieren.

3.4 Unterrichtliche und organisatorische Maßnahmen

Eine wichtige Rolle spielt der Zeitfaktor. Wenn die Kinder die Möglichkeit haben sollen ihre Fragestellungen zu verfolgen, muss die Unterrichtsorganisation das zulassen.

3.5 Überblick über die erhobenen Daten

Der Fokus meiner Fragestellungen lag auf der Untersuchung der Lernervariablen, d.h. der Evaluierung des Lernerverhaltens in den interaktiven Lernumgebungen. Dazu habe ich im Rahmen meiner empirischen Studie den exemplarischen Einsatz von multimedialen Lernmaterialien im AGM-Unterricht von fünf Schülerinnen und fünf Schülern einer 8. Schulstufe und fünf Schülerinnen und zehn Schülern einer 7. Schulstufe während des gesamten Unterrichtsjahres untersucht. Die vollständige Darstellung aller erhobenen Daten bzw. eingesetzten Lernaufgaben und Beispiele würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

3.5.1 Mit welchen Methoden wurden Daten gesammelt?

Der Untersuchung vorausgehend wurden fünf Forschungsfragen gestellt, die in der empirischen Untersuchung geprüft wurden.

In meiner Untersuchung habe ich die teilnehmende Beobachtung, die technische Dokumentation und schriftliche Erhebungsverfahren angewendet. Den Beobachtungen, die ich in einem Forschungstagebuch aufzeichnete, lag kein Beobachtungsleitfaden zugrunde und es waren immer auch Selbstbeobachtungen und Reflexionen meines Handelns und ein Hinterfragen eigener Sichtweisen und Interpretationen, die ich aus den Beobachtungen folgerte. Die von mir mit Tonband aufgezeichneten Gespräche beinhalteten explorative Gespräche mit den beiden Schüler/innen-Gruppen bzw. Gespräche zwischen den Schülern und Schülerinnen. Weiter habe ich für meine Auswertungen und Analysen schriftliche Schüler/innen-Dokumente (ausgefülltes Arbeitsblatt, Fragebogen, Kurzaufsatz, Lerntagebücher) verwendet.

3.5.2 Was wurde festgehalten?

Meine Auswertungen und Ergebnisse stützen sich auf vier Fragebögen (siehe Anhänge 7.4.2 bis 7.4.5), auf Aufzeichnungen in meinem Forschungstagebuch, auf Tonbandmitschnitte und Gedächtnisprotokolle von Gruppen- und Einzelbesprechungen, auf schriftliche Schüler/innen-Antworten zu offenen Fragestellungen und auf ausführliche schriftliche Reflexionen aller an der Untersuchung beteiligten Lerner/innen.

Besonders wertvoll erwiesen sich die Nachbesprechungen der Lernzielreflexionen (siehe z.B. Anhang 7.4.7), wo die Schüler/innen sich auch ungezwungen zu den Inhalten und der Organisation der Lerneinheit äußerten. Es entstanden rege Diskussionen, die vor allem bei den hochgradig selbstständigen Lernmodulen Funktionen und Lehrsatzgruppe des Pythagoras aufzeigten, wie groß die Unterschiede der individuellen Vertiefung und Identifikation mit dem Thema waren.

Um eine möglichst umfassende Analyse der Forschungsfragen zu gewährleisten, wurde auch die Elternperspektive integriert. Da diese Fragebögen anonym waren, konnte keine Eltern-Schüler/innen – Zuordnung getroffen werden. Bei den Fragen ging es eher um Einschätzungen von Interesse und Einstellungen des Kindes zum Fach, dem Interesse der Eltern für das Fach und der vermuteten Wirksamkeit durch das Lernen mit neuen Medien.

Die Schüler/innen – Fragebögen waren weitaus differenzierter: Neben Fragen zum Interesse und den Einstellungen am bzw. zum Fach wurden weiter zehn offene Fragen zu konkreten Lernsituationen bzw. Lernprogrammen gestellt.

Die Sicherung und Überprüfung der Lern- und Kompetenzziele wurde im Juni anhand eines Beispielkatalogs mit jeweils 20 Aufgabenstellungen in beiden Klassen durchgeführt. Die Aufgaben waren zum größten Teil sehr offen gestellt und erforderten eine intensive Auseinandersetzung. Für die Bearbeitung hatten die Schüler/innen drei Wochen Zeit und diese wurde wie eine Schularbeit gewertet. Es geht darum, dass die Auseinandersetzung und der Lösungsweg mit den Herausforderungen ausführlich dokumentiert wird; es wären ja alle Hilfen möglich gewesen.

In der 7. Schulstufe wurde außerdem auch schriftliche Rückmeldungen (mit Textverarbeitung zu Hause verfasst und dann in eine Box eingeworfen) auf drei offene Fragen erhoben, um den Schülern und Schülerinnen die Möglichkeit zu geben, sich anonym und sehr differenziert zu äußern:

1. Was hat dir am Unterricht in AGM gefallen? Warum?
2. Was hat dir am Unterricht in AGM nicht gefallen? Warum?
3. Was willst du mir sonst noch mitteilen? Was würdest du anders machen? Vorschläge, Wünsche, Beschwerden,...

4 ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE

Ein wesentliches Ziel dieser Arbeit war, entsprechende Antworten auf die fünf Forschungsfragen (siehe Tabelle 8) zu finden.

- 1 Gelingt es, Lernende durch den Einsatz multimedialer Lernumgebungen zu selbstständigem und reaktivem Lernen und Wissenserwerb anzuregen?

Obwohl die kleine Stichprobenanzahl keine wirklich valide quantitative Auswertung zulässt, habe ich trotzdem vor allem zur Forschungsfrage 1 verschiedene Aspekte untersucht. Dabei wurden in der 7. Schulstufe 8 Schüler und 4 Schülerinnen, in der 8. Schulstufe 4 Schüler und 3 Schülerinnen befragt und vierstufig ausgewertet.

1	AGM gehört zu meinen Lieblingsfächern
2	Ich glaube, dass ich in AGM sehr gute Leistungen erbringen kann.
3	Ich beschäftigte mich sehr intensiv mit dem Fach AGM.
4	Ich habe Probleme im Fach AGM?
5	Ich könnte im Fach AGM mehr gefordert werden?
6	Ich sollte im Fach AGM mehr gefördert werden?
7	Ich interessiere mich für die Lerninhalte in AGM?
8	Ich interessiere mich für die Organisation des AGM-Unterrichts.
9	Ich spreche mit meinen Eltern über das Fach AGM.
10	Ich bin überzeugt, dass ich im Fach AGM sehr viel gelernt habe.
11	Das Fach AGM trägt nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie bei.
12	Ich lerne gerne mit anderen.
13	In AGM habe ich die Möglichkeit, mit anderen zu lernen.
14	Meine Lehrerin möchte wissen, was ich nicht kann bzw. was ich nicht weiß.
15	Meine Lehrerin ist daran interessiert, zu erfahren, wie ich an eine Aufgabenstellung herangehe und was ich selbst zu leisten imstande bin.
16	Meine Lehrerin unterstützt meinen Lernprozess.
17	Ich beschäftige mich gerne mit Aufgaben, wo ich den Lösungsweg noch nicht vollständig vorgegeben habe.
18	Das Lernen in AGM ist für mich sehr anstrengend.
19	Ich bin auf dem Weg zu einem/r selbstständigen Lerner/in.
20	Ich bin mit meinen Lernergebnissen in AGM zufrieden.

Tabelle 9: Quantifiziert erfasste Schüler/innen – Antworten ja eher ja eher nein nein

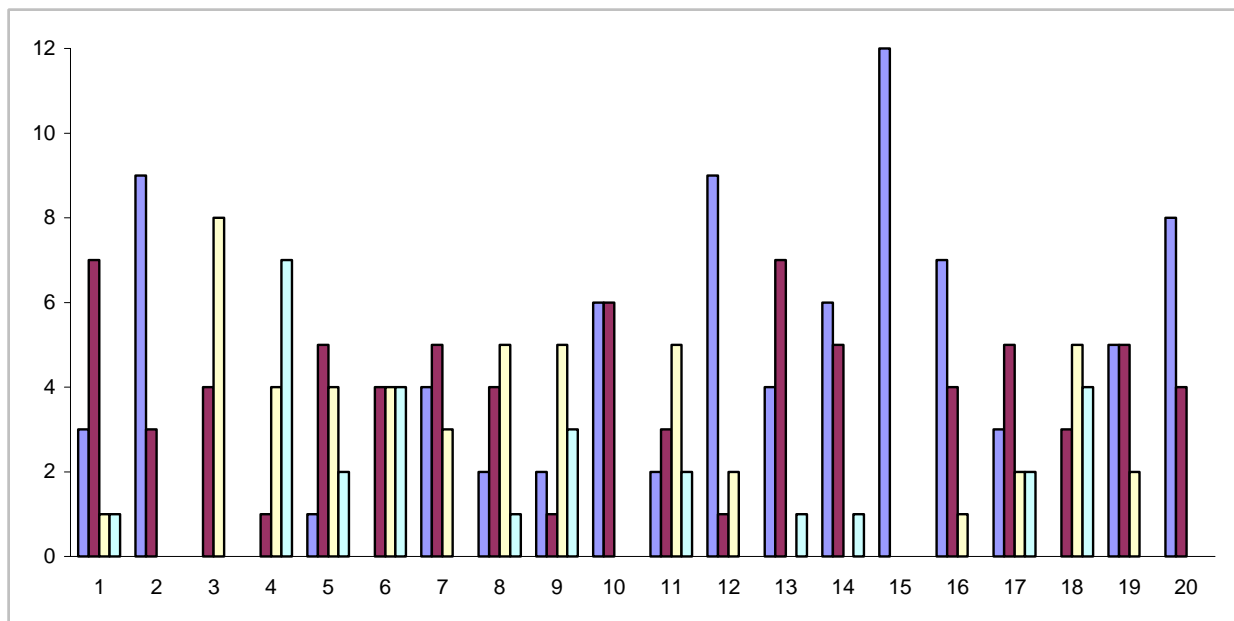


Abbildung 16: Schüler/innen - Fragebogen – 3. Klasse – gesamt

Besonders auffällig ist die Antwort zu Frage 15 (Meine Lehrerin ist daran interessiert, zu erfahren, wie ich an eine Aufgabenstellung herangehe und was ich selbst zu leisten imstande bin) – hier gibt es eine 100%ige Zustimmung. Schüler und Schülerinnen meinen, dass das Fächer AGM nicht nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie beiträgt, sind aber auch überwiegend davon überzeugt, dass sie in AGM sehr viel gelernt haben. Sie interessieren sich zu einem überwiegenden Anteil für die Inhalte in AGM und meinen eher nicht, dass sie mehr gefördert werden mussten. Hingegen meint die Hälfte, dass sie noch mehr gefordert werden könnten. Sie haben praktisch keine Probleme in diesem Fach und geben auch an, dass sie sich eher nicht intensiv mit dem Fach beschäftigen, obwohl das Fach für eine überwiegende Zahl der Schüler/innen zu den Lieblingsfächern gehört und sie glauben, dass sie sehr gute Leistungen erbringen können und auch sehr zufrieden mit ihren Lernergebnissen sind. Das Lernen in AGM finden sie eher nicht anstrengend, obwohl etwa ein Drittel der Schüler/innen sich nicht gerne mit Aufgaben beschäftigen, wo der Lösungsweg nicht vollständig vorgegeben ist. Sie sind bis auf eine Ausnahme auch davon überzeugt, dass ihre Lehrerin ihre individuellen Lernprozesse unterstützt und auch wissen möchte, was jeder Einzelne/jede Einzelne nicht weiß und nicht kann. Sie sehen auch mit einer großen Mehrheit die Möglichkeit in AGM mit anderen zu lernen und lernen auch gerne mit anderen. Für die Organisation interessiert sich etwa die Hälfte der Schüler/innen, mit ihren Eltern spricht weniger als die Hälfte über AGM.

Wenn man die Abbildungen 17 und 18 vergleicht, erkennt man, dass es doch Unterschiede zwischen Mädchen und Burschen gibt, die aber möglicherweise auf Grund der Verteilung in der Stichprobe nicht wirklich aussagekräftig sind und an dieser Stelle auch nicht weiter beleuchtet werden sollen.

Um einen besseren Gesamteindruck zu bekommen, wurden die Kategorien ja/eher ja beziehungsweise eher/nein und nein zu Sammelkategorien ja und nein zusammengefasst – die Ergebnisse sind in Abbildung 19 dargestellt.

Da in der 8. Schulstufe das Fach AGM schon das zweite Jahr unterrichtet wurde, und nach meiner Einschätzung zu noch mehr selbstständigem Lernen herausgefordert

wurden, wurden die beiden Klassen auch immer getrennt ausgewertet. Dennoch werden bei einzelnen Aspekten Vergleiche angestellt.

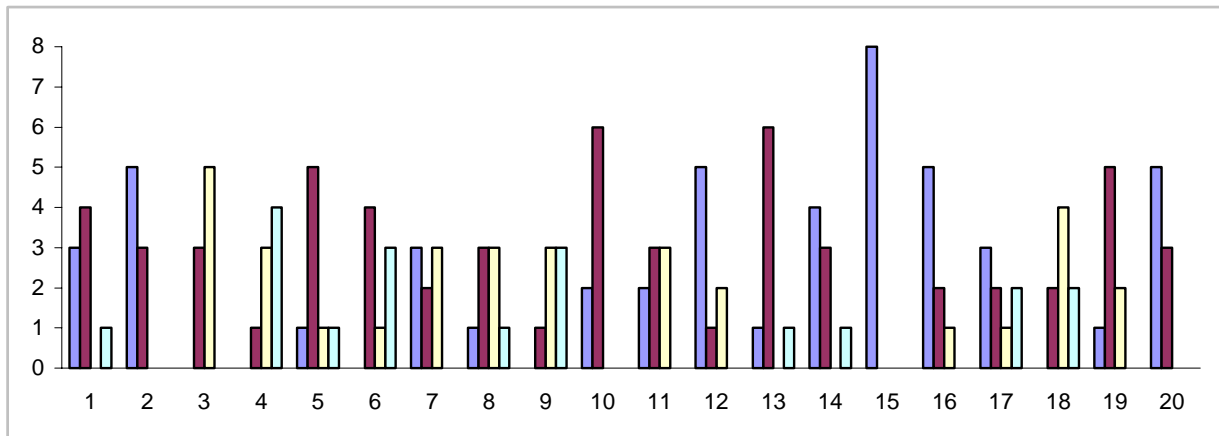


Abbildung 17: Schülerfragebogen – 3. Klasse

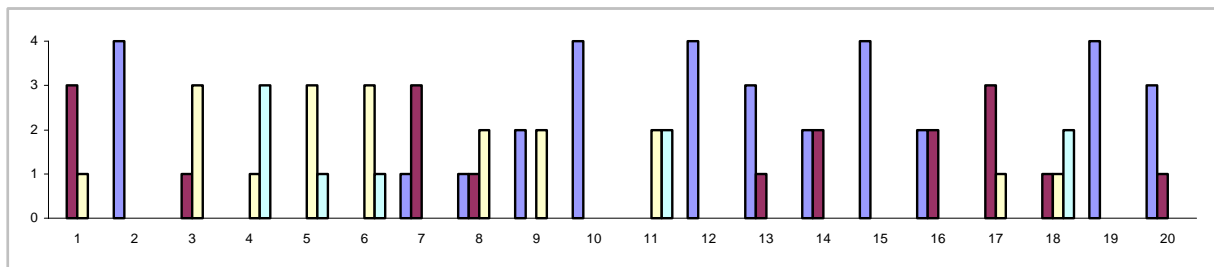


Abbildung 18: Schülerinnenfragebogen – 3. Klasse

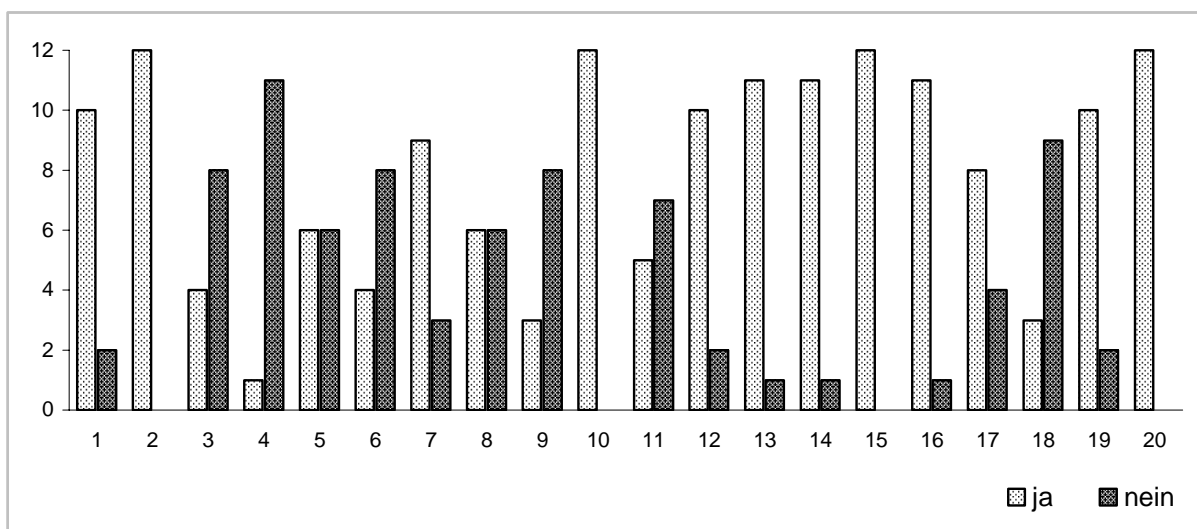


Abbildung 19: Schüler/innen - Fragebogen – 3. Klasse – gesamt (reduziert auf ja/nein – Antworten)

