

Beschlüsse der Kultusministerkonferenz

Einheitliche Prüfungsanforderungen  
in der Abiturprüfung

Technik

Die Länder werden gebeten, die neu gefassten Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Fach Technik spätestens zur Abiturprüfung im Jahr 2010 umzusetzen.



# Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik

(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 16.11.2006)

## Inhaltsverzeichnis

Fachpräambel .....	5
I. Festlegungen für die Gestaltung der Abiturprüfungen.....	6
1 Kompetenzen und fachliche Inhalte .....	6
1.1 Kompetenzen.....	6
1.1.1 Sachkompetenz .....	6
1.1.2 Methodenkompetenz .....	7
1.1.3 Sozialkompetenz .....	8
1.1.4 Selbstkompetenz .....	9
1.2 Fachliche Inhalte .....	9
1.3 Differenzierung zwischen Unterricht mit grundlegendem und Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau .....	9
2 Anforderungsbereiche .....	10
2.1 Allgemeine Hinweise .....	10
2.2 Anforderungsbereiche und fachspezifische Beispiele .....	10
2.2.1 Beschreibung der Anforderungsbereiche.....	10
2.2.2 Beispiele aus der Werkstofftechnik .....	12
3 Schriftliche Prüfung .....	13
3.1 Allgemeine Hinweise .....	13
3.2 Verfahren zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe .....	14
3.3 Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen (Erwartungshorizont).....	14
3.4 Bewerten von Prüfungsleistungen .....	15
4 Mündliche Prüfung.....	16
4.1 Besonderheiten und Aufgabenstellung .....	16
4.2 Kriterien für die Bewertung.....	16
5 Fünftes Prüfungsfach .....	17
5.1 Besonderheiten .....	17
5.2 Bewertung .....	17
II. Aufgabenbeispiele.....	18
1 Aufgabenbeispiele für die schriftliche Abiturprüfung.....	18
1.1 Bautechnik (Bauphysik).....	18
1.2 Bautechnik (Dachkonstruktion).....	20
1.3 Bautechnik (Stahlbetonbau) .....	24
1.4 Datenverarbeitungstechnik.....	26
1.5 Elektrotechnik (Filter).....	31
1.6 Elektrotechnik (Steuerungstechnik) .....	36
1.7 Informationstechnik .....	50
1.8 Maschinenbautechnik.....	57
1.9 Mechatronik .....	67
1.10 Medientechnik (Bild und Ton).....	80
2 Beispiel für eine mündliche Abiturprüfung .....	94



## **Fachpräambel**

Im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld sollen Verständnis für den Vorgang der Abstraktion, die Fähigkeit zu logischem Schließen, Sicherheit in einfachen Kalkülen, Einsicht in die Mathematisierung von Sachverhalten, in die Besonderheiten naturwissenschaftlicher Methoden, in die Entwicklung von Modellvorstellungen und deren Anwendung auf die belebte und unbelebte Natur und in die Funktion naturwissenschaftlicher Theorien vermittelt werden.

Technik ist ein Teilbereich menschlicher Kultur. Sie ist sowohl Prozess als auch Ergebnis menschlicher Arbeit. Sie ist schöpferische Umgestaltung der Natur mit dem Ziel, das Überleben zu ermöglichen und die individuelle und gesellschaftliche Lebensführung zu erleichtern. Damit ist die Technik auch ein wesentlicher Bestandteil der Wirtschaft und des Wirtschaftens.

Reale, komplexe technische Aufgabenstellungen oder Vorhaben erfordern zunehmend interdisziplinäre Lösungsansätze und damit korrespondierend eine interdisziplinäre Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit zwischen den fachlichen Schwerpunkten der Technik sowie bezüglich der Anforderungen der Ökonomie, der Ökologie und der Gesellschaft.

Hier setzt das Fach Technik an. In einer maßgeblich durch Wissenschaft und Technik geprägten Umwelt soll das Unterrichtsfach Technik in der gymnasialen Oberstufe einen Beitrag zur Grundbildung und zur Studierfähigkeit leisten sowie den Weg in eine berufliche Ausbildung bzw. Tätigkeit eröffnen. Dazu ist ein verlässliches technisches Orientierungswissen notwendig, das sowohl durch wissenschaftspropädeutisches Lernen als auch durch handlungsorientiertes Lernen angeeignet wird.

Angesichts der Vielfalt technischer Systeme und Verfahren kann Handlungskompetenz im Fach Technik nur in exemplarischer Begegnung mit ausgewählten Technikinhalten vermittelt werden.

Eine vollständige Aufzählung der fachlichen Schwerpunkte des Faches Technik soll hier nicht erfolgen, da sich neben den traditionellen fachlichen Schwerpunkten Metalltechnik/Maschinenbau, Bautechnik, Elektrotechnik sowie Daten- und Informationstechnik durch die fortschreitende interdisziplinäre Entwicklung weitere fachliche Schwerpunkte herausgebildet haben. Beispielhaft für diese Entwicklung sei hierbei neben der Biologie-, Chemie- und Physiktechnik die Mechatronik, die Umwelttechnik, die Gestaltungs- und Medientechnik und die Medizintechnik genannt. Hierbei können auch schwerpunktübergreifende Profile gebildet werden. Diese einheitlichen Prüfungsanforderungen im Fach Technik sollen auch für zukünftig sich herausbildende fachliche Schwerpunkte gelten. Die Nennung der Inhaltsbereiche der fachlichen Schwerpunkte soll den curricularen Vorgaben der Länder vorbehalten sein. Exemplarisch werden in den Beispielen für Prüfungsaufgaben im Teil II fachliche Schwerpunkte und Inhaltsbereiche berücksichtigt.

## **I. Festlegungen für die Gestaltung der Abiturprüfungen**

### **1 Kompetenzen und fachliche Inhalte**

#### *1.1 Kompetenzen*

Die Anforderungen für die schriftliche und mündliche Prüfung sowie für alternative Prüfungskomponenten sind so zu gestalten, dass ein möglichst breites Spektrum von Qualifikationen und Kompetenzen an geeigneten Technikfeldern überprüft werden kann. Die im Folgenden aufgeführten vier Kompetenzbereiche sind ein Instrument der Analyse und dürfen in der Anwendung auf Prüfungsaufgaben nicht isoliert von Inhalten gesehen werden. Die nachzuweisenden Kompetenzen gelten sowohl für die Prüfungen mit grundlegendem Anforderungsniveau als auch für die Prüfungen mit erhöhtem Anforderungsniveau.

##### **1.1.1 Sachkompetenz**

Zur Sachkompetenz gehört:

Technische Probleme analysieren, Wirkungszusammenhänge ermitteln, Lösungen entwickeln und deren Wirksamkeit beurteilen.

Technische Aufgabenstellungen und Lösungen unter den Aspekten ihrer Zweckbestimmung, Funktionalität und Übertragbarkeit analysieren und die Folgen unter Beachtung humaner, ökonomischer und ökologischer Aspekte bewerten.

Optimieren von Lösungen für technische Aufgabenstellungen durch Strukturieren von Lösungswegen, Feststellen möglicher Lösungsvarianten, Vergleichen der Lösungsvarianten, Auswählen einer Variante und Darstellen des Kompromisscharakters der bevorzugten Lösung.

Theorien und Gesetzmäßigkeiten sowie möglicher Analyse- und Syntheseverfahren mittels Reduktion technischer Sachverhalte auf Modelldarstellungen unter Berücksichtigung ihres Geltungsbereichs bereitstellen und anwenden.

Sachkompetenz kann z.B. nachgewiesen werden durch:

- Lösung einfacher technischer Fragestellungen durch Wiedergabe von Daten und Fakten sowie von Begriffen, Größen und Einheiten sowie deren Definitionen
- Anwendung von naturwissenschaftlichen Gesetzen sowie deren Erläuterung
- Fachsprachlich korrektes Fassen technischer Sachverhalte
- Darstellen einfacher historischer Bezüge zur Technik
- Beschreiben von Bezügen zu Ökologie und Ökonomie
- Beschreiben einer Werkstoffprüfung
- Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln
- Systematisiertes Auswerten von Ergebnissen

- Fachgerechtes Wiedergeben von komplexeren technischen Problemstellungen, deren Analyse und der Darstellung der komplexen Zusammenhänge
- Lösung der technischen Problemstellung durch Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets
- Mathematisches Beschreiben technischer Phänomene
- Einordnen von Sachverhalten in historische und gesellschaftliche Bezüge
- Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden
- Problembezogenes Einordnen und Nutzen von Wissen aus verschiedenen technischen Wissensbereichen
- Kreative eigenständige Lösung technischer Problemstellungen
- Beurteilung der Wirksamkeit der Lösungsvarianten
- Entwickeln eigener Fragestellungen bzw. sinnvolles Präzisieren einer offenen Aufgabenstellung
- Erklären komplexer technischer Lösungen
- Begründetes Herleiten der mathematischen Beschreibung eines technischen Sachverhaltes
- Entwickeln alternativer Lösungswege, wenn dieses in der Aufgabenstellung gefordert wird.

#### 1.1.2 Methodenkompetenz

Zur Methodenkompetenz gehört:

Erkenntnismethoden der Technik beschreiben und situationsgerecht nutzen.

Mit technischen Geräten, Maschinen und Anlagen zur Durchführung technischer Experimente sowie experimentelles Ermitteln der Funktionen konkreter technischer Systeme umgehen.

Informationen selbstständig unter Nutzung zeitgemäßer informationstechnischer Möglichkeiten beschaffen, verarbeiten und präsentieren sowie den Gültigkeitsbereich von modellbezogenen Aussagen kritisch abwägen und deren Aktualität beurteilen.

Fachbezogene Kommunikationstechniken anwenden und technische Komponenten planen und konstruieren.

Typische Lösungsverfahren erfassen, auswählen, anwenden und bewerten.

Ergebnisse in Form von Tabellen, Grafiken, Diagrammen und Abbildungen darstellen.

Hypothesen formulieren und überprüfen.

Modellvorstellungen entwickeln, simulieren, darstellen und gegebenenfalls modifizieren.

Methodenkompetenz kann z.B. nachgewiesen werden durch:

- Entnehmen von Informationen aus einfachen Texten
- Aufbauen einer Messeinrichtung nach vorgelegtem Plan oder einer bekannten Messeinrichtung aus der Erinnerung
- Durchführen von Messungen nach einfachen Verfahren
- Sachgerechtes Nutzen einfacher Software
- Visualisierung von technischen Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen (z.B. Tabelle, Graph, Skizze, Text, Bild, Diagramm, Mindmap, Formel)
- Schriftliches oder mündliches Präsentieren einfacher Sachverhalte
- Entnehmen von Informationen aus komplexen Texten
- Übertragen von Betrachtungsweisen und naturwissenschaftlichen Gesetzen
- Strukturieren und schriftliches oder mündliches Präsentieren komplexer Sachverhalte
- Führen eines Fachgesprächs auf angemessenem Niveau zu einem Sachverhalt
- Exzerpieren von Informationen aus komplexen Texten
- Erheben von Daten zur Überprüfung von Hypothesen
- Darstellen eines eigenständig bearbeiteten komplexen Sachverhalt für ein Fachpublikum (z.B. in einer Facharbeit)
- Kommunizieren mit Hilfe technischer Argumentationsketten.

### 1.1.3 Sozialkompetenz

Zur Sozialkompetenz gehört:

Im interdisziplinären Raum der Technikbereiche und im gesellschaftspolitischen Raum kommunizieren und dabei die Fachsprache in die Umgangssprache transformieren.

Übergreifende Zusammenhänge und deren Berücksichtigung bei der Bearbeitung technischer Fragestellungen erkennen und berücksichtigen.

Die Abhängigkeit des Spielraums für Alternativen in der Technikgestaltung von den ökonomischen, ökologischen und gesellschaftspolitischen Bedingungsrahmen untersuchen, darstellen und bewerten.

Die Technik als ambivalentes Mittel zur Gestaltung menschlicher Lebensbedingungen aus historischer und gegenwärtiger Perspektive untersuchen, darstellen und beurteilen.

Nachweis der Sozialkompetenz:

Neben dem Nachweis theoretischer Kenntnisse über Sozialkompetenz in schriftlichen und mündlichen Prüfungsteilen bietet das fünfte Prüfungsfach insbesondere in möglichen Gruppen- oder Teamprüfungen Gelegenheit sozialkompetentes Verhalten zu zeigen und zu thematisieren.



#### 1.1.4 Selbstkompetenz

Zur Selbstkompetenz gehört:

Eigene Bezüge zur Technik reflektieren.

Selbstkompetenz kann z.B. nachgewiesen werden durch:

- Sorgfalt bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung
- Reflexives Beschreiben einfacher Phänomene aus Natur und Technik
- Beschreiben von Stärken und Schwächen der gewählten technischen Lösung.
- Darstellen der eigenen reflektierten Position zur Technik und den gesellschaftlich relevanten Fragen
- Begründen, Verteidigen und gegebenenfalls revidieren der eigenen Position in einem Diskurs.

#### 1.2 Fachliche Inhalte

In der Abiturprüfung im Fach Technik werden technische Gegenstände und Verfahren behandelt, die fachlichen Schwerpunkten der Technikwissenschaften zuzuordnen und unter verschiedenen, auch Technikwissenschaften übergreifenden Fragestellungen zu untersuchen sind. Die Prüfung ist so zu gestalten, dass Inhalte aus mindestens zwei Kurshalbjahren Grundlagen der Prüfungsaufgaben sind.

Die unter 1.1.1 angeführten Sachkompetenzen sind an den fachlichen Inhalten nachzuweisen, die durch curriculare Vorgaben der Länder bzw. in curricularer Verantwortung der Lehrkräfte bestimmt werden. Die curricularen Vorgaben ermöglichen unterschiedliche Abfolgen und Schwerpunktsetzungen bei der Behandlung von Inhalten, einschließlich der Anwendungsbezüge.

#### 1.3 Differenzierung zwischen Unterricht mit grundlegendem und Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau

Gemäß der Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II vom 07.07.1972 (i.d.F. vom 02.06.2006) wird der Fachunterricht auf unterschiedlichen Anspruchsebenen erteilt: Der Unterricht mit grundlegendem Anforderungsniveau dient der Vermittlung einer wissenschaftspropädeutisch orientierten Grundbildung, der Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau der systematischen, vertieften und reflektierten wissenschaftspropädeutischen Arbeit.

Fächer mit erhöhtem und Fächer mit grundlegendem Anforderungsniveau fördern die Entwicklung grundlegender Kompetenzen als Teil der Allgemeinbildung und als Voraussetzung für Studium und Beruf.

Das Fach Technik auf grundlegendem Anforderungsniveau soll in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe und Strukturen des Faches einführen. Es soll wesentliche Arbeits- und Fachmethoden, Darstellungsformen des Faches bewusst und erfahrbar machen sowie Zusammenhänge im Fach und über die Grenzen dessen hinaus in exemplarischer Form erkennbar werden lassen. Der Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau fördert durch lebenswelt-

liche Bezüge Einsicht in die Alltagsbedeutung der Technik sowie durch schülerzentriertes und handlungsorientiertes Arbeiten die Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler.

Fächer mit erhöhtem Anforderungsniveau zielen zusätzlich auf eine systematische Auseinandersetzung mit Inhalten, Theorien und Modellen, welche die Komplexität und den Aspektreichtum des Faches verdeutlichen. Der Unterricht ist gerichtet auf eine vertiefende Beherrschung der Arbeits- und Fachmethoden, deren selbstständige Anwendung, Übertragung und Reflexion. Fächer mit erhöhtem Anforderungsniveau erzielen einen hohen Grad an Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler bei der Erarbeitung technischer Problemlösungen.

Die Prüfungsanforderungen im Fach mit erhöhtem und mit grundlegendem Anforderungsniveau sollen sich nicht nur quantitativ, sondern vor allem qualitativ unterscheiden. Die Prüfungen unterscheiden sich insbesondere durch den Umfang und den Spezialisierungsgrad des Fachwissens, der technischen Modellbildung und der technischen Lösungsansätze, durch den Grad der Elementarisierung technischer Sachverhalte und den Anspruch an die verwendete Fachsprache sowie durch die Komplexität der technischen Sachverhalte, Theorien und Modelle.

## **2 Anforderungsbereiche**

### *2.1 Allgemeine Hinweise*

Die Abiturprüfung soll das Leistungsvermögen der Prüflinge möglichst differenziert erfassen. Dazu werden im Folgenden drei Anforderungsbereiche unterschieden. Obwohl sich weder die Anforderungsbereiche scharf gegeneinander abgrenzen noch die zur Lösung einer Prüfungsaufgabe erforderlichen Teilleistungen in jedem Einzelfall eindeutig einem bestimmten Anforderungsbereich zuordnen lassen, kann die Berücksichtigung der Anforderungsbereiche wesentlich dazu beitragen, ein ausgewogenes Verhältnis der Anforderungen zu erreichen, die Durchschaubarkeit und Vergleichbarkeit der Prüfungsaufgaben zu erhöhen sowie die Bewertung der Prüfungsleistungen transparent zu machen.

Beim Entwurf einer Prüfungsaufgabe (siehe 3.2) wird jede von den Prüflingen erwartete Teilleistung mindestens einem der drei Anforderungsbereiche zugeordnet. Die Zuordnung zu den Anforderungsbereichen hängt davon ab, ob die jeweils aufgeworfene Problematik eine selbstständige Auswahl unter Bearbeitungsansätzen in einem durch Übung bekannten Zusammenhang erfordert oder ob kreatives Erarbeiten, Anwenden und Bewerten in komplexeren und neuartigen Zusammenhängen erwartet wird. Sie ist abhängig vom vorangegangenen Unterricht bzw. von im Lehrplan verbindlich vorgeschriebenen Zielen und Inhalten sowie von der Leistungsfähigkeit zugelassener Hilfsmittel.

### *2.2 Anforderungsbereiche und fachspezifische Beispiele*

Die in 1.1 beschriebenen Kompetenzbereiche geben die Breite der Anforderungen an. Die Anforderungsbereiche beschreiben deren Tiefe. In schriftlichen und mündlichen Prüfungen werden sowohl die Breite als auch die Tiefe des Wissens in angemessener Weise geprüft.

#### **2.2.1 Beschreibung der Anforderungsbereiche**

Im Anforderungsbereich I beschränken sich die Aufgabenstellungen auf die Reproduktion und die Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden, das Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form sowie die Darstellung einfacher Bezüge.

Im Anforderungsbereich II verlangen die Aufgabenstellungen die Reorganisation und das Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Anwendung von technischen Kommunikationsformen, die Wiedergabe von Bewertungsansätzen sowie das Herstellen von Bezügen, um technische Problemstellungen entsprechend den allgemeinen Regeln der Technik zu lösen.

Im Anforderungsbereich III verlangen die Aufgabenstellungen das problembezogene Anwenden und Übertragen komplexer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Auswahl von Kommunikationsformen, das Herstellen von Bezügen und das Bewerten von Sachverhalten.

In der folgenden Liste wird an Beispielen der Zusammenhang zwischen den Anforderungsbereichen, den erwarteten Leistungen und den dazugehörigen Operatoren konkretisiert. Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Analog zum Hinweis in der Präambel auf zukünftige Entwicklungen in der Technik sind auch die Operatoren entsprechend erweiterbar.

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung	Zuordnung zu den Anforderungsbereichen		
		I	II	III
Beschreiben	Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben			
Nennen	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen			
Berechnen/ Bestimmen	Ergebnisse von einem bekannten Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen oder grafische Lösungsmethoden gewinnen.			
Darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden usw. strukturiert und gegebenenfalls fachsprachlich wiedergeben			
Erläutern/ Erklären	Einen technischen Sachverhalt in einen Zusammenhang einordnen sowie ihn nachvollziehbar und verständlich machen			
Vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln			
Zeichnen	Einen technischen Sachverhalt mit zeichnerischen Mitteln unter Einhaltung der genormten Symbole darstellen			
Ableiten	Auf der Grundlage wesentlicher Merkmale sachgerechte Schlüsse ziehen			
Abschätzen	Eine technische Einrichtung nach den Verfahren der jeweiligen Technikwissenschaft entsprechend der gestellten Anforderung grob Dimensionieren ohne genaue Berechnungen durchzuführen			
Auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen und ggf. zu einer Gesamtaussage zusammenführen			
Begründen	Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Beziehungen von Ursachen und Wirkung zurückführen			
Durchführen	Eine vorgegebene oder eigene Anleitung (z.B. für ein Experiment oder eine Befragung) umsetzen.			

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung	Zuordnung zu den Anforderungsbereichen		
		I	II	III
Ermitteln	Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren			
Konstruieren	Form und Bau eines technischen Objektes durch Ausarbeitung des Entwurfs, durch technische Berechnungen, Überlegungen usw. maßgebend gestalten			
Optimieren	Einen gegebenen technischen Sachverhalt oder eine gegebene technische Einrichtung so zu verändern, dass die geforderten Kriterien unter einem bestimmten Aspekt erfüllt werden			
Skizzieren	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduzieren und diese grafisch oder als Text übersichtlich darstellen			
Strukturieren / Ordnen	Vorliegende Objekte oder Sachverhalte kategorisieren und hierarchisieren			
Analysieren und Untersuchen	Wichtige Bestandteile oder Eigenschaften auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten. Untersuchen beinhaltet ggf. zusätzlich praktische Anteile.			
Beurteilen	Zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen			
Bewerten/ Stellung nehmen	Eine eigene Position nach ausgewiesenen Kriterien vertreten.			
Dimensionieren	Eine technische Einrichtung nach den Verfahren der jeweiligen Technikwissenschaft entsprechend der gestellten Anforderung bestimmen			
Entwickeln/ Entwerfen	Lösungen für komplexe Probleme erarbeiten			
Überprüfen und Nachweisen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken			
Übertragen	Einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen.			
Dokumentieren	entscheidende Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen.			

### 2.2.2 Beispiele aus der Werkstofftechnik

Im Anforderungsbereich I:

- Beschreiben einer Werkstoffprüfung
- Auswerten von Ergebnissen nach einfachen Verfahren

- sachgerechtes Nutzen einfacher Software
- reflexives Beschreiben einfacher Phänomene aus Natur und Technik.

Im Anforderungsbereich II:

- Lösung der technischen Problemstellung durch Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets
- Einordnen von Sachverhalten in historische und gesellschaftliche Bezüge.
- Führen eines Fachgespräches auf angemessenem Niveau zu einem Sachverhalt
- Beschreiben von Stärken und Schwächen der gewählten technischen Lösung.

Im Anforderungsbereich III:

- problembezogenes Einordnen und Nutzen von Wissen aus verschiedenen technischen Wissensbereichen
- Erheben von Daten zur Überprüfung von Hypothesen
- präzises Kommunizieren technischer Argumentationsketten
- Darstellen der eigenen reflektierten Position zur Technik und den gesellschaftlich relevanten Fragen, Begründen und Verteidigen dieser Position in einem Diskurs.

### **3 Schriftliche Prüfung**

#### *3.1 Allgemeine Hinweise*

Die Prüfung setzt sich in der Regel aus mehreren Aufgaben zusammen. Dabei ist die einzelne Aufgabe durch einen einheitlichen thematischen Zusammenhang definiert. Die Aufgabenstellung soll eine vielschichtige Auseinandersetzung mit komplexen Problemen zulassen. Die Aufgaben können in begrenztem Umfang in Teilaufgaben gegliedert sein. Diese sollen so unabhängig voneinander sein, dass eine Fehlleistung – insbesondere am Anfang - nicht die weitere Bearbeitung der Aufgabe unmöglich macht.

Für die schriftliche Prüfung sind folgende Aufgabenarten geeignet:

- Technische Problemstellung: Analysieren, dimensionieren, entwickeln in bekanntem und verändertem Kontext.
- Materialgebundene Aufgaben: Auswerten, Interpretieren und Bewerten von technischen Unterlagen. Mit Hilfe des zur Verfügung gestellten Materials sollen vorgegebene Sachverhalte und Probleme selbstständig dargestellt und analysiert werden. Die Materialien dürfen in diesem Zusammenhang nicht im Unterricht verwendet worden sein.
- Aufgaben mit Experimenten: Beschreiben und Auswerten vorgeführter, selbst durchgeführter oder dokumentierter Experimente und Verwendung der Ergebnisse für anschließende Aufgabenstellungen.

Nicht zugelassen sind:

- Prüfungen, in denen ausschließlich aufsatzartig zu arbeiten ist
- Prüfungen, in denen eine überwiegend mathematische Bearbeitung gefordert wird
- Prüfungen ohne Kontextorientierung.

### 3.2 *Verfahren zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe*

Eine Prüfungsaufgabe muss sich auf alle drei in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Anforderungsbereiche erstrecken. Die Prüfungsaufgaben sowohl für den Unterricht mit grundlegendem Anforderungsniveau als auch für den Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau erreichen dann ein angemessenes Niveau, wenn das Schwergewicht der zu erbringenden Prüfungsleistung im Anforderungsbereich II (ca. 40 %) liegt und daneben die Anforderungsbereiche I und III (mit ca. je 30 %) berücksichtigt werden. Entsprechende Anteile der Anforderungsbereiche können insbesondere durch geeignete Wahl der nachzuweisenden fachlichen und methodischen Kompetenzen, durch die Struktur der Prüfungsaufgabe sowie durch entsprechende Formulierung des Textes erreicht werden (vgl. 2.1). Diese Wahl sollte so erfolgen, dass eine prüfungsdidaktisch sinnvolle, selbstständige Leistung gefordert wird, ohne dass der Zusammenhang zur bisherigen Unterrichts- und Klausurpraxis verloren geht.

