

Sekundarstufe II – Gymnasium/Gesamtschule

Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung – Aufgabenbeispiele für die gymnasiale Oberstufe in Nordrhein-Westfalen

Physik

ISBN 3-89314-651-2

Heft 4721/1

Herausgegeben vom
Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen
Völklinger Straße 49, 40221 Düsseldorf

Copyright by Ritterbach Verlag GmbH, Frechen

Druck und Verlag: Ritterbach Verlag
Rudolf-Diesel-Straße 5–7, 50226 Frechen
Telefon (0 22 34) 18 66-0, Fax (0 22 34) 18 66 90
www.ritterbach.de

1. Auflage 2000

**Auszug aus dem Amtsblatt
des Ministeriums für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen
Teil 1 Nr. 5/00**

**Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung durch in der Fachkonferenz
abgesprochene Klausuren in der gymnasialen Oberstufe**

RdErl. d. Ministeriums
für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung
vom 20.4.2000 – 731.36-20/0 Nr. 13/00 –
Bezug: Rd.Erl. vom 1.12.1999 (BASS 12–32 Nr. 1)

1. Mit dem Bezugserlass sind die Grundsätze und Verfahrensweisen der Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung durch Parallelarbeiten und Aufgabenbeispiele geregelt worden. Diese Grundsätze und Verfahrensweisen gelten auch für die entsprechenden Maßnahmen in der gymnasialen Oberstufe.
2. Für die Umsetzung in der gymnasialen Oberstufe gilt Folgendes:

2.1 Vom 01.08.2000 an sollen Lehrerinnen und Lehrer in den Oberstufen der Gymnasien und Gesamtschulen auf der Grundlage entsprechender inhaltlicher Absprachen mindestens einmal während der Schullaufbahn in der gymnasialen Oberstufe in der Fachkonferenz abgesprochene Klausuren schreiben. Dies soll nach Entscheidung der Fachkonferenz frühestens am Ende der Jahrgangsstufe 11, spätestens am Ende der Jahrgangsstufe 12 geschehen. Die Fachkonferenzen treffen Absprachen zur Aufgabenstellung, zu den Bewertungsmaßstäben und zur Auswertung. Schulen, die in einzelnen Fächern keine Fachkonferenzen haben, kooperieren nach Möglichkeit mit einer benachbarten Schule.

In Fächern, in denen Parallelkurse eingerichtet sind, können Parallelklausuren geschrieben werden. Die Entscheidung trifft die Fachkonferenz.

2.2 Um die fachlichen Anforderungen zu beschreiben und die Vergleichbarkeit der Abschlüsse zu sichern, gibt das Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung Aufgabenbeispiele heraus, die die jeweils erforderliche Anspruchshöhe und die sachgerechten Beurteilungskriterien verdeutlichen. Sie bauen auf den Aussagen zur Leistungsbewertung auf, die in den neuen Richtlinien und Lehrplänen für die gymnasiale Oberstufe enthalten sind, und beziehen gleichzeitig die Regelungen der Einheitlichen Prüfungsanforderungen (EPA) der Kultusministerkonferenz ein.

2.3 Die Aufgabenbeispiele sollen zur Orientierung bei der Gestaltung von Klausuren verwendet werden, die in der Fachkonferenz abgestimmt und im Rahmen der Leistungsbewertung verwendet werden. Sie dienen darüber hinaus zur Anregung bei der Gestaltung weiterer Klausuren. Sie sind ebenfalls geeignet für umfassendere Lernstandserhebungen außerhalb der Leistungsbewertung.

3. Ersatzschulen:

Den Ersatzschulen wird empfohlen, entsprechend zu verfahren.

Inhalt

1	Grundsätze	7
2	Funktion der Aufgabenbeispiele	9
3	Aufgabenbeispiele für das Fach Physik	13
3.1	Anforderungen an Aufgabenstellungen in Leistungssituationen	13
3.2	Hinweise zu den Klausurbeispielen	15
3.3	Beispiele für Klausuren in den Jahrgangsstufen 11 und 12	20
3.4	Bedeutung der Auswertung der Ergebnisse	51
3.4.1	Die Fachperspektive	51
3.4.2	Die Schulperspektive	53
3.4.3	Die Lernendenperspektive	55

1 Grundsätze

Die Aufgabenbeispiele für die gymnasiale Oberstufe stehen im Zusammenhang mit den Grundsätzen der Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung, wie sie im Rahmenkonzept *Qualität als gemeinsame Aufgabe* und in den Handreichungen für Aufgabenbeispiele in der Sekundarstufe I zum Ausdruck gekommen sind. Diese Grundsätze werden im Folgenden zusammengefasst und stufenspezifisch akzentuiert.

Stärkung der Schule

Die Qualität schulischer Arbeit wird entscheidend durch die einzelne Schule bestimmt. Die Schulen sind deshalb unbeschadet der staatlichen Gesamtverantwortung die entscheidenden pädagogischen Handlungseinheiten. Jede Schule ist in starkem Maße selbst für die Qualität ihrer Arbeit und für die Wirksamkeit ihrer Unterrichts- und Erziehungsprozesse verantwortlich. Alle Schulen stehen deshalb vor der Aufgabe systematischer Schulentwicklung und sind damit aufgerufen, die Qualität ihrer Arbeit zu sichern und weiterzuentwickeln.

Schulprogramm

Jede Schule ist verpflichtet, ein Schulprogramm zu entwickeln (Ausbildungsordnung für die gymnasiale Oberstufe (VV zur APO-GOST 1.2 zu Abs. 2). Das Schulprogramm, das die verbindlichen staatlichen Vorgaben aufnimmt, ist das grundlegende Konzept der pädagogischen Zielvorstellungen sowie der Entwicklungsplanung einer Schule. Das Schulprogramm soll der schulischen Arbeit Orientierung geben und sie steuern. Es ist damit eine wichtige Grundlage für die Analyse und Bewertung der schulischen Arbeit – und zwar für die Schulleitung, die Lehrkräfte, die Schülerinnen und Schüler, die Eltern, aber auch für die Schulaufsicht und den Schulträger.

Evaluation

Mit dem Auftrag, ein Schulprogramm zu entwickeln, verbindet sich die Aufgabe, in regelmäßigen Abständen die Durchführung und den Erfolg der schulischen Arbeit zu überprüfen. Dazu müssen Informationen über die schulische Arbeit gesammelt, verarbeitet und interpretiert werden. Solche Prozesse der Evaluation sollen zu gesicherten Beschreibungen der jeweiligen Praxis führen und Bewertungen nach klaren Kriterien ermöglichen. Sie sind damit Grundlage für gemeinsam zu treffende Entscheidungen über die Sicherung erreichter Qualitätsstandards und die Weiterentwicklung der schulischen Arbeit.

Unterrichtsentwicklung im Kurs – in der Jahrgangsstufe – in der Oberstufe

Die Sicherung und Weiterentwicklung der Qualität des Lehrens und Lernens im Unterricht als Kern der schulischen Arbeit ist zentrale Aufgabe von Schulentwicklung. Da Unterricht bei aller wünschenswerten und notwendigen Kooperation der Lehrkräfte zunächst einmal Arbeit der einzelnen Lehrkraft mit ihrem Kurs ist, bedarf es

einer Schulentwicklung, die unterrichtliche Arbeit im Kurs bzw. in der Jahrgangsstufe als wesentlichen Bestandteil einbezieht. Systematische Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler an die Lehrkräfte über den von ihnen erlebten Unterricht sollten ebenso die Regel werden wie gemeinsame Beratungen über die Gestaltung des Unterrichts.

Entwicklung von Zusammenarbeit und gemeinsamer Verantwortung

Die individuelle Entwicklung und Verbesserung der eigenen Arbeit der einzelnen Lehrkräfte muss sich mit Teamarbeit und innerschulischer Kooperation verbinden. Diese konkretisiert sich in gemeinsamer Unterrichtsvorbereitung und Unterrichtsreflexion, der Arbeit von Jahrgangsstufenteams, von Fach- sowie Lehrerkonferenzen. Die gemeinsame Planung von Unterricht und seine kollegiale Analyse und Auswertung sind wesentliche Mittel zur Verbesserung des Unterrichts. Lehrende müssen im Sinne einer professionellen Gemeinschaft gemeinsam lernen und ihre Vereinzelung in der schulischen Arbeit überwinden. Jeder, der in der Schule arbeitet, hat Bedeutung für die Entwicklung der schulischen Arbeit und trägt mit Verantwortung.

2 Funktion der Aufgabenbeispiele

Die Aufgabenbeispiele dienen der schulinternen Qualitätsentwicklung und der Klärung fachlicher Standards

Der in allen Schulformen bereits praktizierte innerschulische Diskurs über Lernergebnisse, Leistungsanforderungen und Beurteilungsmaßstäbe muss verstärkt und weiterentwickelt werden. Dieser Diskurs fördert im Interesse guter Lernergebnisse die Sicherung erreichter Qualitätsstandards und die Weiterentwicklung des Unterrichts. Standardsicherung und Innovation sind die wesentlichen Ziele der Entwicklung. Die Verfahrensweisen für die gymnasiale Oberstufe bauen auf den Parallelarbeiten auf, die für die Grundschule sowie für die Klassen 7 und 10 vorgesehen sind.

Die neuen Lehrpläne für die gymnasiale Oberstufe enthalten im Kapitel „Hinweise zur Arbeit mit dem Lehrplan“ Angaben zu den Aufgaben, die die Fachkonferenzen im Zusammenhang mit der Sicherstellung und Vergleichbarkeit fachlicher Standards haben. Die Fachkonferenzen sollten Beschlüsse zur fachlichen Obligatorik, zur Sicherung der Grundlagenkenntnisse und über Unterrichtssequenzen treffen und im Bereich der Leistungsbewertung Beschlüsse fassen über

- den breiten Einsatz von Aufgabentypen
- die Offenlegung und Diskussion der Bewertungsmaßstäbe
- gemeinsame Klausurthemen und Abituraufgaben
- eine beispielhafte Besprechung korrigierter Arbeiten.

Diese Beschlüsse verstehen sich auch als ein Beitrag zur schulinternen Evaluation. Dies bedeutet Folgendes:

- Nach den Parallelarbeiten der Klasse 10 und vor dem Abitur soll an mindestens einer Stelle der gymnasialen Oberstufe überprüft werden, inwieweit sich die fachlichen Anforderungen an den Stand der in der Abiturprüfung zu stellenden Prüfungsanforderungen angenähert haben. Dies soll nach Entscheidung der Fachkonferenzen frühestens am Ende der Jahrgangsstufe 11 und spätestens am Ende der Jahrgangsstufe 12 geschehen. Während am Ende der Jahrgangsstufe 11 eher die Frage im Vordergrund steht, wieweit die fachlichen Grundlagen für die Qualifikationsphase gelegt und die Entscheidung für die Wahl der Leistungskurse vorbereitet wurde, ist in der Jahrgangsstufe 12 vorrangig eine Zwischenbilanz im Hinblick auf die Abiturvorbereitung zu ziehen.
- Die vorgesehenen Regelungen sind dem einführenden Runderlass zu entnehmen.
- Um die notwendigen Anforderungen deutlich hervortreten zu lassen, werden den Schulen mit dieser Handreichung Aufgabenbeispiele als Modelle für die

von den Schulen selbst zu entwickelnden Aufgaben angeboten. Die Aufgabenbeispiele sollen ein Ausgangspunkt des Diskurses in der einzelnen Schule und zwischen den Schulen über Leistungsanforderungen, Beurteilungsmaßstäbe und die Weiterentwicklung des Unterrichts sein. Sie sollen für die Gestaltung von Klausuren verwendet werden.

- Die Aufgabenbeispiele basieren für alle Fächer der gymnasialen Oberstufe auf den Aufgabentypen, die in den Fachlehrplänen für die Jahrgangsstufen 11 bis 13 und für die Abiturprüfung genannt sind. Der Unterricht folgt dem Grundsatz wachsender Progression und Komplexität. Die Aufgabenstellungen entsprechen den Anforderungen in der jeweiligen Jahrgangsstufe. Ziel für das Ende des Bildungsganges sind die Anforderungen, die in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen (EPA) der Kultusministerkonferenz und in Fachlehrplänen beschrieben sind.
- Die Schulaufsicht hat den Auftrag, den innerschulischen Diskurs über Lernergebnisse und Leistungsanforderungen in den einzelnen Schulen anzustoßen und zu diesen Fragen einen Austausch zwischen den Schulen zu organisieren. Gemeinsame Arbeiten für mehrere Kurse verschiedener Schulen, die auf entsprechenden inhaltlichen Absprachen basieren, können ein Element des Diskurses zwischen den Schulen über Leistungsanforderungen und die Weiterentwicklung des Unterrichts sein.

Die Aufgabenbeispiele fördern den Diskurs über grundlegende Fragen des Lehrens und Lernens und der fachlichen Arbeit

Die Analyse der Aufgabenbeispiele gibt Gelegenheit zu einer Diskussion über Grundfragen einer wirkungsvollen Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen in der gymnasialen Oberstufe. Daher soll folgender Zusammenhang im Blick sein: Die Fachlehrpläne für die gymnasiale Oberstufe zielen darauf ab,

- eine breite fachliche Bildung zu vermitteln und abzusichern
- fachübergreifende Einsichten zu ermöglichen
- wesentliche Formen selbstständigen Arbeitens zu entwickeln und
- die Bearbeitung zunehmend komplexerer Problemstellungen zu ermöglichen.

Dieser komplexen Zielsetzung müssen die Arbeitsformen entsprechen, die sich die Schülerinnen und Schüler im Verlauf der gymnasialen Oberstufe aneignen. Indem die Aufgabenbeispiele die Breite der fachlichen Arbeitsformen in der gymnasialen Oberstufe verdeutlichen, verweisen sie auf jene Aspekte, die der Fachunterricht in den Jahrgangsstufen 11 bis 13 berücksichtigen muss. Hierbei stehen die Zielsetzungen des kumulativen¹ Lernens und des intelligenten Wissens² im Vordergrund.

¹ Kumulatives Lernen verbindet neues Wissen und neue Fertigkeiten mit vorhandenen Wissens- und Fertigungsbeständen und integriert so die Ergebnisse vorhergehenden und aktuellen Lernens, so dass sie im Zusammenhang verfügbar sind, statt beziehungslos nebeneinander zu stehen.

² Intelligentes Wissen bezeichnet ein System von flexibel nutzbaren fachlichen, überfachlichen und lebenspraktischen Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten sowie damit verbundener Wert- und

Die Aufgabenbeispiele liefern Modelle für die schulinterne Entwicklung von Aufgaben und fördern eine abgestimmte Praxis der Leistungsbewertung

Es ist Aufgabe der einzelnen Schule als *pädagogischer Handlungseinheit*, im Rahmen ihrer Gestaltungsspielräume auf die Vergleichbarkeit der Anforderungen und Bewertungen zu achten. Die Aufgabenbeispiele sollen hierbei als Modelle für die Entwicklungsarbeit dienen.

Da die Aufgabenbeispiele exemplarisch Anforderungen einer schriftlichen Leistungsüberprüfung darstellen, können sie auch als wesentliche Grundlage für die Festlegung von Bewertungsmaßstäben dienen, die für die Klausuren generell Gültigkeit haben. Korrekturvereinbarungen zwischen den Lehrerinnen und Lehrern sind Voraussetzung für die Vergleichbarkeit der Leistungsanforderungen und für die sachgerechte Beurteilung vor dem Hintergrund der festgelegten Kriterien.

Die Aufgabenbeispiele stoßen konkrete Maßnahmen und Projekte zur Entwicklung und Sicherung der Unterrichtsqualität an

Die Arbeit mit Aufgabenbeispielen schließt Vereinbarungen darüber ein, welche Folgerungen aus möglichen Defiziten gezogen werden. Einzuschließen sind auch Überlegungen, wie gute Ergebnisse gesichert und verstärkt werden können. Solche Vereinbarungen können für die Schulöffentlichkeit in geeigneter Form dokumentiert werden. Ob die ermittelten Daten Anlass zur Sorge um die Lernergebnisse und die Qualität von Unterricht geben, hängt von vielen Faktoren ab, und die Schule muss in den entsprechenden Gremien (insbesondere in den Fachkonferenzen) selbst Bewertungen vornehmen, die Anlass für qualitätsverbessernde Abstimmungen zwischen den Lehrkräften und für die Beratung von Studierenden sein können. Unterhalb dieser Ebene beziehen sich Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse von abgesprochenen Klausuren auf konkrete fachliche Aspekte. Dabei wird man Fragen nachgehen, wie zum Beispiel

- Zeichnen sich Bereiche des Faches ab, in denen die Schülerinnen und Schüler im Mittel besonders gute/schlechte Leistungen erbringen? Wo besteht besonderer Förderbedarf?
- Was können die Schülerinnen und Schüler der einen Lerngruppe besonders gut bzw. weniger gut im Vergleich zu denen anderer Lerngruppen? Wo liegen die Ursachen für diese Unterschiede? Zur Beantwortung dieser Frage kann die Fachkonferenz eine Check-Liste mit den wesentlichen fachlichen Zielen ausarbeiten und der Auswertung zugrunde legen.
- Wann war das, was besonders gut (bzw. nur mit erheblichen Einschränkungen) beherrscht wird, Gegenstand von Unterricht? Wie lange liegt dieser Unterricht zurück? Wie sind diese *Fachgegenstände* im Unterricht behandelt worden?

Gerade die differenzierte fachbezogene Auswertung der Ergebnisse ermöglicht begründete Strategien für eine Optimierung des Unterrichts.

Handlungsorientierungen, das durch systematischen Aufbau, Vernetzung und Anschlussfähigkeit für weiteres Lernen gekennzeichnet, in diesem Sinne intelligent ist.

Die Auswertung soll dabei helfen

- Lernvoraussetzungen zu erkunden und Probleme der Unterrichtspraxis besser zu verstehen
- Bestätigung für erfolgreiche und bewährte Praxis zu bekommen
- Grundfragen der fachlichen und fächerübergreifenden Arbeit entsprechend dem Stand der fachdidaktischen Diskussion fundiert erörtern zu können
- Probleme der Unterrichtsgestaltung zu bewältigen und Innovationen zu verwirklichen
- Standards fachlichen Lernens im Unterricht besser zu verankern
- geeignete Schritte zur längerfristigen Sicherung dieser Standards einzuleiten
- Notwendigkeiten der gemeinsamen Weiterqualifizierung zu identifizieren und in die Fortbildungsplanung der Schule einzubringen.³

Die Auswertung von Lernstandserhebungen und die Dokumentation der bei dieser Auswertung gewonnenen Erkenntnisse können in ähnlicher Form erfolgen. Es sind jedoch ggf. Veränderungen und Ergänzungen nach dem jeweils gewählten Verfahren notwendig.