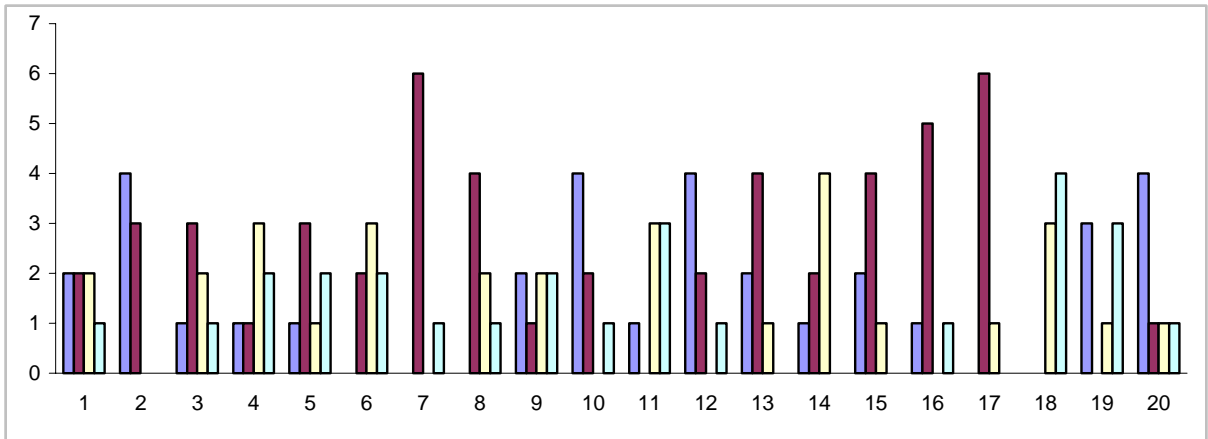


Abbildung 20: Schüler/innen - Fragebogen – 4. Klasse - gesamt

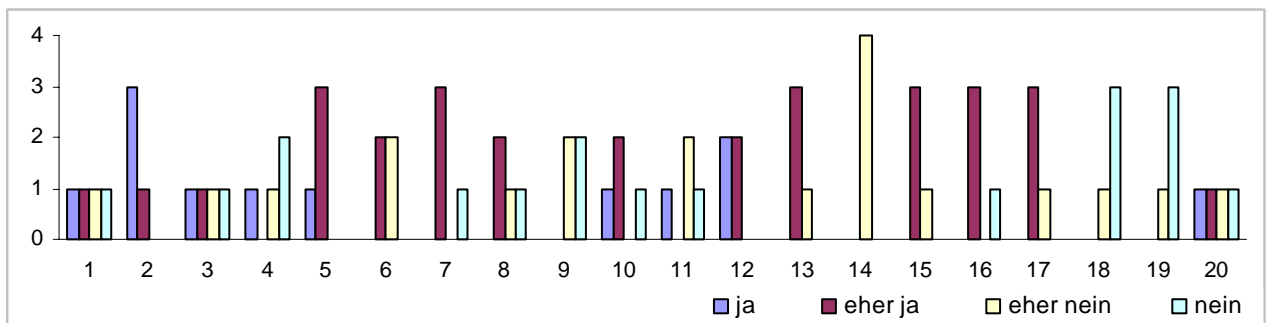


Abbildung 21: Schülerfragebogen – 4. Klasse

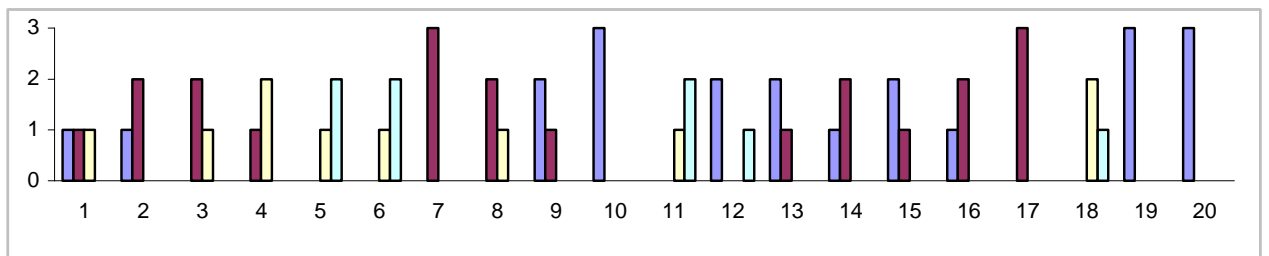


Abbildung 22: Schülerinnenfragebogen – 4. Klasse

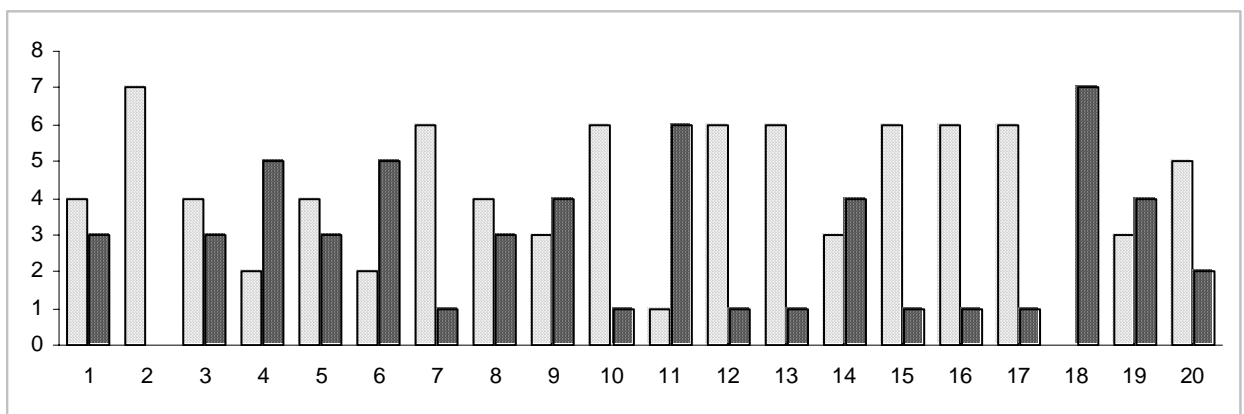


Abbildung 23: Schüler/innen - Fragebogen – 4. Klasse – gesamt (reduziert auf ja/nein – Antworten)

Schüler/innen der 8. Schulstufe zeigen möglicherweise ein höheres, sicher aber ein differenzierteres, Kompetenzniveau bei der Reflexion ihrer Lernprozesse. So werden die Fragen 19 und 20 etwas vorsichtiger beantwortet, die Schüler/innen schätzen sich nicht überwiegend als selbstständige Lerner/innen ein, was auch dem Leistungsstand entspricht. Sie meinen, dass ihre Lehrerin ihren Lernprozess unterstützt, auch daran interessiert ist, zu erfahren, wie sie an Aufgabenstellungen herangehen und was sie selbst zu leisten imstande sind, und dass sie nicht überwiegend wissen will, was jeder/jede nicht kann und nicht weiß. Das ergibt einen deutlichen Unterschied zur 7. Schulstufe, wo das Arbeiten mit den Lerntagebüchern bei einzelnen Schülern/Schülerinnen noch besser organisiert werden muss und auch einen Hinweis darauf, dass diese veränderten Formen des Lernens eingeübt werden müssen. Die Schüler/innen der Schulstufe 8 meinen auch zu einem überwiegenden Teil, dass das Fach AGM nicht nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie beiträgt. In dieser Schulstufe sprechen auch schon mehr Schüler/innen mit ihren Eltern über das Fach AGM.

Nach einem ähnlichen Schema wurden auch die Elternfragebögen ausgewertet. Um die geschlechtsspezifischen Aspekte besser zu erfassen wurden auch Burschengesamt und Mädchen-gesamt aus beiden Klassen ausgewertet.

1	AGM gehört zu den Lieblingsfächern meines Kindes
2	Ich schätze mein Kind in AGM sehr leistungsstark ein.
3	Mein Kind beschäftigt sich sehr intensiv mit dem Fach AGM.
4	Mein Kind hat Probleme im Fach AGM.
5	Mein Kind könnte im Fach AGM mehr gefordert werden.
6	Mein Kind sollte im Fach AGM mehr gefördert werden.
7	Ich interessiere mich für die Lerninhalte in AGM.
8	Ich interessiere mich für die Organisation des AGM-Unterrichts.
9	Ich spreche mit meinem Kind über das Fach AGM.
10	Ich denke, dass mein Kind im Fach AGM sehr viel gelernt hat.
11	Das Fach AGM trägt nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie bei.
12	Mein Kind lernt gerne mit anderen.
13	Ich bin über die Ziele des AGM-Unterrichts informiert.
14	Mein Kind müsste im AGM-Unterricht technisch mehr unterstützt werden?
15	Mein Kind müsste im AGM-Unterricht mehr motiviert werden.
16	Mein Kind erzählt zu Hause von sich aus über AGM.
17	Mein Kind kennt sich mit dem Computer sehr gut aus.
18	Mein Kind hätte ohne Computereinsatz mehr gelernt.
18	Mein Kind entwickelt sich zu einem/r selbstständigen Lerner/in.
20	Ich bin mit den Lernergebnissen meines Kindes in AGM zufrieden.

Tabelle 10: Quantifiziert erfasste Elternantworten

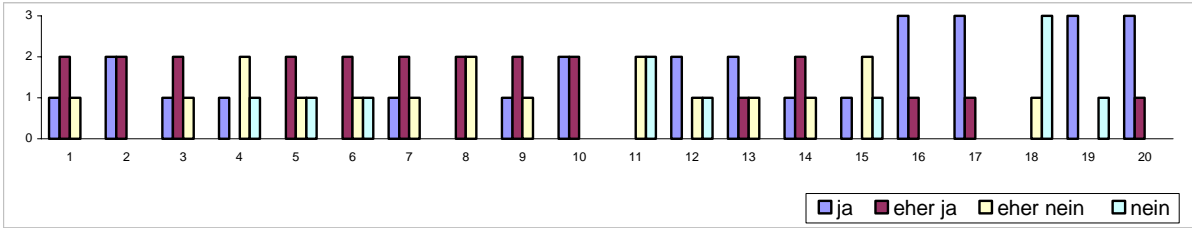


Abbildung 24: Elternfragebogen – Mädchen – 4. Klasse

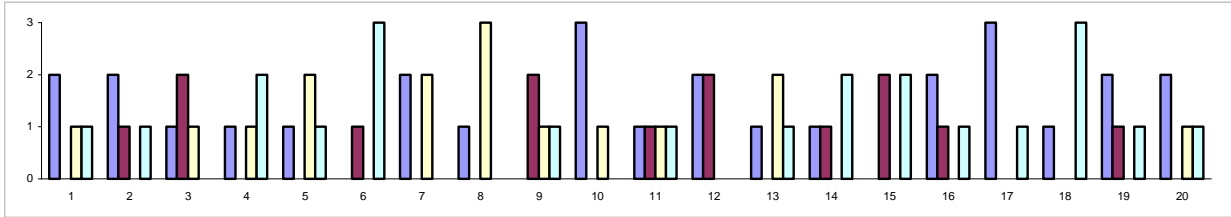


Abbildung 25: Elternfragebogen – Burschen – 4. Klasse

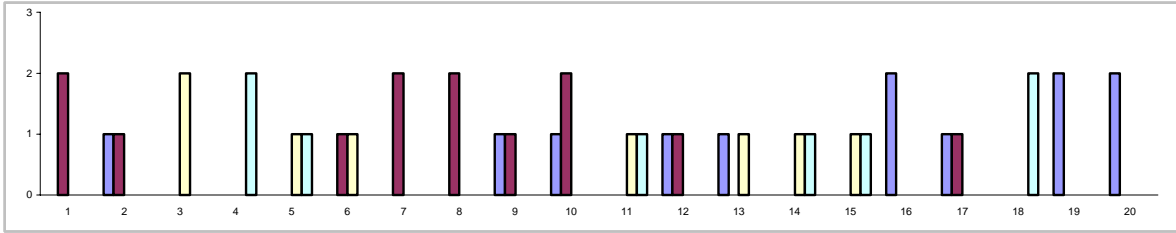


Abbildung 26: Elternfragebogen – Mädchen - 3. Klasse

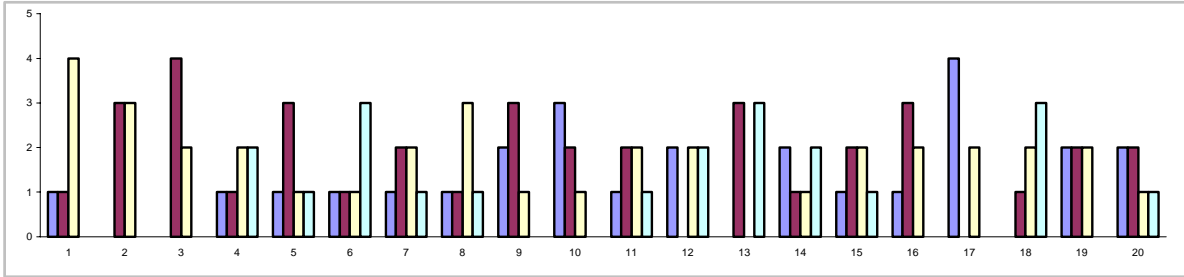


Abbildung 27: Elternfragebogen – Burschen – 3. Klasse

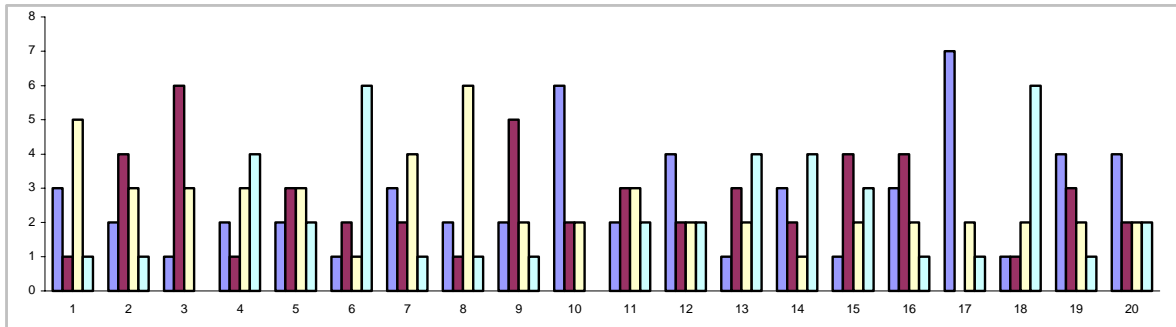


Abbildung 28: Elternfragebogen – Burschen – gesamt

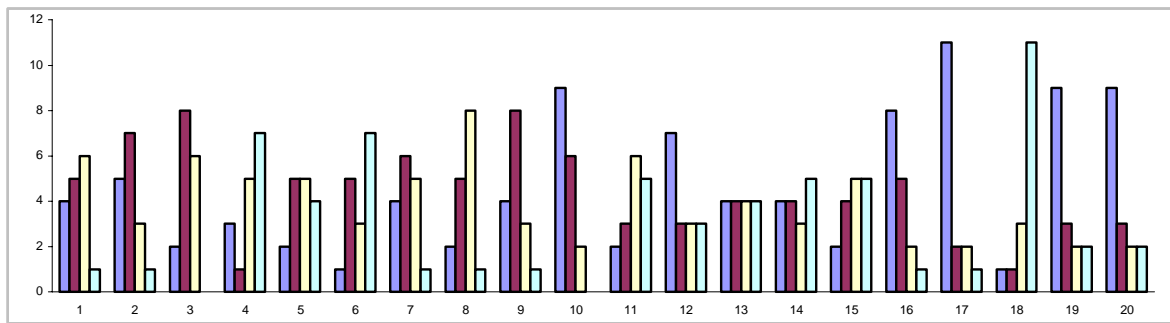


Abbildung 29: Elternfragebogen – gesamt

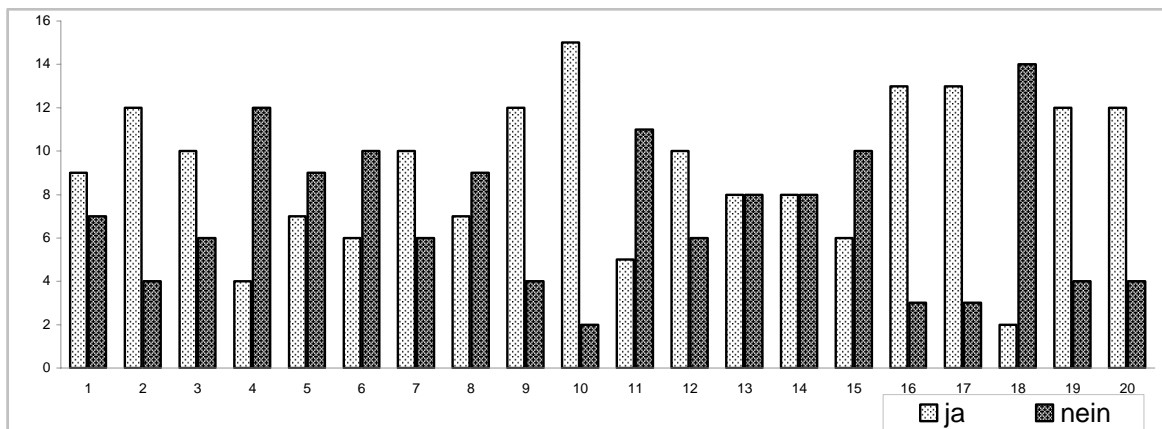


Abbildung 30: Elternfragebogen – gesamt (vereinfacht auf ja/nein – Antworten)

