



**Entwicklung von Selbsttätigkeit und  
Eigenverantwortung von OberstufenschülerInnen  
im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht  
Eigenverantwortliches Arbeiten im Physikunterricht  
mit Schwerpunkt Physiklernen mit Internet**

**Schule:** BORG Hasnerplatz  
**Lehrerin:** Mag. Andrea Mayer

**Abstract:**

**Einleitung**

In der vorliegenden Studie wurde der Einsatz des Internets im Rahmen von eigenverantwortlichem Arbeiten und Lernen im Physikunterricht im 2. Semester des Schuljahres 2000/01 am Borg Hasnerplatz 12 in Graz untersucht.

Das Thema „Entwicklung von Selbsttätigkeit und Eigenverantwortung von OberstufenschülerInnen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ stellt eine wesentliche Perspektive im zukünftigen Arbeitsfeld des Physiklehrers dar. Neben inhaltlich-fachlichem Lernen beinhaltet der erweiterte Lernbegriff auch methodisch-strategisches Lernen, sozial-kommunikatives Lernen und affektives Lernen.

Durch offene Lernformen und offene Aufgabenstellungen sollen SchülerInnen als aktive Subjekte im Lernprozess angeregt werden, den Themenbereich selbst zu erkunden, zu experimentieren, Zusammenhänge zu erkennen, Erkenntnisse zu gewinnen und diese wiederum zu hinterfragen.

**Eigenverantwortliches Lernen**

EVA, eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen, zeichnet sich «.. *durch einen klaren Lehrplan- und Themenbezug aus, sowie dadurch, dass SchülerInnen in vielfältiger Weise veranlasst werden, sich in das jeweilige Lernthema mithilfe unterschiedlicher Lernaktivitäten "hineinzubohren", um möglichst nachhaltige inhaltliche und methodische Kompetenzen aufzubauen. Die SchülerInnen praktizieren also im besten Sinne des Wortes "Arbeitsunterricht" und bedienen sich dabei unterschiedlicher Methoden* » (Klippert, 2001, S. 63).

Ziel des eigenverantwortlichen Arbeiten und Lernens ist es Schlüsselqualifikationen zu erreichen, die nach Klippert im "Dachgeschoß" des Unterrichtsgebäudes angesiedelt sind. Dazu zählen die Fachkompetenz im engeren Sinne (Fachwissen, Strukturwissen, Handlungswissen, Problemlösungswissen etc.), die Beherrschung von Lern- und Arbeitstechniken, die Fähigkeit zur Kommunikation, Argumentation und Vortragsgestaltung (Methodenkompetenz), die Fähigkeit und Bereitschaft zur konstruktiven und regelgebundenen Zusammenarbeit in der Gruppe und bei

---

Partnerarbeit (Sozialkompetenz) und der Aufbau spezifischer Persönlichkeitsmomente wie Selbstvertrauen, Selbstwertgefühl, Eigeninitiative und Durchhaltevermögen (persönliche Kompetenz) (vgl. Klippert, 2001, S. 39 - 51).

Eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen setzt bei relativ leichten Lerntätigkeiten ein und wird mit wachsender Routine der SchülerInnen zunehmend komplexer. Die Anforderungen und Verantwortlichkeiten, die den SchülerInnen zugewiesen werden, fallen je nach Alter, Selbstvertrauen, Leistungsstufe und methodischer Routine unterschiedlich aus. EVA heißt allerdings nicht, dass sich Schüler zukünftig alle möglichen Kenntnisse und Kompetenzen selbst erwerben müssen, auch lehrerzentrierte Phasen haben ihren Platz: *«Das eigenverantwortliche Arbeiten und Lernen der SchülerInnen darf keinesfalls so verstanden werden, als ginge es ausschließlich darum, die SchülerInnen alles selbst zu erarbeiten lassen. Guter Unterricht braucht aber immer wieder auch lehrergelenkte und lehrergestützte Phasen, damit die Lernaktivitäten der Schüler nicht ins Leere laufen.»* (Klippert, 2001, S. 15).

### **Ziele des Physikunterrichts**

Ein wesentliches Ziel des Physikunterrichtes ist es, neben Wissensvermittlung auch den Zugang zur Physik zu öffnen, Interesse für Naturwissenschaften zu wecken und zu erhalten, den SchülerInnen 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 SchülerInnen selber vollzogen werden können.

Offenheit für naturwissenschaftliche Fragestellungen soll keine Ausnahme sein.

**Daher muss uns Lehrern wichtig sein, dass unsere SchülerInnen Physik bewusst erleben, experimentelle Erfahrungen sammeln, verstehen, interpretieren und umsetzen 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.**

### **Wichtigste Fragestellungen der Untersuchung**

Untersuchungsfrage: Bietet die Unterrichtsform eigenverantwortliches Arbeiten mit Verwendung des Internets im Physikunterricht eine Möglichkeit den oben genannten Zielen näherzukommen?

- ☒ Trägt der Einsatz des Internets zur Erhöhung der Lernmotivation bei SchülerInnen bei?
- ☒ Wird physikalisches Interesse gefördert und der Zugang zur Physik erleichtert?
- ☒ Kann Grundwissen so effizient erreicht werden?
- ☒ Wird vertiefendes Arbeiten eigenverantwortlich durchgeführt, können vertiefende Kenntnisse und Verstehen von physikalischen Vorgängen dadurch besser erreicht werden?
- ☒ Welche Hilfe bietet die Verwendung des Internets im Unterricht um zu physikalischem Verständnis zu gelangen?

- 
- ☞ Können leistungsschwächere SchülerInnen die Lernziele besser erreichen, wie weit kommen gute SchülerInnen?
  - ☞ Inwieweit kann die Schulung von Methodenkompetenz und Kritikfähigkeit erweitert werden? Was sollen SchülerInnen neben dem Fachwissen noch alles können?
  - ☞ Was erwarten sich SchülerInnen innerhalb dieser Lernform vom Lehrer, wie ändert sich das Rollenbild des Lehrers?
  - ☞ Überarbeitung des Beurteilungskonzeptes und Anpassung an die neue Lernform

### **Durchführung und Vorgangsweise**

In zwei 7. und einer 8. Klasse der Oberstufe wurden zu den Themenbereichen "Wellenoptik" (Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz, Doppler-Effekt, Beugung), "Laser", "spezielle und allgemeine Relativitätstheorie" Unterrichtseinheiten über vier bis zehn Unterrichtsstunden erstellt, die mit der Methode "eigenverantwortliches Arbeiten im Unterricht" erarbeitet wurden.

#### Räumlichkeiten

Zur Verfügung standen der Physiksaal und, wenn nicht für andere Arbeitsgruppen benötigt, auch der kleine Informatiksaal 1 der Schule. Trotz der hörsaalartigen Anordnung der Bänke im Physiksaal war Gruppenarbeit und experimentelles Arbeiten prinzipiell möglich. Der Informatiksaal 1 der Schule konnte fast immer mitbenutzt werden. Hier standen den SchülerInnen 11 Computer und ein Laserdrucker zur Verfügung. In der Mitte des Raumes befand sich ein großer Arbeitstisch, der für Gruppenarbeiten und Besprechungen verwendet werden konnte. Es konnten hier auch kleinere Freihandexperimente und Messungen durchgeführt werden.

#### Organisationsform

Von der Lehrerin wurden zum entsprechenden Thema jeweils Arbeitspläne mit Arbeitsblättern und differenzierter Aufgabenstellung erstellt, die die SchülerInnen in Form von EVA selbstständig bearbeiteten. Als Informationsquellen standen alle Schulbücher, Unterlagen, vorbereitete Handouts, PC, Internet, Internetapplikationen wie Java und interaktive Lernprogramme, Zeitschriften und sonstige Bücher zur Verfügung. Das Material für experimentelles Arbeiten wurde auf fahrbaren Tischen bereitgestellt. Die SchülerInnen konnten jederzeit aus dem gesamten Angebot wählen.

#### Sozialform

Während der Arbeitsphase arbeiteten die SchülerInnen konzentriert und weitgehend selbstständig an den Inhalten der Themenbereiche. Die Sozialform [Kleingruppen (Lerngruppen), Zweier-Teams (Partnerarbeit) oder Einzelarbeit ] war frei wählbar und wurde während der Arbeitsphase öfters gewechselt und der Aufgabenstellung angepasst. Der Großteil der SchülerInnen zog es vor hauptsächlich im Team zu arbeiten.

Die Lehrerin stand in der Arbeitsphase hauptsächlich in beratender Funktion zur Verfügung.

Zu Beginn der Arbeitseinheiten gab es jeweils eine Einführung durch die Lehrerin, bei Bedarf ein Klassengespräch über mehr und weniger knifflige Teilbereiche.

#### Aufgabenstellungen und Arbeitspläne

Die Arbeitspläne wurden grundlegend so aufgebaut, dass die SchülerInnen selbstständig wählen konnten, welchen der Teilbereiche sie zur Zeit gerade bearbeiten wollten, sofern inhaltliche Sinnhaftigkeit gegeben war. Wo notwendig, wurde eine logisch aufbauende Reihenfolge vorgegeben. Bei den meisten Teilaufgaben stand auch

Materialwahl und Aktivität frei. Pflichtaufgaben wurden als solche ausgewiesen, Erweiterungsaufgaben konnten je nach Arbeitstempo und Vertiefungsgrad gewählt werden.

Die Aufgaben zu den Lernbereichen erfolgten in Form von Fragestellungen, Impuls- bzw. Kurztexten und offenen Arbeitsvorschlägen, teilweise mit unterstützenden Arbeitsanleitungen.

Zur leichteren Handhabung wurden die Arbeitspläne auch als Webseiten aufbereitet, wobei eine empfohlene Auswahl an Weblinks auch auf den Arbeitsplänen (Handouts) ausgewiesen wurde.

Beispiele für Unterrichtseinheiten mit Verwendung des Internets im Klassenzimmer zeigt das PhysicsNet (vgl. Mayer, 1998-2001) im Bereich "Stundenbilder" und "Unterricht / EVA". Hier sind auch die Arbeitspläne zur Relativitätstheorie, Wellenoptik und Laser einzusehen.

#### Dokumentation der SchülerInnenarbeiten

Die ausgearbeiteten Skripten wurden von der Lehrerin durchgelesen und korrigiert, die SchülerInnen verbesserten ihre Arbeit anschließend selbstständig. Das Endergebnis soll fehlerfrei sein. Je nach Themenstellung und Vereinbarung wurde eine Posterpräsentation, eine Projektmappe oder ein Projektbericht erstellt. Nach Abschluss der Arbeitsbereiche fand jeweils ein Plenum mit anschließender Diskussion innerhalb der Klasse oder ein Informationsgespräch mit einzelnen SchülerInnen statt.

#### Leistungsbeurteilung

Die Arbeiten wurden als eigener Bereich beurteilt, wobei das Beurteilungssystem an die Arbeitsform anzupassen war und mit den SchülerInnen vor Beginn der Arbeitsphase vereinbart wurde. Zwischen Arbeitsphase (Lernphase) und Lehrzielkontrolle nach Abschluss der Arbeit wurde unterschieden, der jeweilige Leistungsstand war für die SchülerInnen jederzeit einsichtig und transparent.

#### Auswertung der Studie

Nach Abschluss der Arbeitsbereiche wurden die zu untersuchenden Daten anhand eines Fragebogens erhoben und ausgewertet, wobei die Arbeitsform, im Speziellen der Einsatz des Internets, in den untersuchten Klassen analysiert wurde.

### **Untersuchungsergebnis**

Auf Grund der erhobenen Daten, deren wesentlichste im Anhang wiedergegeben werden, scheint der Schluss gerechtfertigt, dass die oben genannten Ziele in den untersuchten Klassen erreicht wurden.

Durch die selbstständige Beschäftigung mit den Themenkreisen, die freie Wahl der Arbeitsmedien (Internet, Schulbücher, selbstständiges Experimentieren, Zeitschriften, Bücher,..) sowie die frei wählbare Sozialform konnte von allen SchülerInnen Grundwissen effizient erreicht und vertieft werden.

Viele SchülerInnen gelangten auf unterschiedlichem Niveau zu Erweiterungswissen und zu vertieften Kenntnissen. Auch zeigte sich in den untersuchten Klassen weiters ein angenehmes und produktives Arbeitsklima.

Hinsichtlich der Erhöhung der Lernmotivation ergab sich in der Untersuchung, dass selbstständiges Arbeiten mit Verwendung des Internets eine Möglichkeit ist, die Erfolg verspricht. Multimediales Physikkennen führt offensichtlich, zumindest in den in der Studie untersuchten Klassen, zu einem leichteren Zugang zur Physik, zur Erhöhung der

---

---

Lernmotivation und dadurch zu einer Steigerung des Lernerfolges, was wiederum die Neugierde am Fach weckt und das Interesse erhöht (vgl. Abb. 3-5).

Die Zufriedenheit der SchülerInnen mit ihren Endprodukten (vgl. Abb. 6-7) lässt zwar über tatsächliches Verständnis und Wissen der bearbeiteten Sachverhalte noch keine Aussage treffen, jedoch ist die nötige Motivation für zukünftiges Arbeiten an physikalischen Sachverhalten zu erwarten.

#### Frage nach physikalischem Verständnis bei SchülerInnen

Das Erreichen von physikalischem Verständnis setzt unter anderem intensive ständige Auseinandersetzung mit physikalischen Erkenntnissen und Ergebnissen wie auch Zeit, um sich mit Physik beschäftigen zu können und das auch zu wollen, voraus.

SchülerInnen beschäftigen sich gerne mit dem Internet und dessen multimedialer Aufbereitung von Sachverhalten. Warum sollten wir uns dieses Medium also nicht im Unterricht zu Nutzen machen?

Bei einer Mitverwendung des Internets im Unterricht zeigt sich deutlich, dass auch SchülerInnen, welche im herkömmlichen Unterricht weniger Interesse zeigen sich selbst ins Unterrichtsgeschehen einzubringen, angeregt werden, sich mit physikalischen Sachverhalten aktiv auseinanderzusetzen. Eine besondere Hilfe scheinen hierbei gut programmierte Applets zu sein, die Sachverhalte leicht verständlich aber fachlich richtig darstellen. Weiters spielt auch die Art der Website eine wesentliche Rolle, da nicht jede Seite vom fachlichen Anspruch her für SchülerInnen 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.

Belegt kann dies vor allem durch die besondere Situation in der beobachteten 8. Klasse werden, die zum Zeitpunkt der Studie kurz vor der Matura (2. Semester) stand. Die Physiknoten standen vor Beginn des Arbeitsbereiches Relativitätstheorie im Wesentlichen fest, niemandem drohte ein "Nicht Genügend". Die SchülerInnen der Klasse arbeiteten dennoch mit viel Eifer, Zeitaufwand und hoher Motivation am Thema, was sicherlich durch die Arbeitsform zu begründen ist.

Hoher Arbeitseifer und Freude am Lernen zeigte sich auch in den 7. Klassen. Die SchülerInnen konnten deutlich höhere Leistungen erreichen als in vergleichbaren herkömmlichen Unterrichtssituationen. Auch waren die Lerninhalte bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Ende des Unterrichtsjahres) verfügbar.

Der Nutzen des Internets im Unterricht begründet sich neben anderen Vorzügen vor allem in den speziellen Möglichkeiten der multimedialen Aufbereitung, anhand derer Sachverhalte gut durchschaubar und interaktiv dargestellt werden können. Das führt im Idealfall auch dazu, *Einsicht in diese andere Begrifflichkeit der Physik*, wie von Labudde gefordert wird, bei SchülerInnen zu erzeugen. Er postuliert für den Unterrichtsalltag: « *Das Verstehen von physikalischen Begriffen als ein zentraler Zugang zur Physik bedeutet für den Schulalltag Einsicht in diese andere Begrifflichkeit der Physik zu erzeugen. Man könnte in diesem Zusammenhang auch von einem Paradigmenwechsel sprechen, den der Lernende beim Übergang vom Alltagsdenken zum physikalischen Denken vollzieht.* » (Labudde, 1993, S. 61)

Zusammengefasst zeigt sich: Je besser aufbereitet die Webseiten, je verständlicher der Sachverhalt, je größer der Erfolg der SchülerInnen, desto höher sind Motivation und Bereitschaft Zeit für weiteres Physiklernen zu investieren.

### Die Rolle des Lehrers

Die Rolle des Lehrers und die damit einhergehenden Aktivitäten verändern sich bei dieser Arbeitsform erheblich. Die Aufgaben des Lehrers werden auch weiterhin sein den jeweiligen Lernprozess zu arrangieren und den SchülerInnen bei Bedarf zur Seite zu stehen. Es verändert sich jedoch dabei seine Funktion vom reinen Wissensvermittler und Kontrolleur zum Berater dergestalt, dass er sich über Lernfragen, Aufgabenstellungen, Materialangebote, Beratungsleistungen etc. in den Lernprozess der SchülerInnen einbringt. Auch die Beurteilungsformen müssen der Arbeitsform angepasst werden.

In den befragten Klassen erwarten sich die SchülerInnen vom Lehrer in folgender Reihung:

1. Bereitstellung von Materialien
2. Zusammenfassung, hilfreiche Korrektur der Arbeiten, Überblick am Ende der Arbeitsphase
2. Schaffung eines angenehmen Arbeitsklimas
3. Hilfe bei Informationsbeschaffung
4. Sicherung des Unterrichtsertrags

### Nur Internet?

Lernen aus verschiedenen Quellen anhand verschiedener Arbeitsmedien und verschiedener Tätigkeiten ist im Sinne eines ganzheitlichen Unterrichtsansatzes unbedingt notwendig. Es müssen verschiedene Sinne (Hand-Herz-Hirn) angesprochen werden. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass der Einsatz des Internets im Unterricht nur eine neben vielen Methoden darstellt, aber seine Vorzüge im Unterricht auf einfache Weise genutzt werden können.

## Anhang

### **Daten der Befragung (auszugsweise)**

#### a) Bildung von physikalischem Grund- und Erweiterungswissen

Frage 3: Bei der Arbeitsform "selbstständiges Arbeiten" kann ich grundlegende Inhalte (Grundwissen)

- |                    |  |
|--------------------|--|
| - besser lernen    | - eher schwerer lernen                     |
| - gar nicht lernen | - die Arbeitsform spielt dabei keine Rolle |

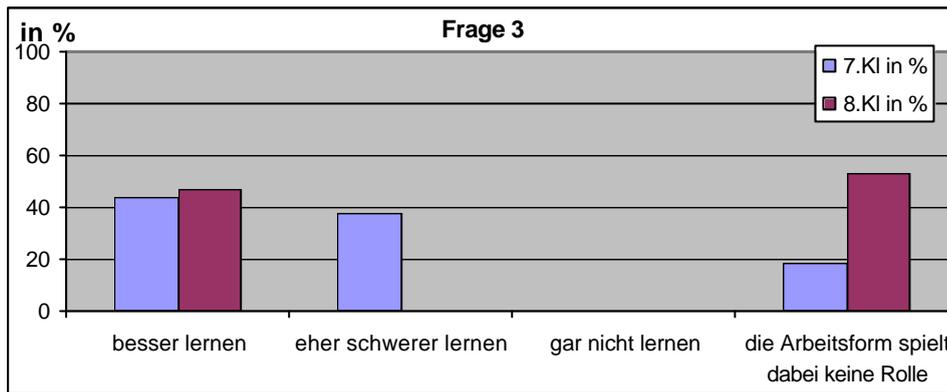


Abbildung 1

**Frage 4:** Kannst du bei dieser Arbeitsform (selbstständiges Arbeiten) vertiefende Kenntnisse und Verstehen von physikalischen Vorgängen besser erreichen?

