

WEBPHYSICS

WAS SIND NÜTZLICHE WEBMATERIALIEN FÜR SELBSTSTÄNDIGES ARBEITEN UND PHYSIKLERNEN MIT INTERNET ?

Mag. Andrea Mayer

**BORG Dreierschützengasse
Dreierschützengasse 15
8020 Graz**



INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	3
1.1	Abstract.....	3
1.2	Vorwort	5
1.3	Projektbeschreibung	6
1.3.1	Untersuchungsfragen im Detail	7
2	WEBARBEIT IM PHYSIKUNTERRICHT	8
2.1	Didaktische Aspekte	8
2.2	Mathetische Aspekte	11
2.3	Unterrichtspraxisbezogene Aspekte	12
2.4	Analyse der erhobenen Daten	14
2.4.1	Wie soll Webmaterial für den Unterricht aufbereitet sein?.....	14
2.4.2	Wie arbeiten Schüler/-innen mit Webmaterialien?.....	16
3	PROJEKTDURCHFÜHRUNG	19
3.1	Rahmenbedingungen, Organisation, Unterrichtsablauf.....	19
3.2	Leistungsbeurteilung.....	20
4	ANHANG: DATEN	22
4.1	Webarbeit im Unterricht	22
4.2	Aufbau einer Website	27
4.3	Tipps beim Arbeiten im Web.....	31
4.4	Zum Physikunterricht	32
5	DANKSAGUNG	35
6	LITERATURVERZEICHNIS	36

1 EINLEITUNG

1.1 Abstract

Der Strukturwandel unserer Gesellschaft hin zu einer Informations- und Wissensgesellschaft erfordert, dass die Möglichkeiten genutzt werden müssen, welche die Neuen Medien für innovative Lehr- und Lernformen bieten (Internet und multimedial aufbereitete Lernmaterialien erlauben beispielsweise eine Visualisierung von Inhalten, interaktives Lernen, den vielfältigen Zugang zu vielfältigen Informationsquellen, etc.). Auch müssen Schüler/-innen auf zukünftige Anforderungen im Alltags- und Berufsleben vorbereitet werden (vgl. [11], S128). Der Begriff Wissensgesellschaft schließt ein, dass 'der Zugang zu Wissen für alle Mitglieder der Gesellschaft möglich sein soll, wobei es insbesondere eine Aufgabe der Schule ist, für Chancengleichheit zu sorgen. „Zugang haben“ beschränkt sich hierbei nicht auf die Bereitstellung der technischen Ausrüstung, sondern bedeutet in erster Linie, über Kompetenzen einer verantwortlichen und partizipativen Nutzung Neuer Medien zu verfügen.' ([4], S.13). Grundsätzlich darf der Einsatz von neuen Medien im Unterricht nicht zum Selbstzweck erfolgen. Vielmehr geht es um die Frage, welche Bildungsprobleme innerhalb der Schule mit den neuen Medien besser gelöst werden können als mit herkömmlichen Mitteln.

Computergestützte Lernumgebungen erfordern entsprechende didaktische Konzepte, die sowohl empirisch als auch analytisch untersucht und erprobt sind. Es zeigt sich, dass bisher nur wenige didaktische Konzepte entwickelt wurden, die zeigen, wie das enorme Potenzial, das Neue Medien für innovative Veränderungen innerhalb des Unterrichts bieten, in das schulische Lernen einbezogen werden kann.

Daher stellt sich die Aufgabe, didaktische Konzepte für Lernsituationen ohne Computer auf computergestützte Lernumgebungen zu erweitern, wobei eine Orientierung an folgenden zugrunde liegenden Lernphilosophien zweckmäßig sein wird: Konzept der Problemorientierung, Konstruktivismus, selbstgesteuertes Lernen und eigenverantwortliche, selbsttätige Arbeitsformen (vgl. Kap. 2.1.). Unterrichtskonzepte, die den Einsatz des Computers und des Internets dazu nutzen, konstruktive Aktivitäten, Selbststeuerung, Reflexion und Kooperation der Lernenden zu fördern und dadurch traditionelle Unterrichtsstrukturen in Richtung problemorientierte Lernumgebungen lenken, bewirken insgesamt eine Veränderung der Lernkultur.

Da auch im Fach Physik nicht durchgängig für Schüler geeignetes Webmaterial zur Verfügung steht, muss dieses teilweise von der Lehrkraft selbst entwickelt werden. Die hier verwendeten Lernpfade und Unterrichtsmaterialien wurden, im Einklang zwischen Theorie und Praxis, unter didaktischen, mathetischen wie auch unterrichtspraxisbezogenen Aspekten zu konzipieren versucht und im Unterrichtsablauf unter Verwendung der Methodenvielfalt eingesetzt.

Die zentralen Untersuchungsfragen

- „Was sind nützliche Webmaterialien für selbstständiges Arbeiten und Physiklernen mit Internet?“
- „Wie soll das Webmaterial für den Einsatz im Physikunterricht aufbereitet sein?“

werden in Kap. 2.4 anhand der erhobenen Daten und der in Kap.2.1 bis 2.3 genannten didaktischen, mathetischen und praxisbezogenen Aspekte diskutiert. Ein weitreichendes, abgeschlossenes und vielfältig anwendbares didaktisches Konzept mit entsprechenden Leitlinien wird jedoch noch zu entwickeln bleiben.

Wichtigste Ergebnisse:

Es zeigt sich als wesentlich, dass multimediales Lernmaterial auf dem Vorwissen der Schüler/-innen aufbaut und schülergerecht, altersadäquat konzipiert ist. Dies schließt sowohl die darin enthaltene Sprache als auch die verwendeten Inhalte ein, wie auch das Heranführen an die Thematik im Sinne von genetischem und exemplarischem Lernen. Im Idealfall sollen multimediale Lernmaterialien für den Physikunterricht Grundkonzepte und Grundbegriffe der Physik erklärend bereitstellen, die wichtigsten Inhalte klar herausstreichen, Möglichkeiten anbieten zu Gesetzmäßigkeiten und Erklärungsansätzen vorzudringen, Lernen im sinnstiftenden Kontext ermöglichen, Zusammenhänge klar werden lassen, Denkprozesse

anregen, die Entwicklung von Problemlösungsstrategien einleiten, genügend Spielraum für Eigeninitiativen offen lassen, Querverbindungen aufzeigen oder herstellen lassen, einen Leitfaden¹ durch das Thema anbieten, zu weiterführenden Fragestellungen anregen, zu vertiefendem Lernen überführen, vertieftes Wissen erschließbar machen und Lernen in multiplen Kontexten frei stellen. Sie sollen weiters optisch ansprechend und klar strukturiert sein, über eine schüleradäquate Sachsprache und über weitgehend auf Schülerebene transportierte Inhalte und Interaktionen verfügen. Sind zumindest einige der oben genannten Kriterien in multimedial aufbereitetem Lernmaterial berücksichtigt, kann der ergänzende Einsatz von Neuen Medien im Physikunterricht problemorientierte Lernumgebungen, die selbstgesteuertes Lernen ermöglichen, weitaus abgerundeter und vielfältiger bereitstellen.

Als nützlich erweisen sich vor allem Outreach-Seiten und Materialien, die von Fachdidaktikern und Lehrkräften gemeinsam oder in Anlehnung entwickelt werden, da sie die oben geforderten Elemente teilweise beinhalten und sowohl didaktische, mathetische als auch praxisbezogene Aspekte berücksichtigen.

Für die Unterrichtspraxis eignen sich *Lernpfade* zu einem Thema, die dem Schüler einerseits genügend Eigenverantwortung und Selbststeuerung im Lernprozess freistellen, ihn aber andererseits nicht sich selbst überlassen, sondern die wesentliche instruktionale und strukturelle Unterstützung beinhalten, sehr gut. Als wichtig erweist sich auch, dass Schüler/-innen im Unterricht jederzeit auf die Lehrkraft zurückgreifen können.

Die Umsetzung der Lernmethode erfordert allerdings auf der Seite der Lehrkräfte eine erheblich größere Vor- und Nachbereitungszeit als bei rein instruktionaler Vermittlung des Themas. Ebenso benötigt diese Arbeitsform auch auf Schülerebene viel Zeit!

Der Einsatz des Computers kann aber weder helfen Zeit einzusparen noch dazu dienen, mehr Stoff zu verpacken. Multimedial aufbereitete Inhalte sind zwar anschaulich, können jedoch die Dinge selbst nicht vereinfachen. Wir dürfen daher nicht erwarten, dass durch Multimedia die Zeit für das Verstehen von Begriffen und Zusammenhängen erheblich reduziert wird. Im Sinne von Wagenschein (vgl. [3]) soll dem exemplarischen Lernen und dem Verstehen Vorrang vor Stoffanhäufung gegeben werden.

Anhand der erhobenen Daten scheint der Rückschluss zulässig, dass diese Art des Physikunterrichts von den Schüler/-innen sehr positiv angenommen wird. Es ist weiters anzunehmen, dass Physik bei diesen Schüler/-innen in angenehmer Erinnerung bleiben und keineswegs in die Reihe der unbeliebten Fächer gereiht werden wird. Mädchen werden hier gleichermaßen stark wie Burschen angesprochen.

Die angegebenen Gründe liegen zusammengefasst vorwiegend in der Arbeitsform und dem damit verbundenen Erreichen des Kompetenzspektrums, im vertieften, schülerzentrierten Lernen, im individuellen Lernfortschritt, im Erreichen eines besseren Verständnisses der Inhalte, im längeren „Behalten“ und „Anwenden können“ des Erlernten und im Forschungsgeist der Schüler/-innen. Es wird sogar gefordert, Neue Medien auch in anderen Unterrichtsfächern, nicht nur in Physik, einzusetzen.

Interessant erscheint die Sammlung der Schülertipps in Kap. 4.3, die den Rückschluss zulassen, dass die befragten Schüler/-innen sowohl hinsichtlich des Umgangs mit Neuen Medien Medienkompetenz, als auch im Umgang mit problemorientierten und selbstgesteuerten Arbeitsformen Methodenkompetenz, Sozialkompetenz, soziale Mündigkeit, Teamfähigkeit, Kritikfähigkeit, Zeitmanagement, etc. aufweisen und auf inhaltlicher Ebene ebenso Sachkompetenz erlangen.

Die Schüler/-innen nehmen die geschaffenen Spielräume für die selbstständige Festlegung von Lernzielen, Lernzeiten und Lernmethoden wahr und treffen Entscheidungen über das eigene Lernen, die sie in ihrem Handeln und Tun überwiegend realisieren.

¹ Der oben genannte Leitfaden kann z.B. in Form von Lernpfaden, die durch ein Thema führen, bereitgestellt werden. Einen solchen Lernpfad erstellt die Lehrkraft vorzugsweise selbst, um die in Kap. 2.3 a-d beschriebenen Ebenen berücksichtigen zu können.

1.2 Vorwort

' Der Strukturwandel unserer Gesellschaft hin zu einer Informations- und Wissensgesellschaft macht Reformen in unserem Schulsystem notwendig. Zum einen müssen die Möglichkeiten genutzt werden, die Neue Medien für innovative Lehr- und Lernformen bieten. Internet und Multimedia erlauben beispielsweise eine Visualisierung von Inhalten, interaktives Lernen, den vielfältigen Zugang zu vielfältigen Informationsquellen oder das Lernen mit Simulationsprogrammen oder Planspielen. Zum anderen haben die Schulen die Aufgabe, junge Menschen auf zukünftige Anforderungen in Alltags- und Berufsleben vorzubereiten – dazu gehört zunehmend die kompetente Nutzung von Medien.' ([11], S.128)

Mit dem Begriff Wissensgesellschaft ist auch gemeint, dass ' der Zugang von Wissen für alle Mitglieder der Gesellschaft möglich sein soll, wobei es insbesondere eine Aufgabe der Schule ist, für Chancengleichheit zu sorgen. „Zugang haben“ beschränkt sich hierbei nicht auf die Bereitstellung der technischen Ausrüstung, sondern bedeutet in erster Linie, über Kompetenzen einer verantwortlichen und partizipativen Nutzung Neuer Medien zu verfügen. ' ([4], S13)

Grundsätzlich darf der Einsatz von neuen Medien im Unterricht nicht zum Selbstzweck erfolgen. Vielmehr geht es um die Frage, welche Bildungsprobleme innerhalb der Schule mit den neuen Medien besser gelöst werden können als mit herkömmlichen Mitteln.

Elektronische Medien bieten einerseits externe Wissensspeicher, stellen andererseits effektive methodische Werkzeuge dar und können Erkenntnisgewinnung und Kommunikation erleichtern. Insgesamt stellen sie für Lernende neue Möglichkeiten bereit, Lernprozesse eigenverantwortlich zu gestalten. (vgl. [W9])

Verstärkter handlungsorientierter und produktorientierter Unterricht wie alternative Formen des Lehrens und Lernens gewinnen an Bedeutung. Verbesserung und kontinuierliche Nutzung festigt die Fähigkeiten im Umgang mit Neuen Medien (Medienkompetenz) und eröffnet Chancen auch in Nischen des Arbeitsmarktes und Qualifizierung im Hinblick auf zukünftige Berufe (Schlüsselqualifikation).



Ziel der vorliegenden Studie ist es, einige ausgewählte Aspekte zur Verwendung des Computers und des Internets darzustellen und zu vergleichen. Verschiedene Webmaterialien wurden einhergehend mit der Arbeitsform „selbsttätiges Lernen im Physikunterricht“ und den dazu angepassten alternativen Formen zur Leistungsbeurteilung (vgl. [2]) über mehrere Jahre entwickelt, an die Unterrichtsform angeglichen und im Rahmen der IMST²-Studie in diesem Schuljahr in drei Klassen (in insgesamt 12 Klassen der Schule im Laufe der letzten drei Schuljahre) der Sekundarstufe II des BORG Dreierschützengasse in Graz evaluiert.

Die Untersuchung stellt den dritten Teil zur Studie „Physiklernen mit Internet“ dar, wobei in den 3 Jahren folgende Teilbereiche untersucht wurden:

- Teil I:** *Eigenverantwortliches Arbeiten im Physikunterricht mit Schwerpunkt „Physiklernen mit Internet“*; Februar bis August 2001. [1]
- Teil II:** *Aspekte zur Leistungsbeurteilung bei selbständigem, eigenverantwortlichem Physiklernen mit Internet*; September 2001 bis August 2002. [2]
- Teil III:** *Webphysics – Was sind nützliche Webmaterialien für Physiklernen mit Internet?* September 2002 bis August 2003.

Die vorgestellten Lernpfade, Unterrichtseinheiten und Webmaterialien sind keinesfalls als „Kochrezepte“ zu verstehen, sondern stellen nur Möglichkeiten im „e-learning- Kontext“ unter Verwendung der Unterrichtsmethode „selbsttätiges und eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen“ dar. Sie berücksichtigen jedoch bereits Elemente des neuen Lehrplans Physik Oberstufe 2004 in Österreich

Auch ist der Entwicklungsprozess keinesfalls abgeschlossen, die folgenden Kapitel geben lediglich einen Einblick in den aktuellen Entwicklungsstand meiner Arbeit mit meinen Schüler/-innen innerhalb meines Physikunterrichts.

Die Ziele meines Physikunterrichts lassen sich wie folgt definieren:

Neben Wissensvermittlung ist es ein wesentliches Ziel den Zugang zur Physik zu öffnen, Interesse für Naturwissenschaften zu wecken und zu erhalten, den Schüler/-innen das nötige Rüstzeug zum Erleben und Verstehen von naturwissenschaftlichen Vorgängen zu geben. Auf individuellem Vorverständnis aufbauend sollen Paradigmenwechsel hin zu den physikalischen Begriffen, Gesetzen, Theorien und Modellen der Physik von den Schüler/-innen selber vollzogen werden können. Offenheit für naturwissenschaftliche Fragestellungen soll keine Ausnahme sein.

Daher ist es mir wichtig, dass meine Schüler/-innen Physik bewusst erleben, experimentelle Erfahrungen sammeln, verstehen, interpretieren und umsetzen können, im Team miteinander kooperieren lernen und Lösungswege und Lösungsstrategien entwickeln können. Sie sollen die wichtigsten physikalischen Phänomene ihrer Umwelt kennen, über wesentliche Grundbegriffe der Naturwissenschaften verfügen und diese für Erklärungen heranziehen können.

Die Gedanken an den Physikunterricht sollen mit angenehmen Gefühlen verbunden sein, auch außerhalb der Schule soll das Interesse an physikalischen Fragestellungen erhalten bleiben vgl.[2].

Letztendlich sollen die oben definierten Ziele in meiner Unterrichtsarbeit in Physik unter Verwendung von Methodenvielfalt und der dazugehörigen angepassten Form der Leistungsbeurteilung Verankerung finden.

1.3 Projektbeschreibung

Im ersten Projektjahr wurde unter anderem gezeigt, dass multimediales Physiklernen zumeist zu einem leichteren Zugang zur Physik, zur Erhöhung der Lernmotivation und dadurch zu einer Steigerung des Lernerfolges führt, was wiederum die Neugierde am Fach weckt und das Interesse erhöht (vgl. [1]).

Der Einsatz von eigenverantwortlichem Arbeiten mit Arbeitsplänen und verschiedenen Medien, wie Internet, als Unterrichtsmethode impliziert die Auseinandersetzung und Anpassung des Beurteilungssystems. Beurteilungsvarianten wie: Vergabe von Punkten für die Teilaufgaben bzw. prozentuelle Aufteilung der Teilaufgaben eines Arbeitsmoduls, 3-stufige Skalen, Leistungsblatt, Deklaration der Beurteilungsstufen bei den Teilaufgaben, wurden im zweiten Projektjahr evaluiert (vgl. [2]).

Eine Einbindung des Beurteilungsschemas in webunterstützte Arbeitsmaterialien erwies sich als förderlich.

In den beiden Projektjahren wurde sichtbar, dass der Nutzen des Internets im Unterricht neben anderen Vorzügen vor allem in der speziellen Möglichkeit der multimedialen Aufbereitung liegt, anhand derer Sachverhalte gut durchschaubar und interaktiv dargestellt werden können.

Bei einer Mitverwendung des Internets im Unterricht zeigte sich deutlich, dass auch Schüler/-innen, welche im herkömmlichen Unterricht weniger Interesse zeigen sich selbst ins Unterrichtsgeschehen einzubringen, angeregt werden, sich mit physikalischen Sachverhalten aktiv auseinander zu setzen.

Eine besondere Hilfe schienen hierbei gut programmierte Applets zu sein, die Sachverhalte leicht verständlich aber fachlich richtig darstellen. Weiters spielte auch die Art der Website eine wesentliche Rolle, da nicht jede Seite vom fachlichen Anspruch her für Schüler/-innen geeignet ist. Zu schwierig formulierte Inhalte schrecken eher ab, zu vereinfacht dargestellte Sachverhalte können zu einem falschen Verständnis oder zu falschen Vorstellungen führen.

Je besser verständlich der Sachverhalt, desto höher ist die Bereitschaft Zeit für weiteres Lernen und für vertiefendes Überlegen zu investieren.

Es ist daher nötig, anhand verschiedener unterrichtsrelevanter Websites Vergleiche zu ziehen, eigenes Material für Physiklernen mit dem Internet aufzubereiten, zu evaluieren und weiter zu entwickeln.