Grundlage jeder Prüfungsaufgabe sollte eine übergeordnete Thematik sein, die gewährleistet, dass Teilaufgaben einen gemeinsamen Bezug haben.

Die Aufgliederung einer Prüfungsaufgabe darf nicht so detailliert sein, dass dadurch ein Lösungsweg zwingend vorgezeichnet wird. Die erste Teilaufgabe sollte nicht mit einer Fragestellung aus dem Anforderungsbereich III beginnen. Ausdrücklich erwünscht sind offene Aufgabenstellungen, die mehrere Lösungswege ermöglichen.

Bei experimentellen Aufgabenstellungen ist für den Fall des Misslingens vorab eine Datensicherung vorzunehmen.

Aus der Aufgabenstellung gehen Art und Umfang der geforderten Leistung hervor. Dazu ist die Verwendung der im Kapitel 2.2.1 genannten Operatoren hilfreich. Diese Operatoren gelten sowohl für die schriftliche wie die mündliche Prüfung, als auch für die fünfte Prüfungskomponente.

### 3.3 *Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen (Erwartungshorizont)*

„Den Aufgaben der schriftlichen Prüfung werden von der Aufgabenstellerin bzw. dem Aufgabensteller eine Beschreibung der von den Prüflingen erwarteten Leistungen einschließlich der Angabe von Bewertungskriterien beigegeben. Dabei sind von der Schulaufsichtsbehörde gegebene Hinweise für die Bewertung zu beachten und auf die gestellten Aufgaben anzuwenden.“ (§ 5 Absatz 3 der „Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II“ Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12. 1973 i.d.F. vom 16.06.2000)

Die erwarteten Prüfungsleistungen sind stichwortartig darzustellen. Werden Prüfungsaufgaben nicht zentral gestellt, so ist der vorangegangenen Unterricht, aus dem die vorgeschlagene Prüfungsaufgabe erwachsen ist, so weit kurz zu erläutern, wie dies zum Verständnis der Aufgabe notwendig ist. Damit soll zugleich der Bezug zu den Anforderungsbereichen einsichtig gemacht werden.

Zugelassene Hilfsmittel sind anzugeben. Beim Einsatz der Hilfsmittel muss der Grundsatz der Gleichbehandlung gewahrt bleiben. Bei dezentraler Aufgabenstellung sind die Quellen, die zur Erstellung der Aufgabe herangezogen wurden, und das eingeführte Lehrbuch anzugeben.

### 3.4 *Bewerten von Prüfungsleistungen*

Nach § 6 Absatz 5 der „Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F. vom 16.06.2000) soll aus der Korrektur und Beurteilung der schriftlichen Arbeit hervorgehen, „welcher Wert den von der Schülerin bzw. dem Schüler vorgebrachten Lösungen, Untersuchungsergebnissen oder Argumenten beigemessen wird und wie weit die Schülerin bzw. der Schüler die Lösung der gestellten Aufgaben durch gelungene Beiträge gefördert oder durch sachliche oder logische Fehler beeinträchtigt hat. Die zusammenfassende Beurteilung schließt mit einer Bewertung gemäß Ziffer 9.1 und 9.2 der Vereinbarung vom 07.07.1972 i.d.F. vom 16.06.2000 (Anm.: jetzt 02.06.2006).“

Das Beurteilen der von den Prüflingen erbrachten Prüfungsleistung erfolgt unter Bezug auf die beschriebene erwartete Gesamtleistung. Den Beurteilenden steht dabei ein Beurteilungsspielraum zur Verfügung.

Liefern Prüflinge zu einer gestellten Aufgabe oder Teilaufgabe Bearbeitungen, die in der Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen nicht erfasst waren, so sind die erbrachten Leistungen angemessen zu berücksichtigen. Dabei kann der vorgesehene Bewertungsrahmen für die Teilaufgabe nicht überschritten werden.

Mangelhafte Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen oder falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text sind als fachliche Fehler zu werten.

Darüber hinaus sind schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der deutschen Sprache (Unterrichtssprache) oder gegen die äußere Form gem. § 6 Abs. 5 letzter Satz der Vereinbarung über die Abiturprüfung der neu gestalteten gymnasialen Oberstufe - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13. 12. 1973 in der jeweils gültigen Fassung - zu bewerten.

Die Note „gut“ soll erteilt werden, wenn ca. 75 % der geforderten Gesamtleistung und auch Leistungen im Anforderungsbereich III erbracht worden sind. Sie kann erteilt werden, wenn

- zentrale Aussagen und bestimmende Merkmale von Materialien und Sachverhalten differenziert erfasst und umfassend bearbeitet werden
- die Aussagen präzise und umfassend auf die Aufgabe bezogen sind
- selbstständige Bezüge und eigenständiges Arbeiten erkennbar ist
- fachspezifische Verfahren und Begriffe sicher angewendet werden
- die Darstellung in gedanklicher Ordnung und sprachlicher Gestaltung überzeugt
- komplexe Gedankengänge entfaltet und eigenständige Urteile dargestellt werden.

Die Note „ausreichend“ soll erteilt werden, wenn ca. 45 % der geforderten Gesamtleistung erbracht worden sind. Sie soll erteilt werden, wenn

- zentrale Aussagen und bestimmende Merkmale von Materialien und Sachverhalten in Grundzügen erfasst sind
- die Aussagen insgesamt auf die Aufgaben bezogen sind
- grundlegende Verfahren und Begriffe angewendet werden
- die Darstellung verständlich ausgeführt und erkennbar geordnet ist
- die sprachlichen und fachsprachlichen Anforderungen im Ganzen erfüllt sind
- erkennbare Strukturen und Verbindungen vorhanden sind.

#### **4 Mündliche Prüfung**

##### *4.1 Besonderheiten und Aufgabenstellung*

Die mündliche Prüfung muss alle drei in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Anforderungsbereiche beinhalten. Sie erstreckt sich möglichst auf alle vier beschriebenen Kompetenzbereiche und bezieht sich auf die Unterrichtsinhalte von mindestens zwei Kurshalbjahren. Die Prüfung muss so angelegt sein, dass unter Beachtung der Anforderungsbereiche grundsätzlich jede Note erreichbar ist.

In der mündlichen Prüfung zeigen die Prüflinge, dass sie über technische Sachverhalte und zu fachspezifischen Frage- und Problemstellungen Position beziehen können. Dies geschieht in einem Prüfungsgespräch oder in freiem Vortrag oder in einer Präsentation oder in Kombinationen daraus. Grundlage dafür kann eine gegliederte Aufgabe mit Material sein, die dem Prüfling zu Beginn der Vorbereitung schriftlich vorgelegt wird. Schließt das Prüfungsgespräch an einen freien Vortrag oder an eine Präsentation an, geht es über die vorher zu lösende Aufgabe hinaus und hat weitere Themen bzw. größere Zusammenhänge zum Gegenstand. Das Prüfungsgespräch erfordert Überblickswissen sowie Flexibilität und Reaktionsfähigkeit des Prüflings. Die Gesprächsführung muss dem Prüfling Spielraum für eigene Entwicklungen einräumen und bezüglich der Prüfungsnote ergebnisoffen gestaltet werden.

In einer Gruppenprüfung ist auf eine gerechte Chancenverteilung zu achten. Gegenstand der Bewertung ist in jedem Fall die Leistung des einzelnen Prüflings.

##### *4.2 Kriterien für die Bewertung*

Für die Bewertung der Prüfungsleistungen gelten in der mündlichen Prüfung die gleichen Grundsätze wie in der schriftlichen Prüfung. Es sollen neben den beschriebenen Kompetenzen vor allem folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- Erschließung technischer Problemstellungen
- Umfang und Qualität der nachgewiesenen technischen Kenntnisse
- sachgerechte Gliederung und folgerichtiger Aufbau der Darstellung



- Beherrschung der Fachsprache
- Verständlichkeit der Darlegungen und die Fähigkeit, das Wesentliche herauszustellen
- Sicherheit des Reagierens und Flexibilität in der Argumentation
- der Grad der Selbstständigkeit

## **5 Fünftes Prüfungsfach**

„Die Abiturprüfung umfasst vier oder fünf Prüfungsfächer. Verpflichtend sind mindestens drei schriftliche Prüfungsfächer und mindestens ein mündliches Prüfungsfach ....“ (Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II [Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i d. F. vom 02.06.2006], Ziff. 8.2.). Bei fünf Abiturprüfungsfächern können die Länder im Rahmen des fünften Prüfungsfachs neue Prüfungsformen entwickeln, z.B. eine mündliche Präsentationsprüfung; für alle Formen gelten die Abschnitte 1 bis 4.2 sinngemäß. Im Rahmen der Abiturprüfung kann auch eine besondere Lernleistung eingebracht werden.

### *5.1 Besonderheiten*

Das fünfte Prüfungsfach zielt auf die Einbeziehung größerer technischer Zusammenhänge und fachübergreifender Aspekte in die Abiturprüfung. Es ist deshalb vor allem gekennzeichnet durch einen längeren zeitlichen Arbeitsverlauf und einen besonderen Stellenwert einer vom Prüfling vorbereiteten Präsentation. Die Gewährung eines längeren zeitlichen Vorlaufs kann insbesondere bei Aufgaben mit komplexerer Fragestellung oder aufwändigerer Erschließung nötig sein.

Hinzu kommt die Möglichkeit, Gruppenprüfungen durchzuführen. Dabei ist durch Begrenzung der Gruppengröße, die Aufgabenstellung und die Gestaltung des Prüfungsgesprächs dafür Sorge zu tragen, dass die individuelle Leistung eindeutig erkennbar und bewertbar ist. Für Gruppenprüfungen eignen sich Prüfungsaufgaben, bei denen unterschiedliche Aspekte eines Problems behandelt werden.

### *5.2 Bewertung*

Bei der Bewertung des fünften Prüfungsfachs als „mündliche Prüfung in neuer Form“ kommt neben der nachgewiesenen Fach- und Methodenkompetenz folgenden Merkmalen besondere Bedeutung zu:

- der dokumentierten Vorbereitung
- der Klarheit, Vollständigkeit und Angemessenheit von Dokumentation und Präsentation
- der Selbstständigkeit und der Breite der Argumentation bei der Ausführung der Arbeitsanteile und Arbeitsschritte
- dem Grad der Durchdringung und den aufgezeigten Vernetzungen
- der Souveränität im Prüfungsgespräch.

## II. Aufgabenbeispiele

### 1 Aufgabenbeispiele für die schriftliche Abiturprüfung

Die folgenden Aufgabenbeispiele greifen auf bewährte Aufgabenstellungen zurück und berücksichtigen neuere fachdidaktische Entwicklungen. Diese Aufgabenbeispiele genügen den Anforderungen dieser EPA im Teil I.

Die einzelnen Aufgaben können in der Regel in dieser Form nicht in allen Bundesländern geschrieben worden sein. Aufgrund der großen Differenzierung des Faches Technik hinsichtlich der fachlichen Schwerpunkte und ihrer Kombinationen sowie der Unterschiede bei den Inhaltsbereichen in den curricularen Vorgaben und im Unterrichtsumfang in den Ländern, ist eine starke Normierung der Aufgabenbeispiele nicht möglich. Ziel ist es, exemplarisch das erwartete Anforderungsniveau als Orientierungsmaßstab darzustellen. Die Beachtung der Anforderungsbereiche stellt ein wesentliches Kriterium bei der Aufgabenentwicklung dar.

Die vorgelegten Aufgabenbeispiele sollen aufgrund der Fülle der möglichen Varianten als rahmensetzende, weiterzuentwickelnde Orientierungen gesehen werden. Jeder Aufgabe wird eine Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen vorangestellt, die wichtige Informationen zur Einordnung der Aufgabe gibt.

Sie sind folgendermaßen gegliedert:

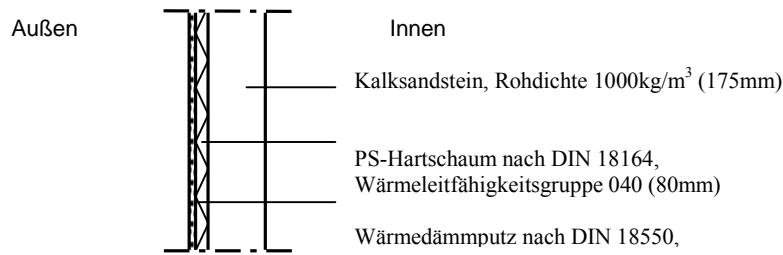
- Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen
- Thema und Aufgabe
- Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistung (Erwartungshorizont)

#### 1.1 Bautechnik (Bauphysik)

Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Bautechnik
Inhaltsbereich dieser Aufgabe	Bauphysik
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	6 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	6 Wochenstunden über ein Schulhalbjahr
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Bautenschutz; bauphysikalische Anforderungen, bauphysikalische Nachweise, konstruktive Maßnahmen des Bautenschutzes
Bearbeitungszeit für das Fach	240 Minuten
davon geplante Einlesezeit	30 Minuten
Bearbeitungszeit für diese Teildisziplin	70 Minuten
davon geplante Einlesezeit	10 Minuten
weitere vom Schüler zu bearbeitende Teildisziplinen	Grundbau, Stahlbetonbau, Holzbau
Hilfsmittel	Tabellenbuch, Taschenrechner, Zeichenmaterial

### Thema und Aufgabe

Ein Blumenhändler möchte in den Wintermonaten ein Nebengebäude zur Lagerung von Pflanzen nutzen. Um die Lagerung der Pflanzen zu ermöglichen, hat er sich eine Klimaanlage gekauft, die ihm in den Wintermonaten gleichmäßige Klimabedingungen liefert (+30°C bei 80% Luftfeuchte). Um Energie zu sparen, hat er den Raum an der Außenseite mit einer Wärmedämmung versehen.



1. Untersuchen Sie das Bauteil auf Tauwasserbildung. Führen Sie die dazu notwendigen normgerechten Nachweise und bewerten Sie den Aufbau. (30 Punkte)
2. Ein Bekannter des Blumenhändlers schlägt vor, die Wand durch Aufbringen einer zusätzlichen Dämmung auf der Innenseite zu verbessern. Wie bewerten Sie von diesem Vorschlag? Erläutern Sie ihre Aussage mit Hilfe von Skizzen. (40 Punkte)
3. Wie könnte Ihrer Meinung nach das Bauteil optimiert werden? Machen Sie einen konstruktiven Vorschlag und weisen sie diesen nach! (30 Punkte)

#### Erwartete Prüfungsleistung

Teilaufgabe	Lösungsskizze / Hinweise	I	II	III
1	<p>Diffusionstechnische Berechnung der Außenwand unter Berücksichtigung der geänderten klimatischen Randbedingungen; für <math>U = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}</math>; für <math>q = 15,27 \text{ W/m}^2</math>.</p> <p>Erstellung von Glaserdiagrammen für die Tau- und die Verdunstungsperiode.</p> <p>Berechnung der Tau- und Verdunstungsmenge; für <math>m_{W,T} = 0,686\text{kg/m}^2</math>; für <math>m_{W,V} = 3,277\text{kg/m}^2</math>.</p> <p>Tauwasserausfall zwischen Wärmedämmputz und Wärmedämmung ist schädliche Tauwassermenge, da <math>m_{W,T}</math> kleiner als <math>m_{W,V}</math>, jedoch größer als zul. <math>m_{W,T}</math>.</p>	15	10	5
2	<p>Vorschlag führt zu keiner Verringerung der Tauwassermenge.</p> <p>Vorschlag führt zu einer Verringerung der Wärmestromdichte.</p> <p>Wird eine zusätzliche Wärmedämmung auf der Innenseite aufgebracht, wird <math>p_i</math> kleiner, dadurch kommt es zu einer Verschiebung der Tauwasserebene in das Bauteil, letztendlich zu einem Tauwasserausfall in einer Schicht.</p>	10	20	10

Teilaufgabe	Lösungsskizze / Hinweise	I	II	III
3	<p>Hinweis auf Problemstellung: Durchfeuchtung des Bauteilinneren im Winter; im Sommer gibt es keine feuchteschutztechnischen Probleme.</p> <p>Verhinderung der Feuchtigkeit im Bauteilinneren ist nur möglich durch eine Erhöhung des Sperrwertes auf der Innenseite.</p> <p>Die Erhöhung des sd-Wertes auf der Innenseite ist durch Anbringen einer Sperrfolien / eines Abdichtungsstoffes zu erreichen.</p> <p>Möglichkeit: Keramik, sd-Wert geht gegen unendlich.</p> <p>Diffusionstechnische Berechnung der Außenwand, unter Berücksichtigung der geänderten klimatischen Randbedingungen.</p> <p>Das Ergebnis ist abhängig von gewählter Dicke des Bauteils.</p> <p>Erstellung von Glaserdiagrammen für die Tauperiode.</p> <p>Ergebnis: kein Tauwasserausfall.</p>	5	10	15
Insgesamt 100 Bewertungseinheiten		30	40	30

### 1.2 Bautechnik (Dachkonstruktion)

Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Bautechnik
Inhaltsbereich dieser Aufgabe	Planungstechnik, Baukonstruktionslehre, Baustatik und Festigkeitslehre, Energietechnik, Holzbautechnik, Prüftechnik Wärme- und Feuchteschutztechnik
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	6 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre 6 Wochenstunden über ein Schulhalbjahr
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Tragwerksysteme Energiesparende Gebäudetechnik Planung von Dachkonstruktionen
Bearbeitungszeit für das Fach Auswahl- und Einlesezeit	240 Minuten 30 Minuten
Hilfsmittel	Tabellenbuch, Taschenrechner, Zeichenmaterial

#### Thema und Aufgabe

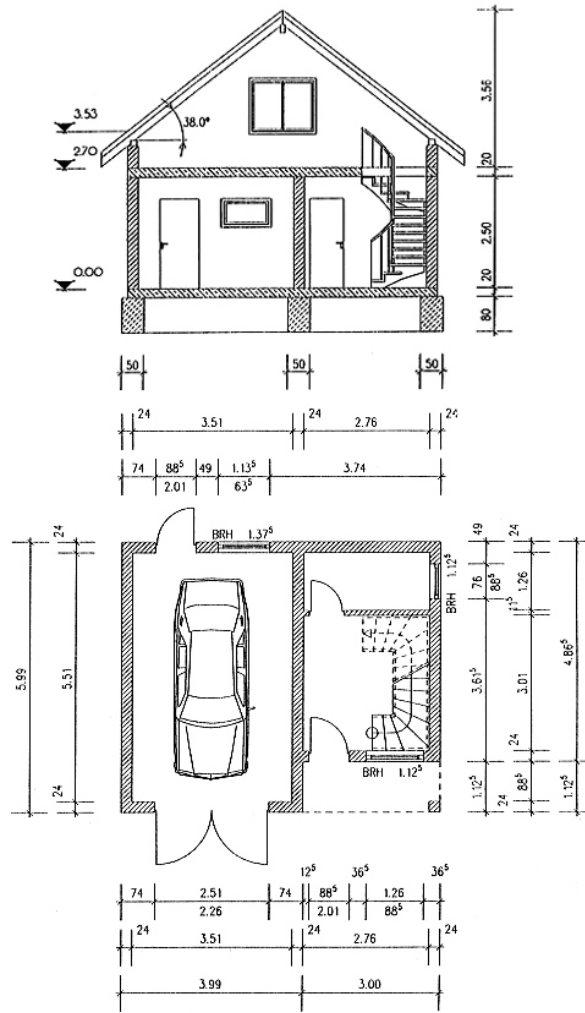
Dargestellt ist eine Garage mit auszubauenden Dachgeschoss mit einfach, stehendem Pfettendach als Satteldach, mit aufgesetzter Solaranlage und einem allseitigen Dachüberstand von ca. 60cm.

Der geplante Sparrenquerschnitt ist 8/14 cm, (NH S10), die Stützweite des schrägen Sparrens beträgt 4,29 m, das geplante Bundmaß liegt zwischen 70 und 80 cm. Der Ortgangsüberstand ist selbst zu wählen.

Die Firstpfette liegt auf den gemauerten Giebelwänden auf und ist in der Mitte der Garage mit einem Pfosten unterstützt. Als Aussteifung sind Kopfbänder und Laschen an dem Pfosten angebracht. Die Anschlüsse der Kopfbänder und des Pfostens an die Firstpfette erfolgen stumpf.

Anzunehmende Lasten: Ständige Last:  $g = 0,80 \text{ kN/m}^2$  auf Dachfläche; veränderliche Lasten: Schneelast  $s = 0,75 \text{ kN/m}^2$  und Windlast nach Berechnung.

**Schnitt und Grundriss Garage:**



Berechnen Sie die Anzahl der Sparren, das genaue Bundmaß und konstruieren Sie den Firstpunkt im Querschnitt einschließlich Lasche in einem sinnvollen Maßstab. Fehlende Querschnittsmaße sind angemessen festzulegen.  
(25 Punkte)

1. Für die gesamte Dachkonstruktion ist eine Holzliste zu erstellen. Die hierzu erforderlichen Querschnittsmaße sowie fehlende Werte und Längen sind zu ergänzen bzw. dem Detailpunkt zu entnehmen.  
(20 Punkte)
2. Für den geplanten Ausbau des Dachgeschosses ist ein Dachaufbau nach bauphysikalischen und energietechnischen Gesichtspunkten zu bestimmen und in einer Querschnittsskizze mit dazugehörigen Schichtdicken darzustellen. Berechnen Sie den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten des Steildaches und vergleichen bzw. bewerten Sie den Wert mit den Anforderungen der Energieeinsparungsverordnung nach dem vereinfachten Nachweisverfahren!  
(23 Punkte)
3. Die vorgegebenen Sparren des Pfettendaches sollen als Einfeldträger bemessen bzw. nachgewiesen werden. Der Sparrenabstand ist aus der ersten Teilaufgabe ersichtlich bzw., wenn nicht gelöst, anzunehmen! Führen Sie hierzu den statischen Nachweis des Sparrens mit der Bemessung auf Biegung und überprüfen Sie, ob der gewählte Sparrenquerschnitt ausreichend dimensioniert ist!  
(20 Punkte)
4. Skizzieren Sie am Beispiel der auszubauenden Garage das Schema einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserbereitung mit den notwendigen Komponenten. Erläutern Sie den inneren Aufbau des Speichers sowie die Anschlüsse und Strömungsrichtungen und wählen Sie einen möglichen Kollektortyp.  
(12 Punkte)

**Erwartete Prüfungsleistung**

Teilaufgabe	Lösungsskizze / Hinweise	I	II	III
1	Unter Berücksichtigung des Dachüberstandes werden die Felder und die Sparrenanzahl sowie das genaue Bundmaß errechnet, der Überstand festgestellt. Firstpunkt zeichnerisch darstellen mit entsprechenden Angaben zu den fehlenden Querschnittsmaßen. Hierbei sind je nach Sparrenanzahl und Bundmaß sind verschiedene Lösungen möglich.	6	12	7
2	Holzliste erstellen, notwendige Dachkonstruktionsteile erkennen dazugehörige Längen und Volumina ausrechnen und eintragen. Mit Hilfe der Zeichnung aus Aufgabe 1 fehlende Längen abtragen und Pfostenlänge ungefähr ermitteln; Kopfband und Zangen annehmen. Gesamte Holzvolumen in m <sup>3</sup> berechnen. Hierbei sind je nach Annahme unterschiedliche Lösungen möglich.	6	8	6

Teilaufgabe	Lösungsskizze / Hinweise	I	II	III
3	Ein eigenständiger Aufbau bzgl. des ausgebauten Dachgeschosses wird vorgenommen und in einer Querschnittsskizze mit entsprechender Schraffur von einem Feld mit zwei Sparren dargelegt. Die Wärmeleitzahlen der ausgewählten Materialien und die Wärmeübergangswiderstände werden anhand von Tabellen zur U-Wert Berechnung herangezogen, dabei ist zu beachten, dass zunächst die U-Werte im Bereich des Balkens und des Gefaches getrennt und dann der Mittelwert errechnet wird. Der errechnete U-Wert wird mit dem geforderten Wert nach EnEV verglichen und beurteilt.	6	7	10
4	Errechnung der Schneelast mit dem Abminderungsbeiwert $k_s$ auf Grundfläche; Umrechnung der Eigenlast auf Grundfläche; Windlast mit $q = 0,5 \text{ kN/m}^2$ und $c_p$ -Wert sowie mit 25 % Erhöhung auf Dachfläche errechnen; Ermittlung des Biegemomentes aus Eigenlast, Schnee und Wind unter Beachtung des (evtl. angenommenen) Bundmaßes  $M = \left( (g + s) \cdot \frac{l^2}{8} \right) \cdot a + \left( w_d \cdot \frac{l_s^2}{8} \right) \cdot a$ Das erforderliche Widerstandsmoment aus dem Moment wird mit dem vorhandenen Widerstandsmoment verglichen und beurteilt.	6	10	4
5	Schematische Darstellung der Kollektoranlage zur Warmwasserbereitung beinhaltet Sonnenkollektoren, Solarkreisstation (mit Solarregler, Solarkreispumpe und Ausdehnungsgefäß), Solarspeicher und Nachheizung sowie mögliche Entnahmestellen. Die Zuordnung dieser einzelnen Teile erfolgt über Kalt- und Warmwasserstränge. Über den Solarspeicher wird unten Kaltwasser zugeführt und oben Warmwasser entnommen. bzgl. der beiden Varianten Flachkollektor und Vakuumkollektor sind technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte gegeneinander abzuwägen.	6	3	3
Insgesamt 100 Bewertungseinheiten		30	40	30

### 1.3 Bautechnik (Stahlbetonbau)

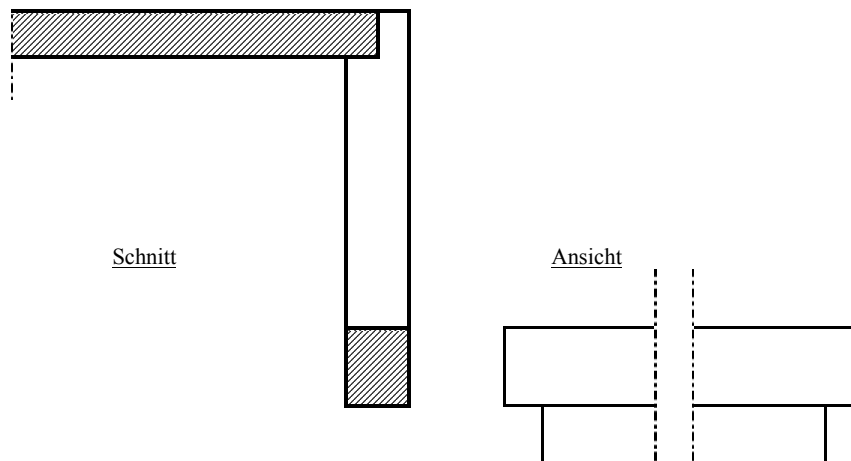
Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Bautechnik
Inhaltsbereich dieser Aufgabe	Stahlbetonbau, Betontechnologie
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	24 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre 6 Wochenstunden über ein Schulhalbjahr
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Anwendungsgebiete und Möglichkeiten des Beton- und Stahlbetonbaus, Einfluss des Wasserzementwertes, Bemessungsverfahren biegebeanspruchter Stahlbetonbauteile
Bearbeitungszeit für das Fach davon geplante Einlesezeit Bearbeitungszeit für diese Teildisziplin davon geplante Einlesezeit weitere vom Schüler zu bearbeitende Teildisziplin	300 Minuten 30 Minuten 60 Minuten 10 Minuten Schallschutz, Holzbau, Tiefbau
Hilfsmittel	Bautabellen, Taschenrechner, Zeichenmaterial

#### Thema und Aufgabe

Eine Maueröffnung im Innenbereich des dritten Obergeschosses eines Wohngebäudes ist mit einem Stahlbetonbalken aus C 25/30 und BSt 500 S zu überdecken.