- ja
- nein
- erreiche ich, egal welche Arbeitsform
- erreiche ich eher nicht, egal welche Arbeitsform

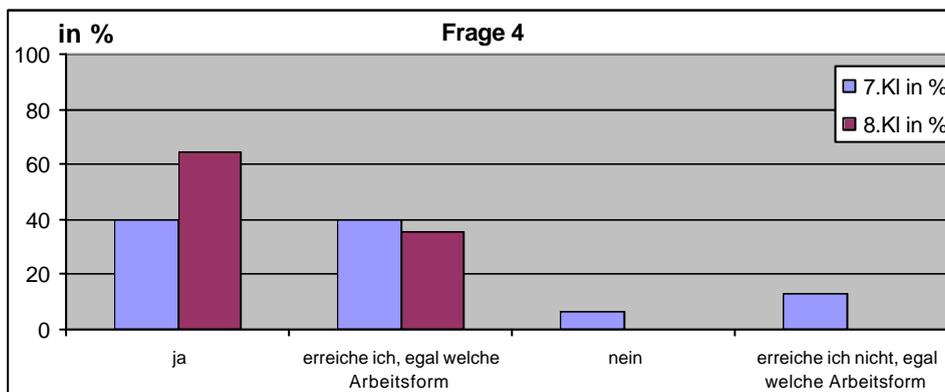
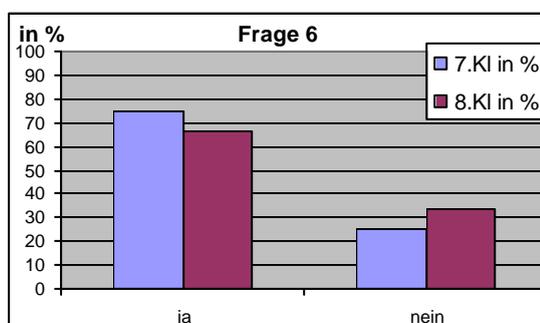


Abbildung 2

**b) Physikalisches Interesse und Lernmotivation**

**Frage 6:** Wurde dir durch den Einsatz des Internets der Zugang zur Physik erleichtert ?



SchülerInnenmeinungen zu F6

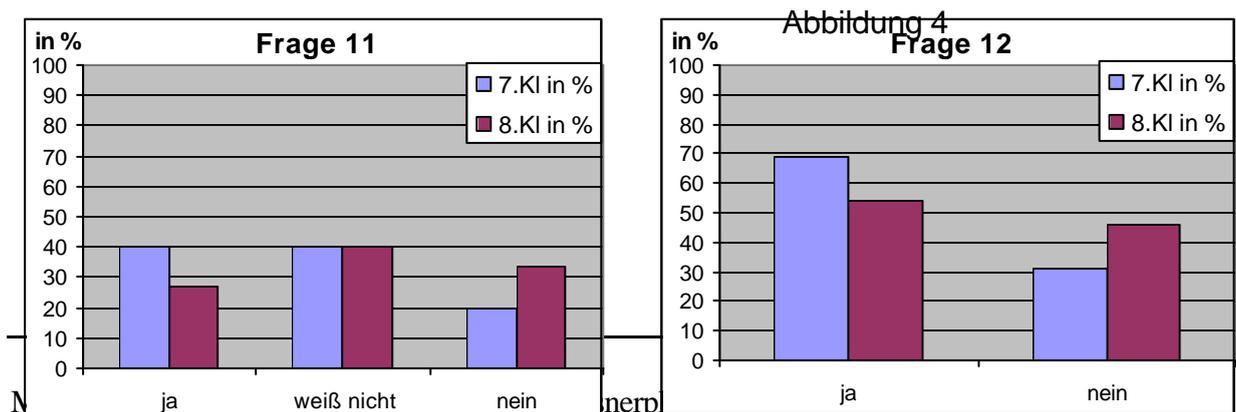
- a. *".. ja, weil man den physikalischen Vorgang meistens auch visuell mitverfolgen kann (Applets) und dadurch leichter versteht"*
- b. *".. ja, weil es leichter zu verstehen ist. Man kann es sich besser vorstellen."*
- c. *".. ja, da man mit Applets Physik leichter verstehen kann."*
- d. *".. ja, weil ich durch die verschiedenen Grafiken ein besseres Verständnis für die Arbeitsbereiche habe."*

- Abbildung 3.
- e. *".. ja, da die Versuche super gezeigt werden."*
  - f. *"..ja, da es dafür eigene Seiten gibt, die für Schüler gut erklärt sind."*
  - g. *"..ja, weil man gezwungen wird, sich mit dem Thema auseinander zu setzen - Verständnis."*
  - h. *".. ja, durch Applets ist es mir möglich physikalische Versuche auch daheim zu erarbeiten."*
  - i. *".. nein, Internet ist nicht die einzige Quelle."*
  - j. *".. nein, ich benötige meistens eine Basis aus dem Buch, das Internet dient mir hauptsächlich zur Vertiefung."*
  - k. *".. nicht ganz, zwischendurch braucht man auch den Lehrer."*
  - l. *".. nein, man findet schwer etwas Genaues bzw. über die Funktionsweise."*
  - m. *"..nein, da ich relativ wenig mit Internet gearbeitet habe."*

**Frage 11:** Glaubst du, dass durch den Einsatz des Internets das physikalische Interesse der Klasse gefördert wurde?  
**Frage 12:** Wird durch den Einsatz des Internets dein physikalisches Interesse gefördert?

SchülerInnenmeinungen zu F12

- a. *".. ja, es wird für mich lebendiger und auch flexibler"*
- b. *".. ja, weil viele Sachen im Internet besser beschrieben sind als im Schulbuch."*
- c. *".. ja, was man nicht aus Büchern lernen kann, kann man vielleicht aus dem Internet lernen."*
- d. *".. ja, da ich mir durch das Anschauungsmaterial besser vorstellen kann, worum es geht."*
- e. *".. ja, weil es hilft zu verstehen und neue Aufgaben stellt."*
- f. *".. ja, man stößt auf viele verschiedene interessante Themen."*
- g. *".. ja, oft spielerisch erarbeitet, einfach erklärt, guter Aufbau."*
- h. *"..ja, es wird alles etwas anschaulicher."*
- i. *".. ja, ich interessiere mich sowieso für Physik."*
- j. *".. nein, weil es von vornherein vorhanden ist."*
- k. *".. nein, weil ich ungeduldig bin und man beim Internet solange warten muss, da schaue ich lieber im Buch nach."*
- l. *".. nein, ich hab grundsätzlich was gegen Physik (mit Ausnahme Astronomie)."*
- m. *".. nein, weil ich nicht oft mit dem Internet gearbeitet habe. Außerdem wird mir Physik immer ein Rätsel bleiben."*
- n. *".. nein, ich arbeite lieber mit Büchern."*



### c) Motivation

Inwieweit ergibt sich aus der Erfolgsrückkopplung durch das Produkt Motivation zum Weiterlernen?

**Frage 15** Bist du mit dem Endprodukt deiner Arbeiten zufrieden?

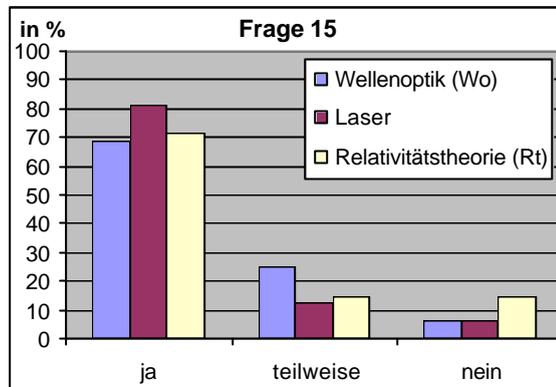


Abbildung 6

#### SchülerInnenmeinungen zu F15

- ".. ja, sehr, da genügend Quellen vorhanden waren und es für mich überhaupt kein Problem ist, eigenständig Gebiete zu erarbeiten. (Rt)"
- ".. ja, sehr! (Laser)"
- "..ja, ich denke, ich habe einiges dazugelernt. (Wo)"
- "..ja, die (meine) Erklärungen sind zwar lange, dafür aber genau. (Wellenoptik, Laser)"
- ".. teilweise, hätte mich mehr anstrengen können! (Wo)"
- ".. ja, es ist nicht schlecht geworden. (Rt)"
- ".. naja, im Gegensatz zum letzten Jahr nicht! (Wo). Ja, Laser ergab sich doch als wesentlich interessanter (Laser)"
- nein, da ich zu wenig Zeit investierte. (Rt)"

**Frage 2:** Der Arbeitsbereich war für dich:

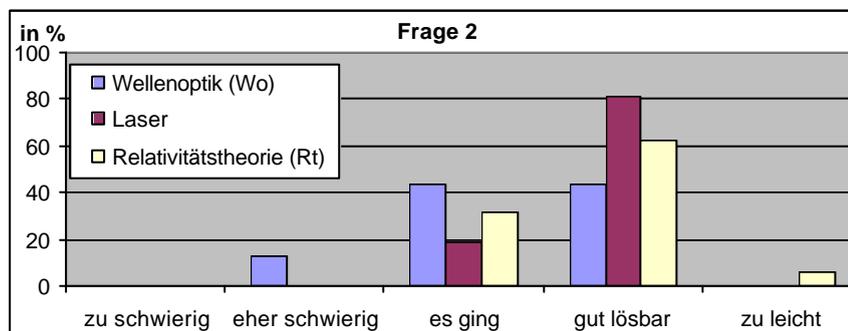


Abbildung 7

#### SchülerInnenmeinungen zu F2

- ".. gut lösbar, da genügend Quellen; wenn etwas unverständlich ist, ist die Rücksprache mit dem Lehrer immer möglich. (Rt)"
- ".. gut lösbar, stand genug im Internet und es interessierte mich mehr. (Laser)"
- ".. gut lösbar, da es viele Hilfsmittel gab, z.B. Internet, Buch. (Wo)"
- ".. eher schwierig, weil ich oft gefehlt habe (Wellenoptik); .. gut lösbar, weil ich aus meinen Fehlern des Arbeitsbereichs Wellenoptik gelernt habe. (Laser)"
- ".. gut lösbar, weil mich der Arbeitsbereich sehr interessiert und weil ich sehr gute Unterlagen gehabt habe (Bücher, Internet)! (Wo, Laser)"
- ".. es ging, leider bin ich in Physik nicht so ein Genie, aber sogar ich habe es verstanden. (Wo)"

- g. *".. gut lösbar, weil es mich interessierte. (Laser)"*  
h. *".. gut lösbar, wir bekamen es gut erklärt und mussten selbst einiges arbeiten (Wo)"*  
i. *".. gut lösbar, da Vorbesprechung im Unterricht . (Rt)"*  
j. *".. es ging, es ist ein schweres Thema der Physik und nicht so leicht zu verstehen. (Rt)"*  
k. *".. es ging, weil man verschiedene Hilfsmittel benutzen durfte . (Rt)"*

### **Literaturverzeichnis**

- KLIPPERT, H.: Eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen: Bausteine für den Fachunterricht. Beltz Verlag. Weinheim und Basel. 2001.
- LABUDDE, P.: Erlebniswelt Physik. Beispiele: Planung / Durchführung / Auswertung. Unterrichtsmethodische Gestaltungsmöglichkeiten. Fachdidaktische Zusatzinformationen. Dümmler Verlag. Bonn. 1993.
- MADER, G./STÖCKL, W.: Virtuelles Lernen. Begriffsbestimmung und aktuelle empirische Befunde. In: Lernen mit interaktiven Medien; Bd. 5. Studienverlag Innsbruck-Wien-München. 1999.
- MAYER, A.: PhysicsNet: Stundenbilder, Unterricht / EVA. <http://physicsnet.asn-graz.ac.at>. Graz. 1998-2001.

# Innovationsbeschreibung:

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
  - 1.1 Beschreibung des Projekts, Projektziele
  - 1.2 Wichtigste Punkte der Untersuchung
  - 1.3 Durchführung und Vorgangsweise
2. Lernparadigmenwechsel
  - 2.1 Autonomes Lernen
  - 2.2 Physikalisches Verständnis
  - 2.3 Entwicklung des eigenen Wissens - "genetisches Lernen"
  - 2.4 Rolle des Lehrers
3. Durchführung und Ergebnisse der Studie
  - 3.1 Unterrichtsablauf
  - 3.2 Charakterisierung der Klassen
  - 3.3 Auswertung und Analyse der SchülerInnenarbeit
    - 3.3.1 Arbeit mit dem Internet
    - 3.3.2 Bildung von physikalischem Grund- und Erweiterungswissen
    - 3.3.3 Physikalisches Interesse und Lernmotivation
    - 3.3.4 Was erwarten sich die SchülerInnen vom Lehrer
  - 3.4 Lernzielkontrolle
    - 3.4.1 Beurteilungskriterien
    - 3.4.2 SchülerInnenbefragungen
    - 3.4.3 Ausblick: Erweiterte Beurteilungsvarianten
  - 3.5 Unterrichtsbeobachtung von Hansjörg Kunze
4. Zusammenfassung
5. Material
  - 5.1 Relativitätstheorie
  - 5.2 Wellenoptik
  - 5.3 LASER
6. Literaturverzeichnis

## 1. Einleitung

### 1.1 Beschreibung des Projekts "Eigenverantwortliches Arbeiten im Physikunterricht mit Schwerpunkt Physiklernen mit Internet"

Das Thema „Entwicklung von Selbsttätigkeit und Eigenverantwortung von OberstufenschülerInnen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ stellt eine wesentliche Perspektive im zukünftigen Arbeitsfeld des Physiklehrers dar.

Neben inhaltlich-fachlichem Lernen beinhaltet der erweiterte Lernbegriff auch methodisch- strategisches Lernen, sozial-kommunikatives Lernen und affektives Lernen.

Durch offene Lernformen und offene Aufgabenstellungen sollen SchülerInnen als aktive Subjekte im Lernprozess angeregt werden, den Themenbereich selbst zu erkunden, zu experimentieren, Zusammenhänge zu erkennen, Erkenntnisse zu gewinnen und diese wiederum zu hinterfragen. Eigenverantwortliches Handeln (vgl. Kapitel 2.1) durch "learning by doing" wird hierbei unterstützt.

Auch den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen wie Begabung, Lerntempo, Interessen, Phasen der Konzentration und Aufmerksamkeit, Lernzugänge usw. kann durch das parallele selbstständige Arbeiten mit verschiedenen Materialien Rechnung getragen werden.

Den SchülerInnen ist es erlaubt "Lernumwege" und "Seitenpfade" zu betreten, die im Frontalunterricht aus verschiedensten Gründen zum Teil blockiert werden müssen. SchülerInnen können ihre "Neugierde" ausleben und neue eigenständige Aspekte einbringen.

Durch die Arbeit in Kleingruppen und durch selbstständige Lernkontrolle (Kontrollblätter, Lösungen) sollen auch leistungsschwächere SchülerInnen zu Erfolgserlebnissen kommen können ohne Angst haben zu müssen, sich gleich im Ansatz vor der Klasse oder dem Lehrer zu blamieren.

Eine Differenzierung zwischen dem Fundamentum ("Basisstoff") und Ergänzungen/Erweiterungen, deren Tiefe der Schüler selbst bestimmen kann, kann in dieser Unterrichtsform wesentlich einfacher erfolgen und umgesetzt werden als in herkömmlichen Unterrichtsformen. Im reinen Frontalunterricht ist eine Differenzierung kaum bis nicht möglich!

SchülerInnen sollen eine Kontrolle des eigenen Lernens und Denkens entwickeln. Bei Aufforderungen zur Offenlegung ihres Tuns und Denkens (Messungen, Skizzen, Berichte, Protokolle, Beschreibungen, Zusammenfassungen,..) sollen sich SchülerInnen als autonom erleben können.

Auch die Wahl der Quellen soll innerhalb der vom Lehrer gut überlegten Grenzen möglichst frei sein. Hierbei spielt auch der zielgerichtete Einsatz von neuen Medien, speziell des Internets, eine wesentliche Rolle, der im Rahmen des Projektes erprobt, hinterfragt und evaluiert wird. Welche Anregungen nehmen sich SchülerInnen aus dem Internet?

Trägt der Einsatz des Internets zu vertiefenden Kenntnissen und besserem Verstehen von physikalischen Vorgängen bei?

#### Ziele

Ein wesentliches Ziel des Physikunterrichtes ist es aber, neben Wissensvermittlung auch den Zugang zur Physik zu öffnen, Interesse für Naturwissenschaften zu wecken und zu erhalten, den SchülerInnen 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 SchülerInnen selber vollzogen werden können.

Physik darf auch Spaß machen! Offenheit für naturwissenschaftliche Fragestellungen soll keine Ausnahme sein.

Daher muss uns Lehrern wichtig sein, dass unsere SchülerInnen Physik bewusst erleben, experimentelle Erfahrungen sammeln, verstehen, interpretieren und umsetzen 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.

## 1.2 Wichtigste Punkte der Untersuchung

Im Rahmen der Studie werden Möglichkeiten eines zielgerichteten Einsatzes des Internets im Sinne von eigenverantwortlichem Arbeiten und forschendem Lernen untersucht.

- ☒ Trägt der Einsatz des Internets zur Erhöhung der Lernmotivation bei SchülerInnen bei?
- ☒ Wird physikalisches Interesse gefördert und der Zugang zur Physik erleichtert?
- ☒ Kann Grundwissen so effizient erreicht werden?
- ☒ Wird vertiefendes Arbeiten eigenverantwortlich durchgeführt, können vertiefende Kenntnisse und Verstehen von physikalischen Vorgängen dadurch besser erreicht werden?
- ☒ Welche Hilfe bietet die Verwendung des Internets im Unterricht um zu physikalischem Verständnis zu gelangen?
- ☒ Kann unterschiedlichen Begabungen Rechnung getragen werden?
- ☒ Können leistungsschwächere SchülerInnen die Lernziele besser erreichen, wie weit kommen gute SchülerInnen?
- ☒ Inwieweit kann die Schulung von Methodenkompetenz und Kritikfähigkeit erweitert werden? Was sollen SchülerInnen neben dem Fachwissen noch alles können?
- ☒ Auch die Änderung des Rollenbildes des Lehrers (erweitertes Anforderungsprofil) soll untersucht werden: Was erwarten sich SchülerInnen innerhalb dieser Lernform vom Lehrer?
- ☒ Evaluation der Arbeit (Unterrichtsbeobachtung, Fragebogen).
- ☒ Überarbeitung des Beurteilungskonzeptes und Anpassung an die neue Lernform

### Untersuchungsfrage

Bietet die Unterrichtsform eigenverantwortlichem Arbeiten mit Verwendung des Internets im Physikunterricht eine Möglichkeit den in Kapitel 1.1 genannten Zielen näherzukommen?

### **1.3 Durchführung und Vorgangsweise**

In verschiedenen Klassen der Oberstufe werden zu den Themenbereichen "Wellenoptik" (Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz, Doppler-Effekt, Beugung), "Laser", "spezielle und allgemeine Relativitätstheorie" Unterrichtseinheiten über vier bis zehn Unterrichtsstunden erstellt, die mit der Methode "eigenverantwortliches Arbeiten im Unterricht" durchgeführt werden.

#### Organisationsform

Vom Lehrer wird zum entsprechenden Thema ein Arbeitsplan mit Arbeitsblättern und differenzierter Aufgabenstellung erstellt, den die SchülerInnen in Form von Freiarbeit und/oder Stationenbetrieb selbstständig bearbeiten.

Je nach Themenstellung werden verschiedene Materialien (z.B. Lernkarten, Internetapplikationen wie Java, interaktive Lernprogramme, Memory, Handouts,...) eingesetzt.

Experimente werden von den SchülerInnen selbst durchgeführt, dokumentiert und hinterfragt. Das Internet wird neben Büchern, Zeitschriften und anderen Arbeitsunterlagen als Informationsquelle zielgerichtet eingesetzt. Die Auswahl der Weblinks wird auf dem Arbeitsplan (Handout) ausgewiesen. Der Arbeitsplan wird zur leichteren Handhabung den Schülern jeweils auch als Webseite zur Verfügung gestellt.

#### Sozialform

Die SchülerInnen arbeiten selbstständig in Kleingruppen (Lerngruppen), in Zweier-Teams (Partnerarbeit) oder in Einzelarbeit.

Der Lehrer steht in der Arbeitsphase hauptsächlich in beratender Funktion zur Verfügung.

#### Dokumentation der SchülerInnenarbeiten

Die Themenarbeit soll von allen SchülerInnen 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 SchülerInnen statt.

#### Leistungsbeurteilung

Die Arbeiten werden als eigener Bereich beurteilt, wobei das Beurteilungssystem an die Arbeitsform anzupassen ist und mit den SchülerInnen vor Beginn der Arbeitsphase besprochen wird.

Zwischen Arbeitsphase (Lernphase) und Lehrzielkontrolle nach Abschluss der Arbeit ist zu unterscheiden.

Der jeweilige Leistungsstand ist für die SchülerInnen jederzeit einsichtig und transparent zu halten.

#### Auswertung der Studie

In Kapitel 3 werden die erhobenen Daten ausgewertet und die Arbeitsform, im speziellen der Einsatz des Internets, in den untersuchten Klassen analysiert.

## 2. Lernparadigmenwechsel

### 2.1 Autonomes Lernen

Die besten Lernerfolge können sicherlich dann erzielt werden, wenn der Lernende die Verantwortung selbst übernimmt und sich darin übt, seine Entwicklung selbst in die Hand zu nehmen, wobei unter Lernerfolg latent verfügbares Wissen verstanden werden kann. Die Institution Schule, mit ihren täglich ablaufenden Stundenplänen, festen Lehrplänen und auch standardisierten Tests, lässt hierfür oft wenig Spielraum. Es sei hinzugefügt, dass sich die signifikante Wirkung von Lern- und Denkprozessen erst nach einem längerem Zeitraum messen lässt.

Auch folgender Aspekt ist zu überlegen: Finden SchülerInnen bei einer Problemstellung beispielsweise erst im dritten Ansatz durch Variieren der Faktoren, Ausprobieren, Verwerfen und/oder neu Überdenken den richtige Lösungsweg, dann ist dieser Lernprozess bei offenen Lernformen in Ordnung bzw. sogar erwünscht. Bei einem herkömmlichen Schultest würden diese SchülerInnen aber bereits versagt haben.

#### Wozu das Lernen lernen?

Wer gelernt hat zu lernen, braucht niemanden mehr, der ihn zum Lernen anleitet. Autonomes Lernen bietet die Fähigkeit selbstständig zu lernen. Dann genügt es, das Wesentliche, den Basisbereich eines Gebietes, vermittelt zu bekommen, um selbstständig weiterarbeiten und so zu vertiefenden Fertigkeiten gelangen zu können.

#### Grundformen des autonomen Lernens und der autonomen Tätigkeiten

Grundformen des autonomen Lernens und der autonomen Tätigkeiten basieren auf folgenden Fähigkeiten (vgl. AEBLI 1997, S 181 ff):

- Mit Sachen und Ideen selbstständig in Kontakt treten
- Erscheinungen und Texte verstehen
- Handlungen selbstständig planen und Probleme selbstständig lösen
- Tätigkeiten selbstständig zu üben, Informationen gedächtnismäßig verfügbar zu machen
- Tätigkeit und Lernmotivation selbstständig aufrecht zu erhalten.