In dem Maße, in dem das Schulprogramm Vereinbarungen ausweist, die Wirksamkeit des Lehrens und Lernens dauerhaft zu verbessern und die Qualität der schulischen Arbeit insgesamt zu entwickeln und zu sichern, sollen auch die Gremien der Schule wesentliche Prinzipien des Umgangs mit abgesprochenen Klausuren und mit Lernstandserhebungen beraten, die an der Entwicklung und Fortschreibung des Schulprogramms beteiligt sind.

Die Schulkonferenz ist am Ende des Schuljahres über Maßnahmen der Qualitätssicherung und ihre Ergebnisse zu informieren, so dass sie auf der Basis von zuverlässigen Daten über allgemeinere Strategien zur Weiterentwicklung des unterrichtlichen Lehrens und Lernens an der Schule Entscheidungen treffen kann.

Damit liegt Unterrichtsqualität nicht mehr allein in der Verantwortung der einzelnen Lehrerinnen und Lehrer, sondern ist in den unterschiedlichen Gremien Gegenstand gemeinsamer Beratungen und Entscheidungen.

Abgesprochene Klausuren, Lernstandserhebungen und die Arbeit mit und an den Aufgabenbeispielen bieten in der einzelnen Schule einen tragfähigen Ansatz, gemeinsame Erfahrungen in der Auseinandersetzung mit Grundfragen und Praxisproblemen des Fachunterrichts zu machen und diese Erfahrungen für die Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung der schulischen Arbeit zu nutzen.

³ Vgl. die vom Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung herausgegebene Veröffentlichung „Evaluation – eine Handreichung“ Schriftenreihe Schule in NRW Nr. 9033, Frechen 1999

3 Aufgabenbeispiele für das Fach Physik

3.1 Anforderungen an Aufgabenstellungen in Leistungssituationen

Lernen im Physikunterricht

Die Ergebnisse der neueren, auch naturwissenschaftlich fundierten Lernforschung, wie sie sich im Wesentlichen in der heute weithin akzeptierten Naturwissenschaftsdidaktik widerspiegeln, haben die Vorstellungen über erfolgreiches Lernen von Schülerinnen und Schülern im Unterricht präzisiert:

Erfolgreiches Lernen ist ein *individueller, konstruktiver Prozess*, bei dem die Lernenden – ausgehend von ihren in der Regel verschiedenen Ausgangsdispositionen – Wissenssysteme, Handlungsmuster, Strategien, Kompetenzen in je eigener gedanklicher Tätigkeit auf-, aus- und umbauen.

Dieser konstruktive Prozess kann im Unterricht der Schule insbesondere durch folgende Maßnahmen gefördert und unterstützt werden:

- durch die Verdeutlichung fachsystematischer Aspekte, die Verknüpfung des Neuen mit vorhandenem Wissen und Können sowie die vertikal vernetzende, reflexive Integration in die Eigenerfahrung (kumulatives Lernen)
- durch die horizontale Vernetzung der Inhalte in Kontexten, die den Rahmen bilden für die aktuelle Behandlung der jeweiligen Unterrichtsgegenstände (situiertes Lernen)
- durch den steten Aufbau von Kompetenzen zur Selbststeuerung des Lernens im Sinne vom „Lernen lernen“ seitens der Schülerinnen und Schüler (selbstreguliertes Lernen) und
- durch das Erfahrbarmachen der Bedeutung des Gelernten hinsichtlich des Verständnisses lebensweltlicher Situationen und Probleme für die Schülerinnen und Schüler (zielorientiertes Lernen).

Die Betrachtung und Erschließung von komplexen Ausschnitten der Lebenswelt wie die Berücksichtigung wissenschaftspropädeutischer Arbeitsformen ermöglichen und erfordern in bedeutendem Maße die Berücksichtigung selbstständiger und kooperativer Arbeitsformen.

Erfolgreiche Lernprozesse bauen Wissenssysteme auf, die einen breiten Umfang, gute Organisation, vielfache und langfristige mentale Repräsentation und leichte Abrufbarkeit umfassen. Ihr Ziel ist der Erwerb von gut organisiertem, flexibel nutzbarem, „intelligentem“ Wissen über Sachverhalte und gleichzeitig der Aufbau metakognitiver Lernkompetenzen der Schülerinnen und Schüler durch Bewusstmachen erworbener Methoden, Strategien und Wissenszusammenhänge. Notwendig dafür sind hinreichende Zeit zum Nachdenken und Spielraum für die Entwicklung und Umsetzung eigener Ideen und Lösungswege.

Kontextorientierter Unterricht kann in besonderem Maße dazu beitragen, solches Wissen und solche Kompetenzen aufzubauen.

Lernen im Kontext bedeutet,

- komplexe, vernetzte Realitätsausschnitte zu betrachten
- daraus physikalische Fragestellungen zu gewinnen
- diese auf der fachlichen Ebene unter der Erarbeitung notwendiger neuer fachlicher Inhalte und Methoden zu klären und
- die so gewonnenen Ergebnisse zur Bearbeitung der Ausgangsproblemstellung heranzuziehen sowie den Stellenwert des Beitrags der Physik hierbei zu benennen.

Anforderungen an Aufgaben in Lern- und Leistungssituationen

Aufgaben und Problemstellungen finden sich in allen Phasen des Physikunterrichts in unterschiedlicher Funktion, Ausprägung und Akzentuierung wieder.

Aufgaben und Problemstellungen im kontextorientierten Unterricht ergeben sich aus seiner Anbindung an gesellschaftlich relevante oder lebensweltbezogene Fragestellungen, zu denen konkrete Erfahrungen bzw. Erfahrungsmöglichkeiten der Schülerinnen und Schüler vorhanden sind, aus der Möglichkeit zur Diskussion aktueller Themen der Forschung sowie aus seiner Orientierung an der fachlichen Systematik.

Die von Schülerinnen und Schülern getragene Bearbeitung der erkannten und formulierten physikalischen Fragen und Probleme legt das Maß der bereits erworbenen Kompetenz offen: Einerseits regt die dabei mögliche Feststellung von Defiziten dazu an, weiteren zuvor zu klärenden Fragestellungen nachzugehen, und bietet somit gleichzeitig Anreiz zum Weiterlernen, andererseits ermöglicht eine erfolgreiche Bearbeitung der Probleme das Erleben des eigenen Kompetenzzuwachses sowie einen Einblick in die Wirksamkeit physikalischer Konzepte und die Mannigfaltigkeit möglicher Lösungswege.

Unter der Berücksichtigung der Erkenntnisse über erfolgreiches Lernen müssen sich Aufgabenstellungen im Physikunterricht an den unten genannten Forderungen orientieren. Sie sind als Hilfe zur Konstruktion funktionaler Aufgaben gedacht, können aber fraglos nicht alle gleichzeitig für jede konkrete Aufgabenstellung erfüllt werden. Je nach Situation wird es jedoch gelingen, einige dieser Forderungen verstärkt in den Blick zu nehmen.

Die Anforderungen sind zudem in Lern- und Leistungssituationen in unterschiedlicher Akzentuierung zu verwenden. Für Leistungssituationen sind einige der genannten Aspekte aus verständlichen Gründen nicht geeignet.

Aufgaben in Lern- und Leistungssituationen

- (1) zeigen offene, wenn möglich lebensweltbezogene Fragestellungen auf, die an Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler oder auch an gesellschaftlich relevante Fragestellungen anknüpfen
- (2) berücksichtigen komplexe Kontexte und beinhalten fachübergreifende Aspekte
- (3) wecken Interesse und fördern die Motivation von Schülerinnen und Schülern gleichermaßen
- (4) konfrontieren Schülerinnen und Schüler mit ihren mehr oder weniger elaborierten (Prä-) Konzepten, zeigen Kongruenzen wie Inkongruenzen zu ihrem bisherigen Wissen auf, verdeutlichen und festigen die Tragfähigkeit vorhandener sowie neu erworbener physikalischer Konzepte
- (5) regen zu selbstständiger, selbstregulierter oder kooperativer Arbeit an und fördern kommunikative Aktivitäten
- (6) erfordern Sichtung, Analyse und Bewertung der für ihre Lösung relevanten und irrelevanten Merkmale
- (7) erfordern bei ihrer Lösung die Verknüpfung von Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten aus verschiedenen Themenbereichen
- (8) ermöglichen oder erfordern eine vertikale Vernetzung der angesprochenen Inhalte
- (9) erlauben unterschiedliche Lösungen, die sich beispielsweise im Grad der Mathematisierung oder im Grad der experimentellen Kreativität voneinander unterscheiden, sowie komplexe Lösungsverfahren
- (10) machen Kompetenzzuwachs und Wirksamkeit der angewandten Methoden für Schülerinnen und Schüler erfahrbar.

In weiten Teilen des Unterrichts stehen die Entwicklung der eigenen Ideen sowie der Ausbau des individuellen Wissens der Schülerinnen und Schüler im Vordergrund. Wenn auch solche Phasen weit gehend von einer unmittelbar Leistungsmessung frei gehalten werden sollen, so müssen jedoch Lehrerinnen und Lehrer auch hier ständig Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Blick haben, um die Progression des Lernens beobachten und angemessen fördern zu können. Darüber hinaus lassen sich bestimmte Qualifikationen, beispielsweise Kooperations- bzw. Teamfähigkeit, nicht in individuellen Leistungssituationen sondern nur in kooperativen Lernsituationen beurteilen.

3.2 Hinweise zu den Klausurbeispielen

Allgemeine Bemerkungen

Zur Konstruktion von Klausuren bzw. Klausuraufgaben finden sich im Lehrplan Physik unter anderem folgende Aussagen (vgl. Lehrplan Physik, Kapitel 4.2.2, Seite 51):

Klausuren im Fach Physik der gymnasialen Oberstufe können „entweder aus einer einzigen Aufgabe bestehen bzw. aus zwei – oder einschließlich bis Jahrgangsstufe 12 auch aus drei – Aufgaben zusammengesetzt sein. Jede Aufgabe muss eine

selbstständige, anspruchsvolle Leistung ermöglichen“. Die Aussage des letzten Satzes bedeutet, dass eine Klausur, bei der sich eine der (bis einschließlich Jahrgangsstufe 12 maximal drei) Aufgaben explizit an die schwächeren Schülerinnen und Schüler richtet und eine andere an die besseren, den Vorgaben des Lehrplans nicht entspricht. „Eine Klausuraufgabe erreicht dann ein angemessenes Niveau, wenn das Schwergewicht der zu erbringenden Leistungen im Anforderungsbereich II liegt und daneben die Anforderungsbereiche I und III berücksichtigt werden, und zwar Anforderungsbereich I in deutlich höherem Maße als Anforderungsbereich III“.

Als Aufgabenarten sind zulässig: die Bearbeitung eines Demonstrationsexperiments, die Durchführung und Bearbeitung eines Schülerexperiments sowie die Bearbeitung eines begrenzten physikalischen Problems anhand fachspezifischer Materialien. Mischformen der genannten Aufgabenarten sind möglich.

Jede Aufgabe fordert dabei „die Bearbeitung eines begrenzten thematischen Zusammenhangs anhand einer gegliederten Anweisung. Dabei sollen sich die Anforderungen auf Inhalte und Verfahren beziehen, die im Unterricht behandelt worden sind“. Insgesamt werden die Klausuren im Schwierigkeitsgrad und im Umfang fortschreitend den Anforderungen anzupassen sein, wie sie im Abitur gestellt werden müssen, sodass im Verlaufe der gymnasialen Oberstufe eine Progression der Anforderungen deutlich wird.

Bei der Konstruktion der Klausuren bzw. Klausuraufgaben des folgenden Abschnitts 3.3 wurde daher besonderer Wert auf die nachfolgend genannten Aspekte gelegt:

- Die Darstellung von vollständigen Klausurbeispielen (sowohl für den Grundkurs wie für den Leistungskurs) soll einen Eindruck vom Umfang einer Klausur vermitteln.
- Die Inhalte der Klausuraufgaben und deren Zuordnung zu den Jahrgangsstufen orientiert sich an den beiden Sequenzbeispielen des Lehrplans. Sie entspringen den dort genannten Kontexten bzw. Kontextbausteinen, sodass sowohl dadurch wie auch durch die konkrete Auswahl der Fragestellungen Belange von Jungen und Mädchen berücksichtigt werden.
- Die Berücksichtigung aller drei im Lehrplan genannten Aufgabenarten zeigt das Spektrum der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten auf. Dabei wollen insbesondere die beiden Beispiele für Aufgaben mit Schülerexperimenten zeigen, dass auch bei einer größeren Zahl von Klausurteilnehmerinnen und Klausurteilnehmern der Durchführung eigener Experimente mit einfachen Mitteln während der Klausur nichts entgegen steht.
- Innovative Elemente des Lehrplans werden aufgegriffen beispielsweise durch die Berücksichtigung einer Klausuraufgabe aus dem Bereich der Thermodynamik oder die Nutzung des Computers im Rahmen der Modellbildung und Simulation.
- Die Darstellung von Aufgaben aus den Jahrgangsstufen 11 und 12 verdeutlichen – in Verbindung mit den im Lehrplan angegebenen vollständigen Klausurbeispielen für den Abiturbereich – die Progression der Kenntnisse, Fertigkeiten

und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler (auch in der Beherrschung der Fachmethoden, im Umgang mit Modellen und deren Bewertung, im Transfer des Gelernten auf neue Situationen) im Verlaufe der gesamten gymnasialen Oberstufe.

- Die Kommentierung der konkreten Aufgaben in Abschnitt 3.3 berücksichtigt auch die Forderungen des Abschnitts 3.1 „Anforderungen an Aufgabenstellungen in Leistungssituationen“ wieder auf.
- In mehreren Aufgaben kommt dem Energieaspekt eine größere Bedeutung zu, was angesichts seines besonderen Stellenwerts gerechtfertigt ist. Zudem wird dadurch auch die vertikale Vernetzung des Energiebegriffs über die gesamte gymnasiale Oberstufe hin erkennbar.

Begründung der Zusammenstellung der Aufgaben und Klausuren

Kapitel 3.3 enthält vier vollständige Klausuren, eine Klausur für die Jahrgangsstufe 11, und eine Leistungskursklausur sowie zwei Grundkursklausuren für die Jahrgangsstufe 12, die zusammen alle im Lehrplan genannten Aufgabenarten vorstellen. Die beiden Klausuren gleichen Titels ermöglichen wegen der ähnlichen Inhalte einen direkten Vergleich der Anforderungen von Grund- und Leistungskursen in der Jahrgangsstufe 12. Ein Vergleich der Klausur für die Jahrgangsstufe 11 mit den Grundkursklausuren für die Jahrgangsstufe 12 vermag die Progression der Anforderungen aufzuzeigen.

Daran anschließend wird für die Jahrgangsstufe 12 noch eine weitere, einzelne Klausuraufgabe vorgestellt, die aufgrund ihres Umfangs als eine von zwei Aufgaben einer vierstündigen Leistungskursklausur konzipiert ist. Letztere wird vor allem deswegen hier dargestellt, weil sie innovative Gedanken des Lehrplans aufgreift, indem sie den für den Leistungskurs obligatorischen Bereich der Thermodynamik beinhaltet und zu ihrer Bearbeitung den Einsatz eines computergestützten Modellbildungswerkzeugs erfordert.

Hier ein Überblick über die vorgestellten Klausuren und die Klausuraufgabe sowie deren Zuordnung zu Aufgabenarten und Jahrgangsstufen:

Kurs	11//II GK	12//II LK	12//II GK
Aufgabenart			
I <i>Aufgaben mit Schülerexperiment</i>	2-stündige Klausur bestehend aus einer einzigen Aufgabe: „Erforschung eines Gummibandes“	3-stündige Klausur bestehend aus einer einzigen Aufgabe: „Der Kondensator als Zeitmessgerät“	
II <i>Aufgaben mit Demonstrationsexperiment</i>			2-stündige Klausur bestehend aus einer einzigen Aufgabe: „Eine ungewöhnliche Stoppuhr“
III <i>Aufgaben mit fachspezifischem Material</i>		Eine von zwei Aufgaben einer vierstündigen Klausur: „Modell eines Frühbeetes (Minigewächshauses)“	2-stündige Klausur bestehend aus einer einzigen Aufgabe: „Der Kondensator als Zeitmessgerät“

Hinweise zur Darstellung der Klausur- und Aufgabenbeispiele

In Abschnitt 3.3 wird jeweils zunächst die den Schülerinnen und Schülern vorgelegte Aufgabenstellung genannt. Im Anschluss daran findet sich eine erwartete Schülerlösung mit Bewertung. Sie beginnt mit der allgemeinen Darstellung der Unterrichtsvoraussetzungen für die gesamte Klausuraufgabe. Es folgen eine knappe Skizze der Lösung bzw. des Lösungsweges, ggf. erläuternde Kommentare und, wenn nötig, Konkretisierungen der Unterrichtsvoraussetzungen für die jeweiligen Aufgabeteile, weiterhin die Zuordnung der Anforderungsbereiche (AFB) gemäß den Angaben im Lehrplan (Kapitel 5.2, Seite 60 ff.) sowie eine den Anforderungsbereichen zugeordnete Bepunktung der einzelnen Aufgabenabschnitte. Ein Kommentar, der sich u. a. auf allgemeine Problemfelder der jeweiligen Aufgabe bezieht und nach Möglichkeit die Forderungen des Abschnitts 3.1 „Anforderungen an Aufgabenstellungen in Leistungssituationen“ aufgreift sowie die Progression und die kursartspezifischen Anforderungen thematisiert, schließt das jeweilige Beispiel ab.

Die Darstellungen der erwarteten Schülerlösungen sind bei den Aufgabenbeispielen sehr knapp gehalten, um die Übersichtlichkeit und den Umfang des Heftes nicht zu sprengen. Es sei darauf hingewiesen, dass dies nicht als Maßstab für den Umfang der Darstellung des Erwartungshorizonts bei Abiturvorschlägen angesehen werden kann. Die in diesem Zusammenhang notwendige Ausführlichkeit der Darstellung ist den Beispielen im Lehrplan zu entnehmen.

