

## Bereicherung der Lehrveranstaltung „Physik im Nebenfach“ durch multimediale Hilfsmittel

Tomass Romanovskis, Richard Rackwitz

Universität Hamburg, Institut für Experimentalphysik,  
Luruper Strasse 149, D-22761 Hamburg

### Kurzfassung

Ziel unserer Arbeit im Projekt „pm<sup>2</sup>“ ist der Aufbau eines Dozentenmoduls. Es soll den Dozenten helfen ihre Vorlesungen mit multimedialen Unterlagen zu bereichern. Wir analysieren die Beispiele von existierenden Sammlungen von multimedialen Hilfsmitteln und formulieren die Rahmenbedingungen zum Aufbau des Dozentenmoduls.

### 1. Konzeptspezifische Demonstrations- und Filmsammlungen

Es ist klar, dass das Dozentenmodul eine Art Dateisammlung sein soll. Wie soll man sie konzipieren? Die größte Erfahrung, die Physiker in dieser Richtung haben, ist auf dem Gebiet der Vorlesungsver-suche zu finden. An jeder Universität gibt es Sammlungen mit realen Versuchsgeräten und ihren Beschreibungen. Sie sind meistens nach dem Konzept –Spezifitäts-Prinzip (Single-concept) ausgearbeitet und werden so auch eingesetzt. In den 60iger Jahren versuchten viele Universitäten Filme als neues Medium zur Bereicherung von Vorlesungen zu verwenden. Aus dieser Entwicklung entstanden sogenannte „Single-concept“ also konzeptspezifische Filme. Das finden wir z. B. heute in Form von 600 verfilmten Versuchen auf 25 DVD in *The Video Encyclopedia of Physics Demonstrations (VEPD)* [1]. Die Entwickler dieses Produkts unterstreichen den konzeptspezifischen Charakter von Filmen [1]: „Each of the 600 demonstrations is concisely produced and narrated, each stands alone and illustrates a particular principle of physics.“

Die Realisierung des konzeptspezifischen Prinzips erkennen wir auch im Klassifikationsschema von PIRA (Physics Instructions Ressource Association) [2]. Im Rahmen von PIRA 200 (500, 1000) versucht man die Demonstrationen in einheitliche Klassifikation einzuordnen. Das zentrale Element der Klassifikation ist Konzept.

Tab.1. Klassifikationsschema nach PIRA [2]

1	Area	(mechanics)
D	Topic	(motion in two dimensions)
60	<b>Concept</b>	(projectile motion)
.10	Demonstration	(howitzer and tunnel)

In dieser Klassifikation werden auch die Konzeptspezifischen Videos von *VEPD* aufgenommen.

Da aber die Klassifikation nicht genügend universell ist, zögern viele Universitäten sie zu übernehmen oder benutzen parallel noch andere Indexierungsmethoden.

Lassen wir uns aus dieser Erfahrung die Konzept-Spezifität übernehmen und sehen wir nach, ob sie auch in neuen Medien benutzt wird.

### 2. Konzeptspezifische Multimedia Sammlungen

Erste konzeptspezifische Videodatei Sammlungen entstanden für die Mechanik. Das grundlegende Konzept ist es, bei Bewegungsfilmern die Abhängigkeit  $r(t)$  zu erfassen. Entsprechend der Grundidee der klassischen Mechanik können wir über diese Abhängigkeit „alles“ (Geschwindigkeit und Beschleunigung in jedem Zeitmoment) von der Bewegung sagen. Allein in Deutschland sind mehrere Programme zur Videoanalyse (*Galileo*, *ViMPS DIVA*, *David*) bekannt [3,4,5,6]. Auf der Welt sind andere visuelle Datenbanken populär: *Videopoint* (USA)[7], *World-Im-Motion* (USA) [8], *Coach5 Video* (Niederland) [9]. Hier soll die in England entwickelte CD ROM *Multimedia Motion II* [10] erwähnt werden, da sie Nachfolgerin der ersten sehr erfolgreichen multimedialen Datenbank "*Motion: a visual database*", die auf Laservision<sup>TM</sup> Disk vertrieben wurde, ist. Die Videosammlungen beinhalten zwischen mehreren Zehn bis Hunderten von Videodateien. Die Software erlaubt nicht nur das Abspielen der Dateien, sondern auch die Messdaten direkt auf dem Bildschirm zu erfassen. Im Fall von *Multimedia Motion II* bestehen die Filmdateien aus Einzelbildern hoher Qualität.

