

# Handreichung

Abitur Physik

SCHRIFTLICHE PRÜFUNG IN HAMBURG



Behörde für Schule und  
Berufsbildung Hamburg

## Impressum

**Herausgeber:**

Freie und Hansestadt Hamburg  
Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg  
Amt für Bildung  
Hamburger Straße 31, 22083 Hamburg  
Alle Rechte vorbehalten

**Fachreferat** Mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht

**Referatsleitung:** Werner Renz, LIF 16

**Fachreferent:** Henning Sievers

**Redaktion:**

Detlef Adler  
Clemens Krietemeyer  
Herbert Wild

**Hamburg 2011**

## Inhaltsverzeichnis

1. Einführung.....	4
2. Allgemeines.....	4
2.1 Anzahl der Aufgaben, Dauer der Prüfung.....	4
2.2 Mögliche Inhalte.....	4
2.3 Kompetenz- und Anforderungsbereiche .....	5
2.4 Anforderungen an die Aufgaben .....	6
2.5 Hinweise zur Erstellung der Aufgaben .....	6
2.6 Termine .....	7
2.7 Themenprüfung .....	7
3. Aufgaben .....	8
3.1 Allgemeine Hinweise .....	8
3.2 Erwartungshorizont .....	8
4. Korrekturen .....	9
5. Anhänge: Beispielaufgaben.....	11
5.1 Gravitation und Kreisbewegung.....	11
5.2 Beugung und Interferenz am optischen Strichgitter.....	14
5.3 Wasserwellen: .....	17
5.4 Kondensator: (erhöhtes Niveau).....	20
5.5. Wechselstrom Physik (erhöhtes Anforderungsniveau).....	25
6. Anhänge Themenprüfung.....	30

## 1. Einführung

Die vorliegende Handreichung wendet sich an alle Kolleginnen und Kollegen, die Aufgaben für die schriftliche Prüfung im Abitur Physik erstellen. In den letzten Jahren haben sich einschneidende Veränderungen in der Oberstufe ergeben: Physik wird seit der Einführung der Profileroberstufe als profilgebendes, als profilbegleitendes Fach oder ohne Bezug zum Profil angeboten. Es gibt zwei- und vierstündige Kurse auf grundlegendem und erhöhtem Niveau. Darüber hinaus hat sich im letzten Jahr das Themenprüfungsverfahren verändert. Mit dieser Handreichung möchten wir Ihnen eine Hilfestellung für die Erarbeitung Ihrer Abituraufgaben an die Hand geben.

Dieser Handreichung liegen die „Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik der KMK“ und die Abiturrichtlinie zum Abitur in Hamburg mit der Anlage 27 (Physik) zugrunde.

### Quellen:

[http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1989/1989\\_12\\_01-EPA-Physik.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Physik.pdf) (Stand: 07.06.2011)

<http://www.hamburg.de/contentblob/1788454/data/physik.pdf> (Stand: 07.06.2011)

## 2. Allgemeines

### 2.1 Anzahl der Aufgaben, Dauer der Prüfung

Zwei Aufgaben bilden die sog. Prüfungsaufgabe. Es müssen drei Aufgaben eingereicht werden, von denen eine gestrichen wird. Die Bearbeitungszeit beträgt für die Prüfung auf grundlegendem Niveau 240 Minuten, für die Prüfung auf erhöhtem Niveau 300 Minuten. Zur Durchführung von Schülerexperimenten kann die Prüfungszeit um maximal 60 Minuten erweitert werden (Richtlinie: Kapitel 4.1, Seite 9).

### 2.2 Mögliche Inhalte

Die Abiturrichtlinie legt in Kapitel 4.2 fest, dass sich die Prüfungsaufgabe nicht auf die Inhalte nur eines Kurshalbjahres beschränken darf und sich auf mindestens zwei der folgenden Themengebiete beziehen muss:

1. Harmonische Schwingungen
2. Mechanische und elektromagnetische Wellen
3. Wellenoptik
4. Gravitation
5. Elektrisches Feld
6. Freie Ladungsträger im elektrischen und/oder magnetischen Feld
7. Induktion
8. Quantenmechanik
9. Struktur der Materie

Besondere Bedeutung kommt dabei den übergreifenden Themen *Felder, Wellen, Quanten und Teilchen* zu.

Somit muss sichergestellt werden, dass im Rahmen der Themenprüfung jede der drei eingereichten Aufgaben gestrichen werden kann und die so entstandene Prüfungsaufgabe die o. g. Bedingungen erfüllt. Das ist dann der Fall, wenn sich jede der Aufgaben auf eines der

drei Kurshalbjahre und eines der genannten Themengebiete beziehen, wobei in jeder Aufgabe unterschiedliche Themengebiete ausgewählt werden müssen. Selbstverständlich kann sich jede Aufgabe auf mehrere dieser Inhalte und mehrere Kurshalbjahre beziehen und weitere, vertiefende Inhalte können natürlich mit einbezogen werden.

### 2.3 Kompetenz- und Anforderungsbereiche

In der schriftlichen Abiturprüfung werden die von der KMK in der EPA Physik festgelegten Kompetenz- und Anforderungsbereiche beachtet:

**Kompetenzbereich Fachkenntnisse:**

Physikalisches Wissen erarbeiten, einordnen nutzen und werten.

**Kompetenzbereich Fachmethoden:**

Erkenntnismethoden der Physik sowie Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden.

**Kompetenzbereich Kommunikation:**

In Physik und über Physik kommunizieren

**Kompetenzbereich Reflexion:**

Über die Bezüge der Physik reflektieren und Sachverhalte bewerten.

Die folgende Tabelle veranschaulicht die Beziehung zwischen den Anforderungs- und Kompetenzbereichen:

		Anforderungsbereiche		
		I	II	III
Kompetenzbereiche	Fachkenntnisse	einfache Sachverhalte wiedergeben	Sachverhalte eines abgegrenzten Gebietes anwenden	Wissen problembezogen erarbeiten, einordnen, nutzen und bewerten
	Fachmethoden	einfache Fachmethoden beschreiben und einsetzen	Fachmethoden situationsgerecht anwenden	Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden
	Kommunikation	einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen	Kommunikationsformen situationsgerecht auswählen und anwenden	Kommunikationsformen situationsgerecht auswählen und anwenden
	Reflexion	einfache Bezüge angeben	einfache Bezüge herstellen und Bewertungsansätze wiedergeben	Bezüge herstellen und Sachverhalte bewerten

## 2.4 Anforderungen an die Aufgaben

Die Prüfungsaufgabe bezieht sich in der Regel auf Experimente oder auf vorgelegte Materialien. Für die schriftliche Abiturprüfung sind Aufgabenstellungen geeignet, die

- vorgeführte oder selbst durchgeführte Experimente beschreiben und auswerten lassen,
- fachspezifisches Material (z. B. Diagramme, Tabellen, dokumentierte Experimente) auswerten, kommentieren, interpretieren und bewerten lassen,
- fachspezifische Fragen beantworten lassen,
- Formeln kommentiert herleiten lassen und kommentierte Berechnungen fordern,
- fachliche Sachverhalte in historische Bezüge oder aktuelle Kontexte einordnen lassen,
- begründete Stellungnahmen zu Aussagen oder vorgelegtem Material einfordern,
- strukturiertes Fachwissen in einem größeren Zusammenhang darstellen lassen,
- mehrere Lösungswege ermöglichen.

Nicht zugelassen sind:

- ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgaben,
- Aufgaben, die eine überwiegend mathematische Bearbeitung erfordern,
- Aufgaben ohne Kontextorientierung,
- übernommene Aufgaben (z. B. von Verlagen) ohne Zuschnitt auf den Kurs bzw. ohne Berücksichtigung der spezifischen unterrichtlichen Voraussetzungen.

(Auszug aus den Richtlinien Kapitel 4.3, Seite 10).

## 2.5 Hinweise zur Erstellung der Aufgaben

In Hamburg gibt es seit 2009 erfreulich viele bislang gut angewählte Physik-Profile in denen Physik auf erhöhtem Niveau unterrichtet wird. In vielen anderen Profilen erscheint Physik als begleitendes Fach. Die Arbeit im Profil unterscheidet sich durch Projekte, Kooperationen und fächerübergreifendes Arbeiten vom Unterricht in den ehemaligen Leistungs- und Grundkursen. Somit ist das Lernen in sehr viel höherem Maße exemplarisch, es ergeben sich vielfältige fächerübergreifende Bezüge im lebensweltlichen Kontext. Das erhöht für viele Schülerinnen und Schüler die Attraktivität des Physikunterrichts, stellt aber den Unterrichtenden gerade auch mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung vor besondere Herausforderungen. Es handelt sich dabei auch nach der Einführung der Profileroberstufe um eine fachliche Prüfung, deren Rahmen die EPA Physik abgesteckt. Anknüpfungspunkte zum Profil lassen sich über Kontexte oder Vertiefung der verbindlichen Themengebiete finden. Die Prüfungsaufgabe, unabhängig davon, ob Physik im Profil oder außerhalb unterrichtet wurde, ist so anzulegen, dass vom Prüfling Leistungen sowohl von möglichst großer Breite (Kompetenzbereiche) als auch von angemessener Tiefe (Anforderungsbereiche) zu erbringen sind.

Eine Prüfungsaufgabe muss sich auf alle vier in 2.4 beschriebenen Kompetenzbereiche erstrecken. Daher sollten Kontexte als Ausgangspunkt genommen werden, wobei die Aufgabenstellung nicht unnötig komplex werden sollte. Aus den Kontexten leiten sich physikalisch relevante Themen und Fragestellungen ab.

Jede Aufgabe muss sich auf alle drei in 2.4 beschriebenen Anforderungsbereiche erstrecken. Dadurch wird eine Beurteilung ermöglicht, die das gesamte Notenspektrum umfasst. Die

Prüfungsaufgabe erreicht dann ein angemessenes Niveau, wenn das Schwergewicht der zu erbringenden Prüfungsleistungen im Anforderungsbereich II liegt und der Anforderungsbereich I in höherem Maße als der Anforderungsbereich III berücksichtigt wird.

Die Berücksichtigung mehrerer Themengebiete in einer Aufgabe ist erwünscht und notwendig, wenn etwa weiterführende Inhalte aus der Arbeit im Profil mit einbezogen werden sollen. Es wird empfohlen, durch eine geeignete Vernetzung der Fragestellungen die Bedeutungs- und Beziehungshaftigkeit der Physik zum Ausdruck zu bringen.

Jede Aufgabe ist in Teilaufgaben gegliedert, die einen inneren Zusammenhang aufweisen, sich aber dennoch möglichst unabhängig voneinander bearbeiten lassen. Die Aufgliederung einer Aufgabe darf nicht so detailliert sein, dass dadurch ein Lösungsweg zwingend vorgezeichnet wird. Eine Aufgabe hat nicht viele Teilaufgaben, soll somit nicht zu kleinschrittig sein. Erwünscht sind offene Aufgabenstellungen, die mehrere Lösungswege ermöglichen. Bei aufeinander aufbauenden Teilaufgaben sollte der Schwierigkeitsgrad zum Ende der Aufgabe hin zunehmen und nicht umgekehrt.