Eine exemplarische Punktwertung wird zu jeder Klausur vorgeschlagen, um einerseits die Einschätzung der Leistung der Schülerinnen und Schüler transparent zu machen und andererseits die Umsetzung der einschlägigen Festlegungen im Lehrplan zur Bewertung von Klausuren in Lernerfolgsüberprüfung (Lehrplan, Kapitel 4)

und Abiturprüfung (Lehrplan, Kapitel 5) in einer konkreten Umsetzung zu verdeutlichen. Dabei liegt auf der Hand, dass die Punktwertung je nach Unterrichtsvoraussetzungen und individueller Akzentuierung von Kurs zu Kurs und von Lehrkraft zu Lehrkraft unterschiedlich ausfallen kann.

Für die Nutzung einer Punktwertung zur Bewertung von Klausuren und im Besonderen auch für Abiturklausuren, wie sie im Fach Physik allgemein üblich ist, macht der Lehrplan einige zentrale Aussagen bezüglich der Einteilung des Punktrasters und deren Beziehung zu den Anforderungen, die durch die Anforderungsbereiche beschrieben werden:

- „Bei der Festlegung der klausurinternen Punktwertung ist darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler durch Leistungen mit vorwiegend wiederholendem Charakter [Anforderungsbereich I, Verf.] mindestens eine ausreichende Bewertung erzielen können. Der Anteil an problemlösenden und kreativen Leistungen darf nur so hoch gewertet werden, dass in diesem Anforderungsbereich [Anforderungsbereich III, Verf.] eine Differenzierung zwischen guten und sehr guten Gesamtleistungen erfolgt.“ (Lehrplan, S. 53)
- „Es besteht breiter Konsens darüber, die Grenze zwischen den Noten 'ausreichend' und 'mangelhaft' beim Erreichen von etwa 40 % der erwarteten Gesamtleistung zu setzen. Oberhalb dieser Schwelle sollte die Zuordnung der Punktzahlen zu den höheren Notenstufen von einer linearen Verteilung nicht wesentlich abweichen, desgleichen nicht die Zuordnung zu den beiden Notenstufen unterhalb dieser Schwelle.“ (Lehrplan, S. 53)
- „Die Note 'ausreichend' [gemeint ist damit die Mitte der Note, Verf.] soll erteilt werden, wenn annähernd 50 % der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist. Oberhalb und unterhalb dieser Schwelle sollen die Anteile der erwarteten Gesamtleistung den einzelnen Notenstufen jeweils ungefähr linear zugeordnet werden, [...]. Dies bedeutet, dass die Note 'gut' [gemeint ist damit die Mitte der Note, Verf.] erteilt werden soll, wenn annähernd 80 % der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist.“ (Lehrplan, S. 66)

Diese Vorgaben des Lehrplans lassen sich erfüllen, wenn beide folgenden Aspekte gleichzeitig berücksichtigt werden:

- (1) Zur Festlegung der Noten mit Hilfe eines Punktschemas wird die folgende Zuordnung von Noten und erreichten Punkten zugrunde gelegt:

Note	1+	1	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6
Punkte (in %)	≥95	≥90	≥85	≥80	≥75	≥70	≥65	≥60	≥55	≥50	≥45	≥40	≥33	≥26	≥20	≥0

- (2) Bei der Auswahl der Aufgaben wird so verfahren, dass auf die Leistungen der Aufgabenteile mit dem Anforderungsbereich I etwa 40 % und mit dem Anforderungsbereich III bis zu etwa 15 % der gesamten Punkte entfallen. Dabei wird auch deutlich, dass das Schwergewicht der zu erbringenden Leistung im Anforderungsbereich II liegt und darüber hinaus der Anforderungsbereich I deutlich stärker repräsentiert ist, als der Anforderungsbereich III.

Die Bewertungsvorschläge der vorgestellten Klausuren berücksichtigt diese beiden Aspekte. Sie werden durch die differenzierte Beschreibung der Teilanforderung aus den Anforderungsbereichen (Lehrplan, S. 60 ff.) und durch die Zugordnung der zu vergebenden Punkte zu den Anforderungsbereichen nachvollziehbar.

3.3 Beispiele für Klausuren in den Jahrgangsstufen 11 und 12

Klausur für den Grundkurs in der Jahrgangsstufe 11

Erforschung eines Gummibands

In vielen technischen Bereichen werden konventionelle Werkstoffe durch moderne Produkte der Materialforschung ersetzt. Die Gründe hierfür können sehr unterschiedlich sein (Gewichtseinsparung, Verringerung der Produktionskosten, bessere ökologische Verträglichkeit, Leistungssteigerung usw.). Mit dem neuen Material ergibt sich fast immer die Notwendigkeit, neue Eigenschaften an bestehende Bedingungen anzupassen. Eine genaue Studie dieser Eigenschaften ist deshalb unerlässlich.

Eine derartige Materialstudie soll für ein Gummiband durchgeführt werden. Das besondere Interesse gilt dabei der Eigenschaften hinsichtlich der Längenänderung bei Krafteinwirkung im Vergleich zu einer Feder.

Für die experimentelle Untersuchung steht folgendes Material zur Verfügung:

Gummiband; 10 Schraubmuttern M14, die als Massestücke benutzt werden können; 1 Kraftmesser (10 N); Stativmaterial; Draht und Bindfaden als Befestigungsmaterial.

Zunächst sollen Untersuchungen angestellt werden, die es gestatten, konkrete Aussagen über die Dehnungseigenschaften des verwendeten Gummibands zu gewinnen.

- a) Ermitteln Sie mit möglichst geringem Aufwand experimentell die Abhängigkeit der Längenzunahme s des Gummibands von der an ihm angreifenden Kraft F . Erläutern Sie das Messverfahren in Worten und fertigen Sie eine Skizze an.
- b) Stellen Sie die Messwertpaare grafisch in einem s - F -Diagramm dar, beschreiben Sie anhand der erhaltenen Kurve das Verhalten des Gummibandes und vergleichen Sie es mit dem Verhalten einer Feder.

Hinweis:

Sollte die Messung aus a) nicht erfolgreich gewesen sein, so ist ein Messprotokoll bei der Aufsicht erhältlich. Dieses Protokoll unterscheidet sich gegenüber dem der realen Messung, ermöglicht aber die Bearbeitung der Aufgabe b). Der Aufgabenteil a) wird dann als nicht gelöst bewertet.

Im weiteren Verlauf dieser Aufgabe geht es um die Bestimmung der Energien, die notwendig sind, das Gummiband zu dehnen. Auch hier soll der Vergleich mit einer Feder vorgenommen werden.

- c) Im Unterricht wurde die Spannenergie einer Feder mit Hilfe der Interpretation einer Fläche im s - F -Diagramm auf deduktivem Wege ermittelt. Stellen Sie anhand eines s - F -Diagramms die wesentlichen Schritte dar, mit denen sich die Beziehung $E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s_0^2$ herleiten ließ.
- d) Übertragen Sie das für die Feder bekannte Verfahren aus Aufgabe c) nun zur Bestimmung der Spannenergie des in Aufgabe a) untersuchten Gummibands. Ermitteln Sie die Energie der Feder bei ihrer Maximalauslenkung und beschreiben und begründen Sie das gewählte Verfahren.
- e) Wenn das Gummiband mit Hilfe eines Kraftmessers mit einer bestimmten Kraft belastet wird, enthalten beide, Gummiband und Kraftmesser, Spannenergie. Klären Sie die Frage, ob diese Energie bei beiden gleich ist. Hängt die Antwort davon ab, wie weit Gummiband bzw. Kraftmesser gedehnt worden sind?

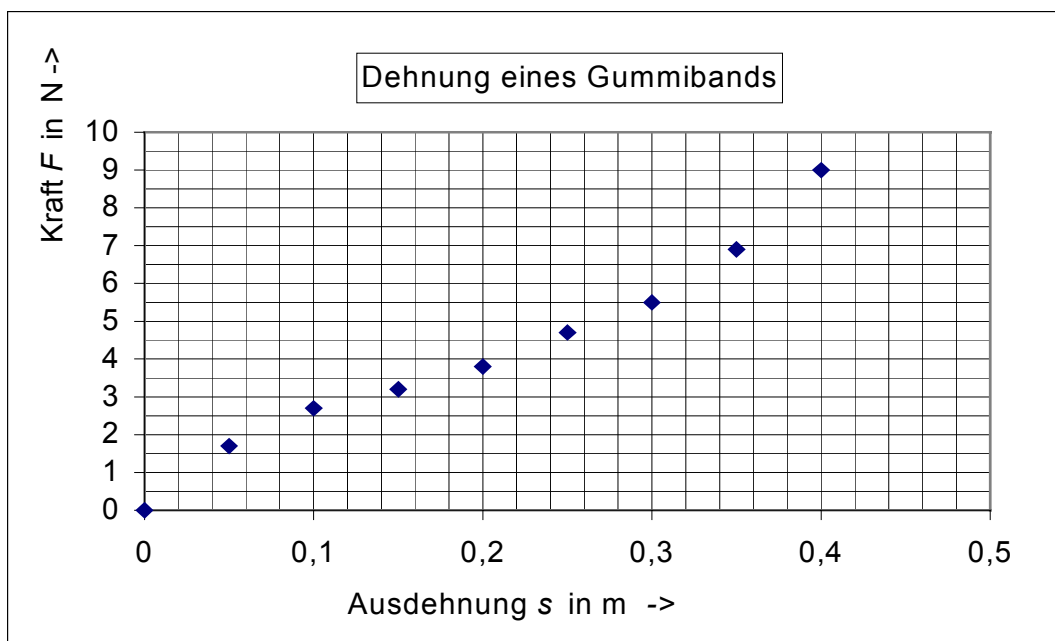
Mögliches Zusatzmaterial:

Messprotokoll zu Aufgabe 1b)

(dient auch als Vorlage beim Scheitern des Experiments in Aufgabe 1a)

Messprotokoll zur Untersuchung eines Gummibandes									
Ausdehnung s in m	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Kraft F in N	0	1,70	2,70	3,20	3,80	4,70	5,50	6,90	9,00

Diagramm zu Aufgabe b): Spannkraft F in Abhängigkeit von der Ausdehnung s

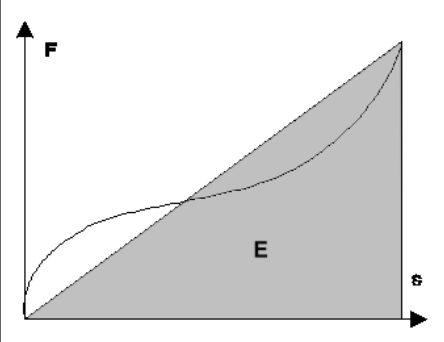
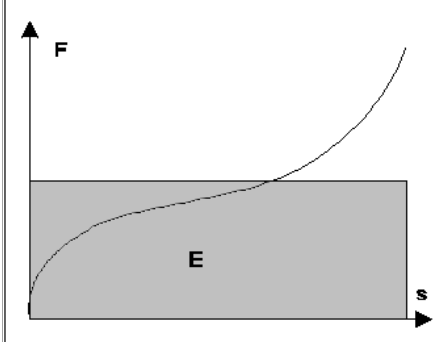
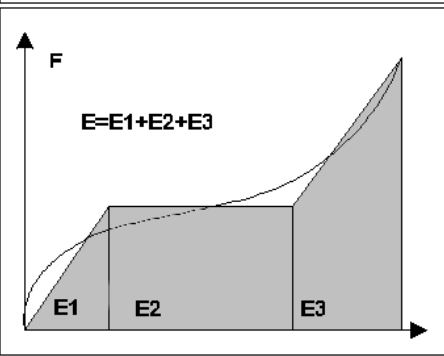
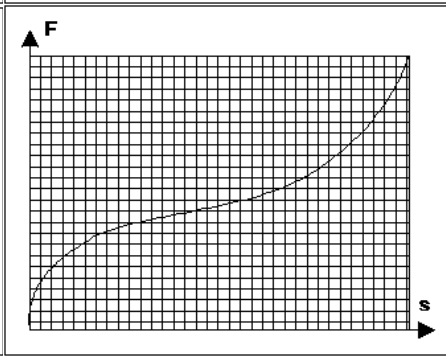


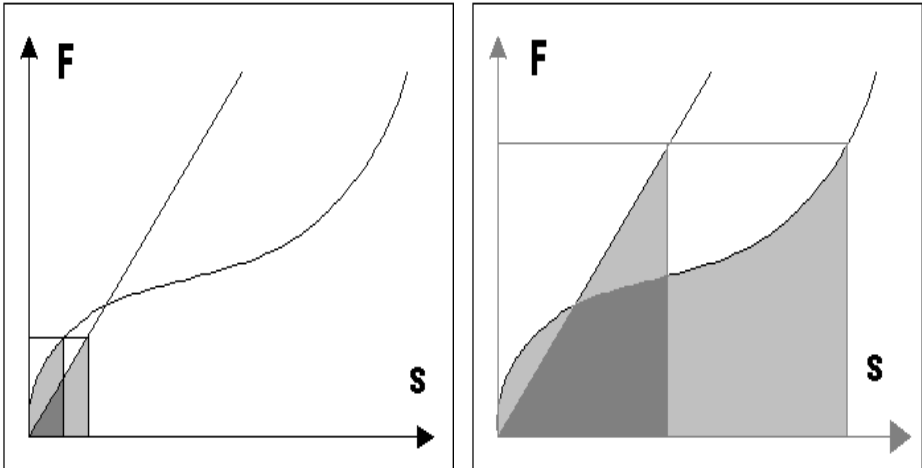
Skizze der Aufgabenlösung mit Bewertungsmaßstab

Unterrichtsvoraussetzungen:

- Experimentelle Untersuchung von Federn durch Belastung mit Massestücken in Schülerexperimenten
- Grafische Darstellung der Messgrößen F und s
- Ermittlung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen den Messgrößen F und s
- Hooke'sches Gesetz $F = D \cdot s$; Definition der Federhärte D
- Deduktive Herleitung der Spannenergie $E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$

TA	Erwartete Schülerlösung (Ggf. erläuternde Kommentierung und konkrete Unterrichtsvoraussetzungen) [Bezug zu den Anforderungsbereichen]	Punkte im AFB		
		I	II	III
a)	<p>1.Lösungsmöglichkeit: Bestimmung der Gewichtskraft einer Schraubmutter mittels Kraftmesser Belastung des Gummibandes mit Schrauben an einer Stativkonstruktion [Durchführung von Messungen nach geübten Verfahren mit bekannten Geräten]</p> <p>2.Lösungsmöglichkeit: Direkte Belastung des Gummibandes durch Kraftmesser [Übertragen von Gelerntem auf vergleichbare neue Situationen, abgewandelte Verfahrensweise; für vorgegebene Fragestellungen eigene Experimente planen...]</p> <p>bei beiden Lösungsmöglichkeiten: Protokollierung der Messung in einer Tabelle [Anfertigung von Messreihen und Tabellen] Fachsprachlich exakte Beschreibung der Vorgehensweise unter Verwendung einer erstellten Skizze [Anfertigung von Skizzen zur Darstellung von Sachverhalten; Beschreibung eines durchgeführten Experiments]</p>	1 8	(9)	3
b)	<p>Darstellung der Messwerte in einem s-F-Diagramm Feststellung der Nichtlinearität im Vergleich zur Feder Kennzeichnung von drei Bereichen mit unterschiedlicher „Federhärte“ [Übertragung von Betrachtungsweisen und Gesetzen auf neue Sachverhalte]</p>		2 2 1	

c)	<p>Skizze eines s-F-Diagramms einer Feder Kennzeichnung der Dreiecksfläche mit den Kantenlängen F_0 und s_0</p> <p>Herleitung von $E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$ mit Hilfe des Hooke'schen Gesetzes und der Flächenformel des Dreiecks <i>[gedächtnismäßige Wiedergabe von Daten und Fakten; Wiedergabe von im Unterricht erörterten Zusammenhängen; sachgerechtes Wiedergeben von komplexen Zusammenhängen]</i></p>	2 2	3	
d)	<p>Darstellung eines grafischen Lösungsverfahrens zur Abschätzung der Fläche unter dem Graphen der s-F-Funktion folgende Lösungsmöglichkeiten sind akzeptabel:</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div> <p><i>(die Skizzen sollen darstellen, dass die Energie durch die Berechnung von geometrischen Grundformen oder durch das Auszählen einer vorhandenen oder erstellten Rasterung erfolgt ist)</i></p> <p>Berechnung der Energie durch Flächenbestimmung Kommentierung der Skizze unter Bezugnahme auf die Näherungen des gewählten Verfahrens <i>[selbstständiges Übertragen von Gelerntem auf vergleichbare, neue Situationen bei verändertem Sachzusammenhang]</i></p>	4 2	4	

e)	Experimentelle Bestimmung der Längenzunahme s_1 des Kraftmessers bei einer Belastung mit der Kraft F_1		3	
	Bestimmung der Federkonstante D der Feder (Hooke'sches Gesetz)		2	
	Bestimmung der Energie E_F der Feder bei Belastung mit der Kraft F_1	1		
	Bestimmung der Energie E_G des Gummibandes bei Belastung mit F_1	1		
	Übertragung des s - F -Diagramms der Feder in das bereits erstellte s - F -Diagramm des Gummibandes <i>[selbstständiges Übertragen von Gelerntem auf vergleichbare, neue Situationen bei verändertem Sachzusammenhang]</i>		2	
Diskussion der Fälle $E_F < E_G$, $E_F = E_G$, $E_F > E_G$ bei jeweils gleicher Belastung F anhand der erstellten Grafik oder entsprechender Skizzen				6
 <p style="text-align: center;">$E_G < E_F$ $E_G > E_F$</p> <p><i>[Auswählen und Verknüpfen von bekannten Daten, Fakten bei neuartiger Aufgabenstruktur]</i></p>				
Gesamtpunkte in den Anforderungsbereichen		22	25	9
Anteil der Anforderungsbereiche an der Gesamtleistung in %		40	44	16

Kommentar

Inhaltliches/Organisatorisches:

Bei dem verwendeten Gummiband handelt es sich um textilmanteltes Stegummi der Breite 8 mm. Ein Messergebnis wie in der nachfolgenden Darstellung ergibt sich bei einer Bandlänge von etwa 0,40 m. Hystereseeffekte wie bei Haushaltsgummibändern zeigen sich bei diesem Material nicht.