Die Schüler/ilnnen konnten auch im laufenden Projektjahr ihr Wissen anhand von selbsttätigen, webunterstützten Arbeitsformen selbst konstruieren und weiterhin verstärkt Lernen als aktiven Prozess erleben.

Ebenso wurde die lernzielorientierte Aufteilung eines Stoffbereiches wieder in Basisbereiche (Basisaufgaben), Erweiterungs- bzw. Vertiefungsbereiche sowie Zusatzbereiche mit erweiterten und weiterführenden Aufgabenstellungen vorgenommen und den Schüler/-innen die Möglichkeit gegeben, Lernwege autonom zu beschreiten und Eigenständigkeit in ihrem Denken und Tun zu beweisen.

Verschiedene unterrichtsrelevante Websites wurden im Unterricht eingesetzt ([W10] bis [W14]). Eigenes Material für Physiklernen mit dem Internet wurde aufbereitet, evaluiert und weiter entwickelt (vgl. ([W2] bis [W8]).

Die Untersuchungsfragen wurden anhand von Fragebögen evaluiert.

Im Zentrum des laufenden Projektjahres stand demnach die Frage:

Was sind nützliche Webmaterialien für selbsttätiges Arbeiten und Physiklernen mit Internet ?

- daraus resultierend –

Wie soll Webmaterial für den Einsatz im Physikunterricht aufbereitet sein?

1.3.1 Untersuchungsfragen im Detail

- Wie sollen Materialien für webunterstütztes Arbeiten im Physikunterricht gestaltet sein?
- Welche didaktischen Modelle können einbezogen werden?
- Wie sollen Informationstexte gestaltet sein?
- Welche interaktiven Tools können für welche Zwecke sinnvoll eingesetzt werden?
- Wann ist der Einsatz von Applets sinnvoll und hilfreich?
- Wie arbeiten Schüler/-innen mit diesen Materialien?
- Welche Art der Aufbereitung von Inhalten regt Lernende verstärkt zu weiterführenden Fragestellungen an?
- Kann physikalisches Verständnis bei der Verwendung des Internets im Unterricht besser erreicht werden?

2 WEBARBEIT IM PHYSIKUNTERRICHT

2.1 Didaktische Aspekte

Computergestützte Lernumgebungen erfordern entsprechende didaktische Konzepte. Auf der Suche nach geeigneter Literatur zeigt sich, dass bisher nur wenige didaktische Konzepte entwickelt wurden, die zeigen, wie das enorme Potenzial, das Neue Medien für innovative Veränderungen innerhalb des Unterrichts bieten, in das schulische Lernen einbezogen werden kann (vgl. [4], S.13). Allgemeine Konzepte finden sich im Feld der Medienpädagogik (vgl. [4]), im Bereich der Naturwissenschaften sind solche Konzepte noch weitgehend ausständig, wobei dies auch für andere Fachgruppen gilt.

Auch müssen solche neu entwickelten und zu entwickelnden Konzepte sowohl empirisch als auch analytisch untersucht und erprobt sein.

Das Fehlen von abgerundeten didaktischen Konzepten, die speziell auf Unterrichtsfächer zugeschnitten sind, wurde am 2. Notebook-Symposium „e-Learning in Notebook-Klassen?“ in Krems am 1. April 2003 von Lehrern und Fachdidaktikern bemängelt. Univ. Prof. DDr. G. Ortner wies in seinem Vortrag „Planlos lernen? Didaktikprobleme beim Notebook Einsatz“ darauf hin, dass hierbei in erste Linie didaktische Probleme zu lösen sind und dass Lern- und Lehrformen sowohl räumlich als auch zeitlich gekoppelt sein müssen. Univ. Prof. Dr. A. Ferscha wies (ebendort) darauf hin, dass ' das Web nicht dazu verwendet werden darf, noch größere Schülergruppen gleichzeitig zu unterrichten'.

Grundsätzlich darf der Einsatz von neuen Medien im Unterricht nicht zum Selbstzweck erfolgen. ' Nicht die modernste Hardwareausstattung, einen großen Softwarepool und den Internetanschluss darf sich eine Schule als primäres Ziel setzen. Vielmehr geht es um die Frage, welche Bildungsprobleme innerhalb der Schule mit den neuen Medien besser gelöst werden können als mit herkömmlichen Mitteln. Notwendig sind daher Konzepte, die offen legen, wie das Innovationspotenzial der Neuen Medien für die Unterstützung neuer Lehr-/ Lernformen und dem Arrangieren neuer Lernsituationen kongret ausgeschöpft werden kann. ([4], S.19). Hierbei werden Unterrichtskonzepte, die den Einsatz des Computers und des Internets dazu nutzen, konstruktive Aktivitäten, Selbststeuerung, Reflexion und Kooperation der Lernenden zu fördern und daher traditionelle Unterrichtsstrukturen in Richtung problemorientierte Lernumgebungen zu verändern, favorisiert.

Es stellt sich die Aufgabe didaktische Konzepte für Lernsituationen ohne Computer auf computergestützte Lernumgebungen zu erweitern. Hierbei wird eine Orientierung an folgenden zugrunde liegenden Lernphilosophien zweckmäßig sein: Konzept der Problemorientierung, Konstruktivismus, selbstgesteuertes Lernen und eigenverantwortliche (selbsttätige) Arbeitsformen.

Das Konzept der *Problemorientierung* geht davon aus, dass Lernen ein aktiv-konstruktiver, selbstgesteuerter, situativer und sozialer Prozess ist, der weiters dem Problem des „trägen“ Wissens entgegenwirkt. Beim problemorientierten Lernen stehen die Lernenden und ihr Lernprozess im Mittelpunkt und die Instruktion im Hintergrund, es wird eine Balance zwischen Instruktion² und Konstruktion³ angestrebt. Zu den Funktionen des Lehrenden gehört demnach unter anderem zu präsentieren, erklären und strukturieren, ohne die Lernenden ständig zu kontrollieren, Anregungen zu geben, unterstützen und beraten, ohne die Lernenden sich selbst zu überlassen. Wesentlich bei problemorientierten Lernumgebungen ist, dass neben dem instruktionalen Ansatz der traditionellen Unterrichtsstrukturen (mit dem Ziel, didaktisch aufbereitetes Wissen vom Lehrenden zum Lernenden zu transportieren) die aktiv-konstruktiven

² Unter Instruktion versteht man angeleitete und unterstützende Aktivitäten der Lehrenden, zu denen nicht nur kognitive sondern auch emotionale Maßnahmen gehören.

³ Unter Konstruktion sind alle aktiv-konstruktiven Leistungen der Lernenden im sozialen Kontext (sowohl in Einzel- als auch in Partner- und Gruppenarbeit gemeint. Sie beinhalten Merkmale wie Eigen- bzw. Gruppeninitiative, (kooperative) Selbststeuerung und Selbstverantwortung.

Leistungen der Lernenden (z.B. in Form von selbstständigem und entdeckendem Lernen) in besonderer Weise berücksichtigt werden, was den Kern der konstruktivistischen⁴ Lehr- und Lernphilosophie ausmacht. (vgl [4], S.21-23).

Ebenso wie die instruktionale Unterstützung durch die Lehrkraft zwar nicht im Mittelpunkt des Unterrichtsgeschehens steht, aber ein notwendiges didaktisches Mittel bleibt, ist Lernen ohne jegliche Selbststeuerung nicht möglich.

Als wichtigste Merkmale problemorientierter Lernumgebungen nennen Prenzel, Senkbeil, Ehmke, Bleschke ([4], S.22):

- Die Schüler/-innen lernen selbstgesteuert, indem sie in zunehmendem Maße selbst über Lernzeiten, Lernmethoden und Lernziele entscheiden.
- Die Schüler/-innen sind aktiv am Lernprozess beteiligt, anstatt ihm nur passiv zu folgen.
- Das Lernen ist situativ, indem es immer in einen spezifischen Kontext eingebunden wird und nicht abstrakt bleibt.
- Das Lernen ist sozial und kooperativ, da es als interaktives Geschehen verstanden und praktiziert wird.
- Lehrende leiten in angepasstem Maße an und bieten gezielt instruktionale Unterstützung.

Voraussetzungen, dass selbstgesteuertes Lernen⁵ stattfinden kann, sind nach Weinert ([12] S.102-103) u. a.:

- In der Lernsituation müssen Spielräume für die selbstständige Festlegung von Lernzielen, Lernzeiten und Lernmethode vorhanden oder erschließbar sein.
- Der Lernende muss diese Spielräume wahrnehmen und tatsächlich folgenreiche Entscheidungen über das eigene Lernen treffen und diese wenigstens zum Teil im Lernhandeln realisieren.
- Dabei übernimmt der Lernende zugleich die Rolle des sich selbst Lehrenden (Selbstinstruktion: Lernwege planen, notwendige Informationen beschaffen, etc.).
- Lernrelevante Entscheidungen müssen zumindest teilweise auch subjektiv als persönliche Verursachung der Lernaktivitäten und Lernergebnisse erlebt werden.

Mit Hilfe von multimedialen Lernumgebungen kann selbstgesteuertes Lernen direkt oder indirekt stattfinden: Die direkte Förderung kann in Form eines Strategietrainings (z.B. Kontroll- und Selbstreflexionsstrategien) erfolgen, die indirekte Förderung beinhaltet die Bereitstellung und Gestaltung der Lernumgebungen (Lerntempo, Sequenzierung der Lerninhalte, Menge und Art der Lernmaterialien, etc.). Hierbei werden multimediale Lernumgebungen als besonders geeignet gesehen, da sie ein hohes Maß an Interaktions- und Explorationsmöglichkeiten und insbesondere Interaktivität bereitstellen⁶.

Das Potenzial computerbasierter Lernumgebungen für selbstgesteuertes Lernen basiert nach Prenzel, Senkbeil, Ehmke, Bleschke ([4], S.28) u.a. auf folgenden Möglichkeiten:

- Der Lernende kann Lerntempo und Lernzeit selbst steuern.
- Der Lernende kann seine Lernschritte selbst auswählen und sequenzieren.
- Der Lernende kann auf viele Symbolsysteme⁷ rasch zurückgreifen.
- Der Lernende kann Prozesse und Phänomene simulieren und manipulieren.
- Der Lernende kann selbstständig Hypothesen generieren und testen.
- Der Lernende kann selbst multiple Perspektiven aufbauen.

⁴ Konstruktivismus im Physikunterricht, vgl. [9]

⁵ Selbstgesteuertes Lernen ist eine Form des Lernens, ' bei der die Person in Abhängigkeit von der Art ihrer Lernmotivation selbstbestimmend eine oder mehrere Selbststeuerungsmaßnahmen (kognitiver, volitionaler oder verhaltensmäßiger Art) ergreift und den Fortgang des Lernprozesses selbst (metakognitiv) überwacht, reguliert und bewertet. ' ([13] S. 13).

⁶ vgl.[4], S.27-29

⁷ Text, stehendes und bewegtes Bild, Applet, Sprache.

Somit stellen Neue Medien ein Werkzeug für den Unterricht dar, sei es zum Wissenserwerb oder zum Erwerb von Schlüsselqualifikationen, welches sinnvoll in den Unterricht integriert werden kann. Wenn es für die Schüler/-innen nutzbringend sein soll, bedarf es aber einer didaktisch sinnvollen Einbettung.

Es stellt sich demnach die Frage nach didaktischen Konzepten und Leitlinien zur Verwendung Neuer Medien im Unterricht wie auch zur Bereitstellung von digitalen Lern- und Unterrichtsmaterialien, die selbstgesteuerte Lernprozesse ermöglichen und problemorientierte Lernumgebungen schaffen. Neben der fachlichen Ebene ist ebenso die didaktische Strukturierung (Konzeption und Unterrichtsplanung, Unterrichtseinheiten bis hin zu Stundenbildern und Aufbereitung von Webmaterialien) wesentlich.

Wie soll Webmaterial für den Einsatz im Physikunterricht aufbereitet sein?

Welche Themen eignen sich hier besonders?

Bei der Themen- und Methodenwahl erweist sich das IMST²-S1(Grundbildung) Dreieck⁸, also die Frage nach dem WAS, WIE und WARUM, als Hilfestellung⁹.

Die im Rahmen dieser Studie erstellten und verwendeten Lernpfade und Unterrichtsmaterialien stellen einen Ansatz zur Bereitstellung von problemorientierten Lernumgebungen unter Verwendung des Computers als ein zusätzliches Medium im Physikunterricht dar.

Ein weitreichendes, abgeschlossenes und vielfältig anwendbares didaktisches Konzept mit entsprechenden Leitlinien wird jedoch noch zu entwickeln sein¹⁰.

⁸ Im Schwerpunktprogramm S1 "Grundbildung" von IMST² (Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching) geht es um die Frage, welche Inhalte in den naturwissenschaftlichen Fächern und in Mathematik zur Grundbildung der Oberstufenabsolvent/-innen beitragen und mit welchen Methoden die schulischen Lernumgebungen optimal gestaltet werden können, um diese Grundbildung zu gewährleisten. Den Lehrkräften sollen Werkzeuge in die Hand gegeben werden, mit denen sie eigenständig die Inhalte ihres Unterrichts hinsichtlich Grundbildungsrelevanz und die Methoden hinsichtlich Schüler/-innenzentrierung auswählen können. [vgl. Pitzl, R., Mayer, A.: Didaktische Rekonstruktion als Werkzeug zur individuellen Unterrichtsplanung. In Vorbereitung.]

⁹ vgl.[10]

¹⁰ vgl. Physiklernen- und Lehren im e-learning Kontext – Entwicklung und Erprobung von didaktischen Ansätzen. Mayer, A., in Vorbereitung.

2.2 Mathetische Aspekte

Mathetik¹¹ ist die Lehre vom Lernen, wobei die Fachmathetik als Lehre vom Lernen physikalischer Inhalte bezeichnet werden kann. Anders gesagt betrachtet die Mathetik die Sache vom Lernenden ausgehend und damit aus der Schülersichtweise (verstärkte Schülerorientierung).

Aus mathetischer Sichtweise wird Lernen als bildnerisches Element im Unterricht gesehen (vgl.[14]).

Fachdidaktik sucht nach objektivierbaren Regelmäßigkeiten innerhalb des Lehrprozesses, des Erziehens, die *Mathetik* leistet dies innerhalb des Lernprozesses, des Sichbildens. ([15], S.3).

Als mathetischer Fortschritt wird das Auflösen des Praxis-Theorie-Dilemmas bei der lernpsychologischen *und* methodischen Gestaltung des Bildungsprozesses genannt (vgl.[14]).

Somit stellt sich die Mathetik für computergestützte und problemorientierte Lernumgebung als eine wichtige Perspektive dar. Gerade in selbstgesteuerten Lernprozessen, die durch den Einsatz von neuen Medien und im Speziellen des Internets verstärkt stattfinden können (vgl. Kap.2.1), bilden sich die oben geforderten Regelmäßigkeiten innerhalb des Lernprozesses im Unterricht. Sie kristallisieren sich erst hier deutlich heraus. Durch das Wechselspiel von lehrer gelenkten Unterrichtsaktivitäten (in Form von direkter und indirekter Förderung selbstgesteuerter Lernprozesse) und schülerzentrierten Formen stehen beide in ständiger Interaktion, entwickeln sich innerhalb des Unterrichts ständig weiter, passen sich gegenseitig an. Der Unterrichtsablauf gleicht sich daher im Idealfall *sofort* an die Bedürfnisse des *einzelnen Schülers* an, und zwar nicht nur im Sinne einer Meinungserhebung am Anfang und Ende der Unterrichtseinheit, sondern laufend als flexibles Element innerhalb der Unterrichtsphasen. Das bedeutet, dass Rahmenbedingungen, Strukturierung und Sequenzierung, Themenwahl, Materialpool und Methodenbereitstellung eine Aufbereitung aus didaktischer Sicht erfordern, wobei mathetische Aspekte sowohl in der Unterrichtsplanung als auch im Unterrichtsablauf einfließen müssen.

Ein weiterer mathetischer Aspekt zeigt sich in der Einbeziehung des Vorwissens der Schüler/-innen (Schülerperspektive), in der Themenauswahl (Schülerperspektive) und in der Methodenwahl, wobei jedem einzelnen Schüler bei selbstgesteuerten und eigenverantwortlichen Arbeitsformen besser Rechnung getragen werden kann als bei traditionellen Unterrichtsformen.

Die Frage nach „Was sind nützliche Webmaterialien für selbsttätiges Arbeiten und Physiklernen mit Internet und wie müssen die dabei verwendeten Materialien aufbereitet sein?“ muss demnach weiters unter mathetischer Sichtweise betrachtet werden.

Die hier verwendeten Lernpfade und Unterrichtsmaterialien wurden im Einklang zwischen Theorie und Praxis auch unter mathetischen Aspekten zu konzipieren versucht und im Unterrichtsablauf (unter Verwendung von Methodenvielfalt) eingesetzt.

¹¹ Anton, M. definiert in [14] wie folgt: ' Didaktik und Mathetik sind die Wissenschaften vom Lehren und Lernen. Ihr Gegenstand ist die Beziehung zwischen Mensch und Information, einmal der Konsolidierung und ihrer Abgabe (Lehren) und zum anderen der Elaborierung und ihrer Annahme (Lernen). Unter der Vorgabe von Unterrichtszielen sind sie an der Auswahl der Fachinhalte, etwa für Lehrpläne, beteiligt. Beide bilden den institutionellen Ort, an dem moderne Gesellschaften die Natur fachunterrichtlicher Prozesse kritisch betrachten. Sie berücksichtigen und nutzen aktuelle Erkenntnisse aus der Pädagogischen Psychologie, der Neurophysiologie und Hirnforschung sowie der Kommunikationspsychologie und der Informationstechnologie. Als Lehr- und Lernwissenschaft sind sie stets einer Fachwissenschaft beigeordnet. Sie wählen bedeutsame Inhalte aus und harmonisieren die fachwissenschaftlichen Ansprüche mit den Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie Bedürfnissen unterschiedlicher Adressatengruppen. Ziele, Inhalte, Orte, Formen und Methoden des Unterrichtens werden zu reproduzierbaren Unterrichtseinheiten aus Einzelstunden verbunden. Ihr Untersuchungsobjekt ist die Planung, Durchführung und Analyse des Unterrichtens und Berichtens. Sie beschreiben den historischen Gang ihres Faches, begründen die Unterrichtsprinzipien und entwickeln Unterrichtsmodelle aus der Methodik.'

2.3 Unterrichtspraxisbezogene Aspekte

Unterrichtspraktische Aspekte zeigen die „Sache“ von der Unterrichtssituation her, vorwiegend aus der Sicht der Lehrkräfte, aber ebenso aus Schülersicht. Der Lehrer beobachtet die Unterrichtssituation und Unterrichtsabläufe, schätzt ein, holt sich mehr oder weniger verstärkt Rückmeldungen, agiert und reagiert dementsprechend.

Für die Unterrichtspraxis können didaktische und mathetische Aspekte nicht getrennt werden und müssen beim Einsatz von selbsttätigen und eigenverantwortlichen Arbeitsformen vor allem in der Unterrichtsplanung, aber auch im Unterrichtsablauf, berücksichtigt und in die Unterrichtspraxis umgesetzt werden.

