

«Studierfähigkeit und Hochschulreife» –

Treffpunkte an der Schnittstelle

ANALYSE UND EMPFEHLUNGEN DER KERNGRUPPE PHYSIK

Mitglieder der Kerngruppe

Dr. Martin Lieberherr	Leitung, Kantonsschule Rämibühl MNG, lieberhm@mng.ch
Prof. David Ernest	Kantonsschule Birch
Dr. Hsiung Paolo	Kantonsschule Freudenberg
Prof. Dr. Ulrich Straumann	Universität Zürich
Dr. Andreas Vaterlaus	ETH Zürich

Die Kerngruppe konstituierte sich im November 2006. Sie studierte die vorhandene Literatur zur Schnittstelle HSGYM und führte mit Assistenten, die an ETH und Uni Physik-Anfängervorlesungen oder Praktika betreuten, Interviews durch. Sie organisierte eine erste Fachkonferenz im Juni 2007 mit Vertretern aller Zürcher Gymnasien und Hochschulen. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse oder Wünsche der involvierten Personen wurden Thesen aufgestellt, welche die Grundlage bildeten für Empfehlungen. Die Empfehlungen wurden anlässlich eines Symposiums im Januar 2008 mit ausserkantonalen und weiteren Interessevertretern diskutiert, anschliessend überarbeitet und in Vernehmlassung gegeben. Während einer zweiten Fachkonferenz im Mai 2008 wurden die Analyse und die Empfehlungen überarbeitet und verabschiedet. Die Kerngruppe nahm anschliessend die inhaltliche Schlussredaktion vor.

Für die Kerngruppe: M. Lieberherr

Zürich, den 7. Juni 2008

Situationsanalyse

Physik ist das Mittelschulfach mit dem höchsten Stoffdruck, da viel relevantem Inhalt nur wenig Stunden gegenüberstehen. Die Lehrkräfte sind deshalb gezwungen, Abstriche an gesellschaftlich oder fachlich wichtigen Themen zu machen. Beispielsweise kann eine Lehrkraft vor der Wahl stehen, entweder Treibhauseffekt oder Radioaktivität zu behandeln. Bei noch tieferer Stundendotation kann sogar ein Entscheid zwischen Elektrodynamik (elektrische Energieversorgung, Elektronik, elektromagnetische Strahlung, usw.) und Thermodynamik (Kühlschrank, Solarenergie, Benzinmotor, Treibhauseffekt, etc.) nötig werden.

Weil der Stoffdruck immens ist, fallen im Grundlagenfach Physik wichtige kulturelle Themen wie zum Beispiel philosophische, geschichtliche, ethische, sprachliche oder ingenieurwissenschaftlich-technische Aspekte in der Physik weg. Dies ist speziell schade, weil sie grosses motivierendes Potenzial hätten.

Weil im Kanton Zürich die Schulen den Lehrplan selbst gestalten können, ist es in einem gewissen Rahmen zufällig, welches Wissen und welche Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler an die Hochschulen mitbringen. Dies hat zur Folge, dass Hochschuldozenten aller technisch-naturwissenschaftlich-medizinischer Studienrichtungen nicht mehr auf einen sicheren Grundstock an Wissen zurückgreifen können. Sie müssen mehr Grundlagenwissen einführen, was das Niveau des Studiums gesamthaft senkt.

Durch die Einführung von Frühenglisch und Frühfranzösisch sowie dem Englisch-Obligatorium in der Sekundarschule ist der magere Anteil naturwissenschaftlich/technischen Unterrichts in der Volksschule weiter dezimiert worden. Im Gymnasium sollte also Raum für eine Aufwertung der Physik vorhanden sein. Sonst können unsere Schüler zwar in zwei Fremdsprachen und Deutsch radebrechen, haben aber in keiner Sprache etwas zu sagen!

Die Stundendotationen im Grundlagenfach Physik sind mit MAR95

(Maturitätsanerkennungsreglement 1995) und den gleichzeitig umgesetzten Sparmassnahmen zurückgegangen. Eine Dotation von vier bis sechs Jahresstunden genügt aber nicht, um sowohl die Studierfähigkeit für technisch-naturwissenschaftliche Richtungen zu garantieren, als auch die Studierenden für solche Studien zu motivieren. Für gesellschaftlich relevante Allgemeinbildung ist sowieso keine Zeit mehr vorhanden. (Zum Vergleich: Englisch hat nur schon in der gymnasialen Oberstufe etwa 12 Jahresstunden zur Verfügung.)

Die MAR95 hat die Schwierigkeiten an der Schnittstelle HSGYM vergrössert. Weil die Schüler und Schülerinnen in den Gymnasien Physik nicht bis zum Schluss belegen müssen, tritt häufig der Fall auf, dass Studierenden ein oder zwei Jahre vor Studienantritt nicht mehr mit Physik in Kontakt gekommen sind. Diese erleben an der Hochschule, wenn sie nicht gerade sehr gut sind, einen demotivierenden Einstiegsschock.

Weil die Schülerinnen und Schüler nach MAR95 neu den Schwerpunkt Biologie/Chemie wählen können, glauben sie, sie seien optimal auf ein Studium der Biologie, Chemie und Medizin vorbereitet. Wie Hochschuldozenten versichern, wären aber solide Grundlagen in Physik genauso wichtig. Eine Umfrage bei Medizinstudenten im 3. Semester (Der Übergang ins Studium II, Ph. Noser und C. Arnold, 2006), die am Gymnasium Schwerpunkt Bio/Chemie gewählt hatten, ergab, dass sie Physik als wichtig für ihr Fach einschätzen, dass aber nach eigener Aussage ihre Fähigkeiten nicht genügen.