Die Eltern der Schüler/innen, die in der Studie erfasst wurden, meinen, dass ihre Kinder in diesem Fach sehr viel gelernt haben und sind überwiegend mit den Lernergebnissen ihrer Kinder zufrieden. Sie sind auch davon überzeugt, dass ihre Kinder ohne Computereinsatz nicht mehr gelernt hätten und dass sich ihre Kinder mit dem Computer sehr gut auskennen. Eine überwiegende Anzahl der Schüler/innen erzählt zu Hause von sich aus über AGM, aber nur 50% der Eltern geben an, über die Ziele des AGM-Unterrichts informiert zu sein. Die Eltern meinen auch etwa zur Hälfte, dass ihre Kinder im Unterricht technisch mehr unterstützt werden müssen und etwa 40% meinen, dass ihr Kind im Unterricht mehr motiviert werden müsste. Zwei Drittel der Eltern sind allerdings der Meinung, dass das Fach AGM nicht nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie beiträgt, mehrheitlich interessieren sie sich aber nicht für die Organisation des AGM-Unterrichts. Hingegen interessieren die Lerninhalte die befragten Eltern schon eher. AGM zählt nach der Einschätzung der Eltern

mehrheitlich zu den Lieblingsfächern ihrer Kinder, sie schätzen diese dort mehrheitlich sehr leistungsstark ein und geben mehrheitlich an, dass sich ihre Kinder sehr intensiv mit dem Fach beschäftigen.

2

Welche Formen der Unterstützung und Begleitung durch die Lehrperson muss bzw. soll dabei erfolgen?

Zusätzlich zu den Fragen aus Tabelle 9 habe ich zur Untersuchung dieser Frage nach jeder Lernsequenz Gruppengespräche mit Schülern und Schülerinnen geführt, Informationen aus den Lerntagebüchern und Aufzeichnungen über Beobachtungen und Einschätzungen aus meinem Forschungstagebuch entnommen.

Mehrheitlich wollen Schüler/innen eher genau angeleitet werden, was mich dazu veranlasste, bereits im Rahmen der formativen Evaluierung verstärkt differenzierte Lernunterlagen und Lernaufgaben mit sehr unterschiedlichen Freiheitsgraden für die Lernenden einzusetzen. Als ein sehr wichtiger Katalysator für selbstständiges und reaktives Lernen stellte sich die immer wiederkehrende Diskussion über die Leistungsbewertung heraus. Schüler/innen schätzen zu einem überwiegenden Anteil die Bonusaufgaben.

3

Welche Formen der Kommunikation (eLearning-Plattformen) erweisen sich als geeignet, und wie können Schülerinnen und Schüler zum selbstständigen Umgang mit den neuen Kommunikationstechnologien befähigt werden?

Die Schüler/innen der 8. Schulstufe hatten im Schuljahr 2003/04 die Plattformen <http://community.schule.at> und EISitos mit ihren Möglichkeiten und Unterschieden kennen gelernt. Es dauerte einige Monate, bis alle Schüler/innen sinnvoll damit umgehen lernten und die Möglichkeiten dieser Einrichtungen zur Kommunikation und Kooperation nutzten.

Daher hatte ich bei der 7. Schulstufe den Umgang mit der Lernplattform viel ausführlicher erklärt, bereits in der Schule geübt und die Möglichkeiten und den erwarteten Nutzen aufzuzeigen versucht. Leider stand EISitos nicht mehr zur Verfügung. Als Ersatz wurde MOODLE installiert, allerdings erst im zweiten

4

Sind neue Formen der Leistungsbeurteilung notwendig bzw. welche Möglichkeiten erscheinen sinnvoll?

Wie schon im Kapitel 2.4.5 ausgeführt, vertrete ich die Ansicht, dass neue Formen der Leistungsbeurteilung notwendig sind und habe für mich auch sinnvoll erscheinende Möglichkeiten ausprobiert. Es geht nicht nur um das Produkt, sondern vor allem um den Prozess, darum wie ein Schüler/eine Schülerin an eine Problemlösung herangeht, welche Fragen er/sie sich stellt, in welcher Tiefe und mit welcher Genauigkeit er/sie seinen/ihren Lernweg dokumentiert. Alle diese Aspekte lassen sich nicht im Rahmen von zwei Schularbeiten zu je 50 Minuten pro Semester abprüfen. Ich hoffe, dass ich meine Kollegen/Kollegin, die auch in diesem Fach unterrichten, davon überzeugen kann, wenigstens darüber nachzudenken, da noch immer die Meinung vorherrscht, die Schularbeit müsse auf jeden Fall weit mehr als 50% der Note ausmachen.

5

Gibt es auffallende Unterschiede zwischen Mädchen und Burschen im Zugang und Umgang mit den interaktiven Lernmodulen?

Wenn ich die Frage beantworten soll, wie sich mein durchgeführtes Projekt unter geschlechtsspezifischen Aspekten darstellt, muss ich anmerken, dass ich die im Kapitel 2.4.6 angeführten Befürchtungen und Gründe nicht identifizieren konnte. Da im Unterrichtsgegenstand AGM Schularbeiten am Computer vorgesehen sind, ist die Eingangsvoraussetzung, dass dem Schüler/der Schülerin zu Hause ein Computer zur Verfügung steht, in jedem Fall erfüllt. Damit gibt es, was den Zugang zum eigenen Computer zu Hause betrifft, zwischen Burschen und Mädchen keine Unterschiede.

Es stimmt schon, dass Mädchen nach meiner Beobachtung anders an das Werkzeug Computer herangehen, dass ihr Spieltrieb nicht so ausgeprägt ist, dass sie sich aber großteils intensiver und ausführlicher mit der Lösung von Aufgabenstellungen beschäftigen. Vor allem in der Dokumentation ihrer Lernprozesse sind Mädchen wesentlich genauer und auch meist sehr viel ehrlicher. Sie sind viel eher an vollständigem Lernen interessiert und fragen nach, wenn sie etwas nicht können und etwas fehlt. Auch in den Gruppendiskussionen haben sich die Mädchen niemals benachteiligt gefühlt. Bei den Einschätzungen der Eltern zu den Computerkenntnissen (siehe Frage 17 in den Anhängen 7.4.2 und 7.4.3) werden die Computerkenntnisse der Mädchen sogar eher optimistischer eingeschätzt.

Im Umgang mit den Materialien gab es in einzelnen Phasen schon deutlichere Unterschiede, die sich vor allem in wesentlich ausführlicheren Dokumentationen und sorgfältiger vorbereiteten Präsentationen zeigten, vor allem dann wenn zwei oder drei Mädchen zusammen arbeiteten. Weiter gehende Forschungsfragen sind eher bei Burschen zu erwarten, obwohl ich meine Aussage deswegen vorsichtig formulieren möchte, weil es in beiden Lerngruppen jeweils einen hochbegabten Burschen, aber kein hochbegabtes Mädchen gibt. In beiden Lerngruppen gibt es allerdings zwei beziehungsweise drei sehr interessierte, durchschnittlich begabte und vor allem sehr fleißige Mädchen, die die Lernangebote oft ausführlicher nutzten, als vielleicht besser begabte Burschen. Auch die beiden hochbegabten Burschen sind keinesfalls fleißig oder ehrgeizig. Diese Tatsachen und situativen Bedingungen verzerren meine Beobachtungen und machen verallgemeinerte valide Aussagen über geschlechtssensitive Unterschiede praktisch unmöglich.

5 EVALUATION, BEWERTUNG UND REFLEXION

Wissenschaftliches Denken beginnt mit dem Stellen von Fragen, genauer gesagt mit Fragen, die sich stellen. Mir stellt sich nach mittlerweile mehrjähriger Beschäftigung mit dem „Lernen mit Neuen Medien“ immer wieder beziehungsweise immer noch die Frage nach dem didaktischen Mehrwert und der Möglichkeit der Optimierung von Lehr- und Lernprozessen. Geleitet von den Prinzipien einer konstruktivistischen Lerntheorie, wo der Lerner/die Lernerin in eine aktive Position im Lernprozess versetzt wird und sich die Rolle der Lehrperson von der reinen Wissensvermittlung hin zu einem Berater in diesem Prozess verschiebt, habe ich auch in dieser Studie basierend auf vielen Fragen, die sich mir im Laufe des Planungs- und Entwicklungsprozesses immer wieder gestellt haben, entsprechende Lernmaterialien konzipiert und gestaltet, einen Handlungsplan entwickelt, diesen dann ausgeführt und meine Handlungen schließlich evaluiert.

Die entscheidenden Frage im didaktischen Feld der Verantwortung der Lehrerin waren: Was haben die Lernenden für sich selbst aus diesem Lernangebot gemacht? Wie sind sie mit der Selbstverantwortung für das eigene Lernen umgegangen? Was kann ich als Lehrer/als Lehrerin dazu beitragen, dass die Lernprozesse zielführend verlaufen? Brauchen wir neue Formen der Leistungsbeurteilung und gibt es auffallende Unterschiede zwischen Burschen und Mädchen?

Es hat sich gezeigt, dass für die Qualität eines Lernangebotes vor allem die Lernervariablen bestimmend sind. Interaktive Medien sind keine Qualität an sich, bieten auch kein fertiges Wissen, das nur noch aufzunehmen ist, sondern sind Material und System, das Erfahrungen zum selbstständigen Aufbau von Wissensstrukturen ermöglicht und damit faszinierende Aspekte eröffnet. Es kommt vor allem darauf an, wie gut das Lernangebot inhaltlich, methodisch und situativ auf die Bedürfnisse der Lernenden/des Lernenden abgestimmt ist. Nur dann, wenn die Lernende/der Lernende durch die Interaktionen mit dem Lernmaterial aktiv sein kann und will, und so die aktive Verknüpfung neuer Informationen mit bereits vorhandenem Wissen gefördert wird, wird letztlich auch vollständiges Lernen ermöglicht.

Multimedia unterstützt besonders den aktiven, selbst gesteuerten und selbstverantwortlichen Lerner und die aktive, selbst gesteuerte und selbstverantwortliche Lernerin. Multimedia unterstützt einen Lerner/eine Lernerin, der/die darüber hinaus bereit ist, von und in Gemeinschaft mit anderen Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen zu erwerben, seinen/ihren Lernprozess zu reflektieren und der/die zulässt, dass sich ihm/ihr Fragen stellen, denen er/sie explorierend nachgehen will und kann. Multimediale Lernumgebungen, die vom Lehrer/von der Lehrerin überlegt eingesetzt werden, sollen ihm/ihr die Möglichkeit dazu geben.

Es wird dringend notwendig sein, über neue Formen der Leistungsbeurteilung nachzudenken und das eigene Leistungsverständnis zu erweitern.

Mit Unterstützung beispielhafter neuer Medien kann nachhaltiger gelernt werden und es können zukunftsorientierte Ziele erreicht werden, die ohne diese Medien nicht oder kaum erreichbar sind.

Wirksamer Unterricht ist schülerzentriert und auf individuelle Lernerfahrungen und auf vollständige Lernprozesse ausgerichtet. Wirksamer und qualitätsvoller Unterricht nimmt Leistung und Leistungsbewertung ernst und strebt Selbstständigkeit an. Inter-

aktive Lernumgebungen können einen wichtigen Beitrag dazu leisten, Unterricht wirksamer und qualitativvoller werden zu lassen.

6 AUSBLICK

Kaum sind alle Fragen beantwortet, stellen sich schon wieder oder noch immer weitere Fragen: Bin ich zufrieden mit dem Ergebnis? Ist es gut gegangen? Wo gab es Schwierigkeiten? Was habe ich nicht bedacht? Was hätte ich anders/besser machen können? Wie interpretiere ich die Ergebnisse? Welche Schlüsse ziehe ich daraus? Welche weiteren Ziele sehe ich heute? Was wäre eine neue Herausforderung? Wie geht es weiter? Was plane ich konkret?

Gerade die Differenziertheit der vorgestellten Ansätze sowie die ausführlich dokumentierten Beispiele sollten deutlich gemacht haben, dass mit den neuen Medien ein Umbruch beim Lernen stattfindet. Der Schwerpunkt verlagert sich dabei weg von der Passivität der Lernenden in eine Aktivität, mit der Wissen konstruiert wird. Entscheidend hierbei sind die Lernsituationen, die genügend Freiheit, aber auch Anregungen und Bezug zum Leben haben sollten, damit sich das Lernen entfalten kann.

Wenn es gelingt, neben der bisherigen oft einseitigen Konzentration auf die Entwicklung optimaler Lernprogramme bzw. -anwendungen den Blick auch auf die pädagogische Einbettung zu lenken, dann kann das Lernen mit neuen Medien auch Erfolg zeigen und durch entsprechende empirische Untersuchungen besser gestützt werden als bisher.