Zur Gestaltung von und zum Arbeiten mit problemorientierten Lernumgebungen unter Mitverwendung des Internets sind in der Praxis folgende Ebenen gleichermaßen wichtig:

- a. die Rahmenbedingungen in der Schule:
 - Bereitstellung der nötigen Infrastruktur (Funktionssäle, Internetanschluss, Anzahl der zur Verfügung stehenden Computer, Nutzungsmöglichkeiten);
 - Stundenpläne und Zeitressourcen;
 - Schulentwicklung (Veränderung der Lernkultur durch die Integration Neuer Medien);
- b. die Lehrpersonen selbst:
 - Lehreraus- und Fortbildung sowie Qualifizierung der Lehrkräfte im Bereich Medienkompetenz;
 - gezielter Einsatz der Neuen Medien insbesondere des Internets im Unterricht;
 - Wandel der Lehrerrolle;
- c. die Schülersituation:
 - Klassengröße;
 - Klassensituation und Arbeitsklima;
 - Lern- und Arbeitsbereitschaft, Motivation;
 - emotionale Komponenten;
 - Kennenlernen und Umgang mit selbsttätigen und eigenverantwortlichen Arbeitsformen und problemorientierten Lernumgebungen;
- d. der zur Verfügung stehende Pool an Unterrichtsmaterialien:
 - didaktisch aufbereitete Unterrichtsskizzen;
 - didaktisch aufbereitete und erprobte Lernsoftware;
 - didaktisch aufbereitetes und erprobtes Webmaterial;
 - Leitlinien zur Aufbereitung von Materialien für die Unterrichtspraxis;
 - Leitlinien zur Methoden- und Themenwahl¹²

Selbstgesteuerte und problemorientierte Lernumgebungen erfordern nicht zwingend den Einsatz von Computer und Internet. Allerdings bieten computergestützte Arbeitsformen wesentliche Vorteile. Als wesentlichste Vorzüge seien hier die Möglichkeit der Interaktion und der „Zugang zu weltweitem Wissen“ genannt: *Interaktive Elemente* können zielführend eingesetzt werden, sei es um Situationen zu simulieren, Experimente zu zeigen, deren Bestandteile entweder nicht greifbar sind oder deren Durchführung in der Realität zu gefährlich ist, Experimente anhand von Applets zu erweitern, oder Quiz und Wissenchecks selbstständig durchzuführen. Aber auch *Einblick* in Forschungsergebnisse und den aktuellen Wissenstand zu erhalten oder *Informationen* weltweit zu vergleichen wird im Klassenzimmer mit Hilfe des Internets möglich. Ebenso kann der Computer als weiteres *Messinstrument*¹³ im Unterricht verwendet werden.

¹² Leitlinien zur Themen- und Methodenwahl stellt das Grundbildungskonzept von IMST²/S1 zur Verfügung, siehe unter [10]

¹³ z.B Coach5. Dies ist zusammen mit entsprechenden Datenloggern und Messsonden ein international ausgezeichnetes Messwerverfassungs- und auswerteprogramm, das es SchülerInnen und Lehrkräften ermöglicht, mit selbst erhobenen Messdaten naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten zu erforschen und zu verstehen. Mit dem Programm allein können ohne allzu große Anforderungen an die Mathematikkenntnisse Modelle physikalischer Vorgänge erstellt und simuliert werden, sowie der Einfluss

Die Praxis zeigt bei Mitverwendung des Internets im Unterricht einen weiteren Aspekt: Die Lehrkraft wird während der unterschiedlichsten Arbeitsaufgaben am Computer (bei gut gestalteten Materialien) nicht im selben Ausmaß benötigt wie bei den anderen Aufgabenstellungen. Sie kann somit innerhalb der Unterrichtsphasen mehr Augenmerk und Zeit auf diejenigen Schüler/-innen verwenden, die gerade experimentell arbeiten, ihre Unterlagen zusammenstellen, individuelle Hilfestellung benötigen oder Problemstellungen diskutieren. Hier kann die Lehrperson beratend und unterstützend helfen und sich dabei auf einzelne Schüler/-innen und deren Lernfortschritt konzentrieren. Verständnisprobleme können so auch in kleinem Rahmen diskutiert werden, schwächere Schüler gefördert und gute Schüler zu erweiternden Kenntnissen und vertiefendem Wissen angeregt werden. Allerdings gilt hier, wie bei allen eigenverantwortlichen und selbsttätigen Arbeitsformen: je kleiner die Klassenschülerzahl, umso individueller kann die Lernbetreuung sein.

Im Unterricht zeigt sich auch, dass die Motivation, die durch das Arbeiten am Computer selbst, vorerst gegeben ist, mit der Zeit abnimmt, und zwar umso mehr je länger die Schüler/-innen mit PCs im Regelunterricht arbeiten. Der Computer wird für die Schüler/-innen in weiterer Folge vielmehr zu einem Werkzeug und nicht mehr um seiner selbst benutzt, die Sachebene tritt in den Vordergrund.

Grob strukturiert zeigen sich bei computergestütztem Arbeiten und Lernen folgende Rahmenbedingungen als wesentlich:

- Die Art des Einsatzes des Gerätes in den Unterrichtsphasen
- Schaffung von problemorientierten und selbstgesteuerten Lernumgebungen ¹⁴
- Die Qualität des verfügbaren Webmaterials

Hat in der lehrerzentrierten Phase der *Einsatz des Gerätes* zur Demonstration von Applets, Powerpoint-Folien, Bildern und Grafiken, zur Visualisierung der Gliederung, Strukturierung und Zusammenfassung von Inhalten sehr wohl seine Berechtigung, so sollte dies nicht der alleinige Zweck des Computereinsatzes im Unterricht sein. Wird ein Computer nur als „erweiterter Overheadprojektor“ verwendet, ist seine Einsatzbreite sicherlich nicht ausgeschöpft.

Bei *schülerzentrierten Lernumgebungen* ist die Art des *Lern- und Webmaterials* für die Schüler/-innen ebenso wesentlich wie seine sinnvolle Integration in problemorientierte Lernumgebungen. Nur „planlos drauf los zu suchen“ ist genauso wenig zielführend wie „nicht zu wissen, was mit dem gefundenen Wissen nun tun...“ und „planlos lernen“.

Für die Unterrichtspraxis eignen sich *Lernpfade*¹⁵ zu einem Thema, die dem Schüler einerseits genügend Eigenverantwortung und Selbststeuerung im Lernprozess freistellen, ihn aber andererseits nicht sich selbst überlassen, sondern die wesentliche instruktionale und strukturelle (indirekte Förderung, vgl. Kap.2.1) Unterstützung beinhalten, sehr gut.

Als weiteres wesentliches Merkmal ist anzuführen, dass der Schüler/ die Schülerin im Unterricht jederzeit auf die Lehrkraft zurückgreifen kann.

Allerdings erfordert die Umsetzung der Lernmethode auf Seite der Lehrkräfte eine erheblich größere Vor- und Nachbereitungszeit als bei rein instruktionaler Vermittlung des Themas. Da auch im Fach Physik nicht durchgängig für Schüler geeignetes Webmaterial zur Verfügung steht, muss dieses teilweise von der Lehrkraft selbst entwickelt werden.

Die Frage „Was sind nützliche Webmaterialien für selbstständiges Arbeiten und Physiklernen mit Internet – und wie soll das Webmaterial für den Einsatz im Physikunterricht aufbereitet sein?“ wird im folgenden Kapitel anhand der Analyse der erhobenen Daten und der oben genannten didaktischen, mathetischen und unterrichtspraxisbezogenen Aspekte diskutiert.

einzelner Parameter auf diese Vorgänge studiert werden. (Das Programm wurde in diesem Schuljahr in den untersuchten Klassen nicht eingesetzt.)

¹⁴ Dies wurde im Projektjahr 2000/01 evaluiert, vgl. [1].

¹⁵ vgl. [W2] bis [W8]; Kap. 2.4.1; Grafik1; weiters [W9]

2.4 Analyse der erhobenen Daten

Anhand der Schülermeinungen (vgl. Kap. 4) kristallisiert sich ein deutliches Bild nach der Art und Menge der benötigten Webmaterialien, der notwendigen Aufbereitung wie auch des gewünschten Materialienpools für die Arbeit mit und ohne Computer heraus, welches sich weitgehend mit meinen Beobachtungen zur Lernumgebung und den beschriebenen didaktischen Aspekten deckt.

Im Folgenden werden die zentralen Untersuchungsfragen anhand der erhobenen Daten durchleuchtet und nur auf Fragestellungen, die „Webarbeit“ betreffen, eingegangen.

2.4.1 Wie soll Webmaterial für den Unterricht aufbereitet sein?

Schüler/-innen wünschen: Lerninhalte im Web sollen klar und verständlich, gut strukturiert und übersichtlich, informativ aber nicht zu trocken sein, mit Beispielbildern, erklärenden Grafiken und Applets versehen sein, und nicht zuviel Fachvokabular, keine unklaren Formeln oder unklare Ableitungen enthalten, farblich gestaltet und optisch ansprechend sein. Verwendete Fachbegriffe sollen in einem Art Lexikon erklärt werden.... (vgl. Kap. 4.2, F6).

Wie sollen Informationstexte gestaltet sein, wann ist der Einsatz von Applets sinnvoll und hilfreich?

Bei *Texten* werden Schüler/-innen vor allem durch klare, verständliche Wortwahl und übersichtlichen Aufbau angesprochen. (vgl. Kap. 4.2, Schüler/-innenmeinungen F7)

Grafiken und Bilder sollen aussagekräftig und anschaulich sein, den Text bereichern, besseres Verständnis bewirken, Denkprozesse steuern und eine Legende aufweisen. (vgl. Kap. 4.2, Schüler/-innenmeinungen F7)

Der Vorteil von *Applets* zeigt sich in ihrer Interaktivität. Beim Lernenden wird sowohl die spielerische als auch die entdeckend- forschende Komponente angesprochen. Sie bieten die Möglichkeit, Vorgänge „sichtbar zu machen“ und in Abläufe verändernd eingreifen zu können. (vgl. Kap. 4.2, Schüler/-innenmeinungen F7),.

Allerdings verbergen sich hier auch Gefahren:

Zu vereinfacht dargestellte Inhalte können zu falschen Vorstellungen führen, zu komplex dargestellte Inhalte schrecken eher ab oder bringen kaum neue Erkenntnis. Lässt sich der Zweck der Simulation und die wesentliche Kernaussage nicht auf Schülerebene transportieren, bleibt es meistens nur beim „Herumspielen“.

Ebenso zeigt sich, dass die Lernenden an bildhaften Vorstellungen festhalten wollen, was in der Physik im Bezug auf konzeptuelles Denken und Modellbildung zwiespältig ist. Schwierig wird es dort, wo bildhafte Vorstellungen durch Gedankenkonstrukte ersetzt werden müssen.

Dies gilt ebenso für Bilder.

Applets können niemals das reale Experiment, hands-on- oder Schülerexperiment ersetzen, aber erweitern diese umso mehr.

Die befragten Schüler geben überwiegend an, bei einer ergänzenden Kombination von Text, Bild und Applets am meisten zu lernen (vgl. Kap. 4.2, Grafik F7).

Welche Art der Aufbereitung von Inhalten regt Lernende verstärkt zum Nachdenken und zu weiterführenden Fragestellungen an?

Schüler/-innen verweilen vorzugsweise auf Seiten, die interessant, klar und schüleradäquat gestaltet sind, zum Lernpfad passen und neue oder vertiefende Erkenntnisse bewirken. Dort mehr über ein Thema zu erfahren und daher Vergleiche ziehen zu können oder tieferes Verständnis der Thematik zu erlangen regt ebenso an, wie sein Wissen anhand von weiterführenden Fragestellungen zu erweitern. Zentrale Aussagen sollten hervorgehoben und komplexere Fachbegriffe erklärt sein. (vgl. Kap. 4.2, Schüler/-innenmeinungen F8/1). Oft regen auch eingebundene Überlegungen der Verfasser oder simulierte Diskussionen Schüler/-innen zum Nachdenken an (vgl. Kap. 4.2, Schüler/-innenmeinungen F8/3 c, l).

Schüler verlassen die Website, bzw. lesen nicht weiter, wenn Texte zu lange, unstrukturiert und schwer verständlich sind, zu schwierige Formeln und Fachbegriffe ohne Erklärung beinhalten, die Navigation unzureichend ist, kein Zusammenhang zur Aufgabenstellung gefunden und kein tieferes Verständnis zur Thematik erreicht werden kann, oder die Seiten überladen („overload“ an Informationen oder multimedialen Elementen) sind. (vgl. Kap. 4.2, Schüler/-innenmeinungen F8/2).

Was sind nützliche Webmaterialien für selbsttätiges Arbeiten und Physiklernen mit Internet?

Als nützlich erweisen sich vor allem Outreach-Seiten und Materialien wie z.B.¹⁶: Physik2000, Fendt-Applets, Lehrgang zur Relativitätstheorie/Embacher, Physicsnet/Lerneinheiten, Quarks.com, Nano, etc. (vgl. Kap. 4.2, Schüler/-innenmeinungen F8/3), die von Fachdidaktikern und Lehrkräften gemeinsam oder in Anlehnung entwickelt wurden, da sie unten geforderte Elemente enthalten und sowohl didaktische, mathetische als auch praxisbezogene Aspekte berücksichtigen.

Die Schüler geben zum überwiegenden Teil an (zu 100% in der 7.Klasse und zu 90% in der 8.Klasse), dass die *Lernpfade* am Physicsnet helfen, einen Themenbereich selbstständig zu erarbeiten (vgl. Kap. 4.2, Grafik F9).

Als wichtigste Vorzüge werden hier zusammengefasst erwähnt:

- Das Erlangen von Kompetenzen durch die Arbeitsform: neben Lerninhalten (Sachkompetenz) werden Qualifikationen wie Methodenkompetenz, Sozialkompetenz, soziale Mündigkeit, Teamfähigkeit, Kritikfähigkeit, etc. (vgl. Schüler/-innenmeinungen F9 a,,j, e, k, r, t, w) vermittelt¹⁷;
- Die Strukturierung, Gliederung und Art der Lernpfade, das angebotene Material und die Vorauswahl der empfohlenen Webmaterialien im Netz, wie die Möglichkeit zur individuellen Vertiefung der Inhalte und darüber hinaus eigene Recherchen durchführen zu können (vgl. Schüler/-innenmeinungen F9 c, d, f, i, l, n, p, q, u; F8/3 a, c,n; F22 i, k, s,);
- Die weitgehend auf Schülerebene transportierten Inhalte und Interaktionen (vgl. Schüler/-innenmeinungen F9 h, m, n, s; F8/3 i,,j, k).

Wie soll daher Arbeitsmaterial für webunterstütztes Lernen im Physikunterricht gestaltet sein?

Wesentlich ist, dass multimediales Lernmaterial auf dem Vorwissen der Schüler/-innen aufbaut und schülergerecht, altersadäquat konzipiert ist. Dies schließt sowohl die darin enthaltene Sprache als auch die verwendeten Inhalte und das Heranführen an die Thematik ein, und zwar im Sinne von genetischem und exemplarischem Lernen und nicht in Form einer Stoffanhäufung. Demnach soll es Möglichkeiten anbieten zu Gesetzmäßigkeiten und Erklärungsansätzen vorzudringen, wie z. B. 'die Dispersion auseinanderzufalten und aufwärts zu den Spektren zu dringen'¹⁸.

Die von Duit beschriebenen *Phasen des Physikunterrichts*¹⁹ lassen sich auch auf *Lernmaterialien im Web* und insbesondere deren dazugehörige *Lernpfade* übertragen:

- Motivation (Phase der Motivation und der Problemstellung)
- Erarbeitung (Phase der Problemlösung)
- Vertiefung (Phase der Integration, des Behaltens, des Transfers)

¹⁶ vgl. [W1] bis [W13]

¹⁷ wobei dies nicht zwingend durch den Einsatz von Computer und Internet geschieht, sondern durch seine sinnvolle Integration in die Lernumgebung.

¹⁸ vgl. [3], S.27 - 43

¹⁹ vgl. [17], S.125 – 134

Die *Phase der Motivation und der Problemstellung* kann mit und ohne Verwendung des PCs erfolgen, wobei sich vielfältige Einstiege in ein Thema (z.B. über Naturbeobachtung, Aufbau und Funktionsweise eines Gerätes, ein aktuelles Ereignis oder Problem, eine Versuchsreihe, ein Rätsel oder eine Blackbox, eine Simulation, der historische Einstieg, Einstieg über Schlüsselbegriffe, etc.) anbieten. Ist der Einstieg in eine Thematik in der Praxis meist vom Lehrer gelenkt, sollte in dieser Stufe in weiterer Folge auch Interaktion zwischen Lehrkraft und Schüler/-innen stattfinden.

Die *Problemlösungs-*, aber auch die *Vertiefungsphase* ist vorwiegend schülerzentriert und selbstgesteuert. Hier tritt der Lehrer in der Funktion eines Lernberaters, Diskussionspartners und Experten auf. Beigefügte Lernpfade zu einer Thematik, die sowohl computergestützte als auch andere Arbeitsphasen beinhalten können, müssen so gestaltet sein, dass sie den Schüler/die Schülerin sicher durch ein Thema führen, Eigenverantwortung und Eigeninitiative offen lassen und alle drei von Duit skizzierten Phasen des Physikunterrichtes beinhalten²⁰.

Im Idealfall sollen multimediale Lernmaterialien für den Physikunterricht Grundkonzepte und Grundbegriffe der Physik erklärend bereitstellen, die wichtigsten Inhalte klar herausstreichen, einen Leitfaden²¹ durch das Thema anbieten, Zusammenhänge klar werden lassen, Lernen im sinnstiftenden Kontext ermöglichen, Denkprozesse anregen, die Entwicklung von Problemlösungsstrategien einleiten, genügend Spielraum für Eigeninitiativen offen lassen, Querverbindungen aufzeigen oder herstellen lassen, zu weiterführenden Fragestellungen anregen, zu vertiefendem Lernen überführen und vertieftes Wissen erschließbar machen, über eine schüleradäquate Sachsprache verfügen und Lernen in multiplen Kontexten frei stellen.

Sind zumindest einige der oben genannten Kriterien in multimedial aufbereitetem Lernmaterial berücksichtigt, kann der ergänzende Einsatz von Neuen Medien im Physikunterricht problemorientierte Lernumgebungen, die selbstgesteuertes Lernen ermöglichen, weitaus abgerundeter und vielfältiger bereitstellen.

2.4.2 Wie arbeiten Schüler/-innen mit Webmaterialien?

Webarbeit im Unterricht

Die Schüler/-innen geben zum überwiegenden Teil an, Textteile sorgfältig durchzulesen, wobei Mädchen häufiger „stimmt“ und Burschen häufiger „stimmt eher“ angegeben haben. (vgl. Kap. 4.1 Grafik F10)

Sie übernehmen Textteile vorwiegend dann, wenn sie verstanden wurden (vgl. Kap. 4.1 Grafik F11 und F15) und versuchen Inhalte mit eigenen Worten zusammenzufassen, wobei hier wiederum die Mädchen im Bereich „stimmt“ stärker vertreten sind als die Burschen, umgekehrt zeigt es sich im Bereich „stimmt eher nicht“. „Stimmt nicht“ wurde in diesem Schuljahr von keinem der Schüler/-innen, im letzten Schuljahr von 9% der diesjährigen 8.Klasse angekreuzt (vgl. Kap. 4.1 Grafik F13).