Die Teilaufgaben einer Aufgabe sollen so unabhängig voneinander sein, dass eine Fehlleistung in einem Teil nicht die Bearbeitung der anderen Teilaufgaben unmöglich macht. Falls erforderlich, können Zwischenergebnisse in der Aufgabenstellung enthalten sein. Experimentelle Anteile sind ausdrücklich erwünscht. Bei experimentellen Aufgabenstellungen ist für den Fall des Misslingens vorab eine Datensicherung vorzunehmen. Die Prüfungsaufgabe soll mehr Denk- als Rechenaufgabe sein und Zeichnungen als Lösungen fordern, so dass die physikalische Sachargumentation im Vordergrund steht. Ein hoher Grad an Mathematisierung ist ebenso zu vermeiden wie reine Einsetzaufgaben. Siehe Richtlinie: Kapitel 3.3, Seite 11.

Bei der Formulierung der Aufgaben müssen die vorgegebenen Operatoren verwendet werden (Liste der Operatoren: s. Richtlinie: Kapitel 4.4, Seite 11-12).

## 2.6 Termine

Die Aufgaben müssen vom Referenten / von der Referentin in der 3. Novemberwoche in dreifacher Ausfertigung bei der Schulleitung abgegeben werden.

Die schriftliche Abiturprüfung findet zu Beginn des 4. Semesters der Studienstufe statt.

Für die Korrektur stehen folgende Zeiten zur Verfügung:

1. Erstkorrektur durch den Referenten / die Referentin: Ende März/Anfang April
2. Weitergabe an den Zweitkorrektor / die Zweitkorrektorin: Anfang April
3. Rückgabe der Arbeiten und der Gutachten durch den Zweitkorrektor / die Zweitkorrektorin: Anfang Mai

Die genauen Termine werden jährlich neu festgelegt und sind beim Abteilungsleiter Oberstufe erhältlich.

## 2.7 Themenprüfung

Das Verfahren zur Themenprüfung hat sich 2010 verändert: Es werden von dem Referenten/ der Referentin zwei Exemplare der drei Aufgabenvorschläge erstellt - eine Kopie und ein Original. Die Kopie wird in der Schule archiviert und nur das Original verlässt die Schule. Somit ist ein nachvollziehbarer Umlauf des Originals gewährleistet, wodurch die Anzahl möglicher Fehlerquellen minimiert wird. Sollte es im Zuge der Themenprüfung zu Änderungen der Aufgaben kommen, so lässt der Referent/ die Referentin dem Themenprüfer/ der Themenprüferin ein überarbeitetes Exemplar der betreffenden Aufgabe zukommen; außerdem sorgt der Referent/ die Referentin dafür, dass die in der Schule eingelagerte Kopie aktualisiert wird. Der Themenprüfer/ die Themenprüferin faxt eine Rückmeldung über die

Themenprüfung direkt an die Schule. Kurz vor den Prüfungen erstellt der Referent, die Referentin die Schülerkopien.

Das Etikett und die Abitur Anhänge 2 - 4 werden vom Referenten/ von der Referentin vorbereitet, ggf. ausgefüllt und den Aufgaben beigelegt. Die auszufüllenden Formulare sind angehängt.

### **3. Aufgaben**

#### **3.1 Allgemeine Hinweise**

Wegen der dezentralen Aufgabenstellungen für das Fach Physik obliegt es den unterrichtenden Kolleginnen und Kollegen, Aufgaben gemäß der oben zitierten Richtlinie zu entwerfen.

Eine Reihe von Aufgabensammlungen bieten dazu gute Hilfestellungen. Sie gibt es sowohl in gedruckter als auch zunehmend in digitaler Form im Internet. Ein Blick in die Aufgabenstellungen der Bundesländer mit zentralen Prüfungen in Physik lohnt sich ebenfalls. Der Entwurf der Aufgabenstellung ist sehr arbeitsintensiv. Schon im Laufe der ersten beiden Semester der Studienstufe – z. B. bei der Vorbereitung von Klausuren - bietet es sich an, Themen für Aufgaben im Abitur auszuwählen. Dies erleichtert die Zusammenstellung der Aufgaben am Ende des 3. Semesters sehr.

#### **3.2 Erwartungshorizont**

Es gibt zwei- und vierstündige Kurse, Physik als profilgebendes Fach, profilbegleitendes Fach oder als Kurs ohne Profilbezug. Somit kommt der Beschreibung der unterrichtlichen Voraussetzungen eine zentrale Rolle zu. Nur anhand des stattgefundenen Unterrichts können der Themenprüfer/ die Themenprüferin und der Korreferent / die Korreferentin eine Abschätzung des Niveaus der Aufgaben vornehmen.

Der Aufgabensteller / die Aufgabenstellerin gibt den Aufgaben der schriftlichen Prüfung eine Beschreibung der von den Schülerinnen und Schülern erwarteten Leistungen einschließlich der Angabe von Bewertungskriterien bei (s. Anlage Vorsatzblatt zu den Aufgaben).

Die erwarteten Prüfungsleistungen sind stichwortartig so darzustellen, dass aus ihnen Umfang und Erklärungstiefe der geforderten Lösung sowie die Schlüssigkeit der erwarteten Argumentation hervorgeht. Es ist zudem das eingeführte Lehrbuch anzugeben. Der vorangegangene Unterricht, aus dem die vorgeschlagene Aufgabe erwachsen ist, ist so weit darzustellen, wie dies zum Verständnis der Aufgabe notwendig ist. Der Erwartungshorizont wird in Tabellenform dargestellt, die einzelnen Lösungsschritte werden darin gewichtet und den Anforderungs- und Kompetenzbereichen zugeordnet.

Die auf dem Vorsatzblatt zu jeder Aufgabe geforderte Darstellung des Lösungsweges (Rückseite) soll sich an das folgende Raster halten:

Nr.	Anmerkungen	Zuordnung zu den AB in BE		
		I	II	III
1.	Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:			
	Erwartete Schülerleistung:	4		
2.	Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:			
	Erwartete Schülerleistung:	1	7	
3.	Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:			
	Erwartete Schülerleistung:	2	4	
4.	Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:			
	Erwartete Schülerleistung:		6	
5.	Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:			
	Erwartete Schülerleistung:		1	5
$\Sigma$	<b>Bewertungseinheiten</b>	7	18	5
%	<b>Prozentuale Anteile</b>	23	60	17

Die Punktevergabe dient hier nur als Beispiel. Genauer wird in den Beispielaufgaben im Anhang beschrieben.

In diesem Lösungsraster werden sowohl die Einordnung der verschiedenen Aufgabenteile in die Anforderungsbereiche als auch ein festgelegtes Bewertungsschema unmittelbar deutlich.

#### 4. Korrekturen

**Die Note „ausreichend“ (5 Punkte) wird erteilt**, wenn annähernd die Hälfte (mindestens 45%) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden sind. Dazu müssen auch Leistungen im Anforderungsbereich II erbracht werden. Dieses ist der Fall, wenn je nach Aufgabenstellung

- Sachverhalte korrekt wiedergegeben und in Teilen korrekt angewendet werden
- einfache Fachmethoden korrekt beschrieben und in Teilen korrekt angewendet werden
- vorgegebene Kommunikations- und Darstellungsformen korrekt angewendet werden
- einfache Bezüge aufgezeigt werden und
- die Darstellung erkennbar geordnet und sprachlich verständlich ist.

**Die Note „gut“ (11 Punkte) wird erteilt**, wenn annähernd vier Fünftel (mindestens 75 %) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden sind. Dabei muss die Prüfungsleistung in ihrer Gliederung, in der Gedankenführung, in der Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen. Ein mit „gut“ beurteiltes Prüfungsergebnis setzt voraus, dass neben Leistungen in den Anforderungsbereichen I und II auch Leistungen im Anforderungsbereich III erbracht werden. Dieses ist der Fall, wenn je nach Aufgabenstellung

- Sachverhalte und Fachmethoden korrekt dargestellt und in abgegrenzten Gebieten korrekt angewendet werden
- Kenntnisse und Fachmethoden stellenweise zur Lösung von Problemen selbständig herangezogen werden
- Kommunikations- und Darstellungsformen korrekt angewendet und in Teilen selbständig ausgewählt werden
- Bezüge hergestellt und Bewertungsansätze wiedergegeben werden und
- die Darstellung in ihrer Gliederung und Gedankenführung klar strukturiert und nachvollziehbar ist sowie den allgemeinen und fachsprachlichen Anforderungen voll entspricht.

Im Übrigen gilt bei der Festlegung von Notenpunkten die folgende Tabelle.

Erbrachte Leistung	Notenpunkte	Erbrachte Leistung	Notenpunkte
≥ 95 %	15	≥ 55 %	7
≥ 90 %	14	≥ 50 %	6
≥ 85 %	13	≥ 45 %	5
≥ 80 %	12	≥ 40 %	4
≥ 75 %	11	≥ 33 %	3
≥ 70 %	10	≥ 26 %	2
≥ 65 %	9	≥ 19 %	1
≥ 60 %	8	< 19 %	0

Bei erheblichen Mängeln in der sprachlichen Richtigkeit sind bei der Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistung je nach Schwere und Häufigkeit der Verstöße bis zu drei Notenpunkte abzuziehen. Dazu gehören auch Mängel in der Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen sowie falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text.

## 5. Anhänge: Beispielaufgaben

### 5.1 Gravitation und Kreisbewegung (grundlegendes Anforderungsniveau)

#### Gravitation und Kreisbewegung

Fehlende Konstanten können der Formelsammlung entnommen werden.

- Die Exzentrizität der Erdbahn  $e = 0,01674$  bestimmt die Form ihrer Ellipse. Die kleine Halbachse  $b$  berechnet sich aus der großen Halbachse  $a = 149,6 \cdot 10^6$  km mit  $b^2 = a^2 - (e \cdot a)^2$ .  
Erläutern Sie unter Verwendung dieser Daten, dass man die Erdbahn näherungsweise als kreisförmig betrachten kann. (4 P)
- Bestimmen Sie die Masse der Erde auf einem einfachen Weg über den mittleren Abstand des Mondes und seine Umlaufzeit.  
Erläutern Sie, warum sich die Erdmasse mit Hilfe von künstlichen Satelliten genauer berechnen lässt. (8 P)

#### Neuer Planet jenseits des Pluto entdeckt



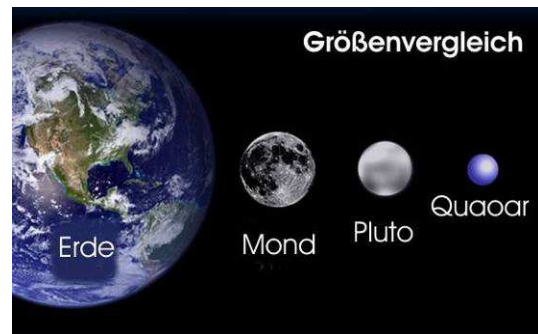
P.M.-Magazin

Die Astronomen Michael Brown und Chadwick Trujillo vom California Institute of Technology (Pasadena, USA) entdeckten das lichtschwache Gebilde erst mit dem Teleskop auf dem Mount Palomar. Später nutzten sie die "Advanced Camera for Surveys" des Hubble-Weltraum-Teleskops, das den Durchmesser des Objekts bestimmen konnte. Das Objekt mit dem offiziellen Namen "2002 LM60" hat einen Durchmesser von 1300 km (mehr als die Hälfte des Pluto-Durchmessers). Seine Umlaufbahn ist fast exakt kreisförmig (im Gegensatz zu der extrem exzentrischen Bahn von Pluto), und der Planet umrundet die Sonne in 288 Jahren (Pluto: 248 Jahre). Er dreht sich um sich selbst in 6 Stunden. Es ist noch unbekannt, aus welchem

Material der neue Planet besteht, es wird jedoch vermutet, dass er eine Masse von etwa  $2,5 \cdot 10^{22}$  kg besitzt.