7 VERZEICHNISSE UND ANHÄNGE

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Berechnung der Zahl π nach Archimedes	12
Abbildung 2: Übersicht – Lernpfad Lehrsatzgruppe des Pythagoras.....	15
Abbildung 3: Über die Entstehungsgeschichte des Lehrsatzes von Pythagoras	15
Abbildung 4: The Pythagorean Theorem Gizmo	16
Abbildung 5: Geoboard –The Pythagorean Theorem	16
Abbildung 6: Der Puzzle – Beweis des PLS von PERIGAL	16
Abbildung 7: Ein aktiver Test zum Thema Lehrsatzgruppe des Pythagoras	17
Abbildung 8: Eine Sammlung interaktiver Lernmaterialien zum Thema Funktionen.....	18
Abbildung 9: Selbsterneinheit Funktionen.....	19
Abbildung 10: Zuordnungsaufgabe.....	19
Abbildung 11: Exploring graphs.....	19
Abbildung 12: Testaufgaben.....	19
Abbildung 13: Anwendungsaufgabe Fallschirm zum Thema Funktionen	19
Abbildung 14: Grund-, Auf- und Kreuzriss sowie axonometrisches Bild.....	22
Abbildung 15: Ein heuristisches Modell zur Softwarebewertung nach Baumgartner	40
Abbildung 16: Schüler/innen - Fragebogen – 3. Klasse – gesamt.....	45
Abbildung 17: Schülerfragebogen – 3. Klasse	46
Abbildung 18: Schülerinnenfragebogen – 3. Klasse	46
Abbildung 19: Schüler/innen - Fragebogen – 3. Klasse (ja/nein–Antworten)	46
Abbildung 20: Schüler/innen - Fragebogen – 4. Klasse - gesamt	46
Abbildung 21: Schülerfragebogen – 4. Klasse	47
Abbildung 22: Schülerinnenfragebogen – 4. Klasse	47
Abbildung 23: Schüler/innen - Fragebogen – 4. Klasse (ja/nein – Antworten).....	47
Abbildung 24: Elternfragebogen – Mädchen – 4. Klasse	49
Abbildung 25: Elternfragebogen – Burschen – 4. Klasse	49
Abbildung 26: Elternfragebogen – Mädchen - 3. Klasse	49
Abbildung 27: Elternfragebogen – Burschen – 3. Klasse	49
Abbildung 28: Elternfragebogen – Burschen – gesamt.....	50
Abbildung 29: Elternfragebogen – gesamt.....	50
Abbildung 30: Elternfragebogen – gesamt (vereinfacht auf ja/nein – Antworten)	50

7.2 Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Wo liegt der Umkreismittelpunkt eines Dreiecks?	11
Tabelle 2: Favoriten aus dem Dreiecks- Labor	14
Tabelle 3: Die Arbeitsoberfläche von BAUWAS.....	21
Tabelle 4: BAUWAS ermöglicht das Bewegen eines Körpers im Raum.....	22
Tabelle 5: Die sieben Teile des SOMA-Würfels.....	23
Tabelle 6: Ausgewählte Beispiele zum SOMA-Würfel.....	24
Tabelle 7: Interaktion in Hinblick auf die Lernerkontrolle (nach Schulmeister, 2002a).....	25
Tabelle 8: Forschungsfragen.....	39
Tabelle 9: Quantifiziert erfasste Schüler/innen – Antworten	44
Tabelle 10: Quantifiziert erfasste Elternantworten	48

7.3 Literaturverzeichnis

1. AUFENANGER, Stefan (1999). Lernen mit neuen Medien - Was bringt es wirklich? Medien praktisch – Zeitschrift für Medienpädagogik. Heft 4/99. S. 4-8
2. BAUMGARTNER, P. (2002a). Pädagogische Anforderungen für die Bewertung und Auswahl von Lernsoftware. In: Issing, Klimsa (Hrsg.), Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet, Verlagsgruppe Beltz. Weinheim
3. BAUMGARTNER, P. (2002b). E-Learning. Didaktische und technische Grundlagen. E-Learning. CD Austria. S.4-5
4. BAUMGARTNER, P.; Payr, S. (1999). Lernen mit Software. Lernen mit interaktiven Medien. Band 1. Studienverlag. Innsbruck-Wien-München.
5. BENDEL, N.; SCHMIDT, G.(2004).Förderung der Raumanschauung im Geometrieunterricht der Orientierungsstufe – Ist der Computer ein willkommenes Werkzeug? In: MU – Der Mathematikunterricht. Jahrgang 50. Heft 1-2. Friedrich Verlag.
6. BÖHM Josef; Optimierungsaufgaben grafisch, numerisch und analytisch mit dem TI-92 lösen; bk teachware Schriftenreihe Nr. SR-06 mit Diskette
7. BREINBAUER, I. (2003). Konstruktivistische Fundierung der Mediendidaktik? Skriptum zum 4. Universitätslehrgang „Medienpädagogik“. Donau- Universität Krems. Zentrum für Bildung und Medien. August 2003.
8. BÜCHTER, A., LEUDERS, T. (2005). Mathematikaufgaben selbst entwickeln. Lernen fördern – Leistung überprüfen. Cornelsen Scriptor.
9. FISCHER, F.; MANDL, H. (2000). Lehren und Lernen mit neue Medien. München: Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie. Forschungsbericht Nr. 125.
10. GILLER, V., TSCHELIGI, M. (1998). Integration innovativer interaktiver Systeme in den Unterricht. In: REITER, A. (Hrsg.). Multimedia –Aufbruch in neue Lernwelten. Schriftenreihe. Österreichische Computergesellschaft.

11. HAAG, W. (2003). Wege zu geometrischen Sätzen. Ernst Klett Verlag. Stuttgart Düsseldorf Leipzig.
12. HAMMMER, Ch. (2005). Mut zu veränderten Methoden und Aufgaben. Anregungen für einen schüleraktivierenden Unterricht. In: Mathematik lehren. Heft 128. Friedrich in Velber.
13. HISCHER, H. (Hrsg.). (1998). Geometrie und Computer. Suchen – Entdecken – Anwenden. diVerlag. Franzbecker
14. HOLZINGER, A. (2001). Basiswissen Multimedia. Band 2: Lernen. Kognitive Grundlagen multimedialer Informationssysteme. Würzburg: Vogel Verlag
15. HUSSMANN, St. (2003). Mathematik entdecken und erforschen. Theorie und Praxis des Selbstlernens in der Sekundarstufe II. Cornelsen.
16. ISSING, L.(1998). Lernen mit Multimedia aus psychologisch-didaktischer Perspektive. In: Dörr, G; Jüngst, K. L. (hrsg.): Lernen mit Medien. Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr-Lern-Prozessen. Weinheim: Juventa.
17. KERRES, M.(2001). Multimediale und telemediale Lernumgebungen – Konzeption und Entwicklung. München-Wien: R. Oldenbourg Verlag
18. KLEIN, B. (2000). Didaktisches Design hypermedialer Lernumgebungen. Tectum Verlag. Marburg.
19. KLIMSA, P. (2002). Multimediantutzung aus psychologischer und didaktischer Sicht. In: Issing, Klimsa (Hrsg.). Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlagsgruppe Beltz. Weinheim
20. KRUMMHEUER, G., FETZER, M. (2005). Der Alltag im Mathematikunterricht – Beobachten – Verstehen – Gestalten. Mathematik Primar- und Sekundarstufe. Spektrum Akademischer Verlag.
21. LEUDERS, T. (2003). Mathematik Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Cornelsen Scriptor Verlag. Berlin.
22. LÜCK, W.v. (1998). Neue Bildungsziele, Neues Lernen und Neue Medien. In: REITER, A. (Hrsg.). Multimedia –Aufbruch in neue Lernwelten. Schriftenreihe. Österreichische Computergesellschaft.
23. MANDL, H., GRUBER H., RENKL, A. (2002). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In: Issing, Klimsa (Hrsg.). Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlagsgruppe Beltz. Weinheim
24. MECHLING, R.: EUKLID –DynaGeo. Geometrie (wie) mit Zirkel und Lineal. Version 2.4d (c). 1994/2002.
25. MOSER, H. (2000). Abenteuer Internet. Lernen mit WebQuests. Donauwörth: Verlag Auer
26. NIEGEMANN, H. M.(2001). Neue Lernmedien / konzipieren-entwickeln-einsetzen. Praxis Lernen mit neuen Medien. Verlag Hans Huber. Bern; Göttingen; Toronto; Seattle.
27. ORTNER, G. (2002). Einführung in die Mediendidaktik – Begriffliche Basis und Grundfragen der Entwicklung und des Einsatzes von didaktischen Medien in Schul-

betrieb und Unterricht. Skriptum. Donau Universität Krems – Wintersemester 2002/2003.

28. PACHLER, N. (Hrsg.). (2002). Lehren und Lernen mit IKT. Teil 1: Wie verändert sich Unterricht mit den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien? Innsbruck: Studienverlag
29. REICH, K. (2002). Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Einführung in Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik. Neuwied; Kriftel: Luchterhand
30. REITER, A. (1998). Innovation von Lehren und Lernen durch Multimedia, Hypermedia und Internet. In: REITER, A. (Hrsg.). Multimedia – Aufbruch in neue Lernwelten. Schriftenreihe. Österreichische Computergesellschaft.
31. RUF, U; GALLIN, P. (1998). Sprache und Mathematik in der Schule. Auf eigenen Wegen zur Fachkompetenz. Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung: Seelze-Velber
32. RUF, U; GALLIN, P. (1998). Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik. Band 1. Austausch unter Ungleichen. Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung: Seelze-Velber
33. RUF, U; GALLIN, P. (1998). Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik. Band 2. Spuren legen – Spuren lesen. Unterricht mit Kernideen und Reisetagebüchern. Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung: Seelze-Velber
34. SCHNOTZ, W. (2002). Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen. In: Ising, Klimsa (Hrsg.). Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlagsgruppe Beltz. Weinheim
35. SCHULMEISTER, R. (2002). Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie – Didaktik – Design. München-Wien: R. Oldenbourg Verlag
36. SCHWEGELER, Ch.. (1998). Geometrie experimentell. Ideen und Anregungen zu einem handlungsorientierten Mathematikunterricht. Orell Füssli Verlag.
37. STELLMACHER, H. Funktionsbegriff und funktionales Denken. IDM-Band 11. Institut für Didaktik der Mathematik. Universität Bielefeld. Köln. Aulis Verlag. 1986
38. STOLL, Clifford (2001). Logout – ein Essay. Warum Computer im Klassenzimmer nichts zu suchen haben. Zeitpunkte 1/2001. Zeitverlag Gerd Bucerius GmbH&Co. Hamburg
39. SÜßENBACHER, W. (1997). Software-Bildung. Lernen mit interaktiven Medien – Band 3. 1997. Studienverlag Innsbruck-Wien
40. THISSEN, F. (1997). Vortrag auf der learntec 1997, veröffentlicht in Uwe Beck/Winfried Sommer (Hrsg.). LEARNTEC 97. Europäischer Kongress für Bildungstechnologie und betriebliche Bildung. Tagungsband. Karlsruhe. S. 69-79
41. ULM, V. (2005). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe für individuelle Lernwege öffnen. Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung GmbH. Seelze-Velber.
42. URBAN-WOLDRON, H. (2004). Unterstützt Multimedia proaktives Lernen? Masterthese. Donau-Universität Krems
43. URBAN-WOLDRON, H. (2004). Neues Lernen mit Neuen Medien? IMST²-Projektbericht / Schwerpunkt S4 Praxisforschung. Juli 2004.

44. URBAN-WOLDRON, H. (2005). Aufbau von Raumvorstellungen mit dem Computer. Konstruieren und Experimentieren mit BAUWAS. In: Medienimpulse. Beiträge zur Medienpädagogik. Heft Nummer 52. Juni 2005. Bundesministerium für Bildung- Wissenschaft und Kultur. Wien.
45. Vollrath, H.-J. (2001). Grundlagen des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg- Berlin.
46. WEIDENMANN, B. (2002a). Abbilder in Multimediaanwendungen. In: Issing, Klimsa (Hrsg.). Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlagsgruppe Beltz. Weinheim
47. WEIGAND, H.-G.; WETH, Th. (2002). Computer im Mathematikunterricht. Neue Wege zu alten Zielen. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg-Berlin.
48. WEIDENMANN, B. (2002b). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In: Issing, Klimsa (Hrsg.). Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlagsgruppe Beltz. Weinheim
49. ZIEGENBALG, J. (1996). Algorithmen. Von Hammurapi bis Gödel. Texte zur Didaktik der Mathematik. Spektrum Akademischer Verlag.

Internetadressen⁹:

BAUMGARTNER, P. (2002). Didaktische Aspekte von e-Learning. <http://iol3.uibk.ac.at:8080/filer/peterManilaWebsite/peter/articles/didaktischeAspekte.pdf>

EHLERS, U. (2002). Qualität beim e-learning. http://www.lernqualitaet.de/ol/qualitaet_ehlers.pdf

ORTNER, G. (2002). Die schlechte Nachricht: e-Learning gibt es gar nicht! Auch in der virtuellen Schule muss real gelernt werden <http://wbt.donau-uni.ac.at/e-learning/symposium-14-06-2002/ref-ortner.html>

SCHULMEISTER, R. (2002). Taxonomie der Interaktivität von Multimedia. Ein Beitrag zur aktuellsten Metadaten-Diskussion. it + ti 4/2002. Universität Hamburg www.uni-hamburg.de

THISSEN, F.: Online-Forum Medienpädagogik. Chancen und Grenzen des Lehrens und Lernens mit Multimedia. <http://lbs.bw.schule.de/onmerz>

ULM, V.: Mathematikunterricht für individuelle Lernwege öffnen. <http://z-mnu.uni-bayreuth.de/mathematik/kallmeyer/>

WIESER, R. (2002). Lehren und Lernen mit Neuen Medien. http://www.lehrerforum.at/docs/Lernen_mit_Neuen_Medien.htm

⁹ Alle Internetadressen wurden zuletzt am 3.7.2005 überprüft.

7.4 Anhänge

7.4.1 Vortrag bei der ICTMT7

VISIONS OF MATHEMATICS EDUCATION: EMBEDDING TECHNOLOGY IN LEARNING. 26 – 29 July 2005. BRISTOL, UK

IS EVERY QUADRILATERAL FIT TO SERVE AS AN ELEMENT OF A PARQUET FLOOR?

Hildegard Urban-Woldron

Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum &

Pädagogische Akademie Strebersdorf, Austria

hildegard.urban-woldron@phedw.at

Making and testing conjectures as well as posing and solving problems are important mathematical activities. Dynamic geometry software, a powerful technological tool allows students to explore, discover and extend mathematical ideas. The author is investigating the mathematical and pedagogical potential of dynamic geometry software programs. Her interest is the impact of new technologies in the curriculum and the study of the consequences of this impact on the teaching and learning processes. Students' cognitive processes are analyzed when they are confronted with an open problem (i.e. when not provided with a predefined algorithm to resolve it). The evolution of students' cognitive abilities from an empirical approach to various mathematical activities is described, which involve experiences such as observing, noticing details in static images and changes in dynamic images, modifying and identifying invariants, to more abstract ones, which lead to applied mathematical knowledge enabling the student to "make sense" of the information and involve the construction of definitions and proofs.

INTRODUCTION

The current study, examining issues related to the effective teaching and learning of geometry with dynamic geometry software, is part of the author's framework of research within the MNI-Fonds at the University of Klagenfurt, Austria (<http://imst3.uni-klu.ac.at/mni>); its goal is to form a theoretical didactic basis of learning and teaching theories for new media. Currently, new technological tools are widespread in most classrooms now, but just the presence of technology by itself cannot bring about educational change. With regard to pedagogy, teachers who want to use dynamic software effectively, face new challenges. The use of dynamic geometry software does not require brand-new didactics, but teachers have to be aware that learning with dynamic software tasks follows its own rules and works differently compared to the classical methods of teaching. This highlights challenges and limits when organizing the learning process with dynamic software activities. The development of students' skills depends both on pedagogical interventions and on the creation of appropriate learning

objects. The dynamic geometry including mathematical objects and allowable transformations only can serve as a “raw material”. Understanding of teaching and learning processes and assessment of the potential of new media, particularly dynamic geometry software, are the theoretical foundation of the author’s practical work in answering the question “How does the practice of teaching change by the use of new media?” The success of teaching with new media has to be evaluated as well as the concepts forming the basis of these new methods. Currently available media and technological tools have to be transformed with didactic know-how into effective teaching media and teaching tools. The author is aware that the use of dynamic geometry software in a didactically designed learning environment changes substantially the learning and working behaviour of students in the class room and outside. Teachers have to learn when and how to use new media and what impact they may have on the students’ education. The student should be offered a learning environment where he can move between different levels and within different structures, where he is stimulated to ask his own questions and where he finds also help to answer those questions. The student should not be overwhelmed with a predefined succession of facts, but he should be helped to discover knowledge and to generate his own knowledge in his head (compare Frank Thissen, 1997).

RESEARCH QUESTIONS AND THEIR METHODOLOGICAL BASIS

Many discussions in the mathematics education research community deal with the subject how certain software tools may help improve students’ mathematical thinking. Drawings are seen as source of exploration and discovery and measurements are used both as a heuristic and a control tool. Without dynamic software we often test a conjecture only in a few cases. The dragging capabilities of dynamic software allow us to manipulate the figure and observe the effects of the manipulations almost instantaneously.

The educational potential of dynamic geometry software is reviewed based on current learning theories and existing research. Based on this review, hypothesis, research goals and methods have been defined and implemented in courses (Austrian state school system, 7th and 8th grade). The results of this original research have been evaluated with methods and tools of Action Research.

The author became particularly interested in the effects of dynamic geometry software on the students’ abilities to apply mathematical knowledge in order to comprehend and use the information provided and further on to learn asking their own questions and exploring them. Do the students ask unexpected questions? How much “guided discovery” is necessary and how does it depend on students’ knowledge and attitude? Does the software raise various questions for conjecturing and developing questions? Does the experimental evidence provide and produce strong conviction which can motivate the desire for proof. Do the students recognize the profound difference between determining that something is or seems to be true and explaining why it is true?