Empfehlungen

Übersicht

1. Physikalische Allgemeinbildung vermitteln
2. Stundendotation der Grundlagenphysik am Gymnasium erhöhen
3. Physikalisches Formalisieren und Rechnen üben
4. Selbstständiges Lernen fördern
5. Richtiges Bild von der Physik vermitteln
6. Experimentelle Erfahrungen sammeln
7. Allgemeinen Hochschulzugang ermöglichen
8. Attraktivität des Physiklehrberufs steigern
9. Inhaltliche Treffpunkte Physik
10. Naturwissenschaften arbeiten zusammen
11. Hochschulen und Gymnasien kommunizieren
12. Mathematik - und Physikvorlesung koordinieren
13. Übungsgruppen an den Hochschulen klein halten
14. Studienanforderungen konkreter kommunizieren

Anhang: Inhaltliche Treffpunkte

Empfehlungen, die sich an die Gymnasien richten:

1. Physikalische Allgemeinbildung vermitteln

Gegenstand: Es ist genügend Unterrichtszeit zur Verfügung zu stellen, damit kulturelle, ethische, geschichtliche, sprachliche, philosophische, gesellschaftliche, energiepolitische, umweltpolitische, technische, etc. Aspekte der Physik behandelt werden können.

Begründung: Physik wird von vielen als Formelhaufen empfunden, weil im Unterricht keine Zeit zur Verfügung steht, auf andere Aspekte einzugehen. Der Unterricht soll auch jenen etwas bieten, die Physik nie mehr aktiv brauchen werden.

Umsetzungsvorschlag: Der Bundesrat (Maturitätskommission) legt eine Stundendotation für physikalisch/technische Allgemeinbildung fest, die

Bildungsdirektion stellt mehr Stunden für den Unterricht in Kultur und Technik zur Verfügung (als Bestandteil des Physikunterrichts, so wie Geometrie Bestandteil des Mathematikunterrichts ist). Der Bildungsrat und die Fachschaften nehmen entsprechende Themen im Lehrplan auf.

Verantwortung: Bundesrat, Bildungsdirektion, Bildungsrat, Schulkommissionen, Fachschaften, philosophische Fakultäten

Zeithorizont: 2009 / 2010.

2. Stundendotation der Grundlagenphysik am Gymnasium erhöhen

Gegenstand: Es ist genügend Unterrichtszeit einzusetzen, damit sowohl die Studierfähigkeit für technisch-naturwissenschaftliche Disziplinen als auch eine physikalisch-technische Allgemeinbildung für andere Richtungen garantiert werden kann.

Begründung: Bei weniger als neun bis zehn Jahresstunden kann der gymnasiale Unterricht unmöglich beide Ziele erreichen. Dann muss zwischen technisch-naturwissenschaftlicher Studierfähigkeit und Allgemeinbildung ausgewählt werden.

Umsetzungsvorschlag: Der Bundesrat respektive die Erziehungsdirektorenkonferenz legen als Minimaldotations für Grundlagenphysik neun bis zehn Jahresstunden in der gymnasialen Oberstufe fest.

Verantwortung: Bundesrat, EDK, Bildungsdirektion, Bildungsrat, Schulkommissionen, Fachschaften, philosophische Fakultäten

Zeithorizont: 2011 / 2012.

3. Physikalisches Formalisieren und Rechnen üben

Gegenstand: Studierende können nicht physikalisch rechnen. Deshalb ist im Physikunterricht am Gymnasium genügend Zeit einzuräumen, um das Formalisieren von Problemstellungen und das Rechnen mit physikalischen Grössen zu üben. Der Unterricht darf nicht ausschliesslich auf "Verständnis" oder sprachliche Wiedergabe ausgerichtet werden.

Begründung: Hochschuldozenten und Assistenten vermissen bei den Studierenden die Fähigkeit, Mathematik in konkreten Situationen anwenden zu können (Problemanalyse, Aufgaben formalisieren, Näherungen verwenden, Einheiten umwandeln, Grössenordnungen

abschätzen, etc.). Diese Fähigkeit wird im gymnasialen und universitären Mathematikunterricht zu wenig oder auf ungeeignete Weise geübt. Mathematik oder "Anwendungen der Mathematik" verfolgt meist andere Ziele. Eine engere Zusammenarbeit Mathematik-Physik wäre erwünscht. An der Mittelschule verfügt der Physiklehrer über die besten Voraussetzungen um wissenschaftliches Rechnen üben zu können. Physikalisches Rechnen ist eine klassische überfachliche Kompetenz, die in allen Studienrichtungen, welche Mathematik anwenden, gebraucht wird. Die aktuelle Stundendotation in Physik ist zu knapp, um das Formalisieren und Grössenrechnen ausreichend zu trainieren, wenn gleichzeitig Allgemeinbildung vermittelt werden soll.

Umsetzungsvorschlag: Dem Physikunterricht sind genügend Stunden zuzuteilen, damit physikalisches Formalisieren und Rechnen geübt werden kann. Die Fachschaften und Fakultäten sowie die Fachkonferenz Physik erarbeiten Treffpunkte.

Verantwortung: Bildungsdirektion für die Stundendotation, Fachschaften / Fachkonferenz Physik für die Treffpunkte

Zeithorizont: 2009 / 2010

4. Selbstständiges Lernen fördern

Gegenstand: Studierende können nicht selbstständig grosse Stoffmengen verarbeiten. Die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten müssen dazu angehalten werden, selbstständig und langfristig zu lernen.

Hochschulen führen z.B. keine Brückenkurse mehr durch, um verpassten Stoff nachzuholen, sondern stellen nur das Material zum Selbststudium im Internet bereit. Im Gymnasium ist z.B. das Physikpraktikum ein geeigneter Ort, um selbstständiges Arbeiten zu üben.