In Analogie zu der experimentellen Arbeit bei der Herleitung des Hooke'schen Gesetzes im Unterricht wurde in der Aufgabenstellung ein s - F -Diagramm verlangt. Es wurde darauf hingewiesen, dass es ansonsten üblich ist, die variable Messgröße auf der x -Achse darzustellen.

Die Gewichtung des Experiments mit bis zu 20 % der zu erreichenden Punktzahl berücksichtigt den hohen Zeitaufwand dieses Aufgabenteils.

„Experimente planen und durchführen“ stellt eine Fachmethode dar, die im Unterricht zu vermitteln und deren Überprüfung in Form von Klausuren zulässig und sinnvoll ist. Die technische Durchführbarkeit ist sehr von der Größe des Kurses abhängig, da Raumangebot und Materialausstattung Grenzen setzen.

Schülerexperimente in Klausuren bergen immer die Gefahr der Übernahme von Lösungen durch Mitschülerinnen oder Mitschüler. Dies gilt insbesondere für experimentelle Aufbauten in der Mechanik, die sehr leicht zu überschauen und damit schnell nachvollziehbar sind. Speziell bei dieser Klausur ist die Übernahme der Idee, den Kraftmesser direkt anstelle der Gewichte einzusetzen, nicht auszuschließen. Die Forderung nach einer Erläuterung und Skizzierung des Messverfahrens sowie das Anfertigen von Messprotokollen liefert Hinweise auf die Selbstständigkeit der präsentierten Lösung. Sie ist deshalb unabdingbarer Bestandteil der zu erwartenden Schülerleistung bei Schülerexperimenten in Klausuren. Speziell in dieser Klausur werden Schülerinnen oder Schüler, die die innovative Variante der Aufgabenlösung erkannt haben, eine andere Erläuterung ihrer Arbeit liefern als Schülerinnen und Schüler, die diese Lösung übernommen haben.

Das Scheitern eines experimentellen Aufbaus muss bei der Planung der Klausur in Erwägung gezogen werden. Es darf nicht dazu führen, dass die Klausur insgesamt unlösbar wird. In diesem Fall stellt die Vorlage eines Messprotokolls sicher, dass die Lösungen der nicht experimentellen Aufgaben der Klausur auch beim Scheitern des Schülerexperiments möglich sind. Den Schülerinnen und Schülern sollte jedoch klar sein, dass die Durchführung des Experiments wegen des notwendigen Zeitaufwands ein hohes Gewicht bei der Bewertung einnimmt und die Übernahme der Lösung somit zu einem Punktverlust führt.

Bezug zu den Anforderungen an Aufgabenstellungen:

Die Klausur erfüllt die im Abschnitt 3.1 dargestellten Anforderungen (1), (3), (4), (8), (9), (10).

Progression/kursartspezifische Anforderungen:

Die Teilaufgaben berücksichtigen einen sehr elementaren Zugang zu der Behandlung des Energiebegriffs. Sie erfolgt auf geometrischer Ebene in Anknüpfung an eine im Unterricht behandelte Methode und vermeidet eine starke Mathematisierung („behutsame Abstraktion unter Einbeziehung der Schülervorstellungen“ Lehrplan, Seite 40). Dies geschieht auch im Hinblick auf die Notwendigkeit einer Angleichung unterschiedlicher Eingangsvoraussetzungen in der Jahrgangsstufe 11 (Lehrplan, Seite 40).

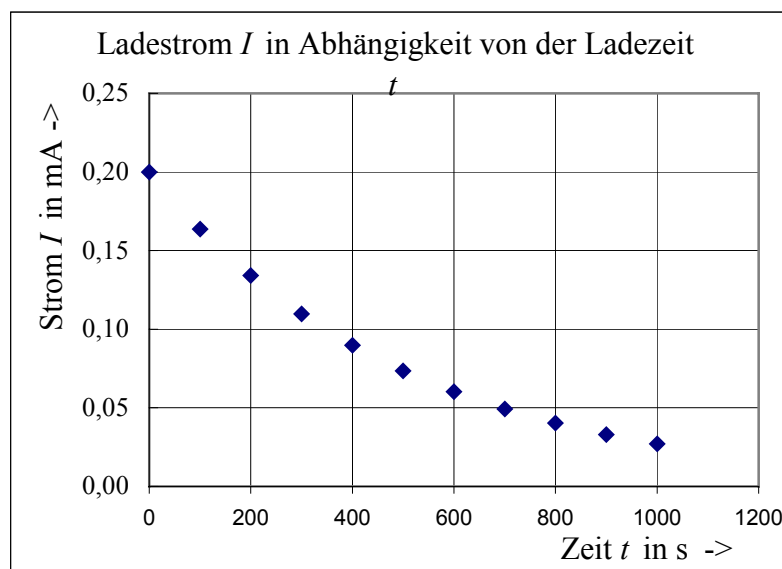
Klausur für einen Grundkurs in der Jahrgangsstufe 12/II

Der Kondensator als Zeitmessgerät

Kondensatoren werden in der Technik zunehmend als kurzfristige Energiespeicher eingesetzt. Neue dielektrische Materialien haben in den letzten Jahren zu bemerkenswerten Kapazitätssteigerungen geführt und das Anwendungsgebiet erweitert.

Beim Laden bzw. Entladen eines Kondensators mit der Kapazität C ergeben sich je nach Größe des vorgeschalteten Widerstands R andere Lade- bzw. Entladezeiten t . Die Veränderung von R wird deshalb zur Steuerung von Zeitschaltungen eingesetzt. Es lassen sich sowohl extrem kurze Zeiten im Bereich von Mikrosekunden als auch lange Zeiten bis zu mehreren Tagen realisieren, wobei der funktionale Zusammenhang zwischen C , R und t entscheidend ist.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Ladekurve eines Kondensators mit der Kapazität $5000 \mu\text{F}$. Die Aufladung erfolgte über einen Widerstand von $100 \text{ k}\Omega$.



- Skizzieren und kommentieren Sie eine Schaltung, mit der die Messwerte erfasst werden konnten.
- Mit welcher Spannung wurde der Kondensator aufgeladen?
- Bestimmen Sie die Ladungsmenge Q , die sich zum Zeitpunkt $t = 1000 \text{ s}$ auf dem Kondensator befindet.
- Welche Ladungsmenge Q kann der Kondensator bei unendlich langer Ladezeit aufnehmen?

Kondensatorschaltungen weisen eine Eigenschaft auf, die man auch bei radioaktiven Elementen findet. Diese Elemente haben die Eigenart, dass ihre Strahlungintensität sich innerhalb ihrer spezifischen Halbwertszeit T auf die Hälfte reduziert. Die Halbwertszeit ist dabei völlig unabhängig von der anfänglichen Strahlungsin-

tensität. Nach einer weiteren Halbwertszeit ist die Strahlungsintensität wiederum um die Hälfte abgesunken.

- e) Zeigen Sie mit Hilfe des Diagramms, dass Kondensatoren beim Laden ein ähnliches Verhalten zeigen und bestimmen Sie die zugehörige Halbwertszeit T der Kondensatorschaltung, die der Grafik zugrunde liegt.

Die Halbwertszeit T von Kondensatorschaltungen hängt funktional von den Größen R und C ab. Zur experimentellen Erforschung dieses Zusammenhangs wurde eine Messung durchgeführt, die durch die nachfolgende Messreihe dokumentiert ist.

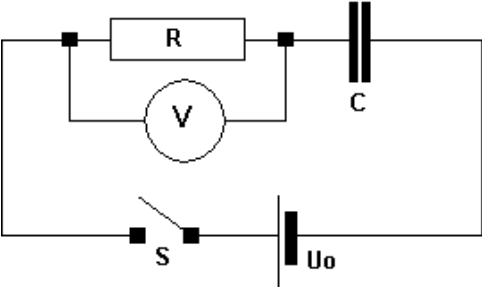
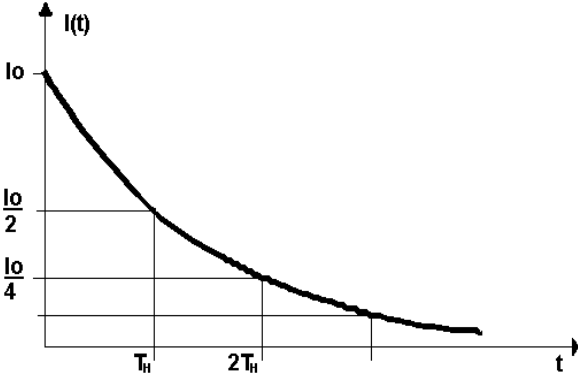
T in s	R in $k\Omega$	C in μF
50	10	6800
70	100	1000
110	33	4700
150	100	2200
180	56	4700
220	68	4700
260	100	3800
300	130	3300
325	100	4700
350	330	1500

- f) Bestimmen Sie anhand des Messprotokolls den funktionalen Zusammenhang zwischen den Größen T , R und C

Skizze der Aufgabenlösung mit Bewertungsmaßstab

Unterrichtsvoraussetzungen:

- Experimentelle Ermittlung der Lade- und Entladekurve $I(t)$ eines Kondensators in RC -Schaltungen (auch in Schülerexperimenten)
- Messung von Strömen durch Messung von Spannungsabfall über Widerständen
- Definition der Kapazität des Kondensators $C = Q/U$
- Grafische Darstellung der Ladekurve sowie Bestimmung der Trendlinie mit Hilfe eines Tabellenkalkulations- und eines Grafikprogramms
- Kenntnis der Funktion $I(t) = I_0 \cdot e^{-\lambda t}$ mit $\lambda = 1/(R \cdot C)$ und $I_0 = U_0 / R$
- Integration der Funktion $I(t) = I_0 \cdot e^{-\lambda t}$

TA	Erwartete Schülerlösung (Ggf. erläuternde Kommentierung und konkrete Unterrichtsvor- aussetzungen) [Bezug zu den Anforderungsbereichen]	Punkte im AFB		
		I	II	III
a)	Anfertigung und Kommentierung einer Schaltskizze mit Schaltsymbolen  <i>[Beschreibung eines im Unterricht behandelten Experiments; An- fertigung von Skizzen zur Darstellung von Sachverhalten auf eine im Unterricht behandelte Weise]</i>	3		
b)	Ermittlung von $I_0 = 0,2 \text{ mA}$ aus der Grafik, Bestimmung von $U_0 = R \cdot I_0$ <i>[Wiedergabe von im Unterricht eingehend erörterten Fragestellun- gen und Zusammenhängen]</i>	2		
c)	Integration der Funktion $I(t)$ über t im Intervall $[0;1000]$ <i>[Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln]</i>	3		
d)	Integration der Funktion $I(t)$ über t im Intervall $[0;\infty]$ oder $Q = C \cdot U_0$ <i>[Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln]</i>	3		
e)	Grafische Ermittlung der Halbwertszeit im vorgegebenen Dia- gramm des Aufgabenblattes ($T_H \sim 350 \text{ s}$)  <i>[Übertragung von Betrachtungsweisen auf neue Sachverhalte]</i>		4	

f)	1. Lösungsmöglichkeit: Grafische Darstellung der Messwerte in einem R - T -Diagramm bei konstantem C Grafische Darstellung der Messwerte in einem C - T -Diagramm bei konstantem R Deutung der Diagramme: $T(R) = k_1 \cdot R$ und $T(C) = k_2 \cdot C$ Vermutung und Überprüfung des funktionalen Zusammenhangs $T(R,C) = k_3 \cdot R \cdot C$, Bestimmung von k_3			
	2. Lösungsmöglichkeit: Vermutung und Überprüfung des funktionalen Zusammenhangs $T(R,C) = k_3 \cdot R \cdot C$, Bestimmung von k_3 <i>[Anfertigen von Graphen, Messreihen und Tabellen]</i> <i>[Gewinnen von Gesetzmäßigkeiten aus Messdaten]</i> <i>[Auswählen und Verknüpfen von bekannten Daten, Fakten bei neuartiger Aufgabenstruktur]</i>		4 4	4
	Gesamtpunkte in den Anforderungsbereichen	11	12	4
	Anteil der Anforderungsbereiche an der Gesamtleistung in %	41	44	15

Kommentar:

Progression/kursartspezifische Anforderungen:

Im Vergleich zu der Grundkursklausur der Jahrgangsstufe 11 zeigt sich eine zunehmende Progression in der Verwendung der anzuwendenden Methoden. Es wird deutlich, dass zur Lösung der Aufgaben weiter entwickelte physikalische und auch mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten notwendig sind.

Die Aufgabe f) ist sehr offen formuliert und weist nicht mehr die Kleinschrittigkeit der Grundkursklausur der Jahrgangsstufe 11/II auf, so dass ein höheres Maß an Methodenkompetenz und selbstständiger Organisation des Arbeitsprozesses notwendig wird. Trotz der Vorgabe eines Messprotokolls erfolgt kein Hinweis auf die Art der Auswertung. Die Notwendigkeit einer grafischen Auswertung zum Nachweis eines zweifachen linearen Zusammenhangs muss von Schülerinnen und Schülern erkannt werden. Sie setzt „eine vertiefte Beherrschung der fachlichen Arbeitmittel und Methoden, deren selbstständige Anwendung und theoretische Reflexion“ (Lehrplan, Seite 40) voraus.

Klausur für einen Grundkurs in der Jahrgangsstufe 12/II

Eine ungewöhnliche Stoppuhr

Kondensatoren werden in der Technik zunehmend als kurzfristige Energiespeicher eingesetzt. Neue dielektrische Materialien haben in den letzten Jahren zu bemerkenswerten Kapazitätssteigerungen geführt und das Anwendungsgebiet erweitert.

Beim Laden bzw. Entladen eines Kondensators ergeben sich je nach Größe des vorgeschalteten Widerstands R andere Lade- bzw. Entladezeiten. Reihenschaltungen aus Widerständen und Kondensatoren werden deshalb häufig bei der Messung von Zeitintervallen angewandt. Es lassen sich sowohl extrem kurze Messzeiten im Bereich von Mikrosekunden als auch lange Messzeiten bis zu mehreren Tagen realisieren.

Das vorgeführte Experiment zeigt einen Aufbau, der es ermöglicht, die Fallzeit t_1 einer Kugel K über die Fallstrecke s zu messen.

- Fertigen Sie eine Schaltskizze des Experiments an.
- Beschreiben Sie den Versuch.
- Deuten Sie die Anzeige der Messgeräte vor und nach dem Fallvorgang.
- Wie hoch war die Spannung U_R unmittelbar vor dem Durchtrennen des Streifens S_2 ? Begründen Sie Ihre Antwort.
Welcher Ladestrom I_1 floss zu diesem Zeitpunkt?
- Skizzieren Sie ein t - I -Diagramm des Ladestroms $I(t)$, der durch den Widerstand R zum Zeitpunkt t fließt.
Tragen Sie in Ihrer Skizze den Ladestrom und den Zeitpunkt beim Durchtrennen von S_2 ein und skizzieren Sie den weiteren Verlauf, den $I(t)$ ohne eine Durchtrennung von S_2 genommen hätte.
- Bestimmen Sie mit Hilfe der Funktion $I(t)$ rechnerisch das Zeitintervall t_1 .

Der gezeigte Aufbau ist für die Messung wesentlich größerer Zeitintervalle ungeeignet.

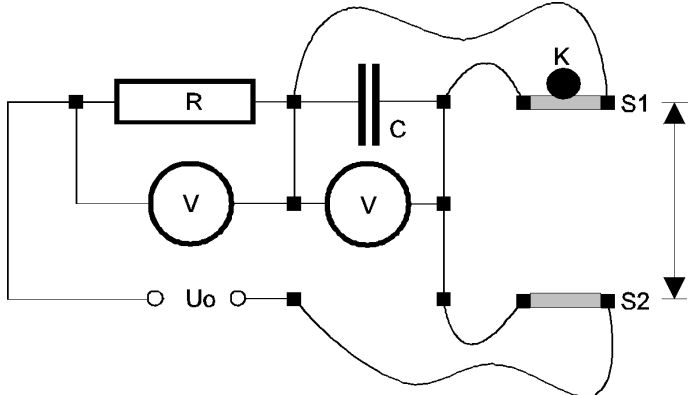
- Begründen Sie diese Feststellung und machen Sie einen Vorschlag für das höchstens akzeptierbare Zeitintervall t_{\max} .
- Formulieren Sie einen allgemeinen Vorschlag für die Bestimmung von t_{\max} . Bedenken Sie dabei, dass der Graph der Funktion $I(t)$ für alle Ladekurven die gleicher Form aufweist!