Die Lichtweite  $l_n$  beträgt 3,20 m, die Balkenabmessungen 23/45cm. Der Balken wird durch ein 24-er Mauerwerk mit einer Höhe  $h$  von 1,60 m (Steinrohdichte = 1,8 g/cm<sup>3</sup>) und einer Geschossdecke ( $l = 4,00$  m,  $g_k = 5,5$  kN/m<sup>2</sup>,  $q_k = 0,75$  kN/m<sup>2</sup>) belastet.


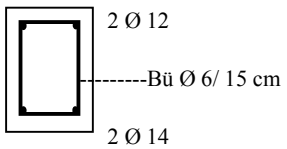
Schnitt und Ansicht





1. Bemessen Sie den Stahlbetonbalken. (35 Punkte)
2. Als Montageeisen liegen 2 Stäbe  $\varnothing 12$  im Balken, für die Schubsicherung werden Bügel  $\varnothing 6$ ,  $a = 15\text{ cm}$  eingebaut. Dimensionieren Sie die Zugbewehrung des Stahlbetonbalkens und stellen Sie die Bewehrung in einer technischen Zeichnung dar. (30 Punkte)
3. Für den Stahlbetonbalken wird Beton (CEM III A 32,5) mit dem w/z-Wert 0,65 der Konsistenzklasse F 5 geliefert. Beurteilen Sie die zu erwartende Qualität des Betons. (35 Punkt)

**Erwartete Prüfungsleistung**

Teilaufgabe	Lösungsskizze / Hinweise	I	II	III
1	<p>Bestimmung der Expositionsklasse: XC3            Bestimmung der Betondeckung: nom <math>c_{\min}</math> 3 cm            Berechnung der Stützweite:  <math display="block">l_{\text{eff}} = 3,36\text{ m} \geq l_n + \left(\frac{2}{3} \cdot 0,24\right) = 3,36\text{ m}</math>           Berechnung der Nutzhöhe:  <math>d = 45\text{ cm (h)} - 3,0\text{ cm (nom c)} - 0,6\text{ cm (\varnothing \text{ Bügel})} - 0,8\text{ cm (angen. } \frac{1}{2} \varnothing \text{ Tragstab)} = 40,6\text{ cm}</math>           Bestimmung der Eigenlasten <math>g_k</math> für Stahlbetonbalken, Stahlbetondecke und Mauerwerk            Ermittlung der Verkehrslasten der Geschosdecke            System und Belastung :</p>  <p><math>l_{\text{eff}} = 3,36\text{ m}</math>      <math>g_k = 20,61\text{ kN/m}</math>; <math>q_k = 1,50\text{ kN/m}</math>            Bestimmung der Teilsicherheitsbeiwerte: <math>\gamma_G = 1,35</math>; <math>\gamma_Q = 1,50</math>            Berechnung der Bemessungslasten: <math>g_D = 30,07\text{ kN/m}^2</math>            Berechnung des Biegemomentes: <math>M_d = 42,43\text{ kN/m}</math></p>	20	15	
2	<p>Bestimmung von <math>k_d = 3,05</math>            Bestimmung von <math>k_s = 2,29</math>            Berechnung der Betonstahlfläche: <math>A_S = 2,39\text{ cm}^2</math>            Auswahl der Betonstahldurchmesser und der Anzahl: Bspw.            2 Stäbe <math>\varnothing 14</math> (<math>3,08\text{ cm}^2</math>) BSt 500 S            4 Stäbe <math>\varnothing 10</math> (<math>3,14\text{ cm}^2</math>) BSt 500 S            Skizze Querschnitt Balken:</p>  <p>2 <math>\varnothing 12</math>            -----Bü <math>\varnothing 6 / 15\text{ cm}</math>            2 <math>\varnothing 14</math></p>	10	15	5

3	w/z –Wert 0,65: deutlich zu hoch (ideal 0,4 – 0,5); starke Wasseraugfähigkeit, niedrige Druckfestigkeit, starkes Schwinden und starkes Bluten. Konsistenzklasse F6: fließfähiger Beton ist nicht nötig, da es sich um ein schlichtes Bauteil handelt, hohe Kosten (größerer Zementanteil), Entmischungsgefahr			
	Insgesamt 100 Bewertungseinheiten	30	40	30

#### 1.4 Datenverarbeitungstechnik

Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Datenverarbeitungstechnik
Inhaltsbereich dieser Aufgabe	Entwicklung von Windows- Anwendungen
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	6 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	2 Wochenstunden über 3 Schulhalbjahre
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Die Schülerinnen u. Schüler kennen wesentliche Zusammenhänge zwischen Klassen und Instanzen sowie die Prinzipien der Datenkapselung, Vererbung und Polymorphie. Sie sind in der Lage, Windows- Klassen zu entwickeln bzw. diese unter Verwendung entsprechender Entwicklungsumgebungen mit Hilfe der darin implementierten Assistenten aus Klassenbibliotheken abzuleiten. Sie verfügen über die sachliche und methodische Kompetenz, Problemstellungen zu analysieren und unter Berücksichtigung softwareergonomischer Grundforderungen gemäß DIN EN 9241 in einem vereinfachten softwaretechnischen Prozess eine eingabe- und systemsichere sowie mathematisch korrekte Windows- Anwendung zu programmieren.
Bearbeitungszeit für das Fach (einschließlich Einlesezeit)	270 Minuten
Bearbeitungszeit für diese Teilaufgabe (einschließlich Einlesezeit)	115 Minuten
weitere Teilaufgaben im Rahmen dieser Prüfung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Grundlagen prozedurale Programmierung</li> <li>– Betriebssysteme, Netze, Hardwarekomponenten</li> <li>– Datenbank- Entwicklung</li> </ul>
Hilfsmittel	Standard Hilfesystem der verwendeten Programm-Entwicklungsumgebung und von der Fachkonferenz der Schule bestätigte Programmbefehlsliste

## Thema und Aufgabe

### Abrechnung einer Autovermietung

Das Autohaus „Rasender Michel“ möchte den Rechnungsbetrag für die Autovermietung ihrer Kunden über den PC ermitteln lassen. Folgende Tariftabelle, welche in geeigneter Form als Textdatei zu erstellen ist, dient als Berechnungsgrundlage.

Nr.:	Autotyp	Kennzeichen	km-Tarif	Tagestarif	Stundentarif
1	BMW	UH-KL98	0,44 €	100,00 €	16,99 €
2	Opel	UH-AU34	0,30 €	75,00 €	15,00 €
3	VW	UH-SU15	0,26 €	58,00 €	11,44 €
4	Mercedes	UH-R177	0,45 €	102,50 €	17,00 €

In einem Unterdialog soll der zu leihende Wagen ausgewählt werden. Nach Eingabe der Daten (gefahrte Kilometer, Mietzeit in vollen Tagen und restliche Stunden) soll die Anwendung den Rechnungsbetrag ermitteln und alle Mietdaten anzeigen. Der Mietpreis setzt sich entsprechend des gewählten Autotyps aus der Summe von Kilometerpreis und Zeittarif wie folgt zusammen:

Der Kilometerpreis ergibt sich aufgrund der gefahrenen Kilometer und dem zugehörigen km-Tarif.


Der Zeittarif berechnet sich aus der Ausleihzeit in Tagen zuzüglich der restlichen Stunden, unter Berücksichtigung des jeweiligen Tages- bzw. Stundentarifs. Übersteigt der Mietpreis für die Stunden den Tagestarif, so ist der für den Kunden günstigere Tagestarif anzusetzen.


1. Entwickeln Sie eine benutzerfreundliche Programmoberfläche zur Realisierung der notwendigen Ein- und Ausgaben. (21 Punkte)
2. Setzen Sie die Aufgabenstellung in ereignisorientierte Prozeduren um. Logisch unvereinbare Eingabekombinationen (kein Wagen gewählt, Fahrstrecke ohne Fahrzeiten, negative Werte etc.) sind entsprechend abzuweisen. (59 Punkte)
3. Bieten Sie eine Möglichkeit an, aus dem Hauptdialog der Anwendung heraus dem Benutzer die Tariftabelle auf dem Bildschirm ohne Editier- bzw. Erweiterungsmöglichkeit anzuzeigen. (12 Punkte)
4. Formulieren Sie schriftlich mindestens 4 allgemeine, softwareergonomische Grundforderungen an die Bedieneroberfläche eines Computerprogramms gemäß DIN EN 9241 und weisen Sie nach, dass die von Ihnen entwickelte Anwendung diesen Kriterien genügt. (8 Punkte)

Es ist zur Lösung ausschließlich die im Unterricht des Faches Technik vermittelte Programmiersprache zu verwenden. Die Verwendung von Standardsoftware ist unzulässig.

### Erwartete Prüfungsleistung

Die konkrete Umsetzung der Aufgabenstellung ist wesentlich von der eingesetzten Programmierumgebung abhängig.

Teilaufgabe	Lösungsskizze/ Hinweise	Mögliche Gewichtung der Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.	<p>Die Schülerinnen u. Schüler entwickeln die Programmoberfläche des Hauptdialoges. Sie entwerfen ein Konzept zur sicheren, fehlertoleranten Eingabe aller erforderlicher Daten, indem sie die logisch zusammenhängenden Fahrzeugdaten über einen Unterdialog abfordern, um Übersichtlichkeit und eindeutige Benutzerführung bei der Eingabehandlung zu unterstützen.</p>  <p>Dabei wählen sie unter softwareergonomischen Aspekten begründbare Steuerelemente und planen die zugehörigen programmsteuernde Ereignisse (Mauseklick, Auswahl, Fokuserhalt, etc). Sie berücksichtigen, dass der Benutzer zu jeder Zeit im Hauptdialog über den Stand bisheriger Eingaben informiert ist.</p> <p>Sie legen aussagekräftige Objektamen und die erforderliche Objekteigenschaften für die verwendeten Steuerelemente bzw. Membervariablen fest.</p>		12	
			5	
		4		

2.	<p>Die Schülerinnen u. Schüler erstellen die erforderlichen Objekte und Verarbeitungsprozeduren, um die Eingaben von Fahrstrecke, und Benutzungsdauer im Hauptdialog zu erfassen und an Membervariable zu binden.</p> <p>Die Schülerinnen u. Schüler entwickeln einen Unterdialog zur Fahrzeugauswahl.</p>  <p>wahl. Dabei ist zu realisieren, dass:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die erforderliche Dialogfeldklasse mit allen notwendigen Attributen geplant und formal korrekt programmiert wurde;</li> <li>- die Fahrzeugdaten aus einer ASCII- Datei, welche von den Schülerinnen u. Schülern unter Verwendung eines Texteditors selbst zu erstellen ist, gelesen werden. Fehlt diese Datei im aktuellen Programmverzeichnis, ist der Benutzer mit einer entsprechenden Meldung darauf aufmerksam zu machen;</li> <li>- die Daten des ausgewählten Fahrzeugs im Unterdialog zur Kontrolle dem Benutzer angezeigt werden;</li> <li>- die Daten des ausgewählten Fahrzeugs beim Schließen des Unterdialogs in geeigneter Weise zur Weiterverarbeitung an den Hauptdialog übergeben werden.</li> </ul> <p>Die Schülerinnen u. Schüler entwickeln die erforderliche(n) Ereignisprozedur(en) um aus den aktuellen Eingabewerten den Mietpreis zu berechnen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Berechnung berücksichtigt, dass wenn der Mietpreis für die Stunden den Tagestarif übersteigt der für den Kunden günstigere Tagestarif anzusetzen ist. Letzteres ist dem Benutzer durch das Programm zu signalisieren.</li> <li>- Der aktuelle Mietpreis wird dem Benutzer angezeigt.</li> <li>- Bei nachträglicher Änderung des Wagentyps muss der Benutzer über die Neuberechnung des Mietpreises informiert werden.</li> </ul>	6		
		6	4	
		6		
		5		
		3		
		6	6	
		3	3	
		5	6	

3.	<p>Schülerinnen u. Schüler entwickeln einen weiteren, einfachen Unterdialog zur Darstellung der Tariftabelle in einer übersichtlichen, mehrspaltigen</p> <div data-bbox="537 191 959 590" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>Tariftabelle</b></p> <p style="text-align: center; margin: 0;">Tariftabelle "Rasender Michel"</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Typ</th> <th style="text-align: left;">Kennzeichen</th> <th style="text-align: right;">km-Tarif</th> <th style="text-align: right;">Tag-Tarif</th> <th style="text-align: right;">Std-Tarif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">BMW</td> <td style="text-align: left;">UH-KL 98</td> <td style="text-align: right;">0.44</td> <td style="text-align: right;">100.00</td> <td style="text-align: right;">16.99</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Opel</td> <td style="text-align: left;">UH-AU 34</td> <td style="text-align: right;">0.30</td> <td style="text-align: right;">75.00</td> <td style="text-align: right;">15.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">VW</td> <td style="text-align: left;">UH-SU 15</td> <td style="text-align: right;">0.26</td> <td style="text-align: right;">58.00</td> <td style="text-align: right;">11.44</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Mercedes</td> <td style="text-align: left;">UH-R 177</td> <td style="text-align: right;">0.45</td> <td style="text-align: right;">102.50</td> <td style="text-align: right;">17.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Volvo</td> <td style="text-align: left;">AP-MD 66</td> <td style="text-align: right;">0.49</td> <td style="text-align: right;">65.00</td> <td style="text-align: right;">12.30</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin: 10px 0 0 0;"><input type="button" value="Fenster schließen"/></p> </div> <p>Form. Dabei sind folgende Teillösungen zu realisieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Erstellen der entsprechenden Klasse des Unterdialoges;</li> <li>— Auslesen der Tarifdaten- Datei und Speicherung der Werte auf geeigneten Datenelementen. Aufbereitung (Typkonvertierung) der Daten zum Zwecke der Anzeige. Fehlt diese Datei im aktuellen Programmverzeichnis, ist der Benutzer mit einer entsprechenden Meldung darauf aufmerksam zu machen.</li> <li>— Programmierung eines geeigneten Objektes im Unterdialog, welches auch bei unterschiedlicher Länge der Einträge, die Daten in Tabellenform korrekt zur Anzeige bringt. Die Anzeige von Spaltenüberschriften verbessert die Lesbarkeit. Änderungen am Dateninhalt der Tariftabelle sollen nicht vorgenommen werden.</li> </ul>	Typ	Kennzeichen	km-Tarif	Tag-Tarif	Std-Tarif	BMW	UH-KL 98	0.44	100.00	16.99	Opel	UH-AU 34	0.30	75.00	15.00	VW	UH-SU 15	0.26	58.00	11.44	Mercedes	UH-R 177	0.45	102.50	17.00	Volvo	AP-MD 66	0.49	65.00	12.30			
Typ	Kennzeichen	km-Tarif	Tag-Tarif	Std-Tarif																														
BMW	UH-KL 98	0.44	100.00	16.99																														
Opel	UH-AU 34	0.30	75.00	15.00																														
VW	UH-SU 15	0.26	58.00	11.44																														
Mercedes	UH-R 177	0.45	102.50	17.00																														
Volvo	AP-MD 66	0.49	65.00	12.30																														
4.	<p>Die Schülerinnen u. Schüler benennen softwareergonomische Grundforderungen (Aufgabenangemessenheit, Steuerbarkeit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz etc.) und weisen deren Umsetzung anhand der erstellten Anwendung in schriftlicher Form nach.</p>	4	4																															
	Anteile der Anforderungsbereiche	30	42	28																														

1.5 Elektrotechnik (Filter)

<b>Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen</b>	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Elektrotechnik
Inhaltsbereich dieser Teilaufgabe	Wechselstromtechnik
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	5 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	5 Wochenstunden über 1 Schulhalbjahre
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Frequenzabhängigkeit von Wechselstromwiderständen
Bearbeitungszeit für das Fach	300 Minuten
geplante Einlesezeit	30 Minuten
Bearbeitungszeit für <b>diese</b> (Teil)Aufgabe	50 Minuten
davon geplante Einlesezeit	- Minuten
weitere vom Schüler zu bearbeitende Teildisziplin	Gleichstromtechnik, Digitaltechnik, Steuerungstechnik
Hilfsmittel	grafikfähiger Taschenrechner, Formelsammlung, Millimeterpapier, Duden

**Thema und Aufgabe**

Dimensionieren Sie einen passiven elementaren Hochpass-Filter mit minimaler Bauelementezahl und untersuchen Sie seine Eigenschaften.

1. Zeichnen Sie die zwei mögliche Schaltbilder eines elementaren Hochpass-Filters mit minimaler Bauelementezahl und bezeichnen Sie alle Einzelheiten. (16 Punkte)
2. Dimensionieren Sie die Bauelemente eines RC-Filters, wenn bei dessen Grenzfrequenz von 500kHz das Übertragungsverhalten  $U_a/U_e = \pi/4$  betragen soll und bei einer Eingangsspannung von 7,2V maximal 2mA fließen dürfen. (20 Punkte)
3. Berechnen Sie die Frequenz, bei der das Übertragungsverhalten  $U_a/U_e = 0,5$  beträgt. Skizzieren Sie die Durchlasskurve näherungsweise. (12 Punkte)
4. Leiten Sie den funktionalen Zusammenhang zwischen Grenzfrequenz und Kapazität für einen elementaren RC-Filter allgemein her und entwickeln Sie eine zugeschnittene Größengleichung für die Berechnung der Kapazität in Farad in Abhängigkeit von der Grenzfrequenz in Hz. Die Größe des Widerstands beträgt  $3300\Omega$ , für der Grenzfrequenz gilt die Vereinbarung für das Übertragungsverhalten von  $U_a/U_e = \pi/4$ . (16 Punkte)
5. Stellen Sie den in Teilaufgabe 4 ermittelten funktionalen Zusammenhang zwischen Grenzfrequenz und Kapazität für Frequenzen im Bereich von 10Hz bis 100MHz quantitativ grafisch auf Millimeterpapier dar. Skalieren Sie die Achsen sinnvoll. Achten Sie auf Sauberkeit der grafischen Darstellung. (12 Punkte)

6. Entwerfen Sie zu einem RL-Hochpass-Filter mit einem Widerstand von  $3,3k\Omega$  und einer Induktivität von  $1,5mH$  den dualen RC-Filter für die gleiche maximale Strombelastung und berechnen Sie die Größe der Bauelemente des RC-Filters.  
(24 Punkte)

Hinweis: Nutzen Sie zur Aufgabenlösung den grafikfähigen Taschenrechner

**Erwartete Prüfungsleistungen**

Teilaufgabe	Lösungsskizze	mögliche Gewichtung im Anforderungsbe- reich		
		I	II	III
1.	<p>Zeichnen Sie die zwei mögliche Schaltbilder eines elementaren Hochpass-Filters mit minimaler Bauelementezahl und bezeichnen Sie alle Einzelheiten.</p> <p>RC-Hochpass                      RL-Hochpass</p>	10	6	0
2.	<p>Dimensionieren Sie die Bauelemente eines RC-Filters, wenn bei dessen Grenzfrequenz von <math>500kHz</math> das Übertragungsverhalten <math>U_a/U_e = \pi/4</math> betragen soll und bei einer Eingangsspannung von <math>7,2V</math> maximal <math>2mA</math> fließen dürfen.</p> <p>Berechnung des Widerstandswertes <math>R</math> für den Fall <math>X_c(f \rightarrow \infty) = 0</math>:  <math>R = U_e / I_{max} = 7,2V / 2mA = 3,6k\Omega</math></p> <p>Berechnung der Kapazität über die Spannungsteilerregel der Beträge der beteiligten Spannungen (Spannungs-Übertragungs-Verhalten):</p> $\frac{ U_a }{ U_e } = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}\right)^2}} = \frac{\pi}{4}$ <p>Eingabe der Gleichung als <math>y1(x)</math> mit <math>x</math> als Frequenz in das GRAPH-Menü des grafikfähigen Taschenrechner</p>	5	10	5



```

Plot1 Plot2 Plot3
\y1=R/\sqrt(R^2+1/(2*\pi*x*C)^2)
\y2=

```

linker Teil der Eingabe

```

Plot1 Plot2 Plot3
\y1=...^2+1/(2*\pi*x*C)^2)
\y2=

```

rechter Teil der Eingabe

Auflösung mittels SOLVER für  $f=500\text{kHz} \rightarrow x=500000\text{Hz}$ ,  $R = 3600\Omega$  und  $U_a/U_e=\pi/4 = 0,785\dots$

Die Kapazität ergibt sich zu

$$C = 1,122\text{E-}10\text{As/V} = 112,2\text{pF}$$

```

exp=y1
exp=.78539816339745
R=3600
x=500000
C=1.121897677201E-10
bound=(-1E99,1E99)
left-rt=-1E-14

```

3. Berechnen Sie die Frequenz, bei der das Übertragungsverhalten  $U_a/U_e = 0,5$  beträgt. Skizzieren Sie die Durchlasskurve näherungsweise.