Sie übernehmen selten ihnen unbekannte Fachbegriffe ohne nachzufragen (vgl. Kap. 4.1 Grafik F12) und fragen in der 7. Klasse alle und in den 8. Klassen häufig bei Unklarheiten nach. Auch stellt sich der Prozentsatz der Mädchen hier wiederum höher dar als jener der Burschen. Im Zweijahresverlauf zeigt sich eine positive Entwicklung in der 7. Klasse und eine schwach rückläufige Tendenz innerhalb der 8. Klassen, wobei hier keine Gründe genannt wurden (vgl. Kap. 4.1 Grafik F14).

Die Schüler/-innen verstehen zumeist, worum es in den vorgeschlagenen Texten geht (vgl. Kap. 4.1 Grafik F16), die Auswahl zwischen Wesentlichem und Unwesentlichem fällt ihnen etwas

²⁰ vgl. [W2] bis [W8]; Grafik1; Kap. 2.3.

²¹ Der oben genannte Leitfaden kann z.B. in Form von Lernpfaden, die durch ein Thema führen, bereitgestellt werden. Einen solchen Lernpfad erstellt die Lehrkraft vorzugsweise selbst, um die in Kap. 2.3 a-d beschriebenen Ebenen berücksichtigen zu können.

schwerer, wobei sich in den befragten Klassen die Mädchen scheinbar etwas leichter tun (vgl. Kap. 4.1 Grafik F17).

Sie arbeiten vorwiegend auf den von der Lehrkraft vorgeschlagenen Webmaterialien, wobei diese von der 7. Klasse stärker als von den 8. Klassen angenommen werden (vgl. Kap. 4.1 Grafik F2). Haben die Lernenden andere als vom Lehrer vorgeschlagene Webmaterialien verwendet, dann hauptsächlich um diese ergänzend und vergleichend zu verwenden und weitere vertiefende Informationen und neue Aspekte zu erhalten. Die Effizienz der Suche wird unterschiedlich empfunden, die Suche teilweise als langwierig beschrieben und führte nicht immer zu den gewünschten Resultaten. Als Gründe werden hier häufig genannt, dass die gefundenen Seiten schwer verständlich und für die Schüler/-innen nicht geeignet oder nützlich waren. Andere geben wiederum an, gute und brauchbare Unterlagen im Web gefunden zu haben. Viele arbeiten sowohl mit dem Schulbuch als auch im Web, oder merken, an das Internet als Ergänzung zu den Schulbüchern zu verwenden (vgl. Schüler/-innenmeinungen F4).

Die Schüler/-innen meinen, durch diese Arbeitsform zuzüglich des Internets ein besseres physikalisches Verständnis zu erreichen, wobei in der 7. Klasse von allen Beteiligten „stimmt“ bzw. „stimmt eher“ gewählt wurde, in der 8. Klasse von 82%. Die Mädchen geben ein geringfügig besseres Votum ab als die Burschen. Auch zeigt der Zweijahresverlauf wiederum aufsteigende Tendenz in der 7. Klasse und einen geringen Rückgang in der 8. Klasse. (vgl. Kap. 4.1 Grafik F18). Im Leistungsvergleich geben die Lernenden im Schnitt an besser als sonst abzuschneiden (vgl. Kap. 4.1 Grafik F19). Die unterschiedlichen Gründe werden aus den Schüler/-innenmeinungen zu F18 und F19 ersichtlich.

Sie beteiligen sich im Physikunterricht häufig, wobei dies die Mädchen stärker rückmelden (zu 90%) als die Burschen (zu 70%). (vgl. Kap. 4.4 Grafik F24).

Die Lernenden haben an ihrem Physikunterricht Freude und Spaß, nur 3,8% der Schülerinnen der 8. Klassen geben hier „stimmt nicht“ (nur Mädchen) an, 7,8% der Schüler/innen aus den 8. Klassen sagen „stimmt eher nicht“ (bei gleicher Verteilung von Mädchen und Burschen). In der 7. Klasse wählten zu dieser Frage 76,9% als Antwort „stimmt“ und 23,1% „stimmt eher“ aus. (vgl. Kap. 4.4 Grafik F25).

Der Großteil der Schüler/-innen findet Physik interessant und wichtig (vgl. Kap. 4.4 Grafik F26). Sie beschreiben Physik als faszinierend, abwechslungsreich aber sehr umfangreich, spannend aber auch kompliziert und geben an, viele Dinge des Alltags und Phänomene der Natur nun besser zu verstehen und auch erklären zu können. Sie wollen Verständnis für die Naturvorgänge und -erscheinungen erreichen, Neues entdecken und Ungeklärtes erklären können. Nur wenige geben an, sich nicht für Physik begeistern zu können. (vgl. Schüler/-innenmeinungen F25/F26).

Anhand der erhobenen Daten scheint der Rückschluss zulässig, dass diese Art des Physikunterrichts von den Schüler/-innen positiv angenommen wird. Es ist weiters anzunehmen, dass Physik bei diesen Schüler/-innen in angenehmer Erinnerung bleiben und keineswegs in die Reihe der unbeliebten Fächer gereiht wird. Mädchen werden hier gleichermaßen stark wie Burschen angesprochen.

Die Frage, wie es den Schüler/-innen gefallen hat, die Aufgabenstellungen auch unter Verwendung des Internets zu erarbeiten und die Physik auf diese Art und Weise zu lernen, wird auf der Notenskala von eins bis fünf von 69,2% der 7. Klasse und von 28% der 8. Klasse mit „sehr gut“ beantwortet, von 23,1% der 7. Klasse und von 44% der 8. Klasse mit „gut“ und nur von 4% der Schüler/-innen der 8. Klassen mit „genügend“ bzw. „nicht genügend“.

Die angegebenen Gründe liegen zusammengefasst vorwiegend in der Arbeitsform und dem damit verbundenen Erreichen des Kompetenzspektrums, im vertieften und schülerzentrierten Lernen, im individuellen Lernfortschritt, im Erreichen eines besseren Verständnisses der Inhalte, im längeren „Behalten“ und „Anwenden können“ des Erlernen und im Forschungsgeist der Schüler/-innen. Es wird weiters sogar gefordert, neue Medien auch in anderen Unterrichtsfächern, nicht nur in Physik, einzusetzen. (vgl. Schüler/-innenmeinungen F25/F26).

Sie nehmen die geschaffenen Spielräume für die selbstständige Festlegung von Lernzielen, Lernzeiten und Lernmethoden wahr und treffen Entscheidungen über das eigene Lernen, die sie in ihrem Handeln und Tun überwiegend realisieren.

Bemängelt wird von einigen Schüler/-innen der erhebliche Mehraufwand an Arbeitsleistung. Der Zeitfaktor erweist sich bei computergestützten Lernumgebungen, wie bei allen eigenverantwortlichen Arbeitsformen, als Diskussionspunkt.

Diese Arbeitsformen benötigen auch auf Schülerebene viel Zeit!

(vgl. Schüler/-innenmeinungen F9 aa; F18/19 d, e; F22 c, j, k, m;).

Der Einsatz des Computers kann aber weder helfen Zeit einzusparen noch dazu dienen, noch mehr Stoff zu verpacken. Multimedial aufbereitete Inhalte sind zwar anschaulich, können jedoch die Dinge selbst nicht vereinfachen. Wir dürfen daher nicht erwarten, dass durch Multimedia die Zeit für das Verstehen von Begriffen und Zusammenhängen erheblich reduziert wird.

Im Sinne von Wagenschein²² soll dem exemplarischen Lernen und dem Verstehen Vorrang vor Stoffanhäufung gegeben werden.

Tipps beim Arbeiten

Interessant erscheint die Sammlung der Schülertipps (vgl. Kap. 4.3 Schüler/-innenmeinungen F20), die den Rückschlusse zulässt, dass die befragten Schüler/-innen sowohl hinsichtlich des Umgangs mit Neuen Medien Medienkompetenz, als auch im Umgang mit problemorientierten und selbstgesteuerten Arbeitsformen Methodenkompetenz, Sozialkompetenz, soziale Mündigkeit, Teamfähigkeit, Kritikfähigkeit, Zeitmanagement etc. und auf inhaltlicher Ebene ebenso Sachkompetenz aufweisen.

²² vgl. [3].

3 PROJEKTDURCHFÜHRUNG

3.1 Rahmenbedingungen, Organisation, Unterrichtsablauf

Die Untersuchung wurde in drei verschiedenen Klassen des BORG Dreierschützengasse in Graz durchgeführt. In der 7. Klasse wurden während des Beobachtungszeitraums die Themenbereiche „Licht1“, „Spektren“, „Wellenoptik (Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz, Doppler-Effekt, Beugung)“ und „Farbmischung“, in beiden 8. Klassen „Energieversorgung“ und "Relativitätstheorie" evaluiert.

Alle Schüler kannten bereits aus den vergangenen Schuljahren bzw. dem vergangenen Schuljahr²³ die Arbeitsform eigenverantwortliches Arbeiten und selbsttätiges Lernen im Physikunterricht mit dem Internet als zusätzliches Unterrichtsmedium.

Räumlichkeiten

Zur Verfügung standen in jeder Unterrichtsstunde der Physiksaal und mindestens eine Unterrichtsstunde pro Woche ein Informatiksaal²⁴ der Schule.

Der neue Physiksaal der Schule ist für Gruppenarbeit und experimentelles Arbeiten ausgestattet. In den Informatiksälen stehen den Schüler/-innen 12 - 15 Computer zur Verfügung, sodass ein Computer von maximal 2 Schülern genutzt wird.

Die Mitverwendung des Informatiksaals im Physikunterricht war im 3. Projektjahr ohne Probleme zu organisieren und Standard.

Arbeitsmaterial

Vom Lehrer wurde zum entsprechenden Thema jeweils ein Lernpfad mit Arbeitsblättern, die differenzierte Aufgabenstellungen beinhalten, und dem dazugehörigen Leistungsblatt²⁵ erstellt. Nach einer kurzen, vom Lehrer gelenkten, Einführungsphase bearbeiteten die Schüler/-innen das Thema selbstständig²⁶.

Als Informationsquellen stehen alle Schulbücher, entsprechende Unterlagen und Handouts, PC, Internet, Zeitschriften und sonstige Bücher zur Verfügung. Das Material für experimentelles Arbeiten ist im Physiksaal den Schüler/-innen jederzeit zugänglich.

Je nach Themenstellung werden verschiedene Materialien (z.B. Internetapplikationen wie Java-Applets, interaktive Lernprogramme, Quiz, Memories, Handouts,..) eingesetzt.

Die Schüler/-innen können jederzeit aus dem gesamten Angebot wählen. Experimente werden von den Schüler/-innen selbst durchgeführt, dokumentiert und hinterfragt. Das Internet wird neben Büchern, Zeitschriften und anderen Arbeitsunterlagen als Informationsquelle zielgerichtet eingesetzt.

Lernpfade und die dazugehörigen Leistungsblätter werden zur leichteren Handhabung jeweils auch als Webseite zur Verfügung gestellt. (vgl. [W1])

Zeitfaktor

Der Zeitrahmen für die Arbeitszeit an den Themenbereichen wird zu Projektbeginn mit den Schüler/-innen vereinbart und beträgt für:

²³ Die Schüler/-innen der 8 Klassen waren bereits im Projektjahr 2000/01 und 2001/02 (vgl. 1.3), d.h. ab der 6. Klasse bzw. 10 Schulstufe, involviert. Die Schüler/-innen der 7. Klasse wurden in die Arbeitsform schrittweise im letzten Schuljahr eingeführt. In allen Klassen wurde nur im Physikunterricht mit dieser Methode einbezüglich des Internets gearbeitet.

²⁴ Durch den Schulneubau konnte der Informatiksaal erst ab Anfang November 2002 genutzt werden.

²⁵ Leistungsblätter zu den Lernpfaden: Die jeweils zu erreichenden Beurteilungsstufen werden bereits bei den Aufgabenstellungen ausgewiesen. Die Zuweisung der Teilbereiche berücksichtigt den Schwierigkeitsgrad bzw. das Anforderungsniveau und ist der Schulstufe angepasst. vgl. [2], Grafik 1, und [W3], [W5], [W7], [W8].

²⁶ Wie in den beiden letzten Projektjahren, vgl. [1] und [2].

- den Bereich Relativitätstheorie²⁷ (Rt) 10 Unterrichtsstunden
- den Bereich Wellenoptik²⁸ (W0), Energieversorgung²⁹ (E) 12 Unterrichtsstunden
- den Bereich Spektren³⁰ (S) 15 Unterrichtsstunden
- den Bereich Farbmischung³¹ (F) 2 Unterrichtsstunden

Die Zeit für Experimente, Arbeit mit dem Internet oder mit anderen Quellen ist innerhalb der Physikstunden nicht eingeschränkt und kann von den Schüler/-innen selbst bestimmt werden. Doppelstunden sind günstiger als Einzelstunden.

Sozialform

Die Schüler/-innen arbeiten selbstständig in Kleingruppen (Lerngruppen), in Zweier-Teams (Partnerarbeit) oder in Einzelarbeit.³²

Arbeitsphase

Während der Arbeitsphase arbeiten die Schüler/-innen konzentriert an den Inhalten der Themenbereiche. Die Sozialform ist frei wählbar und wird während der Arbeitsphase öfters gewechselt und der Aufgabenstellung angepasst. Der Großteil der Schüler/-innen zieht es vor, hauptsächlich im Team zu arbeiten.

Der Lehrer steht vor allem in beratender Funktion zur Verfügung. Bei Diskussionen wirkt er als Moderator und Experte. Die Schüler/-innen arbeiten weitgehend selbstständig. Bei Bedarf findet ein Klassengespräch über mehr und weniger knifflige Teilbereiche statt.¹⁰

Dokumentation der Schüler/-innenarbeiten

Die Themenarbeit soll von allen Schüler/-innen präsentierbar abgeschlossen werden. Je nach Themenstellung und Vereinbarung wird eine Posterpräsentation, eine Projektmappe oder ein Projektbericht erstellt. Nach Abschluss der Arbeitsbereiche findet jeweils ein Plenum mit anschließender Diskussion innerhalb der Klasse oder ein Informationsgespräch mit einzelnen Schüler/-innen statt.

3.2 Leistungsbeurteilung

Am Ende der Arbeitsphase werden die ausgearbeiteten Skripten vom Lehrer durchgelesen und korrigiert, die Schüler/-innen verbessern ihre Arbeit anschließend selbstständig.

Die Leistungsbeurteilung der Arbeitsbereiche beruht auf den im Projektjahr 2001/02 (vgl. [2], dort Kapitel 2) beschriebenen Aspekten. Das Beurteilungssystem wurde an die Arbeitsform angepasst³³ und mit den Schüler/-innen vor Beginn der Arbeitsphase besprochen. Zwischen Arbeitsphase und Lernzielkontrolle nach Abschluss der Arbeitsphase wird unterschieden.

Die Endbeurteilung der einzelnen Lernpfade ergibt sich aus der jeweils erreichten Beurteilungsstufe³⁴. Über jeden Bereich ist beim Lehrer eine „Qualitätskontrolle“ einzuholen. Zu diesem Zeitpunkt soll der Schüler die Inhalte seiner Ausarbeitung auch bereits wissen, verstehen und selbstständig formulieren können.

²⁷ Lernpfad vgl. [W8]

²⁸ Lernpfad vgl. [W5] und Grafik 1

²⁹ Lernpfad vgl. [W7]

³⁰ Lernpfad vgl. [W2], [W3]

³¹ Lernpfad vgl. [W4].

³² Wie in den beiden letzten Projektjahren, vgl. [1] und [2].

³³ Im laufenden Projektjahr wurde das Beurteilungsschema der Arbeitsbereiche gänzlich auf Leistungsblätter, die den Lernpfaden beigefügt sind, umgestellt.

³⁴ Wie am Leistungsblatt ausgewiesen, vgl. [Grafik1] und [2].

Die Qualitätskontrolle findet in mündlicher und schriftlicher Form statt ³⁵. Hierfür ist am Leistungsblatt ein Leerraum vorgesehen, in dem der Lehrer den Teilbereich, sofern er zufriedenstellend abgelegt wurde, abzeichnet (vgl. [2], dort Kap. 2.2.4.2 und Kap. 2.2.4.3.). Der Exemplarisches Beispiel eines Leistungsblattes ³⁶:

LEISTUNGSBLATT: OPTIK I - REFLEXION, BRECHUNG UND TOTALREFLEXION				
<u>Vorwissen:</u> Huygensches Prinzip, Elementarwelle, Lichtgeschwindigkeit.				
<u>Lernpfade und Leistungsstufen</u> (je nach Verfügungswissen, Vertiefungsgrad, Verständnisstufe,...)				
Arbeitsbasis: Vorwissen steht zur Verfügung				
L- Stufe	Status	Aufgabenstellung	Qualität	Mappe
4	M1.1	Reflexion am ebenen Spiegel (Versuch1 + Arbeitsblatt)		
3 2	M1.2	Reflexion- Naturbeobachtung a. Wo kannst du in deiner Umwelt „Reflexion“ beobachten? Gib einige unterschiedliche Beispiele an und beschreibe deine Beobachtungen! b. Welche Gemeinsamkeit liegt deinen Beobachtungen zugrunde? Vereinheitliche deine Beobachtungen, die in a. beschrieben wurden, zu einer Gesetzmäßigkeit und formuliere sie (in Worten und Formel).		
2 1	M1.3	a. Wie erklärt Newton (Teilchentheorie des Lichtes) das Reflexionsgesetz - wie Huygens (Wellentheorie)? b. Wie stimmen deine Beobachtungen und Erklärungen in M1.2 mit Newtons und Huygens Beschreibungen überein - ziehe Bilanz.		
4 3	M2.1	Brechung zum Lot (Versuch2 + Arbeitsblatt)		
a: 3 b/c: 2 1	M2.2	Brechung - Naturbeobachtung a. Wo kannst du in deiner Umwelt „Brechung“ beobachten? Gib einige unterschiedliche Beispiele an und beschreibe deine Beobachtungen! b. Führe dazu auch einen Freihandversuch durch und dokumentiere ihn. c. Welche Gemeinsamkeit liegt deinen Beobachtungen zugrunde? Vereinheitliche deine Beobachtungen, die in a. und b beschrieben wurden zu einer Gesetzmäßigkeit und formuliere sie (in Worten und Formel).		
3 2	M2.3	Brechung vom Lot und Totalreflexion (Versuch3 + Arbeitsblatt)		
2 1	M2.4	Lichtwellenleiter a. Erkläre das Funktionsprinzip eines Lichtleiters! b. Wo findet der Lichtwellenleiter Anwendung? Beschreibe anhand eines Beispiels!		
Arbeitsmappe:		erreichte Leistungsstufe:		
(Mag. Andrea Mayer, BORG Dreierschützengasse, Graz. 2003)				

Grafik 1

(Anmerkung: Status M1.1 bis M2.4 entspricht Modulen im Internet (vgl. [W5])

³⁵ Abschließende Tests können durchgeführt werden, sind aber zur Notenfindung nicht mehr nötig, da sich die erreichte Beurteilungsstufe der SchülerInnen aus dem Arbeitsprozess selbst ergibt. Der Lehrer erhält bei dieser Arbeitsform einen weitreichenden Einblick in das tatsächliche Können und verfügbare Wissen jedes Einzelnen und zwar nicht punktuell, wie etwa bei einem Test, sondern über einen langen Zeitraum, vgl. [2].

³⁶ vgl. [W4]; weitere Leistungsblätter, vgl. [W3] bis [W8].

