



Physikalische Basiskonzepte

Andreas Kratzer

kratzer@ph.tum.de

Feststellung:

- Physik ist Grundlagenfach in vielen Disziplinen
- Heterogene Lernvoraussetzungen
- Fehlendes Verständnis für Basiskonzepte
- Fehlvorstellungen
- Fehlende Lernmotivation (wofür ist das gut?)
- Eine „große“ Vorlesung kann dem nicht gerecht werden

Idee:

- e-learning Vorteile nutzen
- Korrektur von Wissenslücken und Fehlvorstellungen
- Anpassung an eigenes Leistungsvermögen, Lerntempo
- Freie Zeiteinteilung
- Anwendungsbeispiele zur Lernmotivation
- Auszugsweise auch in der Vorlesung einsetzbar

Virtuelle Vorlesung oder Ergänzung zur Vorlesung

Defizite vieler multimedialer Lehr- und Lernmaterialien

- Multimedialität (meist hohe Textlastigkeit)
- Professionelles Informationsdesign
- Motivierende und nutzerfreundliche Lernumgebung
- Interaktivität
- Neue Lehr- und Lernkonzepte
- Evaluation
- Qualität der Medienbausteine



Gute e-learning Produkte brauchen Profis

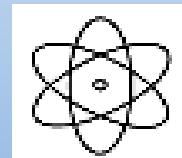




Deshalb:



Medienzentrum der TUM



Fakultät Physik der TUM



Gute e-learning Produkte kosten Geld



Fächergruppen

- Ingenieurwissenschaften
- Informatik
- Medizin
- Wirtschaftswissenschaft
- Schlüsselqualifikation
- Rechtswissenschaft
- Soziale Arbeit
- Lehrerbildung



Vorstudien

Diplomarbeit 1: Evaluation einer Physikvorlesung durch
eine qualitative Teilnehmerbefragung

Diplomarbeit 2: Analyse des Leistungsstandes von
Studenten (MW) im Fach Physik mittels
empirischer Auswertung von
Prüfungsergebnissen

Vorstudien

Diplomarbeit 1: Evaluation einer Physikvorlesung durch
eine qualitative Teilnehmerbefragung

- Mangelnde didaktische Aufbereitung der Inhalte
- Fehlende Bezüge von Vorlesung, Übung und Prüfung zu den Ingenieurwissenschaften
- Zu hohes Niveau der Vorlesung und zu rasches Abarbeiten der Inhalte

Vorstudien

Diplomarbeit 2: Analyse des Leistungsstandes von
Studenten im Fach Physik mittels empirischer
Auswertung von Prüfungsergebnissen

- Fehlerhafte Einschätzung des persönlichen Kenntnisstandes in Physik beim Eintritt ins Studium
- Physikalisches Grundwissen wird nur zu einem geringen Teil erworben
- Große Wissensdefizite im gesamten Fachgebiet, insbesondere in Optik und Atomphysik

**Art der Lehrveranstaltung:**

Virtuelle Vorlesung mit Übungen (2SWS), Einbindung in das Grundstudium der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge

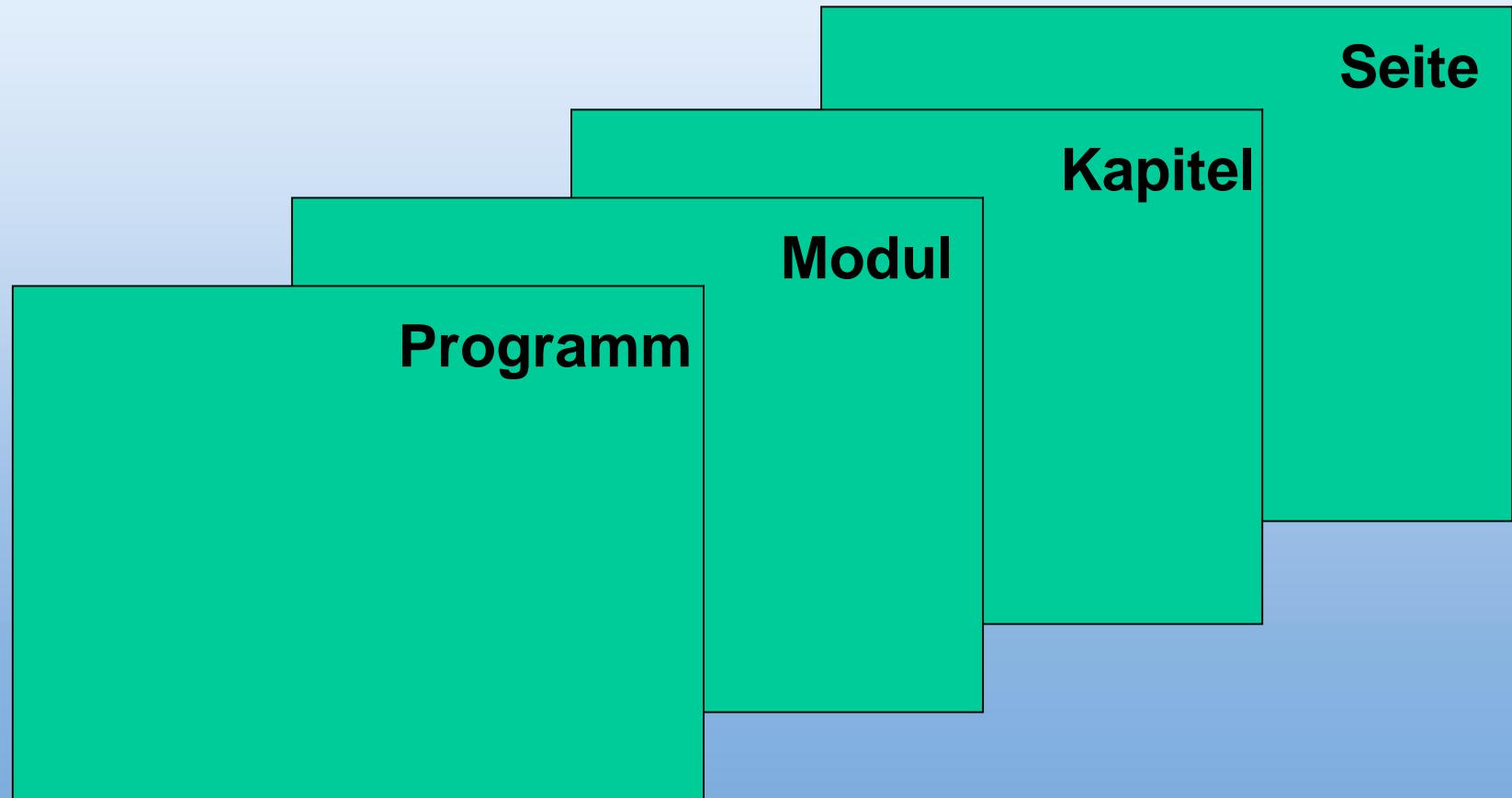
Zielgruppe:

Studierende der Ingenieurwissenschaften im Anfängerstudium, Leistungskurs Physik an Gymnasien

Inhalte:

- **Mechanik**
 - **Schwingungen**
 - **Wellen**
 - **Optik**
-
- **Elektrodynamik**
 - **Thermodynamik**
 - **Atomphysik**