2 4 6

Das Ergebnis wird durch nochmalige Nutzung des SOLVER für die ermittelte Kapazität mit  $\text{exp} = 0,5$  für das Übertragungsverhalten  $U_a/U_e$  berechnet:

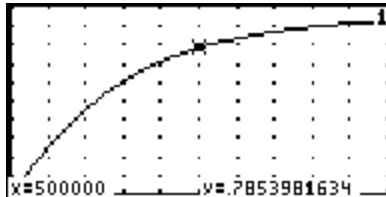
```

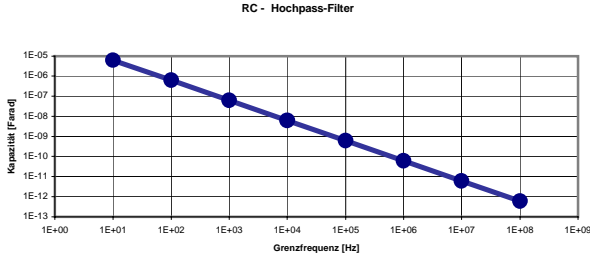
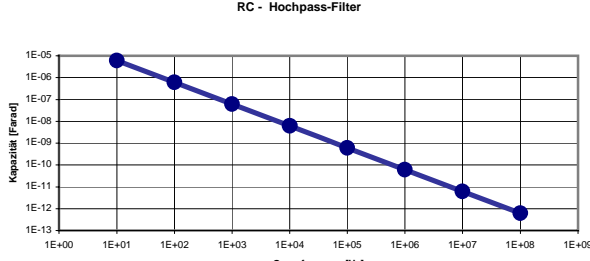
exp=y1
exp=.5
R=3600
x=227511.71000583
C=1.121897677201E-10
bound=(-1E99,1E99)
left-rt=1E-14

```

Die Frequenz beträgt  $f = 227512\text{Hz} = 227,5\text{kHz}$

Durchlasskurve:



4.	<p>Leiten Sie den funktionalen Zusammenhang zwischen Grenzfrequenz und Kapazität für einen elementaren RC-Filter allgemein her und entwickeln Sie eine zugeschnittene Größengleichung für die Berechnung der Kapazität in Farad in Abhängigkeit von der Grenzfrequenz in Hz. Die Größe des Widerstands beträgt <math>3300\Omega</math>, für der Grenzfrequenz gilt die Vereinbarung für das Übertragungsverhalten von <math>U_a/U_e = \pi/4</math>.</p> <p>Aus der Spannungsteilerregel ergibt sich:</p> 	4	6	6
5.	<p>Stellen Sie den in Teilaufgabe 4 ermittelten funktionalen Zusammenhang zwischen Grenzfrequenz und Kapazität für Frequenzen im Bereich von 10Hz bis 100MHz quantitativ grafisch auf Millimeterpapier dar. Skalieren Sie die Achsen sinnvoll. Achten Sie auf Sauberkeit der grafischen Darstellung.</p> 	3	4	5

6.	<p>Entwerfen Sie zu einem RL-Hochpass-Filter mit einem Widerstand von 3,3kΩ und einer Induktivität von 1,5mH den dualen RC-Filter für die gleiche maximale Strombelastung und berechnen Sie die Größe der Bauelemente des RC-Filters.</p> <p>Ansatz über die Spannungsteilerregel:</p> $\frac{ U_a }{ U_e } = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{grenz}} \cdot L}{\sqrt{R^2 + (2 \cdot \pi \cdot f_{\text{grenz}} \cdot L)^2}} = \frac{\pi}{4}$ <p>Der Widerstand behält wegen der gleichen Strombelastung den Wert von 3,3kΩ.</p> <p>Das Übertragungsverhalten wird als y2(x) mit x für die Frequenz im grafikfähigem Taschenrechner vereinbart.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="386 520 727 688"> <pre> Plot1 Plot2 Plot3 ~y1=1/√(R²+1/(C²*π*x*... ~y2=2π*x*L/√(R²+(2π*x*... MODE WIND ZOOM TRACE GRAPH x y INSE DELF SELCT </pre> </div> <div data-bbox="743 520 1084 688"> <pre> Plot1 Plot2 Plot3 ~y1=R/√(R²+1/(C²*π*x*... ~y2=...√(R²+(2π*x*L)²) MODE WIND ZOOM TRACE GRAPH x y INSE DELF SELCT </pre> </div> </div> <p>linker Teil der Eingabe                                  rechter Teil der Eingabe</p> <p>Berechnung der Grenzfrequenz über den SOLVER für y2(x):</p> <div data-bbox="393 806 782 1003"> <pre> exp=y2 exp=.78539816339745 x=444271.48017159 L=.0015 R=3300 bound=(-1E99,1E99) left-rt=-2E-14 GRAPH WIND ZOOM TRACE SOLVE </pre> </div> <p>Die Grenzfrequenz <math>f_{\text{grenz}} = 444271\text{Hz} = 444,3\text{kHz}</math></p> <p>Berechnung der Kapazität mittels SOLVER und der Funktion y1(x) für den RC-Hochpass-Filter:</p> <div data-bbox="402 1104 792 1302"> <pre> exp=y1 exp=.78539816339745 R=3300 x=444271.48017159 C=1.3774104683194E-... bound=(-1E99,1E99) left-rt=-1E-14 GRAPH WIND ZOOM TRACE SOLVE </pre> </div> <p>Die Kapazität des dualen RC-Hochpass-Filters beträgt <math>C = 1,377E-10\text{Farad} = 138\text{pF}</math>.</p>	6	10	8
Anteile der Anforderungsbereiche	30	40	30	

<b>Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen</b>	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Elektrotechnik
Bezeichnung des Schwerpunktes	Schwerpunkt: Elektrotechnik
Inhaltsbereich dieser Aufgabe	Pulsbreitensteuerung, Drehzahlsteuerung
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	6 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	6 Wochenstunden über 1 Schulhalbjahre
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Elektrische Steuerungen
Bearbeitungszeit für das Fach	300 Minuten
geplante Einlesezeit	30 Minuten
Bearbeitungszeit für Teilaufgabe 3	140 Minuten
weitere vom Schüler zu bearbeitende Teilaufgaben:	Antriebskonzept und Energieversorgung, Gleichstrommotor, Funktion und Verhalten, Schaltverstärker, Ansteuerung Leistungssteuerung
Hilfsmittel	Originaldatenblätter und Applikationsschriften in englischer Sprache zum MOS-FET STE180 PC mit Simulationssoftware PSpice

## Thema und Aufgabe

Pressemitteilung:

Stuttgart, 4. November 2003

Weltweit größter kommerzieller Großflottentest mit Brennstoffzellen-Fahrzeugen

Drei Mercedes-Benz Citaro Stadtbuse mit Brennstoffzellenantrieb sind heute von Daimler Chrysler an die Stuttgarter Straßenbahnen übergeben worden. Ab 5. November 2003 werden diese emissionsfreien Brennstoffzellen-Busse auf der Linie 44 im anspruchsvollen täglichen Linienverkehr im Einsatz sein. So können die rund 4500 Fahrgäste diese innovative Antriebstechnologie im Alltagsbetrieb selbst erfahren.



(Quelle: <http://www.daimlerchrysler.com/dccom>)

### Teilaufgabe 1 (15 Punkte)

Stellen Sie kurz die historische Entwicklung von Fahrzeugen mit elektrischen Antrieben dar.

Skizzieren Sie ein mögliches Antriebskonzept einschließlich der Energiebereitstellung eines Fahrzeuges mit Brennstoffzellen (wie oben beschrieben).

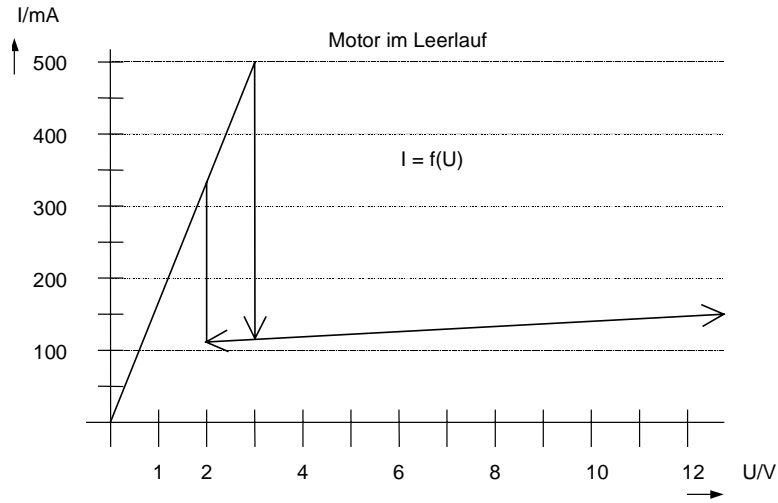
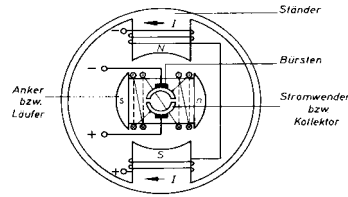
Vergleichen Sie dieses Antriebskonzept mit dem Antriebskonzept eines herkömmlichen Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor und begründen Sie die Vor- und Nachteile dieser beiden Konzepte unter der Voraussetzung, dass sie an gleichartigen Fahrzeugen realisiert werden. Beachten Sie dabei mindestens:

- die Energiebereitstellung,
- die Prinzipien der Geschwindigkeitssteuerungen,
- Wirkungsgrad / Verluste,
- Schadstoffemission

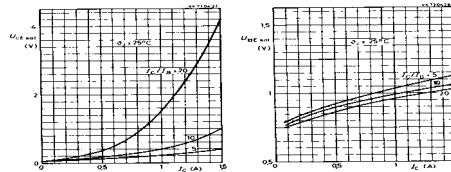
### Teilaufgabe 2 (22 Punkte)

Für Elektrofahrzeuge werden häufig Gleichstrommotoren Servo-Antriebe und eingesetzt.

1. Erläutern Sie den prinzipiellen Aufbau und die Funktionsweise eines Gleichstrommotors anhand der nebenstehenden Skizze am Beispiel eines Reihenschlussmotors. Erläutern Sie dabei mit einer Skizze auch die Drehrichtungsumkehr bei diesem Motorprinzip.
2. Von einem kleinen Servo-Gleichstrommotor wurde für die Ermittlung von Kenndaten im Leerlauf die Kennlinie messtechnisch ermittelt. Beschreiben Sie die Kennlinie und erläutern Sie das Verhalten des Motors anhand dieser Kennlinie.



3. Der Motor soll bei einem Steuersignal von  $U_{\text{Steuer}} = 5\text{V}$  eingeschaltet und bei einem Signal von  $U_{\text{Steuer}} = 0\text{V}$  ausgeschaltet sein. Die Steuerschaltung darf nur mit einem maximalen Strom von  $I_{\text{Steuer}} \leq 5\text{mA}$  belastet werden. Für die Schaltstufe stehen 2 unterschiedlichen Si-NPN-Transistoren zur Verfügung.



- Typ 1:  $I_{C\text{max}} = 500\text{mA}$ ,  $B = 200$
- Typ 2:  $I_{C\text{max}} = 1,5\text{A}$ , weitere Daten siehe die beiden folgenden Kennlinien:

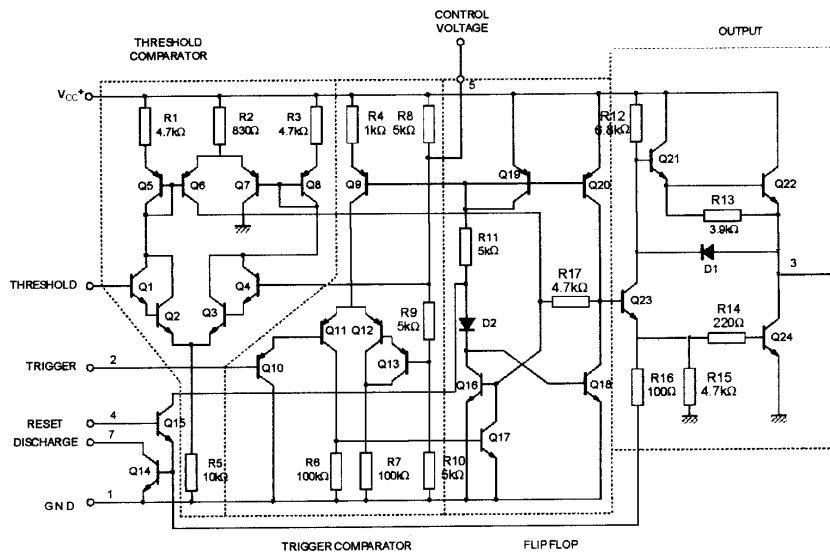
Entwickeln und Dimensionierung Sie die Motorsteuerung unter Berücksichtigung folgender Bedingungen:

- Dieser Servomotor soll mit einer Spannung von  $U_{\text{Motor}} = 9\text{V}$  betrieben werden.
- Die Motorspannung darf im EIN-Zustand nicht unter  $8,5\text{V}$  absinken.
- Die Transistoren dürfen auch im ungünstigsten Betriebsfall nicht überlastet werden.

### Teilaufgabe 3 (40 Punkte)

Für die Antriebsmotoren von Elektrofahrzeugen werden unterschiedliche Konzepte realisiert. Bei einem Einsatz von Gleichstrommotoren wird für die Geschwindigkeitssteuerung häufig das Verfahren der Pulsbreitensteuerung verwendet.

1. Erläutern Sie das Verfahren der Pulsbreitensteuerung und begründen Sie die Vorteile dieses Verfahren gegenüber einem einfachen Verfahren mit Vorwiderstand besonders im Hinblick auf die Energiebilanz.
2. Zur Geschwindigkeitssteuerung eines Elektrofahrzeugs ist das „Gaspedal“ als einstellbarer Widerstand ausgelegt. Entwickeln Sie ein Blockschaltbild mit diesem „Gaspedal“ für eine Pulsbreitensteuerung, in dem für die Periodendauer und für die Einstellung der Pulsdauer jeweils ein Zeitgeber eingesetzt wird.
3. Als Zeitgeber hat sich der integrierte Schaltkreis NE555 bewährt und etabliert. Leiten Sie aus dem folgenden Schaltbild des NE555 ein reduziertes Blockschaltbild ab, so dass die einzelnen Funktionsblöcke durch genormte Symbole dargestellt werden. Beschreiben Sie an diesem reduzierten Blockschaltbild die Funktion des „Flip-Flop“ anhand der Eingänge Threshold, Trigger und Reset sowie des Ausgangs Pin 3.



4. Entwickeln und dimensionieren Sie die Zeitsteuerung für die beschriebene Pulsbreitensteuerung mit dem Zeitgeberbaustein NE555. Die Periodendauer soll ungefähr 100 ms betragen. Die Pulsdauer soll mit dem „Gaspedal“ zwischen ungefähr 2ms und 90ms verändert werden können. Die einzusetzenden zeitbestimmenden Kapazitäten sollten zwischen 1µF und 10µF liegen. Beschreiben Sie kurz die Funktion Ihrer Schaltung.
5. Nachdem Sie die Schaltung dimensioniert haben simulieren Sie diese Schaltung zur Überprüfung mit der Simulationssoftware Pspice an einem PC-Arbeitsplatz. Zur Ergebnissicherung drucken Sie sowohl den Schaltungsentwurf als auch die Simulation mit der kürzesten und der längsten Pulsdauer aus.

Beachten Sie bitte, dass - wenn die Dimensionierung in die Bewertung einfließen soll - Sie erst nach einer vollständigen Dimensionierung der Schaltung die Simulation durchführen dürfen. Ihre vollständige Dimensionierung wird vom aufsichtführenden Lehrer vor der Simulation gekennzeichnet. Sollten Sie die Dimensionierung nicht durchführen können, wird dies von dem aufsichtführenden Lehrer vermerkt. Eine begründete Korrektur der Dimensionierung ist nach der Simulation möglich.

#### Teilaufgabe 4 (23 Punkte)

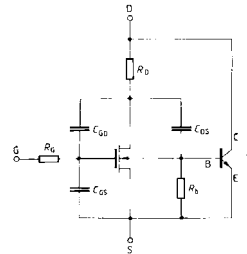
Der Leistungsteil einer Pulsbreitensteuerung für die Antriebsmotoren eines Elektrofahrzeugs soll hier mit einem Leistungs-MOS-FET vom Typ STE180 realisiert werden.

Die Versorgungsspannung für den Motor beträgt 40 V. Der maximal auftretende Strom unter Vollastbedingungen wurde zu  $I_{\max}=100\text{A}$  ermittelt.

1. Entwickeln Sie eine Schaltung für den Leistungsteil der Motorsteuerung. Dimensionieren Sie die Schaltung so, dass auch ein möglicher Spitzenstrom von 350A sicher geschaltet wird und dass zur Vermeidung von Strom- und Spannungsspitzen die Umschaltzeiten auf 1 µs eingestellt werden.
2. Berechnen Sie die Leistung, die während einer Periode der Ansteuerung im MOS-FET umgesetzt wird, wenn die Einschaltzeit 90% der Periodendauer von 10ms beträgt. Berechnen Sie den Temperaturunterschied zwischen dem Halbleiterkristall und der Gehäuseoberfläche. Überprüfen Sie, ob der Transistor ohne weitere Kühlmaßnahme eingesetzt werden kann, wenn der Wärmewiderstand Gehäuse-Luft mit 20K/W und die Lufttemperatur im Motorraum mit 60°C angenommen werden kann!
3. Erläutern Sie anhand des Ersatzschaltbildes eines MOS-FET die folgenden Aussagen:

Obwohl ein MOS-FET fast leistungslos gesteuert wird, müssen für die Ansteuerung von Leistungstransistoren die Werte der Gate-Widerstände relativ niedrig sein.

Beim Ausschaltvorgang kann eine kurze Ausschaltzeit zur Zerstörung der Transistoren führen.

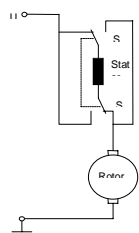
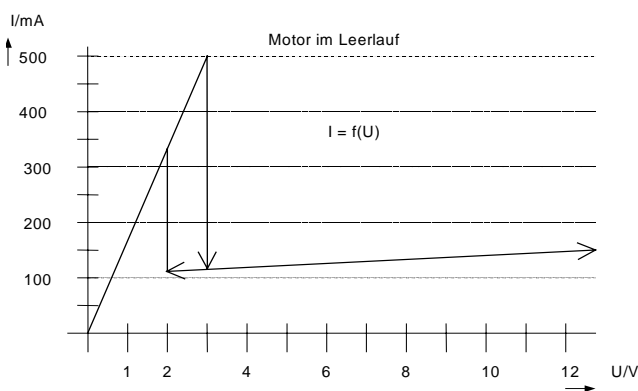




### Erwartete Prüfungsleistung

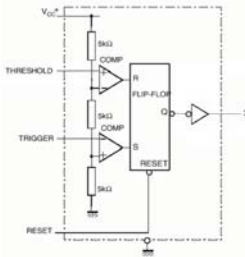
Die erwarteten Leistungen der Teilaufgaben 1, 2 sowie 4 werden nur skizziert, um den Kontext der Aufgabenstellung zu verdeutlichen. Die Teilaufgabe 3 wird ausführlicher behandelt.

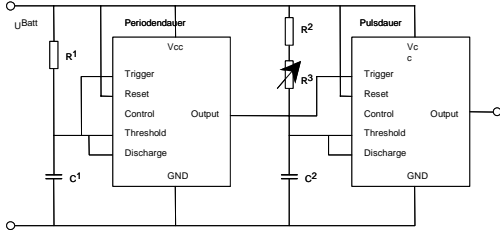
Teilaufgabe	Lösungsskizze	Mögliche Gewichtung im Anforderungsbereich		
		I	II	III
1	<p>Antriebskonzept:</p> <p>Hier bietet sich ein Blockschaltbild an bestehend aus: Treibstofftank (hoher Druck), Steller, Brennstoffzelle, Steuerungselektronik einschließlich Geschwindigkeitsteuerung, Elektromotoren für jedes Rad (evtl. einstufiges Getriebe), Räder</p> <p>Vergleich: Die wesentlichen Funktionsgruppen eines Antriebskonzepts mit einem Verbrennungsmotor müssen genannt werden, um einen Vergleich erstellen zu können.</p> <p>Verbrennungsmotor: Treibstofftank für flüssigen Treibstoff, zentraler Motor, (mehrstufiges) Getriebe, Kupplung; Differenzial, Räder</p> <p>Energiebereitstellung: Verbrennungsmotor: Lagerung des Energieträger einfach, geringes Gewicht des Tanks</p> <p>Brennstoffzellenfahrzeug: Hohes Tankgewicht, da Speicherung des Wasserstoffes unter hohem Druck</p> <p>Geschwindigkeitsteuerung: Verbrennungsmotor: Wirkungsgrad und Drehmoment stark abhängig von der Drehzahl des Motors, Motor nicht selbstanlaufend. Motor muss ständig drehen, Trennung von den Antriebsrädern im Stillstand über eine Kupplung, grobe Geschwindigkeitssteuerung über ein mehrstufiges Getriebe (Wirkungsgrad, Drehmoment), feine Geschwindigkeitssteuerung über Treibstoffzufuhr, Verteilung der Antriebsenergie auf die Räder wegen unterschiedlicher Drehzahlen in Kurven über Differenzial</p> <p>Brennstoffzellenfahrzeug: Elektromotor selbstanlaufend, hohes Drehmoment auch im Stillstand, Energiebereitstellung durch Treibstoffzufuhr an die Brennstoffzelle, Drehzahlsteuerung elektronisch z.B. durch Pulsweitensteuerung, beim Bremsen kann der Motor als Generator genutzt werden, so dass die „Bremsenergie“ für den Antrieb genutzt werden kann und nicht –wie beim konventionellen Antrieb - „vernichtet“ werden muss. Die Antriebsenergie kann über jeweils einen Motor an jedes Antriebsrad übertragen werden. Verzicht auf mehrstufiges Getriebe und Differenzial (Gewicht, Wirkungsgrad)</p> <p>Wirkungsgrad: Der Wirkungsgrad ist bei Verbrennungsmotoren physikalisch begrenzt.</p> <p>Der Wirkungsgrad von Elektromotoren kann sehr hoch liegen. Auch der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle liegt heute technisch schon sehr</p>			
		6	6	3

	<p>hoch.</p> <p>Schadstoffemission: Beim Verbrennungsmotor entstehen physikalisch bedingt Emissionen (CO, CO<sub>2</sub> und Stickoxide).</p> <p>Bei der Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie entstehen in der Brennstoffzelle lediglich Wasser und Sauerstoff, also keine umweltschädlichen Emissionen.</p>			
2.1	<p>Reihenschlussmotor: Feststehendes und drehbares Magnetfeld gebildet durch Stator und Rotor jeweils als Spulen, die vom gleichen Strom durchflossen werden (Reihenschaltung); Änderung des Magnetfeldes an den Polen des Rotors durch Stromwender auf der Achse des Rotors in Abhängigkeit des Drehwinkels (Drehfeld).</p>  <p>Drehrichtungsumkehr: Änderung der Stromrichtung in Stator <i>oder</i> Rotor. Änderung der Stromrichtung in Stator <i>und</i> Rotor führt zu keiner Änderung der Drehrichtung, da sich beide Magnetfelder ändern.</p> <p>Schaltungsskizze mit mechanischen Schaltern zum Umschalten der Stromrichtung durch den Stator bei gleich bleibender Stromrichtung durch den Rotor.</p>			
2.2	 <p>A-B: I steigt proportional zu U, Motor im Stillstand, nur ohmscher Widerstand der Spulen wirksam;</p>	2	4	1

	<p>B-C: Strom sinkt (schlagartig), magnetisches Drehmoment größer als Moment der Haftreibung, Haftreibung und Trägheit der Masse wird überwunden, Motor dreht, Induktion, Spannungserzeugung im Rotor, äußere und innere Spannung heben sich tlw. auf, Leerlaufstrom;</p> <p>C-D: U steigt, I steigt nur geringfügig, Drehzahl steigt, innere Spannung in Abhängigkeit der Drehzahl steigt;</p> <p>D-E: U wird verringert (Umkehrung von C-D), bei geringerer Spannung als bei B-C bleibt Rotor stehen (Reibungsmoment größer als magnetisches Moment); F-A wie A-B.</p>			
2.3	<p>Schaltungsskizze: NPN-Transistor mit Basisvorwiderstand und Motor im Kollektorkreis.</p> <p>Auswahl des Transistors (als Schalter):</p> <p><math>I_{Cmax}</math> beim Stillstand des Motors an <math>U_{Batterie} = 9V</math>.</p> <p>Aus der Kennlinie (Bereich A-B) läßt sich der ohmsche Widerstand der Motorspulen ermitteln: <math>R_{Motor\_Still} = 6\Omega</math></p> $I_{Cmax} = \frac{U_{Batterie}}{R_{Motor\_Still}} = 1,5A$ <p>Auswahl: Transistor Typ 2 als Schalttransistor  Aus der Forderung <math>U_{Motor\ min} = 8,5V</math> geht hervor, dass <math>U_{CEsat} \leq 0,5V</math> bei <math>I_C = 1,5A</math> sein muss. Daraus ergibt sich aus der Kennlinie ein Verhältnis von <math>B = \frac{I_C}{I_B} = 5</math> <math>I_{Bmax} = \frac{I_{Cmax}}{B} = 300mA</math></p> <p>Da die ansteuernde Schaltung nur mit einem maximalen Strom von <math>I_{Steuer} = 5mA</math> belastet werden darf, <math>I_{Bmax}</math> aber erheblich größer als <math>5mA</math> ist, muss entweder vor den Schalttransistor eine Verstärkerstufe geschaltet werden oder der Schalttransistor wird als Darlington-Schaltung ausgeführt. Der Schaltungsentwurf muss also erweitert werden.</p> <p>Beispiel: Der Schalttransistor wird mit dem Transistor vom Typ 1 erweitert zu einem Darlingtontransistor.</p> $B_{Darlington} = B_{Schalttransistor} \cdot B_{Typ1} = 10^3$ $I_{B\_Darlington} = \frac{I_{Cmax}}{B_{Darlington}} = 1,5mA$ <p><math>I_{B\_Darlington} &lt; I_{Steuer\_max}</math> : Schaltung kann so realisiert werden.</p> <p>Berechnung des Basisvorwiderstandes <math>R_B</math>:</p> $R_B = \frac{U_{R_B}}{I_{B\_Darlington}} \quad U_{R_B} = U_{Steuer} - U_{BE\_Darlington}$ $U_{BE\_Darlington} = U_{BE_{T1}} + U_{BE_{T2sat}}$			