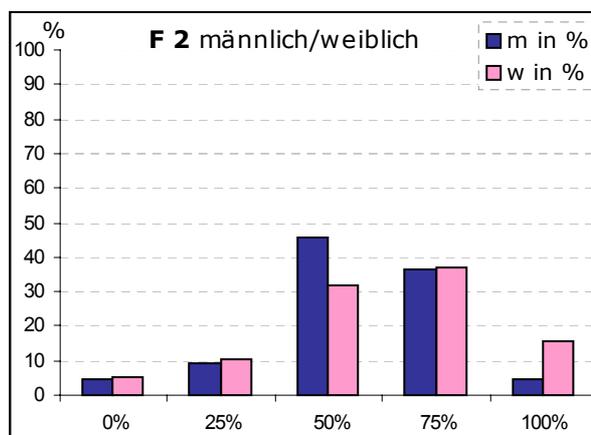
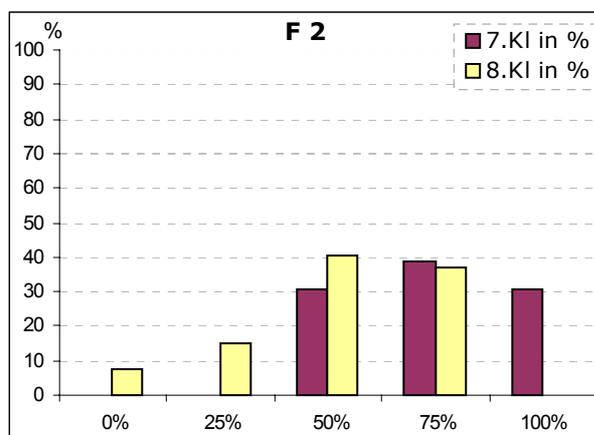
4 ANHANG: DATEN

Die vorliegenden Daten wurden in einer siebten und zwei achten Klassen erhoben. Die Befragung fand innerhalb der Physikstunden nach Notenschluss statt und war anonym. Die Aussagen der Schüler/-innen sind, wenn nicht anders angegeben, wörtlich und ohne Reihung zitiert. Mehrfachnennungen werden nicht berücksichtigt. Die Anzahl der befragten Burschen und Mädchen ist etwa gleich.

Alle befragten Klassen wurden in der Oberstufe von mir unterrichtet. In der Unterstufe waren die SchülerInnen an unterschiedlichen Schulen. Das BORG Dreierschützengasse führt als ORG keine Unterstufe.

4.1 Webarbeit im Unterricht

F2: In welchem Ausmaß hast du die vom Lehrer vorgeschlagenen Webmaterialien verwendet?



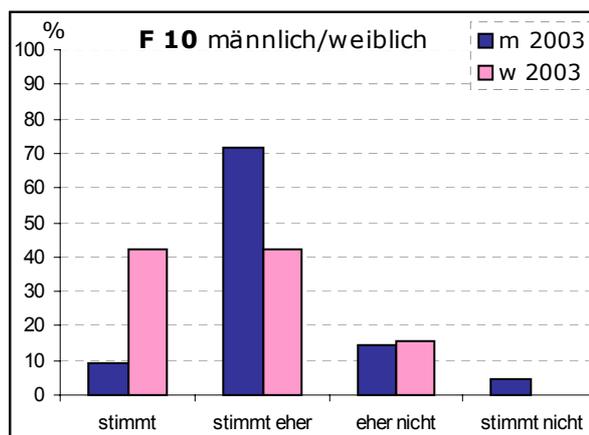
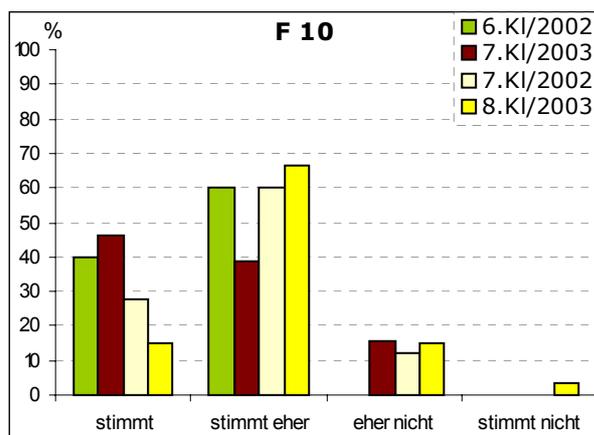
F4: Warum hast du andere als vom Lehrer vorgeschlagene Webmaterialien verwendet? Wie effizient war deine Suche (berücksichtige: Zeitfaktor, Inhalt, Verständlichkeit,...) ?

Schüler/-innen begründen zu F4:.....

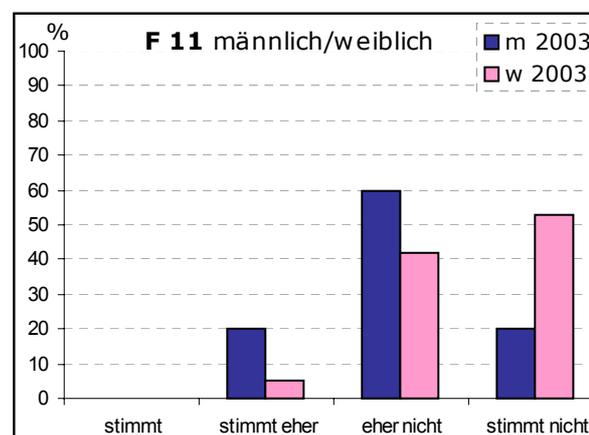
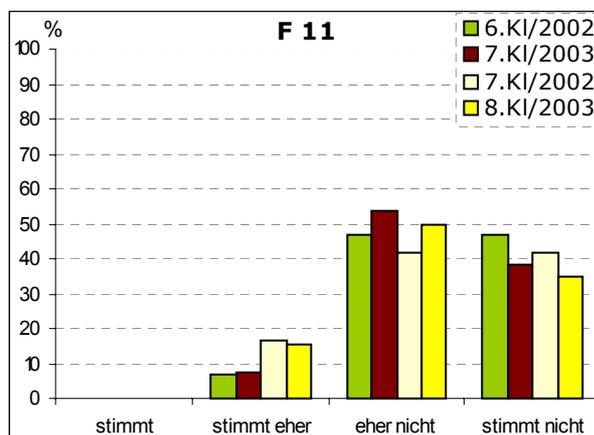
- „ Weil ich ergänzend in einer Suchmaschine gesucht habe, die Suche war teilweise langwierig.“ (8.KI)
- „ Weil die vom Lehrer vorgeschlagenen Seiten für mich zum Teil nicht ausführlich genug waren. Eigentlich ging es immer recht schnell und effizient.“ (8.KI)
- „ Ich wollte, da ich auch oft zuhause gearbeitet habe, mehr unterschiedliche Webseiten vergleichen. Manche der verwendeten Seiten waren mir schon vorher bekannt (Uni Köln, Uni Hamburg). Suche: Kurze Zeit, da ich Suchmaschinen und viele Links auf andere Seiten benutzt habe. Inhalt dort: Oft zu viele Details oder überflüssige Informationen, oftmals umständlich erklärt.“ (8.KI)
- „ Weil ich der Meinung bin, dass man verschiedene Argumente vergleichen sollte. Ich habe Schulbücher und Lexika verwendet (da man nicht alles im Internet findet, jedenfalls oft nicht so ganz für mich verständlich) und natürlich auch das Internet.“ (8.KI)
- „ Andere Webmaterialien waren oft kürzer und übersichtlicher. Bei der Suche nach anderen Webmaterialien war ich meistens schnell, da ich es gewohnt bin mit Suchmaschinen zu arbeiten.“ (8.KI)
- „ Weil ich nicht alles fand, was ich benötigte, oder weil ich noch mehr Informationen haben wollte. Selten fand ich ausführlich und gut geschriebene Seiten, die ich leichter verstand, aber leider meist nach langem Suchen.“ (8.KI)
- „ Weil ich mehr Material und Informationen wollte, teilweise war die Suche sehr zeitaufwendig, da nicht immer die Dinge gefunden wurden, die benötigt wurden.“ (8.KI)
- „ Um nicht nur von einer Quelle Informationen zu erhalten. Die Suche nach Informationen auf anderen Seiten war mittelmäßig, weil ich meist an der Verständlichkeit gescheitert bin.“ (8.KI)
- „ Weil ich nach einfachen, leichteren Erklärungen gesucht habe. Die Sachen waren im Internet nicht leicht zu finden – sehr zeitaufwendig.“ (8.KI)
- „ Weil ich mir mehrere Quellen ansehen wollte und diese zum Teil auch zum Verstehen beitrugen. Suche bei Suchmaschinen: Die zutreffenden Seiten waren oft schwer zu verstehen (Formeln, Fachjargon), deshalb hab ich auch das Schulbuch mitverwendet (ging schneller).“ (8.KI)

- k. „ Um mich vom Allgemeinen abzuheben und einen größeren Blickwinkel zu bekommen. Meine Suche war sehr effizient.“ (8.KI)
- l. „ Um die vorgeschlagenen Websites mit anderen zu vergleichen und somit neue Aspekte zu finden. Abgesehen davon, dass ich relativ wenig mit dem Internet gearbeitet habe, war meine Suche ziemlich effizient.“ (8.KI)
- m. „ Zur Ergänzung. Man hat länger nach passenden Inhalten suchen müssen, meistens waren die Seiten dann schwierig zu verstehen.“ (8.KI)
- n. „ Weil ich die vorgeschlagenen Materialien nicht ganz verstanden habe.“ (8.KI)
- o. „ Zur Erweiterung, war aber eher nicht so effizient, da zu lange gebraucht.“ (8.KI)
- p. „ Aus Interesse. Andere Websites waren nicht effizient. Zwar habe ich schnell die richtigen Seiten gefunden, jedoch war ein zu großes Vorwissen erforderlich.“ (8.KI)
- q. „ Obwohl die vorgeschlagenen Webmaterialien sehr gut waren, habe ich versucht im Internet noch einiges an Materialien zu entdecken.“ (8.KI)
- r. „ Da auch englische Seiten vorgeschlagen wurden, und ich bin nicht gut in Englisch. Außerdem suche ich gerne im Internet. Weiters sind die vorgeschlagenen Websites oft so angelegt, dass man das Buch dazu verwenden muss, aber ich arbeite lieber mit dem Internet. Der Zeitaufwand zur Suche war sehr groß, da es schwierig ist verständliche Seiten auf Schulniveau zu finden, aber die Suche hat sich gelohnt.“ (8.KI)
- s. „ Nur zum Durchlesen. War nicht so effizient.“ (7.KI)
- t. „ Um meine Sachen zu ergänzen. War zuerst mühsam, aber dann brauchbar.“ (7.KI)
- u. „ Um noch mehr über das Thema zu erfahren und um vergleichen zu können. Lange Suche, oft schwer verständliche Seiten gefunden.“ (7.KI)
- v. „ Weil ich mir zu jedem Punkt noch Zusatzinformationen besorge. Es ging nicht so schnell wie mit dem Physicsnet.“ (7.KI)
- w. „ Da ich Vergleiche ziehen wollte. Ich habe aber selber nicht allzu viel gefunden.“ (7.KI)
- x. „ Um zu schauen, ob ich den Lehrstoff noch ausführlicher und genauer finde.“ (7.KI)

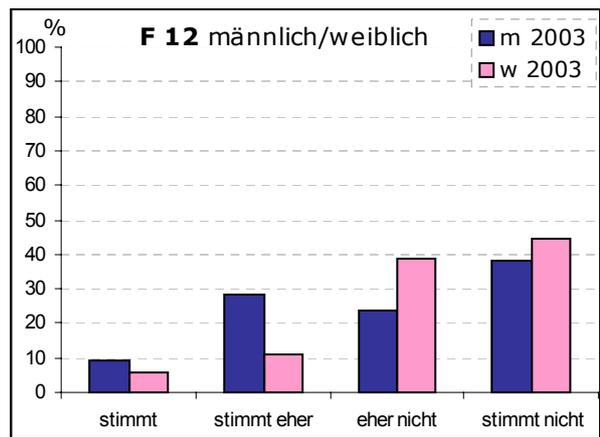
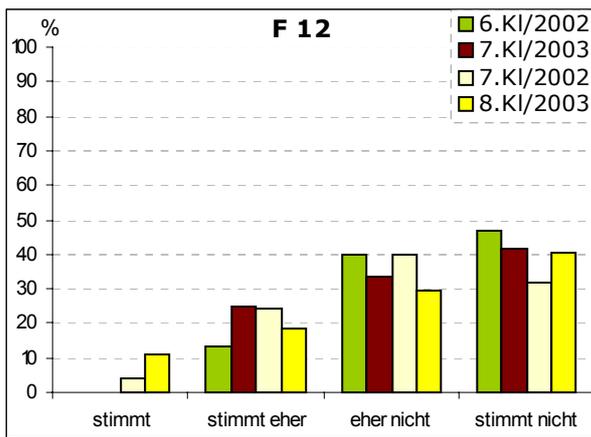
F10: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann lese ich die Textteile sorgfältig durch.



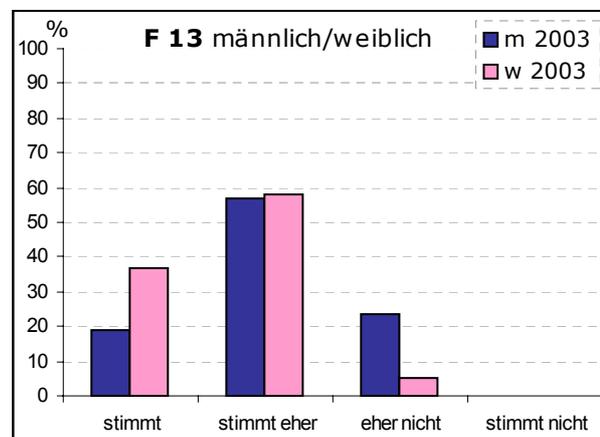
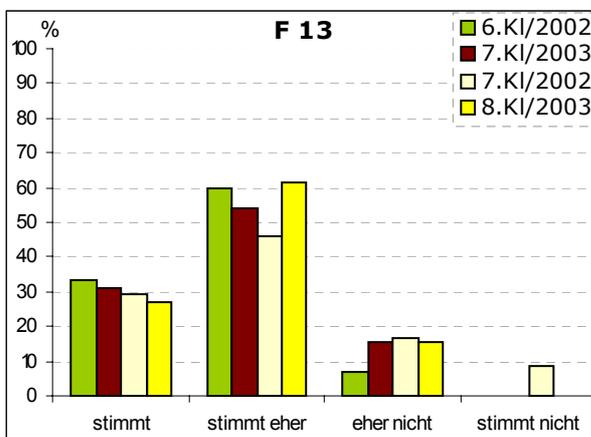
F11: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann übernehme ich ganze Textteile, ohne sie mir genau durchzulesen.



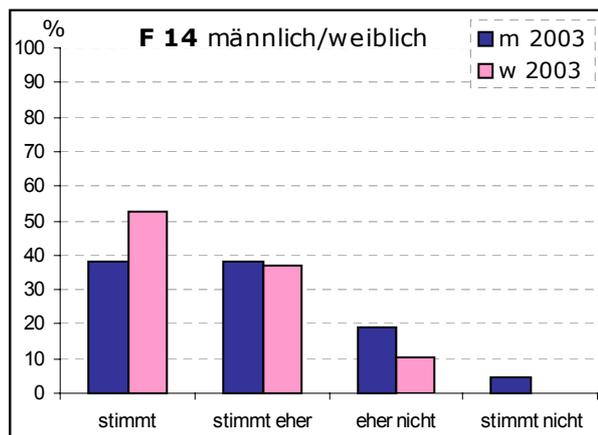
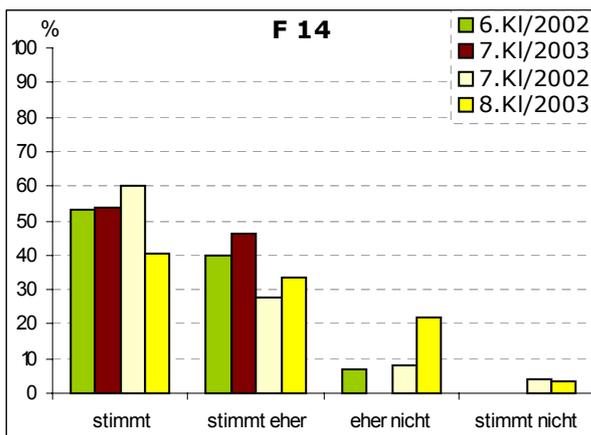
F12: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann übernehme ich Fachbegriffe, die ich nicht verstehe, ohne nachzufragen.



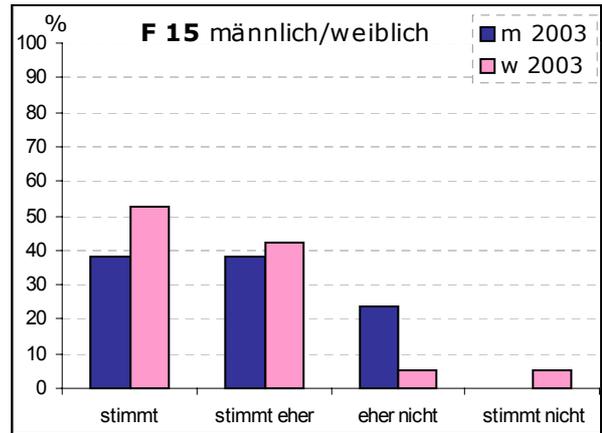
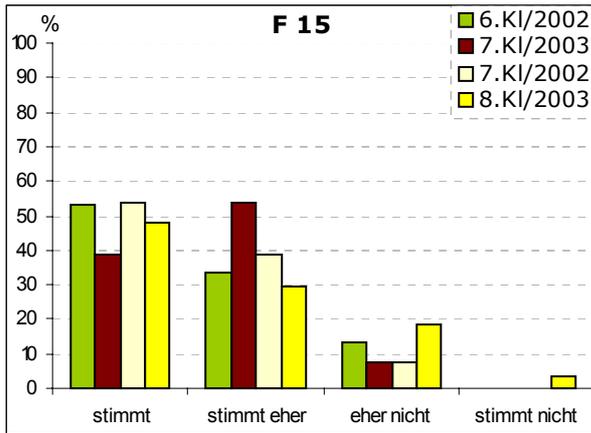
F13: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann versuche ich die Inhalte in eigenen Worten zusammenzufassen.



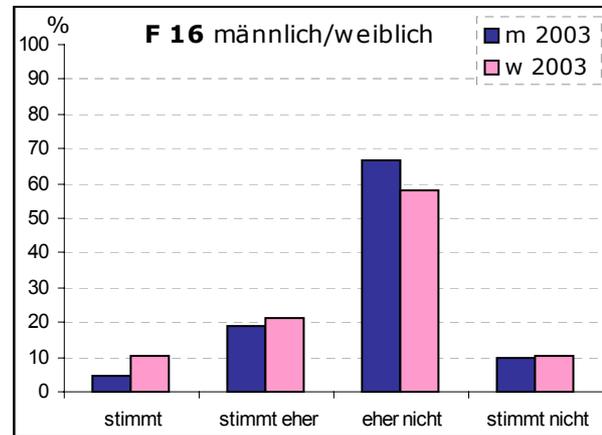
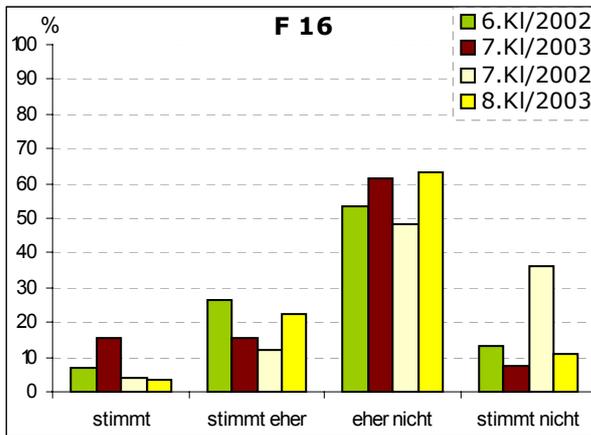
F14: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann frage ich nach, wenn mir etwas unklar ist.