In diesem Zusammenhang werden als die drei Säulen des autonomen Lernens bezeichnet: (vgl. AEBLI 1997, S 185 ff)

- *Die Wissenskomponente:* sein eigenes Lernen kennen und eine klare Vorstellung von günstig verlaufenden Lernprozessen haben.  
Das Erkennen des eigenen Lern- und Arbeitsprozesses mit seinen Stärken und Schwächen ist nicht selbstverständlich (schon gar nicht bei Jugendlichen) und setzt Selbstbeobachtung voraus. Aus dem Vergleich mit dem idealen Lernprozess kann der Schüler jedoch den Verlauf des realen, eigenen Lernprozesses erkennen. Hierbei sollte jedoch darauf geachtet werden, dem Schüler ein Wissen zu vermitteln, das seiner Stufe entspricht. Es ist durchaus möglich z.B. im naturwissenschaftlichen Unterricht über Erscheinungen zu sprechen, die der Erwachsene und der Wissenschaftler sehr viel tiefer verstehen. Irgendwann muss man beginnen, es gibt keine Stufe, auf der wir plötzlich mit der "ganzen Wahrheit" kommen könnten.
- *Die Könnenskomponente:* Lernverfahren praktisch anwenden.
- *Die Willenskomponente:* Vom Nutzen der Lernverfahren überzeugt sein und sie anwenden wollen.

### Gelegenheiten zum autonomen Lernen

Arbeitsbereiche, die auf einem bereits eingeführten Grundwissen wie auch Grundstrukturen des Themenbereiches aufgebaut sind, können über eigenverantwortliches Lernen viel besser vertieft und erweitert werden, als dies der Frontalunterricht vermag. SchülerInnen können so bei dem neuen Stoffbereich verweilen, verschiedene Perspektiven durchleuchten und Erfahrungen sammeln. Dadurch können die neuen Informationen besser verarbeitet und kognitives Wissen erreicht werden.

Von der Lernstufe des Neulings aus (rezipieren, erinnern) können die nächsten Lernstufen (nachahmen, anwenden, entdecken, verstehen) beschritten werden. Die Funktion des Lehrers wandelt sich hierbei in verschiedenen Abstufungen von "lehren, erklären" zu "beobachten, helfen, betreuen und kooperieren" (vgl. Mader, 1999, S 63 - 71).

Als verschiedene Formen des eigenständigen Handelns und Tuns bieten sich im Physikunterricht an: Stillbeschäftigung, Lesearbeit, experimentelle Arbeit, Beobachtung von Naturvorgängen, Partner- und Gruppengespräche, sokratische Gespräche, Lesen von historischen Quellen, Computerarbeit, Internetarbeit, Protokollführung, Formulieren etc.

### EVA konkret

*EVA, eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen, zeichnet sich «.. durch einen klaren Lehrplan- und Themenbezug aus, sowie dadurch, dass SchülerInnen in vielfältiger Weise veranlasst werden, sich in das jeweilige Lernthema mithilfe unterschiedlicher Lernaktivitäten "hineinzubohren", um möglichst nachhaltige inhaltliche und methodische Kompetenzen aufzubauen. Die SchülerInnen praktizieren also im besten Sinne des Wortes "Arbeitsunterricht" und bedienen sich dabei unterschiedlicher Methoden »* (Klippert, 2001, S 63).

Ziel des eigenverantwortlichen Arbeiten und Lernens ist es Schlüsselqualifikationen zu erreichen, die nach Klippert im "Dachgeschoß" des Unterrichtsgebäudes angesiedelt sind. Dazu zählen die Fachkompetenz im engeren Sinne (Fachwissen, Strukturwissen, Handlungswissen, Problemlösungswissen, etc.), die Beherrschung von Lern- und Arbeitstechniken, die Fähigkeit zur Kommunikation, Argumentation und Vortragsgestaltung (Methodenkompetenz), die Fähigkeit und Bereitschaft zur konstruktiven und regelgebundenen Zusammenarbeit in der Gruppe und bei Partnerarbeit (Sozialkompetenz) und der Aufbau spezifischer Persönlichkeitsmomente wie Selbstvertrauen, Selbstwertgefühl, Eigeninitiative und Durchhaltevermögen (persönliche Kompetenz) (vgl. Klippert, 2001, S 39 - 51).

Eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen setzt bei relativ leichten Lerntätigkeiten ein und wird mit wachsender Routine der SchülerInnen zunehmend komplexer.

Die Anforderungen und Verantwortlichkeiten, die den SchülerInnen zugewiesen werden, fallen je nach Alter, Selbstvertrauen, Leistungsstufe und methodischer Routine unterschiedlich aus.

## **2.2 Physikalisches Verständnis**

Wie in der Unterrichtsbeobachtung von Mag. Hansjörg Kunze angeführt, scheint physikalisches Verständnis in der Schule als Allgemeinbildung ein nicht trivialer Anspruch zu sein, der nicht von vornherein als gegeben angenommen werden darf.

*«Das Erreichen von physikalischem Verständnis setzt unter anderem intensive ständige Auseinandersetzung mit physikalischen Erkenntnissen und Ergebnissen voraus. Dies allein kann schon nicht vorausgesetzt werden.»* (vgl. Kapitel 3.5).

Lehrplan

Um den allgemeinbildenden Zielen des Physikunterrichtes laut Lehrplan gerecht zu werden, sollen der Alltagsbezug, fachübergreifende Aspekte und die Unterrichtsprinzipien berücksichtigt werden.

In Bezug auf Wissen und Verständnis sollen SchülerInnen laut Lehrplan u.a.:

- *Grundlegende physikalische Erscheinungen und Versuche in ihrem Ablauf beschreiben können.*
- *Physikalische Größen und Begriffe definieren sowie bei den Größen Messvorschriften und Definitionsgleichungen angeben können.*
- *Verstehen physikalischer Erscheinungen des Alltags.*
- *Verständnis der physikalischen Grundlagen technischer Geräte.*
- *Kenntnis der physikalischen Modellvorstellungen und ihrer Aussagekraft.*

Die Frage nach physikalischem Verständnis

Die Frage nach physikalischem Verständnis impliziert auch die Frage, was hinsichtlich physikalischem Verständnis von SchülerInnen gemäß ihrer Altersstufe zu fordern und wie mitgebrachtes Vorverständnis im Physikunterricht zu handhaben sei.

Genügt hierbei das Beschreiben- und Nachvollziehenkönnen von beobachtbaren Naturvorgängen ihrer Umwelt (vgl. Kap. 3.3.3 Schülermeinungen 3.3.3.F6.a-d )?

Inwieweit können physikalische Modelle als solche gesehen bzw. deren Grenzen auch erkannt und akzeptiert werden? Kann Einsicht erreicht werden, dass Beobachtungen aus der unmittelbaren Erfahrungswelt nicht unbedingt physikalische Grundgesetze sondern häufig nur deren Spezialfälle sind? Kann auch deren mathematische Beschreibung nachvollzogen und selbstständig angewandt werden?

Vorverständnis

Der Begriff Vorverständnis umschließt bei Labudde Vorkenntnisse, Lagentheorien, Assoziationen, offene Fragen, Sprache und Wortschatz, Interesse und Einstellungen. SchülerInnen bringen in den Physikunterricht aus ihren Alltagserfahrungen bestimmte Begriffe, wie "Arbeit", "Beschleunigung" oder "Energie" ein, mit denen sie verschiedenste Assoziationen und nicht die exakte wissenschaftliche Definition verknüpfen. Weiters bringen sie aus Sport und Spiel, aus ihrer Alltagswelt, vielfältige Erlebnisse und Erfahrungen mit (vgl. Labudde, 1993, S 37-44).

Statt *Vorverständnis* werden in der Fachliteratur häufig auch andere Ausdrücke verwendet, wie "Alltagstheorie", "Alltagsvorstellung" oder "Präkonzept", die mehr die kognitiven Aspekte des Vorverständnisses beschreiben.

Als Konsequenzen, die sich daraus für den Unterricht ergeben, nennt Labudde in seinem Buch "Erlebniswelt Physik":

## 1. Integration des Vorwissens

*« In einer Unterrichtseinheit wird nicht nur das physikalische Fachwissen erarbeitet, sondern es wird auch das Vorwissen der einzelnen Individuen diskutiert. Die Jugendlichen werden für ihr eigenes Vorverständnis und das anderer Personen sensibilisiert, sie erkennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede, sie mögen einige Antworten auf offene Fragen finden, aber auch auf viele Ungereimtheiten und neue Fragen stoßen. Durch den späteren expliziten Vergleich des Alltagswissens mit dem physikalischen Wissen soll im didaktischen Idealfall die Einsicht für die Unterschiede der beiden Welten wachsen: für ihre jeweiligen Ursprünge und Gültigkeitsbereiche, für ihre jeweiligen Vor- und Nachteile.*

*Zu welchem Zeitpunkt der Unterrichtseinheit der Vergleich zwischen Vorwissen und Physik stattfinden soll, kann nicht schlüssig beantwortet werden. Je nach Inhalt und Vorwissen wird man eine andere Strategie entwickeln: Das eine Mal zuerst das Bewußtmachen und die Diskussion des Vorwissens - und dann physikalisches Wissen und der Vergleich. Das andere Mal von einem Phänomen ausgehen, das sich nicht mit dem Alltagswissen klären und so seine Grenzen erkennen läßt. Und ein weiteres Mal vielleicht zuerst die Erarbeitung eines physikalischen Begriffs, Modells, um dann in Anwendungsbeispielen mit dem Vorwissen verknüpft zu werden.*

*Vor einer Illusion sei allerdings gewarnt: Fast alle empirischen Untersuchungen zeigen, daß sich die Alltagsvorstellungen nicht zugunsten physikalisch fundierter Begriffe und Modelle ausrotten lassen. Der gewünschte Wechsel findet beim Schüler nur selten statt, stattdessen lernt er im besten Fall, bewußt mit beiden Vorstellungen, seiner Alltagsvorstellung und der physikalischen Vorstellung, zu leben. Er weiß, wann welche gültig ist, und weiß um ihre jeweiligen Grenzen. Damit wäre allerdings auch schon viel erreicht. Der Schüler lernt sowohl die Physik als Wissenschaft als auch sich selbst als Person besser kennen. Mit dem Werden des Wissens ist so das Werden des Menschen verknüpft. ».* (Labudde, 1993, S 39).

## 2. Lernen als kognitiver und affektiver Prozeß

« Die Integration des Vorverständnisses weist nicht nur kognitive, sondern insbesondere auch affektive Aspekte auf: Der Wechsel von Vorverständnis zum Fachwissen der Physik kann ein schmerzlicher und emotionsgeladener Prozeß sein - Kinder und Jugendliche erkennen im Physikunterricht, daß einige ihrer Vorstellungen wissenschaftlich falsch sind (DUIT 1990). Sie sollen auf einmal von liebgewordenen vertrauten Ideen, Bildern und Erklärungsmustern Abschied nehmen. Nicht verwunderlich, daß sich einige unserer Schülerinnen und Schüler unwohl fühlen, bewußt oder unbewußt Widerstand leisten und die Physik als Ganzes ablehnen. ». (ebd., S 39).

Als Gründe für eine Integration des Vorverständnisses in den Unterricht gibt Labudde u.a. an:

«**Einsicht in die Physik als Wissenschaft.** Ein wesentliches Ziel des Physikunterrichtes muß sein, Einsicht in die Physik als Wissenschaft zu geben, in die Denk- und Arbeitsweisen, in die qualitativen Vorstellungen, die "hinter" den Begriffen, Formeln und Theorien stehen. Die Lernenden müssen erleben, wie Wissenschaft erwacht durch "Verfeinerung des Denkens des Alltags". Ein Physikunterricht, in dem stattdessen das Auswendiglernen von Formeln und deren richtige Anwendung in Schulbuch-Rechenaufgaben im Vordergrund stehen, geht an dem Ziel des "Einsichtgewinnens und des Hinter-die-Formel-Schauens" gründlich vorbei. Jugendliche erhalten ein einseitiges, falsches Bild von der Physik!

**Lernen als individueller, konstruktiver Prozeß:** Der Lernende konstruiert aktiv auf der Basis seines Vorverständnisses neues Wissen. Diese konstruktivistische Vorstellung von Lernen wird seit Jahrzehnten in zunehmendem Maße in den Erziehungswissenschaften vertreten: Jede Sinneswahrnehmung erhält nur dadurch eine Bedeutung, daß der Empfänger ihr eine Bedeutung gibt. Das heißt auch, jede Sinneswahrnehmung eines Schülers oder eines Forschers ist theoriegeleitet, indem sie durch dessen Vorwissen und Vorurteile gesteuert wird. Jede Person geht ihren eigenen Lernweg, der sie von einem Anfangsort, vom Vorverständnis, zu einem Zielort führt. Das Vorverständnis hat damit einen entscheidenden Einfluß auf die Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung neuer Informationen.

**Einwurzelung und Orientierung.** Naturwissenschaftlicher Unterricht kann und soll jeder Person helfen, sich in ihrer natürlichen und technischen Umwelt zu orientieren und in ihr einzuwurzeln. Für diese Einwurzelung und Orientierung sind alle Wurzeln wichtig. Und dazu zählen gerade auch das Vorwissen, die Sprache und die Interessen». (ebd., S 41).

### Alltagssprache und physikalische Definitionen

Alltagsbegriffe, die SchülerInnen aus ihrer Erlebniswelt in den Physikunterricht mitbringen, zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht scharf definiert sind. Die Begriffe selbst sind durch ein Bedeutungsnetz mit charakteristischen Situationen aufgebaut, die oft lose nebeneinander stehen. Die physikalische Fachsprache verlangt klare und scharfe Definitionen, also eindeutig definierte Begriffe und Gesetze, die für sich und untereinander konsistent sind und im Weiteren mit beobachtbaren Phänomenen verknüpft werden können.

Verstehen von physikalischen Vorgängen wird erst dann möglich, wenn SchülerInnen die Möglichkeit haben die Sprache der Physik und deren zentrale Begriffe zu lernen und zu verstehen. Wie kann das im Unterricht erreicht werden?

Labudde weist darauf hin: « Das Einführen und Erarbeiten eines physikalischen Begriffes sollte in der Umgangssprache erfolgen. Erst später mit zunehmender Verfestigung eines Begriffes wird allmählich zur präziseren Fachsprache gewechselt. "Die Muttersprache ist die Sprache des Verstehens, die Fachsprache besiegelt es, als Sprache des Verstandenen." WAGENSCHHEIN (1970, S.162) Es sei in diesem Zusammenhang daran erinnert, daß die Umgangssprache die Voraussetzung der weiteren Erkenntnis und Verschärfung der Begriffe bildet. Kein Begriff und keine Aussage sind präziser zu verstehen, als es die individuelle vorhandene Denkstruktur jeweils zuläßt. ». (Labudde, 1993, S59) Er postuliert für den Unterrichtsalltag: « Das Verstehen von physikalischen Begriffen als ein zentraler Zugang zur Physik bedeutet für den Schulalltag Einsicht in diese andere Begrifflichkeit der Physik zu erzeugen. Man könnte in diesem Zusammenhang auch von einem Paradigmenwechsel sprechen, den der Lernende beim Übergang vom Alltagsdenken zum physikalischen Denken vollzieht. ». (ebd., S 61)

### Inwieweit kann die Verwendung des Internets und des PCs im Unterricht zu physikalischem Verständnis beitragen?

Bei einer Mitverwendung des Internets im Unterricht zeigt sich deutlich, dass SchülerInnen prinzipiell Bereitschaft zeigen, sich mit physikalischen Sachverhalten auseinander zu setzen. Das lässt auf ein grundlegendes physikalisches Interesse schließen, welches durch diese Unterrichtsform leichter bewahrt zu werden scheint.(vgl. Kap.3.3.3)

Eine besondere Hilfe scheinen hierbei gut programmierte Applets zu sein, die Sachverhalte leicht verständlich, aber fachlich richtig, darstellen.

Weiters spielt auch die Art der Website eine wesentliche Rolle, da nicht jede Seite vom fachlichen Anspruch für Schüler geeignet ist. Zu schwierig formulierte Inhalte schrecken eher ab, zu vereinfacht dargestellte Sachverhalte können zu einem falschen Verständnis oder zu falschen Vorstellungen führen. Hier liegt es am Lehrer, für Schüler geeignete Webseiten vorzubereiten oder Schüler auf ausgewählte Websites zu schicken (Webtipps), die der Alterstufe und dem Anforderungsniveau des Themas und der Schulstufe entsprechen und die vorzugsweise auch didaktisch aufbereitet wurden.

Auch auf Alltagssprache und physikalische Fachsprache kann hier Rücksicht genommen werden. Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen zwischen Alltagswort und Fachbegriff?

Je besser verständlich der Sachverhalt, desto höher ist die Bereitschaft für weiteres Lernen und für vertiefendes Überlegen Zeit zu investieren. Im Idealfall ereignet sich ein "Aha-Erlebnis", welches zu tieferem Verständnis führen kann.

Der Nutzen des Internets im Unterricht begründet sich, neben anderen Vorzügen, vor allem in den speziellen Möglichkeiten der multimedialen Aufbereitung, anhand derer Sachverhalte gut durchschaubar und interaktiv dargestellt werden können, besser als es eine Skizze an der Tafel oder im Buch zuweilen vermag (vgl. dazu auch Kap.3.3.3 Schülermeinungen zu den

entsprechenden Fragestellungen). Das führt im Idealfall auch dazu, *Einsicht in diese andere Begrifflichkeit der Physik*, wie von Labudde gefordert wird, bei SchülerInnen zu erzeugen und mit ihrer Denkstruktur zu verknüpfen, bis hin zum gewünschten Paradigmenwechsel ihrer Alltagsanschauung zum physikalischen Denken.

Hierbei sei darauf hingewiesen, dass der Einsatz des Internets im Unterricht nur eine neben vielen Methoden darstellt, aber seine Vorzüge im Unterricht auf einfache Weise genutzt werden können.

### 2.3 Entwicklung des eigenen Wissens - "genetisches Lernen"

Genetisches Lernen und Entwicklung des Wissens heißt nach WAGENSCHHEIN und BUCK/MACKENSEN: Aus altem Wissen erwächst neues Wissen, aus alten Ideen und Einstellungen neue. Junge Menschen werden dort abgeholt, wo sie stehen, sie erleben Kontinuität des Wissens anstatt Spaltung, Verstehen von Wissen statt Auswendiglernen von unverstandenem Scheinwissen. Beim genetischen Lernen kommen zuerst die Fragen und dann die Antworten, kommt erst das Phänomen, dann der Begriff, erst die Muttersprache und dann die Fachsprache. Das produktive Suchen, Finden und das kritische Prüfen zeichnen ein Bild der lebenden Wissenschaft und führen hin zu Einwurzelung und Orientierung. Von der Erlebniswelt schreitet der junge Mensch zur Wissenschaft, er kann sich mit seiner ganzen Persönlichkeit einbringen. (vgl. Labudde, 1993, S 73-77)

*« Im Physikunterricht sollen junge Menschen ein authentisches Bild der lebendigen Wissenschaft erhalten: Mit genetischem Lernen erleben die Schüler einen Prozeß, den WissenschaftlerInnen beim Fortschreiten der Physik immer wieder aufs neue erfahren und mitgestalten. Dieser Fortschritt vollzieht sich nicht durch kontinuierliche Veränderung, sondern durch revolutionäre Prozesse. Ein bisheriges Erklärungsmodell wird verworfen und durch ein neues ersetzt. Im Hinblick auf das genetische Lernen seien einige Eigenschaften dieses Wechsels festgehalten.*

- **Auftreten von Ungereimtheiten:** Eine Entdeckung beginnt häufig damit, daß ein bisher unbekanntes Phänomen nicht mit den gängigen "normalen" Begriffen, Gesetzen und Modellen erklärt werden kann.
- **Fähigkeit, die Natur anders zu sehen:** Um eine solche Anomalie überhaupt erkennen zu können, müssen die Wissenschaftler gelernt haben, die Natur anders zu sehen, das heißt die Natur "mit fremdem Blick" zu beobachten (RUMPF 1986).
- **Neuaufbau von Theorien, Methoden und Zielen:** Jetzt beginnt die Entwicklung und Entdeckung neuer Begriffe, Gesetze und Modelle. Erst wenn dieser Neuaufbau abgeschlossen ist, hat die Fachwissenschaft den Wechsel endgültig vollzogen, hat sie ihre Ansichten über das betroffene Fachgebiet sowie eventuell ihre Methoden und ihre Ziele geändert.
- **Widerstand:** Dieser Wechsel der Anschauungen, Methoden und Ziele begegnet oft einem mehr oder minder großen Widerstand der Wissenschaftsgemeinschaft.
- **Ein langandauernder und kollektiver Prozeß:** Ein revolutionärer Wechsel benötigt Zeit, er kann niemals von heute auf morgen zu Ende geführt werden. Und es ist selten ein einziger Mensch, sondern meist eine größere Forschergruppe, die eine neue Theorie erarbeitet und somit frühere Paradigmen neu bewertet und umstößt.

*In vielen Teilgebieten der Physik, insbesondere in der Mechanik, Wärmelehre und Optik, bedeutet das Lernen ein Umdenken und damit einen Wechsel: Schülerinnen und Schüler müssen alte, laienhafte Erklärungen - auf der Erlebniswelt basierende Vorstellungen und Ideen - zum Teil verwerfen und durch neue ersetzen. Sie entwickeln Erklärungsmodelle, die für sie neu sind. Sie stellen dabei Ungereimtheiten fest und geraten in einen kognitiven*

*Konflikt. Sie müssen die Fähigkeit entwickeln, die Natur anders zu sehen. Neue Theorien, Methoden und Ziele werden aufgebaut, wobei bisherige nur im beschränkten Umfang integriert werden. Der Lernende vollzieht diese Prozesse - genau wie der Wissenschaftler - nur langsam und mit einem gewissen Widerstand gegenüber dem Neuen. Und im Physikunterricht gilt wie in der physikalischen Forschung: Das Individuum lernt in der Gemeinschaft leichter.* » (Labudde, 1993, S 74-75).