Begründung: Gymnasiasten und teilweise auch Studierende lernen nicht selbstständig, weil ihnen das Material in Präsenzkursen pfannenfertig verabreicht wird. In vielen Schulen ist das Physikpraktikum, wo die Gymnasiastinnen selbstständig eigene Daten bearbeiten und den theoretischen Hintergrund erarbeiten müssen, dem Sparhebel zum Opfer gefallen.

Umsetzungsvorschlag: Die Schulen bieten Gelegenheit, die Gymnasiasten in Physikpraktika selbstständig arbeiten zu lassen. Hochschulen streichen Brückenkurse und pochen im Gegenzug darauf, dass genügend

Grundlagen-Unterricht im Gymnasium abgehalten wird, so dass keine weiteren Vorkurse nötig sind.

Verantwortung: Schulleitungen, Bildungsrat; Zeithorizont: 2009 / 2010.

5. Richtiges Bild von der Physik vermitteln

Gegenstand: Die Lehrperson soll eine Brücke bauen vom Phänomen zu dessen mathematischer Beschreibung. Der Unterricht ist so zu gestalten, dass der Realitätsbezug von jedem Unterrichtsgegenstand klar wird. Es sind zusätzliche Stunden zur Verfügung zu stellen, damit Anwendungen in Technik und Natur behandelt werden können. Jeder Gymnasiast muss Praktikumsstunden in Physik erleben können, denn Physik ist eine experimentelle Wissenschaft.

Begründung: Physik wird oft als Formelhaufen ohne Verbindung zur Realität empfunden ("Das ist doch nur Theorie"). Das ist auch kein Wunder, wenn die Unterrichtszeit derart knapp ist, dass diese Verbindungen nicht immer gezeigt werden können. Das Physikpraktikum ist in vielen Schulen dem Sparzwang zum Opfer gefallen.

Umsetzungsvorschlag: Die Fachdidaktik Physik bildet ihre Studierenden so aus, dass sie Physik im Alltag und in Anwendungen kennen. Sie sollen lernen, Gesetze auch experimentell-phänomenologisch und nicht nur mathematisch-axiomatisch einzuführen. Der Bundesrat (eidgenössische Maturitätskommission und die Bildungsdirektion) weist dem Physikunterricht zusätzliche Stunden zu, in denen Technik behandelt werden kann. Die Bildungsdirektion stellt entsprechend Ressourcen (Klassen- und Lehrerstunden, Praktikumsräume) zur Verfügung.

Verantwortung: Bundesrat, Bildungsdirektion, Bildungsrat, Fachschaften / Fachkonferenz Physik; Zeithorizont: 2009 / 2010.

6. Experimentelle Erfahrungen sammeln

Gegenstand: Alle Schülerinnen und Schüler müssen Gelegenheit haben, eigenhändig Experimente in kleinen Gruppen (Halbklassen) durchzuführen.

Begründung: Studierende müssen in der Lage sein, Messgeräte einzusetzen und z.B. einfache Stromkreise selbst aufzubauen. Diese Kompetenzen können nicht lesend erworben werden, sondern nur "hands

on". Ohne den Kontakt zum Realexperiment ist das physikalische Wissen nicht verankert. Wissensvermittlung lässt sich komprimieren, Erfahrung (Übung, Praktika) nicht.

Umsetzungsvorschlag: Die Fachkonferenz legt in Treffpunkten fest, welche Kompetenzen im Praktikum erworben werden sollen.

Bildungsdirektion/Bildungsrat/Schulen stellen Zeit, Material und Räume zur Verfügung.

Verantwortung: Fachkonferenz/Bildungsdirektion/Schulleitungen

Zeithorizont: 2009 / 2010.

7. Allgemeinen Hochschulzugang ermöglichen

Gegenstand: Damit die Maturität befähigt, alle Studien aufzunehmen, muss sichergestellt werden, dass es keine Profile mit physikalisch/ technisch abgesenktem Niveau gibt, die z.B. ein technisches Studium erschweren würden. Der Unterricht im Grundlagenfach Physik muss den allgemeinen Hochschulzugang ermöglichen.

Begründung: Wenn es Profile gibt, die es durchschnittlich begabten Schülerinnen und Schülern faktisch unmöglich machen, technisch/ naturwissenschaftlich/ medizinische Studien aufzunehmen, entsteht eine akademische Zweiklassengesellschaft. Der Graben zwischen "science and humanities" wird sich verbreitern. Die Schülerinnen und Schüler auf die Wahl eines bestimmten Ergänzungsfachs festzulegen, widerspricht dem Prinzip des allgemeinen Hochschulzugangs, der mit allen Wahlmöglichkeiten gegeben sein soll. Ausserdem erfolgt die Entscheidung für eine Studienrichtung meist nach der Wahl eines Ergänzungs- oder Schwerpunktfachs.

Umsetzungsvorschlag: Die Eidgenössische Maturitätskommission legt eine minimale Stundendotation für Grundlagenphysik in der gymnasialen Oberstufe fest.

Verantwortung: Bundesrat - Eidgenössische Maturitätskommission;

Zeithorizont: 2009 / 2010.

8. Attraktivität des Physiklehrberufs steigern

Gegenstand: Die Arbeitsbedingungen der Lehrkräfte sind so zu gestalten,

dass sie ihre Freude am Beruf und an der Physik bewahren können. Entsprechende Massnahmen sind geeignete Lehrerausbildung, Senkung der Arbeitszeit, Ausrüstung der Schulen, Weiterbildungsmöglichkeiten, faire Löhne im Vergleich zur Privatwirtschaft, Mitarbeit an Forschungsprojekten der Hochschulen, etc. Für Physik-Master soll eine niederschwellige Passerelle zum Lehrberuf geschaffen werden; Berufserfahrung soll z.B. angemessen berücksichtigt werden. Hochschulen und Gymnasien ermöglichen (wieder) bezahlte, einsemestrige Sabbaticals für Physiklehrkräfte oder Teilzeitstellen.