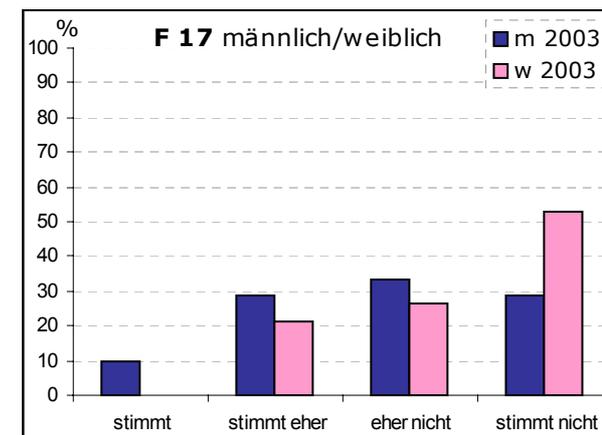
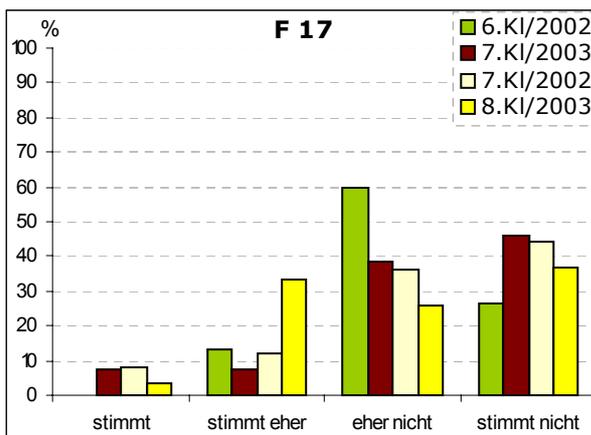
F15: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann übernehme ich Textteile, die ich verstanden habe.



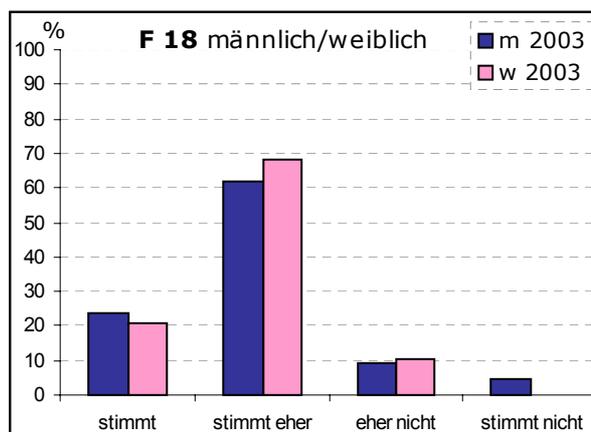
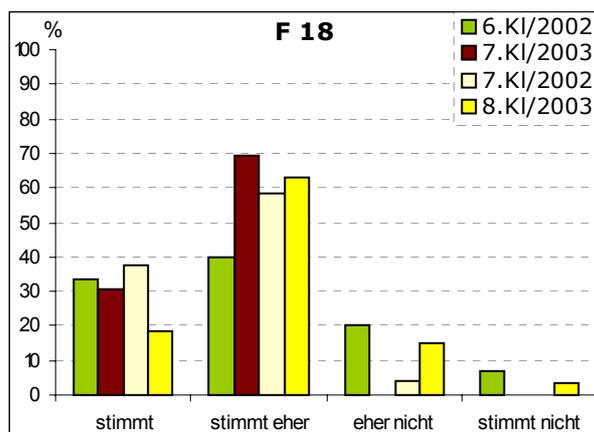
F16: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann verstehe ich oft nicht, worum es in den vorgeschlagenen Texten geht.



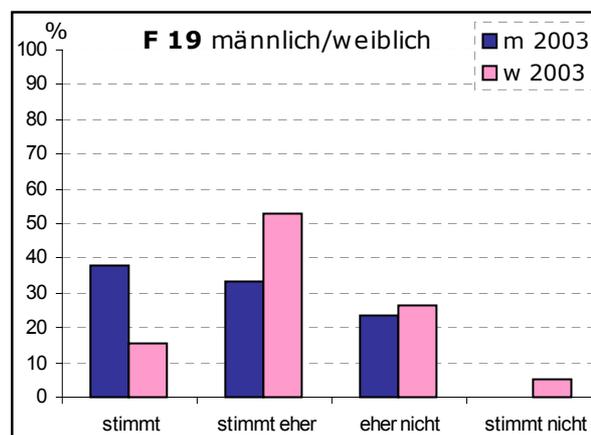
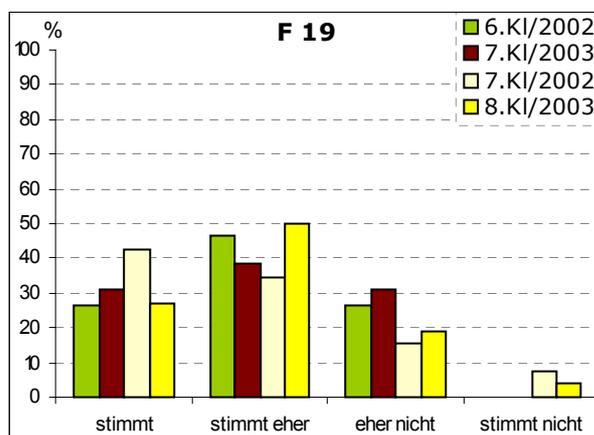
F17: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann kann ich schwer auswählen, was wichtig ist und was nicht.



F18: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann erreiche ich ein besseres Verständnis der physikalischen Gesetze und Theorien.



F19: Wenn ich mit dem Internet arbeite, dann erreiche ich bessere Leistungen als sonst.



Schüler/-innen stellen zu F18 und F19 fest:.....

- „ Ich erreiche eher bessere Leistungen als sonst, weil ich mich selbstständig mit dem Thema befasse, mir Gedanken machen muss und mich nicht „berieseln“ lassen kann.“ (8.KI)
- „ Ist auf jeden Fall besser als stupides Auswendiglernen für einen Test, durch Erfahrung lernt man!“ (8.KI)
- „ Ich versuche immer den Inhalt in eigenen Worten zusammenzufassen, es ist wichtig um das Thema zu verstehen.“ (8.KI)
- „ Stimmt nicht (F19), denn wenn man etwas nur lernen muss, ist das sicher weniger Arbeit.“ (8.KI)
- „ Es ist sehr zeitaufwendig, den Stoff nur zu prüfen wäre schneller. Klar, beim Arbeiten an den Arbeitsbereichen lernt man sicher mehr, aber für Leute, die nicht so an Physik interessiert sind, finde ich es nicht so gut.“ (8.KI)
- „ Wenn die Zeit ausreicht, kann man das Bestmögliche rausholen. Im Internet hat man mehrere Quellen und viele Grafiken. In Büchern ist es oft zu knapp zusammengefasst.“ (8.KI)
- „ Stimmt eher (F18 und F19), weil ich mir alles öfters durchlesen muss um es dann zusammenfassen zu können. Mir macht es Spaß den Stoff selbst auszuarbeiten.“ (8.KI)
- „ Stimmt eher (F18), wenn man die Fragestellungen zu einem Thema selbst ausarbeiten muss, ist es besser, weil man mehr versteht, als wenn man den Stoff im Unterricht nur durchmacht. Stimmt eher (F19), wenn man eine bestimmte Note erreichen will, muss man etwas dafür tun. Dieses System ist sehr fair.“ (8.KI)
- „ Stimmt eher , wenn ich mehrere Seiten von verschiedenen Verfassern lese, fällt es mir leichter etwas zu verstehen.“ (8.KI)
- „ Stimmt eher (F18), weil man Applets und Bilder zur Verfügung hat und man sich dadurch die Dinge besser vorstellen kann.“ (8.KI)

- k. „ Stimmt eher (F19), weil mir beim Lernen langweilig wird, beim Arbeiten mit Internet nicht, dadurch konzentriere ich mich besser.“ (8.KI)
- l. „ Stimmt eher, durch das Arbeiten mit dem PC steigert sich die Motivation.“ (8.KI)
- m. „ Stimmt (F18), weil man was lernt. (8.KI)
- n. „ Stimmt eher nicht (F19). Das kann man so nicht sagen, da in vielen Büchern die Lernprojekte auch besonders gut erklärt sind. Im Internet hängt es davon ab, wie gut die Seite ist.“ (8.KI)
- o. „ Stimmt eher, durch das selbstständige Arbeiten merkt man sich die Sachverhalte besser. Vielfalt der Quellen – wenn man eine Seite nicht versteht, kann man eine einfachere Erklärung suchen. (8.KI)
- p. „ Stimmt nicht, weil ich für Prüfungen und Tests besser lernen kann.“ (8.KI)
- q. „ Stimmt eher nicht, warum sollte ich aus dem Internet etwas genauer verstehen als aus dem Buch? Schließlich hat man im Internet keine hands-on- Experimente.“ (8.KI)
- r. „ Stimmt eher, weil wir im Physikunterricht einiges gemacht haben.“ (8.KI)
- s. „ Stimmt, in der Schule zu sitzen und ewig nur zuzuhören ist langweilig. So beschäftigt man sich selbstständig mit den Dingen.“ (8.KI)
- t. „ Stimmt eher (F18), man kann gut selbstständig arbeiten, muss sich aber auch die Zeit gut einteilen können.
Stimmt eher nicht (F19), weil die Professorin auch mit Applets arbeitet.“ (7.KI)
- u. „ Stimmt eher , durch Texte, Bilder und Applets werden die Gesetze und Theorien verständlich gemacht. Da man mehr versteht, steigert sich die Leistung.“ (7.KI)
- v. „ Stimmt eher , weil ich mein Wissen selbst erarbeitet habe.“ (7.KI)
- w. „ Stimmt (F18) , weil ich mit verschiedenen Medien selbstständig arbeite und doch bei Problemen auf die Professorin zurückgreifen kann.
Stimmt (F19), weil ich alleine arbeite und mich besser konzentrieren kann.“ (7.KI)
- x. „ Stimmt (F18), weil mir vieles durch die gute Veranschaulichung klar wird.
Stimmt eher nicht (F19), es kommt nicht darauf an, ob ich Internet habe oder nicht, um gute Leistungen zu erbringen.“ (7.KI)
- y. „ Stimmt eher nicht, weil ich Dinge besser verstehe, wenn sie von der Lehrerin erklärt werden.“ (7.KI)
- z. „ Weil ich es in der Schule lerne.“ (7.KI)
- aa. „ Stimmt , durch Übung.“ (7.KI)
- bb. „ Stimmt eher nicht (F19), da meine Leistung meist konstant ist.“ (7.KI)
- cc. „ Stimmt, weil man selbstständig arbeitet und dadurch besser lernt.“ (7.KI)

4.2 Aufbau einer Website

F5: Woran erkennt man, welche Seiten/ Inhalte/ Informationen auf einer Seite wichtig sind?

Schüler/-innen meinen zu F5:.....

- a. „ Man muss vorher über eine Sache was wissen um zu erkennen, was qualitativ hochwertig ist.“ (8.KI)
- b. „ Wenn es zur Fragestellung gut passt und ich damit die Frage beantworten kann.“ (8.KI)
- c. „ Oftmals in eigene Kapitel gegliedert, Unterstrukturen oder besonders hervorgehoben, wenn der Text ein wenig strukturiert ist, ansonsten ist es oft schwierig.“ (8.KI)
- d. „ Man muss die Ergebnisse vergleichen und selbst erkennen, was wichtig ist. Bei manchen Websites sind die wichtigen Argumente fett gedruckt oder unterstrichen.“ (8.KI)
- e. „ An den Überschriften, aber meistens muss man die Seiten durchlesen.“ (8.KI)
- f. „ Am Layout, Aufbau, Grafik, Professionalität.“ (8.KI)
- g. „ Bei guten Websites an Formatierungen, sonst nur aus Erfahrung.“ (8.KI)
- h. „ Im Vergleich mit den Seiten und mit der Webseite der Lehrerin.“ (8.KI)
- i. „ Nach dem Durchlesen sollte man in der Lage sein das zu beurteilen.“ (8.KI)
- j. „ Die Lehrerin hilft mir, wenn ich nicht ganz sicher bin.“ (8.KI)
- k. „ Durchlesen und dann selbst überlegen, was interessant ist und was nicht.“ (8.KI)
- l. „ Das ist unterschiedlich, kann man nicht so genau sagen. Bei den von der Lehrerin vorgeschlagenen Seiten ist meist alles genau beschrieben und gegliedert.“ (7.KI)

F6: Wie sollen deiner Meinung nach Lerninhalte im Internet gestaltet sein?

Schüler/-innen der 8.Klassen meinen zu F6:.....

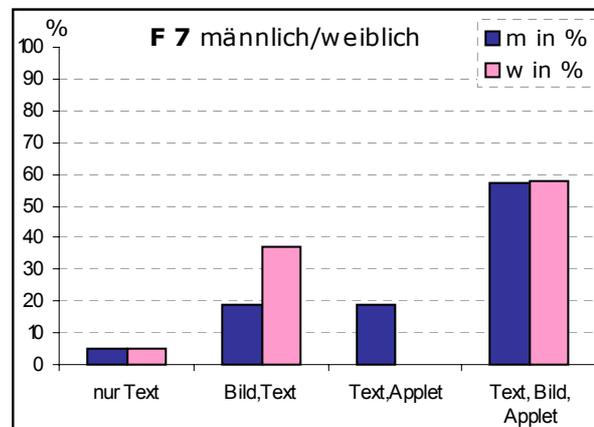
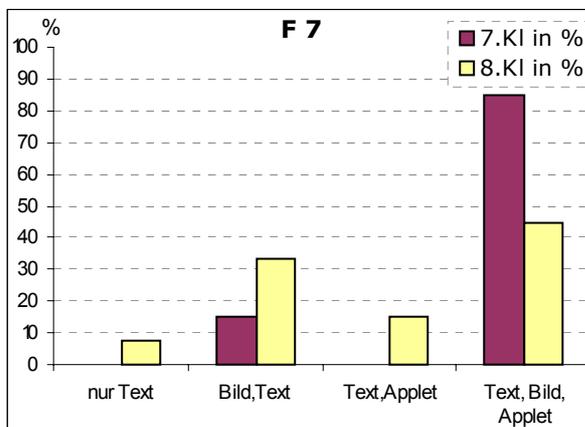
- a. „ Leicht verständlich, übersichtlich, viele Beispiele (Praxis).“
- b. „ Interessant und leicht verständlich, auch mit Grafiken, Versuchen, Skizzen, usw.“
- c. „ Durch viele Überschriften unterteilt, dass man alles auf Anhieb findet.“

- d. „ Alles sollte übersichtlich und mit Farbe unterteilt sein.“
- e. „ Nicht zu klein geschrieben, kurze Texte mit gutem Inhalt.“
- f. „ Mit Beispielsbildern, damit man sich etwas vorstellen kann, nicht allzu viele Fachbegriffe.“
- g. „ Am besten es kommen Text, Bilder und Applets vor.“
- h. „ Gut strukturiert, vielleicht nach Lehrjahr (Stufe) oder Lehrbuch, damit man beides nebeneinander verwenden kann. Locker aufgebaute, durch Grafiken aufgelockerte Websites.“
- i. „ Sie sollten übersichtlich gestaltet und in verständlichen Worten geschrieben sein, damit sich auch Schüler, die sich mit Physik schwer tun, auskennen.“
- j. „ Farbenfroh, mit Bildern.“
- k. „ Kurz und bündig.“
- l. „ Übersichtlich und gut gegliedert, Bilder sollen den Text auflockern.“
- m. „ Informativ, aber nicht zu trocken“
- n. „ Mit Comic-Figuren, die erklären; auch anhand von Spielen und Quiz.“
- o. „ Die Seiten sollten nicht zuviel Schnick-Schnack (Java, Flash) beinhalten, weil man dadurch abgelenkt wird und nicht mehr das Lernziel verfolgt. Die Seite sollte so aufgebaut sein, dass man gleich weiß, welcher Pfad wohin führt.“
- p. „ Sie sollten Definitionen, Beispiele und Bilder beinhalten.“
- q. „ Wichtiges soll speziell formatiert sein. Zu Themen sollen möglichst viele Links bereit gestellt werden, damit man sich weitere Informationen holen kann.“
- r. „ Alphabetisch oder systematisch geordnet.“
- s. „ Am besten sind jene Seiten, wo ein bestimmtes Thema (z.B. Relativitätstheorie) auf einer ganzen Homepage verständlich erklärt wird. Für Begriffe soll es eine Begriffserklärung geben, wenn man das Wort anklickt. Auch Quellen und weiterführende Links oder Lektüren sollten angegeben sein.“
- t. „ Übersichtlich, in Überschriften gegliedert (auch in Themen selbst) und mit Applets.“

Schüler/-innen der 7. Klassen meinen zu F6 :.....

- u. „ Sie sollten übersichtlich und chronologisch gestaltet sein.“
- v. „ Kreativ, sodass Schüler sich manches bildlich vorstellen können.“
- w. „ Altersgemäß und leicht verständlich; möglichst aufschlussreich.“
- x. „ Interessant und lustig.“

F7: Bei welcher Kombination lernst du am leichtesten/meisten?



Was spricht dich am meisten an³⁷:

- bei Texten:

„Sie müssen gut lesbar sein; leicht verständlicher aber trotzdem ausführlicher Inhalt; auch mit Fachbegriffen konfrontiert zu werden; wichtige Wörter sollen fettgedruckt oder kursiv sein; übersichtlicher Aufbau; gut lesbare Schrift; Überschriften; Klarheit; Knappheit; Merksätze; interessant zu lesende, informative Texte.“

- bei Bildern:

„Bunte Bilder, gute Farbgestaltung und Erklärung (Legende); Übersichtlichkeit; einfache Struktur mit guter Erklärung; schöne, spektakuläre Bilder; die Details; das Bild muss gut

³⁷ Die Aussagen der Schüler/-innen sind geclustert. Mehrfachnennungen werden nur einmal angeführt.

sein, sonst stört es nur; gute Auflösung, aussagekräftig und faszinierend; Fotos; veranschaulichen den Stoff; wenn sie aufschlussreich sind; hinschauen und sich selbst ein Bild davon machen können.“

- bei Applets:

„Einfach gestaltete Applets, die den Text unterstreichen; den jeweiligen Versuch oder das jeweils behandelte Thema ohne großen Versuchsaufbau betrachten zu können; dass der Vorgang genau gezeigt wird; übersichtliche Applets; sie auszuprobieren; die Erklärung der Vorgänge; den Vorgang leichter verstehen zu lernen; die Interaktivität; wenn die Vorgänge gut gezeigt werden; man kann sich damit spielen und lernt dabei; durch Arbeiten mit Applets kann man das Thema besser verstehen lernen; gute Darstellung; wenn sie gut erklärt sind; machen den Text oft verständlicher; dass sie vieles besser veranschaulichen; die Bewegung; weil man sie verändern kann; interessante Abläufe; Selbstständigkeit.“

F8/1: Wodurch wirst du angeregt eine Seite /einen Inhalt genauer durchzu lesen?