Student’s activities during courses have been observed, documented and students were encouraged to describe their activities in interviews and in essays. Several methods have been combined to gain insight into activities and into the individual student’s perspective:

- Interactive observation, documented in a research diary
- Technical documentation
- Questionnaires, essays and exercise sheets

The focus of research was on the following:

- Students' behaviour in the dynamic geometry software and learning environment
- Does dynamic geometry software support reactive, active or pro-active learning?
- The impact of the teacher's behaviour on the learning efficiency of the student

According to personal experience, not even self controlled learning processes are independent of the teacher's activities due to the interactive teacher-student situation.

PRACTICAL EXPERIENCES WITH DYNAMIC GEOMETRY SOFTWARE IN THE CLASSROOM

In the experimental part of the study, teaching situations within a dynamic geometry software environment in mathematics courses have been evaluated. The students involved in the study were Austrian Secondary School students (13-14 years old). The task used in the study is an open problem, which differs from traditional tasks of the form "prove that". The students are asked to explore a geometric situation, make conjectures and finally prove them. The technological environment chosen is Cabri, which contains a number of tools students may use to solve the problem. In preparation of the learning unit, each of the students was asked to produce at least 15 copies of a quadrilateral at his discretion and try to put them together to a parquet pattern. In the classroom sessions, the students were asked to work in pairs at the computer with Cabri, trying to formulate conjectures and proofs in two sessions of two hours each.



Figure 1

The starting point is a problem which also can have real life applications. Is every quadrilateral fit to serve as an element of a parquet floor? Explain why or why not! Students explore and study the family of quadrilaterals from another point of view and the example should involve a number of mathematical concepts and problem-solving approaches that can lead to rich discourse in the classroom.

The learning activity also offers multiple entry points for a variety of levels serving visual and tactile learners. First the students worked with paper, scissors, colour pens and glue. No student used dynamic geometry software even for constructing the quadrilaterals, although all the students were introduced and have been exposed regularly to dynamic geometry software before.

But the author wanted them to use the software to build conjectures and constitute proofs in a second step and therefore gentle guidance was required.



Figure 2

Most of the students started with squares, rectangles or other simple and already familiar quadrilaterals. Only a few of them used general convex quadrilaterals.



Figure 3a

Trying to develop a geometric pattern, two students inscribed into the existing quadrilateral (A) another quadrilateral (B) by connecting the midpoints of the four sides of A. The resulting figure appears to be a parallelogram. They coloured the inscribed quadrilaterals B in yellow (Fig. 3b) and put the pieces together. The obvious questions are:



Figure 3b

Will that be true for all quadrilaterals or just particular ones? Why? Is it true, that the area of the inscribed parallelogram is half of the area of the quadrilateral? Is this true for every quadrilateral you can imagine?

They were not aware that they had discovered by chance Varignon's theorem. They were fascinated and wanted to prove their assumptions.

Other students were getting curious and took an interest in the issue.



Figure 4

The students were then challenged to try some unfamiliar forms.

Are these pieces also quadrilaterals?

Can these non convex quadrilaterals also serve as an element of a parquet pattern?

What about Varignon's theorem?

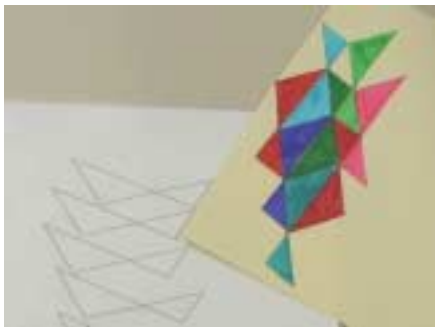


Figure 5

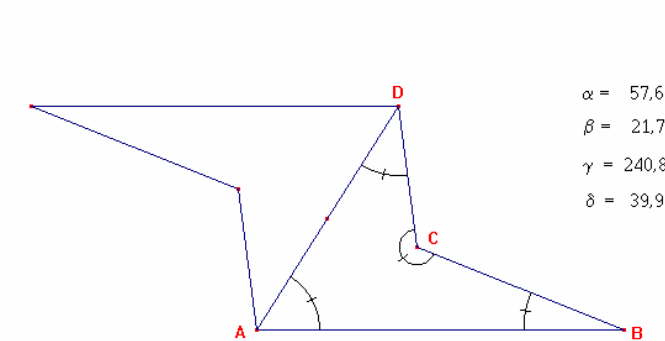
This object (black and white on the left side on Fig.5) also seems to be a quadrilateral, but it is self-intersecting.

How does the inscribed quadrilateral look like?

What about the areas?

Can it also serve as an element for a parquet pattern?

Spiegle das Viereck ABCD am Mittelpunkt der Seite AB!



$$\begin{aligned} \alpha &= 57,6^\circ \\ \beta &= 21,7^\circ \\ \gamma &= 240,8^\circ \\ \delta &= 39,9^\circ \end{aligned}$$

Fig. 6 displays an electronic exercise sheet with the exercise (in red print) "Mirror the quadrilateral ABCD on the point halfway between A and B".

The intention was that students might also repeat this exercise with other sides of the quadrilateral which would then lead them to further discoveries.

Figure 6 (Exercise –Sheet)

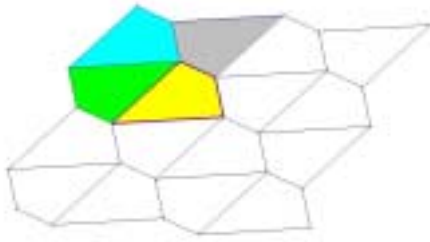


Figure 7

Students were then asked to mirror their own quadrilaterals on all four sides and have a look on the angle (The idea was to lead them to the discovery that on each point where four quadrilaterals meet also all four different angles meet. With the sum of angles at such a point being 360° the proof would be provided that all quadrilaterals can serve as a basis of a geometric pattern without gaps.

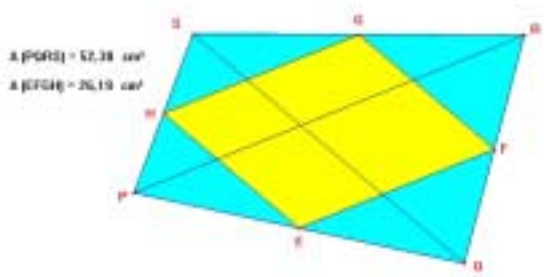


Figure 8

In this electronic exercise sheet, students were asked to measure the areas of the quadrilateral A and the inscribed quadrilateral B (see Fig. 5) and then find out why B had always half of A's area. As a hint, they were asked to draw diagonal lines into A. Some students then discovered that in each triangle resulting from dividing the quadrilateral with diagonal lines, there were two congruent blue triangles which fit exactly into the yellow quadrilateral.

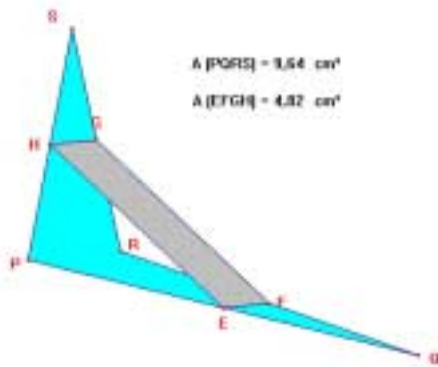


Figure 9

The students were then also asked to do the same with concave quadrilaterals, which was obviously more complex.

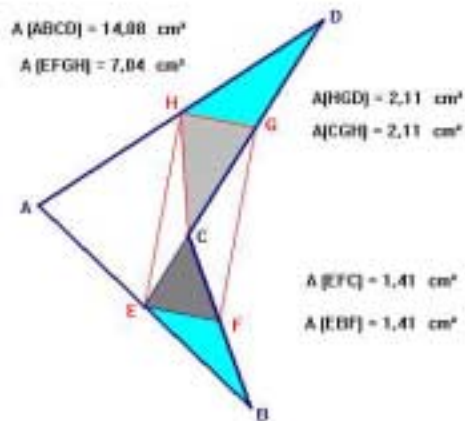


Figure 10

A few students then subdivided the “inscribed” quadrilateral B and discovered e.g. that the triangles HGD and HCG had the same area (according to the theorem that triangles have the same area when they have two identically long sides and their respective angles, enclosed by these two sides, add up to 180° ; however, this theorem had not yet been taught to this class.)

EVALUATION, ASSESSMENT AND DISCUSSION

Summarizing the class experiment, a simple question (can each quadrilateral be combined with its own kind to form a geometric pattern without gaps?) lead to a rich discourse in the classroom and further exploration!

From playing with elements cut out of paper to the use of dynamic geometry software and further on to more abstract deliberations and finally constituting proof.

How do students construct mathematical ideas in dynamic geometry environments tools (like Cabri Géomètre II)? The students were at first challenged by the geometric exercise, the results of which (yes, it can be done with every quadrilateral) seemed counterintuitive to many of them. The investigation also generated surprise moments that motivated students to focus their thinking.

When exploring this problem, students described patterns, developed rules and even algebraic expressions, and explained their conclusions. Thus, the lesson involved multiple stages of investigation: prediction, testing, rejection or extension of hypotheses, discovering and exploring the underlying mathematics, and making generalizations and proving results.

The students were actively engaged during these moments, negotiating and communicating ideas with the teacher and with other students. They learned with and from each other and the results show that dynamic geometry software especially supports the active, self-controlled and self-motivated student, who is ready to acquire from others and with others knowledge, skills and attitudes, to reflect on his individual learning process and who is willing to accept new questions and challenges he wants to and will explore. Dynamic geometry learning environments, thoughtfully selected and controlled by the teacher, offer the students these options.

The study therefore confirms the point of view, that successful learning is an individual and active process, based on intrinsic motivation, interest and active interaction with the learning environment. The proactive learner searches for his own way, looks out for questions and challenges and should be able to find appropriate answers in a well-built learning environment. The challenge for the teacher is to embed the dynamic geometry software tools in the general syllabus and into the class room. Implementing dynamic geometry software in the class room leads to a substantial change in the learning process. Passive reception of lectured information gives way to an active, individual construction of knowledge. Critical for these new learning processes are learning situations which offer guidance as well as room for individual exploration.

References

- Haag, W., (2003) *Wege zu geometrischen Sätzen*, Klett Verlag, Stuttgart-Düsseldorf-Leipzig.
- Hischer, H. (Hrsg.) (1998) *Geometrie und Computer. Suchen – Entdecken – Anwenden*, dtv-Verlag, Franzbecker.
- Leuders, T. (2003) *Mathematik Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*, Cornelsen Scriptor Verlag, Berlin.
- Thissen, F., (1997) *Vortrag auf der Learntec 1997*. Veröffentlicht in Beck, U. & Sommer, W. (Hrsg.) *Learntec 1997. Europäischer Kongress für Bildungstechnologie und betriebliche Bildung*, Tagungsband, S. 69-79, Karlsruhe.
- Urban-Woldron, H. (2004) *Unterstützt Multimedia proaktives Lernen?* Masterthese, Donau-Universität Krems.
- Weigand, H.-G., Weth, Th. (2002) *Computer im Mathematikunterricht. Neue Wege zu alten Zielen*, Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg-Berlin.

7.4.2 Elternfragebogen 3. Klasse

Liebe Eltern der 3D-Klasse!

Ihre Tochter/Ihr Sohn hat im Schuljahr 2004/05 nicht nur das neue **Unterrichtsfach AGM** kennen gelernt, sondern auch an einem **Forschungsprojekt**, das die **Verbesserung des Unterrichts in Mathematik** zum Ziel hat, teilgenommen. Ich interessiere mich im Besonderen für die Lernprozesse der Schüler/innen und die nachhaltigen Lern- und Kompetenzziele, die erreicht wurden. Es gilt zu erfahren und zu evaluieren, in welchem Maße es gelingt, Lernende mit Hilfe der neuen Medien zu selbstständigem und reaktivem Lernen anzuregen und welche Formen der Unterstützung und Begleitung des Lernprozesses dabei sinnvoll und effizient sind.

Um eine möglichst umfassende Analyse der Forschungsfragen zu gewährleisten, möchte ich gerne auch die **Elternperspektive** integrieren und ersuche Sie daher höflich, sich Zeit zum Ausfüllen¹⁰ des Fragebogens zu nehmen. Sie helfen mir damit meine Arbeit auf eine breitere Basis zu stellen und tragen mit Sicherheit zu einer Qualitätsevaluation und -verbesserung meines Unterrichts bei. Ihre Antworten fließen vollständig anonymisiert in einen Forschungsbericht ein. Bitte teilen Sie mir auf diesem Weg auch Ihre Verbesserungsvorschläge, Wünsche, Anmerkungen, Beschwerden,... mit.

Ich bedanke mich sehr herzlich für Ihre Mithilfe!

Hildegard Urban-Woldron

Geschlecht des Kindes männlich weiblich

		1	2	3	4
1	AGM gehört zu den Lieblingsfächern meines Kindes				
2	Ich schätze mein Kind in AGM sehr leistungsstark ein.				
3	Mein Kind beschäftigt sich sehr intensiv mit dem Fach AGM.				
4	Mein Kind hat Probleme im Fach AGM.				
5	Mein Kind könnte im Fach AGM mehr gefordert werden.				
6	Mein Kind sollte im Fach AGM mehr gefördert werden.				
7	Ich interessiere mich für die Lerninhalte in AGM.				
8	Ich interessiere mich für die Organisation des AGM-Unterrichts.				
9	Ich spreche mit meinem Kind über das Fach AGM.				
10	Ich denke, dass mein Kind im Fach AGM sehr viel gelernt hat.				
11	Das Fach AGM trägt nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie bei.				
12	Mein Kind lernt gerne mit anderen.				
13	Ich bin über die Ziele des AGM-Unterrichts informiert.				
14	Mein Kind müsste im AGM-Unterricht technisch mehr unterstützt werden?				
15	Mein Kind müsste im AGM-Unterricht mehr motiviert werden.				
16	Mein Kind erzählt zu Hause von sich aus über AGM.				

¹⁰ Zur Gewichtung verwende ich eine vierstufige Skala ... 1=ja, 2=eher ja, 3=eher nein, 4=nein. Bitte geben Sie, wenn möglich, auch jeweils eine weitere möglichst ausführliche verbale Begründung, einen Hinweis, eine mögliche Erklärung, eine Vermutung, ... für Ihre Einschätzung an. Verwenden Sie dazu bitte die Rückseite oder eine weitere Beilage.

17	Mein Kind kennt sich mit dem Computer sehr gut aus.				
18	Mein Kind hätte ohne Computereinsatz mehr gelernt.				
18	Mein Kind entwickelt sich zu einem/r selbstständigen Lerner/in.				
20	Ich bin mit den Lernergebnissen meines Kindes in AGM zufrieden.				

Bitte teilen Sie mir sonst noch alles mit, was Ihnen aufgefallen ist – positiv und negativ. Geben Sie bitte auch an, ob Sie meinen, dass Ihr Kind im Fach AGM neben den fachspezifischen Inhalten noch Weiteres gelernt hat. Wenn ja, was?

7.4.3 Elternfragebogen 4. Klasse

Liebe Eltern der 4D-Klasse!

Ihre Tochter/Ihr Sohn hat in den beiden vergangenen Schuljahren nicht nur das neue **Unterrichtsfach AGM** kennen gelernt, sondern im Schuljahr 2004/05 auch an einem **Forschungsprojekt**, das die **Verbesserung des Unterrichts in Mathematik** zum Ziel hat, teilgenommen. Ich interessiere mich im Besonderen für die Lernprozesse der Schüler/innen und die nachhaltigen Lern- und Kompetenzziele, die erreicht wurden. Es gilt zu erfahren und zu evaluieren, in welchem Maße es gelingt, Lernende mit Hilfe der neuen Medien zu selbstständigem und reaktivem Lernen anzuregen und welche Formen der Unterstützung und Begleitung des Lernprozesses dabei sinnvoll und effizient sind.

Um eine möglichst umfassende Analyse der Forschungsfragen zu gewährleisten, möchte ich gerne auch die **Elternperspektive** integrieren und ersuche Sie daher höflich, sich Zeit zum Ausfüllen¹¹ des Fragebogens zu nehmen. Sie helfen mir damit meine Arbeit auf eine breitere Basis zu stellen und tragen mit Sicherheit zu einer Qualitätsevaluation und -verbesserung meines Unterrichts bei. Ihre Antworten fließen vollständig anonymisiert in einen Forschungsbericht ein. Bitte teilen Sie mir auf diesem Weg auch Ihre Verbesserungsvorschläge, Wünsche, Anmerkungen, Beschwerden,... mit.