Begründung: Der Mangel an guten Physiklehrkräften spricht Bände! Die Privatwirtschaft zieht die guten Leute durch bessere Arbeitsbedingungen, höhere Löhne oder bessere Perspektiven ab.

Umsetzungsvorschlag: Die Bildungsdirektion nimmt ihre Verantwortung wahr. Die Hochschulen bilden Lehramtskandidaten gut aus (Professur für Ausbildung in Physik).

Verantwortung: Bildungsdirektion / Hochschulen; Zeithorizont: 2008 / 2009.

9. Inhaltliche Treffpunkte Physik

Gegenstand: Die inhaltliche Schnittstelle Gymnasium-Hochschule wird genauer spezifiziert. Das Programm umfasst eine Positiv- und eine Negativliste.

Begründung: Hochschuldozenten wünschen Sicherheit bezüglich der im Gymnasium behandelten Gebiete. Gymnasiallehrkräfte hätten gerne Anhaltspunkte, was sie aus der Fülle des Stoffes auszuwählen haben (vor allem Junglehrer). Der Allgemeinheit wird der Verlust aufgezeigt, wenn die zeitliche Dotation nicht genügt.

Umsetzungsvorschlag: Die Kerngruppe Physik HSGYM erarbeitet inhaltliche Treffpunkte (**Anhang**). Die Fachkonferenz hat diese Treffpunkte unter Beteiligung der gymnasialen und universitären Fachschaften diskutiert und verabschiedet.

Verantwortung: Kerngruppe / Fachkonferenz Physik; Zeithorizont: 2008.

10. Naturwissenschaften arbeiten zusammen

Gegenstand: Zusätzlich zum Grundlagenunterricht sollen zeitliche Gefässe geschaffen werden, damit die Naturwissenschaften an den Gymnasien enger zusammenarbeiten können, z.B. in naturwissenschaftlichen Projekten oder Teamteaching. Auch andere Fächer (z.B. Geschichte oder Informatik) können involviert werden.

Begründung: Die Naturwissenschaften werden als disparate Fächer empfunden und unterrichtet. Gemeinsame Projekte sollen die gemeinsame Basis stärken und Synergien nutzen. Es wäre allerdings kontraproduktiv, wenn dafür Zeit aus dem Grundlagenunterricht weggenommen würde.

Umsetzungsvorschlag: Die Schulen unterstützen die Zusammenarbeit zwischen den Naturwissenschaften.

Verantwortung: Bildungsrat, Gymnasien; Zeithorizont: 2010.

Empfehlungen, die sich an die Hochschulen richten:

11. Hochschulen und Gymnasien kommunizieren

Gegenstand: Ein aktiver Austausch zwischen Gymnasium und Hochschule muss erhalten werden.

Begründung: Eine anhaltende, vertiefte Zusammenarbeit zwischen den Partnern an der Schnittstelle ist nötig, um die Probleme der Partner zu verstehen und gemeinsam getragene Projekte zu realisieren.

Hochschuldozenten kennen das Niveau der Ausbildung an den Mittelschulen nicht und den Mittelschulen fehlt der Einblick in den Studienanfang der verschiedenen Studienrichtungen. Ein regelmässiger Austausch könnte das gegenseitige Verständnis fördern.

Umsetzungsvorschlag: Fachkonferenzen finden in regelmässigem Turnus statt. Hochschuldozenten begleiten Maturitätsarbeiten und betätigen sich als Experten bei Maturitätsprüfungen. Hochschulen bieten z.B.

Experimentierseminare, Kolloquien, Geräte und Unterrichtsmaterial an. Lehrmittel (Bücher, Multimedia) könnten gemeinsam produziert werden.

Verantwortung: Fachkonferenz; Zeithorizont: Ab 2009.

12. Mathematik - und Physikvorlesung koordinieren

Gegenstand: Physik- und Mathematikvorlesungen werden aufeinander abgestimmt.

Begründung: Oft wird in der Physik-Anfängervorlesung Mathematik verwendet, die so nie oder noch nicht in der Mathematikvorlesung behandelt worden ist.

Umsetzungsvorschlag: Die Mathematik- und Physikdozenten setzen sich zusammen und koordinieren ihre Vorlesungen (Fixpunkte, Themen, etc.)

Verantwortung: Fakultäten der Hochschulen; Zeithorizont: 2009 / 2010

13. Übungsgruppen an den Hochschulen klein halten

Gegenstand: Die Übungsgruppen der unteren Semester an den Hochschulen sollen nicht mehr als 15 Personen umfassen.

Begründung: Bei mehr als 15 Personen wird aktive Mitarbeit schwierig.

Umsetzungsvorschlag: Die Fakultäten erlassen diesbezügliche Empfehlungen.

Verantwortung: Departemente und Fakultäten; Zeithorizont: 2009.

14. Studienanforderungen konkreter kommunizieren

Gegenstand: Universitäre Studiengänge kommunizieren die Anforderungen in ihren Unterlagen konkreter.

Begründung: Phrasen wie "analytisches Denken", "wissenschaftliche Neugier", "Freude an der Technik", etc. genügen nicht bei der Studienwahl. Sie täuschen Schüler über die tatsächlich verlangten Fähigkeiten und Vorbildungen hinweg.

Umsetzungsvorschlag: Die Fakultäten überprüfen ihre Werbemappen und Informationen auf den Websites.

Verantwortung: Departemente und Fakultäten; Zeithorizont: 2009.