Schüler/-innen sagen zu F8:.....

- a. „ Wenn der erwünschte Inhalt schnell gefunden wird.“ (8.KI)
- b. „ Durch ansprechende, interessante Überschriften, wenn die Website modern und bunt gestaltet ist, natürlich passend zu meinem Arbeitsbereich.“ (8.KI)
- c. „ Stichworte, Anzahl der Zugriffe auf die Seite, formaler Aufbau, Farbgestaltung, Art der Gliederung.“ (8.KI)
- d. „ Wenn Applets und Bilder vorkommen.“ (8.KI)
- e. „ Wenn es von Anfang an leicht zu verstehen ist und meine Aufgabenstellung betrifft.“ (8.KI)
- f. „ Wenn es gut verständlich ist.“ (8.KI)
- g. „ Wenn die Seite gut und nicht langweilig gestaltet ist.“ (8.KI)
- h. „ Durch das Layout, und wenn die ersten Zeilen des Textes gut sind, lese ich weiter.“ (8.KI)
- i. „ Gute Übersicht; übersichtlicher Aufbau.“ (8.KI)
- j. „ Durch kurzen aber verständlichen Text, zusätzlich Applets.“ (8.KI)
- k. „ Wenn die Seite sehr lebendig gestaltet ist.“ (8.KI)
- l. „ Gute Grafiken, kurze Ladezeiten.“ (8.KI)
- m. „ Durch vorhandenes Interesse.“ (8.KI)
- n. „ Wenn ich auf den ersten Zeilen bemerke, dass nicht ein Fremdwort nach dem anderen kommt, Bilder und Applets zur Verfügung stehen und alles in allem übersichtlich gestaltet ist.“ (8.KI)
- o. „ Durch interessante Themen, wenn Bilder und Applets vorhanden sind.“ (7.KI)
- p. „ Wenn es interessant aussieht oder ich weiß, dass es wichtig ist.“ (7.KI)
- q. „ Wenn Text, Bild und Applet vorhanden sind.“ (7.KI)
- r. „ Wenn ein Index vorhanden ist und ich weiß, worum es geht.“ (7.KI)

F8/2: Was darf auf keinen Fall vorkommen (wann verlässt du die Seite, liest sie nicht weiter...)?

Schüler/-innen meinen zu F9:.....

- a. „ Schlechte Schrift auf schwarzem Hintergrund.“ (8.KI)
- b. „ Wenn es sehr unübersichtlich und klein geschrieben ist und überhaupt keine Grafiken vorkommen. Denn bei Physik finde ich persönlich Grafiken und Bilder sehr wichtig.“ (8.KI)
- c. „ Sobald ich merke, dass die Seite für mich (meinen Arbeitsbereich) keine Relevanz hat.“ (8.KI)
- d. „ Wenn nur Text vorkommt.“ (8.KI)
- e. „ Zu viele Formeln, nichts Bunes.“ (8.KI)
- f. „ Wenn sie unverständlich geschrieben und zu lange sind.“ (8.KI)
- g. „ Wenn ich keinen Zusammenhang mit der Aufgabenstellung sehe.“ (8.KI)
- h. „ Wenn alles in einer Wurst geschrieben ist.“ (8.KI)
- i. „ Wenn irgendwelche komplizierten mathematischen oder physikalischen Formeln aufscheinen.“ (8.KI)
- j. „ Wenn zu viele Informationen auf einmal erscheinen.“ (8.KI)
- k. „ Wenn die Seite voll mit Text ist. Da fange ich meist gar nicht zu lesen an...“ (8.KI)
- l. „ Wenn zu viele Fachwörter und Formeln vorkommen, oder wenn der Inhalt unklar ist.“ (8.KI)
- m. „ Bei schlechter Navigation durch die Seiten.“ (8.KI)
- n. „ Nur Text oder nur Bilder.“ (8.KI)
- o. „ Komplexe, geschwollene Wortwahl bzw. Satzkonstruktionen. Wenn alles in einem geschrieben ist oder alle paar Zeilen eine Formel aufscheint, spricht mich persönlich das nicht an.“ (8.KI)

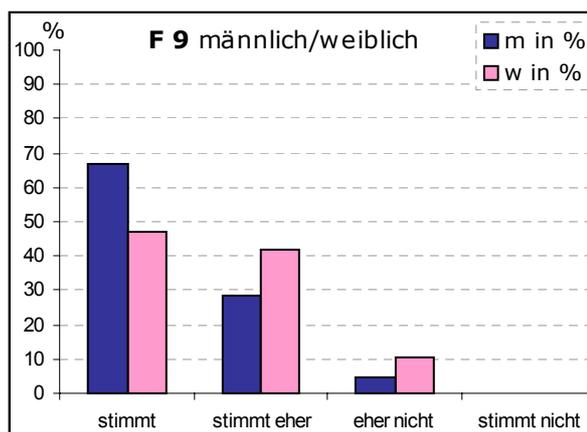
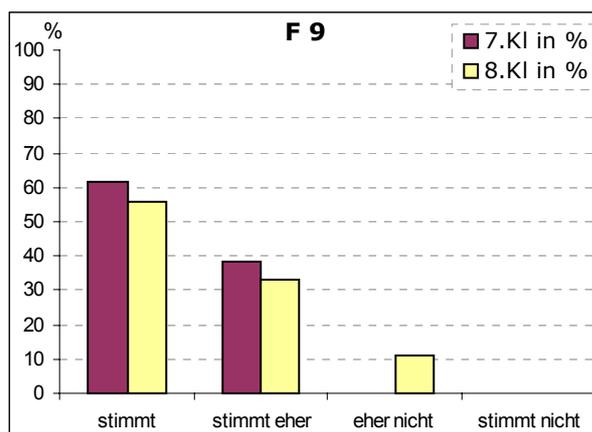
- p. „ Wenn zu viele komplizierte Fachausdrücke vorkommen, sodass ich nicht verstehe, was der Verfasser sagen will.“ (8.KI)
- q. „ Wenn zuviel Text vorhanden ist.“ (7.KI)
- r. „ Wenn es langweilig oder kompliziert wird.“ (7.KI)

F8/3: Welche Websites haben dir am besten gefallen /wo hast du am meisten gelernt? Begründe warum!

Schüler/-innen finden:.....

- a. „ Ich habe viel mit Google und mit dem Physicsnet gearbeitet. Am besten gefallen mir die Suchergebnisse bei Google. Die waren sehr präzise und genau.“ (8.KI)
- b. „ Deutsche Universitäten (Hamburg): Viele Fachbegriffe; NANO: sehr viel Interessantes und Natürliches für mich; diverse Schulseiten: Haben oft gleiche Themen und Versuchsaufbau (Fotos); Privatseiten: gehen ganz alltäglich auf die meisten Dinge zu (sehr interessant).“ (8.KI)
- c. „ Über die Relativitätstheorie gibt es einige sehr interessanten Seiten von berühmten Wissenschaftlern. Es ist interessant von bekannten Wissenschaftlern die Meinung und ihre Theorien zu lesen. Die Websites selber haben gutes Format, spricht sehr an.“ (8.KI)
- d. „ Physicsnet! Hat alles, was man für den gewünschten Bereich braucht.“ (8.KI)
- e. „ Physicsnet hat mir am besten gefallen, weil dort Texte, Bilder und Applets vorkommen.“ (7,8.KI)
- f. „ Die Website FUNDUS. Dort steht alles am genauesten drinnen.“ (8.KI)
- g. „ Quarks.com. Ist auch für Laien verständlich.“ (8.KI)
- h. „ Physicsnet und quarks.com.“ (8.KI)
- i. „ Physicsnet, weil man da vieles daraus brauchen kann.“ (8.KI)
- j. „ Physicsnet. Ist übersichtlich, lehrreich und am richtigen Niveau.“ (8.KI)
- k. „ Physicsnet, von unserer Physiklehrerin, kann ich nur empfehlen. Ich habe am meisten auf dieser Website gelernt, vor allem Grundkenntnisse der Physik.“ (8.KI)
- l. „ Sehr gut gefallen mir private Homepages von Menschen, die sehr physikinteressiert sind. Diese sind meist einfach, dennoch sehr lehrreich und vor allem sehr motivierend. Häufig sind dort auch persönliche Überlegungen eingebunden, die zum Nachdenken anregen.“ (8.KI)
- m. „ Uni Bonn (physik 2000): Sehr viele Applets und gut gegliedert.“ (8.KI)
- n. „ Physicsnet (gute Gliederung und viele Links)“ (7.KI)
- o. „ Wenn Text und Applets vorhanden waren. Applets haben mir den Text verständlich gemacht.“ (7.KI)
- p. „ Walter Fendt Applets: Sie haben mir sehr beim Lernen geholfen.“ (7.KI)
- q. „ physik 2000.“ (7.KI)

F9: Die Lernpfade am PhysicsNet helfen mir einen Themenbereich selbstständig zu erarbeiten.



Welche Vorzüge bringen dir diese Lernpfade beim „Physiklernen“?

Schüler/-innen sagen:.....

- a. „ Für später, z.B. an der Uni, um selbst Projekte auszuarbeiten. Und im weiteren Berufsleben, auch wenn es nicht mit Physik zu tun hat. Im Vordergrund steht das selbstständige Arbeiten. Es sollte der Lehrer vielleicht noch mehr Webseiten angeben, aber sonst passt es.“ (8.KI)
- b. „ Der Unterricht ist abwechslungsreicher.“ (8.KI)

- c. „ Leichtes Durchforsten des Internets, gute Gliederung, die man bei der Arbeit verwenden kann. Vielleicht mehr Seiten aufnehmen, die schon von einigen Schülern als Favoriten deklariert wurden.“ (8.KI)
- d. „ Dass man nicht das ganze Internet durchsuchen muss, um eine Information zu einem Thema zu bekommen. Es passt genau so!“
- e. „ Durch das selbstständige Arbeiten bin ich gezwungen, alles genau durchzulesen. Dadurch kann ich mir alles besser merken.“ (8.KI)
- f. „ Dass man nicht alles suchen muss. Beim Ausarbeiten vergeht viel Zeit, vielleicht wäre es besser, wenn es zu jedem Thema eine Internetseite gäbe.“ (8.KI)
- g. „ Nervosität bei Prüfungen fällt weg, selber einteilen.“ (8.KI)
- h. „ Gedankenanstoß!“ (8.KI)
- i. „ Ich erkenne klar, wo ich hin muss!“ (8.KI)
- j. „ Selbstständiges Arbeiten.“ (8.KI)
- k. „ Man kann sie selbstständig und zu jeder Zeit und an jedem Ort anschauen und ausarbeiten.“ (8.KI)
- l. „ Gute Struktur.“ (8.KI)
- m. „ Damit man einmal die Grundzüge der Physik kennenlernt.“ (8.KI)
- n. „ Dass ich dort hinkomme, wo ich hin will.“ (8.KI)
- o. „ Verständnis!“ (8.KI)
- p. „ Man weiß, wo man anfangen soll und wo aufhören.“ (8.KI)
- q. „ Reihenfolge.“ (7.KI)
- r. „ Lernen von Selbstständigkeit, Materialien aus verschiedenen Büchern bzw. Internet zu suchen.“ (7.KI)
- s. „ Ich tue mir leichter.“ (7.KI)
- t. „ Dass man sich Gedanken macht und sich anstrengt.“ (7.KI)
- u. „ Dass ich mich besser orientieren kann.“ (7.KI)
- v. „ Lernen und merken durch Ausarbeiten.“ (7.KI)
- w. „ Selbstständiges Suchen und Lernen mit Internet. Passt so, wie es ist.“ (7.KI)

Was ist dabei nicht so gut/ was sollte anders gestaltet sein?

- x. „ Dass der Lehrer mehr prüfen sollte.“ (8.KI)
- y. „ Genauere Angaben, wo man was findet.“ (8.KI)
- z. „ Mehr Farbe!“ (8.KI)
- aa. „ Es sollte ein wenig kürzer sein, mit der Zeit ist es meist knapp.“ (8.KI)
- bb. „ Mehr Hinweise.“ (7.KI)
- cc. „ Vielleicht, dass man schon im Internet die Fragen beantworten kann und dann gleich weiß, ob es richtig oder falsch ist.“ (7.KI)
- dd. „ Man könnte es noch übersichtlicher gestalten.“ (7.KI)

4.3 Tipps beim Arbeiten im Web

F20: Wenn jemand zu dir käme, der/die das erste Mal mit dem Internet in einem Projekt/ Lernpfad arbeiten soll...

- ✓ Welche Tipps würdest du ihm/ihr geben, was sie unbedingt tun soll?
- ✓ Welche Tipps würdest du ihm/ihr geben, was sie/ er unbedingt vermeiden soll?

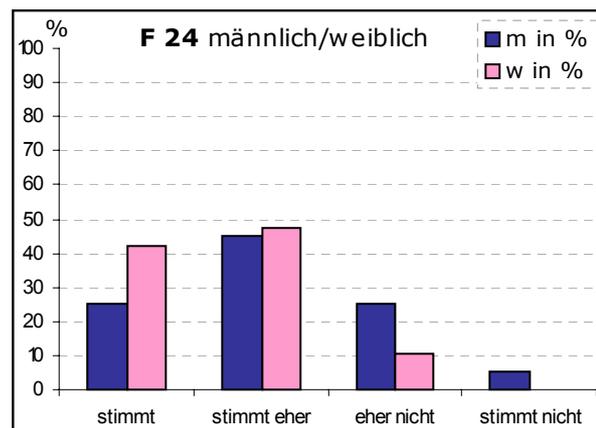
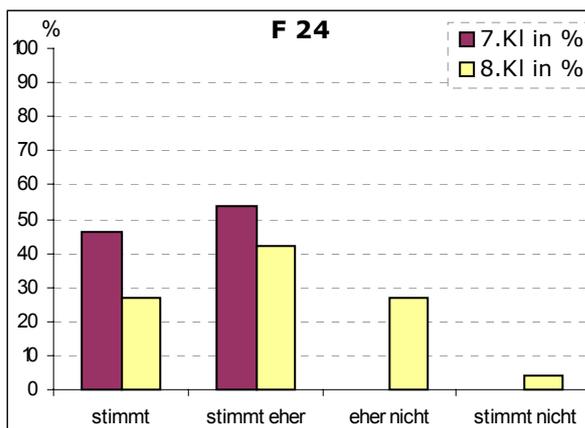
Schüler/-innen geben Tipps:.....

- „ Sich wirklich an die vorgegebenen Lernpfade zu halten!“ (8.KI)
- „ Sich die Zeit gut einteilen“ (8.KI)
- „ Es ist sehr zeitaufwendig, daher früh genug anfangen, zusammenarbeiten, Arbeit einteilen!“ (8.KI)
- „ Die Internetseite genau durchlesen und Erklärungen vergleichen, auch Bücher verwenden!“ (8.KI)
- „ Früh genug anfangen. Nicht alles im Internet suchen, sondern auch mit dem Buch arbeiten. Mit anderen zusammenarbeiten um ein besseres Verständnis zu erreichen.“ (8.KI)
- „ Sich selbst Gedanken darüber machen, was man nicht versteht!“ (8.KI)
- „ Nachfragen, wenn man etwas nicht versteht!“ (8.KI)
- „ Internet und Buch verwenden, alles kurz zusammenfassen! Versuchen es mit eigenen Worten zu erklären!“ (8.KI)
- „ Ergänzend mit dem Lehrer darüber sprechen!“ (8.KI)
- „ Dinge hinterfragen – warum, wieso?“ (8.KI)
- „ Internet als Lexikon mit Tasten verwenden, aber nicht alles unhinterfragt glauben, was im Internet steht!“ (8.KI)
- „ Informationen und Quellen vergleichen!“ (8.KI)

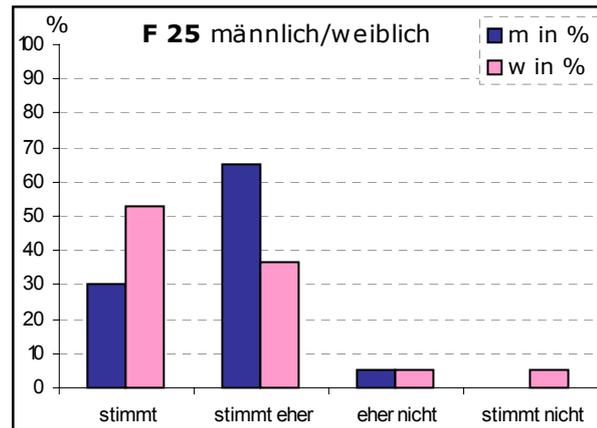
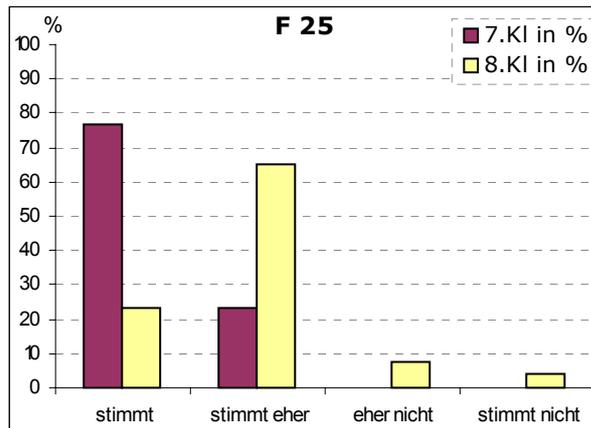
- „ Er/Sie sollte sich zum Internet auch zusätzlich ein Buch nehmen.
Vermeiden: Irgendetwas aus dem Internet abzuschreiben, was man nicht versteht.“ (8.KI)
- „ Bei den 4er und 3er-Fragestellungen noch mit dem Buch arbeiten (vor allem bei den 4er-Fragestellungen).
Vermeiden: Komplette Textteile übernehmen.“ (8.KI)
- „ Texte genau durchlesen und sich auch von jemandem erklären lassen.
Vermeiden: Inhalte aus dem Web kopieren.“ (8.KI)
- „ Auf alle Fälle Inhalte selbst zusammenfassen, auch mit dem Buch arbeiten. Nicht zu spät anfangen, nicht trödeln.“ (8.KI)
- „ Durchlesen – zusammenfassen - bei Unklarheiten nachfragen. Nicht kopieren!“ (8.KI)
- „ Mehrere Informationen zu einen Thema einholen.“ (8.KI)
- „ Informative Seiten besuchen: z.B.: Quarks.com, physicsnet.at.
Vermeiden: Sich durch Werbung oder andere Links ablenken lassen.“ (8.KI)
- „ Genau die Aufgabenstellungen lesen.“ (8.KI)
- „ Sich vorher im Buch einlesen oder die angegebenen Seiten verwenden.
Vermeiden: Irgendwelche Seiten aus dem Netz kopieren.“ (8.KI)
- „ Sich Zeit nehmen und alles der Reihe nach angehen.
Vermeiden: Kurzzeitiges Arbeiten.“ (8.KI)
- „ Informationen von verschiedenen Quellen vergleichen. Keine Textteile übernehmen, die man nicht versteht.“ (8.KI)
- „ Sachen fragen (den Lehrer) die ihm/ihr unklar sind.“ (8.KI)
- „ Sich beim Lesen Zeit lassen. Nicht überhastet arbeiten, man soll nicht Textteile überfliegen.“ (8.KI)
- „ Texte gut durchlesen, keine Dinge überspringen.“ (7.KI)
- „ Zuerst alles, was mit dem Thema zusammenhängt, sammeln und dann selektieren.“ (7.KI)
- „ Immer gut durchlesen, was im Text steht. Nichts übernehmen, was er/sie nicht versteht.
Vermeiden: Schlampiges Arbeiten.“ (7.KI)
- „ Sich genau erkundigen, wie es funktioniert, und wenn nötig, würde ich ihm/ihr auch helfen.
Vermeiden: Sich im Netz auf irgendwelche Seiten zu verirren.“ (7.KI)
- „ Genau hinschauen, mitdenken und bei Schwierigkeiten nachfragen.“ (7.KI)
- „ Sich auch an die Lehrerin wenden.“ (7.KI)
- „ Aufschreiben, welche Seite man verwendet, nur das Wichtigste ausschreiben.
Vermeiden: Textstellen ausdrucken, die nicht klar sind, und nicht ohne Erklärung des Lehrers auswendig zu lernen ohne es zu verstehen.“ (7.KI)