## 2.4 Rolle des Lehrers

Lehrer sein bedeutet nicht nur lehren sondern auch ständig selbst zu lernen, und zwar nicht als "Lehrer im Training" sondern als Lernender selbst.

In seinem Buch "Revolution des Lernens" schreibt Papert über das amerikanische Schulwesen und die dortige Rolle der Lehrer. *«Die Institution Schule geht nicht davon aus, daß Lehrer eine kreative Rolle im Lernprozess spielen; Lehrer werden als Techniker angesehen, die eine technische Aufgabe zu erfüllen haben.* » (vgl Papert, 1994, S91) und *»Die von der Schule festgelegten Rollen und Vorgehensweisen schränken den Lehrer ein, bieten ihm jedoch auch Schutz.* » (vgl. ebd., S82).

### Schüler- oder lehrerzentrierter Unterricht?

EVA heißt allerdings nicht, dass sich Schüler zukünftig alle möglichen Kenntnisse und Kompetenzen selbst erwerben müssen, auch lehrerzentrierte Phasen haben ihren Platz: *«Das eigenverantwortliche Arbeiten und Lernen der SchülerInnen darf keinesfalls so verstanden werden, als ginge es ausschließlich darum, die SchülerInnen alles selbst zu erarbeiten lassen. Das wäre ein Methodenmonismus. Guter Unterricht braucht aber immer wieder auch lehrergelenkte und lehrergestützte Phasen, damit die Lernaktivitäten der Schüler nicht ins Leere laufen.* » (Klippert, 2001, S 15).

Eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen der Schüler kann unterschiedlich in Gang gesetzt werden, einmal stärker lehrergesteuert, ein anderes Mal weniger von Lehrerpulsen und -instruktionen begleitet. Klippert weist darauf hin, dass *«.. Lehrerzentrierung und Schülerzentrierung keine Gegensätze sind, sondern als komplementär angesehen werden können.»* (Klippert, 2001, S 59) und stellt fest, dass sich die von ihm zitierten Pädagogen und Lernforscher (Franz E. Weinert, Heinz Mandl und Gabi Reinmann-Rothmeier, Walter Edelmann, Theodor Litt und Maria Montessori) *«..einig sind, dass erfolgreiches Lernen durch Instruktionen und differenzierte Lehrersteuerung alleine nicht zu bewerkstelligen ist. Hinzu kommen müssen zwingend Lernsituationen und Lernanforderungen, die sicherstellen, dass die SchülerInnen möglichst vielfältig und möglichst wirksam aktiviert und zum konstruktiven, problemlösenden Arbeiten angeregt und angeleitet werden. Passives und rezeptives Lernen müssten durch aktives und konstruktives Lernen ersetzt werden: dabei falle den zuständigen Lehrkräften die Aufgabe zu, die SchülerInnen bei ihrer Lernarbeit gezielt und sensibel zu unterstützen..* ».(ebd., S 61).

So gesehen geht es nicht um schüler- oder lehrerzentrierten Unterricht sondern um eine sinnvolle Kombination von beiden. *«Es gibt schließlich auch guten Frontalunterricht: "Der interessante Lehrervortrag, die spannende Erzählung, das packende Schülerreferat, die Diskussion zwischen Lehrer und SchülerInnen, das aspektreiche Kreisgespräch verfehlen ihre Wirkung nicht und sind wichtige Elemente eines effektiven Unterrichts* (vgl. Nuhn 2000, S 11). *Wichtig ist, dass die SchülerInnen zur aktiv-produktiven Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Lehrereinput veranlasst werden. Andernfalls werden sie sich mit dem Begreifen und Behalten schwer tun.* » (Klippert, 2001, S 62)

Klippert hält als Motto fest: *"Soviel EVA wie möglich und soviel Lehrersteuerung und -unterstützung wie unbedingt nötig"*

### Die "neue" Rolle des Lehrers- erweitertes Anforderungsprofil

Der Einsatz des Internets und multimediales Erarbeiten von Lerninhalten bietet LehrerInnen die Möglichkeit ihren persönlichen Unterrichtsstil zu erweitern. Die Rolle des Lehrers und die damit einhergehenden Aktivitäten verändern sich dabei allerdings erheblich. Die Aufgaben des Lehrers werden auch weiterhin sein, den jeweiligen Lernprozess zu arangieren und den SchülerInnen bei Bedarf zur Seite zu stehen, jedoch verändert sich dabei ihre Funktion vom reinen Wissensvermittler und vom Kontrolleur zum Berater.

Lehrer werden primär in der Weise arbeiten, dass sie sich über Lernfragen, Aufgabenstellungen, Materialangebote, Beratungsleistungen etc. in den Lernprozess der SchülerInnen einbringen. Impulse gehen nicht nur mehr vom Lehrer, sondern auch von den SchülerInnen aus.

Bei Diskussionen wirkt der Lehrer als Moderator und Experte, bei auftretenden Problemen kann er Denkanstöße geben, die den SchülerInnen helfen, die Lösung selbst zu finden. Treten bei einzelnen SchülerInnen Verständnisprobleme auf, können die Grundstrukturen des Themenbereiches nochmals gemeinsam besprochen

oder erklärt werden. Der Unterrichtsbereich wird von den SchülerInnen gemeinsam mit dem Lehrer erarbeitet (vgl. Kap.3.3.3 Schülermeinungen 3.3.3.F2.a).

Auf spezielle Bedürfnisse der SchülerInnen kann schnell und adäquat eingegangen werden. Auch den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen wie Begabung, Lerntempo, Interessen, Phasen der Konzentration und Aufmerksamkeit, Lernzugänge, usw. kann durch das parallele selbstständige Arbeiten mit verschiedenen Materialien Rechnung getragen werden. Den SchülerInnen ist es erlaubt "Lernumwege" und "Seitenpfade" zu betreten, die im Frontalunterricht aus verschiedensten Gründen zum Teil blockiert werden müssen. Schüler können ihre "Neugierde" ausleben und neue eigenständige Aspekte einbringen.

Leistungsschwächeren SchülerInnen kann die nötige Zeit und Hilfestellung zur Festigung der Grundstrukturen des Stoffbereiches gegeben werden. Begabtere SchülerInnen müssen sich in der Zwischenzeit nicht langweilen sondern können sich tiefer in die Materie einarbeiten, um später mit dem Lehrer oder auch untereinander weiterführende Fragen zu klären.

Haben SchülerInnen die Freiheit, innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit das Material und den Computer multimedial so zu nutzen, wie sie wollen, können sich SchülerInnen und Lehrer so in das Projekt vertiefen, dass interessante Fragen auftauchen und auf interessante Weise behandelt werden können.

Das setzt eine Änderung des Rollenbildes, ein erweitertes Anforderungsprofil und eine höhere Flexibilität des Lehrers voraus. Es können plötzlich neue Unterrichtssituationen, sowohl inhaltlicher wie auch sozialer Natur, entstehen, die nicht geplant waren.

Selbstständiges multimediales Arbeiten der SchülerInnen am Computer spielt, wie in der Studie beobachtet werden konnte, den Lehrer frei. Dadurch kann er oben genannte Tätigkeiten, für die sonst oft keine Zeit bleibt, wahrnehmen und je nach Bedürfnis der einzelnen SchülerInnen differenzierte Hilfestellung geben. Wiederum gilt: Je kleiner die Klasse, desto größer ist die Effizienz.

Labudde weist darauf hin, dass *«Lehrkräfte der einzelnen Person wohl helfen können, jedoch ihr niemals den individuellen Lernprozeß abnehmen. Weder ausgeklügelte Demonstrations- experimente noch übersichtliche Tafelbilder oder treffliche Worte zeigen eine große Wirkung, wenn nicht Kindern und Jugendlichen immer wieder aufs neue die Möglichkeit gegeben wird, selber Paradigmenwechsel zu vollziehen, selber genetisch zu lernen.»* (Labudde, 1993, S 75).

Dem sei zu den Methoden auch noch der Einsatz des Internets hinzugefügt.

### 3. Durchführung und Ergebnisse der Studie

#### 3.1. Unterrichtsablauf

##### Räumlichkeiten

Zur Verfügung stehen der Physiksaal und, wenn nicht für andere Arbeitsgruppen benötigt, auch der kleine Informatiksaal 1 der Schule.

Im Physiksaal sind die Bänke hörsaalartig angeordnet, Gruppenarbeit und experimentelles Arbeiten sind aber prinzipiell möglich.

Der Informatiksaal 1 der Schule kann fast immer mitbenutzt werden. Hier stehen den SchülerInnen 11 Computer und ein Laserdrucker zur Verfügung. In der Mitte des Raumes befindet sich ein großer Arbeitstisch, der für Gruppenarbeiten und Besprechungen verwendet werden kann. Es können hier auch kleinere Freihandexperimente und Messungen durchgeführt werden.

Die Mitverwendung des Informatiksaals für den Physikunterricht wird vom Netzadministrator unterstützt, die gleichzeitige Verwendung des Physik- und Informatiksaals stößt jedoch bei Physikkollegen manchmal auf Unverständnis und wenig Kooperation.

##### Arbeitsmaterial

Die Schüler der Klassen erhalten den jeweiligen Arbeitsplan.

Als Informationsquellen stehen alle Schulbücher, Unterlagen, entsprechende Handouts, PC, Internet, Zeitschriften und sonstige Bücher zur Verfügung. Das Material für experimentelles Arbeiten wird auf fahrbaren Tischen bereitgestellt. Die SchülerInnen können jederzeit aus dem gesamten Angebot wählen.

##### Zeitfaktor

Die Untersuchung wurde im 2. Semester des Schuljahres 2000/01 am Borg Hasnerplatz 12 in Graz durchgeführt.

Der Zeitrahmen für die Arbeitszeit an den Themenbereichen wurde zu Beginn mit den Schülern vereinbart und betrug

☞ für den Bereich Relativitätstheorie	6	Unterrichtsstunden (3 Wochen)
☞ für den Bereich Wellenoptik	10	Unterrichtsstunden (5 Wochen)
☞ für den Bereich Laser	5	Unterrichtsstunden (2,5 Wochen)

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

##### Arbeitsphase

Während der Arbeitsphase arbeiten die SchülerInnen 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 SchülerInnen 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. Zu Beginn der Arbeitseinheiten gibt es jeweils eine Einführung durch den Lehrer, bei Bedarf ein Klassengespräch über mehr und weniger knifflige Teilbereiche. Die SchülerInnen arbeiten weitgehend selbstständig.

Am Ende der Arbeitsphase werden die ausgearbeiteten Skripten vom Lehrer durchgelesen und korrigiert, die SchülerInnen verbessern ihre Arbeit anschließend selbstständig. Das Endergebnis soll fehlerfrei sein. Die Endbeurteilung erfolgt wie in Kap 3.4. angegeben.

### 3.2 Charakterisierung der Klassen

Die Untersuchung wurde in drei verschiedenen Oberstufenklassen des Borg Hasnerplatz in Graz durchgeführt. In den beiden 7. Klassen wurden während des Beobachtungszeitraums die Arbeitsbereiche "Wellenoptik" und "Laser", in der 8. Klasse der Themenbereich "Relativitätstheorie" bearbeitet. Alle Klassen kannten bereits die Arbeitsform EVA und das Arbeiten im Physikunterricht mit dem Internet als zusätzliches Unterrichtsmedium.

#### 7D:

Die Klasse, besteht aus 9 Schülerinnen und 7 Schülern und ist eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen mit Einsatz des Internets bereits aus Physikunterricht des letzten Schuljahres gewohnt. Es zeigt sich ein angenehmes Arbeits- und Klassenklima, welches durch Kooperation und Hilfsbereitschaft untereinander gekennzeichnet ist. Dies verstärkt sich weiter während der Arbeitsbereiche Optik und Laser. "Mit der Klasse ist es gut, Projekte zu machen", so eine Lehrermeinung eines anderen Faches im 2. Teil des zweiten Semesters. Die Leistungskapazität der Klasse ist ausreichend, wobei das breite Mittelfeld bei den durchschnittlich bis schwächeren SchülerInnen anzusiedeln ist. Es gibt wenige sehr gute SchülerInnen, aber auch kaum extrem schwache.

Die Anwesenheit aller SchülerInnen ist über den gesamten Beobachtungszeitraum fast zur Gänze gegeben. Arbeitseifer und Lernmotivation waren (vgl. Kap.3.5.) hoch. Die erreichten Leistungen sind durchschnittlich bis sehr gut, die schlechteste Note, nach Abschluss der Arbeitsbereiche, ist "Befriedigend".

#### 7C:

Ein anders Bild liefert die Schülergruppe des Informatikzweiges der typengemischten Klasse 7C. Sie besteht aus 2 Schülerinnen und 7 Schülern. Trotz der kleinen Gruppengröße ist das Arbeiten in dieser Klasse durch verschiedene Umstände getrübt: zwei Schüler sind fast nie anwesend, zwei weitere fehlen häufig und wissen dann nicht, welcher Themenbereich gerade aktuell ist bzw. haben die Einführung verpasst. Bei drei Schülern zeichnet sich schon nach Ende des ersten Semesters ab, dass sie dieses Jahr nicht positiv abschließen werden können. Drei Schüler und die beiden Schülerinnen sind fast immer anwesend und arbeiten motiviert an den Themenbereichen. Die Leistungskapazität der Klassengruppe ist zum Teil gering, zwei Schüler schließen die Arbeit negativ ab, ein Schüler kann kein Endergebnis vorweisen. Die restlichen Schüler können eine positive Beurteilung erreichen. 4 Schüler der Klasse sind leistungstärker und können während dieser Arbeitsform entsprechend gefördert werden und zu guten Ergebnissen gelangen.

#### 8C:

Die Maturaklasse besteht aus 5 Schülerinnen und 15 Schülern. Die SchülerInnen sind in den Physikstunden des Beobachtungszeitraumes bis auf wenige Ausnahmen immer anwesend. In anderen Unterrichtsgegenständen fehlt meistens die halbe Klasse, was auch teilweise auf die Physikstunden des ersten Semesters zutrifft. Teamwork und Lernen findet innerhalb verschiedener Gruppen der Klasse statt, die auch untereinander kooperieren.

Die Gruppe der Physikmaturanten (ein Drittel der Klasse) arbeitet intensiv und sehr gut, es finden viele themenspezifische Diskussionen untereinander und auch mit der Lehrerin statt. Auch eine größere Anzahl von "Nicht- Physikmaturanten" arbeitet konzentriert und motiviert am Themenbereich. Der restliche Teil der Klasse (ein Viertel) ist am Fach Physik generell nicht sonderlich interessiert. Auch von dieser Gruppe wird der Arbeitsbereich bearbeitet und fertiggestellt. Sie geben später zum Teil an, der Arbeitsbereich und die Arbeitsform sei für sie dennoch interessant gewesen.

Alle SchülerInnen der Klasse können ein positives Endergebnis aufweisen.

### 3.3 Auswertung und Analyse der SchülerInnenarbeit

Während des Beobachtungszeitraums wurden verschiedene Aspekte des eigenverantwortlichen Arbeitens mit multimedialer Unterstützung untersucht. Die Befragung der SchülerInnen erfolgte in allen Klassen, in denen die Arbeitsform durchgeführt wurde, die Auswertung wird in Prozenten pro Jahrgangsstufe angegeben.

#### 3.3.1 Arbeit mit dem Internet

**Frage 9:** In welchem Ausmaß hast du in etwa zur Erstellung deiner beiden Arbeiten das Internet genutzt?

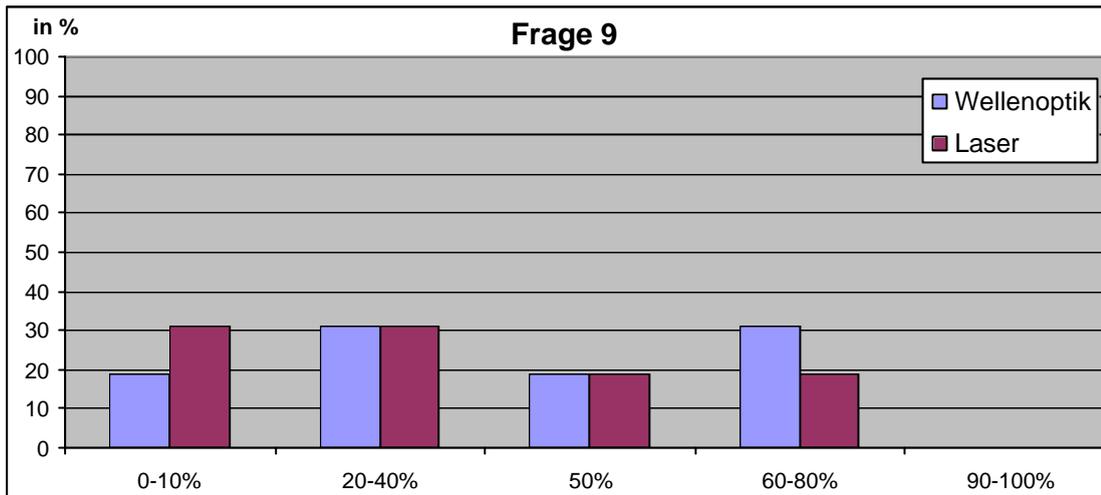


Abbildung 3.3.1.F9

Aus der Abbildung 3.3.1.F9 lässt sich ablesen, dass ein Drittel der Schüler das Internet während der Arbeitsphasen an den genannten Themenbereichen zu 20-40% genutzt hat. Niemand hat das Internet als einziges Arbeitsmedium verwendet.

Je nach Thema und Möglichkeit sollte die gesamte zur Verfügung stehende Palette an Arbeitsmaterial genutzt werden können. Innerhalb von Vorgaben und Grenzen, die sich aus den Lernzielen und dem Themenbereich ergeben, und die den Unterrichtsertrag sicher stellen, sollten sich die SchülerInnen, vor allem hinsichtlich der Unterrichtsmedien und Arbeitsunterlagen, aber auch der Sozialform, frei bewegen können.

Hierbei wird auch ihre Selbsterfahrung in Bezug auf ihre Arbeitsweise und dem Umgang mit dem gewählten Arbeitsmaterial im Sinne von Selbstbeobachtung, Lernfortschritte selbst zu registrieren, Ablaufcharakteristika und eigenem Funktionieren auch beim Arbeiten aus verschiedenen Unterlagen und Impulsen geschult. Das kann vom Lehrer gefördert werden, indem er Ansätze zu dieser Haltung bei Schülern verstärkt.

**Frage 8:**

Hast du für diese Themenarbeiten im Internet brauchbares Material gefunden?

- ja
- nein
- ich habe kaum mit Internet gearbeitet

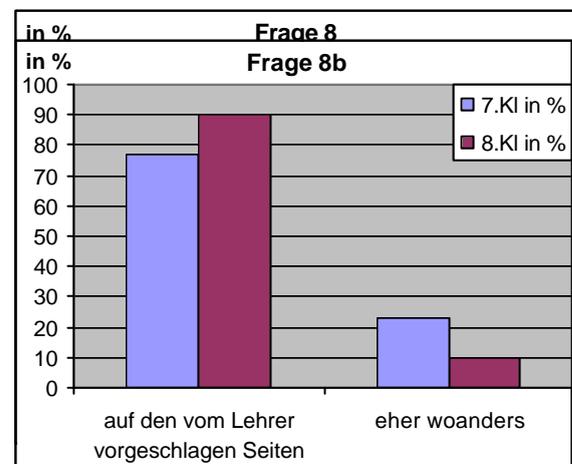
Abbildung 3.3.1.F8

**Frage 8b:**

Wenn ja dann:

- auf den Seiten, die vom Lehrer vorgeschlagen wurden
- eher woanders

Abbildung 3.3.1.F8b



Das mag einerseits mit der meistens aufreibenden und zeitaufwendigen Suche nach geeigneten Websites und dem Erkennenkönnen, was ist wichtig, was ist brauchbar, was ist richtig und was nicht, zu tun haben. Andererseits scheint die didaktisch richtige und altersgemäße Aufbereitung von Inhalten im Web von Bedeutung (vgl. Kap. 3.3.3 und Kap. 2.2).

Abbildung 3.3.1.F8b zeigt, dass die befragten SchülerInnen vorzugsweise auf den vom Lehrer empfohlenen bzw. aufbereiteten Seiten arbeiten.

**Frage 7:**

Wie glaubst du verwendet der Großteil der Klasse bei beiden Arbeitsbereichen das Internet?

