

Lernbereich 1: Erhaltung der Energie 10 Ustd.

Kennen der Merkmale Erhaltung und Übertragbarkeit der Energie

- historische Entwicklung des Energiebegriffs
- Gesetz von der Erhaltung der Energie
- Übertragung von Energie durch Arbeit $W = \Delta E$
- $W = F \cdot s$ ($F = \text{konst. und in Wegrichtung}$)
- kinetische und potentielle Energie
- $E_{kin} = \frac{m}{2} \cdot v^2$
- $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$ $E_{sp} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$

Kennen der Entwertung von Energie

- Energieentwertung durch Reibungsarbeit
- Reibung und Bewegung, $F_R = \mu \cdot F_N$

Anwenden des Energieerhaltungssatzes auf Probleme aus Alltag, Sport und Technik

Perpetuum mobile, abgeschlossene und offene Systeme

Wilhelm Leibniz, James Prescott Joule, Robert Meyer und Hermann von Helmholtz

→ CH Gk 11, LB 3

mechanische Arbeit als durch Kraft übertragene Energie

Herleitung der Beziehungen

⇒ Methodenbewusstsein

Reibungsarten

horizontale und geneigte Ebene

Vorteile des Energieansatzes gegenüber dem analytischen Vorgehen

Berechnung von Wurfhöhen

Stabhochsprung

Berechnung des Bremsweges von Fahrzeugen

bei unterschiedlichen Bedingungen

Sicherheit im Straßenverkehr

Reaktionszeit

⇒ Werteorientierung

Kapitel: Erhaltungssätze

Mechanische Energie S. 44-47

- Energie als Erhaltungsgröße
- Energieterme
- Energie und freier Fall
- Energie beim Fadenpendel
- Energie und senkrechter Wurf
- Das Energiekonzept
- Energieumsetzungen - ideal und real

Energieübertragung S. 48-51

- Energieübertragung
- Diagramme zur Energieübertragung
- Kraft und Weg haben verschiedene Richtungen
- Die Leistung
- Der Wirkungsgrad
- Physik Und Sport

Exkurs: Der Weg zum Energieerhaltungssatz S. 52

(Wdh. Folgerungen aus der Grundgleichung der Mechanik S. 28)

Lernbereich 2: Anwendung der Kinematik und Dynamik 14 Ustd.
Kapitel: Beschreiben von Bewegungen
Kapitel: Ursache von Bewegungen

Einblick gewinnen in wichtige Entwicklungsetappen der klassischen Mechanik

Anwenden kinematischer und dynamischer Gesetze auf Sachverhalte aus Natur, Technik, Sport und Alltag

- Kinematik der geradlinigen Bewegung
gleichförmige Bewegung $s(t) = v \cdot t + s_0$

gleichmäßig beschleunigte Bewegung

$$v(t) = a \cdot t + v_0; s(t) = \frac{a}{2} \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

Überholen und Begegnen von Fahrzeugen

Einblick gewinnen in die Lösung mechanischer Probleme mit Hilfe der Infinitesimalrechnung

- Geschwindigkeit und Beschleunigung als vektorielle Größen
Superpositionsprinzip
- Kraft und Bewegung
Beschleunigungs- und Bremskräfte

Aristoteles, Galileo Galilei, Isaac Newton
moderne Messtechnik für mechanische Systeme

Massepunkt, Bezugssystem, Ort und Zeit
Abhängigkeit der Gleichungen und Diagramme vom gewählten Koordinatensystem
⇒ Problemlösestrategien

$$v = \frac{ds}{dt}, a = \frac{dv}{dt}$$

Sonderfall der gleichmäßig beschleunigten Bewegung

Bewegungsdiagramme
Bewegungen im Motorsport
rechnergestütztes grafisches Lösen von Gleichungen

infinitesimale Definition von Geschwindigkeit und Beschleunigung
Finden der $s(t)$ -Funktion aus dem Experiment und Ermitteln der $v(t)$ - bzw. $a(t)$ -Funktionen
→ MA, Gk 11, LB 1
→ MA, Lk 11, LB 1

komplexes Anwenden der Newton'schen Gesetze
Crash-Tests, Sicherheitseinrichtungen in Fahrzeugen