Gleichzeitig mit den Videosammlungen entstehen auch Audiosammlungen in Form von wave-Dateien. Wenn wir die zeitliche Abhängigkeit des Tonsignals haben  $I(t)$ , dann können wir „alles“ über die Schall-schwingung sagen: Frequenz und Frequenzverteilung. Eine der ersten konzeptspezifischen Audiodateisammlungen wurde von Firma Philips ausgearbei-

tet [11]. Auf Grund des populären und lange Zeit kostenlosen Programms *Cool Edit* ist eine interessante Audiodateisammlung von I. Verovnik auf CD ROM speziell für den Physikunterricht vorbereitet worden [12].

Wir wollen hier wieder das englische Produkt *Multimedia Sound* als Beispiel erwähnen, weil es als interaktive konzeptspezifische multimediale Datenbank aufgebaut ist [10]. Neben Audiodateien beinhaltet die Datenbank Bilder von Tonquellen.

Man sollte auch noch die konzeptspezifische CD ROM *Multimedia Diffraction* [10] nennen. Wenn die räumliche Lichtverteilung in einer Ebene  $I(x,y)$  bekannt ist, kann man "alles" vom Licht sagen: Wellenlänge und Frequenzverteilung (Linienspektrum). Die CD ROM beinhaltet experimentell in digitalen Bildern dokumentierte Beugungsmuster, Blenden und Geometrie des Versuches. Die räumliche Lichtverteilung von Beugungsmustern kann man direkt am Bildschirm erfassen (Beilage, Punkt 9).

### 3. Applets als interaktive konzeptspezifische Simulationen im Internet

Dank sehr großen Erfolgen beim Computereinsatz in der theoretischen Physik, sind sehr viele Simulationen für den Physikunterricht entstanden. Aber eine Explosion von Simulationen erleben wir jetzt nach der Möglichkeit mit Java Simulationen zu produzieren und plattformunabhängig mit Browsern einzusetzen. Die Java Applets werden fast ausschließlich als konzeptspezifische interaktive Simulationen oder Animationen ausgearbeitet.

Von besonderem Interesse sind im Physikunterricht diejenigen Animationen und Simulationen, die auf einfache Weise solche Grundprinzipien der Physik veranschaulichen, für die es bisher unzureichende methodische Modelle gibt.

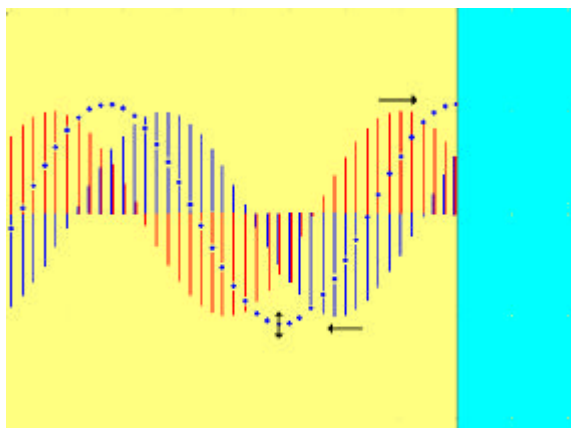


Abb.1. GIF Animation aus 40 Einzelbildern. Die „rote“ Welle läuft rechts auf die Wand zu und wird am dünneren Medium reflektiert („blaue“ Welle). Die stehende Welle (Punkte) bewegt sich nur nach oben/unten.

Schaut man die Physiklehrbücher zum Thema Wellen an, z. B., das Standardwerk von Gerthsen, so sind die erklärenden Zeichnungen kompliziert und undurchschaubar. Der Leser sollte eigentlich nur verstehen, dass eine stehende Welle eine Überlagerung von zwei Laufwellen in entgegengesetzten Richtungen ist. Leider kann das gar nicht so einfach experimentell gezeigt werden. Hier kann eine entsprechende GIF-Animation (Abb. 1), Cabri-Animation [13] oder ein Java Applet helfen.

Um die ungelöste Probleme im Physikunterricht zu suchen, braucht man nur die didaktischen Zeitschriften durchzublättern und nach Themen suchen, die regelmäßig veröffentlicht werden. Man kann sich nur wundern, aber sogar der Gesamtwiderstand von parallelgeschalteten Widerständen oder Blutadern, oder die Linsengleichung oder die Potenzialfläche von zwei Ladungen, die alle auf ein und derselben Gleichung  $1/R=1/R_1+1/R_2$  beruhen, machen ständig Probleme bei Nebenfächlern, worauf regelmäßige Veröffentlichungen in führenden didaktische Zeitschriften hinweisen. Hier soll nur auf eine verwiesen werden [14].