Mit Quaoar wurde zum ersten Mal seit der Entdeckung Plutos im Jahre 1930 ein Himmelskörper mit vergleichbarer Größe gefunden - ein zehnter Planet.

Das Bild zeigt eine Illustration; im Foto ist Quaoar ein strukturloser Lichtpunkt.



P.M.-Magazin 2002

- Ein Astronaut ( $m_A = 75$  kg) besucht den neuen Planeten. Eine mitgebrachte Waage zeigt auf dem Äquator des Planeten eine andere Gewichtskraft an als auf dem Pol.  
Erläutern Sie dieses Phänomen und berechnen Sie die Anzeige der Waage an beiden Orten. (6 P)
- Erde und Quaoar umrunden beide die Sonne. Die Erde braucht für eine Umrundung nur 365,25 Tage, der neue Planet wesentlich länger.  
Bestimmen Sie mit Hilfe der Daten von Quaoar und Erde den Abstand von Quaoar zur Sonne und die Masse der Sonne. (Falls Sie kein Ergebnis für den Abstand Quaoar-Sonne finden, rechnen Sie mit dem Wert  $r = 6,5 \cdot 10^{12}$  m weiter.) (6 P)
- Neuere Untersuchungen aus dem Jahr 2003 stellen die Hypothese auf, der Planet sei größtenteils hohl und habe nur eine Masse von etwa  $1,0 \cdot 10^{16}$  kg.  
Angenommen, diese Theorie wäre richtig: Schätzen Sie ab, ob es dann möglich wäre, dass unser Astronaut aus eigener Kraft das Gravitationsfeld des Planeten verlassen kann. (6 P)

Erwartungshorizont „Gravitation und Kreisbewegung“

Angaben zum Unterricht:

Astronomie, Gravitation und Kreisbewegungen waren Themen des ersten Semesters. Sie bieten sich an für eine gemeinsame Behandlung. Da die Schülerinnen und Schüler zum Thema Astronomie Referate zu Themen der modernen Astronomie gehalten haben, ist Literaturrecherche und der Umgang mit Texten in diesem Zusammenhang geübt.

Nr.	Anmerkungen	Zuordnung zu den AB in BE		
		I	II	III
1.	<b>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</b> Die Schülerinnen und Schüler müssen den zwar kurzen, aber doch sehr informativen Text lesen. Wesentliche Informationen, die zur Beantwortung der Aufgaben notwendig sind, finden sich im Text (AB II). Die erste Aufgabe ist bekannt und einfach zu lösen (AB I)			
	<b>Erwartete Schülerleistung:</b> $b^2 = a^2 - (ea)^2 = a^2 - e^2 a^2 = a^2 (1 - e^2) = 0,9997198 a^2 \implies b = 0,9998598 a$ Somit weicht die kleine Halbachse um 0,14 Promille von der großen Halbachse ab. Bei Problemen, für die diese Genauigkeit ausreicht, kann man die Bahn als kreisförmig betrachten.	4		
2.	<b>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</b> Eine analoge Aufgabenstruktur ist im Unterricht behandelt worden (AB II).			
	<b>Erwartete Schülerleistung:</b> Gleichsetzung der Terme für die Radialkraft, die den Mond auf seiner Kreisbahn hält, $F_r = M_{\text{Mond}} \omega^2 r$ , und für die Gravitationskraft, $F = \gamma M_{\text{mond}} M_{\text{erde}} / r^2$ . Auflösen nach $M_{\text{erde}} = 4\pi^2 r^3 / (\gamma T^2) = 4,5 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ ( <b>Fehler um Faktor 1000</b> ) Masse der Erde lt. Tabelle: $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ , Abweichung über 30% Durch die relativ große Masse des Mondes dreht sich der Mond nicht um den Mittelpunkt der Erde, sondern beide drehen sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt, der außerhalb des Erdmittelpunktes liegt. Dies führt auf eine komplexere Berechnung. Durch eine entsprechende Berechnung mit einem Satelliten, der eine deutlich geringere Masse als der Mond hat, entfällt dieses Problem.	1	7	
3.	<b>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</b> Eine analoge Aufgabenstruktur ist im Unterricht behandelt worden (AB I-II).			
	<b>Erwartete Schülerleistung:</b> Die Gewichtskraft errechnet sich nach: $F_G = \gamma m m_Q / r^2 = 296 \text{ N}$ Auf dem Äquator ist die Anzeige der Waage aufgrund der Drehung des Planeten um den Wert der Zentripetalkraft reduziert. $F_{\text{Ä}} = F_G - F_Z = \gamma m m_Q / r^2 - m v^2 / r = 291,9 \text{ N}$ Am Pol ist der Wert nicht reduziert, also $F_P = 296 \text{ N}$	2	4	
4.	<b>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</b> Eine analoge Aufgabenstruktur ist im Unterricht behandelt worden (AB II).			
	<b>Erwartete Schülerleistung:</b> Der erste Teil dieser Aufgabe wird mit dem 3. Keplerschen Gesetz gelöst:			

$T_E^2/T_Q^2 = a_E^3/a_Q^3$ <p>also ist <math>a_Q = (a_E^3 T_Q^2 / T_E^2)^{1/3} = 6,5 \cdot 10^9 \text{ km}</math></p> <p>Teil 2: Die Gravitationskraft zwischen Sonne und Quaoar bringt die Zentripetalkraft der Kreisbewegung auf: <math>\gamma m_Q m_s / r^2 = m_Q v^2 / r</math></p> $m_s = v^2 r / \gamma = 1,97 \cdot 10^{30} \text{ kg}$		6	
<p><b>5. Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</b></p> <p>Fluchtgeschwindigkeiten wurden thematisiert und berechnet. Dieses Wissen wird in einer neuen Aufgabenstellung angewendet. Die Aufgabe zudem erfordert ein eigenständiges Abschätzen von physikalischen Größen und ein problembezogenes Auswählen von Informationen und Sachverhalten aus unterschiedlichen Gebieten der Physik. (AB III)</p>			
<p><b>Erwartete Schülerleistung:</b></p> <p>Die Fluchtgeschwindigkeit soll berechnet werden und anhand von Erfahrungswerten aus dem Alltag abgeschätzt werden, ob ein Mensch diese aus eigener Kraft aufbringen kann.</p> <p>Die Fluchtgeschwindigkeit berechnet sich aus der potentiellen Energie am Pol</p> $W_{\text{pot}} = -\gamma m_Q m_A / r$ <p>und der aufzubringenden kinetischen Energie <math>W_{\text{kin}} = mv^2/2</math></p> $v = (2\gamma m_Q / r)^{1/2} = 1,43 \text{ m/s}$ <p>Ein normal trainierter Mensch kann auf der Erde <math>h = 0,5 \text{ m}</math> hoch springen.</p> <p>Aus <math>v = (2hg)^{1/2} = 3,1 \text{ m/s}</math>, somit sollte der bestens trainierte Astronaut aus eigener Kraft die Fluchtgeschwindigkeit erreichen können.</p> <p>(Alternative Überlegungen (Geschwindigkeit eines Läufers (tangentialer Absprung vom Planeten), Fußgängers etc. sind selbstverständlich erwünscht und ebenso richtig.)</p>		1	5
<p><b>Gesamt: 30</b></p>	7	18	5

## 5.2 Beugung und Interferenz am optischen Strichgitter

Beugung und Interferenz am optischen Strichgitter (grundlegendes Anforderungsniveau)

### 1. Allgemeiner Teil

Senkrecht auf ein optisches Strichgitter fällt Natriumlicht der Wellenlänge  $\lambda = 590$  nm. Auf einem Schirm, der vom Gitter den Abstand 78 cm hat, sind die beiden Spektrallinien der 1. Ordnung 48,2 cm voneinander entfernt.

- Erklären Sie zunächst allgemein das Zustandekommen der Helligkeitsmaxima bei der Beugung des Lichts an einem optischen Strichgitter. (5 P)
- Bestimmen Sie die Gitterkonstante des verwendeten Strichgitters. (6 P)

### 2. Experimenteller Teil

Eine Gitterfolie mit 1000 Einzelspalten pro Millimeter wird auf die Innenseite der Querwand eines Glastroges geklebt. An die andere Querwand wird von außen ein Stück durchscheinendes Papier („Butterbrotpapier“) als Schirm befestigt. Die Dicke der Glaswände soll im Folgenden nicht berücksichtigt werden. Die Gitterfolie wird senkrecht zur Querwand mit dem Licht des Lasers der Wellenlänge  $\lambda = 633$  nm bestrahlt. Auf dem Schirm beobachtet man das entstehende Interferenzmuster.

- Nun wird der Glastrog mit Wasser gefüllt. Beschreiben Sie, wie sich dadurch die Interferenzfigur auf dem Papier verändert. (1 P)
- Führen Sie diesen Versuch durch und bestimmen Sie aus den experimentell ermittelten Daten dieses Versuchs die Wellenlänge des Laserlichts im Wasser. Beschreiben Sie die Zusammenhänge in einem Versuchsprotokoll. (9 P)
- Begründen Sie die in 2a) beschriebene Beobachtung und erläutern Sie, warum dieses Experiment das Lichtwellenmodell von Huygens bestätigt. (5 P)

### 3. Anwendungsteil: Spektrales Auflösungsvermögen

„Bei *Spektralapparaten* wird die Größe  $U = \lambda/\Delta\lambda$  als *Auflösungsvermögen* definiert. Sie gibt die Fähigkeit des Spektralapparates an, für Lichtwellen nahe beieinander liegender Wellenlängen die Intensitätsmaxima nach Durchgang durch den Apparat räumlich zu trennen. (.....). Bei Beugungsgittern gelten zwei Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$  dann als getrennt, wenn das Interferenzmaximum von  $\lambda_1$  in ein Minimum von  $\lambda_2$  fällt (.....). Es gilt  $\lambda/\Delta\lambda = p \cdot k$ , wobei  $k$  die Beugungsordnung und  $p$  die Zahl der beleuchteten Striche ist. Während die beobachtbare Gitterordnung durch die mit höherer Ordnung abnehmende Intensität der Maxima beschränkt ist, kann man das Auflösungsvermögen eines Gitters auch durch die Zahl der kohärent beleuchteten Gitterspalte beeinflussen. Ein typisches *Transmissionsgitter* hat ca. 600 Striche pro Millimeter. Bei einer beleuchteten Breite von 16 cm ergibt dies für  $p \approx 100\,000$ . Beobachtet man in der dritten Beugungsordnung, erreicht man ein Auflösungsvermögen von ca. 300 000.“  
(Zitat z. B. aus : <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/physik/961>)

- Bestimmen Sie den im Beispiel für das Auflösungsvermögen angegebenen Wert von 300 000. (3 P)
- Bei genaueren Untersuchungen des Spektrums von Natriumlicht stellte sich heraus, dass die gelbe Spektrallinie dieses Lichts aus zwei eng benachbarten Linien – den so genannten D-Linien – besteht. Die dazugehörigen Wellenlängen haben die Werte  $\lambda_1 = 589$  nm und  $\lambda_2 = 589,6$  nm.  
In einem Beugungsspektrum 2. Ordnung sollen die beiden D-Linien des Natriumlichts auf einem Schirm getrennt erscheinen. Es steht ein Gitter zur Verfügung, das je 1cm Gitterbreite 2000 Einzelspalte besitzt.  
Bestimmen Sie die Gitterbreite, die mindestens beleuchtet werden muss, um die D-Linien des Natriumlichts getrennt beobachten zu können. (8 P)

(Hinweis zur Gitterfolie : Unter [www.astromedia.de](http://www.astromedia.de) kann man diese bestellen.)