Beobachten von Bewegungen S.8-9

- Spuren der Bewegung
- Auf den Standpunkt kommt es an
- Ereignisse in Raum und Zeit

Geradlinige Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit S.10-11

- Darstellungen im Zeit-Ort-Diagramm
- Die Geschwindigkeit
- Diagramm und Formel

Methoden: Überholen? ... Im Zweifel nie! S.12

Methoden: Wie genau dürfen, wie genau müssen Messergebnisse sein? S.13

Geradlinige Bewegungen mit veränderlicher Geschwindigkeit S.14

- Die Beschleunigung
- Beschleunigung und Weg
- Geschwindigkeit und Beschleunigung für einen Zeitpunkt
- Gesetze geradliniger Bewegungen mit konstanter Beschleunigung

Methoden: Bremswege S.17

Methoden: Was man aus Diagrammen ablesen kann S.18

Bewegung und Richtung S.19

- Vektoren beschreiben die Bewegung
- Die Richtung der Beschleunigung
- Bezugssysteme und Vektoren

Methoden: Regeln für den Umgang mit Vektoren S.20

Methoden: Beschleunigungsvorgänge im Alltag – Anfahren mit dem Fahrrad S.21

Trägheit S.26

Kraft bewirkt Beschleunigung S.27

Folgerung aus der Grundgleichung der Mechanik S.28

Exkurs: Die Axiome von Newton S.30

Exkurs: Eine Knautschzone hilft Leben retten S.31

Lernbereich 4: Geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern 18 Ustd.
**Kapitel: Elektrisches Feld
Kapitel: Magnetisches Feld**

Kennen der Begriffe elektrische Ladung und elektrisches Feld

- elektrische Ladung
- Kräfte zwischen geladenen Körpern
- elektrisches Feld
- Feldlinienmodell

- elektrische Feldstärke $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$

homogenes Feld $E = \frac{U}{d}$

Radialfeld

Übertragen mechanischer Grundkenntnisse auf die Bewegung geladener Teilchen im elektrischen Feld

- Bewegung in Richtung der elektrischen Feldlinien
- Energie im elektrischen Feld $Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- Grenzen klassischer Betrachtungsweise

Übertragen der Kenntnisse über elektrische Felder auf magnetische Felder

- Magnetismus in der Umgebung von Permanentmagneten und bewegten Ladungen
- Kräfte auf stromführende Leiter
- magnetisches Feld
- Feldlinienmodell
- magnetische Flussdichte $B = \frac{F}{I \cdot \ell}$
- Flussdichte im Innenraum einer langen schlanken Spule $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{\ell}$

Faraday's Feldidee

→ KL. 7, LB 1

homogene und inhomogene Felder
Feldlinienbilder; Faraday'scher Käfig; Gewitter

Plattenkondensator

Braun'sche Röhre
Einheit 1eV
 $E = m \cdot c^2$

Oerstedt's Versuch
Drehspulmesswerk

ℓ ist die effektive Leiterlänge
Beispiele für Flussdichten

Die elektrische Ladung S.98-99

- Alle Körper enthalten elektrische Ladung
- Elektrische Ladung geht nicht verloren
- Influenz und Polarisation
- Nachweis und Messung von Ladung

Das elektrische Feld S.100-103

- Nachweis elektrischer Felder
- Beschreibung elektrischer Felder
- Die elektrische Feldstärke
- Abschirmung elektrischer Felder
- Das Coulomb'sche Gesetz

Energie und Spannung im elektrischen Feld
S.104-105

- Energie im elektrischen Feld
- Wegunabhängigkeit der Energiedifferenz
- Die Energie im radial-symmetrischen elektrischen Feld
- Die elektrische Spannung

Der Kondensator, ein Ladungsspeicher S.107
Ladungsträger im elektrischen Feld S.112-114

- Elektronen und Protonen als Ladungsträger
- Ladungsträger im elektrischen Feld
- Ablenkung in einer Elektronenstrahlröhre