- zielgerichtet als Wissensquelle
- neben Schulbüchern als Informationsquelle
- sie spielen eher herum
- sie können nicht viel damit anfangen

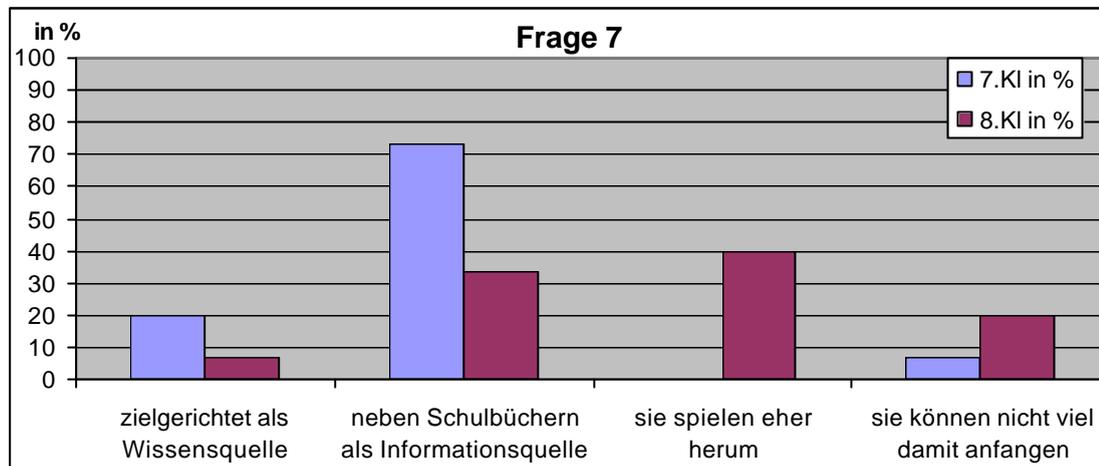


Abbildung 3.3.1.F7

Interessant erscheint in Abb. 3.3.1.F7 die gegenseitige Einschätzung der Klassenkameraden in der 8. Klasse, was typisch für die Struktur dieser Klasse ist.

**Frage 14:**

Wenn ich selbstständig arbeite, so arbeite ich lieber (Punkte vergeben: 1 Punkt = am wenigsten, 4 Punkte = am liebsten)

- mit Schulbüchern
- mit dem Internet
- experimentell
- mit dem Heft meines Nachbarn

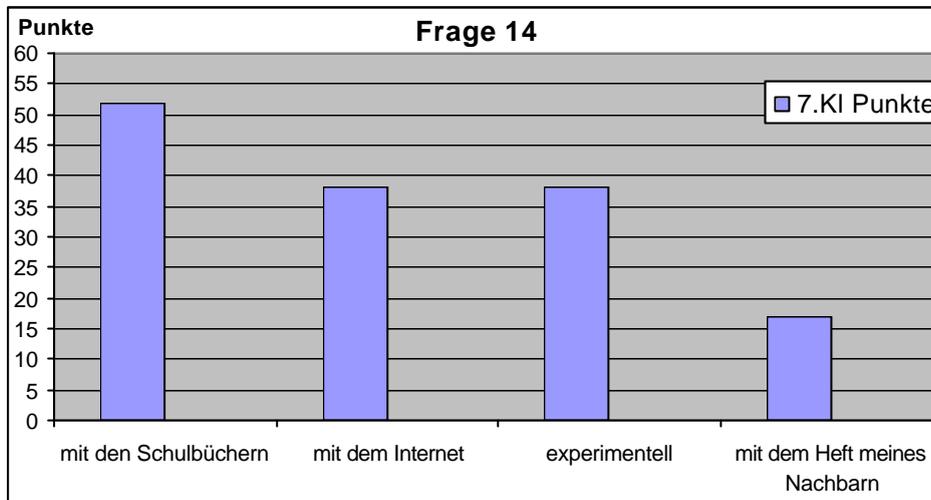


Abbildung 3.3.1.F714

In Abbildung Abb. 3.3.1.F14 zeigt sich eine hohe Wertigkeit hinsichtlich Verwendung der Schulbücher ( alle auf dem Markt befindlichen Schulbücher dieser Schulstufe stehen zur Verfügung ) beim selbstständigen Arbeiten, dicht gefolgt vom Internet und experimenteller Arbeit, die sich beide die Waage halten.

**Frage 10:**

Welche Anregungen nimmst du dir aus dem Internet?

SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F10

- a. *"..die Versuche zu beobachten, um sie besser zu verstehen. (7. Klasse)"*
- b. *"..Applets, die zu einem besseren Verständnis beitragen. (7. Klasse)"*
- c. *"..Ergänzungen, Versuchserklärungen. (7. Klasse)"*
- d. *"..Informationen mit Bildern. (7. Klasse)"*
- e. *"..Meistens sind es die graphischen Darstellungen, die das Verstehen erleichtern. (7. Klasse)"*
- f. *"..Bereiche, bei denen ich in den Büchern nicht genug Zusammenhang sehe. (7. Klasse)"*
- g. *"..neue, mir unbekannte Themenbereiche werden interessant. (8. Klasse)"*
- h. *"..die vom Lehrer vorgeschlagenen. (8. Klasse)"*
- i. *"..EDV-Bereich, wissenschaftlicher Bereich, Soziales. (8. Klasse)"*
- j. *"..Grafiken, Animationen. (8. Klasse)"*

**3.3.2. Bildung von physikalischem Grund- und Erweiterungswissen**

**Frage 3:**

Bei der Arbeitsform "selbstständiges Arbeiten" kann ich grundlegende Inhalte (Grundwissen)

- besser lernen
- eher schwerer lernen
- gar nicht lernen
- die Arbeitsform spielt dabei keine Rolle

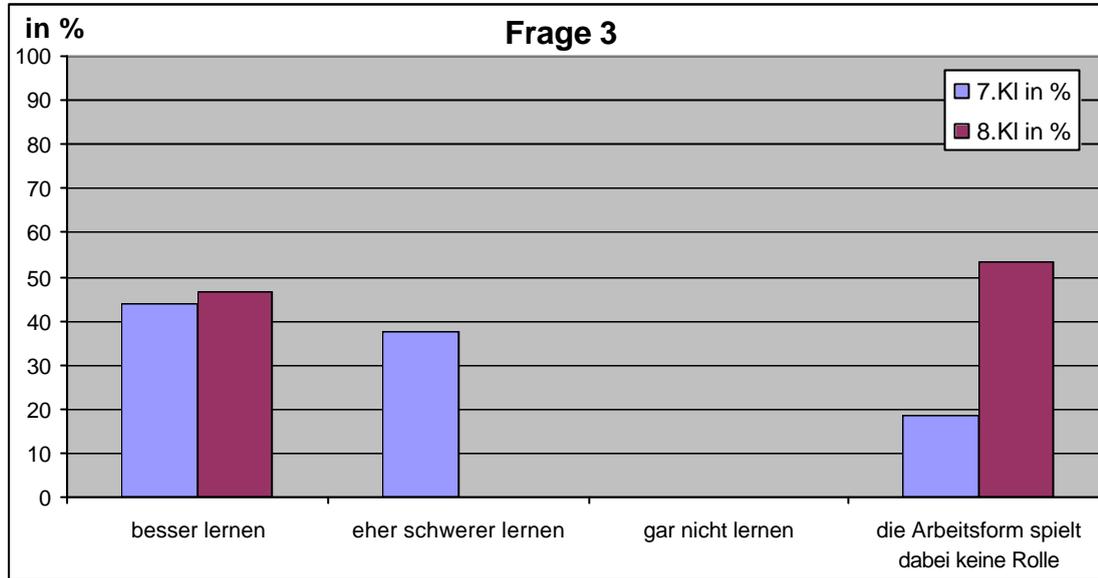


Abbildung 3.3.2.F3

**Frage 4:**

Kannst du bei dieser Arbeitsform (selbständiges Arbeiten) vertiefende Kenntnisse und Verstehen von physikalischen Vorgängen besser erreichen?

- ja
- erreiche ich, egal welche Arbeitsform
- nein
- erreiche ich eher nicht, egal welche Arbeitsform

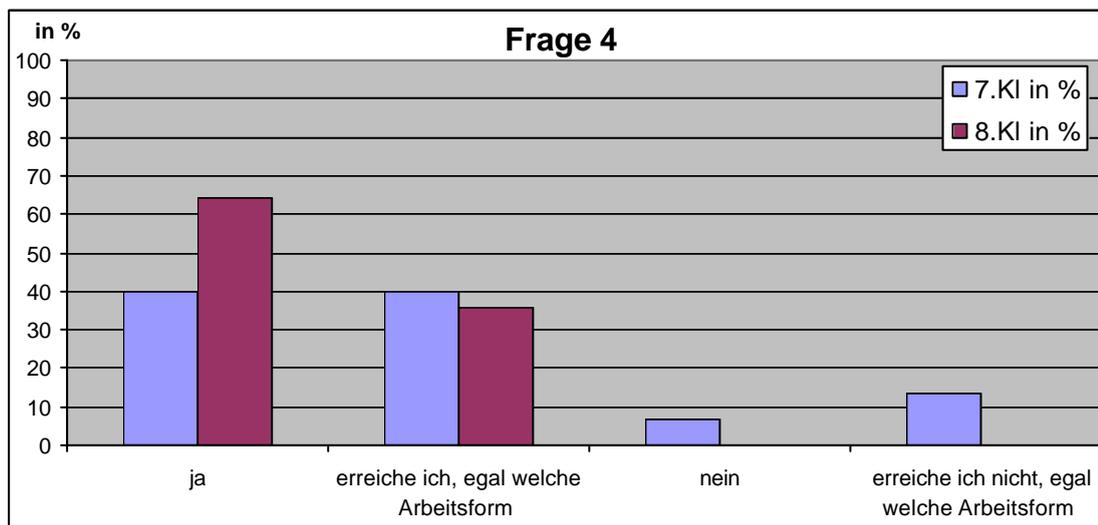


Abbildung 3.3.2.F4

Hinsichtlich der Frage 3, wie Grundwissen erlernt und verinnerlicht werden soll, zeigt sich in Abbildung 3.3.2.F3, dass nur die Hälfte der SchülerInnen angeben, Grundwissen selbstständig besser zu erlernen.

Nicht zu verzichten ist daher auf eine Einführung in jedes neue Kapitel, anhand derer SchülerInnen vorerst die wichtigsten Begriffe und grundlegenden Denkstrukturen dieses Fachbereiches kennenlernen können. Auf dieser Basis aufbauend kann weiterer Wissenserwerb (vertiefende Kenntnisse und Verstehen von physikalischen Vorgängen) in den untersuchten Klassen besser anhand von selbstständigen Arbeitsformen erreicht werden (Abbildung 3.3.2.F4). Die Altersstufe ist dabei durchaus zu berücksichtigen.

### 3.3.3 Physikalisches Interesse und Lernmotivation

#### Frage 5:

Glaubst du ist der gezielte Einsatz des Internets bei der Arbeitsform "eigenverantwortliches Arbeiten" eher geeignet für:

- gute Schüler
- schlechte Schüler
- alle Schüler
- niemanden

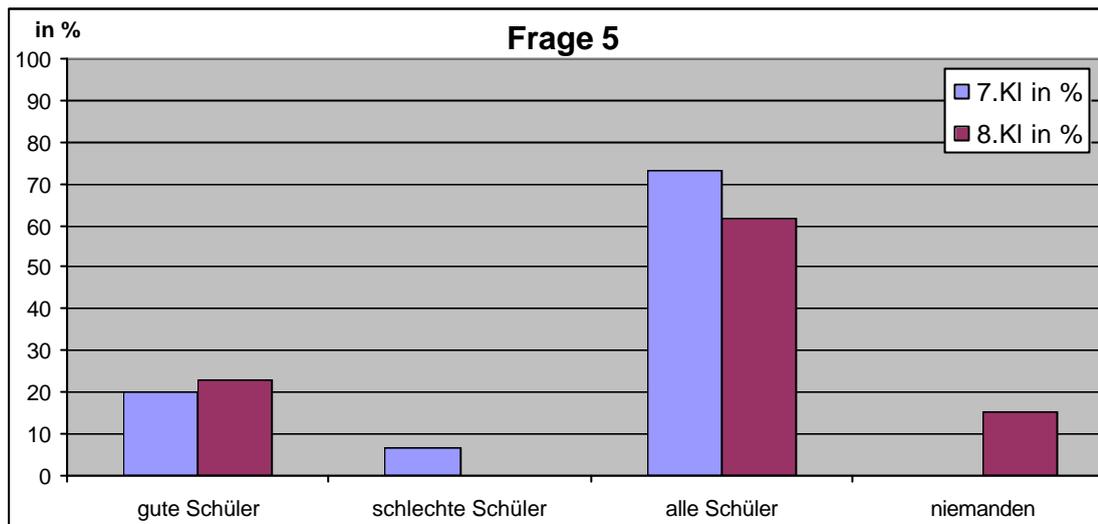


Abbildung 3.3.3.F5

Die Eignung des gezielten Einsatz des Internets wird vom überwiegenden Teil der befragten Personen als "für alle Schüler geeignet" empfunden, wobei sich diese Fragestellung auf OberstufenschülerInnen bezieht. Dieses Ergebnis deckt sich wiederum mit Unterrichtsbeobachtungen aus vorangegangenen Schuljahren und in anderen Klassen. Als Gründe werden wie folgt u.a. angegeben:

#### SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F5

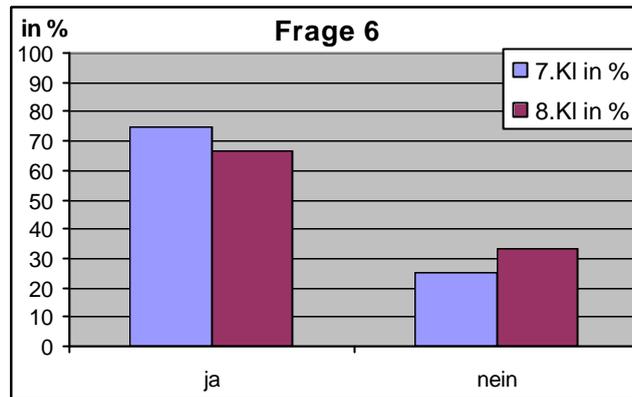
- a. *"..Es ist leicht sich zurecht zu finden und man kann es sich leichter vorstellen, wenn man ein Applet sieht."*
- b. *"..da gute Schüler strebsamer sind."*
- c. *".. für alle Schüler, es liegt bei jedem selbst, wieviel man nebenbei noch lernt."*
- d. *".. für alle Schüler, weil die Schüler eine bessere Übersicht haben können."*
- e. *".. für alle Schüler, weil es eine Unterstützung zum Buch ist."*
- f. *".. für alle Schüler, durch die Applets und Bilder wird es leichter."*
- g. *"..schlechte/faule Schüler können ohne großen Aufwand Zusatzinformationen erhalten, wenn sie wissen, wie sie richtig suchen."*
- h. *".. weil es für fast jeden Schüler eine Seite gibt, die ihm entspricht."*
- i. *".. weil man sich mit den Begriffen gut auseinandersetzen kann."*
- j. *".. für alle Schüler, da Informationen für gute und für schlechte Schüler vorhanden sind."*
- k. *".. für alle Schüler, im Internet sind viele Dinge anschaulich dargestellt."*
- l. *".. alle Schüler können zu einem bestimmten Thema Material finden, um diesen Stoffbereich zu ergänzen."*

- m. *".. für niemanden, da zu große Ablenkung."*
- n. *".. für gute Schüler, da schlechte Schüler eher zu Faulheit neigen und eigenverantwortlich wenig machen."*
- o. *".. für alle Schüler, das Internet ergänzt das Schulbuch."*

**Frage 6:**

Wurde dir durch den Einsatz des Internets der Zugang zur Physik erleichtert ?

Ein ähnliches Bild zeigt auch die Auswertung der Frage 6 (Abbildung 3.3.3.F6). Dreiviertel der befragten SchülerInnen, in deren Klasse die Untersuchung durchgeführt wurde, geben an, durch den Einsatz des Internets einen leichteren Zugang zur Physik zu erhalten. Hierbei beziehen sich die Gründe weniger auf das Interesse an Physik sondern vor allem auf die Motivation, Physik besser verstehen (Antwort 6.a bis 6.h), sich Dinge vorstellen zu können, um zu einem bessern physikalischen

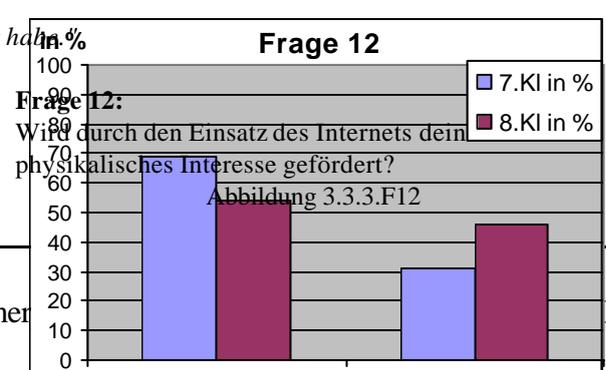
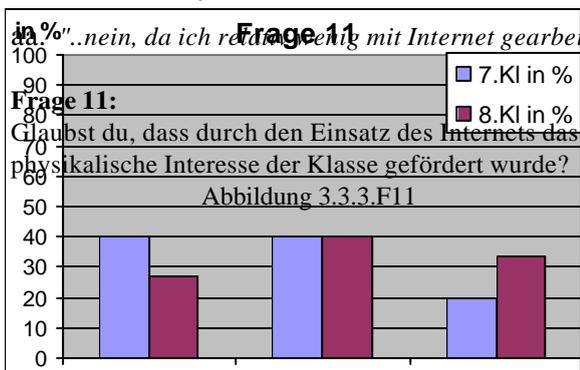


Verständnis zu gelangen (vgl. Kap. 2.2).

Ein Viertel der SchülerInnen beantwortet Frage 6 mit "nein", was sich weniger auf physikalisches Interesse und Verständnis sondern vorwiegend auf andere Gründe bezieht (Schülermeinungen 3.3.3.F6 j -n), wobei die Antwort F6.l darauf schließen lässt, dass auf die Person des Lehrers auch beim Erarbeiten von Inhalten am Computer nicht zu verzichten ist (vgl. dazu Kapitel 2.4 und Kapitel 3.3.4).

SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F6

- n. *".. ja, weil man den physikalischen Vorgang meistens auch visuell mitverfolgen kann (Applets) und dadurch leichter versteht"*
- o. *".. ja, weil es leichter zu verstehen ist. Man kann es sich besser vorstellen."*
- p. *".. ja, über Applets kann man Sachen besser verstehen."*
- q. *".. ja, da man mit Applets Physik leichter verstehen kann."*
- r. *".. ja, weil ich durch die verschiedenen Grafiken ein besseres Verständnis für die Arbeitsbereiche habe."*
- s. *".. ja, da die Versuche super gezeigt werden."*
- t. *"..ja, da es dafür eigene Seiten gibt, die für Schüler gut erklärt sind."*
- u. *"..ja, weil man gezwungen wird, sich mit dem Thema auseinander zu setzen - Verständnis."*
- v. *".. ja, durch Applets ist es mir möglich physikalische Versuche auch daheim zu erarbeiten."*
- w. *".. nein, Internet ist nicht die einzige Quelle."*
- x. *".. nein, ich benötige meistens eine Basis aus dem Buch, das Internet dient mir hauptsächlich zur Vertiefung."*
- y. *".. nicht ganz, zwischendurch braucht man auch den Lehrer."*
- z. *".. nein, man findet schwer etwas Genaues bzw. über die Funktionsweise."*



Ähnlich stellt sich der Sachverhalt auch in Frage 11 und 12 dar. (Abbildung 3.3.3.F11, Abbildung 3.3.3.F12.).

Vernachlässigt man in Abbildung 3.3.3.F11 den Bereich "weiß nicht", so zeigt sich in beiden Diagrammen ein nahezu gleicher Verhältniswert. Der überwiegende Anteil der Schüler fühlt sich durch das Internet zusätzlich motiviert, sich mit Physik zu beschäftigen, was wiederum, durch die Vielseitigkeit des Mediums Internet auf ein besseres, leichteres Verstehen, Umgehen mit den Sachverhalten zurückzuführen ist (SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F12.a. bis i). Der Lernerfolg ist höher, daher macht es auch mehr Spaß. Die Schüler trauen sich mit Physik zu beschäftigen.

Einige Aussagen beziehen sich auf grundsätzliches Interesse (SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F12.j. und k.) und grundsätzliches Desinteresse an der Physik (SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F12.m und n.).

#### SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F12

- o. *".. ja, es wird für mich lebendiger und auch flexibler"*
- p. *".. ja, weil viele Sachen im Internet besser beschrieben sind als im Schulbuch."*
- q. *".. ja, was man nicht aus Büchern lernen kann, kann man vielleicht aus dem Internet lernen."*
- r. *".. ja, da ich mir durch das Anschauungsmaterial besser vorstellen kann, worum es geht."*
- s. *".. ja, weil man sich das Ganze besser vorstellen kann."*
- t. *".. ja, weil es hilft zu verstehen und neue Aufgaben stellt."*
- u. *".. ja, man stößt auf viele verschiedene interessante Themen."*
- v. *".. ja, oft spielerisch erarbeitet, einfach erklärt, guter Aufbau."*
- w. *"..ja, es wird alles etwas anschaulicher."*
- x. *".. ja, ich interessiere mich sowieso für Physik."*
- y. *".. nein, weil es von vornherein vorhanden ist."*
- z. *".. nein, weil ich ungeduldig bin und man beim Internet solange warten muss, da schaue ich lieber im Buch nach."*
- aa. *".. nein, ich hab grundsätzlich was gegen Physik (mit Ausnahme Astronomie)."*
- bb. *".. nein, weil ich nicht oft mit dem Internet gearbeitet habe. Außerdem wird mir Physik immer ein Rätsel bleiben."*
- cc. *".. nein, ich arbeite lieber mit Büchern."*

#### **Motivation**

*« Motivation ist der ursprüngliche Trieb zur Tätigkeit lebendiger, insbesondere junger Menschen und Tiere. Sie ist in unseren Schülern vorhanden. Motivlernen bedeutet nichts anderes, als die Ströme der Aktivierung auf die rechten Bahnen, d.h. auf die rechten Inhalte, zu lenken. Der junge Mensch möchte sich betätigen, er sucht gerade die Gelegenheit dazu. Wo sie sich ihm bietet, macht er mit. Also müssen Lehrer den Schülern diese Gelegenheit schaffen. » (Aebli 1997, S 161)*

*« Der Ort des veranstalteten Lernens ist die Schule. Es ist ihr Problem, dass ohne die "Lehrveranstaltungen" des Lehrers nichts läuft. In der Schule versucht man etwas sehr Schwieriges: Lernen direkt auszulösen, ohne den Umweg über die echten Tätigkeiten. Der Schüler müsste daher direkt für das Lernen motiviert werden: noch einmal eine schwierige Aufgabe! » (Aebli 1997, S 149).*

#### Tätigkeitsmotivation und Lernmotivation:

Lebenstätigkeiten sind zielgerichtet und haben einen inneren Aufbau. Der tätige Mensch erwartet von seinem Handeln ein Ergebnis, welches in der Regel auch eintrifft. Lernen ist keine einfache Tätigkeit im oben beschriebenen Sinn und Lernmotivation ist etwas anderes als Tätigkeitsmotivation. Lernen ist ein Prozess und erzeugt eine Veränderung (Verbesserung) der Tätigkeit. Er wird sichtbar, wenn die Tätigkeit wiederholt und mit den ursprünglichen Ausführungen verglichen wird. Quantitative Lernfortschritte können problemlos beobachtet werden, verfolgen aber nicht die entscheidenden strukturellen Lernfortschritte, sondern nur deren Konsolidierung und Automatisierung (vgl. Aebli 1997, S 149 bis 151).