Struktur



Struktur

Programm

- Modulauswahl
- Home
- Sitemap
- Glossar
- Kommunikation
- Tipps



Modul

- Kurs
 - Beispiel
 - Experiment
 - Aufgabe
 - Test
-
- Grundwissen
 - Theorie

Didaktisch-methodisches Design

- Motivierende Lernumgebung
- Gliederung in modulare Einheiten
- Hoher Grad an Anschaulichkeit
- Hoher Grad an Interaktivität
- Lernzielkontrollen über Testumgebung
- Einstieg in das Lernprogramm über ein Praxisbeispiel

Technisches Design

- Content-Entwicklung: LaTeX
- Lernumgebung: Macromedia Flash
- Browser: Browser mit Flash6-Plug-in
- Bildschirmauflösung: 1024x768
- Videos: Streaming Quicktime
- Erforderliche Plug-ins: Flash und Quicktime

Interface Design

- Kontinuität in Struktur und Navigation
- Leicht auffindbare Bedienelemente
- Einfache Orientierung in der Lernumgebung
- Offenheit der Navigationsstruktur für individuelles Lernen
- Interaktive Grafiken, Simulationen und Experimente
- Professionelles Design

Erfolgsfaktoren für e-learning Produktion



Modulauswahl

Sitemap Glossar Home Kontakt Tipps

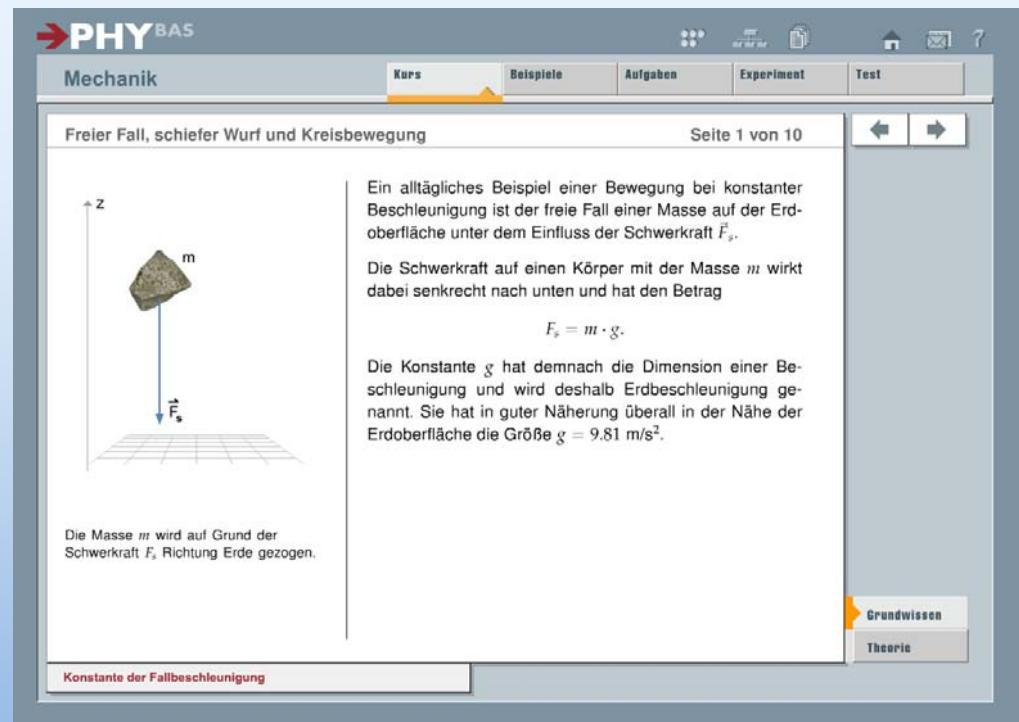


- 00 Einführung
- 01 Mechanik
- 02 Schwingungen
- 03 Wellen
- 04 Elektrodynamik
- 05 Optik
- 06 Thermodynamik

Module
Module
Module

Grundwissen

- Kapitelgliederung
- Durchgängiger Text
- Zweispalten-Konzept
- Graphiken und Animationen
- Keine Hervorhebung von Links
- Formel – “rollover”



The screenshot shows a computer window titled 'PHYBAS' with a sub-menu 'Mechanik'. The main content area is titled 'Freier Fall, schiefer Wurf und Kreisbewegung' and is labeled 'Seite 1 von 10'. The interface has a two-column layout. The left column contains a diagram of a mass m falling under the influence of gravity \vec{F}_g , shown against a coordinate system with a vertical z -axis. Below the diagram is the text: 'Die Masse m wird auf Grund der Schwerkraft F_g Richtung Erde gezogen.' The right column contains text explaining that free fall is a common example of motion with constant acceleration due to gravity, and that the gravitational force $F_g = m \cdot g$ acts vertically downwards. It also states that the constant g has the dimension of acceleration and is called Earth's acceleration. A value of $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ is given. At the bottom of the right column, there are buttons for 'Grundwissen' (highlighted in orange) and 'Theorie'.

Konstante der Fallbeschleunigung

Modul – Kapitel – Seite

Wellen

Kurs Beispiele Aufgaben Experiment Test

Energieleistung in Wellen

Wellen Seite 6 von 10

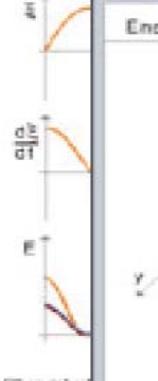
Energieleistung in Wellen Seite 7 von 10

Energieleistung in Wellen Seite 8 von 10

Vorgang

- Startender in 50 m Abstand Schmerzgrenze Rockkonzerne Presslufthammer in 1 m Abstand Starker Verstaubungsnormaler Lärm Flüstern Hörschwelle Eine Zusammenfassung

Ober ist $\frac{dE}{dt}$ darunter die zeitliche am größten. Diese setzt zusammen.