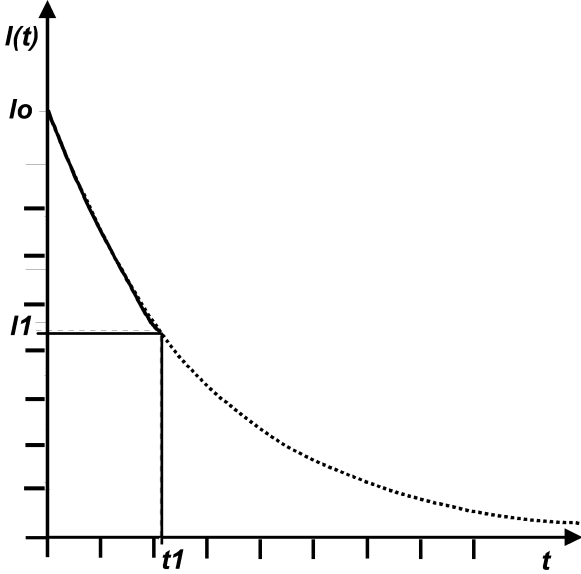
Skizze der Aufgabenlösung mit Bewertungsmaßstab

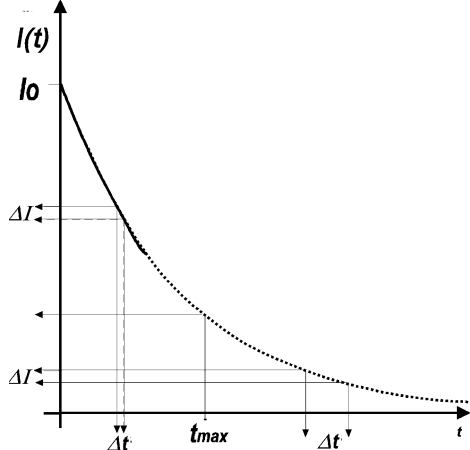
Unterrichtsvoraussetzungen:

- Experimentelle Ermittlung der Lade- und Entladekurve $I(t)$ eines Kondensators in RC -Schaltungen (auch in Schülerexperimenten)

- Messung von Strömen durch Messung von Spannungsabfall über Widerständen
- Definition der Kapazität des Kondensators $C = Q/U$
- Grafische Darstellung der Ladekurve sowie Bestimmung der Trendlinie mit Hilfe eines Tabellenkalkulations- und eines Grafikprogramms
- Kenntnis der Funktion $I(t) = I_0 \cdot e^{-\lambda t}$ mit $\lambda = 1/(R \cdot C)$ und $I_0 = U_0/R$
- Integration der Funktion $I(t) = I_0 \cdot e^{-\lambda t}$

TA	Erwartete Schülerlösung (Ggf. erläuternde Kommentierung und konkrete Unterrichtsvoraussetzungen) [Bezug zu den Anforderungsbereichen]	Punkte im AFB		
		I	II	III
a)	<p>Anfertigung einer Schaltskizze mit Schaltsymbolen (die Schaltung unterscheidet sich von den im Unterricht betrachteten Schaltungen nur durch die zusätzlichen Metallstreifen)</p> <p>[Anfertigung von Skizzen zur Darstellung von Sachverhalten auf eine im Unterricht behandelte Weise; Anfertigung von Schaltbildern bei vorgegebenem Versuchsaufbau]</p>  <p>$U_0 = 10 \text{ V}, \quad C = 1000 \text{ } \mu\text{F}, \quad R = 1 \text{ k}\Omega, \quad s = 1 \text{ m}$</p>	5		
b)	<p>Eine Kugel (K) fällt über eine Strecke s von 1 m Länge und durchschlägt dabei zwei Streifen S1 und S2 aus Aluminiumfolie. Nachdem der Streifen S1 durchschlagen worden ist, erfolgt eine Aufladung des Kondensators C über den Widerstand R. Sie endet mit dem Durchtrennen des Streifens S2. Zwei Spannungsmessgeräte registrieren die Spannungen über dem Widerstand R und über dem Kondensator C.</p> <p>Die Messgeräte zeigen folgende Werte an: vor dem Fallvorgang: $U_R = 10 \text{ V}, U_C = 0 \text{ V}$ nach dem Fallvorgang: $U_R = 0 \text{ V}, U_C = 3,63 \text{ V}$</p> <p>[Beschreibung eines im Unterricht behandelten Experiments]</p>	5		

<p>c)</p>	<p>vor dem Durchtrennen von S1:</p> <p>Da der Kondensator C überbrückt ist, fällt die gesamte Spannung U_0 über dem Widerstand R ab, somit gilt $U_R = U_0 = 10V$. Über dem Kondensator fällt wegen der Brücke S1 keine Spannung ab, deshalb gilt $U_C = 0V$.</p> <p>nach dem Durchtrennen von S2:</p> <p>Der Stromkreis ist durch S2 unterbrochen. Es fließt kein Strom durch den Widerstand R. Über R fällt deshalb keine Spannung ab, daher gilt $U_R = 0V$. Der Kondensator C ist während der Fallzeit auf die Spannung $U_C = 3,63V$ aufgeladen worden. Seine Spannung bleibt erhalten, da der Stromkreis durch S2 unterbrochen wurde.</p> <p><i>[sachgerechtes Wiedergeben von komplexen Zusammenhängen; Übertragung von Betrachtungsweisen und Gesetzen auf neue Sachverhalte]</i></p>	<p>3</p>	
<p>d)</p>	<p>Während der Fallzeit galt: $U_0 = U_R + U_C$.</p> <p>Unmittelbar vor dem Durchtrennen von S2 galt: $U_R = U_0 - U_C$, somit ist $U_R = 6,37V$.</p> <p>Der Ladestrom I_1 unmittelbar vor dem Durchtrennen von S2 ergibt sich durch das Ohm'sche Gesetz</p> <p>$U_R = I_1 \cdot R$: $U_R = 6,37V$, $R = 1k\Omega \Rightarrow I_1 = 6,37mA$</p> <p><i>[Anwenden von Gesetzen auf gegenüber dem Unterricht analoge Fragestellungen]</i></p>	<p>4</p>	
<p>e)</p>	 <p><i>[Anfertigung von Skizzen zur Darstellung von Sachverhalten auf eine im Unterricht behandelte Weise; Übertragung von Betrachtungsweisen auf neue Sachverhalte]</i></p>	<p>3</p>	<p>1</p>

f)	<p>Aus $I(t_1) = I_0 \cdot e^{-\lambda t_1}$ mit $\lambda = 1/(R \cdot C)$ folgt: $\ln I_1 = \ln I_0 - \lambda t_1 \Leftrightarrow t_1 = (\ln I_0 - \ln I_1) / \lambda$, somit gilt: $t_1 = 0,45 \text{ s}$</p> <p>[Anwenden von Gesetzen auf gegenüber dem Unterricht analoge Fragestellungen]</p>	4		
g)	 <p>Anhand der Skizze ist ersichtlich, dass Messfehler ΔI bei der Ermittlung des Ladestroms bei kurzen Zeitintervallen zu kleinen Fehlern Δt bei der Bestimmung der zugehörigen Zeit führen. Messfehler bei der Ermittlung von großen Zeitintervallen führen zu erheblichen Fehlern bei der Bestimmung der Zeit. Das höchstens akzeptierbare Zeitintervall sollte bei dieser Schaltung etwa eine Sekunde betragen.</p> <p>(Die Zeitangabe sollte zeigen, dass die Argumentation der vorhergehenden Antwort auf die konkrete Situation übertragen werden kann. Es handelt sich um einen Schätzwert und nicht um ein konkretes Ergebnis)</p> <p>[Erörtern von Fehlerquellen und Abschätzen des Fehlers bei Experimenten]</p>	3		
h)	<p>Eine Verallgemeinerung ist nur in Bezug auf die $I(t)$- Achse möglich. Der Ladestrom $I(t)$ sollte nicht auf einen Wert absinken, der geringer ist als $1/4 I_0$.</p> <p>(Auch hier kann nur ein Schätzwert erwartet werden, der eine Aussage über das Verständnis des Zusammenhangs liefert. Der in der Antwort vorgeschlagene Wert führt zu einem Messintervall von zwei Halbwertszeiten.)</p> <p>[Entwickeln von Vorschlägen bezüglich der Messgenauigkeit bei Experimenten]</p>	4		
Gesamtpunkte in den Anforderungsbereichen		13	15	4
Anteil der Anforderungsbereiche an der Gesamtleistung in %		40	47	13

Kommentar:

Inhaltliches/Organisatorisches:

Die Klausur soll insbesondere aufzeigen, in welcher Weise ein Demonstrationsexperiment in eine Klausur eingebunden werden kann.

Demonstrationsexperimente in Klausuraufgaben unterscheiden sich durch zwei wesentliche Punkte von der Aufgabenart Schülerexperiment: Der Zeitaufwand für das Experiment ist erheblich geringer und das Gelingen des Experiments ist sichergestellt.

Hieraus ergeben sich folgende Konsequenzen für die Gestaltung von Demonstrationsexperimenten für Klausuren im Vergleich mit Schülerexperimenten:

- Der experimentelle Aufbau kann erheblich aufwendiger sein, da er bereits realisiert und funktionstüchtig ist.
- Bezüglich des Materialbedarfs muss nicht auf Schülerexperimentiermaterial zurückgegriffen werden, wodurch der experimentelle Spielraum erheblich größer ist.
- Das Experiment kann durchaus innovative Elemente enthalten, mit denen eine Schülerin bzw. ein Schüler in einem selbstständig durchzuführenden Experiment überfordert wäre.
- Das Verständnis der experimentellen Sachzusammenhänge steht im Vordergrund, nicht die Planung und Durchführung eines Experiments.

Eine typische Bearbeitungsabfolge eines durch ein Demonstrationsexperiment präsentierten Phänomens bzw. Problems könnte etwa die hier dargestellte sein:

- Beschreibung und Skizzierung des gezeigten Versuchsaufbaus
- Beschreibung des Versuchsablaufs
- Auswertung einer Messreihe in Zusammenhang mit dem Experiment
- Deutung des Versuchsergebnisses
- Suche nach Alternativen oder Verbesserungen
- Abschätzung von systematischen Fehlern
- Diskussion der Grenzen des Experiments.

Klausur für den Leistungskurs in der Jahrgangsstufe 12

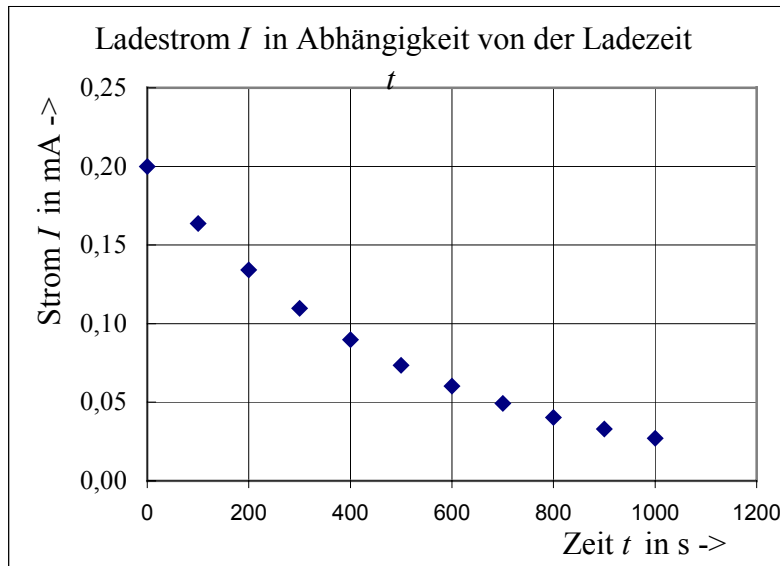
Der Kondensator als Zeitmessgerät

Kondensatoren werden in der Technik zunehmend als kurzfristige Energiespeicher eingesetzt. Neue dielektrische Materialien haben in den letzten Jahren zu bemerkenswerten Kapazitätssteigerungen geführt und das Anwendungsgebiet erweitert.

Beim Laden bzw. Entladen eines Kondensators ergeben sich je nach Größe des vorgeschalteten Widerstands R andere Lade- bzw. Entladezeiten. Die Veränderung von R wird deshalb gern zur Steuerung von Zeitschaltungen eingesetzt. Es lassen sich sowohl extrem kurze Zeiten im Bereich von Mikrosekunden als auch lange Zeiten bis zu mehreren Tagen realisieren, wobei der funktionale Zusammen-

hang zwischen Kapazität C , Vorschaltwiderstand R und Ladezeit t den Messbereich bestimmt.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Ladekurve eines Kondensators mit der Kapazität $5000 \mu\text{F}$. Die Aufladung erfolgte über einen Widerstand von $100 \text{ k}\Omega$.



- Skizzieren und kommentieren Sie eine Schaltung, mit der die Messwerte erfasst werden konnten.
- Mit welcher Spannung wurde der Kondensator aufgeladen?
- Bestimmen Sie die Ladungsmenge Q , die sich zum Zeitpunkt $t = 1000 \text{ s}$ auf dem Kondensator befindet.
- Welche Ladungsmenge Q kann der Kondensator bei unendlich langer Ladezeit aufnehmen?

Kondensatoren weisen beim Laden und Entladen ein zeitliches Verhalten auf, das man auch bei radioaktiven Elementen findet. Diese haben die Eigenart, dass ihre Strahlungsintensität sich innerhalb ihrer spezifischen Halbwertszeit T auf die Hälfte des Anfangswertes reduziert. Die Halbwertszeit ist dabei unabhängig von der anfänglichen Strahlungsintensität. Nach einer weiteren Halbwertszeit ist die Strahlungsintensität wiederum um die Hälfte abgesunken.

- Zeigen Sie mit Hilfe des Diagramms, dass Kondensatoren beim Laden ein ähnliches Verhalten zeigen und bestimmen Sie die zugehörige Halbwertszeit der Kondensatorschaltung, die der Grafik zugrunde liegt.

Die Halbwertszeit T bei Kondensatorschaltungen hängt funktional mit der Größe des Ladewiderstandes R zusammen. Der gesuchte Zusammenhang soll nun theoretisch und experimentell erarbeitet werden.

- Ausgehend von der Funktion $I(t)$ soll eine Funktion $T(R)$ entwickelt werden, die die Halbwertszeit T in Abhängigkeit vom Ladewiderstand R darstellt.

- g) Der funktionale Zusammenhang zwischen T und R soll mit Hilfe einer Messreihe experimentell ermittelt und auch mit dem Ergebnis von f) verglichen werden.

Testobjekt ist dabei ein Kondensator der Kapazität $C= 4700 \mu\text{F}$, der über unterschiedliche Widerstände aufgeladen wird. Hierfür stehen Widerstände zwischen $3,3 \text{ k}\Omega$ und $33 \text{ k}\Omega$ zur Verfügung.

(Falls das Experiment scheitern sollte, kann ein Messprotokoll bei der Aufsicht angefordert werden. Der experimentelle Teil dieser Aufgabe wird dann als nicht gelöst bewertet.)

Mögliches Zusatzmaterial:

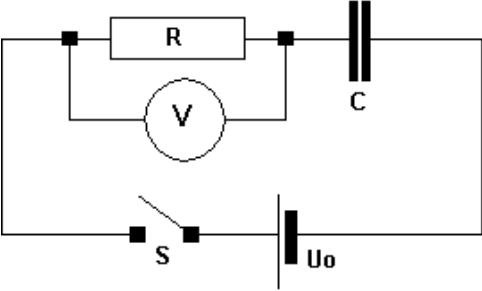
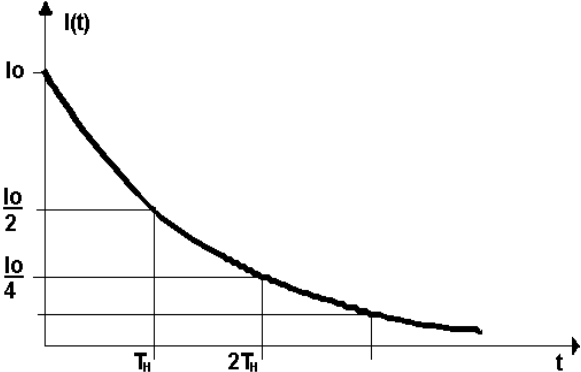
Messprotokoll zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen T_H und R						
Ladewiderstand R in $\text{k}\Omega$	3,3	6,6	10,0	20,0	23,3	33,0
Halbwertszeit T_H in s	11	21	32	65	76	107

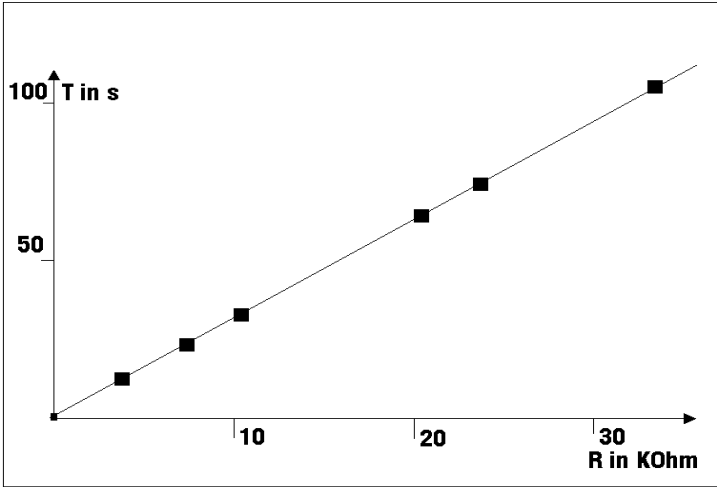
Das in den Teillösungen unter Aufgabe g) dargestellte Diagramm ergibt sich aus dem vorstehenden Messprotokoll, das auch als Vorlage beim Scheitern des Experiments dient.