Das magnetische Feld S.124-125

- Die Wechselwirkung zwischen Magneten
- Feldlinien beschreiben Magnetfelder
- Magnetfeld elektrischer Ströme

Quantitative Beschreibung des Magnetfeldes
S.126-127

- Magnetfelder lenken Ströme ab
- Die magnetische Flussdichte
- Die Lorentzkraft

Elektrizitätsleitung in festen Stoffen S.128

- Der Hall-Effekt

Magnetische Felder spezieller Leiteranordnungen
S. 131-132

- Das Magnetfeld langer Spulen
- Materie im magnetischen Feld

Jahrgangsstufe 11 Grundkurs		Impulse Physik Oberstufe
<p>Übertragen mechanischer Grundkenntnisse auf die Bewegung geladener Teilchen im Magnetfeld</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lorentzkraft auf freie Ladungen $F_L = Q \cdot v \cdot B \quad (\vec{v} \perp \vec{B})$ <ul style="list-style-type: none"> - Lorentzkraft als Radialkraft <p>Übertragen der Kenntnisse auf eine technische Anwendung</p>	<p>Polarlichter Hall-Effekt → MA, Gk 12, LB 3 Herleitung einer Beziehung für den Radius</p> <p>Linearbeschleuniger, Zyklotron, Massenspektrometer, Elektronenstrahlmikroskop</p>	<p>Elektronen haben eine Masse S.134-137</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Bestimmung der Masse eines Elektrons - Die magnetische Flasche - Freie Elektronen sind sehr schnell - Massenspektroskopie - Elektronen decken feinste Strukturen auf
Lernbereich 5: Relativität von Zeit und Raum 4 Ustd.		Kapitel: Relativitätstheorie
<p>Einblick gewinnen in die Relativität von Zeit und Raum</p> <ul style="list-style-type: none"> - Postulate der Relativitätstheorie Relativitätsprinzip Addition von Geschwindigkeiten in Inertialsystemen - Belege zur Relativität von Zeit und Strecke in Inertialsystemen <p>Relativität der Gleichzeitigkeit Zeitdilatation, Längenkontraktion</p> <ul style="list-style-type: none"> - Belege zur Wirkung der Gravitation auf das Licht 	<p>Albert Einstein</p> <p>Hinweis auf Spezielle Relativitätstheorie Veranschaulichung der Phänomene durch Medien Synchronisation von Atomuhren Lebensdauer von Myonen in der Atmosphäre und im Teilchenbeschleuniger Hinweis auf Allgemeine Relativitätstheorie Gravitation und gekrümmte Raumzeit Experimente mit Atomuhren; schwarze Löcher im Kosmos</p>	<p>Die Einstein'schen Postulate S.348-349</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spezielle Relativitätstheorie - Besonderheiten von Lichtsignalen - Postulate für Inertialsysteme <p>Ort, Zeit, Ereignis S.350-351</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bewegte Uhren - Minkowski-Diagramme <p>Messen und Wahrnehmen S.352-353</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zeitdilatation - Längenkontraktion - Bilder bewegter Körper <p>Methoden: Geschwindigkeitsaddition S.354</p> <p>Allgemeine Relativitätstheorie S.358</p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Äquivalenzprinzip - Schwarze Löcher
Wahlpflicht 1: Bestimmung elementarer Naturkonstanten 4 Ustd.		
<p>Anwenden von Kenntnissen auf die Bestimmung elementarer Naturkonstanten</p>	<p>Bestimmung der elektrischen Feldkonstante ϵ_0 Bestimmung der magnetischen Feldkonstante μ_0 Bestimmung der Elementarladung e Bestimmung der spezifischen Ladung e/m</p>	<p><u>Material:</u> Das elektrische Feld S.101-103 Magnetische Felder spezieller Leiteranordnungen S.131-132 Ladungsträger im elektrischen Feld S.112-113 Elektronen haben eine Masse S.134</p>
Wahlpflicht 2: Physikalisch-technische Exkursion 4 Ustd.		
<p>Einblick gewinnen in die Nutzung physikalisch-technischen Wissens in Forschung und Technik</p>	<p>Besuch eines regionalen Unternehmens, einer Hochschule, eines Instituts</p>	<p>–</p>