Im Internet kann man schon Hunderte von Applets für den Physikunterricht finden. Applets mit physikalischem Inhalt für andere Hauptfächer (Biologie, Chemie, Geologie, Medizin) sind viel seltener vorhanden. Aber man kann schon einige sehr gute Applets finden. Ein besonders gelungenes Applet für Mediziner findet man in der Selbstlerneinheit „Ophthalmic Optics for beginners“ von Thierry Baudart [15].

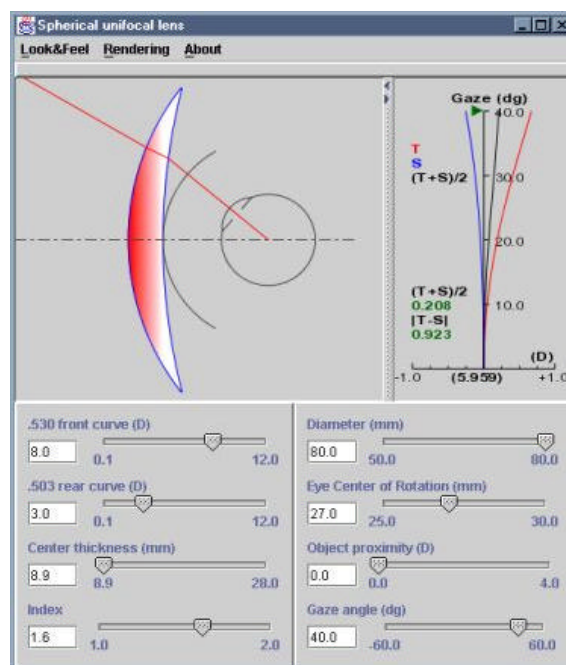


Abb.2. Applet aus „Ophthalmic Optics for Beginners“ von T.Baudart [15].

Eine Reihe von gelungenen Applets für Geowissenschaften bietet die State University of New York at Stony Brook. Das Applet *High Pressure Laboratory* von K. Lukin behandelt einerseits das traditionelle Phasendiagramm des Wassers, andererseits Zustandsdiagramme für die in den Geowissenschaften wichtigen Stoffe wie Kohlenstoff und  $\text{MgSiO}_3$  [16].

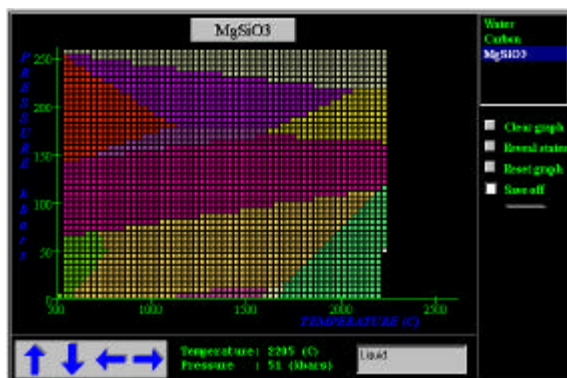


Abb. 3. Das Applet „High Pressure Laboratory“ zur interaktiven Simulation von Zustandsdiagrammen für Wasser, Kohlenstoff und  $\text{MgSiO}_3$  [16].

#### 4. Misserfolg und positive Entwicklungen

Alleine aus den erwähnten Beispielen kann man schließen, dass wir heute so viel multimediales Material auf CD ROMs, auf DVDs und im Internet haben, dass praktisch die ganze Physik mit multimedialen Hilfsmitteln abgedeckt wird. Trotzdem kann man in der Unterrichtspraxis beobachten, dass multimediale Unterlagen im Unterricht nur selten eingesetzt werden. Wahrscheinlich ist die Existenz auch einer Vielzahl von Anwendung für den Unterricht noch zu wenig. Es gibt viele Ursachen, aber auf zwei wollen wir die Aufmerksamkeit lenken.

Auf vielen Servern kann man Linksammlungen finden, die dem Dozenten helfen sollen, die Adresse eines nutzbaren multimedialen Hilfsmittels zu finden. Leider sind die Links keine stabile Quelle, sie werden geändert, sie verschwinden, sie werden nicht gepflegt. Der Dozent braucht viel Zeit, um solche Linkdatenbanken durchzuschauen um etwas wertvolles zu finden. Wegen des möglichen Absturzes der Internetverbindung während der Vorlesung trauen sich die Dozenten nicht, das multimediale Material aus dem Internet zu benutzen.