Wie können qualitative Lernfortschritte gemessen werden?

---

« Das Problem der Schule besteht vorerst darin, Tätigkeiten in Gang zu setzen, die motivierend sind. Erst wenn das geschehen ist, kann man sich das zweite Ziel setzen: für Verbesserung der Tätigkeit, also Lernen, und dafür sorgen, dass dieses seinerseits Motivation erzeugt und aufrecht erhält. » (Aebli 1997, S 150).

Es geht um die Frage, wie erreicht werden kann, dass sich SchülerInnen zum Beispiel mit dem Phänomen der Beugung oder relativistischen Fragestellungen auseinandersetzen. Wie können SchülerInnen motiviert werden, sich über Zeitdilatation oder über das Energieschema im Atom Gedanken zu machen? Warum empfindet ein hoher Prozentsatz der SchülerInnen in durchschnittlichen Gymnasialklassen, dass Physik ein Fach sei, bei dem man besser auf Distanz gehe?

Einerseits wurzelt die Antwort zum Teil in der Frage nach einer Werthierarchie in Schule, Elternhaus und Gesellschaft. Wertvermittlung durch die Schule und den Unterricht ist eine Tatsache, jede Unterrichtsstunde und jeder Lehrer leisten dazu einen Beitrag im positiven wie negativen Sinn. Andererseits spielen hier sicherlich auch die Stofffülle, der Schwierigkeitsgrad und das durchaus hohe Anforderungsniveau, das sich ergibt, wenn man Physik intensiver betreibt und den Anspruch auf allgemeines Verständnis stellt, eine Rolle.

Wie kann man SchülerInnen motivieren, sich mit Physik zu beschäftigen, wie kann man Interesse an Physik wecken und fördern?

Diese Untersuchung versucht dies durch einen verstärkten Einsatz des Internets zu erreichen, wie im Folgenden durch SchülerInnenmeinungen belegt wird.

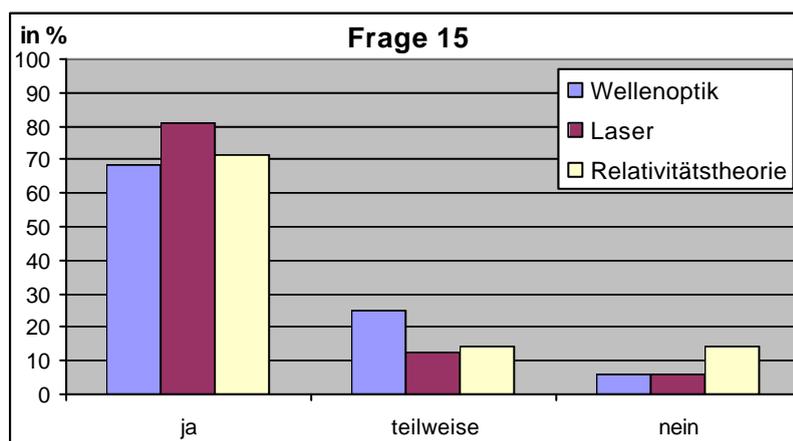
Es sollte nicht übersehen werden, dass ein doch beachtlicher Teil von 50-70% der befragten SchülerInnen bei Frage 12 (vgl. Abb. 3.3.3.F11 und Abb. 3.3.3.F12) angibt, dass durch das Arbeiten mit dem Internet ihr physikalisches Interesse gefördert wird. Dieser Anteil entspricht offensichtlich dem Teil der SchülerInnen einer Klasse, der motivierbar ist, sich mit physikalischen Vorgängen und Denkmodellen zu beschäftigen, der restliche Teil interessiert sich entweder sowieso für Physik (vgl. SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F12.j,k) oder ist dafür anscheinend nicht zu gewinnen (vgl. SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F12.m).

Hier zeigt sich: Je besser verständlich der Sachverhalt, je größer der Erfolg, desto höher ist die Motivation und die Bereitschaft, Zeit für weiteres Lernen zu investieren. Die SchülerInnen sollen merken, dass sie weiterkommen, der Erfolg motiviert zu weiteren Tätigkeiten.

Inwieweit ergibt sich aus der Erfolgsrückkopplung durch das Produkt Motivation zum Weiterlernen?

**Frage 15** Bist du mit dem Endprodukt deiner Arbeiten zufrieden?

Abbildung 3.3.3.F615



SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F15

- i. *".. ja, sehr, da genügend Quellen vorhanden waren und es für mich überhaupt kein Problem ist, eigenständige Gebiete zu erarbeiten. (Relativitätstheorie)"*
- j. *".. ja, sehr! (Laser)"*
- k. *"..ja, ich denk,e ich habe einiges dazugelernt. (Wellenoptik)"*
- l. *"..ja, die (meine) Erklärungen sind zwar lange, dafür aber genau. (Wellenoptik, Laser)"*

- m. *".. teilweise, hätte mich mehr anstrengen können! (Wellenoptik)"*
- n. *".. ja, es ist nicht schlecht geworden. (Relativitätstheorie)"*
- o. *".. naja, im Gegensatz zum letzten Jahr nicht! (Wellenoptik). Ja, Laser ergab sich doch als wesentlich interessanter (Laser)"*
- p. *"..nein, da ich zuwenig Zeit investierte. (Relativitätstheorie)"*
- q. *"..nein, als Minimalist halte ich alles kurz. (Relativitätstheorie)"*

Die Befragung hinsichtlich des Endergebnisses des Arbeitsphase (Abb. 3.3.3.F615) zeigt, dass bei allen drei Themenbereichen zwischen 70 und 80% der SchülerInnen mit ihrem "Produkt" zufrieden sind. Hier werden zunächst einmal vor allem quantitative Lernerfolge ersichtlich. Das lässt zwar über tatsächliches Verständnis und Wissen der bearbeiteten Sachverhalte noch keine Aussage treffen, jedoch ist die nötige Motivation für zukünftiges Arbeiten an physikalischen Sachverhalten zu erwarten (vgl. SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F15 a, b, c, f).

In den 7. Klassen wurde die Arbeit über den Bereich "Wellenoptik" vor dem Bereich "Laser" durchgeführt, wobei die Zufriedenheit bei der Laserarbeit bei über 80% der SchülerInnen gegeben ist. Das mag am Thema (vgl. SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F15 g) aber sicher auch an qualitativen Lernfortschritten liegen. Hinsichtlich der Selbsteinschätzung erkennen SchülerInnen auch ihre Schwächen selbst (vgl. SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F15 h,i,e).

#### Befähigung zu eigenen Fragen (Beobachtung)

Ist einmal ein grundlegendes Verständnis über die Sachverhalte gegeben, werden durchdachte weiterführende Fragen nicht nur von ausgezeichneten, sondern von allen Schülerinnen einer Klasse gestellt.

#### Anforderungsniveau und Schwierigkeitsgrad der Arbeitsbereiche

##### **Frage2:**

Der Arbeitsbereich war für dich

- zu schwierig      - eher schwierig      - es ging      - gut lösbar      - zu leicht

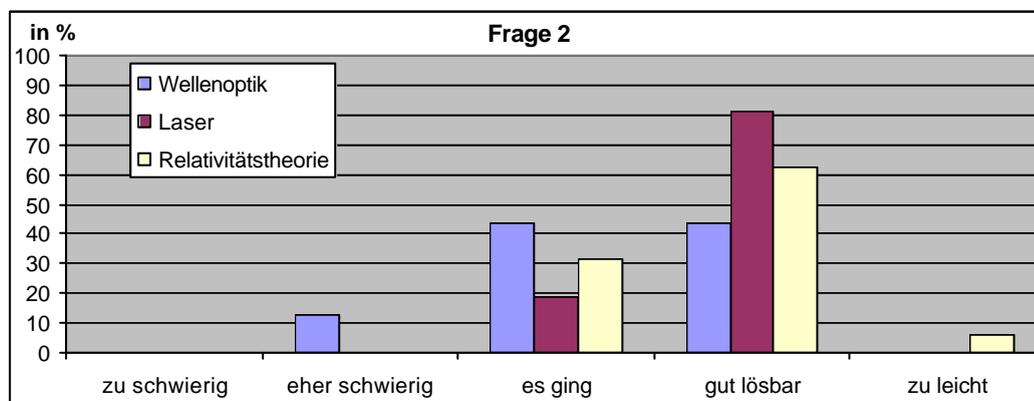


Abbildung 3.3.3.F2

#### SchülerInnenmeinungen 3.3.3.F2

- l. *".. gut lösbar, da genügend Quellen; wenn etwas unverständlich ist, ist die Rücksprache mit dem Lehrer immer möglich. (Relativitätstheorie)"*
- m. *".. gut lösbar, stand genug im Internet und es interessierte mich mehr. (Laser)"*
- n. *".. gut lösbar, da es viele Hilfsmittel gab, z.B. Internet, Buch. (Wellenoptik)"*
- o. *".. eher schwierig, weil ich oft gefehlt habe(Wellenoptik); .. gut lösbar, weil ich aus meinen Fehlern des Arbeitsbereichs Wellenoptik gelernt habe. (Laser)"*
- p. *".. gut lösbar, weil mich der Arbeitsbereich sehr interessiert und weil ich sehr gute Unterlagen gehabt habe (Bücher, Internet)! (Wellenoptik, Laser)"*
- q. *".. es ging, leider bin ich in Physik nicht so ein Genie, aber sogar ich habe es verstanden. (Wellenoptik)"*

- r. *".. gut lösbar, weil es mich interessierte. (Laser)"*
- s. *".. gut lösbar, wir bekamen es gut erklärt und mussten selbst einiges arbeiten (Wellenoptik)"*
- t. *".. gut lösbar, Materialien waren genug gegeben, bei Versuchen gab es Hindernisse, welche sich jedoch als lösbar herausstellten. (Wellenoptik)"*
- u. *".. gut lösbar, da Vorbesprechung im Unterricht . (Relativitätstheorie)"*
- v. *".. es ging, es ist ein schweres Thema der Physik und nicht so leicht zu verstehen. (Relativitätstheorie)"*
- w. *".. es ging, weil man verschiedene Hilfsmittel benutzen durfte . (Relativitätstheorie)"*

### Kommentar

Im Frontalunterricht, wie im Gruppen- oder Einzelunterricht, werden SchülerInnen laufend Probleme gestellt, die sie mehr oder weniger gut bewältigen können. Ergebnisse werden von manchen SchülerInnen rasch gefunden, andere brauchen länger.

Viele können den Gedankengängen oft nicht rasch genug folgen. Gerade diese SchülerInnen, die den Erfolg und die Aufmunterung am nötigsten haben, kommen dabei am schlechtesten weg. FEND & HELMKE stellen fest, dass *« bei der Ausbildung des Selbstbildes und des Selbstvertrauens der unmittelbare Erfahrungsraum des Schülers, nämlich das Geschehen in der Schule, der Schulerfolg und die Anerkennung durch den Lehrer, zentral sind.»* und *" Daher wird er danach trachten, in seiner Klasse nicht ein paar wenige Schüler Erfolg und Anerkennung finden zu lassen, sondern die Aufforderung so zu differenzieren und seine Anerkennung auf jene Charaktereigenschaften auszudehnen, die nicht von Leistungen alleine abhängen, so daß jeder Schüler das Bewußtsein entwickeln kann, etwas zu können und jemand zu sein. Dies ist Bedingung dafür, daß er sein persönliches Lernpotential ausschöpft.»* (vgl. Aebli 1997, S 167)

Überforderung, nicht altersgemäße Ansprüche hinsichtlich des Anforderungsniveaus, fehlendes Grundwissen, zu wenig Zeit um eigene Denkvorgänge zuzulassen, nicht erklärte und nicht nachvollziehbare Inhalte, zu große, nicht mehr übersehbare Stofffülle, lassen die Motivation für ein Stoffgebiet oder für einen Gegenstand sinken und das Interesse schwinden. Wir sollten daher in unserem Unterricht allen SchülerInnen ermöglichen, erfolgreich zu sein, zu Ergebnissen zu gelangen und zu spüren, dass sie weiterkommen. Selbstständiges Arbeiten mit u.a. auch der Verwendung des Internets ist nicht der einzig mögliche, aber dennoch sicherlich ein Weg, der Erfolg verspricht. Multimediales Physiklernen führt offensichtlich, zumindest in den während der Studie untersuchten Klassen, zu einem leichteren Zugang zur Physik, zur Erhöhung der Lernmotivation und dadurch zu einer Steigerung der Lernerfolge, was wiederum Neugierde am Fach weckt und das Interesse erhöht.

Es ist allgemein auch darauf hinzuweisen, dass Motivation ansteckt. Das Interesse und die entsprechende Aktivierung des Lehrers und des ersten von ihm angesteckten Schülers breitet sich auf die übrigen SchülerInnen aus.

Daraus ergibt sich auch, wie wichtig die Ausbildung und Weiterbildung der Lehrer ist und wieso es darauf ankommt, dass auch der Lehrer seine Interessen pflegt und erhält.

### 3.3.4 Was erwarten sich SchülerInnen vom Lehrer?

In den dazu befragten 7. Klassen ergibt sich folgende Reihung:

3. Bereitstellung von Materialien
4. Zusammenfassung, hilfreiche Korrektur der Arbeiten, Überblick am Ende der Arbeitsphase
5. Schaffung eines angenehmen Arbeitsklimas
6. Hilfe bei Informationsbeschaffung
7. Sicherung des Unterrichtsertrags

#### Frage 19:

Wenn ich bei der Lösung einer Aufgabenstellung (oder eines Teilbereiches) nicht mehr weiter weiß, bekomme ich von der Lehrerin:

- eine Antwort, die mir hilft den Lösungsweg selbst zu finden
- eine Antwort, die mir die fertige Lösung gibt
- eine Antwort, die mir nicht weiterhilft
- meistens keine Hilfestellung

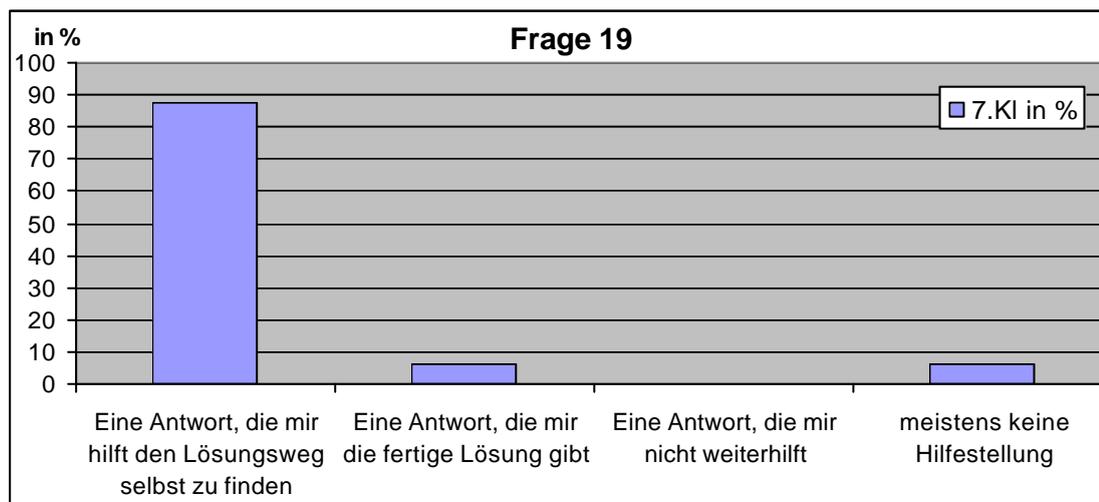


Abbildung 3.3.4.F19

### 3.4 Lernzielkontrolle

Der Einsatz von eigenverantwortlichem Arbeiten mit Arbeitsplänen und verschiedenen Medien als Unterrichtsmethode impliziert die Auseinandersetzung und Anpassung des Beurteilungssystems.

Grundsätzlich muss beachtet werden, dass das Beurteilungsschema für SchülerInnen, Eltern und Lehrer gleichermaßen transparent, eindeutig und vergleichbar zu gestalten ist.

Hier bieten sich mehrere Varianten an. Die Aufteilung eines Stoffbereiches kann in Basisbereich (Basisaufgaben), Erweiterungsbereich bzw. Vertiefungsbereich und in Zusatzbereiche mit differenzierten Aufgabenstellungen erfolgen.

Basisbereiche enthalten entweder elementare und aufbauende Inhalte (Grundwissen) oder leichtere Aufgabenstellungen, die geringere Leistungskompetenzen erfordern. In Erweiterungsbereichen finden sich fachlich schwierigere Aufgabenstellungen, ein breiter gefordertes Kompetenzspektrum, sowie überwiegend eigenständiges "Handeln und Tun". Als Zusatzbereich (Spezialgebiete) kommen Aufgabenstellungen in Betracht, die über den Erweiterungsbereich hinaus vertiefende Inhalte enthalten und nahezu ausschließlich eigenständiges Handeln, selbstständige Problemfindungs- und Lösungskompetenz auf fachlich anspruchsvollerem Niveau berücksichtigen.

### 3.4.1 Beurteilungskriterien

Zur Leistungsbeurteilung gelten bei den durchgeführten Arbeitsbereichen zusammengefasst für die unterschiedlichen Beurteilungsstufen folgende Kriterien.

<u>Beurteilungskriterien</u>	<u>Beurteilungsstufen</u>			
	/	/ /	/ / /	/ / / /
Durchführung aller in der Aufgabenstellung geforderten, der Beurteilungsstufe entsprechenden, <u>Tätigkeiten</u> .	/ / /	/ / / /	/ / / / /	/ / / / / /
<u>Bedeutung</u> der wichtigsten <u>Grundbegriffe</u> des Moduls kennen und wiedergeben können.	/ /	/ / /	/ / / /	/ / / / /
<u>Selbstständiges Arbeiten</u>				
a. mit Hilfestellungen.	/	/ /	/ / / /	/ / / / /
b. ohne Hilfestellungen			/	/ /
<u>Lösungswege</u>				
a. Vorgegebene Abläufe nachvollziehen können	/	/ /	/ / / /	/ / / / /
b. Anordnung der Teiltätigkeiten in der richtigen Reihenfolge (Sequenzierung).	/	/ / /	/ / / / /	/ / / / / /
c. Lösungswege eigenständig finden.			/	/ /
d. Weitgehende inhaltliche Richtigkeit bei der Realisierung der Teilschritte.		/	/ / /	/ / / /
Relevanz der eigenen Gedanken zu den gestellten Aufgabenbereichen	/	/	/ / /	/ / / / /
Relevanz der von SchülerInnen gestellten Fragen (Fragestellungen) während der Arbeitsphase.		/	/ / /	/ / / / /
<u>Länge der Arbeitszeit</u> - Arbeitsgeschwindigkeit.	/	/ / /	/ / / /	/ / / / / /
Sprachliche Präsentation der Zusammenhänge des Moduls				
a. im Groben	/	/ / /	/ / / / /	/ / / / / /
b. sprachlich präzise mit der notwendigen Terminologie			/	/ /

<u>Sozialkompetenz:</u> Bei Gruppenarbeiten				
a. Verantwortung übernehmen	∅	∅∅	∅∅∅	∅∅∅∅
b. Verlässlichkeit	∅	∅∅	∅∅∅	∅∅∅∅
c. Kooperation	∅	∅∅	∅∅∅	∅∅∅∅
d. Menge der relevanten Beiträge	∅	∅∅	∅∅	∅∅∅∅

Abb: 3.4.1 Für das Symbol ∅ ist je nach Sinnhaftigkeit einzusetzen:

- ∅∅ manchmal, selten, kaum, wenig, kaum erforderlich, erfolgt ab und zu, ..
- ∅∅ teilweise, mittel bis häufig, erfolgt meistens, ..
- ∅∅∅ immer, erfolgt zu Gänze, vollständig, hoch, ..

Auf diesem Schema basierend können Arbeitsbereiche nach folgenden Varianten beurteilt werden:

1. Vergabe von Punkten für die Teilaufgaben eines Arbeitsmoduls oder prozentuelle Aufteilung der Teilaufgaben eines Arbeitsmoduls.
2. Die Teilbereiche eines Moduls werden als bearbeitet, zum überwiegenden Teil bearbeitet und nicht bearbeitet bewertet.
3. Die Beurteilungsstufen sind bei den Teilaufgaben deklariert.