**Erwartungshorizont “Beugung am Gitter”**

Angaben zum Unterricht: Im Rahmen des Themas Wellenoptik nimmt die Beugung am optischen Strichgitter einen breiten Raum ein. Sowohl die experimentelle Erarbeitung der Phänomene als auch die mathematische Behandlung des Themas standen im Mittelpunkt des Unterrichts.

Nr	Anmerkungen	I	II	III
1.a)	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i> Einen Sachverhalt skizzieren und beschreiben			
	Erstellung einer Skizze mit entsprechender Beschreibung : Interferenzen der in den Gitterspalten erzeugten Kreiswellen, Gangunterschied der Kreiswellen in verschiedene Richtungen, insbesondere der Gangunterschied benachbarter Wellenzüge	2	3	
1.b)	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i> Berechnung von Größen unter Verwendung von bekannten Formeln mit entsprechenden Erläuterungen			
	Bestimmung des Beugungswinkels $\alpha$ aus $\tan \alpha = \frac{d_z}{b}$ mit $d_1 = 24,1\text{cm}$ und $b = 78\text{cm}$ ergibt $\alpha = 17,17^\circ$ . Anwendung der Interferenzbedingung für Intensitätsmaxima beim Gitter $\sin \alpha = \frac{z \cdot \lambda}{a}$ , $z \in N$ mit $\lambda = 590 \text{ nm}$ und $z = 1$ ergibt die gesuchte Gitterkonstante $a = 1,99 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .	4	2	
2.a)	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i> Einen einfachen Sachverhalt wiedergeben			
	Die Intensitätsmaxima 1. Ordnung rücken enger zusammen.	1		
2.b)	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i> Aus dem Unterricht bekannte Messung selbstständig durchführen, auswerten und protokollieren			
	Notwendige Messungen (Beispiele, da diese vom Gefäß abhängen) : Abstand Gitter-Schirm ( $b = 6,2\text{cm}$ ) Abstand der Maxima 1. Ordnung oder $d_1$ mit Wasser ( $d_1 = 3,4\text{cm}$ ) Ansatz und Rechnung wie in 1.b) mit $z = 1$ und $a = 10^{-3} \text{ mm}$ ergibt $\lambda = 480 \text{ nm}$ Versuchsprotokoll	4	5	
2.c)	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i> Wissen problembezogen einordnen und bewerten			
	1. Darstellung des Zusammenhangs zwischen Wellenlänge und Beugungswinkel 2. Einordnung der Beobachtung in das Wellenmodell nach Huygens		2	3
3.a)	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i> Textverständnis und Nachvollziehen einer Rechnung			
	Nachvollziehbare Darstellung des Rechenweges und Bestätigung der Rechnung		3	

Nr	Anmerkungen	I	II	III
3.b)	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i> Textverständnis und entsprechende Ermittlung der notwendigen Daten und Zusammenhänge			
	1. Bestimmung von $\Delta\lambda = 0,6\text{nm}$ 2. Berechnung $U = \lambda/\Delta\lambda = 981,7$ (982,7) (Festlegung $\lambda$ entweder $\lambda_1$ oder $\lambda_2$ !) 3. $z = k = 2$ Berechnung der Anzahl der zu beleuchtenden Gitterspalte $p = U : k = 491$ und daraus die geforderte Gitterbreite $491 : 2000 \text{ cm} = 0,245\text{cm}$	1	3	4
$\Sigma$	<b>Bewertungseinheiten</b>	12	18	7
%	<b>Prozentuale Anteile</b>	32	49	19

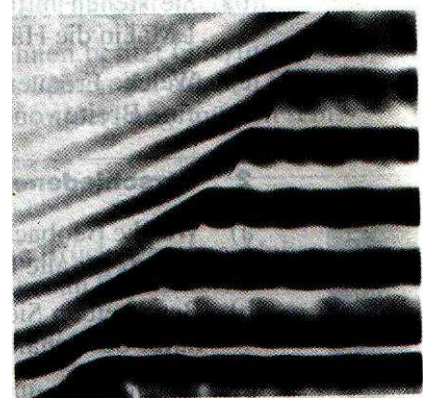
### 5.3 Wasserwellen:

#### Wasserwellen (grundlegendes/erhöhtes Anforderungsniveau)

( Quelle für Wellenbilder: Hans Peter Dreyer; Phänomene - Aspekte der Realität in Physikaufgaben; Sabe Verlag AG, Zürich; 1999-1 Foto der Wasserwellen S. 80; Lösungsskizze S.214 )

Die untere Kante eines Drahtrahmens taucht in eine mit Wasser gefüllte Wanne ein. Der Drahtrahmen wird mit  $f = 20$  Hz in vertikale Schwingungen versetzt, so dass in der Wellenwanne ebene Wellen erzeugt werden.

1. Die Abbildung zeigt parallele, ebene Wasserwellen, die aus einem Tiefwasserbereich (rechts unten) in einen Flachwasserbereich laufen.



1.1 Zeichnen Sie die Situation im Maßstab 1:1.

Die Skizze soll die Grenzlinie zwischen Tief- und Flachwasserbereich, die Lage der Wellenberge in beiden Bereichen und die Fortpflanzungsrichtung der Wellen in beiden Bereichen enthalten. (5 P)

1.2 Erläutern Sie, dass sich beim Übergang zwischen den beiden Bereichen die Frequenz der Wasserwellen nicht ändert.

Entwerfen Sie zusätzlich ein geeignetes Experiment zur Überprüfung dieses Sachverhalts. (4 P)

1.3 Zeigen Sie an dem vorliegenden Experiment, dass das Brechungsgesetz auch für Wasserwellen gilt. Werten Sie dazu die Momentaufnahme quantitativ aus. Entnehmen Sie die Maßzahlen der benötigten Zahlenwerte direkt der Abbildung oder Ihrer Skizze. (6 P)

1.4 Begründen Sie, dass Wasserwellen an Ufern von Teichen oder an flachen Stränden ihre Richtung immer so ändern, dass sie auf das Land zu laufen. (3 P)

#### Zusätzlich für ein erhöhtes Niveau

2. In diesem Experiment treffen die ebenen Wellen bei konstanter Wassertiefe senkrecht auf einen Doppelspalt mit einem Spaltabstand von 4,0 cm.

Der Punkt P hat von dem einen Spalt den Abstand 13 cm, von dem anderen 15 cm.

Bei der eingestellten Frequenz  $f_E = 20$  Hz tritt in P ein Minimum 2. Ordnung auf.

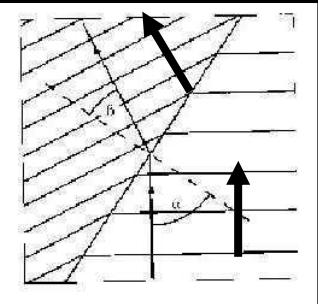
2.1 Skizzieren Sie diese Situation in einer maßstäblichen Zeichnung.

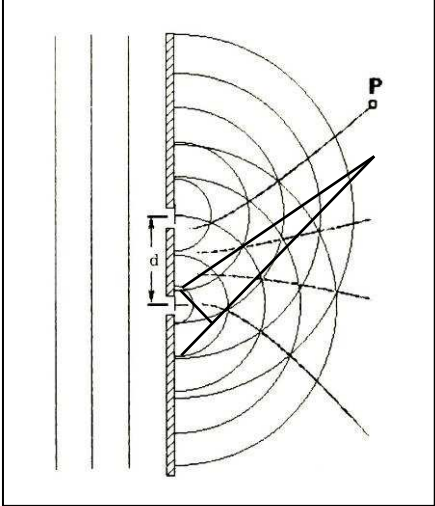
Erklären Sie das Zustandekommen des Phänomens. (4 P)

2.2 Weisen Sie nach, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wasserwellen  $c = 27$  cm/s beträgt. (4 P)

2.3 Bestimmen Sie die Anzahl der beobachtbaren Minimastreifen. (4 P)

Erwartungshorizont „Wasserwellen“

Nr	Anmerkungen	Zuordnung zu den AB in BE		
		I	II	III
1.1	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Das Anfertigen der Skizze aus der gegebenen Abbildung erfordert lediglich Sorgfalt. Der Schluss auf die Geschwindigkeiten ist eine Transferleistung</p>			
	<p><i>Erwartete Schülerleistung</i> Die Ausbreitung erfolgt in der Abbildung von unten nach oben. In flachem Wasser breiten sich also die Wellen mit kürzerer Wellenlänge, also kleinerer Geschwindigkeit aus als in tiefem Wasser.</p> 	3	2	
1.2	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Die Erläuterung ist teils eine Wiederholung, teils Transfer auf das vorgegebene Problem. Das Finden eines geeigneten Experiments erfordert Übersicht und Kreativität.</p>			
	<p><i>Erwartete Schülerleistung</i> Die Wellenfronten sind an der Übergangslinie nicht unterbrochen, sondern nur geknickt. Die Wellen schwingen an der brechenden Kante mit gleicher Phase. Bei geeignet gewählter stroboskopischer Beleuchtung scheinen die Wellen sowohl im tiefen als auch im flachen Wasser stillzustehen.</p>	1	1	2
1.3	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Die Anwendung des Gesetzes auf Wasserwellen ist neu. Die Entnahme der Messwerte aus der Abbildung und das Einsetzen in das Brechungsgesetz sind einfacher Transfer.</p>			
	<p><i>Erwartete Schülerleistung</i></p> $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$ <p>In vorliegendem Experiment muss gelten: <math>\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}</math>. (Lösungsansatz) Aus der Abbildung lässt sich ablesen: <math>\lambda_1=10\text{mm}</math>, <math>\lambda_2=6\text{mm}</math>. Also ist <math>c_1:c_2=\lambda_1:\lambda_2=1,7</math>. Der Einfallswinkel beträgt <math>\alpha = 55^\circ</math>, der Brechungsfallwinkel <math>\beta = 29^\circ</math>. Es gilt mit guter Genauigkeit: <math>\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 1,7</math>. Somit ist die Gleichheit nachgewiesen.</p>	3	3	
1.4	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Die Erkenntnis, dass die gebrochene Welle zum Einfallslot hin gerichtet ist, und die Folgerung daraus erfordern das Anwenden dieses Sachverhalts mit geometrischer Übersicht.</p>			
	<p><i>Erwartete Schülerleistung</i> Da Wasserwellen in Ufernähe in immer flacheres Wasser laufen, wird ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit immer kleiner. Der ufernahe Teil einer geraden Wellenfront bewegt sich deshalb langsamer fort als der weiter vom Ufer entfernte Teil. Dies führt zu der beobachteten Richtungsänderung.</p>		2	1