Inhaltliche Treffpunkte HSGYM Physik

Die Kerngruppe Physik der Arbeitsgruppe HSGYM (Schnittstelle Hochschule-Gymnasium) empfiehlt folgende inhaltlichen Treffpunkte, damit der Übergang zur universitären propädeutischen Physik aller Studienrichtungen reibungsarm vonstatten geht. Beschrieben wird der Stand nach der Maturitätsprüfung, eine Reihenfolge ist nicht intendiert. **Die Treffpunkte enthalten keine allgemeinbildenden Aspekte, wie sie zur Erlangung der Hochschulreife unabdingbar notwendig sind,** dazu sind mehr Jahresstunden nötig. Weil allgemeinbildende Aspekte fehlen, wird die Liste nicht als Lehrplan bezeichnet.

Positivliste: Diese Inhalte dürfen bei Studienbeginn von den Hochschuldozenten vorausgesetzt werden. Das Programm sollte in **sechs Jahresstunden** in der gymnasialen Oberstufe durchführbar sein.

Negativliste: Diese wichtigen Inhalte können bei Studienbeginn fehlen, weil sie von den Lehrkräften aus Mangel an Zeit nur lückenhaft behandelt werden. Im Normalfall wählt die Lehrkraft einige Themen der Liste aus. Bei weniger als sechs Jahresstunden muss mit dem Totalverlust dieser Inhalte gerechnet werden.

Kurzfassung der Positivliste

Physikalische Inhalte

(Die Inhalte sollen in einem sinnvollen Zusammenhang erarbeitet und mit praktischen, quantitativen Beispielen geübt werden.)

Mechanik: gleichmässig beschleunigte, geradlinige Bewegung, gleichförmige Kreisbewegung, Dichte, Newtonsche Grundgesetze der Mechanik, spezielle Kräfte (Gewichtskraft, Federkraft, Reibungskräfte, Gravitationskraft), Arbeit, Leistung, Energieformen (kinetische, potenzielle, Federenergie und andere) sowie Energieerhaltung, Druck in Flüssigkeiten

Thermodynamik: Temperatur, Druck in Gasen, Wärmekapazität und erster Hauptsatz der Wärmelehre, Phasenübergänge

Elektrizität: Ladung, Spannung, Strom, Leistung, Widerstand, elektrisches und magnetisches Feld, elektrische Kraft und Lorentzkraft

Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingung, Grundbegriffe der Wellenlehre (Frequenz, Wellenlänge, Geschwindigkeit von Licht- und Schallwellen), geometrische Optik (Reflexion, Brechung, dünne Linsen)

Moderne Physik: Masse-Energie-Äquivalenz, Energie des Photons

Praktikum: Volt- und Amperemeter bedienen, genau messen, selbst experimentieren

Fachliche und überfachliche Kompetenzen

Physikalisches Formalisieren und Rechnen: Aufgaben verstehen, Problemlösestrategien, Probleme formalisieren, formale Lösungen erstellen, Unterscheidung Zahl - physikalische Grösse, Vektoren verwenden (Pfeile), Proportionalität erkennen, Einheiten umwandeln, Zehnerpotenzen und Dezimalvorsätze verwenden, Genauigkeit einschätzen, Plausibilität beurteilen, Diagramme erstellen und interpretieren

Details zu den inhaltlichen Treffpunkten

In der Kurzfassung stehen nur Stichworte. Die folgenden Kommentare sollen präzisieren, was damit gemeint ist.

Physikalische Inhalte

(Die Inhalte sollen in einem sinnvollen Zusammenhang erarbeitet und mit praktischen, quantitativen Beispielen geübt werden.)

Die Studierenden sollen wissen, warum eine Grösse so und nicht anders definiert wird, warum ein Gesetz gilt, was sein Anwendungsbereich ist und wie man es verwendet. Die Reihenfolge, in der die Inhalte gelehrt werden, ist der Lehrkraft überlassen.

Mechanik:

Positivliste	Negativliste
<p>gleichmässig beschleunigte, geradlinige Bewegung: SI-Einheiten Meter und Sekunde.</p> <p>mittlere Geschwindigkeit $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ als Differenzenquotient.</p> <p>Geschwindigkeit als Vektor (Betrag und Richtung).</p> <p>Die momentane Geschwindigkeit entspricht der Steigung der Tangenten an die $s(t)$-Kurve. Der zurückgelegte Weg entspricht der Fläche unter der $v(t)$-Kurve.</p> <p>Beschleunigung als Vektor (Betrag und Richtung).</p> <p>mittlere Beschleunigung $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ als Differenzenquotient.</p> <p>Fallbeschleunigung $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. Gesetze des freien Falls aus der</p>	<p>Momentangeschwindigkeit $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{s}}{dt}$ und Momentanbeschleunigung $\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}$ als Differenzialquotienten.</p> <p>Geschwindigkeit etc. in Koordinatendarstellung: $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$.</p> <p>$v^2(t) = v_0^2 + 2a(s - s_0)$</p> <p>vertikaler Wurf</p> <p>Wurfparabel</p>