Jahrgangsstufe 11 Grundkurs		Impulse Physik Oberstufe
Wahlpflicht 3: Technische Anwendungen von Spulen und Kondensatoren 4 Ustd.		
Anwenden der Kenntnisse über Felder und über die elektromagnetische Induktion auf Spulen und Kondensatoren als Bauelemente	Kapazität des Kondensators Auf- und Entladen Netzgeräte: Kondensatoren als Ladungsspeicher Induktivität von Spulen Betrieb von Zündkerzen (Ottomotor) Betrieb von Energiesparlampen	Der Kondensator, ein Ladungsspeicher S.107-108 Der Kondensator im Stromkreis S. 109-110 Selbstinduktion S.148-149

Jahrgangsstufe 12 Grundkurs	Impulse Physik Oberstufe
------------------------------------	---------------------------------

Lernbereich 1: Welleneigenschaften des Lichts 8 Ustd.		Kapitel: Wellenmodell des Lichtes
Kennen des Huygens'schen Prinzips <ul style="list-style-type: none"> - Wellenfront und Wellennormale e - Reflexion, Brechung und Beugung - Reflexions- und Brechungsgesetz $n = \frac{c_0}{c}; \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ <ul style="list-style-type: none"> - Interferenz am Doppelspalt und am Gitter; Kohärenz $\tan \alpha_k = \frac{s_k}{e}; \sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ Übertragen des Wissens zur Interferenz auf die Reflexion an dünnen Schichten Kennen der Polarisierbarkeit des Lichts	Absorption, Streuung Lichtstrahl als Wellennormal → Kl. 10, LB 3 Bestimmung von Wellenlänge Entspiegeln von Linsen; Seifenhaut, Ölfilm Polarisieren durch Absorption, Reflexion oder Streuung LCD-Anzeige	Strahlen und Wellen S.198-199 <ul style="list-style-type: none"> - Das Strahlemodell des Lichtes zeigt Grenzen Modelle des Lichtes S.200-201 <ul style="list-style-type: none"> - Reflexion und Brechung - Die bedeutung der Lichtgeschwindigkeit - Optische Linsen Interferenzen am Gitter S.204-205 <ul style="list-style-type: none"> - Das optische Gitter - Bestimmung der Wellenlänge Beugung von Licht S.208-209 <ul style="list-style-type: none"> - Licht dringt in Schattenräume - Die Beugung am Einzelspalt Farberscheinungen dünner Schichten S.212-213 <ul style="list-style-type: none"> - Interferenz reflektierter Wellen - Die Entspiegelung von Glas - Newton'sche Ringe Polarisation des Lichtes S.214-215 <ul style="list-style-type: none"> - Die Lichtausbreitung wird durch Querwellen beschrieben

Lernbereich 2: Praktikum Optik 6 Ustd.		
Problemlösen bei komplexen experimentellen Anforderungen <ul style="list-style-type: none"> - Entwickeln von Experimentieranordnungen - Bearbeiten von Erklärungsproblemen Anwendung der Kenntnisse auf komplexe experimentelle Untersuchungen <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchungen zum Reflexions- und Brechungsgesetz - Interferenz Bestimmung von Wellenlängen Kennen von Möglichkeiten der Analyse des Einflusses von Messunsicherheiten <ul style="list-style-type: none"> - systematische und zufällige Messunsicherheiten - qualitative Abschätzungen systematischer Messunsicherheiten 	Entwickeln von Experimentieranordnungen und Planung von Experimentierabläufen Identifizieren von Stoffen anhand der Brechzahl, Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit Wellenlänge des Lichts von LED's CD als Transmissions- oder Reflexionsgitter - Spurabstand Addition der absoluten Messunsicherheiten bei Summen bzw. der relativen bei Produkten	Material: Kapitel Wellenmodell des Lichtes S.197-224 insbesondere: Modelle des Lichtes S.200-201 Die Geschwindigkeit des Lichtes S.202-203 Interferenzen am Gitter S.204-205 Farberscheinungen dünner Schichten S.212-213