Nr	Anmerkungen	Zuordnung zu den AB in BE		
		I	II	III
2.1	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Die Versuchsbeschreibung ist graphisch umzusetzen. Das ist an anderen Beispielen geübt.			
	<p><i>Erwartete Schülerleistung</i> An den Punkten, an denen der Gangunterschied <math>\Delta s = (2k-1) \cdot \lambda/2</math> beträgt, löschen sich die Schwingungen aus. An diesen Punkten bemerkt man keine Wellenerregung. Der geometrische Ort dieser Punkte ist eine Hyperbel, die beobachtet werden kann.</p> 	4		
2.2	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Ein bekanntes Verfahren ist auf einen neuen Sachverhalt anzuwenden.			
	<p><i>Erwartete Schülerleistung</i> Gangunterschied <math>\Delta s = (2k-1) \cdot \lambda/2</math> und <math>\lambda = c/f \Rightarrow \Delta s = (2k-1) \cdot c/(2f) \Rightarrow c = (2f \Delta s)/(2k-1) = (2 \cdot 20 \text{ Hz} \cdot 2 \text{ cm})/(2 \cdot 2 - 1) = 27 \text{ cm/s}</math></p>		4	
2.3	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Im Ansatz handelt es sich um eine komplexere Transferleistung. Das berechnete Ergebnis für $k_{\max}$ muss sorgfältig ausgewertet werden.			
	<p><i>Erwartete Schülerleistung</i> Der maximale Gangunterschied ist die Spaltbreite d, also gilt: <math>(2k-1) \frac{\lambda}{2} \leq d \Leftrightarrow k \leq \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{2d}{\lambda} + 1 \right)</math>. Mit <math>\lambda = \frac{c}{f} = \frac{27 \text{ cm/s}}{20 \text{ Hz}} = 1,35 \text{ cm}</math> folgt <math>k_{\max} = 3</math>. Somit ist die Anzahl der Minima 6.</p>		4	
<b>Σ</b>	<b>Bewertungseinheiten</b>	11	16	3
<b>%</b>	<b>Prozent</b>	37	53	10

## 5.4 Kondensator: (erhöhtes Niveau)

### 1. Allgemeiner Teil

Ein „Goldcap“ ist ein Kondensator mit sehr hoher Kapazität, der sich im Vergleich zu Folienkondensatoren durch eine sehr kleine Baugröße auszeichnet. Für einen bestimmten Typ gelten folgende Daten: Kapazität 1,0 F; Größe des zylinderförmigen Gehäuses: Durchmesser 21 mm, Höhe 10 mm.

1.1. Berechnen Sie die Plattenfläche eines Plattenkondensators, der bei einem Plattenabstand von 50  $\mu\text{m}$  die Kapazität 1,0 F aufweist. Rechnen Sie mit der Dielektrizitätskonstanten von Vakuum.

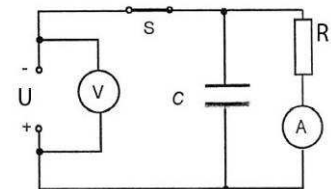
[Zur Kontrolle:  $A = 5,65 \text{ km}^2$ ] (3 P)

1.2. Berechnen Sie das Verhältnis der Volumina des angegebenen Goldcaps und des Plattenkondensators aus Teilaufgabe 1.1, wenn das Eigenvolumen der Platten außer Acht gelassen wird. (6 P)

1.3. In einem Schulexperiment mit einem Plattenkondensator ist die Plattenfläche 314  $\text{cm}^2$ , der Plattenabstand 2 mm und die angelegte Spannung 5 kV. Vergleichen Sie die Kapazität des Plattenkondensators, die Ladung auf den Platten und die gespeicherte elektrische Energie mit der des Goldcaps 1 F, wenn dieser an 1,2 V aufgeladen wurde. (8 P)

### 2. Experimenteller Teil

In diesem Aufgabenteil soll der Entladevorgang eines Kondensators über einen Widerstand genauer betrachtet werden. Dazu sind einige experimentelle Untersuchungen vorzunehmen. Ihnen stehen am Arbeitsplatz die Bauteile für nebenstehende Schaltung sowie eine Stoppuhr zur Verfügung. Der Kondensator hat die Aufschrift „1,0 F, 5,5V“. Der Widerstand  $R$  ist 60  $\Omega$ .



2.1 Nennen Sie den maximalen Wert, auf den man die Spannung  $U_0$  höchstens einstellen darf. Wählen Sie  $U_0 = 4,5\text{V}$  und starten Sie das Experiment mit dem Schließen des Schalters S. Beschreiben Sie qualitativ, was nun in der Schaltung abläuft. (4 P)

2.2 Beginnen Sie (nach frühestens 30 Sekunden) durch Öffnen des Schalters S folgende Messung: Nehmen Sie eine Messreihe (6 Messungen) auf, die die Abhängigkeit der Stromstärke des Entladestroms von der Zeit zeigt, und stellen Sie diese Messreihe grafisch dar. Vergleichen Sie ihre Messreihe mit der hier gegebenen: (12 P)

t in s	0	10,0	30,0	50,0	70,0	90,0
I in mA	38,0	34,9	29,4	24,9	21,1	17,8

2.3 Ermitteln Sie aus dem Diagramm näherungsweise die abgeflossene Ladung. (3 P)

2.4 Zeigen Sie mit Hilfe der gegebenen Messungen, dass der Innenwiderstand des Goldcap ca. 60  $\Omega$  beträgt. (2 P)

2.5 Zeigen Sie, dass die obigen Messwerte mit der Formel  $I(t) = I_0 \cdot e^{-kt}$  verträglich sind und bestätigen Sie mit den vorliegenden Daten den Zusammenhang:  $k = \frac{1}{(R_i + R_a) \cdot C}$ . (10 P)

### 3. Anwendungsteil

Der Goldcap eignet sich wegen seiner hohen Kapazität als Überbrückungsspannungsversorgung, z.B. in Geräten, in denen Daten bei ausgeschaltetem Zustand erhalten bleiben sollen.

3.1 Überprüfen Sie diese Aussage für einen Goldcap-Kondensator der Kapazität 1,0 F. Berechnen Sie dazu die Zeit, bis die Anfangsspannung von 5,0V auf 3,5V abgesunken ist, wenn der Speicherbaustein einen Widerstand von 4,8 M $\Omega$  hat. (3 P)

3.2 Auf der Web-Site „www.elektronik-kompodium.de“ findet sich folgende Formel zur Berechnung des Überbrückungszeitraumes. Berechnen Sie mit dieser Formel die Überbrückungszeit. (3 P)

$$T = \frac{(U_{\text{Lade}} - U_{\text{min}}) \cdot C}{I}$$

T = Überbrückungszeitraum (s),  
 $U_{\text{Lade}}$  = Ladespannung (V)  
 $U_{\text{min}}$  = minimale Betriebsspannung (V)  
 C = Kapazität (F)  
 I = mittlere Stromaufnahme (A)

3.3 Erörtern Sie, warum die Formel aus 3.2 in der Praxis genügt.

(2 P)

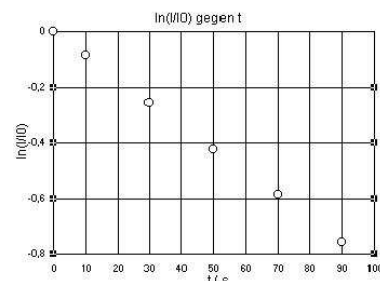
**Erwartungshorizont „Kondensatoren“**

Angaben zum Unterricht:

Im zweiten Semester wurden im Zusammenhang mit elektrischen Feldern Kondensatoren behandelt. Dabei wurde wegen der technischen Anwendungen in der Elektronik das Lade- und das Entladeverhalten von verschiedenen handelsüblichen Kondensatoren über Widerstände gemessen und mathematisch beschrieben. Die zugehörigen Schaltpläne wurden aufgezeichnet.

Nr	Anmerkungen	Zuordnung zu den AB in BE		
		I	II	III
1.1	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Hier handelt es sich um eine einfache Berechnung mit einer bekannten Formel. Die Lösung ist sicher durch das Ausmaß der Fläche unerwartet.			
	<i>Erwartete Schülerleistung</i> $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \Rightarrow A = d \cdot \frac{C}{\epsilon_0} \Rightarrow A = 50 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1,0}{8,8542 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{mVmAs}{AsV} \Rightarrow A = 5,65 \text{ km}^2$	3		
1.2	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Textverständnis und unerwartetes Ergebnis führen auf AB II			
	<i>Erwartete Schülerleistung</i> $D_G = 21 \text{ mm} \Rightarrow r = 10,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ Berechnung des Verhältnisses $V_P/V_G$ : $V_G = h \cdot \pi \cdot r^2$ und $V_P = A \cdot d \Rightarrow \frac{V_P}{V_G} = \frac{A \cdot d}{h \cdot \pi \cdot r^2} \Rightarrow$ $\frac{V_P}{V_G} = \frac{5,65 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot (10,5 \cdot 10^{-3})^2} \cdot \frac{m \cdot m^2}{m \cdot m^2} \Rightarrow \frac{V_P}{V_G} = \frac{81,6 \cdot 10^6}{1}$ Das Volumen des Plattenkondensators ist 81 Millionen mal größer als das Volumen des Goldcaps.		6	
1.3	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Die Schüler sollen mit dem verwendeten Bauteil "Kondensator" vertraut werden .			
	<i>Erwartete Schülerleistung</i> Berechnung für den Plattenkondensator: $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} \cdot \frac{314 \text{ cm}^2}{2 \text{ mm}} \Rightarrow C = 1,39 \cdot 10^{-10} \text{ F};$ $Q = C \cdot U = 695 \text{ nC}; W = 0,5 \cdot C \cdot U^2 = 1,74 \text{ mWs}$  Berechnungen für den Goldcap: $C = 1 \text{ F} \Rightarrow Q = C \cdot U = 1,2 \text{ C}$ und $W = 0,5 \cdot C \cdot U^2 = 0,72 \text{ Js}$ Vergleich: $10^{10}$ -fache Kapazität, $1,7 \cdot 10^6$ -fache Ladung, 400-fache Energie		8	
2.1	<i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i> Die Schüler sollen mit dem verwendeten Bauteil "Kondensator" vertraut werden und den Ladevorgang qualitativ beschreiben. Informationen ergeben sich aus dem Bauteil, die Beschreibung des Ladevorgangs erfordert eine Analyse des Schaltplans.			

