

Stellungnahme zu Bildungsstandards und Lehrplänen im Fach Physik (4-stündiges Profulfach)

Ergebnisse von Diskussionen zwischen Physik Lehrern der Rhein-Neckar Region und der Fakultät für Physik und Astrophysik der Universität Heidelberg.

Das Ministerium für Bildung und Wissenschaft in Baden-Württemberg hat im Bildungsplan 2004 neue Akzente gesetzt und Bildungsstandards verbindlich vorgegeben, an denen sich die Physikausbildung an den Gymnasien in Zukunft orientieren soll. Die Bildungsstandards definieren ein Kerncurriculum, das unter anderem die Anschlussfähigkeit an die Hochschule garantieren soll und Freiräume schaffen soll für eine standortspezifische Ausdifferenzierung der einzelnen Schulen. .

Im Rahmen der regelmäßigen Treffen zwischen Lehrern und Fakultätsmitgliedern wurden die Bildungsstandards auf ihre Umsetzung in konkrete Lehrpläne diskutiert. Dabei wurden folgende Aspekte für den 4-stündigen Physikkurs besonders beleuchtet:

- a) **Was erwartet die Universität von den Studienanfängern in Physik /den Naturwissenschaften (Anschlussfähigkeit an die Hochschule).**
- b) **Welche Inhalte sollten auf welchem Niveau zur Erreichung der für das Kerncurriculum geforderten Kompetenzen behandelt werden?**
- c) **Wo liegen die jetzigen Defizite der Physik-Studienanfänger und wie lassen sich diese abbauen?**

Seit Mai 2004 wurden konkrete Vorschläge von einer kleinen Arbeitsgruppe ausgearbeitet und dann im Plenum diskutiert . Parallel dazu wurde von der Fakultät zu Beginn des WS 2004/2005 eine Umfrage unter den Studienanfängern Physik zur Schulausbildung in den Fächern Physik und Mathematik durchgeführt um das Vorwissen der Studenten bei Studienbeginn zu erfassen.

Die Ergebnisse der Diskussionen sind im Folgenden zusammengefasst.

Zeitaufteilung und Schwerpunkte

Es soll nach den Bildungsstandards etwa 1/3 der verfügbaren Zeit zur freien Planung der Lehrer und Schulen frei bleiben. Das Kerncurriculum inklusive Praktika umfasst also 2/3 der Zeit. In den Klassen 11 und 12 stehen nach Abschätzungen durch die Lehrer effektiv ca. 140 Schulstunden zur Verfügung, die auf Kerncurriculum, Freiraum, Praktikum, Klausuren, etc. zu verteilen sind (Anhang 1).

Allgemeine Ziele der Ausbildung

Die Fakultät legt großen Wert auf den Aspekt der **Allgemeinbildung** für alle Schüler. Physik soll als lebendiges, faszinierendes Fach erlebt werden, zum Verständnis von Alltagsphänomenen beitragen und zur Arbeit an vielen interessanten offenen Fragen ermutigen. **Die Vorbereitung auf ein Physikstudium sollte nicht im Vordergrund stehen.** Die Schule sollte vielmehr ein verbindliches Grundwissen vermitteln, auf das die Universität aufbauen kann und das gute Voraussetzungen für einen erfolgreichen Studienbeginn in einem naturwissenschaftlichen Fach, insbesondere der Physik liefert. Unsere Umfrage zum Schulwissen der Studienanfänger des WS04/05 zeigt, das dieses Grundwissen eher inhomogen und in Teilen lückenhaft ist.

Die Physikausbildung soll primär physikalisches Verständnis und das Denken in physikalischen Zusammenhängen vermitteln. Dazu gehört die quantitative, mathematische Behandlung grundlegender physikalischer Sachverhalte, die Demonstration physikalischer Effekte am besten durch selbstständiges Experimentieren und die Diskussion von

Alltagsphänomenen. Die mathematische Behandlung sollte ungeachtet ihrer Wichtigkeit nicht den Physikunterricht dominieren.