Skizze der Aufgabenlösung mit Bewertungsmaßstab

Unterrichtsvoraussetzungen:

- Experimentelle Ermittlung der Lade- und Entladekurve I_t eines Kondensators in RC -Schaltungen (auch in Schülerexperimenten)
- Messung von Strömen durch Messung von Spannungsabfall über Widerständen
- Definition der Kapazität des Kondensators $C = Q/U$
- Grafische Darstellung der Ladekurve sowie Bestimmung der Trendlinie mit Hilfe eines Tabellenkalkulations- und eines Grafikprogramms
- Kenntnis der Funktion $I(t)=I_0 \cdot e^{-\lambda t}$ mit $\lambda = 1/(R \cdot C)$ und $I_0 = U_0 / R$
- Integration der Funktion $I(t)=I_0 \cdot e^{-\lambda t}$

TA	Erwartete Schülerlösung (Ggf. erläuternde Kommentierung und konkrete Unterrichtsvoraussetzungen) [Bezug zu den Anforderungsbereichen]	Punkte im AFB		
		I	II	III
a)	<p>Anfertigung und Kommentierung einer Schaltskizze mit Schaltsymbolen [Beschreibung eines im Unterricht behandelten Experiments; Anfertigung von Skizzen zur Darstellung von Sachverhalten auf eine im Unterricht behandelte Weise]</p> 	3		
b)	<p>Ermittlung von $I_0 = 0,2 \text{ mA}$ aus der Grafik, Bestimmung von $U_0 = R \cdot I_0$ [Wiedergabe von im Unterricht eingehend erörterten Fragestellungen und Zusammenhängen]</p>	2		
c)	<p>Integration der Funktion $I(t)$ über t im Intervall $[0;1000]$ [Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln]</p>	3		
d)	<p>Integration der Funktion $I(t)$ über t im Intervall $[0;\infty]$ oder $Q = C \cdot U_0$ [Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln]</p>	2		
e)	<p>Grafische Ermittlung der Halbwertszeit im vorgegebenen Diagramm des Aufgabenblattes ($T_H \sim 350 \text{ s}$)</p>  <p>[Übertragung von Betrachtungsweisen auf neue Sachverhalte]</p>		3	

f)	$I(T_H) = I_0 \cdot e^{-\lambda T_H}$ führt durch Logarithmierung zu $T_H = \ln 2 \cdot R \cdot C$ <i>[Auswählen und Verknüpfen von bekannten Daten, Fakten und Gleichungen bei neuartiger Aufgabenstruktur]</i>		2	2	
g)	Planung des Vorgehens Planung und Aufbau einer Schaltung, die die Beobachtung des Lade- bzw. Entladestroms eines Kondensators in einer RC-Reihenschaltung ermöglicht. Anfertigung einer Schaltskizze Beschreibung des Versuchsablaufs, insbesondere des Verfahrens der Zeitnahme Registrierung von mindestens sechs Halbwertszeiten T_H bei unterschiedlichem Widerstand R . Grafische Darstellung der Messgrößen T_H und R in einem Diagramm Erkennen eines linearen Zusammenhangs $T_H(R) = k \cdot R$ Zeichnung einer Ausgleichsgeraden und Ermittlung der Steigung ($k = 0,000139 \text{ F}$)		2	2	
	 <p>(Halbwertszeit T in Abhängigkeit vom Ladewiderstand R für einen Kondensator mit der Kapazität $C=4700 \mu\text{F}$)</p>	1 1 2 2 1	2 4 2 2 2	1 1 4 2 2	
	Vergleich des theoretisch ermittelten und des experimentell ermittelten Gesetz für den vorliegenden Kondensator über die Kapazität <i>[Durchführen von Messungen nach geübtem Verfahren mit bekannten Geräten; Planen einfacher experimenteller Anordnungen zur Untersuchung von vorgegebenen Fragestellungen; Anfertigen von Graphen, Messreihen und Tabellen; Gewinnen von Gesetzmäßigkeiten aus Messdaten; Ergebnisse beurteilen und werten]</i>		2	1	
	Gesamtpunkte in den Anforderungsbereichen		17	19	6
	Anteil der Anforderungsbereiche an der Gesamtleistung in %		41	45	14

Kommentar

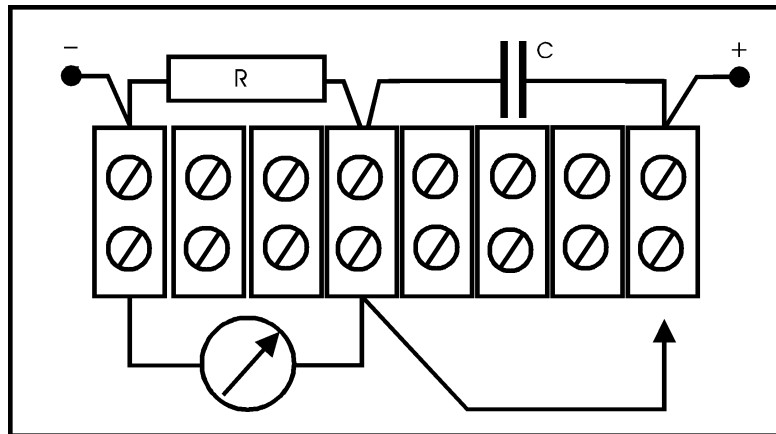
Inhaltliches/Organisatorisches:

Die Bereitstellung der mathematischen Grundlagen zur Behandlung der Aufgabe 1c) hängt sehr von der Abstimmung mit dem Fach Mathematik ab. Die Behandlung der e-Funktion sowie deren Integration stellt eine Möglichkeit zur fächerverbindenden Arbeit dar. Die näherungsweise Bestimmung von Flächen unter Kurven durch eine Treppenfunktion oder geometrische Grundformen könnte eine Alternative zur Integration darstellen. Sie sollte bereits aus der Jahrgangsstufe 11 bekannt sein und ist auch mit Hilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen leicht zu erarbeiten.

Die experimentelle Behandlung des Themas erfordert eine erhebliche Vorbereitung durch Schülerexperimente. Der Umgang mit dem Messgerät und insbesondere die Messung von Strömen mittels Spannungsabfällen an Widerständen (Potentialbegriff, Potentialdifferenz) sollte ausreichend erprobt sein. Diese Messmethode bietet die Möglichkeit, mit nur einem Messgerät I - U -Kennlinien aufzunehmen, ohne dass ein Umbau der Schaltung durch den Einbau eines Strommessgeräts erfolgen muss. Eine Überlastung von Messgeräten bei Strommessungen durch falsche Bereichswahl wird ausgeschlossen. Die Gefahr des Ausfalls von Messgeräten wird erheblich reduziert, was Schülerexperimente in Klausursituationen erst möglich macht. Die Einbindung eines $1\text{ k}\Omega$ -Widerstands in die Reihenschaltung ermöglicht die direkte Interpretation der Potentialdifferenz über diesem Widerstand als Stromwert in mA.

Der experimentelle Aufwand für diese Aufgabe ist gering. Notwendig ist in jedem Fall ein Spannungsmessgerät mit sehr hohem Innenwiderstand ($10\text{ M}\Omega$). Dieser Wert wird selbst von preiswerten Digitalvoltmetern erreicht.

Zum Aufbau der Schaltung reicht eine Klemmleiste, in der die Bauteile miteinander verschraubt werden. Die in der Skizze (s. u.) angedeutete Pfeilspitze wird in der Praxis durch einen einfachen Schaltdraht realisiert. Er dient zum Löschen des Kondensators nach dem Einbau eines neuen Widerstandes sowie zum Start einer neuen Messung. Eine ähnliche Konstruktion muss in jedem Fall in der Schaltung enthalten sein, um einen Startimpuls für die Zeitmessung zu ermöglichen. Wird der Kondensator auf diese Weise überbrückt, so fällt an R die gesamte Versorgungsspannung U_0 ab, beim Laden des Kondensators ergibt sich eine Teilspannung $U_R(t) = I(t) \cdot R$, die dem Ladestrom proportional ist. Beträgt der Spannungsabfall $\frac{1}{2}U_0$, so ist die Halbwertszeit erreicht. Zur Durchführung des Experiments stehen Widerstände mit $33\text{ k}\Omega$, $10\text{ k}\Omega$ und $3,3\text{ k}\Omega$ (je zwei) zur Verfügung. Die Versorgungsspannung U_0 beträgt 10 V .



Progression/kursartspezifische Anforderungen:

Aufgabe g) stellt eine offene Anweisung zur Durchführung, Dokumentation und Auswertung eines Experiments dar. Der Anspruch an die Selbstständigkeit der Aufgabenlösung ist wesentlich höher als in einer Klausuraufgabe der Jahrgangsstufe 11. So fehlt z. B. der Hinweis auf eine grafische Auswertung, die Anzahl der Messungen, sowie eine exakte Vorgabe der zu verwendenden Widerstände. Widerstandskombinationen erlauben eine selbstständige, sinnvolle Verteilung der Messergebnisse. Die Erkenntnis, dass die Lösung der Aufgabe g) ohne die Anfertigung von t - I -Diagrammen nur durch eine einfache Zeitnahme erfolgen kann, sollte nicht unterschätzt werden. Schülerinnen und Schüler werden in der Regel zunächst dazu tendieren, das im Unterricht bewährte Verfahren zu benutzen und die Bestimmung der Halbwertszeit analog zu Aufgabe e) durchzuführen. Dies setzt voraus, dass für jeden Widerstandswert ein t - I -Diagramm angefertigt wird, was im Zeitrahmen der Klausur nicht möglich ist.

Um den Anteil an Selbstständigkeit und Kreativität bei der Lösung der Aufgabe g) angemessen zu bewerten, sind die Punkte einiger Teillösungen dieser Aufgabe sowohl dem Anforderungsbereich I als auch dem Anforderungsbereich II zugeordnet. Isoliert betrachtet stellen die Teillösungen erprobte Verfahrensweisen mit wiederholendem Charakter dar (Anforderungsbereich I). Im Gesamtzusammenhang betrachtet stellen sie jedoch die Fähigkeit zur selbstständigen Bearbeitung einer vergleichbaren neuen Situation unter Beweis.

Aufgabe g) macht den Unterschied zur Grundkursklausur mit gleichem Titel und gleicher Thematik deutlich. Die von Schülerinnen und Schülern erwartete selbstständige Konzeption der Lösungsstrategie erfordert einen „höheren Reflexionsgrad bezüglich Ergebnissystem und Methode“ (Lehrplan, Seite 40) als im Grundkurs. Die Aufgabe umfasst Konzeption des Experiments, seine Durchführung und Auswertung und die Formulierung eines Gesetzes. Ihre Lösung erfordert zudem ein höheres Maß an Selbstständigkeit und Eigentätigkeit.

Einzelne Klausuraufgabe für den Leistungskurs in der Jahrgangsstufe 12:

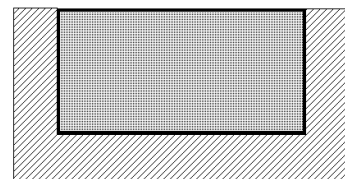
Modell eines Frühbeetes (Minigewächshauses)

In der Abbildung wird ein kleines Frühbeet gezeigt, bei dem man bei Bedarf eine Glasabdeckung (Fenster) schließen und öffnen kann, um gute Wachstumsvoraussetzungen für die Pflanzen zu erzielen. In dieser Aufgabe soll ein einfaches Modell mit einem computergestützten Modellbildungswerkzeug untersucht und bewertet werden, das die wesentlichen Abläufe in einem solchen Frühbeet zu simulieren gestattet.

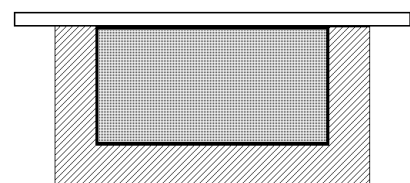


Hinweis: In der Aufgabenstellung bedeutet [Dateixx], dass Sie die jeweilige Datei unter dem Namen „Dateixx“ auf Diskette speichern. [Ausdruckxx] bedeutet, dass an der jeweiligen Stelle ein Ausdruck verlangt, mit dem Namen „Ausdruckxx“ zu versehen und Ihrer Arbeit beizulegen ist.

1. Das Modell: Ein quaderförmiger Körper sei an seinen vier Seitenwänden sowie am Boden vollständig thermisch isoliert. Von oben treffe ihn senkrecht ein Energiestrom bekannter Stärke aus der Umgebung. Wird der Körper, der anfangs im thermischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung steht, zusätzlich mit einer Glühlampe beleuchtet, nimmt er dadurch vermehrt Energie auf und erhöht seine Temperatur. Nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz strahlt er temperaturabhängig auch selbst wieder vermehrt Energie ab. Die in der Anlage beigefügte Abbildung zeigt die Struktur des Ihnen auch auf dem Rechner zur Verfügung stehenden Modells (ohne Glühlampe) sowie die (in zwei Fällen unvollständigen) Modellgleichungen.



- a) Ergänzen Sie die beiden unvollständigen Modellgleichungen [Datei 1a] für die Zustandsänderungen (Modell ohne Glühlampe) und bestätigen Sie zu Ihrer Kontrolle, dass bei einem Energiestrom aus der Umgebung von 418 W/m^2 die Temperatur des Körpers von 20°C konstant bleibt. Überprüfen Sie dadurch die Richtigkeit Ihrer Ergänzungen der Modellgleichungen; sollte Ihre Simulation ein anderes Ergebnis zeigen, können bei der Aufsicht die richtig ergänzten Modellgleichungen erfragt werden (in diesem Aufgabenteil können dann keine Punkte erzielt werden).
 - b) Erweitern Sie das Modell [Datei 1b] so, dass man einen zusätzlichen durch das Einschalten einer Lampe hervorgerufenen Energiestrom von 100 W/m^2 auf den Körper simulieren kann [Ausdruck 1b]. Zeigen Sie so, dass sich im Modell damit eine Endtemperatur des Körpers von ungefähr 36°C einstellt.
2. Erweiterung des Modells: Auf die freie Oberfläche des quaderförmigen Körpers werde eine dünne Glasscheibe gelegt. Dadurch ändern sich die Strahlungsverhältnisse: Die Glasscheibe lässt

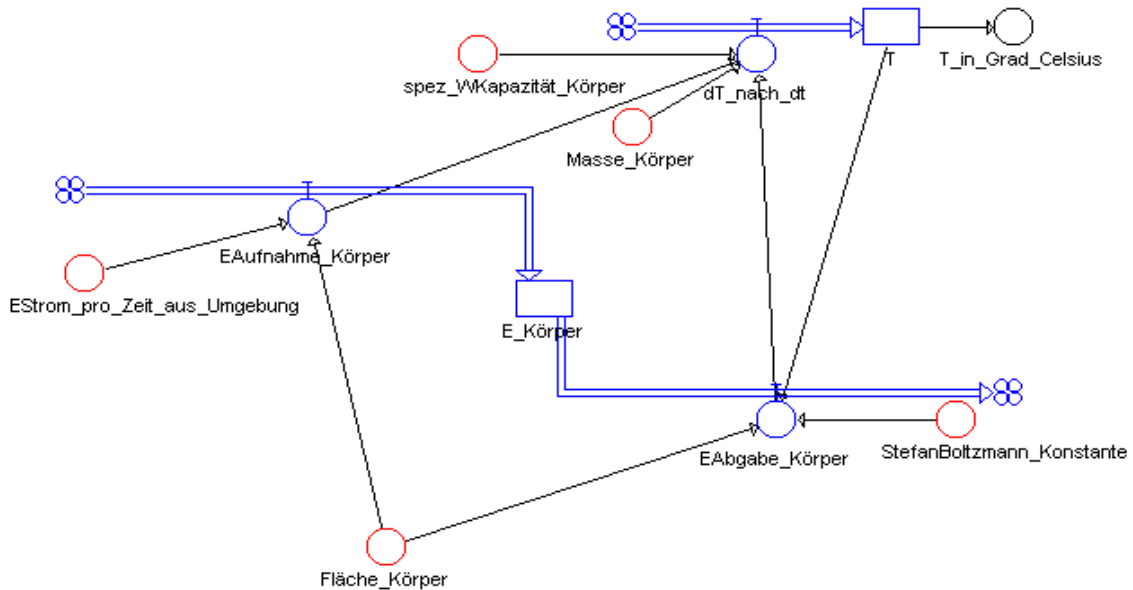


vom ankommenden Licht der Lampe und der Strahlung aus der Umgebung nur einen gewissen Anteil hindurch (für Lampen- und Umgebungslicht beispielsweise 90 %), für eine Strahlung mit deutlich größerer Wellenlänge als der dieses Lichts ist dieser Anteil geringer (beispielsweise 80 %).

- a) Weisen Sie durch eine Rechnung nach, dass die mit maximaler Intensität abgestrahlte Wellenlänge des Lichts der Lampe (ihr Glühfaden hat die Temperatur $T_{Gl} \approx 3000^\circ\text{C}$) wesentlich kleiner ist als die mit maximaler Intensität abgestrahlte Wellenlänge der vom Körper ausgesandten Strahlung bei der Temperatur von ca. 20°C !
 - b) Erweitern Sie das Modell durch geeignete Ergänzung der Modellstruktur und der Modellgleichungen so, dass die Durchlassfähigkeit für die ankommende Strahlung (Lampenlicht und Strahlung aus der Umgebung) sowie die Durchlassfähigkeit für die vom Körper abgegebene Strahlung beschrieben werden [Datei 2b].
 - c) Wählen Sie für die Durchlassfähigkeiten die oben genannten Werte 90 % und 80 % und führen Sie eine Simulation durch [Ausdruck 2c]. Lassen Sie die sich einstellende Endtemperatur in der Simulation errechnen und vergleichen Sie sie mit der Temperatur in Aufgabe 1b. Was ändert sich an der erreichten Endtemperatur, wenn man statt des anfänglichen Startwerts für T von 20°C die nach Zuschalten der Lampe erreichte Temperatur von 36°C als Startwert einstellt?
 - d) Welche Temperatur würde erreicht, wenn der Anteil der vom Glas nach außen vom erwärmten Körper weg gelassenen Strahlung gleich dem oder sogar größer als der Anteil der an ihn von der Glasscheibe von außen durch gelassenen Strahlung wäre? Geben Sie eine kurze Erklärung für das Ergebnis. (Beschreiben Sie die Ergebnisse auch unter Berücksichtigung der zugeschalteten bzw. nicht zugeschalteten Lampe.)
3. Abschließend sind eine Bewertung des Computermodells sowie eine umgangssprachlich formulierte Begründung des Effekts zu geben.
- a) Nehmen Sie Stellung zur Güte des Computermodells für das Frühbeet, indem Sie Idealisierungen und Vereinfachungen benennen, die für die Modellierung vorgenommen worden sind (nehmen Sie dabei insbesondere zu den Annahmen in Aufgabe 2.b Stellung). Welcher Vorgang in der Natur kann durch das Zuschalten der Lampe im Modell simuliert werden?
 - b) Erstellen Sie eine Erklärung in umgangssprachlicher Form (etwa für die Gebrauchsanweisung des Frühbeetes), aus der der interessierte Anwender entnehmen kann, wann und warum es sinnvoll ist, die Glasfenster seines Frühbeetes geschlossen zu halten. Weisen Sie den Anwender auch auf mindestens drei weitere ähnliche Effekte hin, die ihm in seiner Lebenswelt begegnen.

Anlage zum Aufgabenblatt: Modell eines Frühbeetes (Minigewächshauses)

Struktur des Modells (Energiestrom nur aus der Umgebung, also ohne Lampe) mit (teilweise unvollständigen) Modellgleichungen:



Zustandsgleichungen

```

E_Körper.neu <-- E_Körper.alt + dt*(EAufnahme_Körper-
  EAbgabe_Körper)
Startwert E_Körper = 293000
T.neu <-- T.alt + dt*(dT_nach_dt)
Startwert T = 293 {z. B. Zimmertemperatur}

```

Zustandsänderungen

```

EAufnahme_Körper = EStrom_pro_Zeit_aus_Umgebung*Fläche_Körper
EAbgabe_Körper = ???
dT_nach_dt = ???