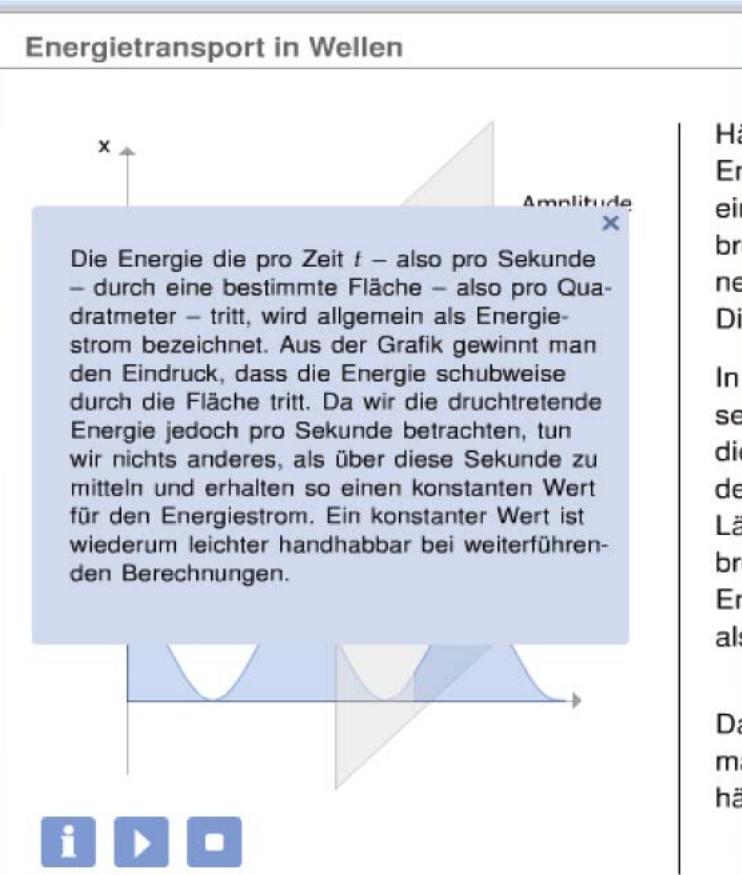
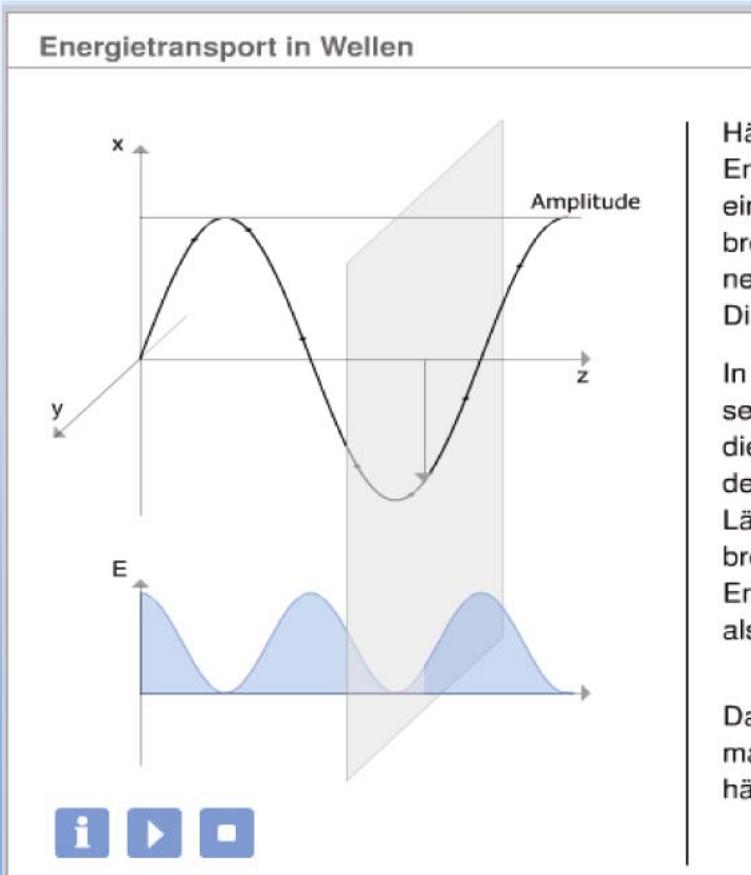
Wie laut ist dieser Presslufthammer? Eine Frage, die im alltäglichen Leben häufig beantwortet wird. Das Ohr ist allerdings kein zuverlässiges Messinstrument, da das Gehör bei jedem Menschen verschieden gut ausgebildet ist.

Der Grund für dieses logarithmische Maß für die Lautstärke liegt an der erstaunlichen Eigenschaft unseres Gehörs. Schall mit um viele Größenordnungen unterschiedlichen Intensitäten hören zu können.

An dieser Stelle sollten wir uns über etwas klar sein: Begriffe wie Intensität oder Lautstärke werden auch im täglichen Leben verwendet. Da hat dann jeder eine gewisse Vorstellung davon, was sie bedeuten, aber diese Vorstellung ist nicht genau definiert. Wenn wir solche Begriffe in der Physik verwenden und ihnen quantitative Bedeutung geben wollen, dann müssen wir sie auch exakt definieren. Wir haben das hier mit der Intensität einer Welle getan, die wir mit der Energiedichte gleichgesetzt haben, und mit der Lautstärke des Schalls, für deren Berechnung wir eine Formel angegeben haben. Eine solche Definition erlaubt eine quantitative Angabe in SI-Einheiten. Erst dann haben wir aus einem vagen Begriff des täglichen Lebens eine physikalisch relevante Größe gemacht.

Berechnungen Theorie

Info – Text zu allen Bildern



Theorie

- Kapitelgliederung
- Zuordnung zu Grundwissen
- Durchgängiger Text

PHYBAS

Schwingungen Kurs Beispiele Aufgaben Experiment Test

Die harmonische Schwingung Seite 2 von 3

Wir können diese Differentialgleichung mit dem Ansatz $z(t) = A \cdot \sin(\omega_0 t + \phi)$ lösen. Wenn wir $z(t)$ zweimal nach der Zeit differenzieren, erhalten wir

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -A \cdot \omega_0^2 \cdot \sin(\omega_0 t + \phi). \quad (5)$$

Wenn wir diesen Ausdruck sowie $z(t)$ in die Differentialgleichung (3) einsetzen, sehen wir, dass diese für beliebige Zeiten t und Amplitude A nur erfüllt ist, wenn

$$\omega_0^2 - \frac{D}{m} = 0 \quad \text{oder} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{D}{m}} \quad (7)$$

Wir sehen also, dass die Kreisfrequenz ω_0 und damit die Schwingungsdauer des Federpendels durch Masse m und Federkonstante D eindeutig bestimmt ist.

Die Amplitude A und die Phase ϕ der Schwingung können jedoch zunächst beliebig gewählt werden. Sie werden erst durch die sogenannten Anfangsbedingungen eines speziellen Schwingungsvorgangs festgelegt. Diese Anfangsbedingungen beschreiben zum Beispiel den Zustand des Oszillators zur Zeit $t = 0$ des Loslassens, also die Auslenkung

$$z(t = 0) = z_0 \quad (8)$$

und dessen Geschwindigkeit

$$\left(\frac{dz}{dt} \right)_{t=0} = v_0. \quad (9)$$

Grundwissen Theorie



Kurs = Grundwissen + Theorie



PHYBAS

Schwingungen

Kurs Beispiele Aufgaben Experiment Test

Die harmonische Schwingung Seite 4 von 9

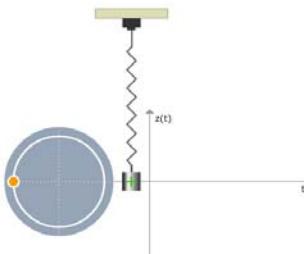
Der Zeitverlauf der Auslenkung $z(t)$ ist bei harmonischen Schwingungen sinusförmig. Dies zeigt sich bei einem Vergleich mit einer Kreisbewegung. Der zeitliche Verlauf lässt sich durch

$$z(t) = A_0 \cdot \sin(\omega_0 t + \phi)$$

beschreiben, wobei $z(t)$ die momentane Auslenkung aus der Ruhelage in Abhängigkeit von der Zeit ist.

Die Kreisfrequenz ω_0 ist zur Schwingungsfrequenz proportional: $\omega_0 = 2\pi f$.

Nach einer Schwingungsdauer T ist $\omega_0 t$ um $\omega_0 \cdot T = 2\pi \cdot f \cdot T$ größer geworden. Da $f \cdot T = 1$ ist, hat also das Argument der Sinusfunktion um 2π zugenommen. Die Sinusfunktion ist dann zum Ausgangswert zurückgekehrt und die nächste Schwingungsperiode beginnt.



Grundwissen **Theorie**

PHYBAS

Schwingungen

Kurs Beispiele Aufgaben Experiment Test

Die harmonische Schwingung Seite 2 von 3

Wir können diese Differentialgleichung mit dem Ansatz

$$z(t) = A \cdot \sin(\omega_0 t + \phi) \quad (5)$$

lösen. Wenn wir $z(t)$ zweimal nach der Zeit differenzieren, erhalten wir

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -A \cdot \omega_0^2 \cdot \sin(\omega_0 t + \phi). \quad (6)$$

Wenn wir diesen Ausdruck sowie $z(t)$ in die Differentialgleichung (3) einsetzen, sehen wir, dass diese für beliebige Zeiten t und Amplitude A nur erfüllt ist, wenn

$$\omega_0^2 - \frac{D}{m} = 0 \quad \text{oder} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{D}{m}} \quad (7)$$

Wir sehen also, dass die Kreisfrequenz ω_0 und damit die Schwingungsdauer des Federpendels durch Masse m und Federkonstante D eindeutig bestimmt ist.