Die Schulausbildung sollte eine **Orientierungshilfe für die Studienwahl** geben. Dazu ist zum einen der Kontakt zu aktuellen Forschungsgebieten erforderlich, in denen derzeit an vielen offenen und interessanten Fragestellungen gearbeitet wird und die Faszination und Neugier bei den Schülern wecken können. Zum anderen sollten die Schüler in die Lage versetzt werden, ihre Fähigkeiten für ein Studium der Physik besser einschätzen zu können. Besonders interessierte Schüler sollten daher im Wahlbereich als Orientierungshilfe für die Studienwahl auch spannende und aktuelle Forschungsthemen kennen lernen. Das kann auch bei außerunterrichtlichen Veranstaltungen, z.B. an der Universität, bei der "Physik am Samstagmorgen" oder durch Einladung von Experten in die Schule erfolgen.

Praktische Ausbildung

Alle Beteiligte legen großen Wert auf das selbstständige Experimentieren der Schüler, das in Zukunft einen erheblichen Umfang einnehmen sollte. Wichtig ist eigenständiges Experimentieren, nicht nur das Arbeiten an fertigen Versuchsaufbauten. Der Umgang mit Daten und Messfehlern sollte geübt werden, allerdings nicht exzessiv bei jedem Versuch. Das Spektrum der Versuche in Niveau und Technik sollte dabei groß sein, von Freihandversuchen bis zu komplizierten Aufbauten, die mit Datenerfassungssystemen ausgerüstet sind. Dies ist nur dann möglich, wenn die Gesamtgruppengröße auf maximal 12 Schüler begrenzt wird, so dass überschaubar in Zweierteams gearbeitet werden kann. Entsprechende organisatorische Voraussetzungen sollten dringend auf den Weg gebracht werden..

Der Umfang der Praktika sollte 30 Stunden im Pflichtbereich (Kerncurriculum) und 15 Stunden im Wahlbereich nicht unterschreiten.

Diskussionsfähigkeit, eigene Vorträge und Präsentationen

Unsere Erfahrungen mit Studienanfängern zeigen, dass viele von ihnen ihre Ergebnisse nur unzureichend diskutieren und präsentieren können. Sie verhalten sich insgesamt zu passiv, selbst in kleinen Gruppen. Es ist daher ein expliziter Wunsch der Fakultät, dass jeder Schüler darin geübt sein sollte, Referate zu halten, dabei gewisse Fragestellungen kritisch zu beleuchten und vor allem das Vorgetragene in einer Diskussion verteidigen zu können. Als Zuhörer sollen sie darin geübt sein Fragen und Kritik vorzubringen. Welche formalen Hilfen für die Präsentationen genutzt werden ist zweitrangig.

Mathematische Behandlung

Im Unterricht soll deutlich werden, dass Physik nicht mit Mathematik gleichzusetzen ist, sondern dass sie Mathematik ein notwendiges und wichtiges Hilfsmittel der Physik ist. Die Fähigkeit zu Voraussagen, Abschätzungen, Fehlerbetrachtung und die Diskussion von Näherungen sollten geübt, übertriebenes Rechnen von Aufgaben jedoch vermieden werden. Ein erfolgreicher Studienbeginn im Fach Physik setzt ein solides Grundwissen in Mathematik voraus. Die hierfür notwendigen Kenntnisse sind in Anhang 2 zusammengefasst.

Die Heidelberger Umfrage in letzten WS ergab, dass die hiesigen Studienanfänger im Fach Physik diese Kenntnisse weitgehend hatten. Hier muss aber beachtet werden, dass diese Studienanfänger ein Eignungsfeststellungsverfahren durchlaufen und bestanden hatten, bei dem herausragende Mathematikkenntnisse eine wichtige Voraussetzung waren.

Inhalt des Kerncurriculums

Allgemeines

Ein wichtiges Ziel muss sein, den allgemein verbindlichen Stoff so zu begrenzen, dass Zeit für Praktika und Freiräume zur Vermittlung der geforderten Kompetenzen für die Schulen

vorhanden sind. Ziel kann daher nicht sein, alle Gebiete abzudecken, sondern sich auf besonders wichtige Eckpfeiler und Leitlinien der Physik zu beschränken, die ausführlich und quantitativ behandelt werden sollen. Dabei müssen sowohl die klassische Physik als auch Teilgebiete der modernen Physik abgedeckt werden, bei der jedoch die Behandlung häufig nur qualitativer Natur sein kann.

Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse

Der im Folgenden vorgestellte Entwurf eines Kerncurriculums (Anhang 3) wurde bereits in mehreren Stufen im Umfang reduziert. Er enthält auch nicht alle in den Bildungsstandards geforderten Inhalte aus der modernen Physik, die zum Teil als in der Schule nur schwer vermittelbar und entbehrlich angesehen werden. Dennoch ergibt die Abschätzung der benötigten Zeit, die jeweils aufgeführt ist, dass der Stoff in einem vierstündigen Physikkurs kaum befriedigend behandelt werden kann, wenn an den sehr wünschenswerten Vorgaben festgehalten wird, dass für das Kerncurriculum 2/3 der Gesamtzeit verfügbar ist und Praktika im erforderlichen Umfang durchgeführt werden sollen. Deshalb wurden einige Themen mit Sternchen gekennzeichnet. Sie mögen als Empfehlungen für vorhandene Freiräume betrachtet werden.

Die Umfrage zum Physikwissen der jetzigen Studienanfänger ergab, dass diese selbst bei einem 5-stündigen Leistungskurs erhebliche Mängel in der klassischen Physik aufweisen und so gut wie keine Schulkenntnisse in der modernen Physik haben (siehe Anlage 4). So ist z.B. Schulwissen über Wärmelehre praktisch nicht vorhanden, und in der Quantenphysik geht das Wissen im allgemeinen nicht über die Kenntnis einiger grundlegender Experimente hinaus. Im Vergleich dazu soll nach den Bildungsstandards das Kerncurriculum wesentlich mehr moderne Physik enthalten. Die Kürzung des Stundenkontingents von 5 auf 4 Stunden bei gleichzeitiger Ausdehnung des Stoffs ist (hier) kontraproduktiv und unverständlich. Das Resultat wird entweder sein, dass Schüler – wie bisher schon - mit großen fachlichen Lücken ihr Studium beginnen werden oder - noch schlimmer - mit zu viel Stoff überschüttet werden, der nicht verstanden werden kann. Im hier vorgeschlagenen Kerncurriculum wurden daher einige wichtige und interessante Themen der Physik zugunsten einer hinreichenden Tiefe der Vermittlung in den anderen Bereichen gestrichen. Es wäre wünschenswert, wenn die Lehrer den Wahlbereich nicht nur zur Vertiefung von Themen des Pflichtbereichs nutzen würden, sondern auch für neue anspruchsvolle Themen insbesondere der modernen Physik.

Anhang 1:**Abschätzung der für den Pflichtbereich zur Verfügung stehende Unterrichtszeit**

Klasse		Stunden
11	35 Wochen a 4 Stunden	140
12	27 Wochen a 4 Stunden	108
11/12	Summe	248
11/12	7 Klausuren mit Nachbesprechung	-21
11/12	Abzgl. Exkursionen etc. in beiden Jahren o. andere Abwesenheit des Lehrers	-8
11/12	Zwischensumme	219
11/12	2/3 für den Pflichtbereich	146
11/12	1/3 für den Wahlbereich	73
		219
11/12	Praktikum im Pflichtbereich	30
11/12	Praktikum im Wahlbereich	15
11/12	GFS in beiden Jahren incl. Präsentation	4
	Wahlbereich	6
	Pflichtbereich	6
11/12	Sonstige Unterrichtszeit für den Wahlbereich	54
11/12	Sonstige Unterrichtszeit für den Pflichtbereich	110

Anhang 2:

Mathematikkenntnisse, die für Studienanfänger im Fach Physik wünschenswert (notwendig) erscheinen.

- Differenzieren, Integrieren einfacher Funktionen
- Transzendente Funktionen: Sinus, Cosinus, Exponentialfunktion und Logarithmus
- Einfache Differentialgleichungen, Veranschaulichung und Lösungen
- Betrachtung von Grenzfällen und asymptotischen Lösungen.
Die Kenntnis der Taylorreihe und die Entwicklung einfacher Funktionen wäre hierfür wünschenswert.
- Erstellung von Diagrammen und Histogrammen
- Statistische Auswertung von Messreihen (Begriffe: Mittelwert, Varianz,...)
- Vektorrechnung: nur Vektoraddition, Komponentendarstellung, Projektion eines Vektors auf eine Achse.