Ich bedanke mich sehr herzlich für Ihre Mithilfe!

Hildegard Urban-Woldron

Geschlecht des Kindes männlich weiblich

		1	2	3	4
1	AGM gehört zu den Lieblingsfächern meines Kindes				
2	Ich schätze mein Kind in AGM sehr leistungsstark ein.				
3	Mein Kind beschäftigt sich sehr intensiv mit dem Fach AGM.				
4	Mein Kind hat Probleme im Fach AGM.				
5	Mein Kind könnte im Fach AGM mehr gefordert werden.				
6	Mein Kind sollte im Fach AGM mehr gefordert werden.				
7	Ich interessiere mich für die Lerninhalte in AGM.				
8	Ich interessiere mich für die Organisation des AGM-Unterrichts.				

¹¹ Zur Gewichtung verwende ich eine vierstufige Skala ... 1=ja, 2=eher ja, 3=eher nein, 4=nein. Bitte geben Sie, wenn möglich, auch jeweils eine weitere möglichst ausführliche verbale Begründung, einen Hinweis, eine mögliche Erklärung, eine Vermutung, ... für Ihre Einschätzung an. Verwenden Sie dazu bitte die Rückseite oder eine weitere Beilage.

9	Ich spreche mit meinem Kind über das Fach AGM.				
10	Ich denke, dass mein Kind im Fach AGM sehr viel gelernt hat.				
11	Das Fach AGM trägt nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie bei.				
12	Mein Kind lernt gerne mit anderen.				
13	Ich bin über die Ziele des AGM-Unterrichts informiert.				
14	Mein Kind müsste im AGM-Unterricht technisch mehr unterstützt werden?				
15	Mein Kind müsste im AGM-Unterricht mehr motiviert werden.				
16	Mein Kind erzählt zu Hause von sich aus über AGM.				
17	Mein Kind kennt sich mit dem Computer sehr gut aus.				
18	Mein Kind hätte ohne Computereinsatz mehr gelernt.				
18	Mein Kind entwickelt sich zu einem/r selbstständigen Lerner/in.				
20	Ich bin mit den Lernergebnissen meines Kindes in AGM zufrieden.				

Bitte teilen Sie mir sonst noch alles mit, was Ihnen aufgefallen ist – positiv und negativ. Geben Sie bitte auch an, ob Sie meinen, dass Ihr Kind im Fach AGM neben den fachspezifischen Inhalten noch Weiteres gelernt hat. Wenn ja, was?

7.4.4 Schüler/innen – Fragebogen 3. Klasse

Lieber Schüler/ Liebe Schülerin der 3D-Klasse!

Du hast im vergangenen Schuljahr nicht nur das neue **Unterrichtsfach AGM** kennen gelernt, sondern auch an einem **Forschungsprojekt**, das die **Verbesserung des Unterrichts in Mathematik** zum Ziel hat, teilgenommen. Ich interessiere mich im Besonderen für deine Lernprozesse und die nachhaltigen Lern- und Kompetenzziele, die erreicht wurden. Es gilt zu erfahren und zu evaluieren, in welchem Maße es gelingt, Lernende mit Hilfe der neuen Medien zu selbstständigem und reaktivem Lernen anzuregen und welche Formen der Unterstützung und Begleitung des Lernprozesses dabei sinnvoll und effizient sind.

Daher ersuche ich dich, dir ausreichend Zeit für das sorgfältige Ausfüllen¹² des Fragebogens zu nehmen. Einige Fragen sind mit ja/nein auf einer vierstufigen Skala zu beantworten. Ich ersuche dich aber, darüber hinaus bei jeder Frage eine Begründung zu geben, warum du gerade diese Antwort gegeben hast.

Einige Fragen sind offen gestellt – hier ersuche ich dich mir in Form eines kurzen Aufsatzes Antworten zu geben. Verwende dazu ein eigenes Blatt!

Ich bedanke mich sehr herzlich für deine Mithilfe!

Hildegard Urban-Woldron

Ich bin ein Schüler

Ich bin eine Schülerin

¹² Zur Gewichtung verwende ich eine vierstufige Skala ... 1=ja, 2=eher ja, 3=eher nein, 4=nein. Bitte gib auch jeweils eine weitere möglichst ausführliche verbale Begründung, einen Hinweis, eine mögliche Erklärung, eine Vermutung, ... für deine Einschätzung an. Verwenden dazu bitte die Rückseite oder eine weitere Beilage, wenn du mit dem dafür vorgesehenen Platz nicht auskommst.

		1	2	3	4
1	AGM gehört zu meinen Lieblingsfächern				
2	Ich glaube, dass ich in AGM sehr gute Leistungen erbringen kann.				
3	Ich beschäftigte mich sehr intensiv mit dem Fach AGM.				
4	Ich habe Probleme im Fach AGM?				
5	Ich könnte im Fach AGM mehr gefordert werden?				
6	Ich sollte im Fach AGM mehr gefördert werden?				
7	Ich interessiere mich für die Lerninhalte in AGM?				
8	Ich interessiere mich für die Organisation des AGM-Unterrichts.				
9	Ich spreche mit meinen Eltern über das Fach AGM.				
10	Ich bin überzeugt, dass ich im Fach AGM sehr viel gelernt habe.				
11	Das Fach AGM trägt nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie bei.				
12	Ich lerne gerne mit anderen.				
13	In AGM habe ich die Möglichkeit, mit anderen zu lernen.				
14	Meine Lehrerin möchte wissen, was ich nicht kann bzw. was ich nicht weiß.				
15	Meine Lehrerin ist daran interessiert, zu erfahren, wie ich an eine Aufgabenstellung herangehe und was ich selbst zu leisten imstande bin.				
16	Meine Lehrerin unterstützt meinen Lernprozess.				
17	Ich beschäftige mich gerne mit Aufgaben, wo ich den Lösungsweg noch nicht vollständig vorgegeben habe.				
18	Das Lernen in AGM ist für mich sehr anstrengend.				
19	Ich bin auf dem Weg zu einem/r selbstständigen Lerner/in.				
20	Ich bin mit meinen Lernergebnissen in AGM zufrieden.				

1. Welche Software, welches Programm, hat dir am besten gefallen? Warum?
2. Welche Software, welches Programm, hat dir am wenigsten gefallen? Warum?
3. Welche Erinnerung verbindest du mit „BAUWAS“?
4. Würdest du gerne mehr Anleitungen zum Lösen der Aufgabenstellungen bekommen? Warum? Warum nicht?
5. Welches Beispiel war das interessanteste für dich, welches das am wenigsten interessante? Warum?
6. Wie viel Zeit hast du für die Bearbeitung des Aufgabenblattes zur Überprüfung der Kompetenzziele verwendet? Waren die Aufgaben interessant? Wie sehr hast du dich um die Lösungen bemüht? Was hast du dabei gelernt?

7. Motivieren dich Bonusaufgaben? Warum? Warum nicht?
8. Mit welchen Applets hast du dich beschäftigt? Warum hast du gerade diese ausgewählt?
9. Nimm Stellung zu folgender Aussage: „Der Computer ist ein Werkzeug zum Lernen!“
10. Bitte teile mir sonst noch alles mit, was dir aufgefallen ist – positiv und negativ.

7.4.5 Schüler/innen – Fragebogen 4. Klasse

Lieber Schüler/ Liebe Schülerin der 4D-Klasse!

Du hast in den beiden vergangenen Schuljahren nicht nur das neue **Unterrichtsfach AGM** kennen gelernt, sondern im Schuljahr 2004/05 auch an einem **Forschungsprojekt**, das die **Verbesserung des Unterrichts in Mathematik** zum Ziel hat, teilgenommen. Ich interessiere mich im Besonderen für deine Lernprozesse und die nachhaltigen Lern- und Kompetenzziele, die erreicht wurden. Es gilt zu erfahren und zu evaluieren, in welchem Maße es gelingt, Lernende mit Hilfe der neuen Medien zu selbstständigem und reaktivem Lernen anzuregen und welche Formen der Unterstützung und Begleitung des Lernprozesses dabei sinnvoll und effizient sind.

Daher ersuche ich dich, dir ausreichend Zeit für das sorgfältige Ausfüllen¹³ des Fragebogens zu nehmen. Einige Fragen sind mit ja/nein auf einer vierstufigen Skala zu beantworten. Ich ersuche dich aber, darüber hinaus bei jeder Frage eine Begründung zu geben, warum du gerade diese Antwort gegeben hast.

Einige Fragen sind offen gestellt – hier ersuche ich dich mir in Form eines kurzen Aufsatzes Antworten zu geben. Verwende dazu ein eigenes Blatt!

Ich bedanke mich sehr herzlich für deine Mithilfe!

Hildegard Urban-Woldron

Ich bin ein Schüler

Ich bin eine Schülerin

		1	2	3	4
1	AGM gehört zu meinen Lieblingsfächern				
2	Ich glaube, dass ich in AGM sehr gute Leistungen erbringen kann.				
3	Ich beschäftigte mich sehr intensiv mit dem Fach AGM.				
4	Ich habe Probleme im Fach AGM?				
5	Ich könnte im Fach AGM mehr gefordert werden?				
6	Ich sollte im Fach AGM mehr gefördert werden?				
7	Ich interessiere mich für die Lerninhalte in AGM?				

¹³ Zur Gewichtung verwende ich eine vierstufige Skala ... 1=ja, 2=eher ja, 3=eher nein, 4=nein. Bitte geben Sie, wenn möglich, auch jeweils eine weitere möglichst ausführliche verbale Begründung, einen Hinweis, eine mögliche Erklärung, eine Vermutung, ... für Ihre Einschätzung an. Verwenden Sie dazu bitte die Rückseite oder eine weitere Beilage.

8	Ich interessiere mich für die Organisation des AGM-Unterrichts.				
9	Ich spreche mit meinen Eltern über das Fach AGM.				
10	Ich bin überzeugt, dass ich im Fach AGM sehr viel gelernt habe.				
11	Das Fach AGM trägt nur zum Lernen von Mathematik und Geometrie bei.				
12	Ich lerne gerne mit anderen.				
13	In AGM habe ich die Möglichkeit, mit anderen zu lernen.				
14	Meine Lehrerin möchte wissen, was ich nicht kann bzw. was ich nicht weiß.				
15	Meine Lehrerin ist daran interessiert, zu erfahren, wie ich an eine Aufgabenstellung herangehe und was ich selbst zu leisten imstande bin.				
16	Meine Lehrerin unterstützt meinen Lernprozess.				
17	Ich beschäftige mich gerne mit Aufgaben, wo ich den Lösungsweg noch nicht vollständig vorgegeben habe.				
18	Das Lernen in AGM ist für mich sehr anstrengend.				
19	Ich bin auf dem Weg zu einem/r selbstständigen Lerner/in.				
20	Ich bin mit meinen Lernergebnissen in AGM zufrieden.				

11. Welche Software, welches Programm, hat dir am besten gefallen? Warum?

12. Welche Software, welches Programm, hat dir am wenigsten gefallen? Warum?

13. Welche Erinnerung verbindest du mit „Schatz des Thales“?

14. Was hat dir an dem Modul „Satzgruppe des Pythagoras“ bei mathe-online gefallen? Was nicht? Warum?

15. Wie hast du dich mit dem Lernmodul „Funktionen“ zurecht gefunden? Was hat dir gefallen? Was nicht? Hat etwas gefehlt? War zu viel Information?

16. Würdest du gerne mehr Anleitungen zum Lösen der Aufgabenstellungen bekommen? Warum? Warum nicht?

17. Was ist deine Meinung zur gemeinsamen Plattform? Denkst du, dass du sie hättest besser nutzen können?

18. Welches Beispiel war das interessanteste für dich, welches das am wenigsten interessante? Warum?

19. Wie viel Zeit hast du für die Bearbeitung des Aufgabenblattes zur Überprüfung der Kompetenzziele verwendet? Waren die Aufgaben interessant? Wie sehr hast du dich um die Lösungen bemüht? Was hast du dabei gelernt?

20. Bitte teile mir sonst noch alles mit, was dir aufgefallen ist – positiv und negativ.

7.4.6 Arbeitsblatt Fallschirm

Lineare Funktionen – Anwendungsaufgabe Fallschirm

Ein Fallschirmspringer öffnet seinen Fallschirm und misst mit Hilfe eines Höhenmessers zu verschiedenen Zeitpunkten nach dem Öffnen des Schirms seine Höhe über dem Erdboden.

Die Messung ergab die folgende Wertetabelle:

Fallzeit t in s	5	10	15	20	25
Höhe h in m	232,5	210,0	187,5	165,0	142,5



Arbeitsaufträge:

- Erstelle ein Koordinatensystem mit beschrifteten und skalierten Achsen zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Fallzeit t und der Höhe h . Dabei soll die Fallzeit auf der Abszisse, das ist die horizontale Achse, und die Höhe auf der Ordinate, das ist die vertikale Achse, aufgetragen werden.
- Trage die Wertepaare aus der Tabelle als Punkte in das Koordinatensystem ein.
- Weise rechnerisch nach, dass der Zusammenhang zwischen der Fallzeit und der Höhe durch eine lineare Funktion beschrieben werden kann.
- Bestimme den Steigungsfaktor dieser Linearen Funktion mit Maßeinheit. Erläutere die Bedeutung dieses Wertes für den Zusammenhang zwischen der Fallzeit und der Höhe.
- Bestimme den Ordinatenabschnitt dieser Linearen Funktion mit Maßeinheit. Erläutere kritisch diesen Wert für den Zusammenhang zwischen der Fallzeit und der Höhe.
- Gib den Funktionsterm dieser Linearen Funktion an. Überprüfe, ob die gemessenen Wertepaare die Funktionsgleichung erfüllen.
- Zeichne den Graphen dieser Linearen Funktion in das Koordinatensystem aus a).

Bemerkung: Du kannst die Rechnungen in den Aufgaben **h)** bis **j)** auch ohne Maßeinheiten durchführen, musst aber die Endergebnisse immer mit Maßeinheiten angeben.

- Berechne die Nullstelle dieser Linearen Funktion. Überprüfe das Ergebnis anhand des Graphen aus **g)**. Erläutere die Bedeutung dieses Wertes für den Zusammenhang zwischen der Fallzeit und der Höhe.
- Berechne die Höhe des Fallschirmspringers über dem Erdboden nach einer Fallzeit von 33s. Überprüfe das Ergebnis ebenfalls anhand des Graphen aus **g)**.
- Berechne die Fallzeit, nach der der Fallschirmspringer eine Höhe von 100m über dem Erdboden hat. Überprüfe das Ergebnis ebenfalls anhand des Graphen aus **g)**.

7.4.7 Lernziele zum Thema FUNKTIONEN (4. Klasse)

Hier findest du die wichtigsten Lern- und Kompetenzziele!

(Welche hast du schon erreicht? Wie kannst du das überprüfen? Woran musst du noch arbeiten?)

Überfachliche Kompetenzbereiche

Du kannst ...