$z(t=0) = z_0 \quad (8)$

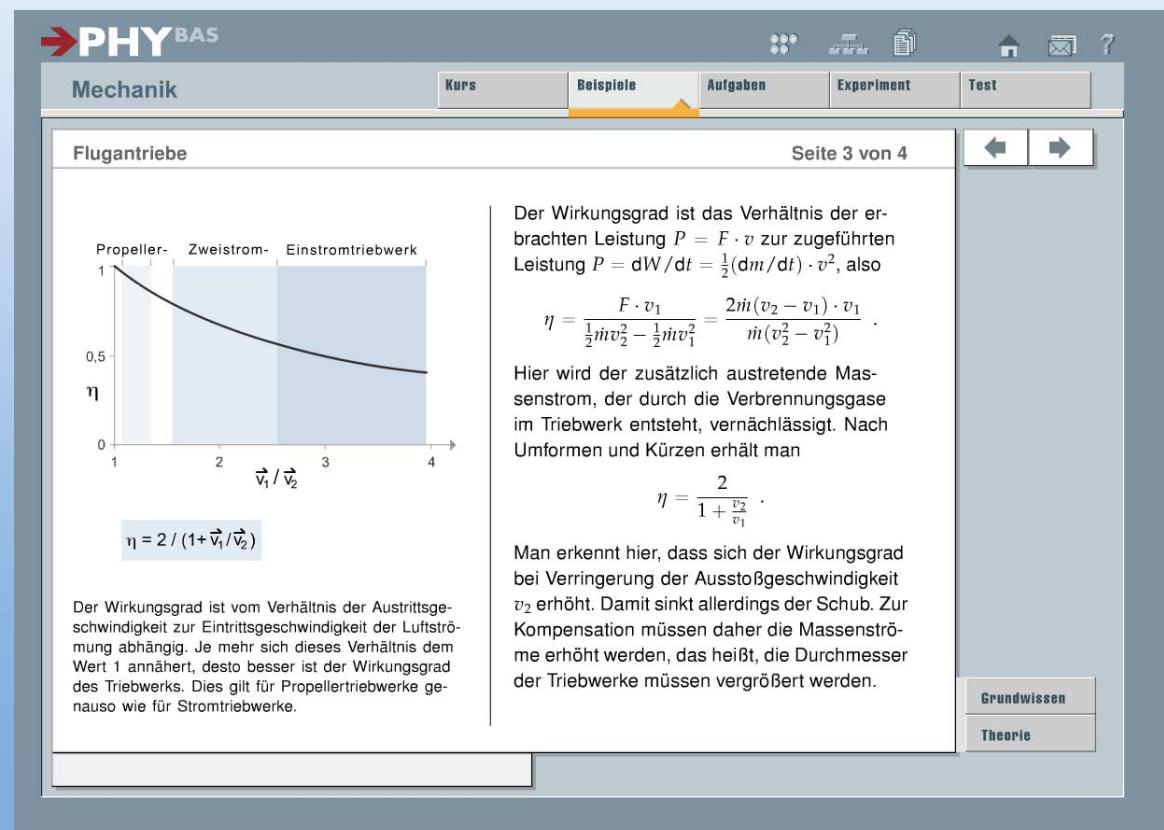
und dessen Geschwindigkeit

$$\left(\frac{dz}{dt} \right)_{t=0} = v_0. \quad (9)$$

Grundwissen **Theorie**

Beispiele:

- Auf Modulebene
- Abgeschlossene Beispiele
- Teilweise mit Video



Aufgaben:

- Auf Modulebene
- Abgeschlossene Aufgaben
- Druck-Version als download

PHYBAS

Mechanik

Aufgabe: Steinwurf von Turm

Von einem Turm der Höhe l wird unter dem Winkel α ein Stein mit der Anfangsgeschwindigkeit v_0 geworfen.

(a) Wie groß muss α gewählt werden, damit der Stein möglichst weit entfernt vom Turm auftrifft?

(b) Geben Sie die entsprechenden Winkel für die größte Wurfentfernung für $l = 0$ und für einen sehr hohen Turm $l \rightarrow \infty$ an.

(c) Zu welcher Zeit t_m erreicht der Stein für $l = 0$ seine maximale Höhe?

PDF-Download (ZIP)

Grundwissen

Theorie

Aufgaben - Lösungen:

Erläuterung

PHYBAS

Mechanik

Kurs Beispiele Aufgaben Experiment Test

Lösung: Steinwurf von Turm Seite 2 von 9

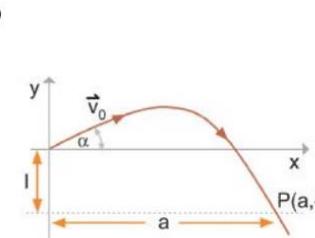
In der Skizze können wir die ungefähre Flugbahn des Stein sehen. Der Abstand a vom Turm ist zu berechnen. Wir setzen die Turmspitze als den Nullpunkt unserer y -Achse. Der Landepunkt des Steins hat damit die Koordinaten $(a, -l)$.

Wir stellen die Ortskoordinaten als Vektor abhängig von der Zeit dar.

Zum Zeitpunkt t_P erreicht der Stein den Punkt P :

Aus der y -Koordinate von Gleichung (1) erhalten wir ein Polynom 2. Grades.

(a)



$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a \\ -l \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_P \\ v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_P - \frac{1}{2}gt_P^2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

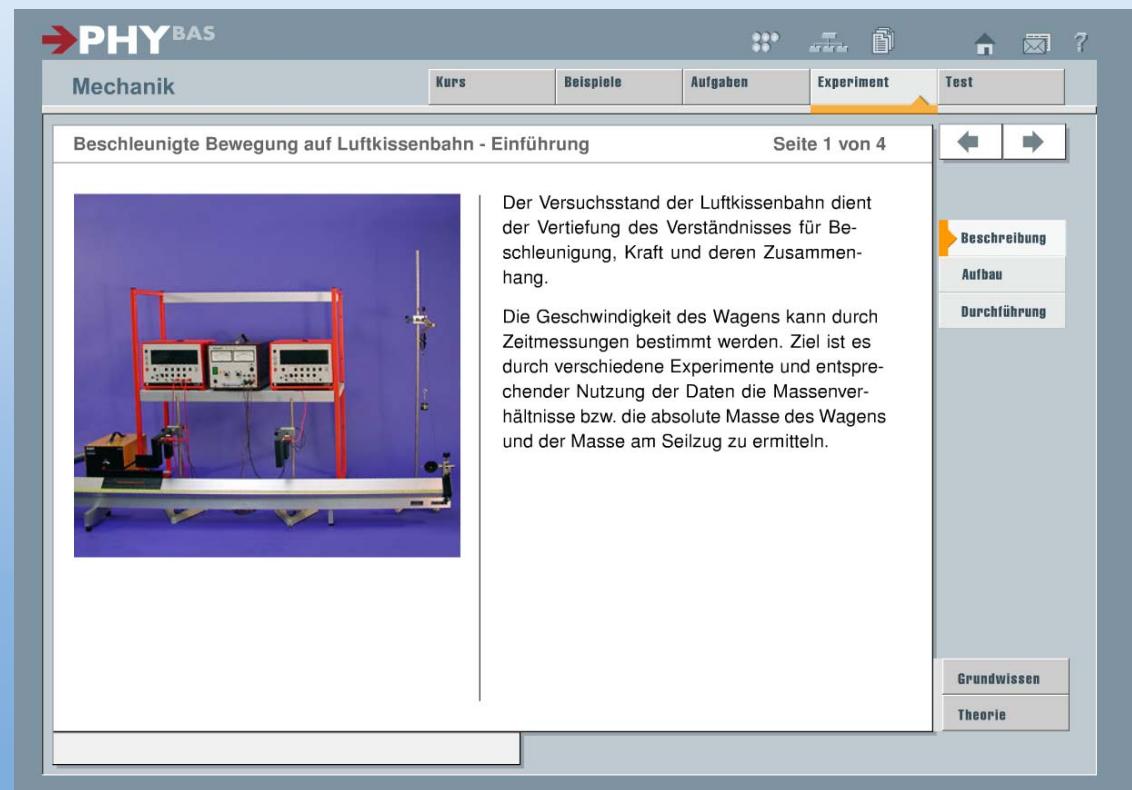
$$\frac{1}{2}gt_P^2 - v_0 \sin \alpha t_P - l = 0$$