<p>Ruhelage.</p> <p>Die Studierenden können Probleme mit quadratischen Gleichungen lösen: $s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, $v(t) = v_0 + a t$</p>	
<p>gleichförmige Kreisbewegung:</p> <p>Winkelgeschwindigkeit ω, Umlaufzeit T und Frequenz f:</p> $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ <p>Bahngeschwindigkeit (Schnelligkeit) und Winkelgeschwindigkeit $v = \omega \cdot r$</p> <p>Zentripetalbeschleunigung</p> $a_z = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$ <p>Die Studierenden begreifen die Zentripetalkraft (Führungskraft, Radialkraft) als Komponente der resultierenden Kraft quer zur momentanen Bewegungsrichtung.</p> <p>Verzögerungen und Richtungsänderungen sind auch beschleunigte Bewegungen.</p>	<p>ungleichmässige Kreisbewegung (mathematisches Pendel, Bremsen in der Kurve)</p>
<p>Dichte:</p> <p>Masse als Mass für die Trägheit. Urkilogramm (SI-Einheit). Balkenwaage</p> <p>Dichte als Materialeigenschaft. Wasser hat ca. 1000 kg/m^3, Luft 1.2 kg/m^3.</p>	
<p>Newtonsche Grundgesetze der Mechanik:</p> <p>Trägheitsprinzip</p> <p>Aktionsprinzip in der Form $\vec{F}_{res} = m\vec{a}$</p> <p>Reaktionsprinzip: actio = reactio</p>	<p>Inertialsystem</p> <p>Impuls, Kraftstoss</p> <p>Scheinkräfte (Flieh-, Corioliskraft)</p> <p>Differenzialrechnung</p> <p>deterministisches Chaos</p>

<p>Einheit Newton</p> <p>Einfache Beispiele zur Statik ($\vec{F}_{res} = \vec{0}$) und Kinetik ($\vec{F}_{res} \neq \vec{0}$)</p> <p>Kräfte graphisch addieren und in Komponenten zerlegen (schiefe Ebene).</p>	
<p>spezielle Kräfte:</p> <p>Gewichtskraft $F_G = mg$,</p> <p>Unterschied Gewicht(kraft) - Masse</p> <p>Federkraft $F_F = Dy$</p> <p>Reibungskräfte $F_{GR} = \mu_G F_N$,</p> <p>$0 \leq F_{HR} \leq \mu_H F_N$</p> <p>Reibungs- und Normalkraft sind Komponenten der Berührungskraft.</p>	<p>Luftwiderstand $F_W = c_w A \frac{1}{2} \rho v^2$</p> <p>Stokes-Reibung $F_S \propto \eta r v$</p>
<p>Newtonsche Gravitationskraft</p> $F_G = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$	<p>Satelliten, Planeten und Sterne</p> <p>Keplersche Gesetze</p> <p>Gravitationsfeld, Gezeitenkräfte</p>
<p>Arbeit</p> <p>$W = F_s s = F s \cos \alpha$ für konstante Kraft und geraden Weg, Einheit Joule.</p> <p>Umrechnung 1 kWh = 3.6 MJ</p> <p>Leistung</p> $P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t}, \text{ Einheit Watt}$ <p>Energieformen:</p> <p>kinetische Energie $E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$ (hängt vom Bezugssystem ab)</p> <p>potenzielle Energie $E_{pot} = mgh$ (Wahl des Nullpunkts frei)</p>	<p>$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$</p> <p>$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{s}$</p> <p>Wirkungsgrad</p> <p>potenzielle Energie im Gravitationsfeld</p> $E_{pot} = -\frac{Gm_1m_2}{r}$

<p>Federenergie $E_F = \frac{1}{2}Dy^2$</p> <p>weitere Energieformen siehe unten</p> <p>Energieerhaltung</p> <p>In einem abgeschlossenen System ist $E_{kin} + E_{pot} + U = const$</p> <p>Die Studierenden kennen auch Beispiele mit sich ändernder innerer Energie U.</p>	
<p>Massenmittelpunkt</p> <p>Ein Hebel ist im Gleichgewicht, wenn $F_{res} = 0$ ist und das Hebelgesetz $a_1F_1 = a_2F_2$ gilt.</p>	<p>starrer Körper, Drehmoment, Rotationsenergie, Trägheitsmoment, Drehimpuls</p>
	<p>Elastizitätsmodul, Zugspannung, Festigkeit, Oberflächenspannung</p>
<p>Druck in Gasen und Flüssigkeiten:</p> <p>Definition des Drucks: $p = \frac{F_n}{A}$</p> <p>Einheiten Pascal und bar, Luftdruck 1.013 bar</p> <p>"Druck hat keine Richtung", aber erzeugt Kräfte senkrecht zur Wand</p> <p>Schweredruck in Flüssigkeiten $p_s = \rho gh$</p>	<p>Hydrostatisches Paradoxon</p> <p>Flüssigkeitsmanometer</p> <p>Umrechnung mmHg oder Torr in Pa.</p> <p>Auftrieb</p> <p>Pumparbeit $W = p \cdot \Delta V$</p> <p>barometrische Höhenformel</p>
	<p>Strömungslehre:</p> <p>Kontinuitätsgleichung</p> <p>Begriffe laminar, turbulent, Wirbel</p> <p>Gesetz von Bernoulli, Staudruck</p> <p>Hydrodynamisches Paradoxon (je schneller umso weniger Druck).</p> <p>dynamischer Auftrieb $F_A \propto v^2$</p>

	Zähigkeit , Hagen-Poiseuille Impulsstrom
--	---

Thermodynamik:

Positivliste	Negativliste
Temperatur: Temperaturmessung Mikroskopische Interpretation der Temperatur, Kelvinskala	Flüssigkeitsthermometer kinetische Gastheorie: $E_k = \frac{3}{2}kT$
Zustandsgleichung des idealen Gases: $pV = nRT$ Stoffmenge n mit Einheit Mol Molare Masse $M = \frac{m}{n}$	$pV = NkT$ Einzelgesetze: Boyle-Mariotte, Amontons, Gay-Lussac, .. Avogadrokonstante Dampfdruck und Luftfeuchtigkeit Osmose atomare Masse (1 u = $1.66 \cdot 10^{-27}$ kg) Begriff Isotop
Wärmekapazität: Wärme als Energieübertragungsform $\Delta Q = cm\Delta T$ spezifische Wärmekapazität: Wasser hat $4182 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	molare Wärmekapazität
Phasenübergänge: Schmelz- und Siedepunkt Die Studierenden wissen, dass die Temperatur während des Schmelzens resp. Siedens konstant bleibt. Schmelzwärme $Q = mL_f$ Verdampfungswärme $Q = mL_v$	Anomalie des Wassers Phasendiagramme Tripelpunkt Kritischer Punkt