Lernbereich 3: Grundlagen der Quantenphysik 10 Ustd.
Kapitel: Quantenobjekte

Kennen der Photonen als Quantenobjekte

- äußerer lichtelektrischer Effekt

Gegenfeldmethode

- Einstein'sche Gleichung und ihre Interpretation

$$E_{kin} = h \cdot f - W_A$$

Einsteins Lichtquantenhypothese $E = h \cdot f$
Grenzfrequenz

Einblick gewinnen in Quanteneigenschaften der
Materie im atomaren Bereich

- Elektronenbeugung
- Doppelspaltexperiment bei geringer Intensität
- Interferenz einzelner Photonen
- Interferenz einzelner Elektronen
- quantenphysikalischer Messprozess

Umkehrung des lichtelektrischen Effektes bei
Leuchtdioden
Widersprüche zur Wellentheorie des Lichts
aufzeigen
Gewinnen der Gleichung aus empirischen Befunden

Interferenzerscheinungen bei Neutronen und
Atomen
Vergleich von Licht- und Elektronenmikroskop
De-Broglie-Wellenlänge
Richard Feynman: „Quantenobjekte sind weder
Welle noch Teilchen, sondern etwas Drittes!“

Einfluss des Messprozesses auf
Quanteneigenschaften Aussagen der
Heisenberg'schen Unschärferelation

Interferenz mit Elektronen S.226-227

- Neue Vorstellungen über Elektronen
 - Elektronen im Zweifachspalt
- Licht löst Elektronen aus S.228-231
- Der Fotoeffekt und Lumineszenz
 - Die Energiebilanz beim Fotoeffekt
 - Licht und die Planck'sche Konstante
 - Photonen
 - Anwendung der Einstein'schen Hypothese
 - Impuls von Photonen
 - das Taylor'sche Experiment

Zwei-Wege-Experimente S.232-233

- Photonen und Elektronen
- Alltagserfahrungen
- Das Doppelspaltexperiment mit Neutronen

Quantenobjekte S.234-235

- Eigenschaften von Quantenobjekten
- Entstehung von Interferenz
- Große Quantenobjekte

Messungen an Quantenobjekten S.239-240

- Möglichkeit und Unbestimmtheit
- Die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation

Exkurs: Auswirkungen der Heisenberg'schen
Unbestimmtheitsrelation S.241

Lernbereich 4: Strahlung aus Atomhülle und Atomkern 20 Ustd.
**Kapitel: Atomphysik
Kapitel: Kernphysik**

Einblick gewinnen in die Leistungsfähigkeit und Grenzen von Atommodellen

Thomson'sches Atommodell, Entdeckung des Elektrons
Rutherford'sches Atommodell, Entdeckung des Atomkerns
Bohr'sches Atommodell, Postulate
Quantenmechanisches Atommodell

Atome S.254-255

- Masse und Größe von Atomen
 - Thomson'sches Atommodell
 - Der Streuversuch von Rutherford
- Spektraluntersuchungen S.258-259
- Emission und Absorption
 - Energieniveaus im Atom

Kennen experimenteller Befunde zum Energieaustausch mit Atomen

Untersuchung von Wasserstoff S.260

- Energietermschema
 - quantenhafte Absorption und Emission von Licht
- Linienpektren
Wasserstoff-Spektrum,
Serien-Formel $f = R_y \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$
- Exkurs: Leistungen und Grenzen des Bohr'schen Atommodells S.261

Lumineszenzerscheinungen, Resonanzabsorption

Balmer-Serie

Kennen des Prinzips der Entstehung, der Eigenschaften und der Nutzung der Laserstrahlung

optische Speichermedien; Anwendungen des Lasers in Technik und Medizin

Laser S.272

- Eigenschaften des Laserlichtes
 - Das Laserprinzip
- Exkurs: Laser in Umwelt und Technik S.273

Kennen der Radioaktivität als Naturerscheinung

Entdeckung der Radioaktivität durch Henri Becquerel und Marie Curie; Zerfallsreihen

Atomkerne S.286
Nachweis der Radioaktivität S.287-290
Exkurs: Biologische Folgen ionisierender Strahlung S.290