Grundwissen
Theorie

Rechnung

Experimente:

- Auf Modulebene
- Abgeschlossene Experimente
- Messergebnisse in Excel
- Erläuterung der Auswertung

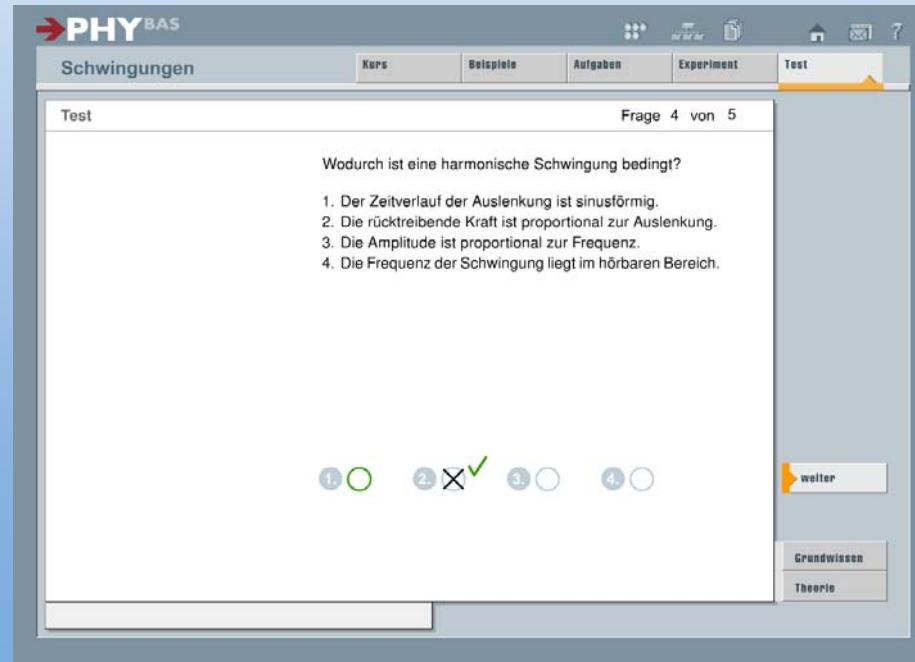


The screenshot shows a computer interface for a physics experiment. The top navigation bar includes the PHYBAS logo, a menu bar with "Mechanik", "Kurs", "Beispiele", "Aufgaben", "Experiment" (which is highlighted in yellow), and "Test". Below the menu is a sub-menu with "Beschreibung", "Aufbau", "Durchführung", "Grundwissen", and "Theorie". The main content area displays a photograph of a laboratory setup with a red cart on a track, connected to various electronic instruments like oscilloscopes and a power supply. To the right of the image is a descriptive text block: "Der Versuchsstand der Luftkissenbahn dient der Vertiefung des Verständnisses für Beschleunigung, Kraft und deren Zusammenhang. Die Geschwindigkeit des Wagens kann durch Zeitmessungen bestimmt werden. Ziel ist es durch verschiedene Experimente und entsprechender Nutzung der Daten die Massenverhältnisse bzw. die absolute Masse des Wagens und der Masse am Seilzug zu ermitteln." At the bottom of the content area is a progress bar.

Test

- auf Modulebene
- variable Zusammenstellung

multiple choice



The screenshot shows a multiple-choice question about harmonic oscillations. The question asks: "Wodurch ist eine harmonische Schwingung bedingt?". The options are: 1. Der Zeitverlauf der Auslenkung ist sinusförmig. 2. Die rücktreibende Kraft ist proportional zur Auslenkung. 3. Die Amplitude ist proportional zur Frequenz. 4. Die Frequenz der Schwingung liegt im hörbaren Bereich. Option 1 is marked with a green circle and a checkmark, while option 2 is marked with a red X and a checkmark.