<p>erster Hauptsatz der Wärmelehre: einfache Mischungsrechnungen $Q_{\text{aufgenommen}} + Q_{\text{abgegeben}} = 0$</p>	<p>Wärmefluss (W/m^2) als Begriff Konvektion Wärmeleitung, Wärmeleitfähigkeit, Wärmedurchgangszahl Wärmestrahlung (Stefan-Boltzmann, Wien) Solarkonstante adiabatische Kompression, Verbrennungswärme Freiheitsgrad</p>
	<p>zweiter Hauptsatz der Wärmelehre: thermodynamischer Wirkungsgrad, Wärmekraftmaschinen, Kühlaggregate, Entropie</p>

Elektrizität:

Positivliste	Negativliste
<p>Ladung: Ladungserhaltungssatz Elementarladung $e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ Ladung ist quantisiert. Coulombkraft $F_c = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$</p>	<p>Influenz Faradaykäfig</p>
<p>Spannung: Definition als Arbeit pro Ladung: $U = \frac{W}{q}$ (ohne Vorzeichen)</p>	<p>Bei Serieschaltungen addieren sich die Einzelspannungen, bei Parallelschaltungen liegt an allen Elementen dieselbe Spannung an. elektrisches Potenzial Kondensatoren Umrechnung $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$</p>
<p>Strom:</p>	

<p>Definition der Stromstärke: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$</p> <p>Die Studierenden unterscheiden Ladungs- und Elektronenfluss.</p> <p>Im unverzweigten Stromkreis fließt überall derselbe Strom.</p>	
<p>Leistung: $P = UI$</p> <p>Widerstand: Definition $R = \frac{U}{I}$, Einheit Ohm (Ω).</p> <p>Die Studierenden kennen Beispiele für lineare und nichtlineare Schaltelemente.</p> <p>Wechselspannung und -strom qualitativ, Effektivwert</p>	<p>Halbleiterdioden, Transistoren</p> <p>Kennlinien</p> <p>Serie- und Parallelschaltungen</p> <p>Ersatzschaltbilder, elektrische Netzwerke</p> <p>spezifischer Widerstand, Leitfähigkeit</p> <p>Temperaturabhängigkeit des Widerstands</p> <p>Momentanwert $u(t) = \hat{u} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_1)$</p> <p>Wirkleistung, Selbstinduktivität und Kapazität, Transformator, Generator und Versorgungsnetz</p>
<p>elektrisches und magnetisches Feld:</p> <p>Feldlinienbilder</p> <p>elektrische Feldstärke \vec{E}</p> <p>magnetische Feldstärke (Flussdichte) \vec{B}</p> <p>elektrische Kraft und Lorentzkraft: $\vec{F}_e = q\vec{E}$ $F_L = qvB \sin \alpha$, Richtung graphisch mit "Rechte-Hand-Regel"</p> <p>Induktion phänomenologisch</p>	<p>Satz von Gauss</p> <p>Erdmagnetfeld</p> <p>Elektromagnete</p> <p>magnetische Kraft auf stromführende Leiter (Biot-Savart-Kraft).</p> <p>Ampere-Definition nach SI. $\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}$ als Vektorprodukt.</p> <p>Dielektrika</p> <p>Ferromagnetismus</p> <p>$U_{ind} = -\frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$ oder $U_{ind} = -\frac{d\Phi_m}{dt}$</p>

Schwingungen und Wellen:

Positivliste	Negativliste
<p>harmonische Schwingung: $y(t) = \hat{y} \cdot \cos(\omega \cdot t)$</p> <p>Begriffe Amplitude, Schwingungsdauer, Frequenz und Kreisfrequenz</p> <p>Schwingungsdauer des Federpendels $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$</p>	<p>mathematisches Pendel</p> <p>physikalisches Pendel</p> <p>Phase $y(t) = \hat{y} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$</p> <p>erzwungene Schwingung, Resonanz</p> <p>gekoppelte Pendel</p> <p>Schwingungsdifferentialgleichung</p>
<p>Grundbegriffe der Wellenlehre:</p> <p>Frequenz und Wellenlänge</p> <p>harmonischer Wellen: $c = \lambda f$</p> <p>Lichtgeschwindigkeit $3.00 \cdot 10^8$ m/s</p> <p>Schallgeschwindigkeit 344 m/s (Luft, 20 °C)</p>	<p>Begriffe longitudinale und transversale Wellen, Polarisation.</p> <p>harmonische Welle $u = \hat{u} \cdot \cos(kx - \omega t)$</p> <p>Interferenz und Beugung</p> <p>Wellenabsorption, Dispersion</p> <p>Tonleitern</p> <p>Saiteninstrumente und Pfeifen (stehende Wellen mit Randbedingungen)</p> <p>Schallstärke und -pegel, Lautstärke</p> <p>Dopplereffekt, Überschall</p>
<p>geometrische Optik (Strahlenoptik)</p> <p>Gesetz der spiegelnden Reflexion $\alpha_r = \alpha_1$</p> <p>Snellius'sches Brechungsgesetz: $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$</p> <p>Totalreflexion</p> <p>Linsen: Brennweite, Brennpunkt</p> <p>Abbildungsgesetze für dünne Linsen: $\frac{b}{g} = \frac{B}{G}$ sowie $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$</p>	<p>Lupen, Mikroskope, (Spiegel-) Teleskope</p> <p>Prisma, Regenbogen, Fata Morgana</p> <p>Linsenkombinationen</p> <p>Brillen, Dioptrie</p>