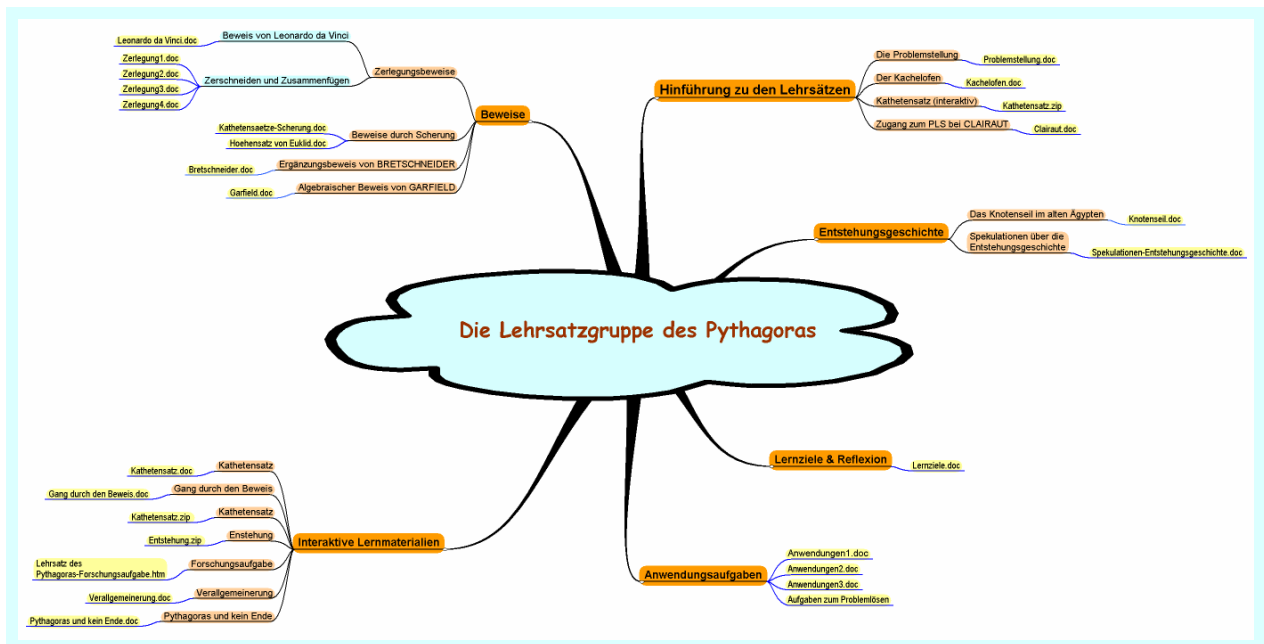
Informationsquellen, insbesondere mathematische Texte erschließen und für den Aufbau neuen Wissens nutzen	
dir mit vorgegebenen Arbeitsanweisungen und Hilfsmitteln neue Lerninhalte selbstständig aneignen	
deinen eigenen Lernprozess vorstrukturieren, organisieren und dokumentieren	
mit einer Partnerin/einem Partner oder in einer Gruppe zusammenarbeiten und dabei wichtige Rollen einer Arbeitsgruppe kennen und übernehmen	
in mathematischen Kontexten Vermutungen entwickeln, formulieren und untersuchen	
Hilfsmittel, wie Formelsammlungen, Lexika, Taschenrechner, Computerprogramme, Internet, Impulsfragen,... sachgemäß nutzen	
mathematische Sachverhalte mit Hilfe von Sprache, Bildern und Symbolen beschreiben und veranschaulichen	
Lern- und Arbeitsergebnisse verständlich und übersichtlich in schriftlicher und mündlicher Form präsentieren	

Mathematische Kompetenzen

Du kannst ...

einfache Zusammenhänge zwischen Größen durch Tabellen, Diagramme und verbale Vorschriften beschreiben und darstellen	
Abhängigkeiten dynamisch deuten, d.h. erklären, wie die Änderung einer Größe sich auf andere auswirkt	
kennzeichnende Eigenschaften von bestimmten Funktionen nennen und sachgerecht nutzen	
Funktionen dynamisch deuten	
verschiedene Darstellungsformen einer Funktion ineinander übersetzen	
inner- und außermathematische Sachverhalte mit Hilfe von Tabellen, Termen oder Graphen beschreiben und umgekehrt Tabellen, Terme und Graphen in Bezug auf einen Sachverhalt interpretieren	
Funktionen auf lokale und globale Eigenschaften untersuchen	
Wirkungen von Parametern in Funktionstermen verstehen	
die neuen Medien sachgerecht zum Erwerb neuen Wissens nutzen	

7.4.8 Lernpfad des Pythagoras



7.4.9 Beweis des Lehrsatzes des Pythagoras von Clairaut

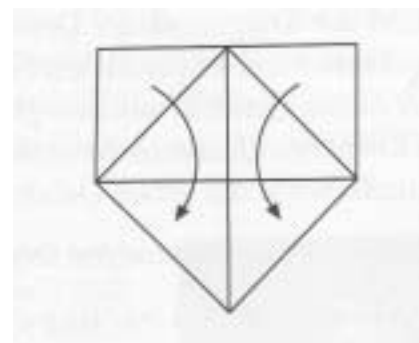
Der Zugang zum Lehrsatz des Pythagoras erfolgt bei Clairaut¹⁴ (1713-1765) über das Problem, aus zwei gegebenen Quadraten eines einziges flächengleiches zu erzeugen.



Er beginnt mit einem Spezialfall:

Zwei gleich große Quadrate sind gegeben. Diese werden durch je eine Diagonale in flächengleiche Dreiecke zerlegt.

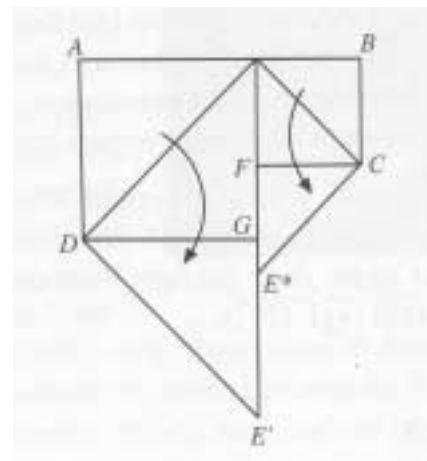
Geeignet zusammengesetzt ergeben diese Dreiecke ein Quadrat.¹⁵



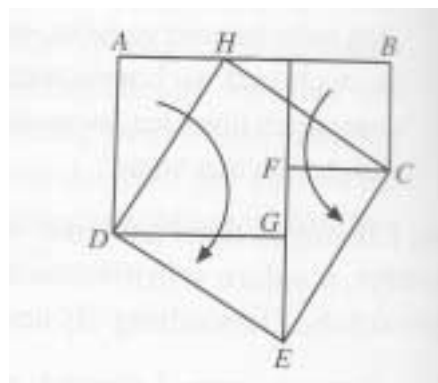
¹⁴ Baptist, P. (1997). Pythagoras und kein Ende?. Leipzig: Ernst Klett Schulbuchverlag.

¹⁵ Diese Vorgangsweise findet sich bereits auf Tontafeln der Babylonier.

Nun sind zwei unterschiedlich große Quadrate mit den Seitenlängen a , b ($a > b$) gegeben. Wenn du direkt dem „Geist“ der vorhergehenden Methode folgst, so erhältst du eine Figur, die sich nicht schließt.



Um eine geschlossene Figur analog zum Spezialfall der kongruenten Ausgangsquadrate zu erhalten, musst du versuchen, auf $[AB]$ einen Punkt H so zu finden, dass sich die Dreiecke DHA bzw. HCB bei Drehung um 90° um D bzw. C (im bzw. entgegen dem Uhrzeigersinn) auf der Verlängerung der gemeinsamen Quadratseite in einer „Spitze“ $E = E' = E^*$ berühren.



Es muss also gelten: $\overline{FE} = \overline{FG} + \overline{GE}$

Was muss für \overline{HB} gelten?

Wie groß ist \overline{AH} ?

Warum ist das Viereck $DECH$ dann ein Quadrat?

Warum hat das Quadrat $DECH$ den gleichen Flächeninhalt wie die beiden kleineren Quadrate zusammen?

Was hast du hier gelernt?

7.4.10 Experimenteller Beweis des PLS

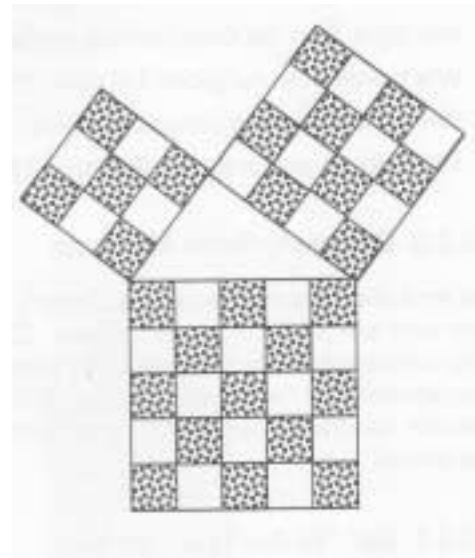
In der Literatur sind weit über 100 Beweisführungen zu dem berühmten Satz bekannt.

Der Satz lässt sich auch **experimentell** beweisen: durch **Auszählen** oder **geometrisch** mit deinem DGS (Euklid oder Cabri).

Die so genannte **Auszählmethode** lässt sich überall da exakt anwenden, wo die Seitenlängen der drei Dreieckseiten im rechtwinkligen Dreieck ganzzahlig sind.

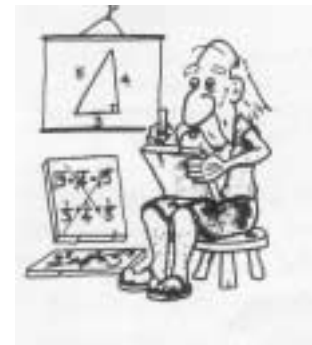
Solche Zahlentripel (wie z.B. 3, 4, 5) heißen **Pythagoräische Zahlentripel**.

Wie viele solche Pythagoräischen Zahlentripel findest du?



Untersuche ob die folgenden Zahlentripel Pythagoräische Zahlentripel sind und erkläre, wie du das herausgefunden hast!

- 20, 21, 29
- 28, 44, 53
- 19, 180, 181
- 20, 100, 101
- 20, 99, 101



Verallgemeinerung:

Es gilt: Die Zahlen 3, 4, 5 bilden ein Pythagoräisches Zahlentripel.

Sind 6, 8, 10 bzw. 9, 12, 15 auch Pythagoräische Zahlentripel? Was bedeutet das? Wie viele solche Tripel kannst du finden?

Welche Eigenschaften haben die zugehörigen Dreiecke abgesehen davon, dass sie alle einen rechten Winkel haben?

Kannst du diese Aussage allgemein formulieren?

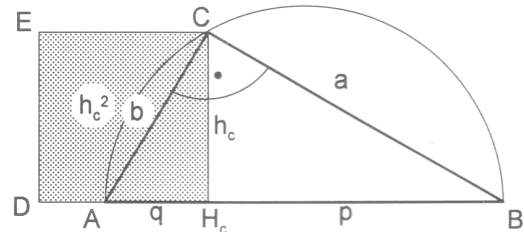
Was hast du hier gelernt?

7.4.11 Höhensatz von EUKLID

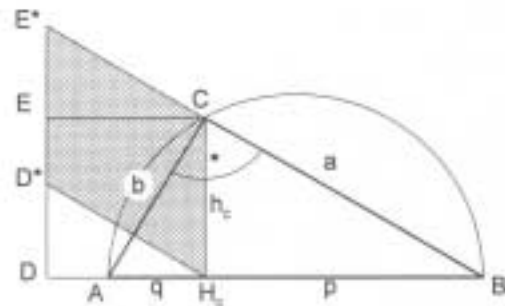
Euklid, ein griechischer Mathematiker, der nach Pythagoras um 300 v. Chr. lebte, schrieb die „ELEMENTE“ – ein Lehrbuch der Mathematik. Er fand noch mehr Gesetzmäßigkeiten des rechtwinkligen Dreiecks heraus.

Die Überlegungen¹⁶, die er angestellt haben könnte, sollst du jetzt nachvollziehen!

Er errichtete über der Höhe h_c des rechtwinkligen Dreiecks ABC ein Quadrat DH_cCE .



Dieses Quadrat „verschob“ er nun seitlich nach oben, bis er auf die Verlängerung der Strecke BC traf - der mathematische Ausdruck für diese Abbildung heißt **SCHERUNG**.



Das Parallelogramm $D^*H_cCE^*$ hat denselben Flächeninhalt wie das Ausgangsquadrat DH_cCE . Du sagst: Das Quadrat DH_cCE ist geschert worden in ein flächengleiches Parallelogramm $D^*H_cCE^*$.

Wenn du nicht glauben kannst, dass beide Gebilde flächengleich sind, dann **überprüfe** diese Aussage geometrisch mit Hilfe deines DGS!

Ebenso sind die Strecken DD^* und EE^* genauso lang wie AH_c .

- **Betrachte** dazu die beiden Dreiecke ECE^* und AH_cC .
- **Überlege** und **erkläre**, warum die beiden Dreiecke kongruent sind!

¹⁶ Quelle: Schmidt, Hans J.:1999. Lernzirkel: Der Satz des Pythagoras. Verlag an der Ruhr

Der Rest sollte dir nicht mehr schwer fallen.

Euklid scherte das Parallelogramm erneut, wobei sich am Flächeninhalt wieder nichts änderte, denn die Grundseite D^*H_c und die zugehörige Höhe blieben gleich.

- **Zeichne** die entsprechende Höhe in beiden Parallelogrammen ein!

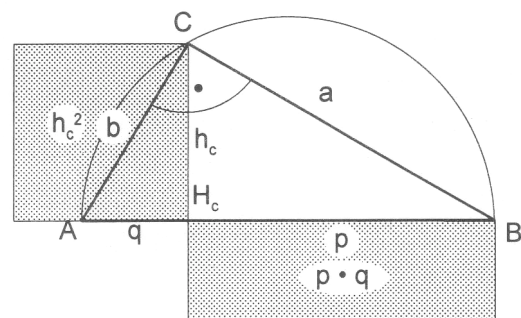
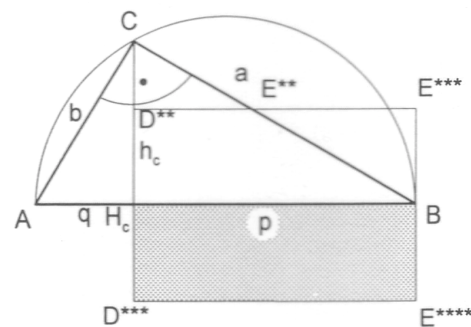
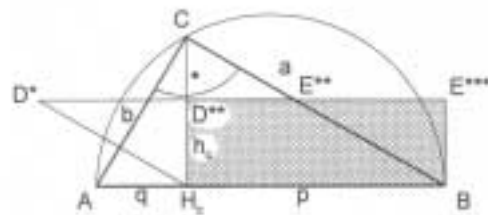
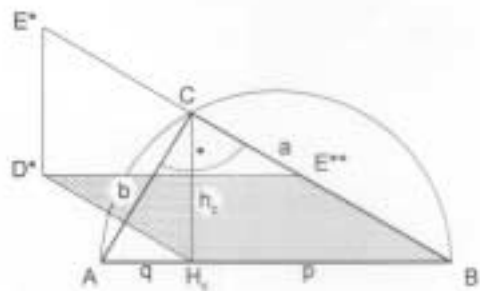
Auch die nächste Scherung änderte nichts am Flächeninhalt.

Begründe!

Aus Gründen der besseren Übersicht wurde das Rechteck $H_cBE^{***}D^{**}$ „umgeklappt“. Für den Flächeninhalt ist das unerheblich.

Euklid erkannte:

Der Flächeninhalt des Quadrates über der Höhe h_c ist genauso groß wie das Rechteck mit der Länge p und der Breite q .



$$h^2 = p \cdot q$$

Das ist der so genannte **Höhensatz des EUKLID**.

Zusammenfassung: Was hast du hier gelernt?

- **Fasse** die Überlegungen des Euklid noch einmal mit eigenen Worten zusammen!
- **Überprüfe** die Richtigkeit des Höhensatzes von Euklid auch geometrisch **mit deinem DGS!**
- **Beschreibe** möglichst ausführlich, wie du bei der geometrischen Überprüfung vorgegangen bist!