Nicht erforderlich sind:

komplexe Zahlen, Vektorrechnung mit Skalar- und Vektorprodukt, Programmieren, Maple/Mathematica

Die Umfrage unter den Studienanfängern im Fach Physik ergab, dass diese Kenntnisse weitgehend vorhanden waren, mit Ausnahme von Taylorreihe, Auswertung von Messreihen und Differentialgleichungen. (Hier sollte aber beachtet werden, dass die Studienanfänger ein Eignungsfeststellungsverfahren passiert haben, bei dem herausragende Mathematikkenntnisse eine wichtige Voraussetzung waren) .

Anhang 3

Vorschlag für das Kerncurriculum Physik (Profilfach 4-stündig)

(geschätzte Stundenzahlen sind jeweils rechts angegeben)

Klassische Physik

1. Mechanik:

- 1.1 Definition physikalischer Größen (MKSA)
- 1.2 Dynamik von Punktmassen
 - Kinematik,
 - Kräfte (incl. Reibung)
 - Newtonsches Gesetz ($F=m \cdot a$ oder dp/dt)
- 1.3 Kreisbewegung (quantitativ)
- 1.4 Erhaltungssätze (Leitlinie)
 - Energie.
 - Impuls, Schwerpunkt
- 1.5 Felder
 - Gravitationsfeld
 - Arbeit, Potentielle Energie (konstantes Feld und Radialfeld)
- 1.6 Schwingungen und Resonanz (Leitlinie)
 - Freie Schwingungen,
 - Harmonischer Oszillator, Differentialgleichung und Lösung
 - Einfluss von Dämpfung (qualitativ)
 - Erzwungene Schwingungen (*qualitativ*)
 - Resonanz, Amplituden-Frequenz-Diagramm für verschieden starke Dämpfung (Resonanzkurven) (*qualitativ*)

Klasse 10

9

2. Wärmelehre:

- 2.1 Ideale Gasgleichung,
 - Druck ($P=F/A$), Temperatur
- 2.2 kin. Gastheorie
 - Druck, $E_{kin} \sim kT$
 - Brown'sche Bewegung
- 2.3 Erster Hauptsatz der Wärmelehre,
- 2.4 Warum laufen Wärmeprozesse von selbst immer in eine Richtung?
 - Betrachtung mit Wahrscheinlichkeitsaussagen; max. Wirkungsgrad einer W-kraftm

Klasse 10

Die Behandlung der Entropie, wie sie in der Physik verstanden wird, erscheint uns zu schwierig für die Schule. (Die Einführung von ‚Entropie‘ als Ersatz für Wärmemenge erscheint uns nicht zweckmäßig und für mögliche Studienanfänger kontraproduktiv).

3. Elektrizitätslehre:

- 3.1 Ladung, Strom, Spannung, Widerstand, Leistung
- 3.3 Coulombgesetz (Zentralkraft)
- 3.4 Einfache elektrische und magnetische Felder
 - Kondensator, lange Spule, Dipolfelder
 - Feldlinien
 - Kräfte auf Ladungen in el. Feldern, elektrische Feldstärke
 - Kräfte auf bewegte Ladungen in Magnetfeldern
- 3.5 Geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern, Anwendungen
- 3.6 Induktion
 - Flussänderung
 - Generator, Motor

28

-- Selbstinduktion (Eigeninduktivität)	
3.7 Schwingkreis mit Dämpfung, Energiebilanz	4
3.8 Aussagen der Maxwell-Gleichungen (<i>qualitativ</i>)	2
3.9 Elektromagnetische Wellen	
-- Spektrum der em-Wellen	3
3.10 Wärmestrahlung (<i>qualitativ</i>)	
-- Kirchhoffsches Gesetz, Wiensches Verschiebungsgesetz, Stefan-Boltzmannsches Gesetz	3
4. Wellen und Interferenz	
4.1 Federwellen, akustische Wellen, Wasserwellen (Demonstration, <i>qualitativ</i>)	
4.2 1-dim harmonische Welle	
-- Amplitude, Frequenz, Phasengeschwindigkeit, Wellenlänge, Phase,	23
4.3 Interferenz von eindimensionalen Wellen	
-- gleichlaufende Wellen, Gangunterschied	
-- entgegengesetzt laufende Wellen, stehende Wellen	
4.4 Eigenschwingungen begrenzter Wellenträger (Musikinstrumente) (<i>qualitativ</i>)	
4.5 Interferenz und Beugung von mehrdimensionalen Wellen	
-- Doppelspalt als wichtigstes Beispiel	
-- Gitter, Wellenlängenbestimmung von Lichtwellen (im Praktikum)	
	Σ 71