Moderne Physik:

Positivliste	Negativliste
Masse-Energie-Äquivalenz $E = mc^2$ (m : Ruhemasse)	Grundpostulate der speziellen Relativitätstheorie Zeitdilatation, Längenkontraktion Relativität der Gleichzeitigkeit rel. kinetische Energie relativistischer Impuls Minkowski-Raum relativistischer Dopplereffekt
	Äquivalenzprinzip der allgemeinen Relativitätstheorie Uhren im Schwerfeld Schwarze Löcher Kosmologie (Urknallmodell)
Radioaktivität: α, β, γ -Strahlung als Begriff Aktivität (Bq), Energiedosis (Gy), Äquivalentdosis (Sv) als Begriffe	Halbwertszeit Zerfallsgesetz Berechnung der Aktivität von Quellen Kernenergie
Energie des Photons $E = hf$	Photoeffekt Strahlungsdruck Plancksches Strahlungsgesetz
	Materiewellen (de Broglie) Atommodelle von Rutherford und Bohr Spektroskopie, Balmerformel Spin Unbestimmtheitsrelationen (Heisenberg) Schrödinger(-gleichung)

	Standardmodell der Elementarteilchen Antimaterie
--	---

Praktikum:

Positivliste	Negativliste
Die Studierenden können einfache Stromkreise aufbauen und darin Ströme sowie Spannungen messen.	Oszilloskop bedienen
Die Studierenden können mit Messgeräten präzise arbeiten.	Schublehren oder Laborwaagen bedienen
Die Studierenden können einfache Experimente selbst planen, durchführen, protokollieren und auswerten.	Berichte schreiben
Die Studierenden sind sich bewusst, dass Messungen endliche Genauigkeit haben. Die Studierenden können die Genauigkeit eigener Messungen vernünftig einschätzen.	Fehlerrechnung Regressionsanalyse (Fits)

Fachliche und überfachliche Kompetenzen

Physikalisches Formalisieren und Rechnen:

Positivliste	Negativliste
Aufgaben verstehen: Die Studierenden können Aufgabentexte analysieren. Sie erkennen (auch implizit) Gegebenes und Gesuchtes.	
Problemlösestrategien: Die Studierenden treffen selbst die	Dimensionsanalyse (Heuristik)

<p>nötigen Vereinfachungen. Sie besorgen oder schätzen fehlende Daten und ignorieren überflüssige Angaben. Sie suchen selbst nach einer geeigneten Lösungsmethode (z.B. Erhaltungssatz, Kräftegleichgewicht)</p>	
<p>Formalisieren: Die Studierenden können Problemstellungen mathematisch formalisieren.</p>	
<p>formale Lösungen erstellen: Die Studierenden rechnen in der Regel formal, bis sie einen Term für die gesuchte Grösse erhalten, in dem nur gegebene Grössen vorkommen (Schlussformel). Sie mischen niemals Variable mit Einheiten im gleichen Term. Die Schlussformel wird vereinfacht.</p>	
<p>Unterscheidung Zahl - physikalische Grösse: Die Studierenden wissen, dass die Einheit ein wesentlicher Bestandteil einer physikalischen Grösse ist. Sie sind sich bewusst, dass ihre Resultate falsch sind, wenn sie ohne oder mit unkorrekter Einheit notiert werden.</p>	
<p>Vektoren verwenden (Pfeile): Die Studierenden können gerichtete Grössen (Vektoren) als Pfeile darstellen. Sie können Vektoren graphisch addieren und in Komponenten zerlegen. Sie unterscheiden den Angriffspunkt des</p>	<p>Vektoren in Koordinatendarstellung Skalar- und Vektorprodukt</p>

Vektors von dessen Spitze.	
<p>Proportionalitäten erkennen: Die Studierenden erkennen direkte Proportionalitäten in Tabellen und graphischen Darstellungen.</p>	umgekehrte Proportionalitäten und andere funktionale Zusammenhänge erkennen
<p>Einheiten umwandeln: Die Studierenden können Einheiten physikalisch korrekt umwandeln, z.B. $12 \text{ kWh} = 12 \text{ kWh} \cdot 3.6 \text{ MJ/kWh} = 43 \text{ MJ}$ oder $12 \text{ kWh} = 12 \cdot 3.6 \text{ MJ}$</p>	
<p>Zehnerpotenzen und Dezimalvorsätze verwenden: Die Studierenden kennen die gängigen Dezimalvorsätze und können sie in einander resp. in die entsprechende Zehnerpotenz umwandeln, z.B. $2.3 \mu\text{m}^2 = 2.3 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$.</p>	
<p>Genauigkeit schätzen: Die Studierenden wissen, dass die Zahl der wesentlichen Ziffern (signifikanten Stellen) eine Aussage über die Genauigkeit darstellt. Die Studierenden können die Genauigkeit ihrer Berechnungen schätzen, z.B. nach der Faustregel, wonach das Resultat ebenso viele wesentliche Ziffern aufweist wie die ungenaueste Ausgangsgrösse.</p>	Fehlerfortpflanzung
<p>Plausibilität beurteilen: Die Studierenden prüfen, ob die Resultate eigener Rechnungen vernünftig sind. Sie vergleichen Sie mit bekannten Werten oder mit der</p>	

Alltagserfahrung.	
<p>Diagramme erstellen und interpretieren:</p> <p>Die Studierenden können Werte aus graphischen Darstellungen herauslesen.</p> <p>Die Studierenden können Messwerte und Funktionen in Diagramme eintragen. Sie achten auf die Beschriftung der Achsen (Grösse, Zahlenwerte und Einheiten).</p>	<p>logarithmische Skalen</p> <p>Fehlerbalken</p>

Für die Kerngruppe:

M. Lieberherr, 7. Juni 2008