Die wichtigste Ursache der Nichtbenutzung liegt darin, dass die multimedialen Materialien nicht im existierendem System integriert sind [17]. Die Entwicklung von multimedialen Materialien endet oft auf dem Niveau des Entwicklers oder Programmiers. Man freut sich, dass man was neues hat, aber es wird nicht weiter gepflegt: keine Zuordnung zum Vorlesungsthema oder Lehrbuchparagrafen, keine

passenden Aufgaben usw. Dem Benutzer ist es selbst überlassen, was er macht. Da für ihn das Neue gleichzeitig ein Fremdkörper ist, wird es auch nicht benutzt. Hier könnte gegenseitiger Austausch von Kommentaren, didaktischen Hinweisen, Aufgaben unter Dozenten sehr behilflich sein.

Man kann aber erste Hinweise finden, wie die Lehrbuchautoren versuchen die neuen Medien in das Lehrsystem zu integrieren. Auf einigen Webseiten findet man Zuordnungen von Applets oder anderen Internetressourcen zum Lehrbuchthema [18]. Es gibt auch Dozenten, die auf Ihren Webseiten eine Zuordnung von Applets zu Vorlesungen geben [19].

#### 5. Struktur des Dozentenmoduls

Die Konzept-Spezifität für Lehrmediensammlungen stammt aus der Blütezeit der Didaktik der Physik in den 60-Jahren, wird aber heute sehr breit angewandt. Internetsuchmaschinen geben Hunderte Hinweise auf „Single concept“ in verschiedenen Ausbildungsbereichen. Z. B. Konzept-Spezifität einer multimedialen Dateisammlung für Dozenten unterstreichen die Entwickler einer multimedialer Sammlung für den Geographieunterricht [20]:

„Each multimedia resource should consist of *one basic concept or idea*, so that instructors can piece together a series of resources in the order with which they are comfortable. Instructors should also be able to use the same concept (resource) in several different lectures as appropriate. Designed to stand alone, the resources can be coherently related to each other when appropriate. Design of some resources aids the instructor in relating particular concepts or ideas learned to a more general goal.“

Lassen wir es bei den hier erwähnten Beispielen mit mehreren Tausend Dateien bewenden. Wie kann man diese Menge von Unterrichtsmaterialien so aufbereiten, dass der Dozent nicht durch technische Schwierigkeiten behindert wird. Es ist unrealistisch von einem Dozenten zu verlangen, alle diese Materialien durchzuschauen und für die eigene Vorlesung auszuwerten.

Die ideale Lösung wäre ein Werkzeug, der gezieltes Suchen, Ansehen, Bearbeitung und Einbau in Lehrveranstaltung erlaubt. Das ist nur dann möglich, wenn alle Datenbanken, ihre Elemente und ihre Anwendungssoftware für den Aufbau der Datenbank und für den Gebrauch des Dozenten zur Verfügung stehen. Die informations-technische Verwirklichung kann unterschiedlich sein. Eine Variante ist das im „pm<sup>2</sup>“ aufgebaute verteilte System, wenn die Ressourcen von der Datenbankverwaltung getrennt wird. Man kann sich aber gut vorstellen, dass dieselben Ressourcen auch von einem lokalen Programm verwaltet werden. Das erlaubt eine bessere Pflege der Ressourcen.

Das Suchen sollte über eine mindestens 3-stufige (Bereich>Thema>Konzept) Sortierung erfolgen, was dem Dozenten eine schnelle Zuordnung zum Vorlesungsthema und/oder Konzept gewährleistet. Natürlich sollte das Suchen auch über Metadaten (Schlagwörter, Autor, ...) möglich sein.

Wünschenswert wäre es, die Datei direkt im Browser zum Testen zu öffnen. Und das wichtigste für den Dozenten, die Übernahme von Dateien in seinen Vorlesungscomputer sollte möglich sein.

Wenn wir wollen, dass die Dateisammlung auch nach der Beendigung des Projektes benutzbar wird, sollte sie so vorbereitet werden, dass die Dozenten selbst die Sammlung pflegen können. Wir stellen uns vor, dass die Dozenten gegenseitig mit didaktischen Hinweisen zur Benutzung existierender Dateien und mit neuen selbst gefundenen oder selbst ausgearbeiteten multimedialen Unterlagen die Sammlung bereichern.