4.4 Zum Physikunterricht

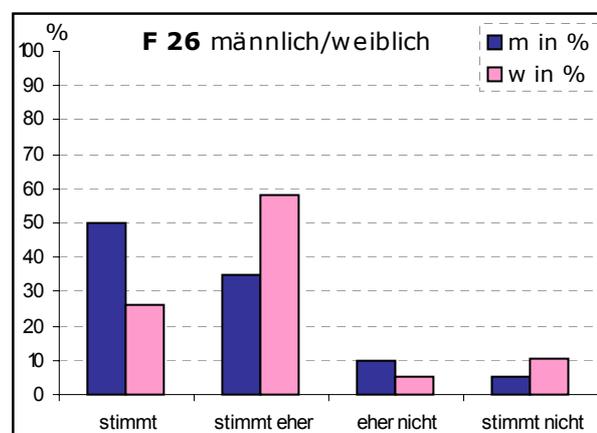
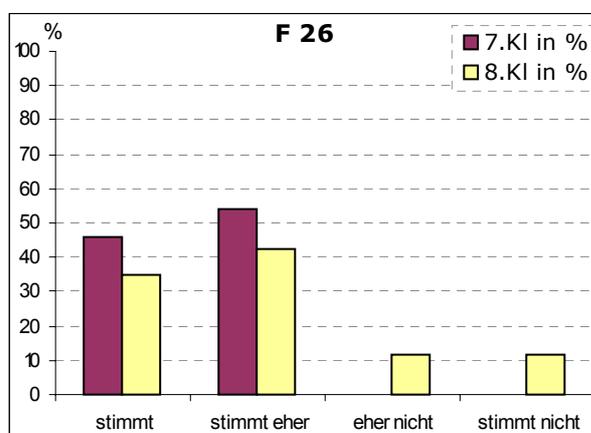
F24: Ich habe mich heuer im Physikunterricht oft beteiligt



F25: Der Physikunterricht hat mir Spaß gemacht



F26: Ich finde Physik interessant

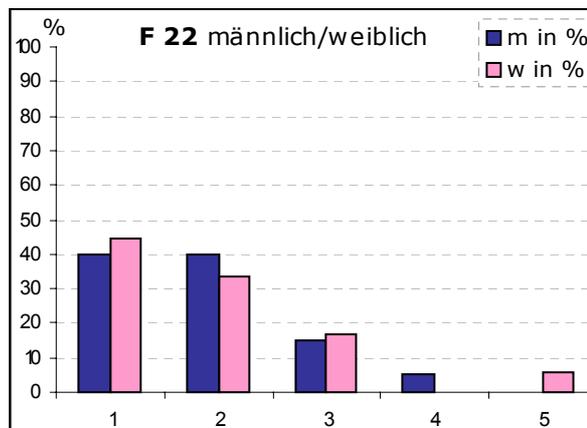
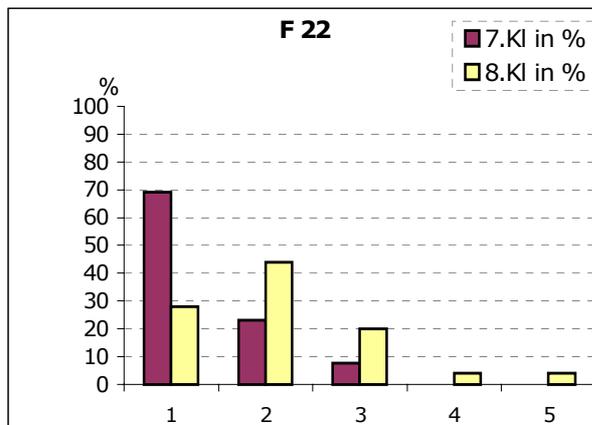


Schüler/-innen begründen zu F25/F26:.....

- „ Durch die anderen Fächer konnte ich mich heuer nicht so oft beteiligen. Aber interessant ist es für mich schon!“ (8.KI)
- „ Durch Versuche und selbstständiges Arbeiten.“ (8.KI)
- „ Durch den interessanten Unterricht.“ (8.KI)
- „ Physik ist alltäglich, nur merkt man das nicht immer. Es wirkt faszinierend auf mich.“ (8.KI)
- „ Weil das Logische widerlegt wird, das tägliche Leben auf den Kopf gestellt wird!“ (8.KI)
- „ Weil Physik das einzige Fach ist, bei dem man wirklich Verstand braucht und nicht alles nur auswendig lernen muss.“ (8.KI)
- „ Stimmt eher nicht, weil ich mich nicht dafür begeistern kann, obwohl es ein sehr interessantes Fach ist – meine Interessen liegen einfach wo anders.“ (8.KI)
- „ F24: Arbeitsaufträge/Versuche; F25: Selbstständiges Arbeiten; F26: Relativitätstheorie.“ (8.KI)
- „ Weil ich viele Dinge im Alltag und in der Natur besser verstehe.“ (8.KI)
- „ Verstehen, wie die Welt sich dreht und warum, ist einfach spannend und auch kompliziert.“ (8.KI)
- „ F.25: Stimmt/ F26: Stimmt eher, da Physik sehr abwechslungsreich und umfangreich ist und da wir großen Bezug zu Auswirkungen auf unser tägliches Leben hergestellt haben.“ (8.KI)
- „ Physik ist wichtig im Alltag und es standen uns gute Materialien zur Verfügung.“ (8.KI)
- „ Der Physikunterricht hat mir Spaß gemacht, aber Physik finde ich trotzdem nicht so interessant, weil ich mich für Physik nicht so interessiere. Interessant ist nur das, was mir naher logisch erscheint.“ (8.KI)
- „ Physik ist interessant, aber das Internetlernen kann bei den Naturwissenschaften kein Interesse wecken. Bei Deutsch oder Englisch hätte es mehr Sinn.“ (8.KI)
- „ Weil ich mich für Technik interessiere und in der Physik setzt man sich auch mit Technik auseinander.“ (8.KI)
- „ Neue Dinge zu entdecken und zu verstehen.“ (7.KI)
- „ Ich kann Versuche machen und ich verstehe Phänomene des Alltags besser.“ (7.KI)
- „ Weil wir immer interessante Dinge durchgemacht haben.“ (7.KI)
- „ Weil wir täglich damit konfrontiert werden und weil wir eine nette, gute Lehrkraft haben.“ (7.KI)

- t. „ Weil mich auch das Arbeiten mit dem Computer interessiert.“ (7.KI)
 u. „ Weil ich Sachen erfahre, die man sich fragt. Allgemeinwissen!“ (7.KI)

F22: Wie hat es dir gefallen, deine Aufgaben durch die Verwendung des Internet zu erarbeiten und die Physik auf diese Art und Weise kennen zu lernen und zu „lernen“? ³⁸



Was hältst du davon, dir Physik auf diese Weise zu erarbeiten?

Schüler/-innen sagen:.....

- „ Selbst arbeiten ist immer besser, man macht es lieber und merkt es sich besser.“ (8.KI)
- „ Mir gefällt es sehr gut, aber ich arbeite nicht so gerne mit dem Computer.“ (8.KI)
- „ Modern, aber zeitaufwendig.“ (8.KI)
- „ Sehr gut! Lässt Menschen reifen (durch eigene Zeiteinteilung). Selbstständiges Lernen wurde gefördert.“ (8.KI)
- „ Eigentlich sehr gut, da man nicht nur lernt sich im Internet zurecht zu finden und zu erkennen, was wichtig und unwichtig ist, sondern auch Physik zu lernen und zu verstehen.“ (8.KI)
- „ Es ist eine neue Art etwas zu lernen – es macht richtig Spaß!“ (8.KI)
- „ Ich merke mir die Dinge viel besser, da ich selbst gearbeitet habe – kein stumpfes Auswendiglernen.“ (8.KI)
- „ Ich finde es besser mit dem Buch zu arbeiten, da man davon ausgehen kann, dass diese Ergebnisse stimmen. Für Leute, die sich wenig mit dem Computer beschäftigen, hilft es sicher viel zu lernen. Besser, wenn man den Internetteil zuhause macht.“ (8.KI)
- „ Es ist eine gute Idee, da man sich Informationen aus mehreren Quellen holen kann und sich so ein besseres Bild machen kann.“ (8.KI)
- „ Es ist sehr gut, aber ich habe nicht genug Zeit dafür.“ (8.KI)
- „ Nichts, da ich in der 8.Klasse im Musik- Zweig andere wichtige Sachen zu tun hatte. Stressfaktor 8. Klasse!“ (8.KI)
- „ Das Internet bietet viele verschiedene Sichtweisen zu einem Thema, dadurch kann man sich selbst eine Meinung bilden.“ (8.KI)
- „ Der Arbeitsaufwand für den Schüler wird größer, zugleich lernt man aber auch mehr. Man bekommt nicht alles vom Lehrer serviert und muss auswendig lernen, sondern hat mehr die Chance es mehr zu verstehen.“ (8.KI)
- „ Finde ich gut, da man auf diese Weise sicher mehr lernen kann. Durch selbstständiges Arbeiten merkt man sich Sachverhalte leichter.“ (8.KI)
- „ Ich finde es gut, dass man sowohl Physik als auch den Umgang mit dem PC lernt. Und weil es für das spätere Leben wichtig ist selbst Material zu suchen, zu verstehen, zusammenzufassen.“ (8.KI)
- „ Es ist eine sehr gute Vorbereitung für das weitere Leben.“ (8.KI)
- „ Durch das Arbeiten mit dem PC steigert sich die Motivation.“ (8.KI)
- „ Die neuen Medien sollten überhaupt mehr in den Unterricht eingebaut werden, nicht nur in Physik.“ (8.KI)
- „ Ich finde es gut, da man sowohl Physik als auch den Umgang mit dem PC lernt – was unumgänglich ist.“ (8.KI)
- „ Finde ich gut und interessant. Ich kann mich über das, was mich besonders interessiert, informieren.“ (7.KI)

³⁸ Es wurden Schulnoten von 1 bis 5 vergeben. 1 entspricht der besten, 5 der schlechtesten Wertung.

- u. „ Ich finde es super!“ (7.KI)
- v. „ Sehr gut, weil man es selbstständig lernt und nicht vom Lehrer eingedrillt bekommt (wie in manchen anderen Fächern).“ (7.KI)
- w. „ Es ist nicht schlecht, aber ohne den Lehrer kann man nicht alles verstehen.“ (7.KI)
- x. „ Ist mir sehr recht. Es ist locker und ein angenehmes Klima.“ (7.KI)
- y. „ Ich finde es gut, wenn man selbst nachdenken kann bzw. muss. Ich kann mir die Zeit selbst einteilen und muss auf niemanden Rücksicht nehmen.“ (7.KI)
- z. „ Es ist okay, aber ich lerne lieber von Menschen als von Computern. Der Stoffwerb ist leichter, aber da ich beim Unterricht vor der Klasse aufmerksam bin, merke ich mir die Inhalte so länger, weil ich die Worte des Lehrers im Kopf behalte.“ (7.KI)

5 DANKSAGUNG

Dank möchte ich sagen:

- Meinem Mentor Dr. Helmut Kühnelt für die kritischen und anregenden Bemerkungen, für Diskussionen, sein Korrekturlesen und die Hilfe beim Verfeinern der Arbeit.
- Mag. Renate Gangl, Mag. Erich Reichel, Mag. Hansjörg Kunze, Mag. Andrea Kiss, Robert Pitzl für den Erfahrungsaustausch, die Anregungen und vielen Diskussionen im Umfeld der Arbeit während der letzten 3 Projektjahre.
- Dr. Franz Embacher für die Rückmeldungen bei den Lernpfaden und die Hilfe bei der Erstellung diverser Java-Scripts.
- Mag. Birgit Schneider für das Korrekturlesen der Arbeit.
- Meinen SchülerInnen der 7b, 8a und 8c für ihr Engagement und das angenehme Unterrichtsklima im Physikunterricht.
- Meinem Sohn Dominic für seine Geduld während meiner Arbeit an dieser Studie.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Mayer, A.: Eigenverantwortliches Arbeiten im Physikunterricht mit Schwerpunkt "Physiklernen mit Internet". IMST²-Studie. Graz. 2001
<http://imst.uni-klu.ac.at/innovationen/content/index3.php?id=73> und
<http://www.physicsnet.at/quellen/studien/IMST-Bericht-S4.pdf> .
- [2] Mayer, A.: Aspekte zur Leistungsbeurteilung bei selbsttätigem, eigenverantwortlichem Physiklernen mit Internet. IMST²-Studie. Graz. 2002
<http://imst.uni-klu.ac.at/schwerpunktprogramme/s4/innovationen/index3.php?id=237> und
<http://www.physicsnet.at/andrea/Studie-S4-02-Mayer.pdf> .
- [3] Wagenschein, M.: Verstehen lehren. Beltz. Weinheim und Basel 1968
- [4] Prenzel, M., Senkbeil, M., Ehmke, T., Bleschke, M.: Didaktisch optimierter Einsatz Neuer Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht, IPN, 2002
- [5] Muckenfuß, H.: Lernen im sinnstiftenden Kontext, Cornelsen, 1995
- [6] Vollbrecht, R. : Einführung in die Medienpädagogik, Beltz Verlag, 2001
- [7] Pagna-Hammer, B.: CD-ROM und Internet im Physikunterricht an den Allgemeinbildenden Höheren Schulen in Österreich, Masterthese, Donau-Universität Krems, 2003
- [8] Altrichter, H., Posch, P.: Lehrer erforschen ihren Unterricht: eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung. 3. Auflage. Verlag Julius Klinkhardt. Bad Heilbrunn. 1998
- [9] Labudde, P.: Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II. Verlag Paul Haupt. Bern Stuttgart Wien. 2000
- [10] Amrhein, R., Anton, M., Kern, G., Kühnelt, H., Malle, G., Pitzl, R., Schuster, A., Stern, T., Unterbruner, U.: Ein dynamisches Konzept für mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung. Siehe <http://imst.uni-klu.ac.at/schwerpunktprogramme/s1/>
- [11] Gräsel, C., Mandl, H., P&Kruppa, K.: Das BLK-Programm „Systematische Einbeziehung von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr- und Lernprozesse“. Unterrichtswissenschaft 28 (2). 2002
- [12] Weinert, F.E.: Selbstgesteuertes Lernen als Voraussetzung, Methode und Ziel des Unterrichts. Unterrichtswissenschaft 2. 1982
- [13] Konrad, K., Traub, S.: Selbstgesteuertes Lernen in Theorie und Praxis. Oldenburg. München 1999
- [14] Anton, M.: Profil der Didaktik und Mathematik der Chemie. 2003. Siehe http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/design/s1_DIMACSelbstdarstellung_281002.pps
- [15] Anton, M.: Allgemeine und spezielle Didaktik und Mathematik der Chemie in Theorie und Praxis. Skriptum- Teil 1 , 3/3 und 5. Siehe <http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/index2.php>
- [16] Kiss, A.: Von der Information zum Wissen. Schülersicht von selbstständigem Aneignen von Wissen mittels PC und Internet. IMST²-Studie. Neusiedl am See. 2002
http://imst.uni-klu.ac.at/innovationen/design/s4_i_ph_hlwtneusiedl_040203.pdf
- [17] Duit, R., Häussler, P., Kircher, E.: Unterricht Physik, Materialien zur Unterrichtsvorbereitung. Aulis Verlag Deubner. Köln. 1981

Internetquellen:

- [W1] <http://www.physicsnet.at>
- [W2] Unterrichtseinheit Spektren. <http://www.physicsnet.at> (Untermenü Lerneinheiten). A.Mayer. Physicsnet. 2003

- [W3] Unterrichtseinheit Licht1. <http://www.physicsnet.at> (Untermenü Lerneinheiten). A. Mayer. Physicsnet. 2003
- [W4] Unterrichtseinheit Farbmischung. <http://www.physicsnet.at> (Untermenü Lerneinheiten). A. Mayer. Physicsnet. 2002
- [W5] Unterrichtseinheit Wellenoptik. <http://www.physicsnet.at> (Untermenü Lerneinheiten). A. Mayer. Physicsnet. 2002
- [W6] Unterrichtseinheit Laser. <http://www.physicsnet.at> (Untermenü Lerneinheiten). A.Mayer. Physicsnet. 2001
- [W7] Unterrichtseinheit Ernergieversorgung. <http://www.physicsnet.at> (Untermenü Lerneinheiten). A. Mayer. Physicsnet. 2002
- [W8] Unterrichtseinheit Relativitätstheorie. <http://www.physicsnet.at> (Untermenü Lerneinheiten). A. Mayer. Physicsnet. 2002
- [W9] Embacher, F., Grosser,N., Kulha, W., Wisenöcker, W., Stepancik, E., Zach, W.: mathe online - Perspektiven für einen zeitgemäßen Mathematikunterricht. <http://www.physicsnet.at/nww/projekte-matheonline.htm> . Naturwissenschaftswerkstatt. 2003
- [W10] Spezielle Relativitätstheorie. <http://www.ap.univie.ac.at/users/fe/SRT/> . F. Embacher. 2001
- [W11] Effekte der Speziellen Relativitätstheorie. <http://www.ap.univie.ac.at/users/fe/Rel/Effekte/> F. Embacher. 2001
- [W12] Java Applets zur Physik, <http://www.walter-fendt.de/ph14d/> . W. Fendt. 2003
- [W13] Physik 2000, <http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/> . Universität Bonn. 2003. engl. Originalfassung <http://www.colorado.edu/physics/2000/index.pl> . Colorado Commission on Higher Education and the National Science Foundation. 1999-2003
- [W14] Weitere Webmaterialien wie in den Lernpfaden angegeben.

Schulbücher:

Schreiner, Teil 1, 2, 3 und 4, hpt.

Sexl Kühnelt Stadler Jakesch, Teil 1, 2 und 4, öbv&hpt.

Jaros Nussbaumer Kunze: Physik-compact, Basiswissen 1, 2, 3 und 4, hpt.