		Zuordnung zu den AB in BE															
	<p><i>Erwartete Schülerleistung</i>                      Maximal darf die angegebene Nennspannung <math>U_0=5V</math> angelegt werden. Nach dem Schließen des Schalters wird der Kondensator geladen. Erst wenn der Kondensator geladen ist, fließt der volle Strom <math>I = U/R = 4,5V / 60\Omega = 75mA</math> durch den Widerstandszweig.</p>	1	3														
2.2	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i>                      Die Planung der Messwertaufnahme ist eigenständig durchzuführen, eine geeignete Zeitenabfolge der Messungen ist zu planen oder durch mehrfaches Durchführen auszuprobieren, die Messungen sind in angemessener Form (Tabelle, Tabellenüberschriften, Einheiten, Diagrammachsenbezeichnungen, Achsenskalierungen, richtiger Eintrag der Messpunkte) zu dokumentieren. Diese Verfahren sind zwar geübt, erfordern jedoch eigene Reorganisation.</p>																
	<p><i>Erwartete Schülerleistung z.B.</i></p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th>t / s</th> <th>I / mA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>38</td></tr> <tr><td>10</td><td>34,9</td></tr> <tr><td>30</td><td>29,4</td></tr> <tr><td>50</td><td>24,9</td></tr> <tr><td>70</td><td>21,1</td></tr> <tr><td>90</td><td>17,8</td></tr> </tbody> </table> <div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>Entladung eines Gold-Cap 1F</p> </div>	t / s	I / mA	0	38	10	34,9	30	29,4	50	24,9	70	21,1	90	17,8		12
t / s	I / mA																
0	38																
10	34,9																
30	29,4																
50	24,9																
70	21,1																
90	17,8																
2.3	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i>                      Das Verfahren ist aus verschiedenen Anwendungen der Interpretation von Diagrammen bekannt, allerdings speziell für diese Anwendung nicht geübt.</p>																
	<p><i>Erwartete Schülerleistung:</i>                      Grafische Integration durch Unterteilung der Fläche unterhalb des <math>t</math>-<math>I</math>-Funktionsgraphen in Rechtecke (Näherung), hier genügt wegen des fast linearen Teils der Exponentialkurve ein Trapez: <math>90s \cdot (38+17,8)/2 \text{ mA} = 2,51 \text{ C}</math>.</p>		3														
2.4	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i>                      Das Problem ist die Zuordnung des Innenwiderstandes, z.B. durch Einzeichnen in die Schaltskizze. Ein Innenwiderstand von Kondensatoren wurde bisher nicht behandelt.</p>																
	<p><i>Erwartete Schülerleistung:</i>  <math>U_0/I_0 = R_{\text{innen}} + R_{\text{außen}} \Rightarrow 4,5V / 0,038A - R_{\text{außen}} = R_{\text{innen}} \Rightarrow R_{\text{innen}} = 58,4 \Omega</math></p>		2														
2.5	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i>                      Der Nachweis der Verträglichkeit erfordert eigene Überlegungen zum Vorgehen. Der Zusammenhang <math>k=1/(RC)</math> sollte bekannt sein. Dass im vorliegenden relevanten Stromkreis der Widerstand aus Außen- und Innenwiderstand zusammengesetzt ist, ist eine von den Schülern erwartete Leistung. Die Auflösung der gegebenen Formel nach <math>k</math> erfordert mathematische Übersicht. Alternativ könnte <math>t \sim \ln(I(t)/I_0)</math> graphisch nachgewiesen und <math>k</math> aus dieser Kurve berechnet werden. Oder aber <math>I</math> wird nach der gegebenen Formel in der Wertetabelle mit dem <math>k=1/(RC)</math> bestätigt. In jedem Fall wird in diesem Aufgabenteil die Selbstständigkeit gefordert (AB3)</p>																



		Zuordnung zu den AB in BE																	
	<p><i>Erwartete Schülerleistung:</i></p> $k = \frac{1}{t} \cdot \ln\left(\frac{I(t)}{I_0}\right) = \frac{1}{90\text{s}} \cdot \ln\left(\frac{17,8}{38}\right) =$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><th>t / s</th><th>ln(I/I0)</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>10</td><td>-0,09</td></tr> <tr><td>30</td><td>-0,26</td></tr> <tr><td>50</td><td>-0,42</td></tr> <tr><td>70</td><td>-0,59</td></tr> <tr><td>90</td><td>-0,76</td></tr> </table> $= 8,4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{s}} \text{ und aus den Daten:}$ $k = \frac{1}{(R_{\text{innen}} + R_{\text{außen}}) \cdot C} = 8,5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{s}}$ <p><b>Alternativ:</b> Berechnung von k aus den Daten und Ergänzung der Messtabelle gemäß der gegebenen Entladeformel <math>I = \dots</math> sowie Vergleich mit gemessenem I.</p>	t / s	ln(I/I0)	0	0	10	-0,09	30	-0,26	50	-0,42	70	-0,59	90	-0,76			5	5
t / s	ln(I/I0)																		
0	0																		
10	-0,09																		
30	-0,26																		
50	-0,42																		
70	-0,59																		
90	-0,76																		
3.1	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i></p> <p>Die Zuordnung der Größen zur Entladeformel für den Strom und die Auflösung nach der Zeit erfordert Reorganisation.</p> <p><i>Erwartete Schülerleistung:</i></p> <p>Gesamtwiderstand einsetzen <math>\Rightarrow</math></p> $t = -R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U(t)}{U_0}\right) = 4,8 \cdot 10^6 \cdot 0,357 \text{ s} = 1713\,600 \text{ s} = 19,83 \text{ d} \approx 20 \text{ d}$			3															
3.2	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen</i></p> <p>Einsetzen der Werte und Berechnung der Lösung sind einfach. Als mittlere Stromstärke kann diese aus der mittleren Spannung und aus dem Widerstand berechnet werden. Sonst werden zwei Berechnungen durchgeführt, eine für 5V und eine für 3,5V.</p> <p><i>Erwartete Schülerleistung:</i></p> <p>Werte richtig einsetzen, Umrechnung in Tage sinnvoll.</p> $T = \frac{1,5 \cdot 1}{4,8 \cdot 10^6} \text{ s} \approx \frac{1,5}{1 \cdot 10^{-6}} \text{ s} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ s} \approx 17 \text{ d}$ $T = \frac{1,5 \cdot 1}{3,5} \text{ s} \approx \frac{2,06}{1 \cdot 10^{-6}} \text{ s} = 2,06 \cdot 10^6 \text{ s} \approx 24 \text{ d}$ <p>Die mittlere Überbrückungszeit ist 20,5 Tage.</p>			3															
3.3	<p>Die numerischen Ergebnisse sind ähnlich trotz der Verwendung verschiedener Funktionstypen.</p> <p>3.1 nutzt die genaue Exponentialfunktion, 3.2 nähert linear an.</p> <p>Die Stromstärke sinkt von ca. <math>1\mu\text{A}</math> auf <math>0,7\mu\text{A}</math>, ist also im Mittel <math>0,85\mu\text{A}</math>. Wegen der großen Kapazität verläuft die Exponentialfunktion im wesentlichen Zeitbereich offenbar fast linear.</p>			2															
$\Sigma$	Bewertungseinheiten	7	42	7															
%	Prozente	12,5	75	12,5															

## 5.5. Wechselstrom Physik (erhöhtes Anforderungsniveau)

### Teil A

30%

Auf einem Firmengelände in der Freiburger Altstadt treibt der Gewerbebach eine Wasserkraftanlage zur Regiostromerzeugung an. Die Firma hat für ihr vorbildliches Energiesparkonzept im Jahr 2009 den „Goldenen Kleiderbügel“ erhalten.

1. Erläutern Sie mit Bezug auf die Daten der Anlage, welche Energie genutzt und in elektrische Energie umgewandelt wird. Leiten Sie aus der entsprechenden Energieform die Formel  $P_{Wasser} = \rho g Q \Delta h$  her, in der  $Q$  den Abfluss in  $m^3/s$  beschreibt.
2. Bestimmen Sie aus den Angaben auf der am Haus über dem Bach angebrachten Tafel die Wirkungsgrade der beiden Turbinen.
3. Überprüfen Sie die Aussage, dass die Anlage im Durchschnitt rund 60.000 kWh Strom im Jahr liefert.

### Teil B

53%

Die Turbinen treiben jeweils einen Generator an.

1. Leiten Sie aus dem Induktionsgesetz ab, dass für eine Spule, die in einem homogenen Magnetfeld gedreht wird, gilt:  $U_{ind}(t) = nBA\omega \sin(\omega t)$ .  
Fertigen Sie zur Veranschaulichung an geeigneter Stelle eine Skizze an.
2. Gehen Sie von folgendem idealisierten Generator aus:  
Eine Spule mit 2500 Windungen und einem quadratischen Querschnitt von  $0,4 m^2$  rotiert in einem homogenen Magnetfeld von  $0,02 T$  mit  $150 U/min$ .  
Zeigen Sie, dass der Scheitelwert der induzierten Spannung  $314 V$  beträgt.
3. Erläutern Sie anhand der Abbildung zur Wirkleistung am ohmschen Widerstand die Definition des Effektivwertes und bestimmen Sie den Effektivwert der Wechselspannung des Generators aus Aufgabenteil B2.
4. Erklären Sie anhand einer Skizze, warum der Generator bei Belastung durch einen Verbraucher gebremst wird.

**Teil C**

**17%**

Im Internetbeitrag zum „Goldenen Kleiderbügel 2009“ steht, dass pro Jahr 25000 kWh in das Netz eingespeist werden.

Da dies nach Entfall der Einspeisevergütung wirtschaftlich nicht mehr lohnend sein wird, will der Betrieb die Leistung der kleineren Turbine an einen 100 m weit entfernten Betrieb weiterleiten.

1. Diskutieren Sie, ob sich eine Transformation auf 23 kV lohnt.
2. Berechnen Sie den Leitungsquerschnitt für ein Kupferkabel bei 10 % Leistungsverlust ohne Transformation.
3. Berechnen Sie den Leistungsverlust mit Transformation für einen Querschnitt von  $4 \text{ mm}^2$ .

Material

Goldener Kleiderbügel 2009

„Bereits im Jahr 1992 haben Christian und Meinrad Himmelsbach in einem ersten Schritt die betriebseigene Wasserkraftanlage (der Betrieb liegt über einem Gewerbebach) modernisiert. Seitdem liefert die Anlage im Durchschnitt rund 60.000 kWh Strom im Jahr. Rund 35.000 kWh werden im Betrieb verbraucht, 25.000 kWh speist man ins öffentliche Netz ein.“

<http://www.wrp-textilpflege.de/kleiderbuegel-seriennummer-3.htm>  
 Aufnahmen H.Wild, September 2010



Himmelsbach Himmelsbachreinigung

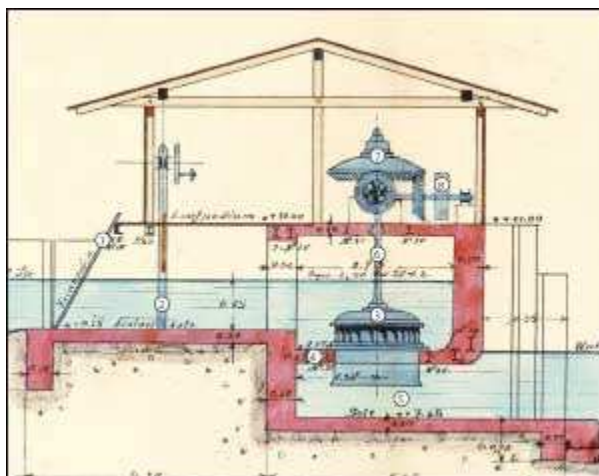
## Wasserkraft

Gewässer	Gewerbebach (Hauptkanal)	
2 Turbinen	Francis (Schacht)	
Hersteller	Escher Wyss	
Leistung	9,7 kW	17,5 kW
Durchfluss	900 l/s	1500 l/s
Höhe	1,4 m	1,4 m
Baujahr	1927	1948
Netzeinspeisung/Jahr	ca. 25.000 kWh	
CO <sub>2</sub> -Ersparnis/Jahr	ca. 15 Tonnen	