Zu Mediendatenbankbeständen sollen konkrete Vorschläge entwickelt werden - wie man die Applets, Animationen, Video-, Audio-, Bilddatei in Lehrveranstaltung verwenden kann. Um das zu gewährleisten, muss man in die Datenbank gespeiste Dateien mit konkreten Aufgabstellungen versehen.

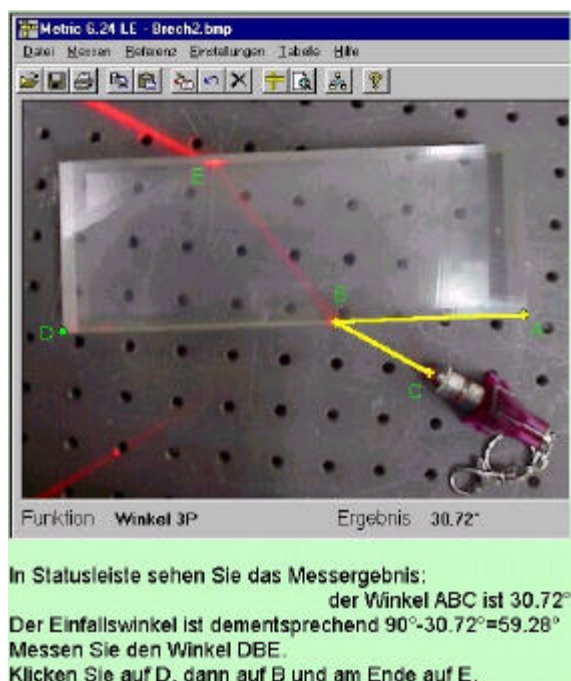


Abb. 4. Simulator zur Software *Metric* simuliert die Winkelmessung und zeigt, wie die Software zur Ermittlung der Brechzahl des Plexiglasses nach der Formel von Snellius im Unterricht einzusetzen ist.

Um den Dozenten zu helfen, eigene multimediale Unterlagen auszuarbeiten, sollte man das Dozenten-

modul auch mit Werkzeugen zur Gestaltung von multimedialen Unterlagen und entsprechenden Hilfen auszurüsten. Es gibt heute schon ziemlich viele Werkzeuge, womit man multimediale Unterlagen selbst ausarbeiten kann: GIF Animatoren, Bastelkasten für Java Applets und Physlets, Computeralgebra Systeme, Dynamische Geometrie Systeme, spezielle Software für den Physikunterricht wie Interactive Physics. Mit Hilfe von speziell ausgearbeiteten HTML-Simulatoren kann man einen schnellen Einstieg in die Anwendungssoftware gewährleisten. Als Beispiele haben wir Simulatoren zur Videoanalyse mit der Software *Multimedia Motion II* [10] und zur Bildschirmmessungen mit der Software *Metric* [21] ausgearbeitet (Abb. 4).

Eine mögliche Struktur der Datenbank könnte wie folgt sein:

#### Einführung

Multimedia in Lehrveranstaltungen  
Szenarien des Einsatzes  
Multimedia-Angebote

#### Mediendatenbank

1. Mechanik
2. Mechanik deformierbarer Medien
3. Schwingungen und Wellen
4. Wärmelehre
5. Elektrizitätslehre
6. Optik
7. Moderne Physik

#### Hauptfachbezüge

Biologie  
Chemie  
Elektrotechnik  
Geowissenschaften  
Ingenieurwissenschaften  
Landwirtschaft  
Medizin  
Naturwissenschaften

#### Werkzeuge

Software zum Physikunterricht  
Interaktive Bildschirmmessungen  
Computerunterstützte Versuche  
Animationssoftware  
Computer Algebra Systeme  
Dynamische Geometrie Systeme  
Applets Bastelkasten

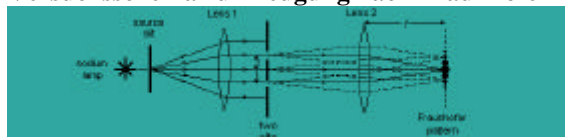
Diese Arbeit ist von **BMBF** (ZukunftsInvestitions-Programm) unterstützt.