	<p>T1: Si-Transistor <math>&gt; U_{BE}</math> ohne Übersteuerung ungefähr 0,6V (entsprechend der Diffusionsspannung bei Silizium)</p> <p>T2: aus Kennlinie bei <math>I_C=1,5A</math> und <math>B=5 &gt; U_{BE}=1,15V</math></p> <p><math>U_{BE_{Darlington}} = 1,75V</math>    <math>U_{R_B} = 3,25V</math>    <math>R_B = 2,17k\Omega</math></p>	3	3	4
3.1	<p>Pulsweitensteuerung: Betreiben des Motors mit einer Rechteckspannung einer Polarität mit konstanter Amplitude und mit veränderbarem Tastverhältnis (häufig mit konstanter Periodendauer).</p> <p>Die Periodendauer ist abhängig von der Induktivität der Motorspulen sowie des Trägheitsmoments des Rotors und des Antriebsstranges (hohe Induktivität des Motors <math>\Rightarrow</math> lange Periodendauer / geringes Trägheitsmoment (hohe Änderung der Winkelgeschwindigkeit des Rotors)<math>\Rightarrow</math> geringe Periodendauer).</p> <p>Dem Motor zugeführte Energie: Integral des Pulses über die Periodendauer. Die dem Motor zugeführte Energie (<math>W=U \cdot I \cdot t</math>) ist damit (unter Vernachlässigung der Induktivität) bei konstanter Amplitude proportional zur Pulsbreite. Im Stillstand des Motors ist die Pulsbreite 0. Mit der geringsten Pulsbreite muss dem Antrieb soviel Energie zugefügt werden, dass die Leerlaufverluste ausgeglichen wird.</p> <p>Bei einer Schaltung mit einem Vorwiderstand wird die dem Motor zugeführte Energie verringert, in dem ein Teil der Batteriespannung an dem Vorwiderstand abfällt und als Produkt mit dem Motorstrom in Wärme umgesetzt wird.</p> <p>Die Schaltung mit einem Vorwiderstand lässt sich zwar technisch einfach realisieren. Bis auf den Sonderfall, dass dem Motor die maximale mögliche Energie zur Verfügung gestellt wird, arbeitet die Schaltung mit Verlusten. Die Verlustleistung am Vorwiderstand steigt bei Verringerung des Motorstromes bis zu der halben Motorleistung. Sie erreicht in diesem Fall den Wert der Motorleistung. Der Wirkungsgrad beträgt dann 50%.</p> <p>Bei der Pulsweitenmodulation treten bei idealer Betrachtungsweise keine Verluste auf (Umschaltzeit <math>t=0</math>, Sättigungsspannungen der schaltenden Bauelemente bzw. Restspannung beim Schalten über den Bauelementen <math>U_{Sat}=0</math>). Trotzdem gibt es Verluste beim Umschalten (Puls), da die Umschaltzeit mit elektronischen Bauteilen nicht <math>t=0</math> beträgt und während dieser Umschaltzeit sowohl eine Spannung an dem Bauelement anliegt als auch ein Strom durch das Bauelement fließt, also eine Leistung umgesetzt wird. Weiterhin liegt auch im durchgeschalteten Zustand eine Spannung (Sättigungsspannung) über dem Bauelement die als Produkt mit dem Schaltstrom (Motorstrom) zu einer Verlustleistung führt. Diese Summe dieser Verluste ist aber sehr gering im Verhältnis zu der Verlustleistung an einem Vorwiderstand, so dass sich der technische Aufwand zunehmend lohnt.</p>	1	2	3

3.2	<p>Blockschaltbild: astabiler Multivibrator (Periodendauer) triggert monostabilen Multivibrator (Pulsdauer). „Gaspedal“ als veränderbarer Widerstand im zeitbestimmenden RC-Kreis des monostabilen Multivibrators</p>	2	2	2
3.3	<p>Der Eingang Threshold wird mittels Differenzverstärker mit <math>2/3 U_{Batt}</math> verglichen und an den R(eset)-Eingang des Flip-Flop geführt.</p> <p>Threshold kleiner als <math>2/3 U_{Batt}</math>  <math>\Rightarrow</math> R Flip-Flop = 0  Threshold größer als <math>2/3 U_{Batt}</math>  <math>\Rightarrow</math> R Flip-Flop = 1</p> <p>Der Eingang Trigger wird mittels Differenzverstärker mit <math>1/3 U_{Batt}</math> verglichen und an den S(et)-Eingang des Flip-Flop geführt.</p> <p>Trigger kleiner als <math>1/3 U_{Batt} \Rightarrow</math> S Flip-Flop = 1  Trigger größer als <math>1/3 U_{Batt} \Rightarrow</math> S Flip-Flop = 0</p> <p>Sinkt die Spannung am Eingang Trigger unter <math>1/3 U_{Batt}</math> ab, so wird das Flip-Flop gesetzt.</p>  <p>Der Zustand Threshold größer als <math>2/3 U_{Batt}</math> (R=1) und Trigger kleiner als <math>1/3 U_{Batt}</math> (S=1) ist danach nicht definiert.</p> <p>Der Eingang Reset wird direkt an den statischen Eingang Reset (Rücksetzen) des Flip-Flop geführt. Dieser Eingang hat Vorrang vor den anderen Eingängen.</p> <p>Der Q-Ausgang des Flip-Flop wird über den Inverter invertiert an Pin 3 geführt, so dass bei gesetztem Flip-Flop die Ausgangsspannung ungefähr 0V beträgt und bei einem zurückgesetzten Flip-Flop die Ausgangsspannung ungefähr der Betriebsspannung entspricht.</p>	2	3	1

3.4	<p>Schaltungsskizze (Entwurf):</p> 	1	1	2
	<p><math>R_1</math> und <math>C_1</math> bestimmen die Periodendauer (astabiler Multivibrator): Der Triggerimpuls für den folgenden monostabilen Multivibrator sollte maximal so lang sein wie die kürzeste Pulsdauer zum Ansteuern des Motors. Beim Erreichen der Spannung <math>U_{C1} &gt; 2/3 U_{Batt}</math> am Eingang Threshold wird das interne Flip-Flop gesetzt und die Ausgangsspannung (Output) geht gegen 0V. Beim Unterschreiten der Spannung <math>U_{C1} &lt; 1/3 U_{Batt}</math> am Eingang Trigger wird das Flip-Flop zurückgesetzt und die Ausgangsspannung geht gegen <math>U_{Batt}</math>. Die Ladezeit von <math>U_{C1}=1/3U_{Batt}</math> bis <math>U_{C1}=2/3U_{Batt}</math> entspricht damit der Periodendauer (wenn die Entladezeit von <math>C_1</math> zu vernachlässigen ist).</p> <p>Die Kapazität <math>C_1</math> wird gemäß der Aufgabenstellung auf <math>C_1=10\mu F</math> gesetzt (da die Periodendauer die längere Zeit ist). Die Periodendauer <math>T=100ms</math>.</p>	1	1	2
	<p>Die Ladezeit kann wie folgt bestimmt werden:</p> $U_{C1}(t_0) = \frac{1}{3}U_{Batt} = U_{Batt} - U_{Batt} \cdot e^{-\frac{t_0}{\tau}} \quad t_0 = -\ln\left(\frac{2}{3}\right) \cdot \tau$ $U_{C1}(t_1) = \frac{2}{3}U_{Batt} = U_{Batt} - U_{Batt} \cdot e^{-\frac{t_1}{\tau}} \quad t_1 = -\ln\left(\frac{1}{3}\right) \cdot \tau$ $T = t_1 - t_0 \quad T = R_1 \cdot C_1 \cdot 0,693$ $R_1 = \frac{T}{C_1 \cdot 0,693} = \underline{\underline{14,4k\Omega}}$	1	1	2

$R_2+R_3$  und  $C_2$  bestimmen die Pulsdauer. Mit  $R_2$  wird die kürzeste Pulsdauer eingestellt,  $R_3$  bildet das „Gaspedal“ nach, mit dem die Pulsdauer variiert wird.

Zum Beginn der Pulsdauer kann die Kapazität  $C_2$  als entladen angenommen werden ( $U_{C_2}=0V$ ). Am Ende der Pulsdauer muss die Spannung  $U_{C_2} = 2/3U_{Batt}$  sein. Die Pulsdauer liegt zwischen  $t_1=2ms$  (Berechnung von  $R_2$ ) und  $t_2=90ms$  (Berechnung von  $R_2+R_3$ ).

$$C_2 \text{ wird gew\u00e4hlt zu } C_2=1\mu F \quad U_{C_2(t_1)} = \frac{2}{3}U_{Batt} = U_{Batt} - U_{Batt} \cdot e^{-\frac{t_1}{\tau}}$$

$$R_2 = -\frac{t_1}{\ln\left(\frac{1}{3}\right) \cdot C_2} = \underline{\underline{1,82k\Omega}} \quad R_2 + R_3 = -\frac{t_2}{\ln\left(\frac{1}{3}\right) \cdot C_2} = \underline{\underline{81,9k\Omega}}$$

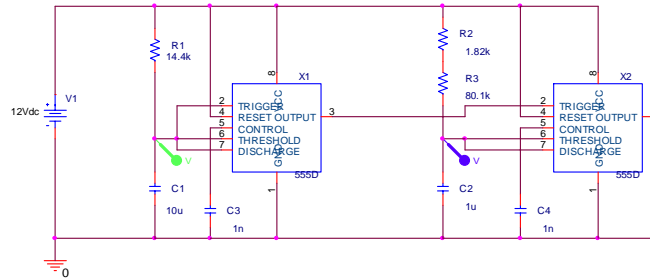
$$R_3 = 81,9k\Omega - R_2 = \underline{\underline{80,1k\Omega}}$$

1

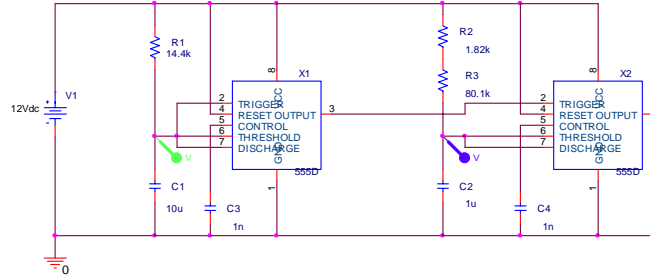
1

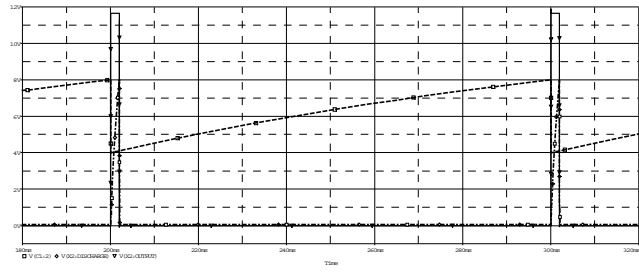
2

3.5 Simulation mit PSpice (Schaltung):



Schaltung und Simulation mit der längsten Pulsdauer



	<p>Simulation mit der kürzesten Pulsdauer (R3 wurde zu 0Ω gesetzt)</p>  <p>Die Simulation bestätigt die berechneten Werte, so dass auf eine Korrektur verzichtet werden kann. (Eventuell findet hier der Prüfling einen Widerspruch zu seiner bisherigen Lösung, so dass er die bisherige Lösung begründet korrigieren muss)</p>	2	2	3
4.1	<p>Schaltungsskizze mit N-Kanal-Anreicherungstyp und Gatewiderstand in Source-Grundschialtung. Ermittlung der erforderlichen <math>U_{GS}</math> anhand Datenblatt STE180N05 zu <math>U_{GS}=7V</math>, Ermittlung der Gateladung zu <math>Q_G=200nC</math>, Berechnung des erforderlichen Gate-Verschiebungsstromes aus <math>Q_G</math> und geforderter Umschaltzeit zu <math>I_G=200mA</math>, Berechnung von R aus <math>I_G</math> und <math>U_{GS}</math> zu <math>R=35\Omega</math>.</p>	2	5	1
4.2	<p>Die Verlustleistung setzt sich zusammen aus der Verlustleistung während der Schaltzeiten von jeweils <math>1\mu s</math> und der Leistung während des leitenden Zustandes. Wegen des induktiven Anteils des Motors kann die Stromänderung während des Umschaltens als linear und die Spannung als konstant angenommen werden Die Verlustenergie während des Umschaltens berechnet sich zu <math>W=(U \cdot I/2) \cdot t</math>. Für die Einschaltzeit wird der <math>R_{DS}</math> aus der Tabelle <i>Static Drain-source On Resistance</i> ermittelt. Die Energie ergibt sich zu <math>W_{EIN}=I^2 \cdot R_{DS} \cdot t</math>. Um die Verlustleistung zu erhalten, werden die Energieanteile addiert und durch die Periodendauer dividiert. Zur Berechnung des Unterschiedes zwischen Gehäusetemperatur und Kristalltemperatur muss der Wärmewiderstand <math>R_{thj-case}</math> aus der Tabelle <i>Thermal Data</i> ermittelt werden. Die Temperaturdifferenz Gehäuse-Umgebungstemperatur ergibt sich aus dem Wärmewiderstand Gehäuse-Luft. Anhand der so ermittelten Kristalltemperatur und der maximalen Kristalltemperatur (Tabelle <i>Absolute Maximum Ratings</i>, <math>T_j=150^\circ C</math>) ist zu entnehmen, dass die maximale Kristalltemperatur überschritten wird und ein Kühlkörper erforderlich ist.</p>	2	5	3



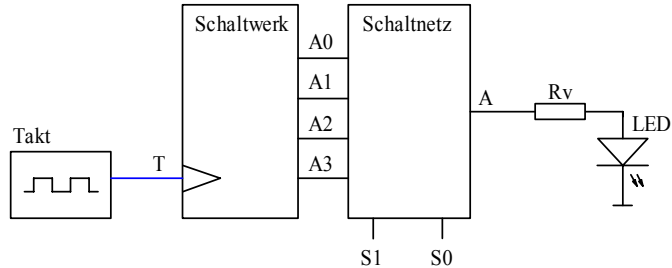
4.3	Aufgrund der Kapazität $C_{GS}$ und der Millerkapazität $C_{GD}$ (abhängig vom Abstand Gate-Kanal und damit abhängig von $U_{GS}$ ) ist zum Umladen dieser Kapazitäten eine Ladung zu den Kapazitäten zu transportieren (Strom * Zeit). Wenn die Kapazitäten umgeladen sind (der Transistor umgeschaltet ist), ist kein Ladungstransport (Strom) mehr erforderlich. Je höher $U_{GS}$ , desto größer $C_{GD}$ . Steigt beim Ausschalten die Spannung $U_{DS}$ zu schnell an, so wird über die Kapazität $C_{DS}$ der parasitäre bipolare Transistor leitend und der FET aufgrund des hohen Stromflusses zerstört.	1	2	2
	Anteile der Anforderungsbereiche	30	40	30

<b>Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen</b>	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Profilfach: Informationstechnik
Prüfungsaufgabe Teil 1 (von 3):	Die Fachlehrerinnen und Fachlehrer wählen in den Prüfungsteilen 1 und 2 je eine Aufgabe aus 2 vorgelegten Aufgaben aus. Im Teil 3 wählen Schülerinnen und Schüler aus 2 ihnen vorgelegten Prüfungsaufgaben
Inhaltsbereich dieser Aufgabe	Technische Informatik
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	6 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	3 Wochenstunden über 3 Schulhalbjahre
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Schaltnetze und Schaltwerke. Technische Kommunikation im Bereich der Technischen Informatik. Mikrocontrollersysteme – Analyse und Programmierung auf unterschiedlichen Ebenen.
Bearbeitungszeit für das Fach davon geplante Einlesezeit Bearbeitungszeit für <b>diese</b> Teildisziplin davon geplante Einlesezeit	270 Minuten 30 Minuten <b>90</b> Minuten 10 Minuten
weitere vom Schüler zu bearbeitende Teildisziplinen:	Teil 2: Objektorientierte Analyse und Design (OOP) Teil 3: Datenbank- Betriebs- und vernetzte Systeme ( geplante Einlesezeit 10 Minuten).
Hilfsmittel	– Einheitliche Formelsammlung – Befehlslisten für die an den Schulen eingeführten Entwicklungssysteme

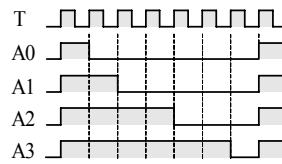
### Thema und Aufgabe

Helligkeitssteuerung einer Leuchtdiode

Die Helligkeit einer Leuchtdiode (LED) kann über zwei **Schalter** S1 und S0 gesteuert werden, indem die Impulsdauer des periodischen Signals **A** an der LED verändert wird.



Gefordert sind  
**4** Helligkeitsstufen: A0 (dunkel)  
 A1 (etwas heller)  
 A2 (deutlich heller)  
 A3 (hell)



Nebenstehende Tabelle beschreibt den Zusammenhang zwischen den beiden Steuerleitungen **S1** bzw. **S0**, den Eingangssignalen **A0...A3** und dem Ausgangssignal **A** (s. Blockschaltbild).

S1	S0	A
0	0	A0
0	1	A1
1	0	A2
1	1	A3

### Schaltwerk

- Beschreiben Sie das o.a. Schaltwerk mit Hilfe eines Zustandsdiagramms; entwickeln Sie eine passende Codierung der einzelnen Zustände (in tabellarischer Form) und skizzieren Sie ein Blockschaltbild das die Struktur Ihres Lösungskonzeptes veranschaulicht. (14 Punkte)

### Schaltnetz

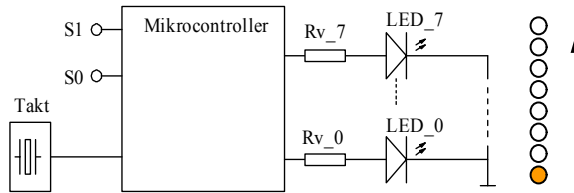
- Erstellen Sie eine Funktionstabelle für den Ausgang **A** in Abhängigkeit von den Signalen **A0 ... A3** bzw. **S1** und **S0** und leiten Sie daraus die Funktionsgleichung (disjunktive Form) für das Signal **A** ab. (12 Punkte)
- Zeichnen Sie die Schaltung für das (Ausgangs-) Schaltnetz unter Verwendung von AND und OR –Bausteinen (Negationen dürfen vereinfacht dargestellt werden). (8 Punkte)

### Schaltwerk + Schaltnetz

- Die Schaltung kann ohne Ausgangsschaltnetz aufgebaut werden. Skizzieren Sie ein entsprechendes Zustandsdiagramm. (12 Punkte)

### Lauflicht mit Helligkeitssteuerung

Die Helligkeitssteuerung wird nun auf ein einfaches Lauflicht (ein Leuchtpunkt wandert zyklisch von unten nach oben (LED\_0 ... LED\_7)) angewandt.

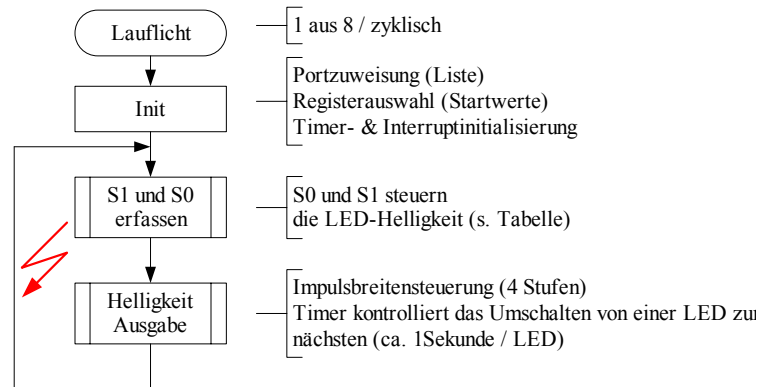


Es steht Ihnen ein Mikrocontroller mit folgenden Eigenschaften zur Verfügung:

- **8-Bit- Ports (P0 ... P3) / 16-Bit-Timer (T0, T1) / 1MZ (Maschinenzyklus) = 2µs**
- bei der Codierung können Sie sich zwischen **ASSEMBLER** und **C** wählen.
- Die Lösung muss **modular strukturiert** sein (s. Programmablaufplan)

- 4.1 Beschreiben Sie stichwortartig Lösungskonzepte für folgende Teilprobleme:  
 Abfrage der beiden Steuerleitungen S1 und S0 durch „**Ausmaskieren**“ (es stehen ausschließlich 8-Bit-Ports zur Verfügung).  
 und „**Zeitverzögerung**“ (Übergang von einer LED zur nächsten LED). Beurteilen Sie diese Varianten bezüglich ihrer Effizienz. (16 Punkte)

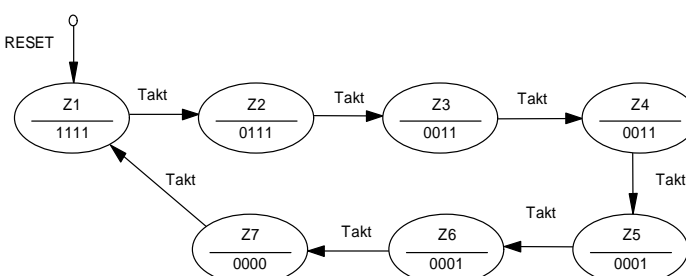
Folgender PAP veranschaulicht den geforderten modularen Aufbau.

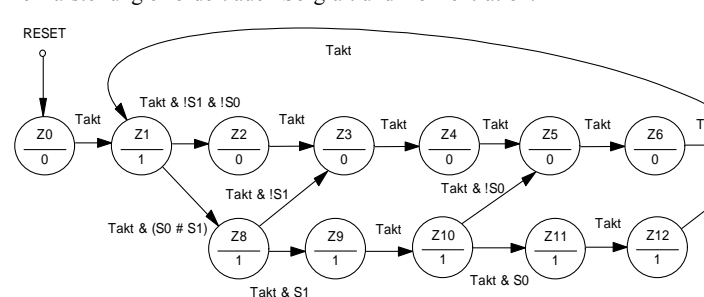


- 4.2 Zeichnen Sie ein PAP (**oder** ein Struktogramm) für das Unterprogramm: „*S1 und S0 erfassen*“ und erstellen Sie ein entsprechendes Programm in **ASSEMBLER (oder in C)**. (22 Punkte)
- 4.3 Bewerten Sie stichwortartig den Vorschlag (s. Kommentar im PAP), die Ausgabe mit Hilfe eines Timers zu steuern. Skizzieren Sie Alternativlösungen und beurteilen Sie Ihren Vorschlag vergleichend. (16 Punkte)

### Erwartete Prüfungsleistung

Technische Problemstellungen erfordern flexible Lösungsansätze. Daher werden an dieser Stelle nur Impulse und Anregungen für die Beurteilung gegeben. Im konkreten Fall müssen unterrichtliche Voraussetzungen organisatorische Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

Teilaufgabe	Lösungsskizzen / Hinweise	Mögliche Gewichtung im Anforderungsbereich		
		I	II	III
1	<p>Die Schülerinnen und Schüler erstellen aufgrund der vorliegenden Informationen (Blockschaltbild und Impulsdiagramm) ein Zustandsdiagramm. Dabei handelt sich um eine aussagekräftige grafische Problembeschreibung die alternativ zu textlichen oder tabellarischen Beschreibungen Verwendung findet.</p> <p>Die Darstellungssyntax ist in der eingeführten (einheitlichen) Formelsammlung beschrieben.</p>  <pre> graph LR     Z1((Z1 1111)) -- Takt --&gt; Z2((Z2 0111))     Z2 -- Takt --&gt; Z3((Z3 0011))     Z3 -- Takt --&gt; Z4((Z4 0011))     Z4 -- Takt --&gt; Z5((Z5 0001))     Z5 -- Takt --&gt; Z6((Z6 0001))     Z6 -- Takt --&gt; Z7((Z7 0000))     Z7 -- Takt --&gt; Z1     Z5 -- Takt --&gt; Z1   </pre> <p>Die konkrete Codierung der Zustände verlangt eine Entscheidung bezüglich der Lösungsstrategie (z.B. „<i>minimales Schaltwerk + Umcodierer</i>“ oder „<i>angepasstes Schaltwerk</i>“ oder „<i>Einsatz von Standardkomponenten</i>“ ...).</p> <p>Im ersten Fall ist der Einschaltzustand unkritisch und muss nicht besonders berücksichtigt werden – andere Konzepte erfordern eine intensivere Auseinandersetzung mit redundanten Zuständen.</p> <p>Die Darstellung als Blockschaltbild kann sehr unterschiedlich ausfallen. Je nach Strategie sind u.a. folgende Fälle denkbar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Schaltwerk + Schaltnetz</li> <li>angepasstes Schaltwerk (Startzustand berücksichtigen)</li> <li>Einsatz von Standardbauelementen (Register / Multiplexer / Zähler ...)</li> </ol>	4	10	

2.1	<p>Die Schülerinnen und Schüler erweitern die angegebene Funktionstabelle eines Multiplexers so, dass sich daraus eine Funktionsgleichung ableiten lässt.</p> <p>zu 2.1</p> <table border="1" data-bbox="446 210 1161 462"> <thead> <tr> <th>S1</th> <th>S0</th> <th>A0</th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>x</td><td>0</td><td>x</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>x</td><td>1</td><td>x</td><td>x</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>x</td><td>x</td><td>0</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>x</td><td>x</td><td>1</td><td>x</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>Der Anforderungsbereich III wird nur dann erfüllt, wenn der Lösungsweg erkennen läßt, dass die Schülerinnen und Schüler ökonomisch im Sinne reduzierter Gleichungen (geringem Schaltungsaufwand) vorgehen.</p>	S1	S0	A0	A1	A2	A3	A	0	0	0	x	x	x	0	0	0	1	x	x	x	1	0	1	x	0	x	x	0	0	1	x	1	x	x	1	1	0	x	x	0	x	0	1	0	x	x	1	x	1	1	1	x	x	x	0	0	1	1	x	x	x	1	1	8	4
S1	S0	A0	A1	A2	A3	A																																																												
0	0	0	x	x	x	0																																																												
0	0	1	x	x	x	1																																																												
0	1	x	0	x	x	0																																																												
0	1	x	1	x	x	1																																																												
1	0	x	x	0	x	0																																																												
1	0	x	x	1	x	1																																																												
1	1	x	x	x	0	0																																																												
1	1	x	x	x	1	1																																																												
2.2	<p>Die zeichnerische Umsetzung einer Funktionsgleichung in eine Schaltung mit konkreten Schaltzeichen entspricht einer einfachen Zuordnungsaufgabe. Da Multiplexer zu den Grundelemente der technischen Informatik zählen, kann man diesen Aufgabenteil u. U. auch dann lösen, wenn Teil 2.1 nicht bearbeitet wurde.</p>	8																																																																
3	<p>Hier ist die Darstellung der Gesamtschaltung in einem Zustandsdiagramm gefordert.</p> <p>Diese Aufgabenstellung erfordert ein hohes Maß an Erfahrung und Überblick. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich der einzelnen Zustände des gesamten Systems und aller möglicher Übergänge bewusst sein.</p> <p>Die Darstellung erfordert auch Sorgfalt und Konzentration.</p> 	12																																																																