drag and drop

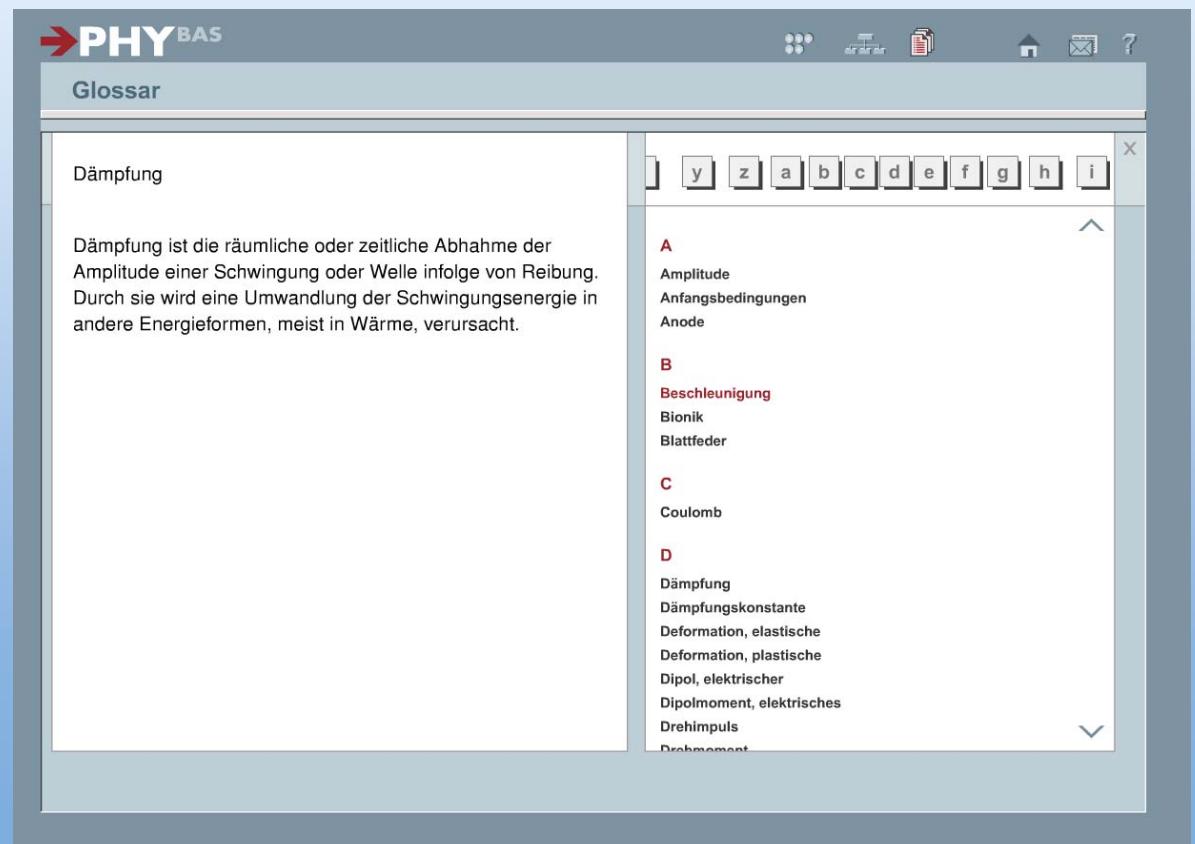


The screenshot shows a drag-and-drop task involving five graphs of oscillation. Each graph has two traces: a solid orange line for the driving force and a dashed blue line for the resulting oscillation. Below each graph is a label: "Anregung mit der Resonanzfrequenz", "Anregung weit oberhalb der Resonanzfrequenz", "Anregung weit unterhalb der Resonanzfrequenz", "Anregung knapp oberhalb der Resonanzfrequenz", and "Anregung knapp unterhalb der Resonanzfrequenz".



Glossar:

- Für alle Module
- Links im Kurs
- Auch direkt nutzbar



The screenshot shows the PHYBAS software interface with the title 'Glossar'. In the main panel, the word 'Dämpfung' is defined as follows:

Dämpfung
Dämpfung ist die räumliche oder zeitliche Abnahme der Amplitude einer Schwingung oder Welle infolge von Reibung. Durch sie wird eine Umwandlung der Schwingungsenergie in andere Energieformen, meist in Wärme, verursacht.

To the right, there is a sidebar with a navigation bar at the top containing letters from y to i. Below this is a list of terms categorized by letter:

- A**
 - Amplitude
 - Anfangsbedingungen
 - Anode
- B**
 - Beschleunigung**
 - Bionik
 - Blattfeder
- C**
 - Coulomb
- D**
 - Dämpfung
 - Dämpfungskonstante
 - Deformation, elastische
 - Deformation, plastische
 - Dipol, elektrischer
 - Dipolmoment, elektrisches
 - Drehimpuls
 - Drehmoment

Sitemap:

- Vollständige Übersicht
- Direktes Anwählen

→PHYBAS

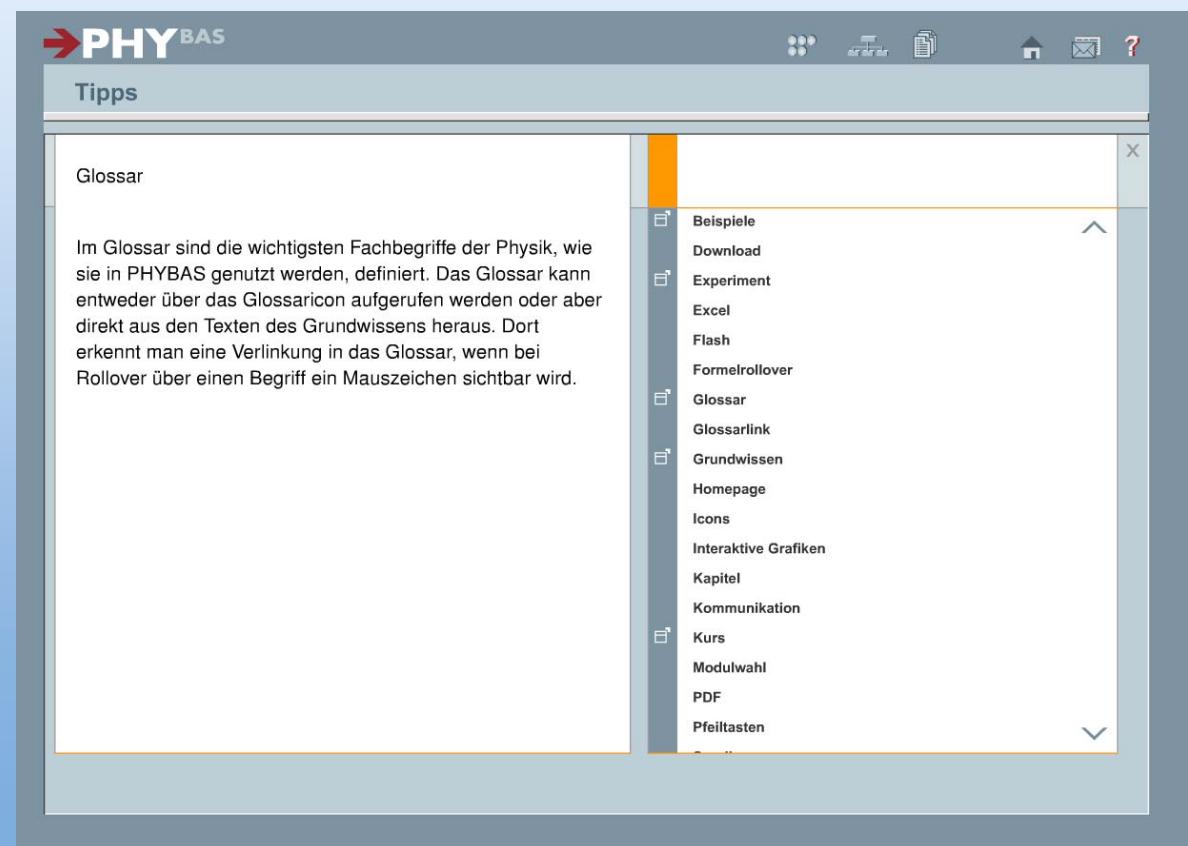
Sitemap

Kurs	Grundwissen Theorie	Beispiele	Aufgaben	Experiment	Test
Schwingungen					
<input type="checkbox"/> Einführung <input type="checkbox"/> Die Periode <input checked="" type="checkbox"/> Harmonische Schwingung <input type="checkbox"/> Kenngrößen <input checked="" type="checkbox"/> Gedämpfte harmonische Schwingung <input checked="" type="checkbox"/> Erzwungene Schwingung <input type="checkbox"/> Resonanz	<input type="checkbox"/> Karmansche Wirbelstraße <input type="checkbox"/> Glockenturm <input type="checkbox"/> Tacoma Brücke <input type="checkbox"/> Fußgängerbrücke Oberföhring <input type="checkbox"/> Millennium-Bridge London <input type="checkbox"/> Stoßdämpfer <input type="checkbox"/> Fahrzeugsitze	<input checked="" type="checkbox"/> Federschwingung am Autofahrwerk <input checked="" type="checkbox"/> Schwingung des Stangenpendels <input checked="" type="checkbox"/> Erzwungene Schwingung am Federpendel	<input checked="" type="checkbox"/> Pohl'sches Rad	<input type="checkbox"/> Schwingungen komplett <input type="checkbox"/> Schwingungen	
Wellen					
<input type="checkbox"/> Einführung <input type="checkbox"/> Was ist eine Welle? <input checked="" type="checkbox"/> Beschreibung einer Welle <input checked="" type="checkbox"/> Beschreibung einer Welle - Sinuswelle	<input type="checkbox"/> Wellenkraftwerk "Wave Dragon" <input type="checkbox"/> GPS Positionssortierung	<input checked="" type="checkbox"/> Seilwelle <input checked="" type="checkbox"/> Einlaufende und reflektierte Welle		<input type="checkbox"/> Wellen	



Tipps:

- Aufbau
- Handhabung



The screenshot shows a software application window titled 'Tipps'. The main content area is labeled 'Glossar' and contains the following text:

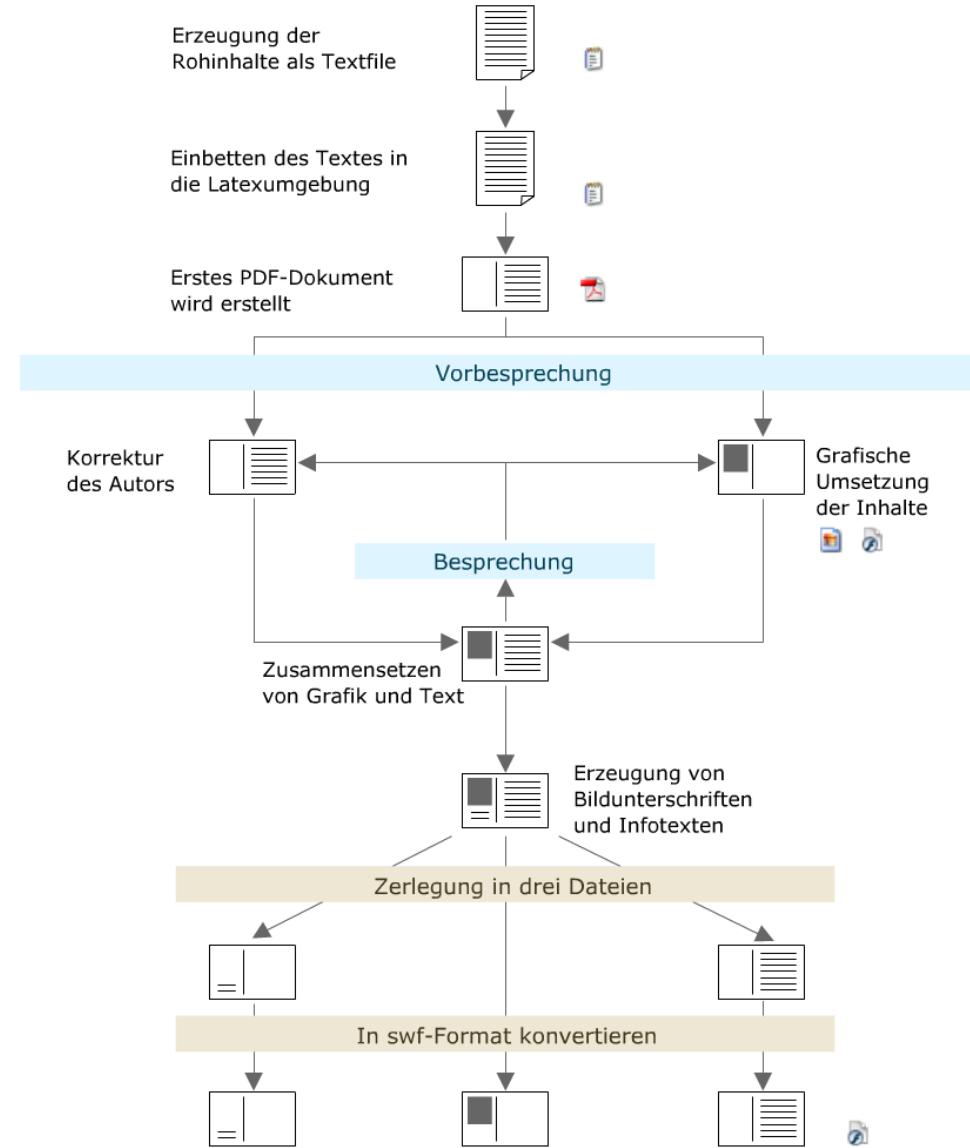
Im Glossar sind die wichtigsten Fachbegriffe der Physik, wie sie in PHYBAS genutzt werden, definiert. Das Glossar kann entweder über das Glossaricon aufgerufen werden oder aber direkt aus den Texten des Grundwissens heraus. Dort erkennt man eine Verlinkung in das Glossar, wenn bei Rollover über einen Begriff ein Mauszeichen sichtbar wird.

On the right side, there is a vertical sidebar with a tree view of menu items. The 'Beispiele' item is currently selected, indicated by an orange bar above it. The menu items listed are:

- Beispiele
- Download
- Experiment
- Excel
- Flash
- Formelrollover
- Glossar
- Glossarlink
- Grundwissen
- Homepage
- Icons
- Interaktive Grafiken
- Kapitel
- Kommunikation
- Kurs
- Modulwahl
- PDF
- Pfeiltasten

→PHYBAS

Workflow:

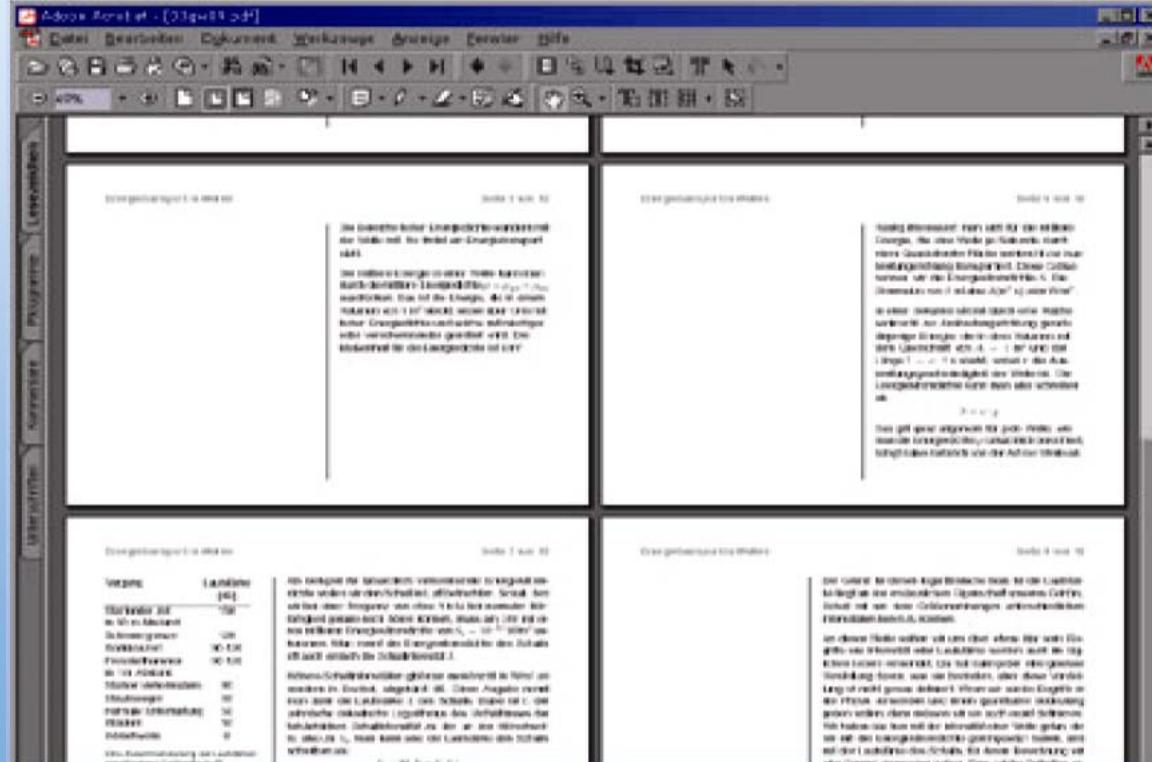




Technik - Seitenaufbau in LaTeX

Energietransport in Wellen

Seite 8 von 10



```

125 §§ S = c \cdot \rho §§
126 Das gilt ganz allgemein für jede We-
127 der Art der Welle ab.
128 }
129
130 \BroadPage{
131 \setlength{\tabcolsep}{0mm}
132 \begin{tabular}{lc}
133 Vorgang & Lautstärke \\
134 & [0.5ex]\hline
135 Startender Jet & 150 \\
136 in 50~m Abstand & \\
137 Schmerzgrenze & 120 \\
138 Rockkonzert & 90-120 \\
139 Presslufthammer & 90-120 \\
140 in 1~m Abstand & \\
141 Starker Verkehrslärm &
142 Staubsauger & 60 \\
143 normale Unterhaltung & 50 \\
144 Flüstern & 30 \\
145 Hörschwelle & 0 \\
146 \end{tabular}
147
148 \small
149 Eine Zusammenstellung der Lautstärk
150 }
151 Als Beispiel für tatsächlich vorkom-
152 einer Frequenz von etwa 1 kHz bei n
153 von $S_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ ankommt
154
155 Höhere Schallintensitäten gibt man
156 Lautstärke $I$ des Schalls. Dabei ist
157 der an der Hörschwelle, also zu $S_0$:
158 §§ I = 10 \cdot \log (I/I_0) §§

```



Technik - Seitenlayout

```

% Swatranieri (0,002 - 0,020 = 0,024 und 0,010 - 0,020 = 0,090)
%
\newcommand{\BroadPage}[2]{
\begin{minipage}[b][\textheight][b]{0.354\textwidth}\raggedright
\setlength{\parskip} (1.5ex plus0.5ex minus0.5ex)
#1
\end{minipage}\hfill{}\rule[Opt]{\seprulewidth}{\textheight}\hfill%
\begin{minipage}[b][\textheight][t]{0.590\textwidth}
\setlength{\parskip} (1.5ex plus0.5ex minus0.5ex)
#2
\end{minipage}}
|
% Einstellungen fuer \HalfPage:
%
% 0,5 - 0,028 = 0,472
\newcommand{\HalfPage}[2]{
\begin{minipage}[b][\textheight][b]{0.472\textwidth}\RaggedRight
\setlength{\parskip} (1.5ex plus0.5ex minus0.5ex)
#1
\end{minipage}\hfill{}\rule[Opt]{\seprulewidth}{\textheight}\hfill%
\begin{minipage}[b][\textheight][t]{0.472\textwidth}\RaggedRight
\setlength{\parskip} (1.5ex plus0.5ex minus0.5ex)
#2
\end{minipage}}
|
% Einstellungen fuer \EmptyPage:
%
% wie HalfPage ohne Mittellinie für leere Seite gedacht mit \EmptyPage
\newcommand{\EmptyPage}[2]{
\begin{minipage}[b][\textheight][t]{0.472\textwidth}\RaggedRight
\setlength{\parskip} (1.5ex plus0.5ex minus0.5ex)
#1
\end{minipage}
\begin{minipage}[b][\textheight][t]{0.472\textwidth}\RaggedRight
\setlength{\parskip} (1.5ex plus0.5ex minus0.5ex)
#2
\end{minipage}}

```

Technik - Rollover

```

\newcommand{\Amplitude}{\Acrobatmenu{rollover:+amplitude_des_wegensechwingung}{A_U}}
\newcommand{\Frequenz}{\Acrobatmenu{rollover:+erreger_verursacht}{A_E}}
\newcommand{\Kreisfrequenz}{\Acrobatmenu{rollover:+frequenz_des_erregers}{f_E}}
\newcommand{\Kreisfrequenzd}{\Acrobatmenu{rollover:+kreisfrequenz}{\omega_0}}
\newcommand{\Kreisfrequenze}{\Acrobatmenu{rollover:+kreisfrequenz_mit_d:ampfung}{\omega_D}}
\newcommand{\Auslenkung}{\Acrobatmenu{rollover:momentane_auslenkung}{z}}
\newcommand{\Auslenkunga}{\Acrobatmenu{rollover:momentane_auslenkung}{\alpha}}
\newcommand{\Phase}{\Acrobatmenu{rollover:phasenverschiebung}{\phi}}
\newcommand{\Phasephie}{\Acrobatmenu{rollover:phasenverschiebung_des_erregers}{\phi_E}}
\newcommand{\PhasenSigma}{\Acrobatmenu{rollover:phasenverschiebung_zum_erreger}{\sigma_{\text{Sigma}}}}

```

% --[Kommandos zum Füllen einer Seite]-----

```

\BroadPage{
}
}

Die Abnahme der \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:amplitude}{Amplitude} folgt dann einer Exponentialfunktion:
$ \text{Amplitude}(t) = \text{Amplitude} \cdot e^{(-\text{Daempf} t)} $

Dabei ist $ \text{Daempf} $ die sogenannte \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:daempfungkonstante}{D"ampfungkonstante}. Sie ist bei sonst gleichen Parametern umso größer er, je größer er die Reibungskraft ist. Auch die \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:kreisfrequenz}{Kreisfrequenz} des Systems wird durch die \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:daempfung}{D"ampfung} beeinflusst, allerdings bei nicht allzu starker \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:daempfung}{D"ampfung} nur wenig. Die \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:kreisfrequenz}{Kreisfrequenz} $ \text{Kreisfrequenzd} $ ist für den gedämpften \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:harmonischeroszillator}{harmonischen Oszillatoren}

$ \text{Kreisfrequenzd} = \sqrt{\text{Kreisfrequenz}^2 - \text{Daempf}^2} $.

Sie ist also immer kleiner als die \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:kreisfrequenz}{Kreisfrequenz} $ \text{Kreisfrequenz} $ des entsprechenden ungedämpften \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:oszillator}{Oszillators}.

Der zeitliche Verlauf der Auslenkung einer gedämpften \Acrobatmenu{call:_root.myGlossar:schwingung}{Schwingung} wird also

$ \text{Auslenkung}(t) = \text{Amplitude} \cdot e^{(-\text{Daempf} t)} \cdot \sin(\text{Kreisfrequenzd} t + \text{Phase}) $.

```

Verwaltung in XML

```
<modul>
    <modulinfo>
        <modulName>Mechanik</modulName>
        <modulText>m01/mechanik.txt</modulText>
    </modulinfo>

    <ku>
        <kapitel>
            <kapitelInfo>
                <kapitelName>Einführung</kapitelName>
                <kapitelL1File>m01/01gw00.swf</kapitelL1File>
                <kapitelTpages>0</kapitelTpages>
            </kapitelInfo>
            <kapitelSeiten>
                <seite>
                    <L2>m01/01gw00_01_b.swf</L2>
                    <L3 myType="u">m01/01gw00_01_u.swf</L3>
                </seite>
                <seite>
                    <L2>m01/01gw00_02_b.swf</L2>
                    <L3 myType="u">m01/01gw00_02_u.swf</L3>
                </seite>
                <seite>
                    <L2>m01/01gw00_03_b.swf</L2>
                </seite>
            </kapitelSeiten>
        </kapitel>
    </ku>
```



Physik

Andreas Kratzer
Leitung

Friedrich E. Wagner
Inhalt

Siegfried Haslbeck
Inhalt, LaTeX

Medienzentrum

Manfred Stross
Leitung

Gabriele Meise
Grafik

Andrea Strubbe
Grafik

Bernhard Maier
Programmierung

Helmut Wirth
Video

Annette Baumann
Content Management