## 8. Literatur

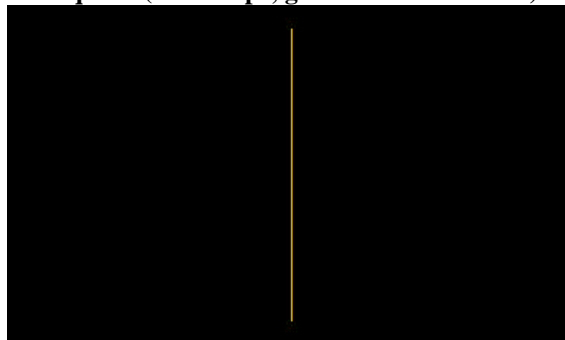
- [1] VEPD. <http://www.physicsdemos.com/HTML/mainpage.html>
- [2] PIRA. Demonstration bibliography. <http://www.physics.ncsu.edu/pira/>
- [3] P. Kraemer. Programm Galileo. Physik- Multimedia Projekt. <http://we1x01.physik.uni-wuerzburg.de/~pkraemer/home/galileo.html>
- [4] M.Becker. ViMPS. <http://www.physik.uni-mainz.de/lehramt/ViMPS/>
- [5] DiVA. <http://www.physik.uni-augsburg.de/did/>
- [6] DAVID <http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/DAVID/david.htm>
- [7] M.Luetzelschwab, P.Laws, M.Gile. Videopoint. <http://www.lsw.com/videopoint/>
- [8] Robert A. Carlson. World-In-Motion. <http://members.aol.com/raacc/wimcover.htm>
- [9] Coach5 Video. <http://www.cma.science.uva.nl>
- [10] Cambridge Science Media. *Multimedia Motion II. Multimedia Sound. Multimedia Diffraction.* <http://www.csmedia.demon.co.uk>
- [11] A.J.M. Houtsma, T.D.Rossing, W.M.Wagnaars. CD ROM Auditory Demonstrations. Philips.
- [12] Ivo Verovnik. Computereinsatz im Unterricht von Schallerscheinungen. Ljubljana, 2001.
- [13] T.Romanovskis, H.Schumann. Cabri-Modellierungen für den Physikunterricht. 36. Tagung für Didaktik der Mathematik. Klagenfurt, 25.2.-1.3.2002.
- [14] S.Chakravarti, P.B.Siegel, Visualizing the Thin-Lens Formula. The Physics Teacher, vol. 39, September 2001, 343-343.
- [15] T.Baudart. Ophthalmic Optics for Beginners. <http://thierry.baudart.waika9.com/unifocal/doc/index.htm>
- [16] K.Lukin. High Pressure Laboratory. [http://www.journey.sunysb.edu/ProjectJava/HP\\_Lab/home.html](http://www.journey.sunysb.edu/ProjectJava/HP_Lab/home.html)
- [17] T.Romanovskis. Models - The Basics of Physical Thinking. Conclusions for Multimedia. First International GIREP Seminar. Udine, Italy, 2.-6.09.2001.
- [18] Cutnell and Johnson, Halliday, Resnick and Walker. <http://purcell.phy.nau.edu/Wiley/>
- [19] H.Kolanoski, M.Müller-Preußker. Appletsammlung zum integrierten Kurs Physik I-IV. <http://www-eep.physik.hu-berlin.de/~reichard/applets.html>
- [20] J. Krueger, C. Reeves, J.Cupp, D. DiBiase. Multimedia in Geographic Education: Design, Implementation and Evaluation. [http://horizon.unc.edu/projects/monograph/CD/Science\\_Mathematics/Krygier.asp](http://horizon.unc.edu/projects/monograph/CD/Science_Mathematics/Krygier.asp)
- [21] Metric – Der Zollstock für den Computer. <http://www.sltec.de>

## 9. Datenbankelemente aus CD ROM „Multimedia Diffraction“ [10]: Beugung am Doppelspalt

### Versuchsschema zur Beugung nach Fraunhofer



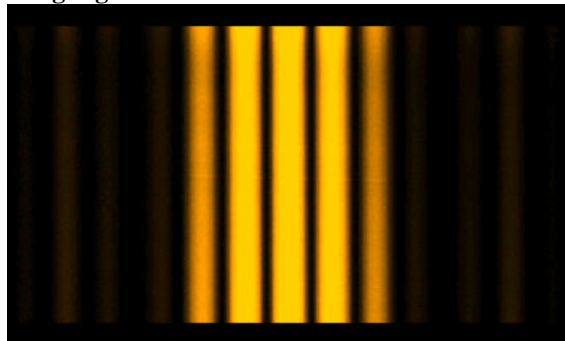
### Lichtquelle (Na Lampe, gelbe Linie $\lambda = 589 \text{ nm}$ )



### Doppelspalt ( $d=0.160 \text{ mm}$ , $b=0.045 \text{ mm}$ )



### Beugungsmuster



### Mit der Maus im Beugungsbild erfasste Daten