4.1	<p>Die Beschreibung von Lösungskonzepten für die Abfrage von Steuerleitungen im Bereich der Mikrocontrollertechnik ist auch als ein Aspekt der technischen Kommunikation zu verstehen. Die Schülerinnen und Schüler können sich aufgrund der Vorgabe: „<i>Maskierung aus 8-Bit-Port</i>“ nicht auf einfache Bitverarbeitung beschränken.</p> <p>Zeitverzögerungen sind in Mikrokontrollersystemen von großer Bedeutung und entsprechend berücksichtigt.</p> <p>An dieser Stelle sind Konzepte (Zählschleifen oder Timer) und keine konkreten Lösungen gefragt. Die Darstellung kann textlich – stichwortartig oder auch mit zusätzlichen Skizzen erfolgen. Der Anforderungsbereich III wird dann erfüllt, wenn die einzelnen Konzepte kritisch beurteilt werden</p>	10	6
4.2	<p>Die Schülerinnen und Schüler können frei entscheiden, ob Sie die Lösung in Assembler (dann mit zugehörigem Programmablaufplan – PAP) oder in C (dann mit zugehörigem Struktogramm) erstellen wollen.</p> <p>Die Darstellungssyntax für PAPs und Struktogramme ist in der eingeführten Formelsammlung beschrieben. Die Zuordnung PAP – Assembler bzw. Struktogramm – Cist verbindlich.</p> <div data-bbox="483 646 971 1234" data-label="Diagram"> <pre> graph TD     Start([S1 und S0 erfassen]) --&gt; Mask[S1 und S0 aus P1 ausmaskieren]     Mask --&gt; D00{00h?}     D00 -- ja --&gt; T1[tp = 10 ti = 60]     D00 -- nein --&gt; D01{01h?}     D01 -- ja --&gt; T2[tp = 20 ti = 50]     D01 -- nein --&gt; D02{02h?}     D02 -- ja --&gt; T3[tp = 40 ti = 30]     D02 -- nein --&gt; T4[tp = 60 ti = 10]     T1 --&gt; RET([RET])     T2 --&gt; RET     T3 --&gt; RET     T4 --&gt; RET </pre> </div> <p>Da die Prüfung nicht am PC durchgeführt wird, ist es nicht sinnvoll, die Codierung von Problemen in den Vordergrund zu stellen. Syntaxfehler sind nicht entscheidend (vergl. Rechtschreibfehler in Aufsätzen).</p>	14	8

4.3	<p>Der Einsatz von Timern erfordert entsprechende Vorbereitung (Initialisierung / Startwert und „Periodendauer“ / Freigabe / Priorität / Freiraum für Interruptadressen / ISR-Handling...). Timer ermöglichen exakte Impulsweiten und schaffen Freiraum für das Hauptprogramm (Programmzyklus wird entlastet). Wenn man auf Timer verzichtet (Polling) wird die Berechnung der Periodendauer schwierig (insbesondere wenn das Problem in einer Hochsprache beschrieben wird). Allerdings wird die Programmstruktur einfacher – es müssen weniger Randbedingungen berücksichtigt werden.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler haben in diesem Aufgabenteil die Möglichkeit, ihre Methodenkompetenz zu dokumentieren. Die Beurteilung sollte dementsprechend nicht nur die Sachkompetenz – sondern auch die Darstellung (Strukturierung) dieser komplexen Sachverhalte berücksichtigen</p>	10	6	
	Anteile der Anforderungsbereiche	22	48	30



<b>Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen</b>	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Metalltechnik
Inhaltsbereich dieser Aufgabe	Statik, Festigkeitslehre, Maschinenelemente, Werkstofftechnik
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	5 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	3 Wochenstunden über 2 Schulhalbjahre
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Zeichnerische und rechnerische Bestimmung von Kräften, Dimensionierung von Bauteilen, Wärmebehandlung von Stählen
Bearbeitungszeit für das Fach	300 Minuten
davon geplante Einlesezeit	- Minuten
Bearbeitungszeit für diese Teildisziplin	180 Minuten
davon geplante Einlesezeit	- Minuten
weitere vom Schüler zu bearbeitende Teildisziplinen	Steuerungstechnik, Legierungslehre
Hilfsmittel	Einheitliche Formelsammlung, Datenblätter

### 1. Thema und Aufgabenstellung

Das vereinfacht und unmaßstäblich skizzierte Stützelement ist Teil einer aus mehreren, gleichartiger Elemente zusammengesetzten Gesamtkonstruktion, die zum Innenausbau eines Tunnels eingesetzt wird. Die Elemente sind in Wabenbauweise hergestellt.

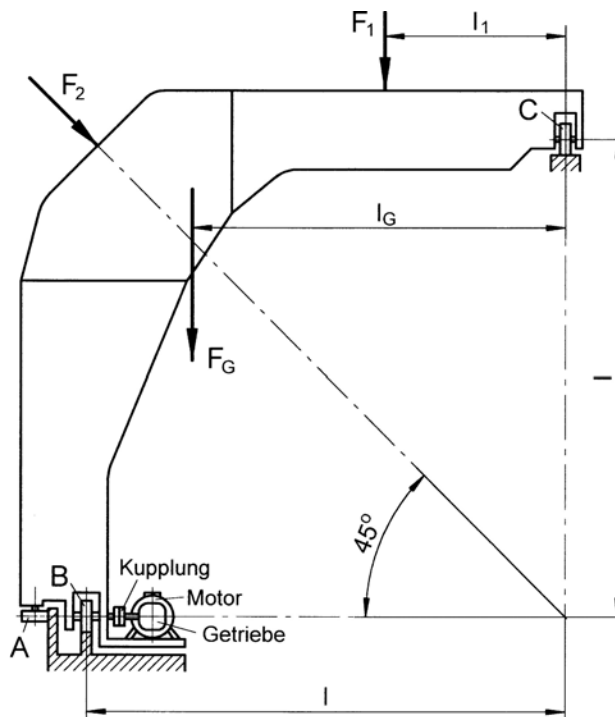
In dieser Aufgabenstellung sollen Sie die konstruktiven Aspekte eines Einzelelementes bearbeiten.

Mittels Motor und einem Getriebe wird das Stützelement über die Rolle B angetrieben und kann auf einer Schiene verfahren werden. Beim Bewegen des Stützelementes werden über die Antriebswelle der Rolle B über Zahnkränze Lüftungsschieber geöffnet bzw. geschlossen.

Die angegebenen Kräfte beziehen sich auf ein solches Einzelelement und werden in den Punkten A und B durch jeweils eine Rolle, in C durch zwei hintereinander angeordnete Rollen aufgenommen.

Bei einer Gewichtskraft von  $F_G = 75 \text{ kN}$  werden für die weiteren Betrachtungen bezüglich der Dimensionierung ausgesuchter Bauteile die Belastungskräfte mit  $F_1 = 20 \text{ kN}$  und  $F_2 = 25 \text{ kN}$  angesetzt.

Die Abstände betragen:  $l = 5,4 \text{ m}$ ;  $l_1 = 1,8 \text{ m}$  und  $l_G = 3,4 \text{ m}$ .



### 1. Stützelement

- 1.1 Ermitteln Sie mit einem **zeichnerischem Verfahren** Ihrer Wahl die Resultierende FR der angreifenden Kräfte  $F_1$ ,  $F_2$  und  $F_G$ , deren Wirkabstand zum Lager B sowie die Rollenkräfte  $F_A$ ,  $F_B$  und  $F_C$ .

Maßstäbe: ML: 1m/1cm ; MK: 10kN/1cm

Beurteilen Sie die skizzierte Lagerung des Stützelementes für den Fall, dass die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  nicht vorhanden sind!

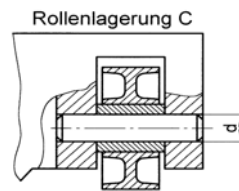
(16 Punkte)

- 1.2 Überprüfen Sie die zeichnerischen Lösungen aus 1.1 mit den Ihnen bekannten analytischen Methoden der Statik.

Begründen Sie die Wahl Ihres Drehpunktes für die Momentengleichung.

(8 Punkte)

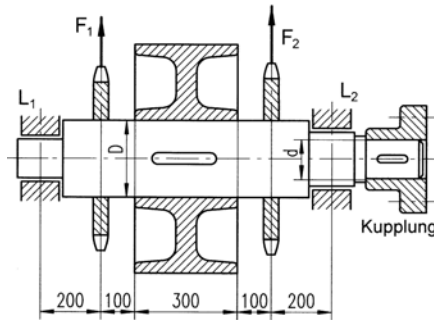
- 1.3 Wählen Sie einen geeigneten Werkstoff und dimensionieren Sie den konstruktiv zu wählenden Bolzendurchmesser  $d$  im Lager C unter der Annahme einer Gesamtbelastung von 60 kN bei einer gleichmäßigen Verteilung dieser Kraft auf die beiden Rollen.  
(6 Punkte)



## 2. Antriebswelle

Das fahrbare Stützelement wird durch einen Motor mit nachgeschaltetem Getriebe über eine Kupplung durch die nebenstehend skizzierte Antriebswelle der Rolle B bewegt. Die Rollenbelastung in B, die mit  $F_B = 54$  kN anzusetzen ist, wird als Streckenlast mit  $F' = 18$  kN/100mm auf der Antriebswelle abgelegt.

Beim Bewegen des Stützelementes werden über zwei Zahnkränze Lüftungsschieber und Notausgänge geöffnet bzw. geschlossen, sodass die Welle mit den zusätzlichen Biegekräften  $F_1 = 10$  kN und  $F_2 = 15$  kN belastet wird.

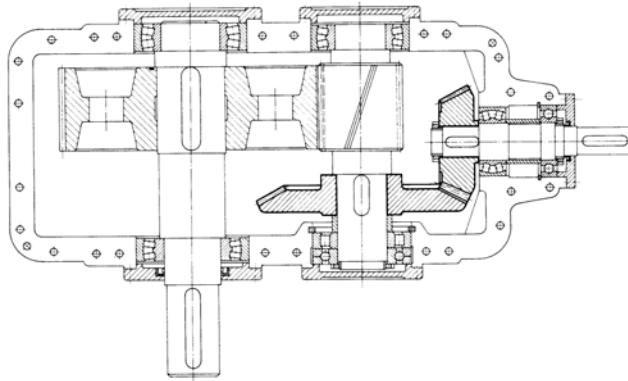


Die Lagerkräfte der Antriebswelle wurden mit  $L_1 = 38,11$  kN und  $L_2 = 40,88$  kN berechnet.

- 2.1 Dimensionieren Sie den Durchmesser  $d$  des Antriebszapfens unter der Annahme, dass über die Kupplung ein maximales Drehmoment von 800 Nm eingeleitet wird und eine zulässige Torsionsspannung von 100 N/mm<sup>2</sup> nicht überschritten werden darf.  
(2 Punkte).
- 2.2 Ermitteln Sie Lage und Größe des maximalen Biegemomentes unter Berücksichtigung des Querkraftdiagramms. Dokumentieren Sie den Biegemomentenverlauf  
(18 Punkte).
- 2.3 Dimensionieren Sie den Durchmesser  $D$  der Antriebswelle, wenn ein maximales Biegemoment von 13 kNm zugrunde gelegt wird und die zulässige Biegespannung 150 N/mm<sup>2</sup> beträgt.  
Bewerten Sie den vorgegebenen Ansatz zur Dimensionierung der Welle unter Berücksichtigung, dass an der Welle zusätzlich das angenommene maximale Drehmoment von 800 Nm auftritt.  
(10 Punkte)

### 3. Getriebe

An der Kupplung der Antriebswelle ist das skizzierte Schräg Zahn-Kegelradgetriebe angeflanscht. Die Kegelräder sind mit  $i_1 = 2$  und die Schrägverzahnung mit  $i_2 = 3$  übersetzt. Der Getriebewirkungsgrad kann pro Stufe mit  $\eta = 0,9$  angenommen werden.



- 3.1 Ermitteln Sie die Drehzahl, mit der die Antriebswelle angetrieben werden muss, wenn die Laufrolle im Lager B einen Durchmesser von  $d = 240$  mm besitzt und das Stützelement mit einer Geschwindigkeit von  $v = 3$  m/min bewegt werden soll und berechnen Sie die notwendige Motordrehzahl, mit der das Getriebe angetrieben werden muss (4 Punkte).

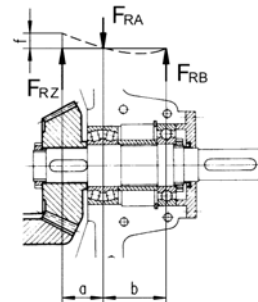
Die zum Bewegen des Stützelements notwendige Umfangskraft im Lager B (Rolle B) wurde mit  $F_U = 6,5$  kN ( ca. 5% aller Lagerkräfte ) ermittelt.

- 3.2 Berechnen Sie die Drehmomente am Ausgang und am Eingang des Getriebes und bestimmen Sie die notwendige Antriebsleistung des Motors. Beurteilen Sie die bisher vorgenommene Dimensionierung der Antriebswelle. (4 Punkte)

Das Antriebskegelrad wird mit einer Radiallast von  $F_{RZ} = 2400$  N und einer Axiallast von  $F_a = 800$  N belastet.

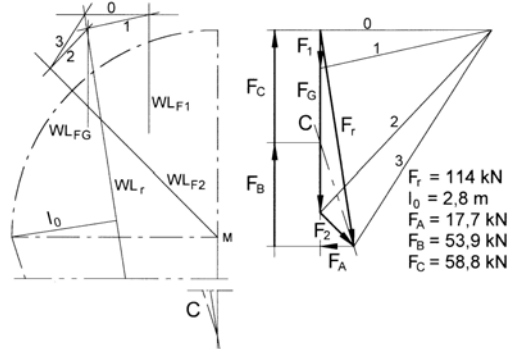
Wegen der Gefahr einer Klemmwirkung darf sich das Wellenende mit dem Kegelrad nur um  $f = 0,1$  mm durchbiegen.

(  $a = 80$  mm ,  $b = 100$  mm )

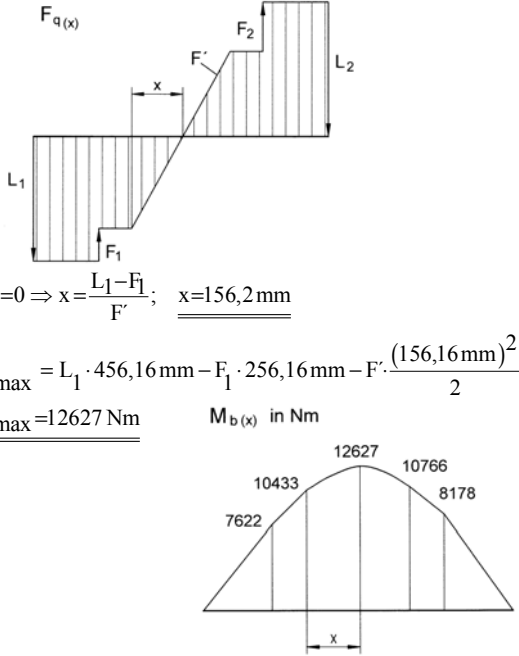


- 3.3 Bestimmen Sie für eine Vollwelle das notwendige Trägheitsmoment  $I$  und den Durchmesser der Welle unter alleiniger Berücksichtigung der Durchbiegung (7 Punkte).
- 3.4 Dimensionieren Sie ein geeignetes Pendelrollen- und Rillenkugellager wenn davon auszugehen ist, dass die Axiallast nur vom Pendelrollenlager übernommen wird. Die Lager sollen für eine Lebensdauer von  $L_h = 20.000$  h ausgelegt werden und einen Innendurchmesser von 35 mm besitzen. (10 Punkte)
- 3.5 Beschreiben Sie Alternativen zu der angegebenen Lagerung mit einem Pendel- und einem Rillenkugellager und beurteilen Sie diese im Vergleich zur Vorgabe (5 Punkte).
- 3.6 Zur Vermeidung der „Grübchenbildung“ an der Verzahnung ist ein Härten der Verzahnung notwendig. Nennen und beschreiben Sie ein geeignetes Härteverfahren und begründen Sie Ihre Wahl (5 Punkte).
- 3.7 Wie kann die Härte des Werkstoffes überprüft werden? Beschreiben Sie ein mögliches Härteprüfverfahren Ihrer Wahl (5 Punkte).

**Erwartete Prüfungsleistung**

Teilaufgabe	Lösungsskizzen / Hinweise	Mögliche Gewichtung im Anforderungsbe- reich		
		I	II	III
1.1	<p>Ermittlung der Resultierenden mittels Seileckverfahren.</p> <p>Zur Ermittlung der Rollenkräfte besteht Wahlmöglichkeit zwischen 3-Kräfte- (wenn <math>F_A</math> und <math>F_B</math> zunächst als Komponenten einer Kraft angenommen werden), 4-Kräfte- und Schlusslinienverfahren.</p> <p>In Anbetracht der zuerst ermittelten Resultierenden ist das 4-Kräfteverfahren am günstigsten.</p>  <p>Durch den Wegfall der horizontalen Kraftkomponente ist die sichere Seitenführung nicht gewährleistet. Konstruktiv ist eine zweite seitliche Führung erforderlich.</p>	8	4	4

1.2	<p>Ermittlung der unbekanntenen Kräfte mittels Gleichgewichtsbedingungen.  Vorteilhafter Drehpunkt für die Momentengleichung ist der Schnittpunkt der Wirklinien von <math>F_A</math> und <math>F_C</math> – erspart die Ermittlung sonst erforderlicher geometrischer Größen.</p> $\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{2x} - F_A = 0 \Rightarrow F_A = F_2 \cdot \cos 45^\circ$ $\underline{F_A = 17,68 \text{ kN}}$ $\sum F_y = 0 \Rightarrow F_B - F_{2y} - F_G - F_1 + F_C = 0$ $F_B + F_C = 112,68 \text{ kN}$ $\sum M_{AB} = 0 \Rightarrow -F_{2y} \cdot l - F_G \cdot (l - l_G) - F_1 \cdot (l - l_1) + F_C \cdot l = 0$ $\underline{F_C = 58,79 \text{ kN}, F_B = 53,89 \text{ kN}}$ $F_A + F_B = \text{Festlager}, F_C = \text{Loslager}$	4	4	
1.3	<p>Gewählt: <math>\tau_{\text{azul}} = 60 \text{ N/mm}^2</math>. Daraus folgt:</p> $\tau_a = \frac{F_C}{4S} \leq \tau_{\text{azul}} \Rightarrow S_{\text{erf}} \geq \frac{F_C}{4 \cdot \tau_{\text{azul}}} \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{F_C}{\tau_{\text{azul}} \cdot \pi}}$ $d \geq 17,84 \text{ mm}; \text{ gewählt: } \underline{\underline{d = 18 \text{ mm}}}$		2	4
2.1	$d_{\text{erf}} \geq 3 \sqrt{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau_{\text{tzul}}}} \Rightarrow d \geq 34,4 \text{ mm}; \text{ gewählt: } \underline{\underline{d = 35 \text{ mm}}}$		1	1

2.2	 <p> <math>\Sigma F_q = 0 \Rightarrow x = \frac{L_1 - F_1}{F'}</math>; <math>x = 156,2 \text{ mm}</math> </p> <p> <math>M_{b \max} = L_1 \cdot 456,16 \text{ mm} - F_1 \cdot 256,16 \text{ mm} - F' \cdot \frac{(156,16 \text{ mm})^2}{2}</math> </p> <p> <math>M_{b \max} = 12627 \text{ Nm}</math>      <math>M_{b(x)}</math> in Nm </p> <p>     7622    10433    12627    10766    8178   </p>	10	8	
2.3	<p>Mit <math>M_{b \max} = 13 \text{ kNm}</math> folgt:</p> <p> <math>D \geq 3 \sqrt{\frac{32 \cdot M_{b \max}}{\pi \cdot \sigma_{bzul}}} \Rightarrow D \geq 95,005 \text{ mm}</math>; gewählt : <u><math>D = 96 \text{ mm}</math></u> </p> <p>Vergleichsmoment (nach Böge):</p> <p> <math>M_v = \sqrt{M_b^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T)^2} = \sqrt{(12627 \text{ Nm})^2 + 0,75 \cdot (1 \cdot 800 \text{ Nm})^2}</math> </p> <p> <math>M_v = 12646 \text{ Nm} \Rightarrow D_{\text{erf}} = 95,05 \text{ mm} &lt; D_{\text{gewählt}}</math> </p>		2	8
3.1	<p> <math>n_{ab} = \frac{v}{d \cdot \pi} \Rightarrow n_{ab} = 4,17 \text{ min}^{-1}</math> </p> <p> <math>i_g = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_{zu} = i_1 \cdot i_2 \cdot n_{ab}</math>, <u><math>n_{zu} = 25 \text{ min}^{-1}</math></u> </p>		4	



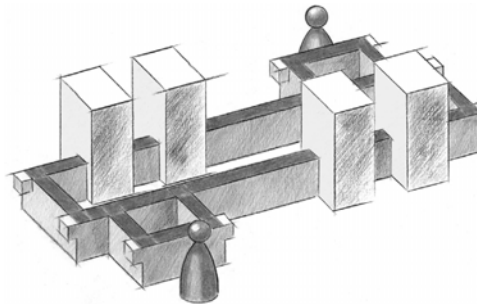
3.2	$M_B = \text{Drehmoment im Lager B}$ $M_B = F_U \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow \underline{M_B = 780 \text{ Nm}}$ $M_{zu} = \frac{M_B}{i_g \cdot \eta_g} \Rightarrow \underline{M_{zu} = 160,5 \text{ Nm}}$ $P_{Mot} = \frac{M_{zu} \cdot n_{zu}}{9550} \Rightarrow \underline{P_{Mot} = 0,4 \text{ kW}}$ $M_{Bvorh} < T_{\text{angenommen}} \Rightarrow \text{Dimensionierungen i.O.}$		4	
3.3	Für Kragträger des vorliegenden Belastungsfalles gilt: $f = \frac{F_{RZ} \cdot a^2 \cdot (b+a)}{3 \cdot E \cdot I}$ (nach Roloff / Matek) $\Rightarrow$ $I = \frac{F_{RZ} \cdot a^2 \cdot (b+a)}{3 \cdot E \cdot f}$ , $\underline{I = 43886 \text{ mm}^4}$ $I = \frac{\pi}{64} \cdot d^4$ (Vollwelle) $\Rightarrow d \geq \sqrt[4]{\frac{64 \cdot I}{\pi}}$ , $\underline{d \geq 30,8 \text{ mm}}$	4	3	
3.4	Berechnung der Lagerkräfte $F_{RA}$ und $F_{RB}$ : $\sum M_B = 0 \Rightarrow F_{RA} = \frac{F_{RZ}(a+b)}{b}$ , $F_{RA} = 4320 \text{ N}$ , $F_{RB} = 1920 \text{ N}$ Das Pendelrollenlager überträgt die Radiallast $F_{RA} = 4320 \text{ N}$ und die Axiallast $F_a = 800 \text{ N}$ Das Rillenkugellager überträgt die Radiallast $F_{RB} = 1920 \text{ N}$ $f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}}$ , mit $p = \frac{10}{3} \Rightarrow \underline{f_L = 3,0}$ , $f_n = \sqrt[3]{\frac{33,33}{n}}$ , $\underline{f_n = 1,1}$ Zu bestimmen ist die dynamische Tragzahl C, da $n \geq 10 \text{ min}^{-1}$ $P = x \cdot F_{RA} + y \cdot F_a$ , mit $\frac{F_a}{F_{RA}} = 0,18 \leq e = 0,26$ gilt: $x = 1$ und $y = 2,55 \Rightarrow P = 6360 \text{ N}$ Es ist ein Pendelrollenlager Typ 21307E mit $C = 71 \text{ kN}$ einzubauen. $C = \frac{f_L \cdot P}{f_n} = 17345 \text{ kN} \Rightarrow$ das gewählte Pendelrollenlager reicht aus.  Für das Rillenkugellager gilt: $f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} \Rightarrow \underline{f_L = 3,42}$ , $f_n = \sqrt[3]{\frac{33,33}{n}} \Rightarrow \underline{f_n = 1,12}$ $C = \frac{f_L \cdot P}{f_n}$ , mit $F_{RB} = P \Rightarrow C = 5863 \text{ N}$ Mit dem gleichen Lagerdurchmesser $d = 35 \text{ mm}$ und der selben Kennzahl, erhält man das Rillenkugellager 6007 mit $C = 16,3 \text{ kN}$		2	8

3.5	Alternative: Einbau von zwei Kegelrollenlager in X-Anordnung im Lager B und ein Zylinderrollenlager als Loslager in A.			5
3.6	Vorschlag: Oberflächenhärteverfahren. Aufkohlung der Oberfläche mittels Diffusion im Einsatz. Danach Flamm- oder Induktionshärten.		5	
3.7	Härteprüfverfahren nach Brinell, Rockwell oder Vickers z.B. Brinell ( Kugeleindringverfahren) Eine gehärtete Stahlkugel mit definiertem Durchmesser und definierter Druckkraft erzeugt an der zu prüfenden Oberfläche einen Kugelkaloteneindruck. Der Durchmesser der gemessenen Kugelkalotte ist ein Maß für die Eindringtiefe und damit für den Härtegrad, gemessen in HB.	4	1	
	Anteile der Anforderungsbereiche	30	40	30

<b>Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen</b>	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Mechatronik
Inhaltsbereiche dieser Aufgabe	Wechselstromtechnik, Automatisierungstechnik, Funktionseinheiten zur Energieübertragung
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	5 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	5 Wochenstunden über 3 Schulhalbjahre
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Bauformen, Funktion und Aufbau von Getrieben; Berechnungen an Getrieben, Schaltvorgänge an Spulen, Stromfunktionen grafisch darstellen und interpretieren, Binär- und Digitalsteuerungen, Speicher-programmierbare Steuerungen
Bearbeitungszeit für das Fach	240 Minuten
davon mögliche maximale Einlesezeit	30 Minuten
Bearbeitungszeit für diese Prüfungsaufgabe	240 Minuten
Einlesezeit	---
weitere vom Schüler zu bearbeitende Teildisziplinen	---
Hilfsmittel	Tabellenbücher, Taschenrechner

### 1. Thema und Aufgabenstellung

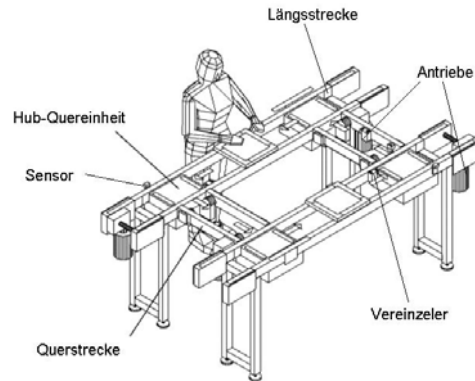
Transfersystem



In einer Montagelinie werden mit Hilfe eines Transfersystems Werkstücke von Station zu Station (Handarbeitsplätze oder Automatikstationen) befördert. Auf zwei stetig umlaufenden Gurten, Zahnriemen oder Rundriemen werden Werkstückträger über Reibung mitgenommen. Die Werk-

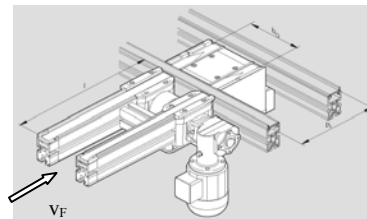
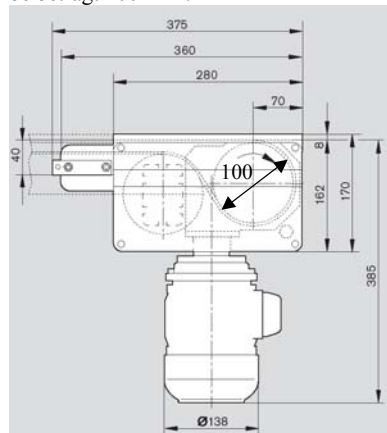
stückträger nehmen die Werkstücke auf. Alle Bearbeitungen erfährt das Werkstück auf dem Werkstückträger. An den Stationen wird der Werkstückträger durch Vereinzeler angehalten, während das Fördermittel weiterläuft. Vor einzelnen Stationen können mehrere Werkstückträger aufgestaut werden. Damit können kleine Puffer gebildet werden. Nach beendetem Arbeitsgang an der jeweiligen Station wird der Werkstückträger für den Transport zur nächsten Arbeitsstation freigegeben. Am Ende des Montageablaufes wird das fertig montierte Werkstück von dem Werkstückträger entnommen. Der komplette Ablauf wird über eine Speicherprogrammierbare-Steuerung gesteuert.