Moderne Physik

Es bestand Einvernehmen, dass moderne Physik unverzichtbar für das Kerncurriculum ist – nicht nur weil das in den Bildungsinhalten gefordert wird. Dabei soll die relativistische Mechanik nicht Teil des Kerncurriculums sein. Dieses Gebiet löst zwar bei einem Teil der Studenten große Faszination aus, hat aber doch wenig Auswirkungen auf unser Verständnis von Umwelt und Technik. Einzige Ausnahme ist die Beziehung zwischen Masse und Energie, die als Erweiterung des Energiesatzes behandelt werden soll. Damit bleiben: Quantenphysik, Atomphysik (besser ‚Struktur der Materie‘), Festkörperphysik, Kernphysik und falls möglich Teilchenphysik. Während die wichtigsten Themen der Quantenphysik und Atomphysik verbindlich sein sollen, werden für andere Gebiete der modernen Physik Wahlmöglichkeiten angeboten.

Empfohlene Inhalte Quantenphysik und Struktur der Materie:

5. Phänomenologische Befunde zur Mikrowelt (jeweils mit Experimenten) (Wiederholung von Themen aus Klasse 9/10 auf höherem Niveau)	
--Woher wissen wir, dass es Atome gibt? Größe der Atome	
-- Die Quantisierung der elektrischen Ladung (Millikan)	
-- Atomaufbau: Hülle, Kern (Rutherford- Streuversuch)	
-- Emission und Absorption von Licht: Spektrallinien	4
6. Quantenphysik: einfache Experimente	
6.1 Licht zeigt auch ‚Teilchencharakter‘	
--Der Photoeffekt: :Teilchencharakter des Lichts, Photon	
-- Röntgenstrahlung, Messung der Wellenlänge mit der Bragg-Reflektion (Wellencharakter) und Nachweis mit Zählrohr (Quantencharakter).	
-- Photonenimpuls	4

- 6.2 Teilchen zeigen auch Wellencharakter:
 - Materiewellen, de Broglie-Wellenlänge
 - Elektronenbeugung (experimentell)
 - Elektroneninterferenz am Doppelspalt (Jönsson), Interferenzexperimente mit Atomen
- 6.3 Interpretation des Doppelspaltexperiments in der Quantenmechanik
 - Wellenfunktion und Wahrscheinlichkeitsaussage
 - Unschärferelation (Bez. Ort – Impuls)
- 6.4 radioaktiver Zerfall als Beispiel eines stochastischen Prozesses.

9

7. *** Quantenmechanische Interpretation, Wellenfunktion
(dieses Thema wird zur Vertiefung im Wahlbereich empfohlen)
- 7.1 die ‚richtige Beschreibung‘ in der Quantenmechanik
 - wie sieht die ‚richtige‘ Beschreibung von Teilchen und Photonen in der Quantenmechanik aus?
 - Wahrscheinlichkeit und Quadrat der Wellenfunktion.
 - Interpretation des Interferenzbildes als Wahrscheinlichkeitsverteilung
 - Diskussion der Interferenz einzelner Teilchen/Photonen
 - 7.2 Wann brauchen wir die Quantenmechanik, wann reicht die klassische Physik (Mechanik bzw. klassische Wellen)? Beispiele: Doppelspalt, Spalt, Atom.
 - Einzelprozesse bei der Emission und Absorption el.magn. Strahlung
 - 7.3 Modelle:
 - Was ist ein Modell?
 - Brauchen wir immer den vollen Apparat der Quantenmechanik?
 - Das Teilchen- und Wellenmodell am Beispiel der Röntgenstrahlung: (Wellenbild bei Braggreflektion, Teilchenbild bei der Zählung der Röntgenquanten).