```

Konstanten

```

EStrom_pro_Zeit_aus_Umgebung = 418 {W/m²}
StefanBoltzmann_Konstante = 5,67E-8 {W/(mK²)²}
spez_WKapazität_Körper = 1000 {J/(kgK)}
Masse_Körper = 1 {kg}
Fläche_Körper = 1 {m²}

```

Zwischenwerte

```

T_in_Grad_Celsius = T-273

```

Numerik-Einstellungen:

```

Runge-Kutta-Verfahren; Startzeit=0; Endzeit=1000; Zeitinter-
vall dt=1

```

Skizze der Aufgabenlösung mit Bewertungsmaßstab

Unterrichtsvoraussetzungen:

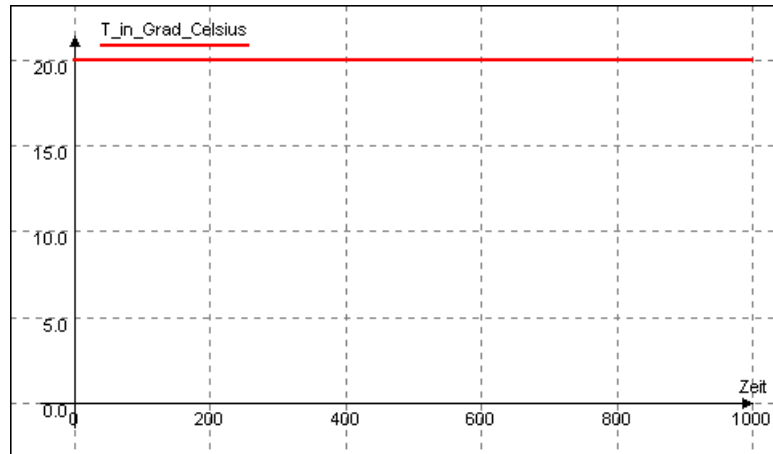
Im Rahmen der für den Leistungskurs obligatorischen Behandlung des Sachbereichs Thermodynamik wurden die ersten beiden Kontextbausteine des Kontextes „Energieentwertung und Irreversibilität – Die Entropie“ (Lehrplan, Seite 121) sowie beide Teilkontexte des Kontextes „Unsere Atmosphäre – ein Treibhaus“ (Lehrplan, Seite 123) im Unterricht bearbeitet.

Der Treibhauseffekt der Erdatmosphäre ist den Schülerinnen und Schülern zu diesem Zeitpunkt bekannt. Bei seiner Erarbeitung wurde ein Wassermmodell (vgl. beispielsweise B. Huhn, in: Praxis der Naturwissenschaften, Physik, 6/43, Jg. 1994) als Verständnismodell heran gezogen. Ein Modell für ein grafikorientiertes Modellbildungswerkzeug wurde jedoch noch nicht im Unterricht entworfen und ist daher an dieser Stelle für die Schülerinnen und Schüler neu.

Die Funktionsweise eines Frühbeetes wurde im Unterricht nicht thematisiert.

Im Unterricht wurde das verwendete computergestützte Modellbildungswerkzeug wiederholt eingesetzt. Seine Handhabung, die Verwendung der Systemgrößen sowie die Darstellung von Zeit- und Phasendiagrammen sind in früheren Situationen eingeübt, den Schülerinnen und Schülern hinreichend bekannt und in der Anwendung geläufig. Die Schülerinnen und Schüler haben an zahlreichen Beispielen gelernt, selbstständig Modelle zu erstellen wie auch vorgegebene Modelle zu interpretieren. (Das im vorliegendem Fall verwendete Werkzeug DYNASYS kann im Wesentlichen durch jedes andere grafikorientierte Modellbildungswerkzeug ersetzt werden.)

TA	Erwartete Schülerlösung (Ggf. erläuternde Kommentierung und konkrete Unterrichtsvoraussetzungen) <i>[Bezug zu den Anforderungsbereichen]</i>	Punkte im AFB		
		I	II	III
1. a	Ergänzte Modellgleichungen: $E_{\text{abgabe_Körper}} = A_{\text{Auslassfaktor}} \cdot k_{\text{StefanBoltzmann_Konstante}} \cdot T^4$ $\frac{dT_{\text{nach_dt}}}{dt} = \frac{E_{\text{aufnahme_Körper}} - E_{\text{abgabe_Körper}}}{c_{\text{spez_Wkapazität_Körper}} \cdot m_{\text{Masse_Körper}}}$	1	2	



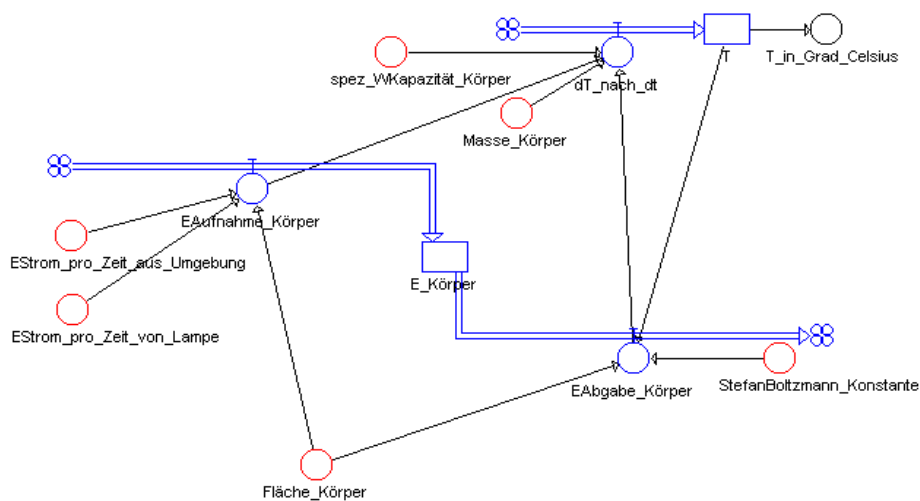
Zeitlicher Verlauf der Temperatur

(Konkrete Unterrichtsvoraussetzungen: Stefan-Boltzmann-Gesetz, Energiestrom (und physikalische Einheit) und spezifische Wärmekapazität im Unterricht in anderen Zusammenhängen besprochen)

[gedächtnismäßiges Wiedergeben von unmittelbar zuvor im Unterricht angesprochenen Gesetzen und Formeln; Wiedergeben von im früheren Unterricht erörterten Fragestellungen und Zusammenhängen; Anfertigen von Graphen und Messreihen, Tabellen oder Gleichungen]

1

1. b Ergänzt Modell:



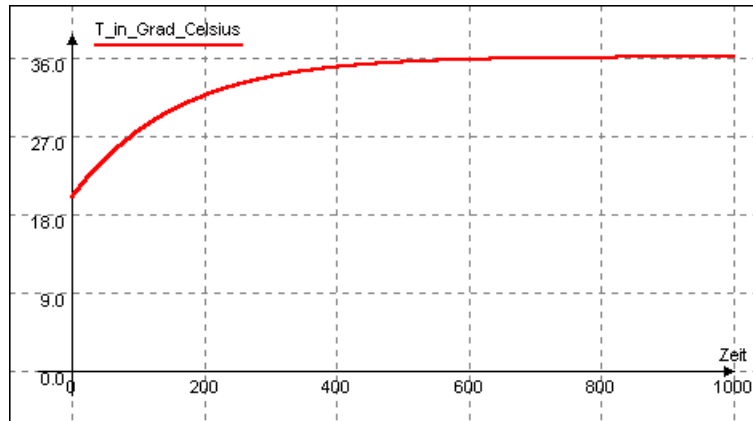
Durch Einlass- und Auslassfaktor ergänztes Modells

Veränderte Modellgleichung:

$$E_{\text{Aufnahme_Körper}} = (E_{\text{Strom_pro_Zeit_von_Lampe}} + E_{\text{Strom_pro_Zeit_aus_Umgebung}}) * Fläche_Körper$$

2

1



Sich einstellende Endtemperatur von ca. 36°C

(Konkrete Unterrichtsvoraussetzungen: Energiestrom (und physikalische Einheit) im Unterricht in anderen Zusammenhängen besprochen; Erstellung und Ergänzung von Modellen in anderen Zusammenhängen vielfach im Unterricht durchgeführt)

[Auswählen und Verknüpfen von bekannten Daten, Fakten und Gleichungen bei vertrauter Aufgabenstruktur; Anfertigen von Graphen und Messreihen, Tabellen oder Gleichungen]

1

2. a Mit dem Wienschen Verschiebungsgesetz $\lambda T = const$ folgt:

$$\lambda_{GI} T_{GI} = \lambda_K T_K, \text{ also } \lambda_{GI} = \lambda_K \cdot T_K / T_{GI}, \text{ oder mit Zahlen:}$$

$$\lambda_{GI} = 0,11 \lambda_K.$$

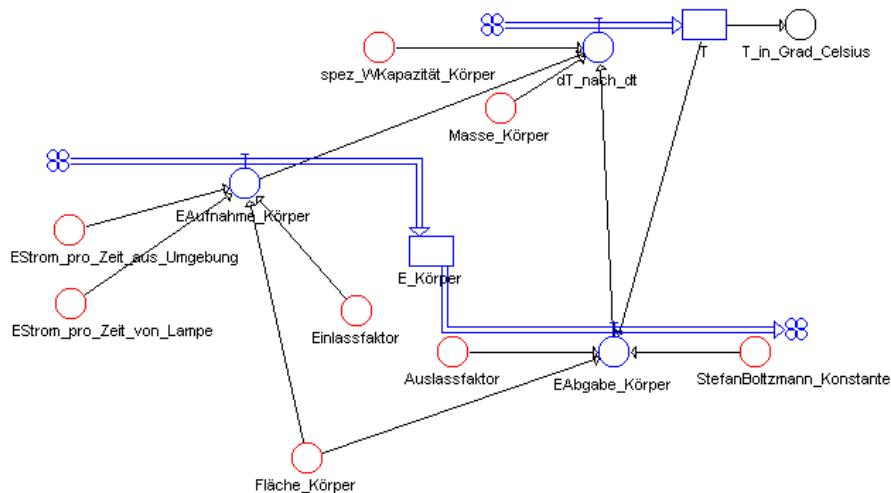
(Konkrete Unterrichtsvoraussetzungen: Wiensches Verschiebungsgesetz im Unterricht behandelt)

[Auswählen und Verknüpfen von bekannten Daten, Fakten und Gleichungen bei vertrauter Aufgabenstruktur; Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln]

1

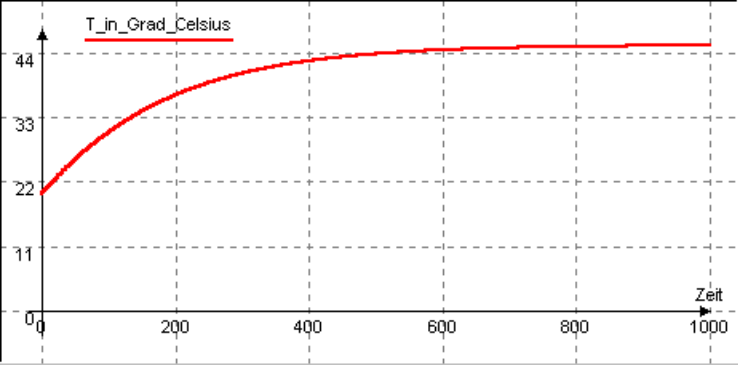
1

2. b



Durch Einlass- und Auslassfaktor ergänztes Modell

1

	<p>Veränderte Modellgleichungen:</p> $E_{\text{Aufnahme_Körper}} = \text{Einlassfaktor} \cdot (\text{EStrom_pro_Zeit_von_Lampe} + \text{EStrom_pro_Zeit_aus_Umgebung}) \cdot \text{Fläche_Körper}$ $E_{\text{Abgabe_Körper}} = \text{Auslassfaktor} \cdot \text{StefanBoltzmann_Konstante} \cdot T^4 \cdot \text{Fläche_Körper}$ <p>[Auswählen und Verknüpfen von bekannten Daten, Fakten und Gleichungen bei vertrauter Aufgabenstruktur]</p>	2		
2. c	 <p>Sich mit Abdeckglas einstellende Endtemperatur von ca. 45°C</p> <p>Die neue Endtemperatur liegt mit $T_{\text{mit Glas}} \approx 45^\circ\text{C}$ deutlich über der vorher ohne Abdeckglas erreichten Endtemperatur $T_{\text{ohne Glas}} \approx 36^\circ\text{C}$. Die erreichte Endtemperatur ist unabhängig vom konkreten Startwert.</p> <p>(keine spezifischen Unterrichtsvoraussetzungen: das Phänomen des Treibhauseffekts ist den Schülerinnen und Schülern bekannt)</p> <p>[Anfertigen von Graphen und Messreihen, Tabellen oder Gleichungen]</p>	2		
2. d	<p>Falls Einlass- und Auslassfaktor gleich groß sind, ist die erreichte Endtemperatur mit Glasscheibe gleich derjenigen, die sich ohne abdeckende Glasscheibe ergibt, also 36°C (mit zugeschalteter Lampe). Ohne zugeschaltete Lampe bleibt dann die Temperatur des Körpers gleich der Zimmertemperatur.</p> <p>Erklärung: Ein- und ausgestrahlte Energien sind im „Gleichgewicht“. Daher findet keine Temperaturänderung statt.</p> <p>Falls der Auslassfaktor größer als der Einlassfaktor ist, ist die erreichte Endtemperatur des Körpers kleiner als 36°C (mit Lampe) bzw. Zimmertemperatur (ohne Lampe). Auch mit zugeschalteter Lampe kann die erreichte Endtemperatur unter die Zimmertemperatur fallen, wenn beispielsweise der Einlassfaktor kleiner als etwa 0,8 bei einem Auslassfaktor = 1 gewählt wird.</p> <p>Erklärung: Im Anschluss an den anfänglichen Gleichgewichtszu-</p>	1	1	1

	<p>stand der ein- und ausgestrahlten Energie wird dieses Gleichgewicht derart geändert, dass mehr Energie nach außen gelangt als von außen nach innen. Daher ist eine Temperaturabnahme zu erwarten.</p> <p><i>(die verlangte Interpretation der Konstellation der Durchlassfaktoren ist für die Schülerinnen und Schüler neu)</i></p> <p><i>[Anfertigen von Graphen und Messreihen, Tabellen oder Gleichungen; selbstständiges Verarbeiten bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten]</i></p>			
3. a	<p>Das Modell ist geeignet, die erfahrungsgemäß eintretende Zunahme der Temperatur in einem Frühbeet bei verstärkter Sonneneinstrahlung wie auch bei zugeklappter Abdeckscheibe – zumindest qualitativ – zu simulieren.</p> <p>Vereinfachungen und Idealisierungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine deutlich unterschiedliche wellenlängenabhängige Filterung bzw. Absorption des Lichts bzw. der Wärmestrahlung eines kontinuierlichen Spektrums wird nicht berücksichtigt, das Modell sieht hier nur einen einheitlichen Durchlassfaktor vor. • Es bleibt offen, inwieweit die gegebenen Durchlassfaktoren der Realität hinreichend entsprechen. • Ferner bleibt im Modell unberücksichtigt: Wärmeaustausch mit dem Boden, schichtenweise Erwärmung im Frühbeet, Erwärmung der Glasscheibe selbst, ... <p>Durch das Zuschalten der Lampe wird eine (plötzlich) verstärkte Einstrahlung aus der Umgebung (z. B. durch die zusätzliche direkte Sonneneinstrahlung bei einer sich öffnenden Wolkendecke) modelliert.</p> <p><i>[Auswählen und Verknüpfen von bekannten Daten und Fakten bei einer neuartigen Aufgabe; planmäßige Analyse des Modells mit dem Ziel, zu einer selbstständigen Bewertungen zu gelangen; sachgerechtes Wiedergeben von komplexen Zusammenhängen]</i></p>		1	1
3. b	<p>Die schriftliche Darstellung sollte folgende Aspekte benennen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Glastür öffnen zum Zwecke der Lüftung bzw. zur Vermeidung zu hoher Temperaturen im Frühbeet bei bereits höherer Außentemperatur (z. B. bei Sonnenschein); • Glastür geschlossen halten bei niedrigen Außentemperaturen, um im Frühbeet eine höhere Temperatur als die Außentemperatur zu erreichen; • Hinweis auf Gefahr zu großer Hitze bei Sonnenschein und aufgelegter Scheibe. <p>Ähnliche Effekte: Hinweis auf „Treibhauseffekt“ in der Wohnung (Einstrahlung der Sonne durch nach Süden gelegene Fenster des Hauses) auf der Erde (durch die Atmosphäre, die wie eine warm haltende Decke wirkt)</p> <p>Ähnliche Effekte: Hinweis auf „Treibhauseffekt“ im geschlossenen</p>		1	1
		2		1

Fahrzeug (Erwärmung des Innenraumes trotz großer Kälte im Winter) <i>(Lernvoraussetzung: Als Anwendungsmöglichkeiten des den Schülerinnen und Schülern vertrauten Treibhauseffekts sind die Nutzung der Sonneneinstrahlung durch die Wohnungsfenster sowie der eigentliche Treibhauseffekt in der Erdatmosphäre bekannt)</i> <i>[selbstständiges Darstellen bekannter Sachverhalte unter Berücksichtigung des Transfers von der Fachsprache auf die angemessene präzise umgangssprachliche Beschreibung; Wiedergeben von im Unterricht erörterten Fragestellungen und Zusammenhängen; Finden von Anwendungsmöglichkeiten physikalischer Gesetze und Erscheinungen]</i>			
Gesamtpunkte in den Anforderungsbereichen	11	13	4
Anteil der Anforderungsbereiche an der Gesamtleistung in %	39	47	14

Kommentar

Inhaltliches/Organisatorisches:

Als zentrale Idee dieser Aufgabe wird das Phänomen des Treibhauseffekts am Beispiel eines Frühbeetes – ein Treibhaus im genauen Wortsinn – untersucht und an Hand vorgegebener Fragestellungen vertieft. Die Schülerinnen und Schüler kennen zu diesem Zeitpunkt bereits die Wirkung des Treibhauseffekts unserer Erdatmosphäre und seine physikalischen Ursachen, sie haben im Unterricht das analoge Phänomen bei der Sonneneinstrahlung durch die Fenster eines Hauses kennen gelernt. Für sie folgt nun das den Namen gebende Beispiel aus dem Alltag, das einigen von ihnen zwar aus praktischer Anschauung nicht geläufig sein mag, aber nach wie vor Relevanz besitzt.