In unserer weiteren Betrachtung sollen Sie sich mit einem Handarbeitsplatz näher beschäftigen, bei dem folgende Einzelteile von Bedeutung sind :



### Aufgabe 1 Antrieb der Querstrecke

Der Antrieb des Förderbandes erfolgt durch einen Elektromotor mit einer Nennzahl von  $n_{\text{an(Motor)}} = 1400 \text{ min}^{-1}$  und einem angeflanschten Schneckengetriebe. Das Förderband soll sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von  $v_F = 0,15 \text{ m/s}$  bewegen. Der Durchmesser der Riemenscheibe beträgt  $100 \text{ mm}$ .

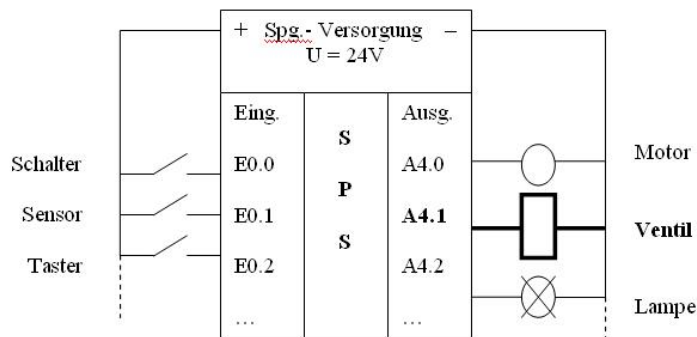


- 1.1 Beschreiben Sie den Aufbau und erläutern Sie die Eigenschaften des Schneckengetriebes. (5 Punkte)
- 1.2 Nennen und beschreiben Sie ein alternatives Getriebe für diese Aufgabe und beurteilen Sie die Auswahl des Schneckengetriebes im Verhältnis zu Ihrem Alternativ-Vorschlag. (9 Punkte)
- 1.3 Bestimmen Sie das notwendige Übersetzungsverhältnis des Getriebes. (5 Punkte)
- 1.4 Bestimmen Sie die erforderliche Leistung des Antriebsmotors bei einem Abtriebsdrehmoment von  $M_{ab} = 200 \text{ Nm}$  und einem Getriebewirkungsgrad von  $\eta = 65\%$ . Gehen Sie von einer Abtriebsdrehzahl  $n_{ab(\text{Welle})} = 30 \text{ min}^{-1}$  aus.  
Welcher Motortyp wäre für diesen Antrieb geeignet? Begründen Sie Ihre Auswahl. (8 Punkte)
- 1.5 Ermitteln Sie die grundlegenden Zahnradparameter für den verwendeten Schneckentrieb. (6 Punkte)
- Zusätzliche Angaben:
- |                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Zylinderschnecke                     | ZN                       |
| Übersetzungsverhältnis               | $i = 50$                 |
| Modul                                | $m = 2,5 \text{ mm}$     |
| Mittlenkreisdurchmesser der Schnecke | $d_{m1} = 25 \text{ mm}$ |
| Profilverschiebungsfaktor            | $\chi = 0$               |

## Aufgabe 2 SPS- Ausgabebaugruppe

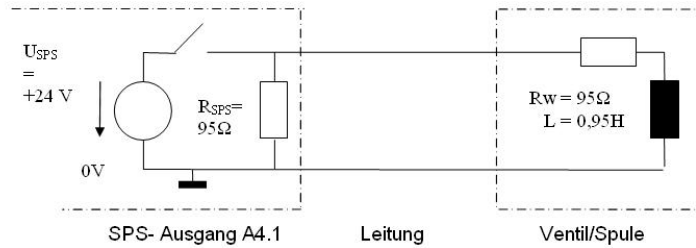
An das Automatisierungsgerät (SPS) schließen wir die für die Funktion der Steuerung notwendigen Sensoren (Schalter, Taster, Lichtschranke, ...) sowie alle zu steuernden Aktoren (Schütze, Ventile, Leuchtmelder, ...) an.

Prinzip:



Es soll der Ausgang A4.1 der SPS näher untersucht werden. Dazu wird das folgende Schaltbild zugrunde gelegt:

- 2.1 Erläutern Sie den Stromverlauf beim Einschaltvorgang. Nach welcher Zeit fließt ein konst. Strom durch das Ventil ?  
(5 Punkte)



- 2.2 Zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird der Ausgang 4.1 durch Schließen des Schalters S aktiviert (= Ventil betätigt). Dokumentieren Sie den Verlauf des Ventilstromes graphisch.  
(10 Punkte)
- 2.3 Das angeschlossene Ventil reagiert, wenn der Strom 70% seines Maximalwertes erreicht hat. Berechnen Sie die Reaktionszeit für die Aktivierung.  
Laut technischem Datenblatt ist die Aktivierungszeit unterschiedlich zur Deaktivierungszeit. Erklären Sie diesen Sachverhalt. (7 Punkte)
- 2.4 Laut Angabe eines anderen Herstellers erreicht dessen Ventil 50 ms nach dem Einschalten schon 90% seines maximalen Stromes bei gleichem Wicklungswiderstand. Ermitteln Sie die Induktivität.  
Begründen Sie die Reaktionszeit bei sonst gleichen Bedingungen. (10 Punkte)

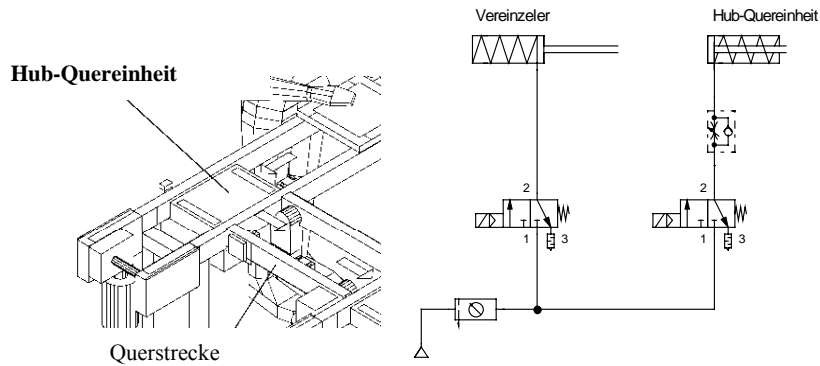
### Aufgabe 3 SPS-Programmierung

#### - Programmerstellung für einen Knotenpunkt

Hub-Quereinheiten haben die Aufgabe, Werkstückträger von einer Längsstrecke auf eine Querstrecke oder einer Querstrecke auf eine Längsstrecke einzuschleusen. Allen Hub-Quereinheiten gemeinsam sind die pneumatische Vertikalbewegung und der horizontale Transport.

Damit immer nur ein Werkstückträger auf die Hub-Quereinheit fahren kann, wird vor dieser ein Vereinzler (Stopper) angebracht. Dieser sperrt die Bahn für nachfolgende Werkstückträger ab. Ein Sensor nach dem Vereinzler signalisiert, dass ein Werkstückträger eingefahren ist. Ein Sensor an der Hub-Quereinheit signalisiert, dass der Werkstückträger die Position erreicht hat und angehoben werden kann, damit er auf der Querstrecke ausfahren kann. Das Ausfahren wird wiederum von einem Sensor erfasst, um ein Signal zur Wiederholung des Vorgangs zu geben.

Die Skizze und der Pneumatikplan stellen den Sachverhalt dar.



**- Signalisierung des Materialvorrates am Handarbeitsplatz**

Damit am Handarbeitsplatz immer genügend Material zur Verfügung steht soll eine Signalampel (rot, gelb, grün) angebracht werden. Diese soll dem Zulieferer signalisieren, dass genügend Material vorhanden ist (grün), mindestens 80% des Vorrates aufgebraucht sind (gelb) oder dass das Material aufgebraucht ist (rot). Die Zählung der verbrauchten Teile soll über die ausfahrenden Werkstückträger erfolgen, weshalb das Signal zur Zählung der Teile von dem Sensor nach dem Vorvereinzelzähler verwendet werden kann.

Der Bandantrieb erfolgt permanent und muss nicht berücksichtigt werden.  
Das Startsignal und ein Richtimpuls werden vom Betriebsartenteil bereitgestellt.

- 3.1 Entwerfen Sie für den Funktionsablauf des Knotenpunktes einen Ablauf-Funktionsplan (Ablaufkette).  
Benennen Sie die Bauteile im Pneumatikplan !  
(9 Punkte)
- 3.2 Erstellen Sie eine Zuordnungstabelle in der Reihenfolge A/E/M .  
Entwickeln Sie für den Ablauf-Funktionsplan ein Steuerungsprogramm in der Funktionsbausteinsprache. (Funktionsplandarstellung)  
(13 Punkte)
- 3.3 Entwerfen und erläutern Sie für die Meldeleuchtensteuerung eine Programmstruktur.  
(4 Punkte)
- 3.4 Entwickeln Sie für die Meldeleuchtensteuerung ein Steuerungsprogramm in der Funktionsbausteinsprache und erklären Sie die Anschlüsse des verwendeten Zählers.  
(9 Punkte)

## 2. Erwartete Prüfungsleistung

Teilaufgabe	Lösungsskizzen / Hinweise	Mögliche Gewichtung im Anforderungsbereich		
		I	II	III
1.1	<p>Beschreibung des Schneckengetriebes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- besteht aus Schnecke und Schneckenrad</li> <li>- Winkelgetriebe mit niedrigem Wirkungsgrad und möglicher Selbsthemmung</li> <li>- hohe Gleitreibung erfordert gute Schmierung</li> <li>- bei kleiner Baugröße sind große Übersetzungen möglich</li> <li>- geräuscharmer Lauf</li> </ul>	2	3	
1.2	<p>z.B. Beschreibung eines Kegelradgetriebes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Winkel zwischen den Achsen in der Regel 90°</li> <li>- besteht aus Kegelrädern mit unterschiedlichen Verzahnungsmöglichkeiten</li> <li>- Übersetzungsbereich circa 1:1 bis 1:7</li> </ul> <p>Begründung:</p> <p>Im vorliegenden Fall ist die Wahl eines Schneckengetriebes sinnvoll, da keine großen Lasten zu erwarten sind. Dadurch fällt der geringere Wirkungsgrad im Gegensatz zum Kegelradgetriebe nicht so arg ins Gewicht, da genügend Reserven vorhanden sind. Ebenso von Vorteil ist die geringere Baugröße, da die Realisierung der geforderten Übersetzung mit nur einer Getriebestufe möglich ist. Der geräuschartigere Lauf mag zwar von Vorteil sein, dürfte aber in einer automatisierten Fertigungsstraße weniger stark auffallen.</p>	2	3	4



1.3	<p>Bestimmung der Abtriebsdrehzahl:</p> $v_F = d_R \cdot \pi \cdot n_R$ $n_{ab(Welle)} = \frac{v_F}{d_R \cdot \pi}$ <p>Ermitteln des Übersetzungsverhältnisses:</p> $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_{an(Motor)}}{n_{ab(Welle)}}$ $n_{ab(Welle)} = \frac{9000 \text{ mm}}{\text{min} \cdot 100 \text{ mm} \cdot \pi} = \underline{\underline{28,65 \text{ min}^{-1}}}$ $i = \frac{n_{an(Motor)}}{n_{ab(Welle)}} = \frac{1400 \text{ min}^{-1}}{28,65 \text{ min}^{-1}} = \underline{\underline{48,87}}$	3	2	
1.4	<p>Bestimmen der abgegebenen Leistung am Getriebe:</p> $P_2 = M_{ab} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$ $P_2 = 200 \text{ Nm} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0,5 \text{ s}^{-1} = \underline{\underline{628,3 \text{ W}}}$ <p>Alternativ kann die Lösung auch mit der Zahlenwertgleichung erstellt werden:</p> $M_{ab} = 9550 \cdot \frac{P_2}{n_{ab(Welle)}} \Rightarrow P_2 = \frac{M_{ab} \cdot n_{ab(Welle)}}{9550}$ <p>mit M in Nm; n in min<sup>-1</sup>; P in kW</p> $P_2 = \frac{200 \text{ Nm} \cdot 30 \text{ min}^{-1}}{9550} = \underline{\underline{0,6283 \text{ kW}}} = \underline{\underline{628,3 \text{ W}}}$ <p>Bestimmen der Motorleistung:</p> $P_1 = \frac{628,3 \text{ W}}{0,65} = \underline{\underline{966,6 \text{ W}}}$ $\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad P_1 = \frac{P_2}{\eta}$ <p>- Motorarten benennen und geeigneten Motor auswählen</p>	1	3	4

1.5	<p>Zähnezahlverhältnis</p> $u = i = \frac{z_2}{z_1}$ <p>Bei einer Übersetzung über <math>i &gt; 30</math> wird für die Zähnezahl der Schnecke üblicherweise <math>z_1 = 1</math> festgelegt.</p> <p>Damit ist</p> $z_2 = u \cdot z_1 = 50 \cdot 1 = 50$ <p>Axialteilung</p> $p = m \cdot \pi$ $p = 2,5\text{mm} \cdot \pi = \underline{7,85\text{mm}}$ <p>Teilkreisdurchmesser des Schneckenrades</p> $d_2 = m \cdot z_2 = 2,5\text{mm} \cdot 50 = \underline{125\text{mm}}$ <p>Achsabstand ohne Profilverschiebung</p> $a = \frac{d_{m1} + d_2}{2} = \frac{25\text{mm} + 125\text{mm}}{2} = \underline{75\text{mm}}$ <p>Grundabmessungen der Schnecke</p> <p>Kopfhöhe</p> $h_{a1} = m = \underline{2,5\text{mm}}$ <p>Kopfkreisdurchmesser</p> $d_{a1} = d_{m1} + 2h_{a1} = 25\text{mm} + 2 \cdot 2,5\text{mm} = \underline{30\text{mm}}$ <p>Fußhöhe</p> $h_{f1} = 1,2 \cdot m = \underline{3\text{mm}}$ <p>Fußkreisdurchmesser</p> $d_{f1} = d_{m1} - 2h_{f1} = 25\text{mm} - 2 \cdot 3\text{mm} = \underline{19\text{mm}}$ <p>Schneckenbreite</p> $b1 \approx \sqrt{d_{a2}^2 - d_2^2} = \sqrt{(130\text{mm})^2 - (125\text{mm})^2} = \underline{35,7\text{mm}}$ <p>ausgeführt: <math>b1 = \underline{36\text{mm}}</math></p>	3	3	
-----	--	---	---	--

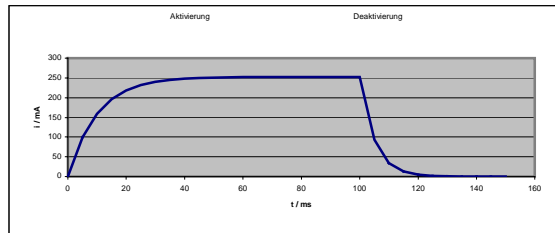
	<p><i>Grundabmessungen des Schneckenrades</i></p> <p>Kopfhöhe</p> $h_{a2} = m (1 + \chi) = 2,5\text{mm} \cdot (1 + 0) = \underline{2,5\text{mm}}$ <p>Kopfkreisdurchmesser</p> $d_{a2} = d_2 + 2h_{a2} = 125\text{mm} + 2 \cdot 2,5\text{mm} = \underline{130\text{mm}}$ <p>Fußhöhe</p> $h_{f2} = m \cdot (1 - \chi) + c = m \cdot (1 - 0) + 0,2 \cdot m = \text{Fußkreis}$ $2,5\text{mm} + 0,2 \cdot 2,5\text{mm} = \underline{3\text{mm}}$ <p>durchmesser</p> $d_{f2} = d_2 - 2h_{f2} = 125\text{mm} - 2 \cdot 3\text{mm} = \underline{119\text{mm}}$ <p>Radbreite</p> $b_2 \approx \sqrt{d_{a1}^2 - d_{m1}^2} + 2m = \sqrt{(30\text{mm})^2 - (25\text{mm})^2} + 2 \cdot 2,5\text{mm} = \text{ausg}$ $\underline{21,58\text{mm}}$ <p>eführt: <math>b_2 = \underline{22\text{mm}}</math></p> <p>Mittensteigungswinkel</p> $\tan \gamma_m = \frac{m \cdot z_1}{d_{m1}} = \frac{2,5\text{mm} \cdot 1}{25\text{mm}} = \underline{0,1}$ $\gamma_m \approx \underline{5,71^\circ}$																			
2.1	<p>Wegen der hohen Gegenspannung an der Induktivität L fließt im Schaltmoment kein Strom; <math>i(t) = 0</math>.</p> <p>Zeitkonstante <math>T = L/R_w = 0,95\text{H} / 95\Omega = 10\text{ms}</math></p> <p><math>5 \cdot T = 50\text{ms}</math></p> <p>Der Strom steigt nach einer e- Funktion an und erreicht nach 50 ms nahezu seinen Endwert (&gt; 99%).</p>	3	2																	
2.2	<p>Aktivierung (S geschlossen):</p> <p><math>i(t) = U/R_w \cdot (1 - e^{-(t/T)})</math>, <math>i_{\text{max}} = U/R_w = 24\text{V} / 95\Omega = 252,6\text{ms}</math>, <math>T = 10\text{ms}</math></p> <p>Tabelle:</p> <table border="1"> <tr> <td>i / mA</td> <td>0</td> <td>160</td> <td>218</td> <td>240</td> <td>248</td> <td>251</td> <td>252,6</td> </tr> <tr> <td>t / ms</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> </table>	i / mA	0	160	218	240	248	251	252,6	t / ms	0	10	20	30	40	50	$\infty$		6	4
i / mA	0	160	218	240	248	251	252,6													
t / ms	0	10	20	30	40	50	$\infty$													

**Deaktivierung (S offen)**

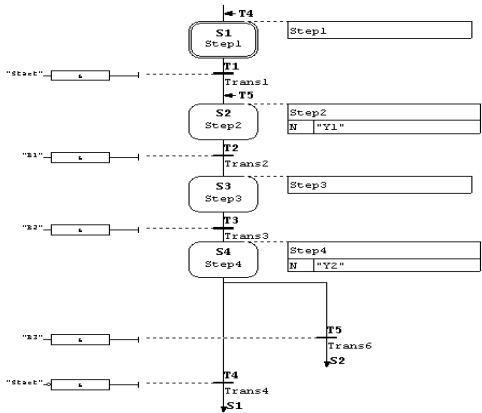
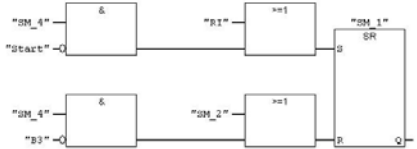
$i(t) = i_{\max} * e^{-t/T}$  Zeitkonstante  $T = L / (R_w + R_{SPS}) = 0,95H / (95+95)\Omega = 5 \text{ ms}$

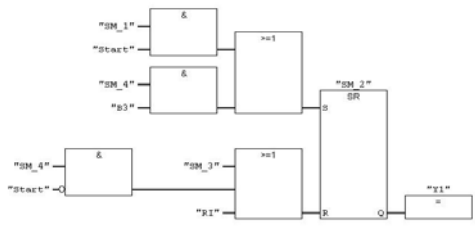
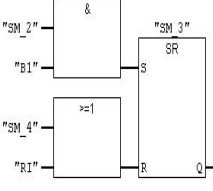
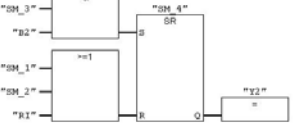
Tabelle:

i / mA	252,6	93	34	13	5	2
t / ms	0	5	10	15	20	25



2.3	<p>Reaktionszeit (=Zeit zum Erreichen von 70% des Endwertes)  <math>i(t) = i_{\max} * (1 - e^{-t/T})</math> nach Formelumstellung erhält man:  <math>t = -T * \ln(1 - (i(t) / i_{\max}))</math>  <math>= (L / R) * \ln(1 - 0,7)</math>  <math>= 12 \text{ ms}</math> Das Ventil ist nach 12 ms aktiv.</p> <p>- Unterschiedliche Zeitkonstanten                  - mechanischer Aufbau ...</p>	4	3	
2.4	<p><math>i(t) = i_{\max} (1 - e^{-t/T})</math> nach Formelumstellung erhält man:  <math>T = t / -\ln(1 - (i(t) / i_{\max})) = 21,7 \text{ ms}</math>  <math>L = T * R = 21,7 \text{ ms} * 95\Omega = 2,1 \text{ H}</math>                  70% des Endwertes werden erreicht nach:  <math>t = -T * (\ln(1 - 0,7))</math>  <math>= 21,7 \text{ ms} * 1,204</math>  <math>= 26 \text{ ms}.</math>                  Damit ist dieses Ventil im Vergleich nur etwa halb so schnell.</p>	2	4	4