Eigenschaften der Strahlung eines radioaktiven Präparates S.291-292

- Unterscheidung verschiedener Strahlungsarten
- Eigenschaften von α -Strahlung
- Eigenschaften von β -Strahlung
- Eigenschaften von γ -Strahlung

Kennen von Phänomenen und der technischen Nutzung radioaktiver Strahlung

Wechselwirkung der γ -Strahlung mit Materie S.293-294

Exkurs: Dosimetrische Größen S.295
Die Struktur der Atomkerne S.296-298
Radioaktiver Zerfall S.299-300

- Zerfallsgesetz und radioaktivität
- Aktivität

Exkurs: Altersbestimmung mit radioaktiven Stoffen S.301

- Zerfallsgesetz $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

- Aktivität $A = -\frac{dN}{dt}$

- Halbwertszeit, Zerfallskonstante

Tröpfchenmodell
Kernumwandlungsgleichungen
ionisierende Wirkung, Durchdringungsfähigkeit, Ablenkung in elektrischen und magnetischen Feldern

C-14-Methode, Uran-Blei-Methode

Jahrgangsstufe 12 Grundkurs

Impulse Physik Oberstufe

Kennen energetischer Betrachtungen für Kernprozesse <ul style="list-style-type: none"> - Massedefekt und Bindungsenergie $E_B = \Delta m \cdot c^2$ - Bindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit von der Massenzahl - Kernspaltung 	Kernfusion	Energie aus dem Atomkern S.302-303 <ul style="list-style-type: none"> - Massedefekt und Bindungsenergie - Kernspaltung und Kettenreaktion Die Sonne S.306-307 <ul style="list-style-type: none"> - Energie der Sonne - Künstliche Kernfusion
---	------------	--

Wahlpflicht 1: Anwendungen der Physik 4 Ustd.		
Übertragen physikalischer Kenntnisse auf Anwendungen der Medizintechnik	Physikalische Grundlagen medizinischer Diagnoseverfahren (Ultraschall, Röntgendiagnostik, Radiologie) Anwendungen von Lasern Nuklearmedizin	<u>Material:</u> Röntgenstrahlung 216 Charakteristisches Röntgenspektrum 268 <u>Exkurs:</u> Röntgen in der Medizin 270
Wahlpflicht 2: Optische Phänomene 4 Ustd.		
Anwenden der Eigenschaften des Lichtes auf optische Phänomene	Optische Phänomene in der Atmosphäre (Fata morgana, Regenbögen, Halos, Glorien) Optische Täuschung (Escher, Ponzo, Zöllner, Müller-Lyer, Poggendorff, Anamorphosen, Ames-Raum)	<u>Wiederholung:</u> Strahlenoptik aus der Mittelstufe <u>Material:</u> Streuung S.210-21
Wahlpflicht 3: Akustik 4 Ustd.		
Anwenden der Kenntnisse zu Wellen auf den Schall	Schallfeldgrößen harmonische und nichtharmonische Schwingungen Obertöne und Klang Schwebung stehende Wellen Dopplereffekt Bestimmung der Schallgeschwindigkeit	<u>Material:</u> Kapitel Schwingungen S.76-88 <ul style="list-style-type: none"> - <u>Methoden:</u> Modellbildung zum linearen Kraftgesetz S.78 - <u>Methoden:</u> Lösung der Grundgleichung der Mechanik für den harmonischen Oszillator S.79 - Das Fadenpendel S.81 - Überlagerung von Schwingungen S.82 - <u>Exkurs:</u> Prinzip der digitalen Tonwiedergabe S.84 - Erzwungene Schwingungen S.85 - <u>Exkurs:</u> Schwingungen in der Musik S.88 Kapitel Wellen S.167-179 <ul style="list-style-type: none"> - Die Ausbreitung von Störungen S.168

Jahrgangsstufe 12 Grundkurs	Impulse Physik Oberstufe
	<ul style="list-style-type: none"> - Harmonische Wellen S.172 - Methoden: Die Wellengleichung S.174 - Der Dopplereffekt S.175 - Überlagerung von Wellen S.176 - Stehende Wellen S.178