Die in den Bildungsstandards vorgesehenen Themen ‚Messprozess in der Quantenmechanik‘ und ‚verschränkte Zustände‘ wurden hier nicht berücksichtigt. Diese Themen scheinen uns in der Schule nur sehr schwer vermittelbar zu sein und sollten daher nicht ins Kerncurriculum aufgenommen werden.

- 8. Beschreibung gebundener Systeme, Energiequantelung
 - Teilchen im Kastenpotential, stehende Wellen und Energieniveaus
 - das $1/r$ Potential für das H-Atom für Drehimpuls Null.
 - Energieniveaus
 - Diskussion des H-Grundzustands: Ladungsverteilung des Elektrons, Orbital, Bohrscher Radius
 - Unschärferelation: warum fällt Elektron nicht ins Proton?
 - Diskussion der Ergebnisse der Quantenmechanik in 3 Dimensionen: Quantenzahlen Atomorbitale (*qualitativ, Computersimulationen*)
 - Das Bohrsche Postulat für Emission und Absorption von Licht: die Balmerreihe
- 9. Atombau und Periodensystem (*qualitativ*)
 - Das Periodensystem, Isotope, Kernladung
 - das Pauliprinzip für Elektronen, Spin als zusätzlicher Freiheitsgrad
 - Schalenbau

12

2

- 10. Ausblicke in die moderne Physik

Hier sollen kompakt wichtige Erkenntnisse aus den Gebieten Festkörperphysik, Kernphysik und Teilchenphysik den Schülern deskriptiv nahe gebracht werden. Wenigstens eines dieser Gebiete sollte dann im Wahlbereich vertieft werden.

Festkörperphysik

- Kristalle
- Metalle, Halbleiter, Isolatoren
- Im Praktikum: Messungen an Photodioden, Transistoren (nicht komplizierte elektr. Schaltungen)

Kernphysik

- Kernmassen, Lage der stabilen Nuklide
- Tröpfchenmodell für die Bindungsenergie
- Fusion und Spaltung
- Radioaktivität, Zerfallsreihen, Altersbestimmung (C^{14} , U/Pb)
- Fusion in der Sonne

Teilchenphysik

- Antiteilchen: Paarerzeugung durch Gamma- Strahlung
- Streuexperimente am Nukleon: Quarks

10

Σ 41

Anmerkungen

Nicht berücksichtigte Themen:

Um Platz für die moderne Physik und einen Wahlbereich zu lassen, schlagen wir schweren Herzens vor, auf Teile der klassischen Physik, die bisher Teil des Lehrplans waren, zu verzichten, z.B. auch solche Themen, die eher zur Anwendung in der Technik zählen als zu grundlegenden physikalischen Inhalten.

Komplizierter Sachverhalte:

a) Maxwell Gleichungen:

Vorschlag: erste und zweite Gleichung nur im statischen bzw. langsam veränderlichen Fall.

- Ladungen als Quellen und Senken des elektrischen Feldes
- Ströme als Ursache der magnetischen Felder, Abwesenheit magnetischer Ladungen.
- Diskussion elektromagnetischer Wellen im Vakuum als Folge der Flußänderungen von elektrischen und magnetischen Felder (graphisch und durch Computer-Simulationen, nicht mathematisch)

b) Entropie: nicht behandeln. Ausreichend ist „*Warum verlaufen Wärmeprozesse von selbst immer nur in eine Richtung?*“ und „*Wirkungsgrad einer idealen Wärmekraftmaschine*“

c) Messprozess in der Quantenmechanik : zu schwierig, nicht behandeln

d) Verschränkte Zustände: zu schwierig, nicht behandeln.

Im Zweifelsfall ziehen wir Nichtbehandlung eines Stoffs einer unzureichenden Vermittlung vor. Der Lehrer sollte die Möglichkeit haben, notfalls Teile des Kernkurrikulums zu streichen, insbesondere solche, die qualitativ beschreibend behandelt werden sollen. Hierzu bieten sich insbesondere die mit ** bezeichneten Teile an. Qualitativ heißt hier, dass zu diesen Themen keine quantitativen Berechnungen durchgeführt werden.