Zur Lösung dieser Aufgabe dient der Computer bzw. ein Modellbildungswerkzeug als zentrales Werkzeug. Aus Gründen der Zeitersparnis ist das jeweils veränderte Modell von den Schülerinnen und Schülern auf einer Diskette abzuspeichern sowie die Zeitdiagramme der Simulationen als Ausdruck der Arbeit beizulegen. Das hier verwendete Modellbildungswerkzeug (Dynasys) gestattet nicht die Umrechnung physikalischer Größen, daher fehlen an den Originalausdrucken in der oben stehenden Lösung die Achsenbeschriftungen: Auf der Zeitachse sind folglich die Angaben in einer willkürlichen Zeiteinheit dargestellt; die Temperatur auf der Ordinateachse führt ihre Einheit in ihrem Namen mit.

Bezug zu den Anforderungen an Aufgabenstellungen:

Die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass Wissen und Kenntnisse aus anderen Bereichen als der Physik auch bei der Bearbeitung physikalischer Probleme sinnvoll sind (vgl. Anforderung (2) im Abschnitt 3.1). Die Bearbeitung der Aufgabe zeigt Schülerinnen und Schülern ihren durch den voran gegangenen Unterricht gewonnenen Kompetenzzuwachs, indem sie die Anwendbarkeit der Erklärung des im Un-

terricht besprochenen Phänomens des Treibhauseffekts auf eine neue Situation erleben (vgl. Anforderung (10)). Sie müssen physikalische Parameter begründet identifizieren und analoge Abläufe erkennen.

Die abschließende Formulierung der zu Grunde liegenden Phänomene in umgangssprachlicher Form stellt eine nicht zu unterschätzende Anforderung an Schülerinnen und Schüler: Ausgehend von gesicherten Fertigkeiten und Fähigkeiten im Umgang mit den physikalischen Sachverhalten, die auch eine solide fachsprachlich korrekte Beschreibung einschließen, müssen sie einen physikalischen Sachverhalt umgangssprachlich und allgemeinverständlich ausdrücken, ohne dass die wesentlichen physikalischen Abläufe verfälscht werden (vgl. Anforderungen (1) und (4)).

Einige Teilaufgaben erlauben unterschiedlich ausführliche Lösungen (vgl. Anforderung (9)). So können beispielsweise bei beiden Teilaufgaben von Aufgabe 3 mehr als die in der Aufgabenstellung verlangten Vereinfachungen im Modell bzw. mehr als die drei verlangten Vorkommnisse des Treibhauseffekts erwähnt werden. Dies kann bei angemessener Argumentation und Bedeutung durchaus zu einer Zusatzwertung beispielsweise in der Form zusätzlich erreichbarer Punkte führen.

Progression/kursartspezifische Anforderungen:

Im Unterschied zur Jahrgangsstufe 11 haben die Schülerinnen und Schüler zu diesem Zeitpunkt (Ende der Jahrgangsstufe 12) bereits mannigfache Erfahrungen mit dem immer wieder im Unterricht und insbesondere in der häuslichen Arbeit verwendeten Modellbildungswerkzeug gewonnen. Sie sind vertraut mit seiner Handhabung und können es aus programmtechnischer Sicht sicher nutzen. Die ebenfalls während des bisherigen Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe geübte korrekt fachsprachliche wie angemessen umgangssprachliche Darstellung physikalischer Sachverhalte wird jetzt erstmalig auch in einer Klausur verlangt.

Von ihrem Umfang her ist diese Klausuraufgabe einzuordnen als eine von zwei Aufgaben einer vierstündigen Leistungskursklausur, bei der die zweite Aufgabe so gestaltet werden sollte, dass für ihre Lösung etwas weniger Zeit benötigt wird als für die vorliegende. Der erhöhte Zeitaufwand bei dieser Aufgabe wird auch durch die Verwendung des Computers begründet. Da die vorliegende Aufgabe neben physikalischem Wissen auch Fertigkeiten und Fähigkeiten im sachgerechten Umgang mit einem computergestützten Modellbildungswerkzeug sowie der Erstellung, Variation und Interpretation eines entsprechenden Modells verlangt und überprüft, ist die zweite Aufgabe so zu konzipieren, dass hier physikspezifische Argumentationen in stärkerem Maße gefordert werden.

Um Missverständnissen vorzubeugen, eine Bemerkung zur Nummerierung der Aufgabenteile: Es handelt sich bei dieser Aufgabe aufgrund ihres einheitlichen Themas ganz eindeutig um eine einzige Aufgabe, die aus drei Teilaufgaben besteht. Die Nummerierung von 1 bis 3 ist daher nicht so zu lesen, dass sie aus drei inhaltlich bzw. sachlich voneinander unabhängigen Aufgaben zusammen gesetzt ist.

3.4 Bedeutung der Auswertung der Ergebnisse

Abgesprochene Klausuren und Lernstandserhebungen auf der Grundlage der Aufgabenbeispiele dienen zunächst der *Bereitstellung von Daten* für die schulinterne Einschätzung der Lernergebnisse und des Lernfortschritts der Schülerinnen und Schüler im Laufe des Durchgangs durch die gymnasiale Oberstufe sowie der *Diskussion und Vereinbarung von Maßstäben* für die Leistungsbewertung. Darüber hinaus haben sie aber auch eine wichtige Funktion für die Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung des Unterrichts.

Im Fach Physik gibt es zumeist nur in der Jahrgangsstufe 11 mehrere gleichartige Kurse, in denen auch Parallelarbeiten geschrieben werden können. Aber auch dann, wenn in einer Jahrgangsstufe je Kursart nur ein Kurs vorkommt, hat die Auswertung der Ergebnisse von Klausuren und Lernstandskontrollen eine wichtige Funktion für die Entwicklung der Qualität des Fachunterrichts an der jeweiligen Schule.

In der schulinternen (fachbezogenen und fachübergreifenden) Diskussion der Bewertungsergebnisse von Klausuren und Lernstandserhebungen werden gewonnene Erkenntnisse zu gemeinsamen Vereinbarungen führen, die die qualitative Weiterentwicklung von Unterricht ermöglichen. Perspektiven der Auswertung können sein: die Fachperspektive, die Schulperspektive und die Lernendenperspektive.

3.4.1 Die Fachperspektive

Die Auswertung von Lernerfolgsüberprüfungen kann hinsichtlich fachlicher Aspekte den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler und damit den Grad der erreichten fachlichen Standards dokumentieren. Ausgehend von einer derartigen Dokumentation ist eine zielgerichtete Reflexion und eine eventuell erforderliche Überarbeitung der Unterrichtssequenz bezüglich der gewählten Kontexte, der Abfolge und des methodischen Vorgehens möglich und notwendig.

Die Auswertung der Ergebnisse der Klausuren unter Einbeziehung der Fachperspektive kann sich u. a. an den nachfolgend genannten Fragestellungen orientieren:

Bezogen auf Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten in den Sachbereichen des Faches:

- Inwieweit konnten die Schülerinnen und Schüler angemessene Ergebnisse hinsichtlich der Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten aus den jeweiligen in den Klausuraufgaben angesprochenen Sachbereichen erzielen? Stimmt die Relation Erwartungshorizont-Schülerleistung?
- Haben sich überdurchschnittliche bzw. besondere fachliche Probleme bei der Lösung bestimmter Teilaufgaben gezeigt? Welche Konsequenzen sind ggf. daraus für den nachfolgenden Unterricht zu ziehen?

- Hat sich die vor der Klausur erfolgte Zuordnung der Anforderungsbereiche I bis III als angemessen erwiesen? Gelang hier beispielsweise eine Differenzierung zwischen guten und sehr guten Leistungen durch die erfolgten Lösungen der Aufgaben im Anforderungsbereich III?
- Wie ist der Anteil der von den Schülerinnen und Schülern erreichten Punkte in den Anforderungsbereichen I bis III? Wie stellt sich diese Verteilung bezogen auf den einzelnen Schreiber dar?
- Konnten die Schülerinnen und Schüler die erwarteten Lösungswege finden? An welchen Stellen sind andere Lösungswege beschriftet worden? Wo lagen deutliche Schwierigkeiten?
- Gibt es signifikante Unterschiede in den Lösungen zwischen Mädchen und Jungen? Worauf können diese Unterschiede zurück geführt werden?
- Gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, die die Parallelklausuren geschrieben haben? Wo liegen die Ursachen?
- Lässt das Ergebnis der Klausur Aussagen darüber zu, inwieweit der Unterricht auf spezifische Merkmale von Klausuraufgaben hinreichend vorbereitet hat? Ist diese Vorbereitung in angemessener Form geschehen?

Bezogen auf die Beherrschung der Fachmethoden:

- Inwieweit ist deutlich geworden, dass die Schülerinnen und Schüler fachmethodische Fertigkeiten und Fähigkeiten erworben haben? Wo liegen noch besondere Schwierigkeiten und Probleme?
- Welche Teile des Spektrums der Fachmethoden ist Gegenstand der Klausur gewesen? Welche weiteren Fachmethoden müssen in der nächsten Klausur stärker Berücksichtigung finden?
- Ist eine Progression über die Jahrgangsstufen hinweg zu erkennen?

Bezogen auf ein Lernen im Kontext:

- Konnten die Schülerinnen und Schüler zeigen, dass sie flexibles, d. h. in neuen Situationen anwendbares Wissen im vorangegangenen Unterricht erworben haben?
- Haben sich die Aufgaben oder zumindest Aufgabenteile in angemessener Form an den im Unterricht behandelten Kontexten orientiert? Konnten die Schülerinnen und Schüler über die Fragen auf rein fachlicher Ebene hinaus zu den angesprochenen Themen Stellung beziehen und Wertungen vornehmen?

Bezogen auf die Fähigkeit zum selbstständigen Arbeiten:

- Konnten die Schülerinnen und Schüler hinreichend sicher und souverän mit den gegebenen Materialien, Daten usw. umgehen?
- Konnten die Schülerinnen und Schüler die erzielten Ergebnisse angemessen kritisch bewerten?
- Gelang es den Schülerinnen und Schülern, eigenständige Lösungsstrategien zu entwickeln? Ließ die Aufgabenstellung ihnen dazu hinreichend Gelegenheit?

- Sind Fortschritte im Bereich des selbstständigen Arbeitens erkennbar? Welche Konsequenzen – etwa für die Veränderung der Unterrichtsmethoden – sind aus den Klausurergebnissen zu ziehen?

Über diese Aspekte hinaus, die eher der Auswertung der einzelnen (Parallel-) Klausur mit Blick auf die von den Schülerinnen und Schülern gezeigte Leistung berücksichtigen, muss die gemeinsame Arbeit in der Fachkonferenz sich mit den nachfolgenden weitergehenden Fragen hinsichtlich der Qualitätssicherung und -entwicklung des Fachunterrichts Physik aus der Schulperspektive auseinandersetzen.

3.4.2 Die Schulperspektive

Zur Entwicklung und Gestaltung eines Schulprogramms gehören u. a. die konkreten Ausformulierungen der in den Richtlinien und Lehrplänen allgemeiner beschriebenen Anforderungen in schuleigenen Lehrplänen durch die Fachkonferenzen und die Darstellung des unter den Lehrerinnen und Lehrern einer Schule verabredeten Konsenses über Kriterien der Leistungsbewertung.

Festlegungen dieser Art ermöglichen eine differenzierte, fachbezogene Evaluation unterrichtlicher Praxis (Unterrichtsgestaltung, Formen der Lernerfolgsüberprüfungen) und unterstützen dadurch optimierende und innovative Entwicklungen. Mit der Auswertung ist zugleich die Möglichkeit gegeben, fachbezogene und schulbezogene Standards hinsichtlich der Leistungsanforderungen und der Leistungsbewertung zu verankern. Die Reflexion der Effektivität der schuleigenen Unterrichtssequenzen und die gemeinsame Vorbereitung und Evaluation von Lernerfolgsüberprüfungen sind geeignet, diese Standards weiter zu entwickeln.

Die gemeinsame Diskussion kann auch dadurch zur Optimierung der Professionalität im Bereich des Lehrens beitragen, dass Notwendigkeiten der gemeinsamen Weiterqualifizierung erkannt und geeignete Fortbildungsmaßnahmen durchgeführt werden. Diese könnten Themen aufnehmen wie Methoden und Formen des selbstständigen Arbeitens, Nutzung neuer Technologien im Unterricht, moderne Messmethoden und innovative Experimentiertechniken, aktuelle Forschungen und Technologien usw.

Aspekte der Auswertungsdiskussion könnten z. B. sein:

- Wie wird an der Schule die Lernprogression im Fach Physik evaluiert? Wie werden speziell die Aufgabenbeispiele in dieser Handreichung genutzt für einen Fachdiskurs bezüglich der Aufgabenarten, der Anforderungen, ...?
- Wie werden die Auswertungsergebnisse durchgeführter Lernerfolgsüberprüfungen zur Reflexion des schuleigenen Curriculums genutzt, etwa mit Blick auf Veränderung des schuleigenen Lehrplans, Festlegung von Bewertungsmaßstäben, Entwicklung besonderer Förderkonzepte, ...? Welche Hilfen (z. B. Fortbildung, interne bzw. externe Beratung) können herangezogen werden?

- Welche Vereinbarungen hinsichtlich des inhaltlichen und methodischen Vorgehens im Unterricht bestehen? Welche weiteren Vereinbarungen sind vor dem Hintergrund der Vorgaben des Lehrplans im Sinne eines einheitlichen Vorgehens und der Vergleichbarkeit der Leistungsüberprüfungen zu treffen?
- Welche Vereinbarungen wurden getroffen, um Lernen als einen konstruktiven Prozess durch kumulatives, situatives, selbstreguliertes und zielorientiertes Vorgehen im Unterricht zu unterstützen? Waren diese Vereinbarungen erfolgreich? Welche Optimierungsmöglichkeiten sind zu nutzen?
- Inwieweit bestätigen erlangter Grad und Umfang an Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler den insgesamt angestrebten lernprogressiven Entwicklungsstand? Welche zusätzliche Maßnahmen im Unterricht werden notwendig? Welche Formen der Evaluation sind hier geeignet?
- Welche Standards bezüglich des erreichten Leistungsstands werden für den Beginn in der Jahrgangsstufe 11 vorausgesetzt. Wie kann man die wünschenswerten und für eine im Fach erfolgreiche Absolvierung der gymnasialen Oberstufe nötigen Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten aus dem Bereich der Physik und dem der Mathematik (Umgang mit Gleichungen, geometrische Kenntnisse, ...) durch Lernstandserhebungen zu Beginn der Jahrgangsstufe 11 prüfen?
- Welche Möglichkeiten können bereitgestellt werden, Seiteneinsteiger und leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler an die vereinbarten Standards heran zu führen?
- Welche Vereinbarungen bestehen bzw. müssen getroffen werden bezüglich der bis zum Ende der Jahrgangsstufe 11 zu erzielenden Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten (inhaltlich wie methodisch), um eine begründete Entscheidung für die weitere Kurswahl zu gewährleisten?
- Wie lässt sich – beispielsweise durch geeignete Lernstandserhebungen gegen Ende der Jahrgangsstufe 13/I – die Progression der gewünschten Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zum Ende ihrer gymnasialen Laufbahn – insbesondere für diejenigen von ihnen, die das Fach Physik nicht schriftlich belegt haben – überprüfen?
- Welche Möglichkeiten bestehen an der Schule selbst sowie durch Einbeziehung außerschulischer Lernorte über die Schule hinaus, den fachübergreifenden bzw. den fächerverbindenden Aspekt im Fach Physik zu stärken?
- Welche kontinuierlichen Austauschmöglichkeiten fachspezifischer Erfahrungen existieren an der Schule und über die Schule hinaus, und wie werden die Erfahrungen im Sinne einer Optimierung der Lernprozesse genutzt?
- Ist die technische Ausstattung der Schule zur Erlangung von medialer und experimenteller Kompetenz der Schülerinnen und Schüler ausreichend? Wird sie effektiv genutzt? Gibt es die Notwendigkeit von Fortbildungsmaßnahmen?

3.4.3 Die Lernendenperspektive

Eine Auswertung von abgesehenen Klausuren und anderen Lernstandserhebungen wird durch die Einbeziehung der Perspektive der Schülerinnen und Schüler vervollständigt.

Selbsttätiges und selbstverantwortetes Lernen, Selbstständigkeit und verantwortungsvolles Handeln können in der gymnasialen Oberstufe besonders dann progressiv entwickelt werden, wenn auch die Schülerinnen und Schüler aktiv an den Evaluationsprozessen beteiligt sind. Hierdurch können Probleme der Unterrichtspraxis für alle Beteiligten verstehbarer und durch eine gemeinsame konzeptionelle Veränderung unterrichtlichen Geschehens effektiver angegangen und im Sinne einer Qualitätsentwicklung gelöst werden. Die Bedeutung der Eigenverantwortlichkeit der Schülerinnen und Schüler für die Qualitätsentwicklung darf nicht unterschätzt werden.

Mögliche Fragestellungen, die im Zusammenhang der Auswertung behandelt werden können, sind z. B.:

- Inwieweit sind Schülerinnen und Schüler an der Planung der Erarbeitung und Lösung fachlicher Fragen sowie an der Abstimmung unterrichtlicher Vorgehensweisen beteiligt? Erhalten Schülerinnen und Schüler Gelegenheit, hierfür Mitverantwortung zu übernehmen?
- Welche Möglichkeiten werden genutzt, Schülerinnen und Schüler insbesondere in Fragen der Auswahl von Kontexten, der Konstruktion von Unterrichtssequenzen, der Anforderung, der Leistungsbewertung und des Sequenzbezugs von Lernerfolgsüberprüfungen einzubeziehen? Wie erfolgreich sind diese und welche Optimierungsmöglichkeiten gibt es?
- Welche Gelegenheiten bekommen Schülerinnen und Schüler, ihren Kompetenzzuwachs selber erfahren und einschätzen zu können?
- Welche Instrumente werden genutzt, um Schülerinnen und Schüler in die Evaluation des Unterrichts bezüglich des Erreichens vorgegebener Leistungsstandards (Fachwissen, Methodenkompetenz, Selbstständigkeit) einzubinden? Welche haben sich als effektiv, welche als verbesserungsfähig herausgestellt?
- Welche gruppenspezifischen Konsequenzen ergeben sich aus den Ergebnissen von abgesehenen Klausuren in verschiedenen Kursen? Was können unterschiedliche Kurse voneinander lernen?