Zur Geschichte der Wasserkraft-Anlage:

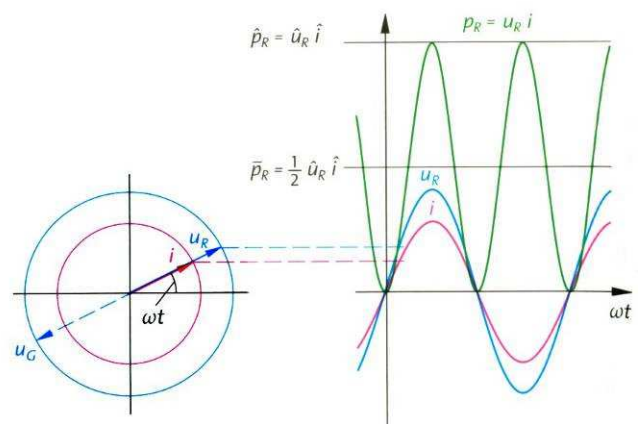
Unter dem Haus Gerberau 48 /Insel 3 treibt der Gewerbebach eine Wasserkraftanlage zur Regiostromerzeugung an. Seit dem 15. Jahrhundert werden im Haus „Schwabsbad“ Räder durch Wasserkraft angetrieben. Der erste Generator zur Stromerzeugung wurde 1927 in Betrieb genommen, 1948 wurde eine zweite Turbine eingebaut. 1992 wurde die gesamte Anlage restauriert. Heute erzeugen zwei Generatoren auf Francis-Schachtturbinen eine Leistung von 20 kVA. Im Jahr werden hier bis zu 60.000 kWh Strom erzeugt, die teilweise ins öffentliche Netz gespeist werden. Die Nutzung regenerativer Energiequellen ist ein Beitrag zum Umweltschutz.

Abbildung einer Francis-Schachtturbine



<http://www.energieerlebnisweg.de/Fotos/Fran-cis-Schachtturbine2.jpg>

Wirkleistung am ohmschen Widerstand



278.1 Wirkleistung am ohmschen Widerstand

Abbildung 1aus: Metzler, Physik, Schroedel 2007

**Erwartungshorizont**

**Angaben zum Unterricht:**

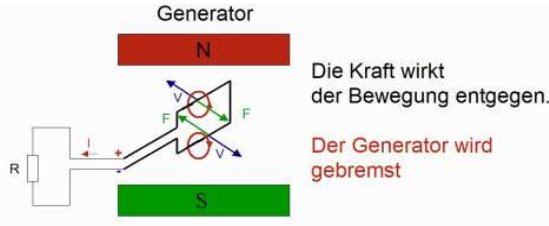
Der Unterricht im 4-stündigen Profilkurs Physik des Profils „Energietechnik und Nachhaltigkeit“ wurde an Kontexten zur Energietechnik und Nachhaltigkeit ausgerichtet:

1.Semester Windkraft; 2. Semester Wasser- und Wellenkraftwerke; 3. Semester: Photovoltaik.

Als physikalisches Lehrbuch dient Metzler, Physik, 1998 Schroedel.

Die Kontexte erforderten eine umfangreichere Behandlung physikalischer Inhalte, die ggf. eher der Mittelstufe zuzuordnen, dort aber aus Zeitgründen nicht behandelt worden sind. Das Thema „Induktion“ wurde am Ende des ersten Semesters behandelt, Wasserkraft, Turbinen und Wechselspannung waren Themen des 2. Semesters. Im 2. Semester haben die Schüler in Gruppen Generatormodelle selbst gebaut.

Nr.	Anmerkungen	Zuordnung zu den AB in BE																				
		I	II	III																		
<b>A</b>	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i></p> <p>Die SuS müssen Angaben aus unbekanntem Material nutzen und nach bekannten Verfahren in neuem Zusammenhang anwenden.</p> <p>3 Fachmethoden situationsgerecht anwenden AB II</p> <p>4 Fachkenntnisse AB II.</p> <p>5 Fachkenntnisse AB II.</p>																					
<b>A1</b>	<p><i>Erwartete Schülerleistung:</i></p> <p>Der Höhenunterschied der Wasserspiegel in der Abbildung der Francis-Schachtelturbine führt auf die potentielle Energie des Wassers. Wird die Leistung als Quotient aus Energie und Zeit angesetzt und die Masse durch Dichte und Volumen beschrieben, dann ergibt sich folgende Umformung der Größen:</p> $P_{\text{Wasser}} = E_{\text{pot}}/\Delta t = mg\Delta h/\Delta t = \rho \cdot V/\Delta t \cdot g \cdot \Delta h = \rho \cdot Q \cdot g \cdot \Delta h$		4																			
<b>A2</b>	<p>Die Wirkungsgrade ergeben sich aus dem Quotienten <math>P_{\text{elektrisch}} / P_{\text{wasser}}</math>. Durchfluss</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Pelektrisch/W</th> <th>Q /(m<sup>3</sup>/s)</th> <th>Delta_h / m</th> <th>Pwasser / W</th> <th>η</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Turbine1</td> <td>9700</td> <td>0,9</td> <td>1,4</td> <td>12360,6</td> <td>0,78</td> </tr> <tr> <td>Turbine2</td> <td>17500</td> <td>1,5</td> <td>1,4</td> <td>20601,0</td> <td>0,85</td> </tr> </tbody> </table> <p>und Höhenunterschied sind auf der Tafel am Haus angegeben. Der Wirkungsgrad der später eingebauten Turbine ist offenbar besser.</p>		Pelektrisch/W	Q /(m <sup>3</sup> /s)	Delta_h / m	Pwasser / W	η	Turbine1	9700	0,9	1,4	12360,6	0,78	Turbine2	17500	1,5	1,4	20601,0	0,85	1		
	Pelektrisch/W	Q /(m <sup>3</sup> /s)	Delta_h / m	Pwasser / W	η																	
Turbine1	9700	0,9	1,4	12360,6	0,78																	
Turbine2	17500	1,5	1,4	20601,0	0,85																	
<b>A3</b>	<p>Die Summe der Leistungen der Turbinen wird mit der Zeit für ein Jahr multipliziert und die berechnete Arbeit in kWh umgerechnet.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Pelektrisch/W</th> <th>Zeit /s</th> <th>Arbeit Ws</th> <th>kWs</th> <th>kWh</th> <th>kWh</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>27200</td> <td>31536000</td> <td>8,58E+011</td> <td>8,58E+008</td> <td>238.272</td> <td>&gt;60.000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Das Ergebnis ist fast viermal so groß wie die Angabe auf der Informationstafel. Offenbar geben die Leistungsangaben Maximalwerte an und nur 25% davon wird genutzt.</p>	Pelektrisch/W	Zeit /s	Arbeit Ws	kWs	kWh	kWh	27200	31536000	8,58E+011	8,58E+008	238.272	>60.000	2	2							
Pelektrisch/W	Zeit /s	Arbeit Ws	kWs	kWh	kWh																	
27200	31536000	8,58E+011	8,58E+008	238.272	>60.000																	
<b>B</b>	<p><i>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:</i></p> <p>1. Fachkenntnisse: Sachverhalte eines abgegrenzten Gebietes anwenden AB II</p> <p>2. Fachkenntnisse: Sachverhalte eines abgegrenzten Gebietes anwenden AB II</p> <p>3. Kommunikation: Das Diagramm ist situationsgerecht auszuwerten AB II Fachkenntnisse: Sachverhalte eines abgegrenzten Gebietes anwenden AB I</p> <p>4. Fachmethoden: problembezogen auswählen und anwenden AB III Bewertung: Bezüge herstellen und Sachverhalte bewerten AB III</p>																					
<b>B1</b>	<p><i>Erwartete Schülerleistung:</i></p> <p>Die Änderung des magnetischen Flusses wird dem Kontext entsprechend eingesetzt und die Ableitung wird gebildet</p> $U_{\text{ind}} = - n \, d\phi/dt = -n \cdot d(B \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t))/dt = -nBA \, d(\cos(\omega \cdot t))/dt = nBA \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)$ <p>Skizze: Magnetpole, Leiterschleife, Kraft- und Stromrichtungen</p>	1	4																			
<b>B2</b>	<p>Die gegebenen Werte sind einzusetzen, die Fläche A einer Windung ist zu berechnen sowie die Zeit für eine Umdrehung: <math>U_{\text{ind,max}} = nBA \cdot \omega</math></p>		2	1																		

	n	B / T	A / m <sup>2</sup>	T / s	U <sub>0</sub> / V																	
	25	0,2	0,4	0,04	314,16																	
<b>B3</b>	<p>In der Abbildung sind Stromstärke, Spannung und Leistung zeitabhängig über eine Periode dargestellt. Das Produkt aus Stromstärke und Spannung zu jedem Zeitpunkt ergibt die Leistungskurve. Diese ist beim ohmschen Widerstand stets im positiven Bereich. Wird die Fläche unter der Leistungskurve durch die Zeitdauer der Periode geteilt, ergibt sich der Mittelwert der Leistung als Produkt aus den Effektivwerten:</p> $\frac{\hat{u} \cdot \hat{i}}{2} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$ <p>Somit ist für die Scheitelspannung U<sub>0</sub>=314 V der zugehörige Effektivwert U<sub>eff</sub> = 314,16 V / √2 = 222 V</p>						4															
<b>B4</b>	<p>Skizze und schrittweise Erklärung: Widerstand, Stromrichtung, konzentrische Magnetfelder, Wechselwirkung mit dem Statorfeld</p>  <p>Quelle: <a href="http://www.viddler.com/explore/ETTutorials/videos/23/">http://www.viddler.com/explore/ETTutorials/videos/23/</a></p>						2	2														
<b>C</b>	<p>Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:                      Fachmethoden: problembezogen auswählen und anwenden AB III</p>																					
<b>C1</b>	<p>Im ersten Teil wird der Leistungsverlust als Wärme dem ohmschen Widerstand zugeordnet <math>P_V=970 \text{ W} = R_{\text{Leitung}} \cdot I^2 \Rightarrow R_{\text{Leitung}} = P_V / I^2</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Leistung / W</th> <th>U / V</th> <th>I / A</th> <th>P_Verlust / W</th> <th>R / Ohm</th> <th>A / mm<sup>2</sup></th> <th>r / mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9700</td> <td>230</td> <td>42,17</td> <td>970</td> <td>0,55</td> <td>3,15</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Querschnittsberechnung analog Aufgabenteil B4</p>					Leistung / W	U / V	I / A	P_Verlust / W	R / Ohm	A / mm <sup>2</sup>	r / mm	9700	230	42,17	970	0,55	3,15	1,0		2	2
Leistung / W	U / V	I / A	P_Verlust / W	R / Ohm	A / mm <sup>2</sup>	r / mm																
9700	230	42,17	970	0,55	3,15	1,0																
<b>C2</b>	<p>Im zweiten Teil ist der Widerstand vorgegeben und die Verlustleistung muss berechnet werden: <math>P_V=R_{\text{Leitung}} \cdot I^2</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Leistung / W</th> <th>U / V</th> <th>I / A</th> <th>P_Verlust / W</th> <th>R / Ohm</th> <th>A / mm<sup>2</sup></th> <th>r / mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9700</td> <td>23000</td> <td>0,4217</td> <td>0,076</td> <td>0,43</td> <td>4</td> <td>1,1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Bei fast gleichem Querschnitt der Leitung geht der Verlust gegen Null.</p>					Leistung / W	U / V	I / A	P_Verlust / W	R / Ohm	A / mm <sup>2</sup>	r / mm	9700	23000	0,4217	0,076	0,43	4	1,1		2	1
Leistung / W	U / V	I / A	P_Verlust / W	R / Ohm	A / mm <sup>2</sup>	r / mm																
9700	23000	0,4217	0,076	0,43	4	1,1																
<b>Σ</b>	<b>Bewertungseinheiten: gesamt 40</b>					<b>8</b>	<b>22</b>	<b>10</b>														
<b>%</b>	<b>Prozentuale Anteile:</b>					<b>20</b>	<b>55</b>	<b>25</b>														

Die Note „gut“ (11 Punkte) wird erteilt, wenn mindestens 75% der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist.