#### ad1)

Bei Variante 1 (siehe Arbeitsbereich LASER, Kap.5) lässt sich die Beurteilungsstufe anhand eines Notenschlüssels errechnen. Der Vorteil dieser beiden Varianten ist, dass diese (klassische) Art der Notenfindung allgemein bei SchülerInnen und Eltern bekannt ist und keiner ausführlichen Erklärung bedarf. Der Nachteil ergibt sich aus der Art, wie SchülerInnen ihre Beurteilung erreichen können. Die Aufteilung der Teilaufgaben eines Arbeitsmoduls nach Punkten oder Prozenten kann SchülerInnen manchmal zu einem Arbeitsverhalten motivieren, das mehr einer "Jagd nach Punkten" und weniger einem Streben nach Inhalten gleichkommt. Dabei kann beobachtet werden, dass das zum Erreichen der niedrigeren Notenstufen, je nach Aufteilung, häufig Aufgabenstellungen nur begonnen und nicht vollständig durchgearbeitet werden müssen. Dadurch kann sich ein sehr lückenhaftes Wissen, überall ein bisschen, über den Arbeitsbereich ergeben, unter Umständen auch fehlendes Basiswissen, auch wenn bei der Aufteilung der Punkteanzahl hinsichtlich der Differenzierung Basiswissen - Erweiterungswissen Rücksicht genommen wurde. Das kann dazu führen, dass die aufgrund der erreichten Punkteanzahl zu gebende Note nicht der Gesamtheit der im Beurteilungsschema geforderten Kriterien oder des Stoffbereichs entspricht.

#### ad2)

Anders werden in Punkt 2 (und 3) die Inhalte und die geforderten Handlungen und Tätigkeiten der Teilaufgaben direkt einer Beurteilungsstufe zugewiesen und gekennzeichnet. Dadurch sind die SchülerInnen aufgefordert, sich zuerst mit elementaren Inhalten auseinander zu setzen. Sie können so zuerst die Struktur der vorgegebenen Problemstellungen und vorgezeichneten Lösungswege sachadäquat nachvollziehen, um dann, auf Basis des erreichten Grundwissens, die nächste Stufe zu beschreiten. AELBLI (1997) spricht davon, dass es « für jedes Kind in jedem Moment seiner Entwicklung eine Zone des nächsten Entwicklungsschrittes gebe. Attraktiv sind für junge Menschen jene Angebote, die es ihm ermöglichen, den nächsten Entwicklungsschritt zu realisieren. »

Beim Arbeitsbereich Relativitätstheorie (vgl. Kap.5) und im Arbeitsbereich Wellenoptik (vgl. Kap.5) wurden die Teilbereiche eines Moduls als **bearbeitet, zum überwiegenden Teil bearbeitet** und **nicht bearbeitet** bewertet. Zuerst sind die Basisbereiche durchzuarbeiten, in weiterer Folge Erweiterungsbereiche. Zwischen Arbeitsphase (Lernphase) und Lerzielkontrolle nach Abschluss der Arbeit muss bei der Beurteilung unterschieden werden. Bei Aufforderungen zur Offenlegung ihres Tuns und Denkens (Messungen, Skizzen, Berichte, Protokolle, Beschreibungen, Überlegungen der Strukturen und Modelle der bearbeiteten Inhalte, Zusammenfassungen,..) erleben sich die SchülerInnen als autonom .

Die von den jeweiligen SchülerInnen erreichte Beurteilungsstufe ergibt sich aus der Summe der schriftlichen Arbeit, der Interaktion und der mündlichen Gespräche (sprachliche Präsentation) über das Sachgebiet auf Basis der Beurteilungskriterien.

### 3.4.2. SchülerInnenbefragung

Auswertung des Fragebogens hinsichtlich des Beurteilungsschemas in allen Klassen (Relativitätstheorie, Laser, Wellenoptik):

**Frage 22:**

Die Leistungsbeurteilung deiner Arbeit durch den Lehrer

- stimmt
- stimmt nicht

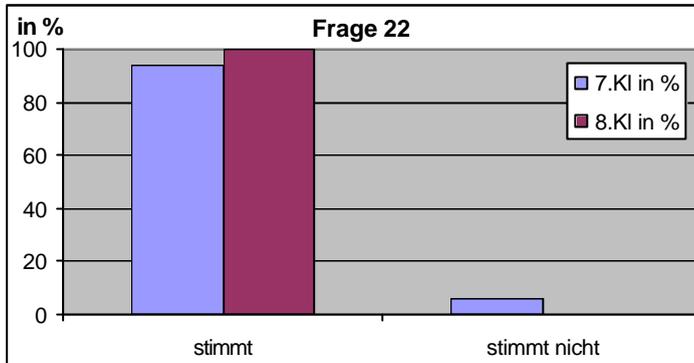


Abbildung 3.4.2.F22

Als Begründung gaben die SchülerInnen u.a. an:

SchülerInnenmeinungen 3.4.2.F22

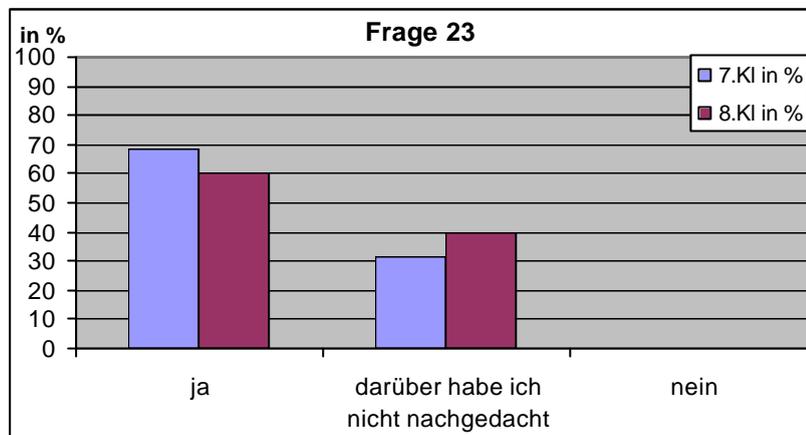
- a. *"..stimmt, weil die Lehrerin oft bei uns war und genau weiß, wer selbständig gearbeitet hat und wer nicht! Sie kennt sich aus!"*
- b. *".. stimmt, weil ich ordentlich gearbeitet habe."*
- c. *".. stimmt, weil ich durchschnittlich befriedigend gearbeitet habe."*
- d. *"..stimmt, weil Sie wissen, dass ich mehr könnte, wenn ich mich anstrenge"*
- e. *"..stimmt, weil ich mich wirklich viel mit dem Laser beschäftigt habe und mich sehr dafür interessiert habe"*
- f. *".. stimmt, da sie schwarz auf weiß beweisbar ist"*
- g. *".. stimmt, weil nach Verständnis und nicht nach Auswendiglernen beurteilt wird."*

Warum von einer der befragten SchülerIn die Variante "stimmt nicht" angekreuzt wurde, wurde nicht begründet.

**Frage 23:**

Findest du, dass die Beurteilungsform des Lehrers mit der Form der Erarbeitung des Stoffbereiches zusammenpasst?

- ja
- darüber habe ich nicht nachgedacht
- nein



.....Abbildung 3.4.2.F23

Hinweis

Wesentlich für alle Beurteilungsschemen ist die **Transparenz**, die **Verlässlichkeit** und die **Nachvollziehbarkeit**. Eine positive (gute) Endbeurteilung ist für SchülerInnen neben dem Erlangen von Wissen und erweiterten Kompetenzen ja sicherlich ein wesentliches Ziel, da nur so die nächste Schulstufe erreicht werden kann. Es muss daher jederzeit klar sein, auf welcher Beurteilungsstufe der Lernende gerade eingestuft werden kann und welche Tätigkeiten für die angestrebte Beurteilungsstufe noch zu tun sind.

Wird das Beurteilungssystem mit SchülerInnen erarbeitet, besprochen und klar vereinbart, dann wird auch die Notengebung für SchülerInnen und Eltern klar und einsichtig sein. SchülerInnen neigen eher dazu sich selbst kritischer und strenger zu beurteilen, als es der Lehrer tut (vgl. Abb. 4.2.F20).

"Überraschungen", z.B. plötzliche, unklare Änderungen des Schemas, plötzliche Tests und dergleichen, sollten tunlichst vermieden werden, da sie die Vertrauensbasis (Verlässlichkeit) empfindlich stören.

**Frage 20:**

Wie würdest du deine eigene Leistung beurteilen? Sei ehrlich zu dir selbst!

- Durcharbeiten der Quellen
- Genauigkeit beim Erarbeiten der Inhalte
- Selbstständigkeit bei der Ausarbeitung
- Kenntnis über die erarbeiteten Bereiche
- Teamfähigkeit

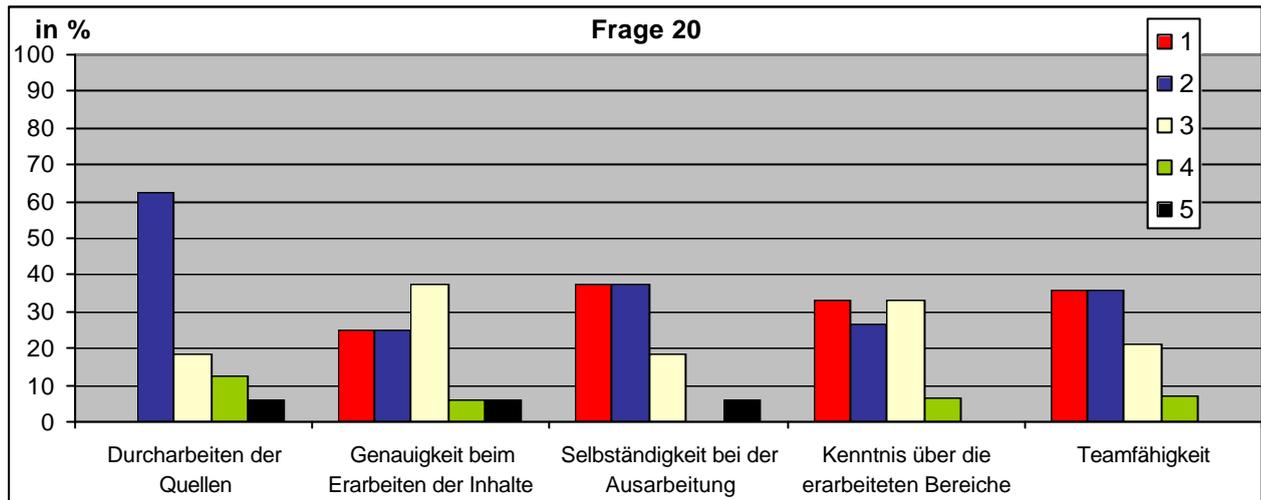


Abbildung 3.4.2.F20

Die Frage wurde nur in den 7. Klassen gestellt. Jeder Bereich ergibt jeweils 100% - es wird jeweils der Notenquerschnitt von 1-5 pro Bereich dargestellt.

### 3.4.3 Ausblick: Erweiterte Beurteilungsvarianten

Ein Beurteilungssystem sollte aber in sich nicht starr sein und nach Abschluss von Arbeitsbereichen jedes Mal überdacht - und wenn nötig - überarbeitet und erweitert werden.

Als eine Variante bieten sich Arbeitsmodule mit bereits ausgewiesenen Beurteilungsstufen an.

Welche erweiterte Möglichkeiten zur Leistungsbeurteilung sich aus eigenverantwortlichem Arbeiten und Lernen unter Einsatz des Internets neben anderen Methoden ergeben und zu entwickeln sind, sei Gegenstand zukünftiger Untersuchungen.

## 3.5 Unterrichtsbeobachtung von Hansjörg Kunze

Unterrichtsbeobachtung  
7. Klasse BORG Hasnerplatz

Hansjörg Kunze  
Projekt IMST

Prof. Mag Andrea Mayer

Thema der Unterrichtsstunde: Optik  
Methode: Planarbeit mit Interneteinsatz

### Lernumgebung Internet

Die SchülerInnen arbeiteten nach einem vorgegebenen Plan, in dem vielfältige Informationsmedien angeboten sind, u.a. auch Webadressen.

Neben der Internetarbeit sind auch Versuche durchzuführen und Schulbücher und andere einschlägige schriftliche Informationsunterlagen verwendet worden. Mag. Mayer stand auch als Auskunftsperson zur Verfügung.

### Beschreibung der Beobachtungen

Am Beginn der Stunde wurden die SchülerInnen von Mag. Mayer gebeten, kurz ihre bisherige Arbeit vorzustellen. Dies erfolgte sehr kompetent.

Anschließend begannen die SchülerInnen mit ihrer individuellen Arbeit an den Themen des Arbeitsplanes. Diese Arbeit erfolgte an allen vorhin dargelegten Informationsmöglichkeiten. Einige führten einen Beugungsversuch durch und versuchten diesen zu protokollieren. Andere arbeiteten am PC, wo auch interaktive Programme zur Verfügung standen. Wieder andere bearbeiteten einen Schulbuchtext. Mag. Mayer wurde für nähere Erklärungen laufend beansprucht. Die Arbeit erfolgte individuell in konzentrierter Arbeitshaltung. Interessant zu beobachten waren auch Gespräche zu den Themen der SchülerInnen untereinander.

#### Schülerinterviews:

In einigen Einzelgesprächen wurde die hohe Motivation in dieser Unterrichtsarbeit bestätigt, einige Male wurde auch der Vergleich mit anderen Unterrichtsformen wie Vortragsunterricht angesprochen und dem Arbeitsunterricht eindeutig der Vorrang gegeben.

Einige Fragen hinsichtlich des physikalischen Verständnisses der bearbeiteten Themen (u.a. Beugung am Gitter) ergaben wenig Einsicht, auf diesen Aspekt wird später noch reflektierend eingegangen.

#### Zusammenfassung:

Die Beobachtung zeigte hohe Konzentration, große Motivation und große Arbeitsdisziplin bei allen SchülerInnen.

Auffallend war der selbstverständliche Umgang mit dem Informationsmedium PC festzustellen. In diesem Unterricht wurde besonders die Schulung von einigen dynamischen Fähigkeiten deutlich sichtbar, wie sie im neuen Lehrplan 2000 festgeschrieben sind als Bildungsziele. .

#### Kommentar

#### **Betrachtungen zum physikalischen Verständnis aus Beobachtung und langjähriger Erfahrung des Beobachters**

Besonders soll noch einmal die Möglichkeit der Schulung dynamischer Fähigkeiten durch diese Art von Unterricht hervorgehoben werden. Genauso muss aber deutlich gemacht werden, dass auch dieser Unterricht kaum physikalisches Verständnis bewirken kann..

Grundsätzlich ist festzustellen, dass physikalisches Verständnis in der Schule als Allgemeinbildung ein uneinlösbarer Anspruch ist. Abgesehen von einigen begabten SchülerInnen, kann dies aus vielen Gründen nicht gelingen.

Das Erreichen von physikalischem Verständnis setzt intensive ständige Auseinandersetzung mit physikalischen Erkenntnissen und Ergebnissen voraus. Dies allein kann schon nicht vorausgesetzt werden. Weiters setzt das Erreichen von physikalischem Verständnis einschlägige Begabung voraus, auch dies ist nur vereinzelt gegeben. Weiters bringt die Verwendung mathematischer Kenntnisse in der Physik eine zusätzliche Verständnisbarriere, vor allem auch im Gebrauch verfügbarer mathematischer Fertigkeiten.

Auch die Verwendung der Fachsprache müsste erlernt werden.

Diese Aussagen beziehen sich auf den systematischen Physikunterricht, wie er derzeit und schon jahrzehntelang didaktisch vorgegeben wird. Dies bedeutet nicht, dass im Zusammenhang mit Physik allgemeinbildende Aspekte, und wahrscheinlich in erster Linie aus der Physik, zum Tragen kommen müssen. Zu denken ist vor allem an die vielen Bereiche des täglichen Lebens, in denen physikalische Grundlagen prägend sind, stellvertretend sei das Verkehrsgeschehen erwähnt.

Um diese Art von physikalischer Allgemeinbildung zu erreichen, ist die beobachtete Unterrichtsform, vor allem der Einsatz des PC, sicher von großer Bedeutung.

### 4. Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde der Einsatz des Internets im Rahmen von eigenverantwortlichem Arbeiten und Lernen im Physikunterricht untersucht.

Auf Grund der erhobenen Daten scheint der Schluss gerechtfertigt, dass die in Kapitel 1.1 genannten Ziele in den untersuchten Klassen erreicht wurden.

Durch die selbstständige Beschäftigung mit den Themenkreisen, die freie Wahl der Arbeitsmedien (Internet, Schulbücher, selbstständiges Experimentieren, Zeitschriften, Bücher,...) sowie die frei wählbare Sozialform konnte von allen SchülerInnen Grundwissen effizient erreicht und vertieft werden.

Viele SchülerInnen gelangten auf unterschiedlichem Niveau zu Erweiterungswissen und zu vertieften Kenntnissen.

Auch zeigte sich in den untersuchten Klassen weiters ein angenehmes und produktives Arbeitsklima.

Hinsichtlich der Erhöhung der Lernmotivation ergab sich in der Untersuchung, dass selbstständiges Arbeiten mit Verwendung des Internets eine Möglichkeit ist, die Erfolg verspricht. Multimediales Physiklernen führt offensichtlich, zumindest in den in der Studie untersuchten Klassen, zu einem leichteren Zugang zur Physik, zur Erhöhung der Lernmotivation und dadurch zu einer Steigerung des Lernerfolges, was wiederum die Neugierde am Fach weckt und das Interesse erhöht (vgl. Kap. 3.3.3).

Die Zufriedenheit der SchülerInnen mit ihren Endprodukten lässt zwar über tatsächliches Verständnis und Wissen der bearbeiteten Sachverhalte noch keine Aussage treffen, jedoch ist die nötige Motivation für zukünftiges Arbeiten an physikalischen Sachverhalten zu erwarten.

#### Frage nach physikalischem Verständnis bei SchülerInnen

Das Erreichen von physikalischem Verständnis setzt unter anderem intensive ständige Auseinandersetzung mit physikalischen Erkenntnissen und Ergebnissen wie auch Zeit, um sich mit Physik beschäftigen zu können und das auch zu wollen, voraus.

SchülerInnen beschäftigen sich gerne mit dem Internet und dessen multimedialer Aufbereitung von Sachverhalten. Warum sollten wir uns dieses Medium also nicht im Unterricht zu Nutze machen?

Bei einer Mitverwendung des Internets im Unterricht zeigt sich in der Studie deutlich, dass auch die SchülerInnen, 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 scheinen hierbei gut programmierte Applets zu sein, die Sachverhalte leicht verständlich aber fachlich richtig darstellen. Weiters spielt auch die Art der Website eine wesentliche Rolle, da nicht jede Seite vom fachlichen Anspruch her für Schüler 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.

Belegt kann dies vor allem durch die besondere Situation in der beobachteten 8. Klasse werden, die zum Zeitpunkt der Studie kurz vor der Matura (2. Semester) stand. Die Physiknoten standen vor Beginn des Arbeitsbereiches Relativitätstheorie im Wesentlichen fest, niemandem drohte ein "Nicht Genügend". Die SchülerInnen der Klasse arbeiteten dennoch mit viel Eifer, Zeitaufwand und hoher Motivation am Thema, was sicherlich durch die Arbeitsform zu begründen ist.

Hoher Arbeitseifer und Freude am Lernen zeigte sich auch in den 7. Klassen. Die SchülerInnen konnten deutlich höhere Leistungen erreichen als in vergleichbaren herkömmlichen Unterrichtssituationen. Auch waren die Lerninhalte bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Ende des Unterrichtsjahres) verfügbar.

Der Nutzen des Internets im Unterricht begründet sich neben anderen Vorzügen vor allem in den speziellen Möglichkeiten der multimedialen Aufbereitung, anhand derer Sachverhalte gut durchschaubar und interaktiv dargestellt werden können. Das führt im Idealfall auch zur *Einsicht in diese andere Begrifflichkeit der Physik*, wie von Labudde gefordert wird. SchülerInnen sollen diese nun mit ihrer Denkstruktur verknüpfen, bis hin zum gewünschten Paradigmenwechsel ihrer Alltagsanschauung zum physikalischem Denken.

Zusammengefasst zeigt sich: Je besser aufbereitet die Webseiten, je verständlicher der Sachverhalt, je größer der Erfolg der SchülerInnen, desto höher sind Motivation und Bereitschaft Zeit für weiteres Physiklernen zu investieren.

## Zusammenfassung

---

### Die Rolle des Lehrers

Die Rolle des Lehrers und die damit einhergehenden Aktivitäten verändern sich bei dieser Arbeitsform erheblich. Die Aufgaben des Lehrers werden auch weiterhin sein den jeweiligen Lernprozess zu arrangieren und den SchülerInnen bei Bedarf zur Seite zu stehen. Es verändert sich jedoch dabei ihre Funktion vom reinen Wissensvermittler und Kontrolleur zum Berater dergestalt, dass sie sich über Lernfragen, Aufgabenstellungen, Materialangebote, Beratungsleistungen etc. in den Lernprozess der SchülerInnen einbringen. Auch die Beurteilungsformen müssen der Arbeitsform angepasst werden.