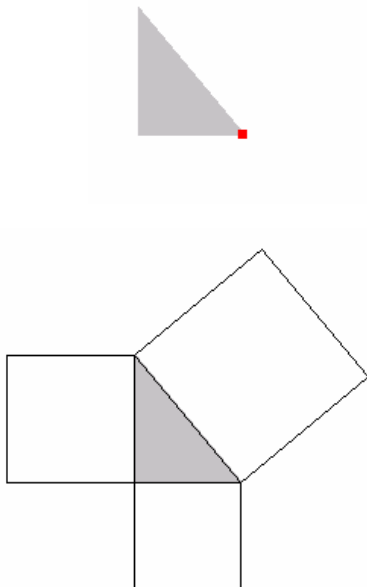
7.4.12 Interaktiver Gang durch den Beweis des PLS

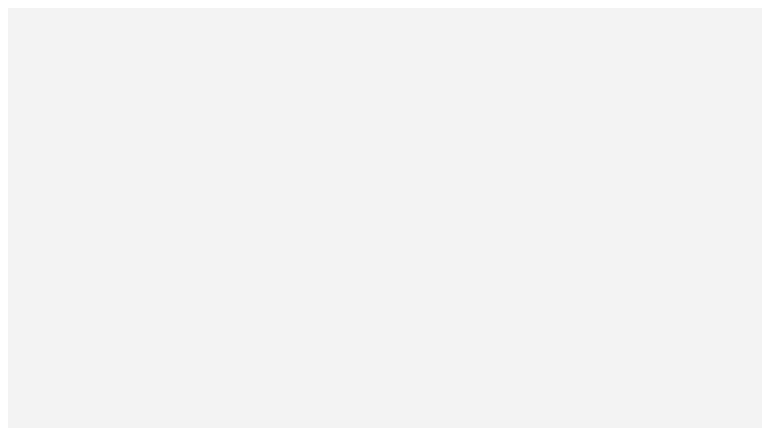
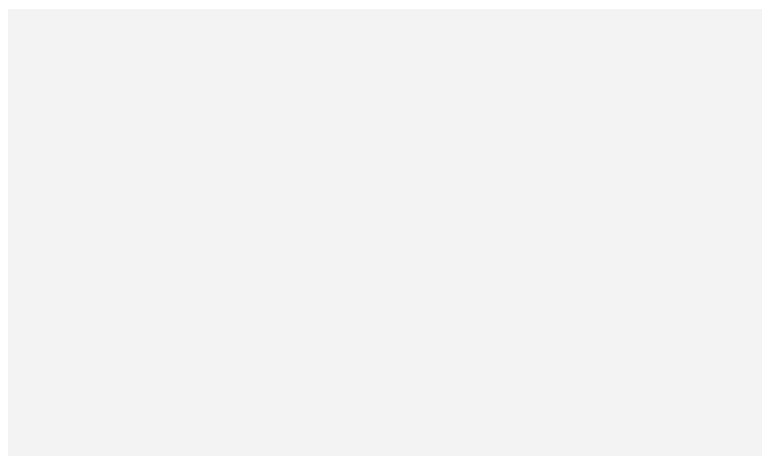
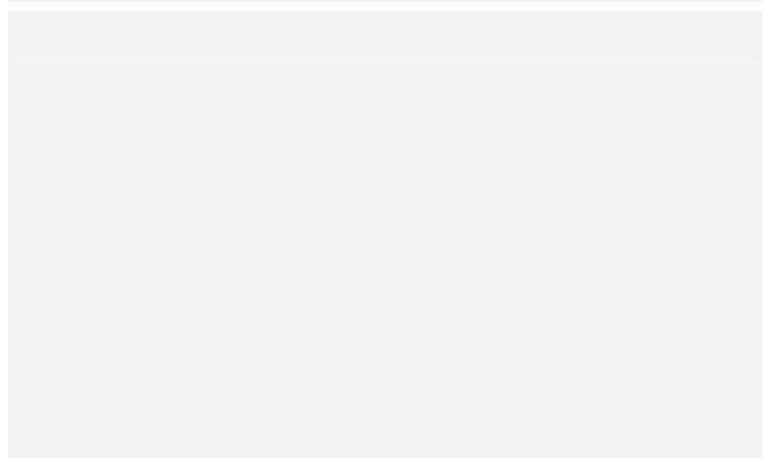
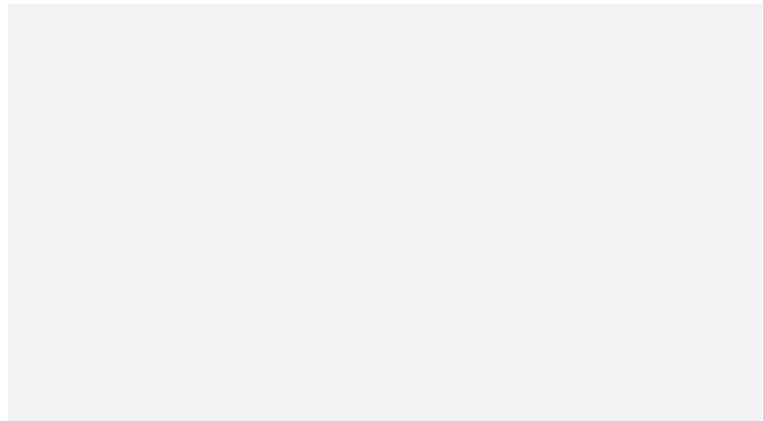
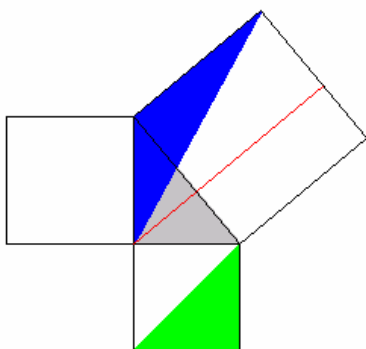
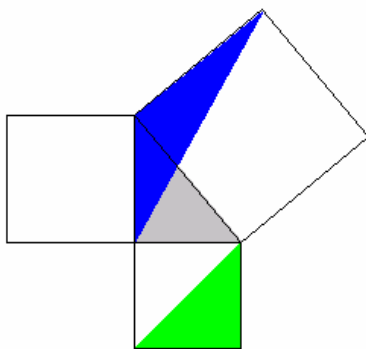
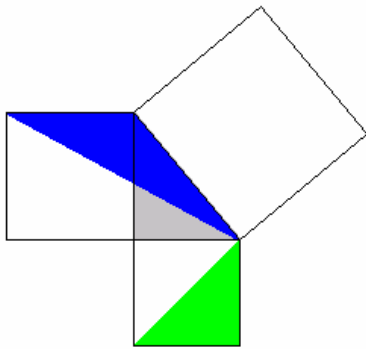
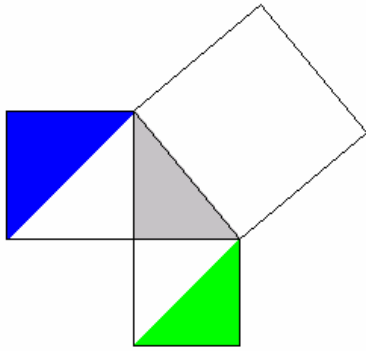


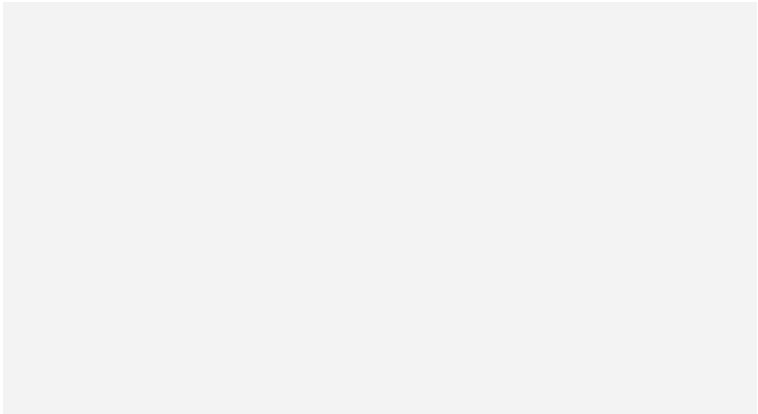
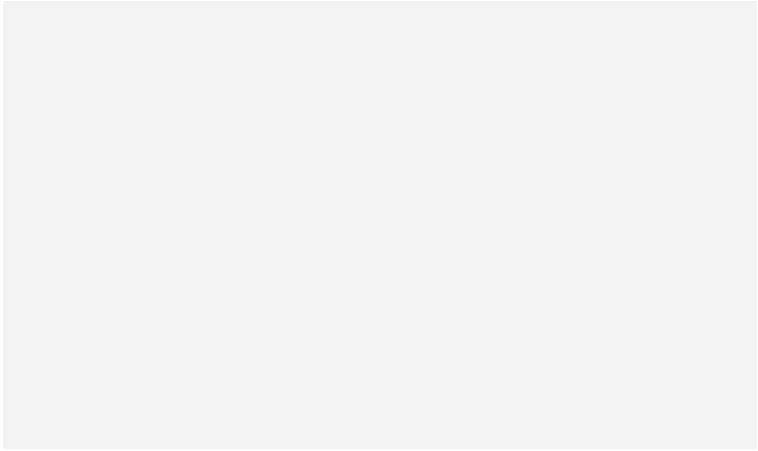
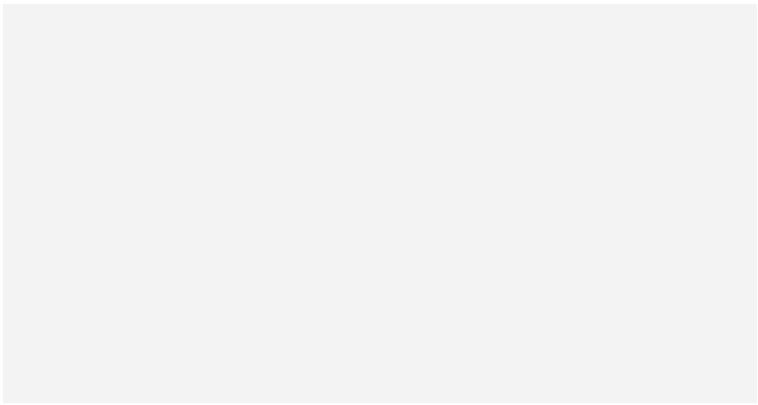
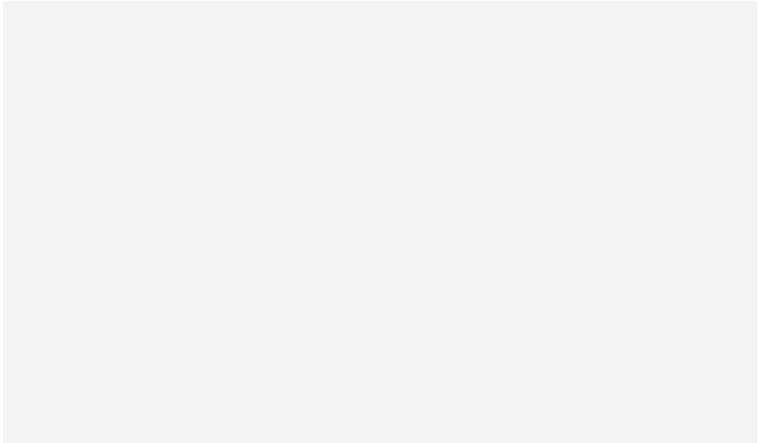
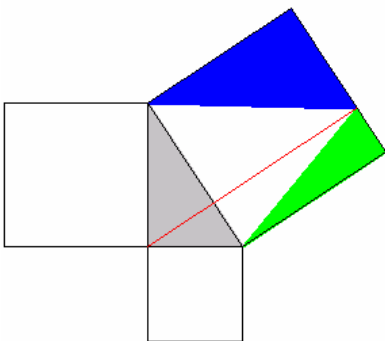
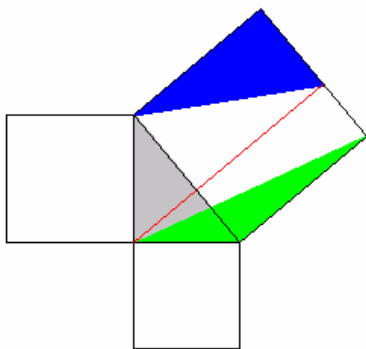
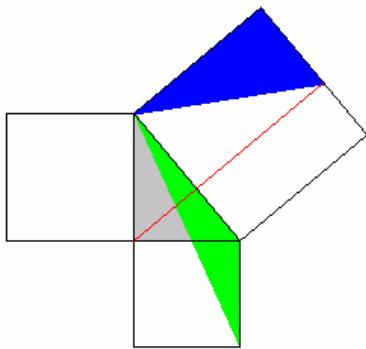
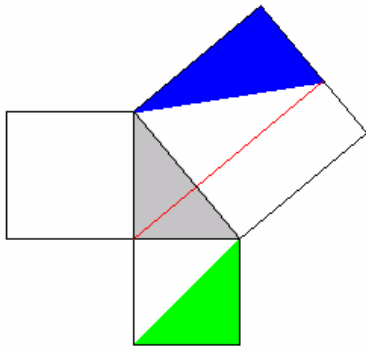
Wenn du auf das Bild links klickst, findest du einen Beweis für den Lehrsatz des Pythagoras.

Mit den Schaltern NEXT, BACK und RESTART kannst du durch die Animation „wandern“. Du findest auch einen Erklärungstext.

Beschreibe die einzelnen Schritte in der folgenden Tabelle mit deinen eigenen Worten.







Was hast du hier gelernt?

7.4.13 Lernziele zur Kernidee Lehrsatzgruppe des Pythagoras

Diese hier angeführten Ziele solltest du erreichen.

Gib eine Selbsteinschätzung, wie weit du jedes einzelne Ziel erreicht hast.

Du sollst ...

... die Aussage des Satz des Pythagoras als Satz über die Quadratflächen am rechtwinkligen Dreieck kennen und erklären können

... Beweise zum Satz des Pythagoras kennen lernen und einen Beweis mit allen Beweisschritten verständlich reproduzieren können

... weitere Gesetzmäßigkeiten der Satzgruppe des Pythagoras kennen und anwenden können

... die Bedeutung des Satz des Pythagoras zur Längenberechnung erkennen und anwenden können

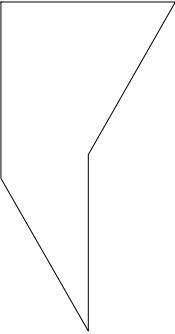
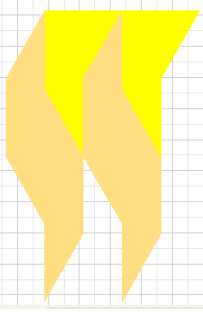
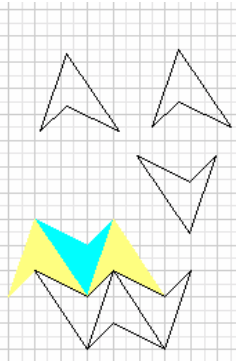
... die Schönheit und Eleganz verschiedener Beweise erleben können

... Materialien und Informationen zu einem gestellten Problem auswählen und zur Lösung des Problems auswerten können

... das Gelernte in Wort und Bild verständlich darstellen können

7.4.14 Arbeitsblatt zu AutoSketch - Parkettierung

Welche Lernziele hast du schon erreicht? Wie kannst du das überprüfen? Woran musst du noch arbeiten?

<p>Du kannst beschreiben, was man unter einer Parkettierung versteht.</p>	
<p>Du kannst aus kongruenten Rechtecken ein Parkettbodenmuster gestalten.</p>	
<p>Du weißt, wo Parkettierungen in der Umwelt und Arbeitswelt Anwendung finden und kannst Beispiele dazu angeben.</p>	
<p>Du kannst aus gegebenen Figuren Parkettierungen erzeugen.</p>	
<p>Du kannst du der Aussage „Jedes beliebige Viereck taugt als Parkettstein“ Stellung nehmen!</p>	
	<p>Beispiel 1: Dieses unregelmäßige Fünfeck besteht aus einem gleichseitigen Dreieck und einer Raute. Beschrifte die Eckpunkte A, B, C, D und E, die Winkel α, β, γ, δ und ϵ und die Seiten a, b, c, d und e. Was fällt dir auf?</p> <p>Welche Erklärung bzw. Begründung¹⁷ hast du dafür?</p> <p>Beschreibe die einzelnen Arbeitsschritte und Überlegungen zum Erzeugen der Grundfigur!</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div data-bbox="756 1014 1409 1099"> <p>Erzeuge aus dieser Grundfigur die dargestellte Parkettierung und gib die einzelnen Überlegungen und Arbeitsschritte möglichst genau an!</p> </div> </div> <p><u>Partnerarbeit:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erzeuge aus der Grundfigur weitere Parkettierungen und führe mit deinem Lernpartner/deiner Lernpartnerin eine gemeinsame Besprechung über die Vorgangsweise durch? • Was hast du dabei gelernt?
	<p>Beispiel 2 (Bonusaufgabe)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibe¹⁸, was du in der Grafik (linke Spalte) siehst! • Welche Vermutung legt diese Darstellung nahe? • Überprüfe deine Vermutung an wenigstens drei verschiedenen unregelmäßigen Vierecken. • Hast du eine Erklärung dafür, wieso sich jedes beliebige Viereck als Parkettstein eignet? • Versuche¹⁹, mit einem beliebigen Dreieck (einem beliebigen Fünfeck) als Grundfigur eine Parkettierung zu erzeugen. Gelingt es dir? Wie bist du vorgegangen? Wenn es nicht gelingt – hast du eine Erklärung dafür?

¹⁷ Verwende zur ausführlichen Beantwortung dieser Frage ein Zusatzblatt oder die Rückseite dieses Blattes

¹⁸ Verwende für deine Antworten ein eigenes Blatt.

¹⁹ Hinweis: Vielleicht fällt es dir am Anfang leichter, die Figur mehrfach zu kopieren, dann das Blatt auszudrucken, die einzelnen Figuren mit einer Schere auszuschneiden und auf einem Blatt Papier in einer Parkettierung wieder zusammenzusetzen?