Die Note „ausreichend“ (5 Punkte) wird erteilt, wenn mindestens 45% der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist.

## 6. Anhänge Themenprüfung

### **Allgemeines zum Verfahren der Themenprüfung:**

Es werden zwei Exemplare der Aufgaben erstellt - eine Kopie und ein Original. Die Kopie wird in der Schule archiviert, nur das Original verlässt die Schule. Somit ist ein nachvollziehbarer Umlauf des Originals gewährleistet, wodurch die Anzahl möglicher Fehlerquellen minimiert wird. Zur Kommunikation zwischen Themenprüfer/-in und Referent/-in werden die fachlichen Checklisten verwendet, die aber nicht für jede Prüfungsaufgabe ausgefüllt werden müssen. Sollte es im Zuge der Themenprüfung zur Überarbeitung der Aufgaben kommen, so werden die betreffenden Aufgabenteile des Originals ausgetauscht - ebenso werden die in der Schule eingelagerten Kopien aktualisiert. Die Schule erhält eine direkte Rückmeldung über das Ergebnis der Themenprüfung durch den Themenprüfer, die Themenprüferin.

### **Zur Aufgabenverteilung:**

#### **Abteilungsleiter/-in Sek. II**

Der Abteilungsleiter, die Abteilungsleiterin sammelt alle Aufgaben der Schule, stellt sicher, dass die elementaren formalen Kriterien eingehalten worden sind, archiviert die Kopien, legt die ausgefüllte Anlage 1 den Originalen bei und reicht alle Aufgabenvorschläge bei der Schulaufsicht ein. Nach erfolgter Themenprüfung sorgt er/sie für die Abholung der Aufgaben.

**Abitur Anlage 1:** Themenübersicht über alle dezentralen Aufgaben einer Schule.

**Abitur Anlage 5:** wird gestempelt jedem Umschlag beigelegt.

### **Referent/-in:**

Der Referent, die Referentin erstellt die Aufgaben, Erwartungshorizonte und die Beschreibung der unterrichtlichen Voraussetzungen und bereitet die Anlagen 2 und 3 vor. Für all diese Dokumente erstellt er/sie jeweils ein Original und eine Kopie. Außerdem fertigt er/sie einen Umschlag mit dem Etikett für die Originale an und übergibt alles an den Abteilungsleiter, die Abteilungsleiterin.

Werden gleiche Aufgaben in mehreren Kursen gestellt, so wird dies bei der Anzahl der Aufgaben des Kurses vermerkt.

Nach der Rückmeldung durch den Themenprüfer arbeitet der Referent, die Referentin die ggf. notwendigen Änderungen ein, überstellt dem Themenprüfer, der Themenprüferin ein überarbeitetes Exemplar und aktualisiert die Kopie(n) beim Abteilungsleiter, bei der Abteilungsleiterin.

Der Referent, die Referentin erstellt die notwendigen Schülerkopien.

**Abitur Etikett:** Für jeden Aufgabenvorschlag eines Kurses wird ein normiertes Etikett verwendet, das so auf den Umschlag geklebt wird, dass die Orientierung der Beschriftung mit der Öffnung des Umschlages korrespondiert. Es werden nur Umschläge der Größe max. B 4 mit Schutzstreifen, die unbeabsichtigtes Zukleben verhindern, verwendet.

**Abitur Anlage 2:** Übersicht über alle Aufgaben und Schülergruppen eines Kurses.

**Abitur Anlage 3:** Das Vorsatzblatt wird für jede Aufgabe ausgefüllt. Die Beschreibung der unterrichtlichen Voraussetzungen, Erwartungshorizont etc. wird als Anlage beigelegt.

### **Themenprüfer/-in**

Der Themenprüfer, die Themenprüferin holt die zu prüfenden Aufgaben bei der Schulaufsicht ab, prüft sie anhand der fachlichen Checklisten, der Abiturrichtlinie und der APO-AH, informiert den Referenten, die Referentin über das Ergebnis der Prüfung und teilt dem Referenten, der Referentin ggf. notwendige Änderungen mit. Er/sie tauscht die überarbeiteten Aufgabenteile in der Originalfassung aus und informiert die Schule per Fax mit dem Formular 4 über das Prüfungsergebnis. Erst anschließend trägt er/sie den Streichvorschlag ein und übergibt die geprüften Tüten mit der ausgefüllten Anlage 4 an die Schulaufsicht.

**Abitur Anlage 4:** Rückmeldung über die Themenprüfung an die Schule und die Schulaufsicht. Wird direkt nach der Themenprüfung an die Schule gefaxt, dann wird der Streichvorschlag eingefügt und den geprüften Aufgaben an die Schulaufsicht beigelegt.

### **Schulaufsicht:**

Die zuständige Schulaufsicht sammelt die Aufgabenvorschläge eines Bezirks und verteilt sie an die Themenprüfer/-innen. Nach der Prüfung genehmigt sie die Aufgabe, nimmt die Streichung vor und füllt das Formular 5 aus. Sie stellt die Aufgaben kurz vor den Prüfungen zur Abholung bereit.

**Abitur Anlage 5:** Rückmeldung der Schulaufsicht mit Genehmigung und Streichung.



# UMSCHLAG NICHT ZUKLEBEN

- Zum Aufkleben auf den Umschlag, ein Umschlag pro Kurs -

Schulstempel:

Umschlagnr.: \_\_\_\_\_

Fach, Kursnummer:

\_\_\_\_\_

Niveau (G oder E):

Anzahl der Aufgaben:

\_\_\_\_\_

Referent/-in:

\_\_\_\_\_

Tel./ E-Mail:

\_\_\_\_\_

ggf. Fachlehrer/-in 1./ 2. Sem.

mit Tel./ E-Mail:

\_\_\_\_\_

Schulaufsicht:

\_\_\_\_\_

## Umlauf des Originals

		Datum	Zeichen
→ Referent/-in	Erstellung der Aufgaben		
→ Abteilungsleiter/-in Sek. II	formale Prüfung, Weiterleitung an die Schulaufsicht		
→ Schulaufsicht	Verteilung an den Themenprüfer		
→ Themenprüfer/-in	Themenprüfung, Rückgabe an die Schulaufsicht		
→ Schulaufsicht	Genehmigung und Streichung		
→ Abteilungsleiter/-in	Abholung, Weitergabe	--	--
→ Referent/-in	Kopieren	--	--

(Abitur Etikett)

# UMSCHLAG NICHT ZUKLEBEN

Schulstempel:

Umschlagnr.: \_\_\_\_\_

**Aufgabenvorschläge für den schriftlichen Teil der Aufgabenprüfung**

Referent/-in \_\_\_\_\_

ggf. Fachlehrer/-in im 1./ 2. Sem. \_\_\_\_\_

Schulaufsicht \_\_\_\_\_

Fach: \_\_\_\_\_

Schülergruppe/ Anzahl: \_\_\_\_\_

erhöhtes Niveau

A: \_\_\_\_\_

grundlegendes Niveau

B: \_\_\_\_\_

zweistündig

C: \_\_\_\_\_

vierstündig

D: \_\_\_\_\_

Nr.	Titel der Aufgaben	für Schülergruppe	Semester
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Die Aufgaben, Arbeitsanweisungen, Erläuterungen, Texte, Materialien, Hinweise auf Hilfsmittel sowie ggf. Anträge auf Benutzung besonderer Hilfsmittel sind als Anlagen beigelegt, desgleichen Darstellungen der unterrichtlichen Voraussetzungen, der erwarteten Leistungen der Schülerinnen und Schüler bzw. der Lösungswege und der Bewertungskriterien für eine gute und eine ausreichende Leistung.

\_\_\_\_\_  
Referent/-in

\_\_\_\_\_  
Schulleiter/-in / oder Abteilungsleiter/-in

(Abitur Anlage 2)

Schulstempel:

Umschlagnr.: \_\_\_\_\_

### Vorsatzblatt für jede Aufgabe

Nummer der Aufgabe:

\_\_\_\_\_

Titel der Aufgabe:

\_\_\_\_\_

Halbjahresangabe:

\_\_\_\_\_

Kursthema in dem betr. Semester:

\_\_\_\_\_

besondere Hilfsmittel

\_\_\_\_\_

Arbeitszeit (nur für Bildende Kunst):

\_\_\_\_\_

Unterricht ab Klasse (nur bei Fremdsp.):

\_\_\_\_\_

1. Die Aufgabe entspricht nach Form und Inhalt der APO-AH und der Abiturrichtlinie.
2. Angaben über die unterrichtlichen Voraussetzungen liegen bei.
3. Der Erwartungshorizont liegt bei.
4. Die Aufgabe ist weder in den schriftlichen Abiturprüfungen noch in Klausuren oder Präsentationsleistungen der Studienstufe der letzten beiden Jahre Schülerinnen und Schülern dieser Schule vorgelegt worden.

\_\_\_\_\_  
ggf. Fachlehrer/-in im 1. und / oder 2. Sem.

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Referent/-in

**(Abitur Anlage 3)**

→ an die/den Abteilungsleiter/-in Sek. II per Fax

und

→ an die Schulaufsicht mit dem Umschlag zurück

### Rückmeldung zur Themenprüfung

Themenprüfer/-in (Tel./ E-Mail):

---

Fach/ Niveau:

---

Schule:

---

Umschlagnr.

---

### ***Streichvorschlag bitte erst nach dem Faxen an die Schule ausfüllen:***

Folgende Aufgabe wird zur Streichung vorgeschlagen:

Nr. \_\_\_\_\_

Ergebnis der Themenprüfung:

- Die Aufgabenvorschläge waren insgesamt in Ordnung und mussten nicht überarbeitet werden.
- Die Aufgabenvorschläge mussten in Aufgabe/n Nr. \_\_\_\_\_ überarbeitet werden. Eine entsprechende Änderung ist mit der Kollegin/dem Kollegen abgesprochen; die Änderungen sind in dem Original umgesetzt.

### **Anmerkungen: Beschreibung der Mängel oder der Vorzüge der Aufgaben:**

*(hier ggf. die entsprechenden Kriterien aus der Checkliste einfügen)*

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Themenprüfer/-in

**(Abitur Anlage 4)**

Schulstempel:

Umschlagnr.: \_\_\_\_\_

**Genehmigung und Streichung:**

genehmigte Themenkombination für die Schülergruppen	Änderungen in Aufgabe/n	gestrichene Aufgabe
A:		
B:		
C:		
D:		

**Anmerkung der Schulaufsicht:**

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Schulaufsicht

(Abitur Anlage 5)