### Nur Internet?

Lernen aus verschiedenen Quellen anhand verschiedener Arbeitsmedien und verschiedener Tätigkeiten ist im Sinne eines ganzheitlichen Unterrichtsansatzes unbedingt notwendig. Es müssen verschiedene Sinne (Hand-Herz-Hirn) angesprochen werden. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass der Einsatz des Internets im Unterricht nur eine neben vielen Methoden darstellt, aber seine Vorzüge im Unterricht auf einfache Weise genutzt werden können.

### Impressionen:



## 5. Material

## 5.1 Arbeitsbereich Relativitätstheorie

8.Klasse

**Arbeitsanleitung:**

✍️ **Bearbeite so viele Bereiche** wie möglich! Du darfst dabei alle Unterlagen und Quellen verwenden, in denen physikalische Richtigkeit gegeben ist.

✍️ Mach dir zuerst einen **genauen Zeitplan**, wann und **aus welcher Quelle** du etwas bearbeiten möchtest (bitte dem Lehrer/der Lehrerin zeigen).

✍️ Du kannst **alleine** oder im **Zweierteam** arbeiten.

✍️ **Notiere** alle deine erarbeiteten Ergebnisse.

✍️ **Weniger ist oft mehr: Wähle gut aus**, welche Fragen du beantworten möchtest. (Überall ein bisschen bringt nichts.)

✍️ Du solltest aber **mindestens 5 der Aufgabenstellungen** behandeln.

✍️ **Notiere** jede Stunde **deinen Arbeitserfolg** und die **Quellen** in deinem **Übersichtsplan** ("Tagebuch").

✍️ Wenn du fertig bist oder die vereinbarte Zeit aus ist, kannst du deine Unterlagen dem Lehrer/der Lehrerin **abgeben**.

**Aufgabenstellung:**

- 1) Finde ein Beispiel, an dem du den Begriff "**Gleichzeitigkeit**" erklären kannst.  
Gibt es überhaupt eine absolute Gleichzeitigkeit? Was versteht man unter der "Relativität der Gleichzeitigkeit"?
- 2) Ein **fiktives Raumschiff** benötigt für die einfache Fahrt bis zum nächsten Fixstern (Proxima Centauri) 1 Jahr. Die Entfernung beträgt 4,3 Lichtjahre.
  - a) Mit welcher Geschwindigkeit **v** müsste es fliegen?  
(Ansatz: Hat das Raumschiff die Geschwindigkeit v, dann benötigt es nach irdischer Zeitrechnung  $t' = 4,3 \cdot c/v$  Jahre)
  - b) Wieviel Zeit vergeht inzwischen auf der Erde?
- 3) Überlege das **Zwillingsparadoxon**: Warum kann die Argumentation nicht umgedreht werden (d.h. der Raumfahrer wäre bei Rückkunft schneller gealtert als sein Freund auf der Erde)?  
Warum könnte man überhaupt auf die Idee kommen, die Argumentation umzukehren?
- 4) Wie verändert sich durch die **spezielle Relativitätstheorie** unsere Sicht von **Masse**?  
Interpretiere dabei die entsprechenden Formeln und vergleiche mit der klassischen Mechanik.  
Wie wird die Masse in der Newtonschen Mechanik gesehen?  
(Wiederhole das Aktionsprinzip)
- 5) a) **Berechne** auf das Wievielfache sich die Masse eines Körpers erhöht, wenn seine Geschwindigkeit i) 90% ii) 99% iii) 99,99% der Lichtgeschwindigkeit beträgt?  
b) Beschreibe und interpretiere die **relativistische Massenzunahme**.
- 6) Was versteht man unter der **Äquivalenz von Masse und Energie**? Gib ein Beispiel an.
- 7) Wann gilt die **Newtonsche Mechanik**, wann nicht?  
Begründe deine Antwort!

- 
- 8) Welche Konsequenzen ergeben die Einbindung der **Gravitation** in die **Relativitätstheorie**
- Was ist Gravitation?
  - Wie wirkt sich eine Masse auf den Raum aus?
  - Welche Wirkung hat die Gravitation auf die Zeit (Uhren)?
  - Was sind Gravitationslinsen? (**Gravitationslinsen?**)
- 9) Was ist **GPS** und was hat das mit der RT zu tun?
- 10) Welche Erscheinungen geben Hinweis darauf, dass Einstein Recht hatte?  
Beschreibe **eine Erscheinung**, die noch nicht in den obigen Fragestellungen behandelt wurde.
- 11) Welche relativistischen Effekte treten bei einem **schwarzen Loch** auf?  
Was ist überhaupt ein schwarzes Loch?  
Kann man schwarze Löcher "sehen"?
- 12) Welche Fragestellung bleibt für dich offen? Was konnte nicht geklärt werden?  
Formuliere deine Idee/Ideen und versuche ansatzweise Lösungen zu finden.
- 

### Mögliche Quellen:

**Schulbücher:** Basiswissen 4, Sexl 4, Schreiner 4,..

**Buchtipps:** Stephen Hawking: Die illustrierte kurze Geschichte der Zeit.  
George Gamov: Mr Tomkins seltsame Reise durch Kosmos und Mikrokosmos.  
Pierre Luminet: Schwarze Löcher.

### **Empfohlene Links:**

-  diese Quelle ist etwas leichter zu lesen
  -  diese Quelle ist komplexer und daher etwas schwieriger
  -  <http://home.a-city.de/walter.fendt/zeitdil.htm> **Die Zeitdilatation** (W.Fendt) mit Java Interaktion! Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie, der Doppler- Effekt, ein Beispiel für die Zeitdilatation, Zeitdilatation - genauer betrachtet.
  -  <http://www.quarks.de/relativ/> **Die Relativitätstheorie - einfach erklärt** (Westdeutscher Rundfunk): Lichtgeschwindigkeit, eine (fiktive)Fahrt mit Lichtgeschwindigkeit, aus Masse wird Energie, das Problem der Zeit, schwarze Löcher, gekrümmter Raum, Einsteins Theorie - und der erste Beweis, was sind Gravitationswellen?
  -  <http://www.kornelius.de/arth/index.html> **Die Allgemeine Relativitätstheorie als Bildergeschichte** - eine kleine Einführung in die Ideen Albert Einsteins - mit Luki, dem Sternenforscher.
  -  <http://www.ap.univie.ac.at/users/fe/rel.html> **Relativistische Korrekturen für GPS** - GPS als Test für die allgemeine Relativitätstheorie (Franz Embacher).
  -  <http://www.ap.univie.ac.at/users/fe/Rel/Lichtablenkung/> **Lichtablenkung im Gravitationsfeld** und Gravitationslinsen (Franz Embacher).
  -  <http://www.fourmilab.ch/cship/cship.html> C-ship- **Effekte der Speziellen RT.** [engl.]
  -  <http://www.univie.ac.at/future.media/mo/galerie/struct/struct.html#lorentz> Applet zur **Lorentztransformation** (Franz Embacher) Effekte der Speziellen Relativitätstheorie (Relativität der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation, Längenkontraktion) können hier betrachtet werden.
  -  <http://www.aip.org/history/einstein/> Das Leben und Wirken von **Albert Einstein.** [engl.]
-

---

Falls diese Sammlung nicht ausreicht sind weitere Links am **PhysicsNet** <http://www.physicsnet.at> unter [Teilgebiete / Relativitätstheorie](#) zu finden!

5.2 Arbeitsbereich Wellenmechanik

7.Klasse

Der <b>Arbeitsplan</b> soll durchgearbeitet und <b>entsprechend der Aufgabenstellung</b> eine <b>schriftliche Dokumentation</b> abgegeben werden.		Einzel-/Teamarbeit mit:..... ..... .....
Eine Lernzielkontrolle soll eigenverantwortlich erfolgen!		als Partnerübung empfohlen
<b>B:</b> Basisbereich (Pflicht): diese Aufgabe ist etwas leichter und sollte zuerst gelöst werden	E: Erweiterung/Zusatzarbeit	
<p><b>Reflexionsgesetz:</b></p> <p><b>B</b> <del>☞☞</del> <u>Führe den Versuch 1 "Reflexion am ebenen Spiegel</u> laut Anleitung durch.</p> <p><b>B</b> <u>Erkläre und beschreibe:</u> Wie entstehen <b>Bild und Spiegelbild</b>  <b>Applet:</b> <a href="http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/optics/mirror_e.html">http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/optics/mirror_e.html</a>  <b>Folie:</b> Bildentstehung am ebenen Spiegel  <a href="http://www.zum.de/dwu/pop003vs.htm">http://www.zum.de/dwu/pop003vs.htm</a></p>	<p><b>Doppler-Effekt:</b></p> <p><b>B</b> Erarbeite den <b>akustischen Doppler-Effekt</b> einer <b>bewegten Schallquelle</b> mit Hilfe des Schulbuches (z.B.: Basiswissen 2, S. 116) und der Applets -Varianten: sichtbare Wellen <a href="http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/applets/doppler.html">http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/applets/doppler.html</a> hörbarer Ton: <a href="http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/applets/doppler2.html">http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/applets/doppler2.html</a></p> <p><b>E</b> Erarbeite den <b>akustischen Doppler-Effekt</b> einer <b>ruhenden Schallquelle/bewegter Beobachter</b>. Besprich und vergleiche <del>☞☞</del> beide Effekte!</p> <p><b>E</b> Erarbeite den <b>Doppler-Effekt in der Optik!</b> <b>Quellen:</b> z.B Basiswissen 2, S. 148; <b>Video:</b> Doppler-Effekt und geometrische Veränderungen bei 90 Prozent der Lichtgeschwindigkeit <a href="http://physicsnet.asn-graz.ac.at/doppler.mpg">http://physicsnet.asn-graz.ac.at/doppler.mpg</a>  <b>Ablichtung</b> (4): zum Doppler-Effekt (liegt ) beim Lehrer</p>	
<p><b>Brechung und Totalreflexion:</b></p> <p><b>B</b> <del>☞☞</del> <u>Führe den Versuch 2/3 "Brechung zum/vom Lot"</u> laut Anleitung (Handout) zur <b>Erarbeitung des Brechungsgesetzes</b> durch.  <b>Quellen:</b> Sexl 2, S. 154-156; Basiswissen 2, S. 111, 135-138; <b>Internet:</b></p> <p><b>B</b> <b>Applet:</b> Reflexion und Brechung von Wellen (Erklärung durch das Prinzip von Huygens) <a href="http://home.a-city.de/walter.fendt/phd/huygens.htm">http://home.a-city.de/walter.fendt/phd/huygens.htm</a></p> <p><b>B</b> <b>Applet:</b> Lichtbrechung <a href="http://home.a-city.de/walter.fendt/phd/brechung.htm">http://home.a-city.de/walter.fendt/phd/brechung.htm</a></p> <p><b>E</b> <b>Folie:</b> Lichtbrechung /Totalreflexion <a href="http://www.zum.de/dwu/pop102vs.htm">http://www.zum.de/dwu/pop102vs.htm</a></p> <p><b>E</b> <b>Folie:</b> Unterwasserlampe: <a href="http://www.zum.de/dwu/pop101vs.htm">http://www.zum.de/dwu/pop101vs.htm</a></p> <p><b>B</b> <b>Folie:</b> Erklärung der Lichtbrechung <a href="http://www.zum.de/dwu/pop104vs.htm">http://www.zum.de/dwu/pop104vs.htm</a></p> <p><b>E</b> <b>Folie:</b> Fisch unter Wasser <a href="http://www.zum.de/dwu/pop103vs.htm">http://www.zum.de/dwu/pop103vs.htm</a></p> <p><b>E</b> <b>Anwendung:</b> Erkläre das Funktionsprinzip eines <b>Lichtleiters:</b>                  Basiswissen 2, S. 138, Sexl 2, S. 158 ;  <b>Folie:</b> Funktion eines Lichtleiters/Glasfaserkabels  <a href="http://www.zum.de/dwu/pop111vs.htm">http://www.zum.de/dwu/pop111vs.htm</a></p>	<p><b>Beugung:</b></p> <p><b>B</b> Wellenmechanische Erklärung der "starken" und "schwachen" Beugung. Wo tritt das Huginsche Prinzip auf? (z.B.: Basiswissen 2, S. 112, 110)</p> <p><b>B</b> Erarbeite die Interferenz zweier Kreis - oder Kugelwellen  <b>Applet:</b> <a href="http://home.a-city.de/walter.fendt/phd/interferenz.htm">http://home.a-city.de/walter.fendt/phd/interferenz.htm</a>  <b>Handout (5)</b> zur Beugung am Doppelspalt / Interferenz  <b>Applet mit Text:</b> <a href="http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/schroedinger/index.html">http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/schroedinger/index.html</a></p> <p><b>B</b> Beugung ist eine typische "Welleneigenschaft"! Wie kann Licht gebeugt werden? <del>☞☞</del> (z.B.: Basiswissen 2, S. 142, 143, Sexl 2, S.....-..... )                  Probiere das <b>klassische Doppelspaltexperiment</b> und folge dem Dialog  <a href="http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/schroedinger/two-slit2.html">http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/schroedinger/two-slit2.html</a></p> <p><b>E</b> Wie kann die "<b>Beugung von Teilchen</b>" (z.B.: Elektronen )erklärt werden?  <a href="http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/schroedinger/two-slit3.html">http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/schroedinger/two-slit3.html</a></p> <p><b>B</b> <del>☞☞</del> <u>Führe den Versuch 4 "Beugung am Gitter"</u> laut Anleitung am Arbeitsblatt <b>Licht-Beugung - Wellenmodell</b> durch. <u>Skizziere und erkläre</u> das entstehende <b>Gitterspektrum</b> (Maxima/Minima - wie ist der Farbverlauf- warum?)</p> <p><b>E</b> <del>☞☞</del> <u>Führe den Versuch 4 "Bestimmung der Lichtwellenlänge"</u> laut Schülerversuchsheft 8.2 durch (Basiswissen 2, S.143)</p>	
<p><b>Weitere Internetquellen:</b></p> <p><b>E</b> PhysicsNet / Teilgebiete / Optik und Teilgebiete / Wellen</p> <p><b>E</b> Patterns in Nature: <a href="http://accept.la.asu.edu/PiN/mod/light/pattLightOptics.html">http://accept.la.asu.edu/PiN/mod/light/pattLightOptics.html</a></p> <p><b>B</b> <del>☞</del> <b>Elektromagnetisches Spektrum (Wellen)</b> <a href="http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/waves_particles/index.html">http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/waves_particles/index.html</a></p>		

- E** Licht, Auge und Sehen, Fernrohr und Mikroskop und weitere opt. Instrumente am dt. Museum <http://www.deutsches-museum.de/ausstell/dauer/physik/physik2.htm>
- E** Eine historische Abhandlung der Optik in englischer Originalsprache <http://members.aol.com/WSRNet/D1/hist.htm>

## 5.3 Arbeitsbereich Laser 7.Klasse

Der Arbeitsplan soll durchgearbeitet und **entsprechend der Aufgabenstellung** eine **schriftliche Dokumentation** abgegeben werden. (Alle Punkte sind auch schriftlich zu behandeln.)

**ACHTUNG:** *Niemals in einen Laserstrahl direkt hineinschauen oder jemandem in die Augen leuchten! Bei den Messungen auf Reflexionen und Gesichtshöhe achten!!*

0,5P ✍	<b>Sicherheitsbestimmungen</b> ?? Worauf ist beim Umgang mit Lasern zu achten? ?? Welche Sicherheitsvorkehrungen werden verwendet? ?? Welche Sicherheitsbestimmungen müssen eingehalten werden?	1P ✍ ✍ L:	<b>Versuch 1:</b> Ermittlung der Wellenlänge des vorgelegten Handlasers (Halbleiterlaser) mit Hilfe des Beugungsgitters. Genauere Protokollführung! <b><u>Auf Laserstrahl achten!!!</u></b>
0,4P ✍	<b>Eigenschaften der Laserlichtes:</b> ?? Was ist monochromatisches /streng monochromatisches Licht? ?? Was versteht man unter hoher Energiedichte?	1P ✍ ✍	<b>Versuch 2:</b> Ermittlung der Gitterkonstante einer CD mit Hilfe des vorgelegten Handlasers. Die emittierte Wellenlänge muss aus Versuch 1 bekannt sein <b><u>Auf Laserstrahl achten!!!</u></b>
0,6P ✍	?? Worin unterscheidet sich ein <b>Laserlicht</b> vom Licht einer <b>Glühlampe</b> ? Was sind Kohärenzbedingungen? Unterscheide spontane-/ induzierte Emission. Was versteht man unter Inversion?	L:	Genauere Protokollführung! (Beide Versuche müssen <b>dem Lehrer auch vorgestellt werden.</b> )
1P ✍ ✍ L:	<b>Funktionsweise:</b> Ein Schüler/eine Schülerin studiert den Festkörperlaser, der/die andere den Gaslaser. Wichtige Punkte schriftlich festhalten, dann erklärt ihr euch gegenseitig die Funktionsweise des jeweiligen Lasertyps! Die Arbeit dem Lehrer nachher <b>kurz vorstellen!</b>	1P ✍  0,5P ✍	<b>Anwendungsbereiche:</b> Notiere drei Anwendungsbereiche eines Lasers, beschäftige dich mit einem Anwendungsbereich genauer!  <b>Film Laser</b> Videoprotokoll führen!

**(Schulbuch) Quellen:** Basiswissen 2, Sexl 2, Praxis der Lasertechnik, FBA-Laser,....

**Einige Internetquellen zum Thema Laser:**

- **LASERS bei Physics 2000** ist eine interaktive Reise durch die moderne Physik des 20. Jahrhunderts! <http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/lasers/index.html> Erkunde worin sich Laserlicht von gewöhnlichem Licht unterscheidet, wie überhaupt Licht entsteht, wie ein Laser funktioniert, und wozu er eingesetzt werden kann!
- **Applet zu Laser (Achtung: im Applet fehlt der Resonator)**  
<http://www.lightlink.com/sergey/java/index.html>
- **Messung der Wellenlänge des Lichtes**  
Doppelspaltexperiment ganz einfach <http://users.aol.com/gykophys/dops/dops.htm>
- **LASER HISTORY (1917-1996)** <http://www.achilles.net/~jtalbot/history/>
- Patterns in Nature-**Lasers** <http://accept.la.asu.edu/PiN/rdg/lasers/lasers.shtml>
- Mehr Links am **PhysicsNet** unter [Teilgebiete/ Laser](http://www.physicsnet.at) <http://www.physicsnet.at>

**Erläuterung:** ✍✍: Partnerübung!  
✍ Basisstoff, diese Aufgabe ist etwas leichter und sollte zuerst gelöst werden

---

 *diese Aufgabe ist etwas schwieriger*  
**L:** *Vom Lehrer abzeichnen lassen, sonst werden für diese Aufgabe keine Punkte vergeben!*

**6. Literaturverzeichnis**

- AEBLI, H.: Grundlagen des Lehrens: eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. 4. Auflage. Klett-Cotta Verlag. Stuttgart. 1997.
- ALTRICHTER, H./POSCH, P.: Lehrer erforschen ihren Unterricht: eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung. 3. Auflage. Verlag Julius Klinkhardt. Bad Heilbrunn. 1998.
- BERG, H.C./ SCHULZE, T. (Hrsg.): Lehrkunstwerkstatt II. Berner Lehrstücke im Didaktikkurs. Luchterhand Verlag. Kriftel. 1998.
- GAMOV, G.: Mr. Tompkins' seltsame Reise durch den Kosmos und Mikrokosmos. 3. Nachdruck 1984. Vieweg Verlag. Braunschweig. 1980.
- GRAßMANN, .: Alles Quark
- KARAMANOLIS, S.: Das ABC der Lasertechnik. Elektra Verlag. Neubiberg b. München. 1990.
- KARAMANOLIS, S.: Praxis der Lasertechnik. Band II: Anwendung, Messtechnik, Arbeitsschutz. Elektra Verlag. Neubiberg b. München. 1990.
- KIENITZ, G.W.: Der Internet-Guide für Lehrer: zeitgemäß und effizient unterrichten mit dem Internet. moses Verlag. Kempen. 2000.
- KLIPPERT, H.: Eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen: Bausteine für den Fachunterricht. Beltz Verlag. Weinheim und Basel. 2001.
- KLIPPERT, H.: Methoden-Training: Übungsbausteine für den Unterricht. 5. Auflage. Beltz Verlag. Weinheim und Basel. 1994.
- KOMMER, I.: Kreatives Gestalten mit Flash 5.0. Hanser Verlag. München Wien. 2001.
- LABUDDE, P.: Erlebniswelt Physik. Beispiele: Planung / Durchführung / Auswertung. Unterrichtsmethodische Gestaltungsmöglichkeiten. Fachdidaktische Zusatzinformationen. Dümmler Verlag. Bonn. 1993.
- MADER, G./STÖCKL, W.: Virtuelles Lernen. Begriffsbestimmung und aktuelle empirische Befunde. In: Lernen mit interaktiven Medien; Bd. 5. Studienverlag Innsbruck-Wien-München. 1999.
- MAYER, A.: PhysicsNet: Stundenbilder, Unterricht / EVA. <http://physicsnet.asn-graz.ac.at> . Graz. 2001.
- MEYER, H.: Unterrichtsmethoden I: Theorieband. 6. Auflage. Cornelsen Verlag Scriptor. Frankfurt am Main. 1994.
- MEYER, H.: Unterrichtsmethoden II: Praxisband. Cornelsen Verlag Scriptor. Frankfurt am Main. 1987.
- PAPERT, S.: Revolution des Lernens: Kinder, Computer, Schule in einer digitalen Welt. Verlag Heise GmbH & Co Kg. Hannover. 1994.
- STEYER, R.: HTML 4: DHTML, CSS, CGI. Data Becker. Düsseldorf. 1999.