<p>3.1</p>	 <p>Zylinder, einfachwirkend  Zylinder, einfachwirkend, Rückstellfeder im Kolbenraum  Drosselrückschlagventil  3/2 Wegeventil, federzentriert, magn. betätigt, vorgesteuert  Wartungseinheit  Druckluftquelle</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>																																																												
<p>3.2</p>	<p>S7-Programm(1) (Symbole) -- EPA1 \SIMATIC 300(1) \CPU 31-4 1FM</p> <table border="1" data-bbox="430 777 950 997"> <thead> <tr> <th>Status</th> <th>Symbol</th> <th>Adresse</th> <th>Datentyp</th> <th>Kommentar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Y1</td><td>A 6.0</td><td>BOOL</td><td>Vovereinzelner</td></tr> <tr><td>2</td><td>Y2</td><td>A 6.1</td><td>BOOL</td><td>Hub-Quereinheit</td></tr> <tr><td>3</td><td>B1</td><td>E 4.0</td><td>BOOL</td><td>Sensor nach Vovereinzelner</td></tr> <tr><td>4</td><td>B2</td><td>E 4.1</td><td>BOOL</td><td>Sensor Hub-Quereinheit</td></tr> <tr><td>5</td><td>B3</td><td>E 4.2</td><td>BOOL</td><td>Sensor Querstrecke</td></tr> <tr><td>6</td><td>SM_1</td><td>M 25.0</td><td>BOOL</td><td>Schrittmerker 1</td></tr> <tr><td>7</td><td>SM_2</td><td>M 25.1</td><td>BOOL</td><td>Schrittmerker 2</td></tr> <tr><td>8</td><td>SM_3</td><td>M 25.2</td><td>BOOL</td><td>Schrittmerker 3</td></tr> <tr><td>9</td><td>SM_4</td><td>M 25.3</td><td>BOOL</td><td>Schrittmerker 4</td></tr> <tr><td>10</td><td>RI</td><td>M 25.4</td><td>BOOL</td><td>Richtimpuls</td></tr> <tr><td>11</td><td>Start</td><td>M 25.6</td><td>BOOL</td><td>Anlage Ein</td></tr> </tbody> </table> <p>FC1 : Ablaufkette  Kommentar:</p> <p>Netzwerk 1: Schritt 1  Kommentar:</p> 	Status	Symbol	Adresse	Datentyp	Kommentar	1	Y1	A 6.0	BOOL	Vovereinzelner	2	Y2	A 6.1	BOOL	Hub-Quereinheit	3	B1	E 4.0	BOOL	Sensor nach Vovereinzelner	4	B2	E 4.1	BOOL	Sensor Hub-Quereinheit	5	B3	E 4.2	BOOL	Sensor Querstrecke	6	SM_1	M 25.0	BOOL	Schrittmerker 1	7	SM_2	M 25.1	BOOL	Schrittmerker 2	8	SM_3	M 25.2	BOOL	Schrittmerker 3	9	SM_4	M 25.3	BOOL	Schrittmerker 4	10	RI	M 25.4	BOOL	Richtimpuls	11	Start	M 25.6	BOOL	Anlage Ein	<p>3</p>	<p>5</p>	<p>5</p>
Status	Symbol	Adresse	Datentyp	Kommentar																																																												
1	Y1	A 6.0	BOOL	Vovereinzelner																																																												
2	Y2	A 6.1	BOOL	Hub-Quereinheit																																																												
3	B1	E 4.0	BOOL	Sensor nach Vovereinzelner																																																												
4	B2	E 4.1	BOOL	Sensor Hub-Quereinheit																																																												
5	B3	E 4.2	BOOL	Sensor Querstrecke																																																												
6	SM_1	M 25.0	BOOL	Schrittmerker 1																																																												
7	SM_2	M 25.1	BOOL	Schrittmerker 2																																																												
8	SM_3	M 25.2	BOOL	Schrittmerker 3																																																												
9	SM_4	M 25.3	BOOL	Schrittmerker 4																																																												
10	RI	M 25.4	BOOL	Richtimpuls																																																												
11	Start	M 25.6	BOOL	Anlage Ein																																																												

	<p><b>Netzwerk 2: Schritt 2</b></p> <p>Kommentar:</p>  <p><b>Netzwerk 3: Schritt 3</b></p> <p>Kommentar:</p>  <p><b>Netzwerk 4: Schritt 4</b></p> <p>Kommentar:</p> 			
3.3	<p>Es wird ein Rückwärtszähler eingesetzt. Das Sensorsignal (evtl. Flankenwertung) wird auf den Zählengang gelegt. Der Zählerwert wird bei Neulieferung von Teilen durch einen Schalter auf den Ausgangswert 140 gesetzt. Durch einen weiteren Schalter besteht die Möglichkeit den Zähler rückzusetzen. Am binären Ausgang des Zählers kann die rote Meldeleuchte angeschlossen werden. Zur weiteren Auswertung muss der aktuelle Zählerstand abgefragt werden. Dieser Zählerwert muss durch eine Vergleichsfunktion weiter ausgewertet werden. Zur Ansteuerung der grünen Lampe kann die grösser-gleich Funktion, zur Ansteuerung der gelben Lampe die kleiner-gleich Funktion verwendet werden, wobei der Wert 0 noch ausgeblendet werden muss.</p>	2	2	

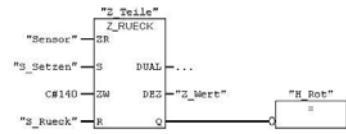
3.4

FC2 : Meldelampen

Kommentar:

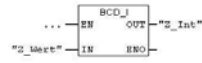
Netzwerk 1 : Meldeleuchte Rot

Kommentar:



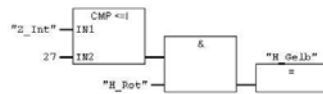
Netzwerk 2 : Umwandlung BCD-INT

Kommentar:



Netzwerk 3 : Meldeleuchte Gelb

Kommentar:



Netzwerk 4 : Meldeleuchte Gruen

Kommentar:



ZR – Zähle Rückwärts (Anschluss der Zählsignals)  
 S – Setzen (mit einer pos. Flanke wird der Zähler auf den anstehenden Anfangswert gesetzt)  
 ZW – Zählwert (Angabe des Vorgabewertes im Bereich 0 bis 999, kann im BCD-Code oder als Konstante vorgegeben werden)  
 R – Rücksetzen der Zählerfunktion (bei Signalzustand 1 wird der Zählwert auf 0 gesetzt, solange 1 anliegt haben die anderen Eingänge keine Wirkung)  
 DUAL – Ausgabe des aktuellen Zählerstandes als Dualzahl  
 DEZ – Ausgabe des aktuellen Zählerstandes als BCD Zahl (3 Dekaden)  
 Q – Status des Zähloperanden ( Zählwert >0, Ergebnis 1; Zählwert = 0, Ergebnis 0)

Gesamt

3

3

3

28

42

30

1.10 Medientechnik (Bild und Ton)

<b>Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen</b>	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: <b>Medientechnik</b>
Inhaltsbereiche dieser Aufgabe	Videoerstellung, Mikrofonierung, Licht, Kunsturheberrecht
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	6 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	6 Wochenstunden über 1 Schulhalbjahre
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Audioprojekt, Videoprojekt
Bearbeitungszeit für das Fach	300 Minuten
geplante Einlesezeit	30 Minuten
Bearbeitungszeit für Teilaufgabe 1	140 Minuten
weitere vom Schüler zu bearbeitende Teilaufgaben:	Mikrofonierung, Lichtgestaltung, Kunsturheberrecht
Hilfsmittel	Programme zur Videobearbeitung und zur Erstellung von Mind-Maps  Verschiedene Audio-, Bild- und Videodateien  Gesetz betreffend das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und der Photographie (Kunsturheberrecht)  Datenblätter von den entsprechenden Mikrofonen

Aufgabenhintergrund:

Die Aufgabe ist eine Gesamtaufgabe, die in Teilaufgaben untergliedert ist, die voneinander unabhängig zu lösen sind. Die Gesamtaufgabe ist aufgeteilt in eine experimentelle Aufgabe mit einem hohen Zeitanteil und drei theoretisch zu bearbeitenden Aufgaben. Die für die experimentelle Aufgabe von der Schule bereitgestellten Audio-, Bild- und Videomaterialien müssen vielfältige Lösungsmöglichkeiten zulassen. Der kreative gestalterische Anteil wird anhand der Originalität der Idee und Stimmigkeit zwischen der Idee und der Realisierung bewertet. Die Schule muss die entsprechende Hardware (Rechner, Kopfhörer etc.) und Softwareausstattung zur Verfügung stellen.



## Thema und Aufgabe

### Teilaufgabe 1 (40 Punkte) Praktische Aufgabe Videobearbeitung

Hilfsmittel: Programm zur Videobearbeitung (z.B. Mediastudio Pro oder Premiere Pro)

Programm zur Erstellung von Mind-Maps (z.B. MindManager oder OpenMind)

10 Videodateien ohne Audio unterschiedlicher Länge: Aufstehen\_und\_duschen.avi, Radfahren.avi, Autofahren.avi, U\_Bahn\_fahren.avi, Schulhof\_mit\_Schuelern.avi, Schulhof\_ohne\_Schueler.avi, Schueler\_im\_Schultreppenhaus\_laufend.avi, Schueler\_beim\_Eintritt\_in\_den\_Klassenraum.avi, Lehrer\_im\_Klassenraum.avi, Schueler\_beim\_Schreiben\_im\_Klassenraum.avi

Verschiedene Bilder: Wanduhren und Armbanduhrn mit relevanten Zeitanzeigen, leerer Klassenraum, Klassenraamtür (Sicht vom Klassenraum und Sicht vom Flur).

Drei Audiodateien (lizenzfreie Instrumental-Musikstücke) von jeweils 60 Sekunden Länge: schneller, harter Beat (Techno, ca. 110 Beats per minute BPM, 4/4 Takt), Swing (4/4 Takt), Walzer (3/4 Takt)

Die bereitgestellten Audio-, Bild- und Videomaterialien lassen vielfältige Lösungsmöglichkeiten zu. Der kreative gestalterische Anteil wird anhand der Originalität der Idee und Stimmigkeit zwischen der Idee und der Realisierung bewertet.

Mit dem vorliegenden Video- und Audiomaterial soll ein Video-Produkt mit dem Titel „Morgens, an einem ganz normalen Schultag“ von 40 Sekunden Dauer erstellt werden. Wählen Sie die für Ihre Produktion erforderlichen Materialien aus. Sollten Ihnen einzelne Bild-Materialien fehlen, so ersetzen Sie diese durch einen Zwischentitel.

Am Anfang soll sich der Titel innerhalb von ca. 5 s waagrecht über den Bildschirm bewegen. Im Abspann sollen sich Ihre Prüfungsdaten (Prüfungsnummer und Schulnummer) für ca. 3 s senkrecht von unten aus dem Bild kommend nach oben aus dem Bild verschwindend bewegen.

Wesentliche Abschnitte sollten durch einen kurzen Zwischentitel eingeleitet werden. Setzen Sie in dem gesamten Produkt jeweils einen Übergangseffekt, einen Bewegungsverlauf und ein Videofilter als Effekt ein. Unterlegen Sie den Clip entsprechend Ihrer Idee mit Musik. Video und Musik sollten möglichst synchron sein (beat- oder taktgenaues Schneiden etc.).

1. Nach der Sichtung des Video- und Audiomaterials entwickeln Sie eine Idee für Ihren Video-clip.
2. Strukturieren und erweitern Sie Ihre Idee mittels einer Mind-Map so, dass die Mind-Map als Vorlage zur Erstellung des Video-Produkts dienen kann. Ergänzen Sie die Mind-Map mit den Bezeichnungen für die einzusetzenden Audio- und Videomaterialien und den erforderlichen Anweisungen für den Schnitt. Drucken Sie die Mind-Map aus.
3. Erstellen Sie das Video-Produkt und speichern Sie das Produkt als „Projekt“ und als AVI-Datei jeweils unter ihren Prüfungsdaten in dem dafür vorgesehenen Verzeichnis.

4. Wählen Sie für die AVI-Datei folgende Optionen und erläutern Sie die vorgegebenen Einstellungen:
  - Microsoft AVI Dateien
  - 24 Bits, 640 x 480, 25 fps
  - Unteres Halbbild zuerst
  - Microsoft MPEG-4 Video Codec V2
  - Interleave von Audio für jedes 1 Bild
  - PCM, 32,000 kHz; 8 Bit; Stereo
5. Begründen Sie, warum eine Videodatei für die weitere Bearbeitung möglichst nicht im MPEG-Verfahren abgespeichert sein sollte und erläutern Sie erforderliche Vorkehrungen und mögliche Auswirkungen, wenn eine MPEG-Datei Grundlage für eine Videobearbeitung ist.

#### **Teilaufgabe 2** (30 Punkte) Audiotechnik

Für einen Mitschnitt einer Schulveranstaltung soll der gesamte Schalleindruck an den Aufstellungsorten von zwei gleichen Mikrofonen aufgenommen werden. Als Mikrofone stehen die Typen MD 22 und MD 425 zur Verfügung (Datenblätter siehe Anhang).

Die Schalldruckpegel liegen beim Einmessen mit einem Ton von 1kHz an dem Aufstellungsort eines Mikrofons bei 96dB<sub>SPL</sub> und an dem Ort des anderen Mikrofons bei 80dB<sub>SPL</sub>.

1. Wählen Sie einen Mikrofontyp aus und begründen Sie die Auswahl.
2. Erläutern Sie die akustische Arbeitsweise des ausgewählten Mikrofontyps.
3. Jeweils ein Mikrofon wird alleine an ein Aufnahmegerät mit einem Eingangswiderstand von 1k $\Omega$  angeschlossen. Ermitteln Sie jeweils die Eingangsspannungen an dem Aufnahmegerät.
4. Weil am Aufnahmegerät nur ein Eingang für beide Mikrofone zur Verfügung steht, werden die Mikrofone versuchsweise parallel an den einen Eingang angeschlossen. Berechnen Sie die maximale Eingangsspannung am Aufnahmegerät, wenn die Schalldrücke an den beiden Mikrofonen mit gleicher Phasenlage auftreffen und wenn die Phasenlage exakt 180° beträgt. Der Eingangswiderstand des Aufnahmegerätes beträgt 1 k $\Omega$ .
5. Zur Trennung der beiden Mikrofone und zum Anschluss an das Aufnahmegerät soll mittels einer Schaltung mit einem Operationsverstärkers für jedes Mikrofon ein Eingang zur Verfügung gestellt werden. Entwerfen und dimensionieren Sie die Schaltung so, dass für jedes Mikrofon ein Abschlusswiderstand realisiert wird wie bei dem Anschluss an das Aufnahmegerät und dass bei einem Schalldruck von 100dB<sub>SPL</sub> an einem Mikrofon die Ausgangsspannung der Schaltung 1V beträgt.
6. Vergleichen Sie die berechneten Eingangsspannungen der Teilaufgaben 3, 4 und 5 an dem Aufnahmegerät und begründen Sie Unterschiede.

Sollten Sie die Spannungen an den Mikrofonen bei den entsprechenden Schalldrücken nicht ermitteln können, so rechnen Sie mit folgenden Werten:

Schalldruck  $L=80\text{dB}_{\text{SPL}}$ ,  $U_{\text{Mikrofon}} = 0,5\text{mV}$

Schalldruck  $L=96\text{dB}_{\text{SPL}}$ ,  $U_{\text{Mikrofon}} = 3\text{mV}$

Schalldruck  $L=100\text{dB}_{\text{SPL}}$ ,  $U_{\text{Mikrofon}} = 5\text{mV}$

### Teilaufgabe 3 (20 Punkte) Licht und Lichtgestaltung

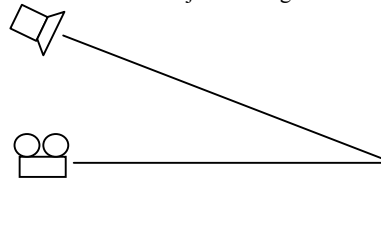
Eine Filmsequenz für ein Schulvideo wird an einem normalen Sommertag um ca. 18 Uhr im Freien aufgenommen. Die Sequenz soll durch Einstellungen im Studio ergänzt werden. Der Lichteindruck im Studio soll möglichst dem im Freien entsprechen.

1. Begründen sie, warum eine Ausleuchtung der Einstellung mit Glühlampen zu einem anderen Farbeindruck führt als die Tageslichtaufnahmen.
2. Das Intensitätsmaximum einer Lampe soll zur Nachbildung von Tageslicht bei einer Wellenlänge von  $\lambda = 720\text{ nm}$  liegen. Berechnen sie die Temperatur der Leuchtwendel und erläutern sie die spektrale Zusammensetzung des abgestrahlten Lichtes.

Eine weitere Ausleuchtung soll die Lichtstimmung von sonnigem Tageslicht zur Mittagszeit nachbilden.

3. Begründen Sie, warum diese Lichtstimmung nicht mit einem Temperaturstrahler erreicht werden kann und beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau. Erläutern Sie die Funktion eines Leuchtmittels, mit dem die geforderte Lichtstimmung erreicht werden kann. Begründen Sie dabei auch eventuelle Abweichungen in der spektralen Zusammensetzung dieses Lichtes im Vergleich zum Tageslicht außerhalb des Studios.

Das Aufnahmeobjekt wird mit dem Scheinwerfer nach nebenstehender Abbildung beleuchtet. Die Objektfläche beträgt  $2\text{m}^2$ , der Abstand des Scheinwerfers zum Objekt beträgt  $4\text{m}$  und der Lichtstrom wird mit  $1200\text{ lm}$  festgestellt.



4. Berechnen Sie die Beleuchtungsstärke und die Leuchtdichte, wenn das vom Objekt reflektierte Licht eine Stärke von  $150\text{ cd}$  aufweist. Ermitteln Sie die Leuchtdichte, wenn der Abstand des Scheinwerfers zum Objekt auf  $8\text{m}$  vergrößert wird. Erläutern Sie die Änderungen in der Leuchtdichte, wenn der Winkel zwischen der optischen Achse der Kamera und dem Scheinwerfer kleiner wird.

Bei der Ausleuchtung von Objekten im Studio werden häufig 3 Lichtquellen eingesetzt. Bearbeiten Sie die folgenden Aufgaben am Beispiel der Beleuchtung eines Gesichtes.

5. Begründen Sie, warum bei einer Ausleuchtung einer Filmszene mit Kunstlicht mindestens 3 Lichtquellen erforderlich sind und erläutern Sie die Aufgabe und Lichtverteilung dieser drei Lichtquellen.

**Teilaufgabe 4** (10 Punkte)

Gesetz betreffend das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und der Photographie (Kunsturhebergesetz)

Für einen Videoclip für die Schule wurden auch Szenen aufgenommen, die später veröffentlicht werden sollen (z.B. für einen Internetauftritt der Schule).

Vor dem Unterricht wurden der Schulhof und das Schulgebäude aufgenommen. In diesem Video schneidet ein Schüler, der sich mehr im Vordergrund aufhält, gut erkennbar Grimassen (siehe Aufgabe 1: Videodatei Schulhof\_mit\_Schuelern.avi). Die Jury, die die Sequenzen auswählt, entscheidet sich für diese Szene, weil das Schulgebäude eindeutig der Hauptzweck des Fotos ist und die Schüler auf dem Schulhof nur als „Beiwerk“ angesehen werden. Der Grimassen schneidende Schüler möchte die Veröffentlichung verhindern.

6. Begründen Sie anhand des vorliegenden Gesetzes, ob die Szene veröffentlicht werden darf.

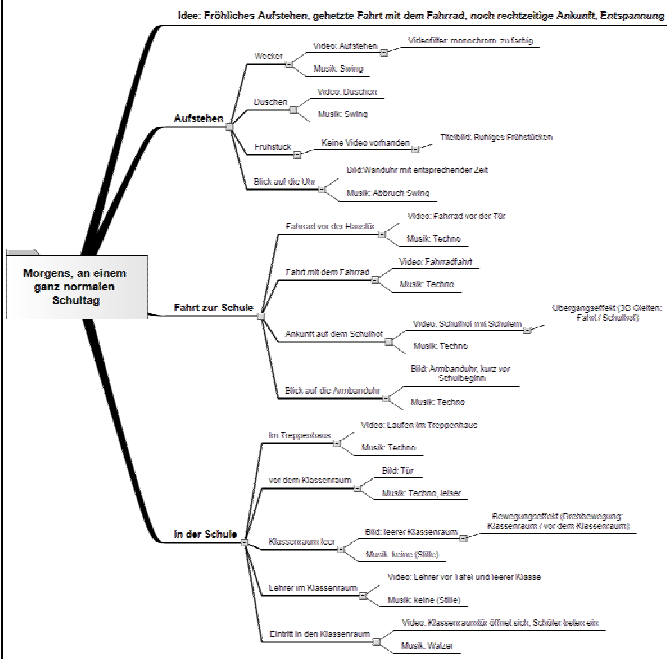
Schüler haben ein Bild aus dieser Szene herausgenommen und das Gesicht des Grimassen schneidenden Schülers mit einer Bildbearbeitung „künstlerisch“ verzerrt und in ihrer Homepage gestellt. Der „verunglimpfte“ Schüler hat durch einen Zufall dieses Bild entdeckt und verlangt nun die Herausgabe der Bilddateien. Die Homepagebetreiber versprechen, das Bild zu entfernen, wollen aber die Bilddateien nicht herausgeben, weil sie sie mit einem hohen Aufwand erstellt haben.

7. Erläutern Sie die Möglichkeiten der beiden Parteien anhand des vorliegenden Gesetzes.

**Erwartete Prüfungsleistung**

Teilaufgabe	Lösungsskizze	Mögliche Gewichtung im Anforderungsbereich		
		I	II	III
1	1.: Der Prüfling muss anhand der Aufgabenstellung und des vorliegenden Materials (Sichtung z.B. mit MS-Mediaplayer) eine Idee für dieses Produkt entwerfen:  Idee (z.B.): Fröhliches Aufstehen, gehetzte Fahrt mit dem Fahrrad, noch rechtzeitige Ankunft, Entspannung	0	1	3

## 2.: Mind-Map:

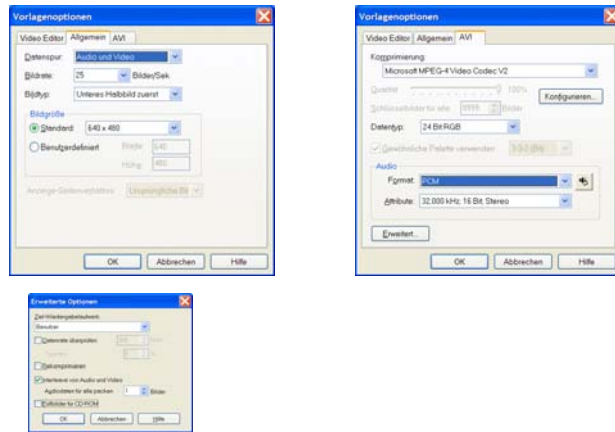


Für die drei Hauptzweige wird jeweils ein Zwischentitel auf schwarzem Hintergrund erstellt.

Die Idee und die Mind-Map müssen stimmig sein. Dabei sollte die Musik die gewollte Stimmung anhand der Idee unterstützen. Fehlende Videosequenzen können durch Titel (Schrifttafeln) ersetzt werden.

3 2 3

3.: Mit einem Videobearbeitungsprogramm wird das Projekt eröffnet und die in der Aufgabe geforderten Parameter eingestellt (Beispiel Mediastudio Pro).



2 0 0

Die ausgewählten Materialien werden importiert und grob geschnitten und arrangiert.

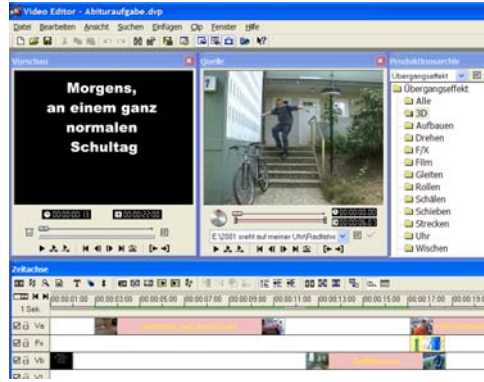
2 0 0

Die Titel und Zwischentitel und Effekte werden erstellt und eingefügt



2 2 4

und arrangiert.



2 0 0

Danach kann das exakte synchronisieren zwischen Audio und Video und beat- bzw. taktgenaues Schneiden erfolgen. Die Gesamtzeit von 40 s muss exakt eingehalten werden.

4.: Erläuterung der Einstellungen:

2 2 2

Microsoft AVI Dateien	Audio Video Interleave
24 Bits	Farbtiefe 24 Bit pro Bildpunkt (8 Bit für jede Grundfarbe R, G, B)
640 x 480	640 Bildpunkte pro Zeile bei 480 Zeilen
25 fps	25 Bilder pro Sekunde
Unteres Halbbild zuerst	Halbbildmodus für die Wiedergabe auf einem Fernsehgerät, das untere Halbbild wir zuerst ausgegeben.
Microsoft MPEG-4 Video Codec V2	Codes zur Komprimierung der Videodaten
Interleave von Audio für jedes 1 Bild	Audio- und Videodaten sind für jedes Bild ineinander verzahnt
PCM	Puls-Code-Modulation der Audiodaten
32,000 kHz	Abtastfrequenz für die Digital-Analogwandlung
8 Bit	Abtasttiefe der Digital-Analogwandlung
Stereo	2 Audiokanäle

2 2 0

	<p>5.: Begründung: Im MPEG-Verfahren werden nicht alle Bildinhalte in jedem Bild gespeichert. Nur in bestimmten Abständen werden vollständige Bilder (Schlüsselbilder) gespeichert. Für die zwischen 2 Schlüsselbildern liegenden Bilder werden die sich ändernden Bildanteile ermittelt (Interframe-Codierung) und in Abhängigkeit zu den Schlüsselbildern gespeichert. Die Schlüsselbilder selber werden nach dem JPEG-Verfahren (Intraframe-Codierung) komprimiert, so dass auch die Schlüsselbilder schon verlustbehaftet sein können. Zur Wiedergabe müssen die Bilder zwischen den Schlüsselbildern wieder erzeugt werden. Beim Schneiden sollten nur die Schlüsselbilder benutzt werden, da bei diesen Bildern nur Verluste aufgrund der Intraframe-Codierung vorhanden sind. Würde zwischen zwei Schlüsselbildern geschnitten werden, so müsste das erste Bild anhand der Interframe-Codierung berechnet werden. Dieses (verlustbehaftete) Bild würde dann als Schlüsselbild dienen, von dem die folgende Interframe-Codierungen für die folgenden Bilder abgeleitet werden. Die Fehler in diesem Bild könnten sehr groß sein, so dass bis zum nächsten originären Schlüsselbild in den weiteren Bildern ebenfalls große Bildfehler vorliegen können.</p>	0	2	2
	<p>1.: Auswahl: MD 22, Begründung: gesamter Schalleindruck &gt; Richtcharakteristik Kugel (siehe Polardiagramm bei 1kHz):</p>	0	3	2
2.	<p>2.: Druckempfänger, geschlossene Mikrofonkapsel, Innendruck der Mikrofonkapsel quasi konstant (Luftdruck der Umgebung), Aussendruck entspricht Luftdruck und Schalldruck, Schalldruckänderung führt zur Auslenkung der Membran.</p>	3	2	0
	<p>3.: Berechnung der Ausgangsspannung des Mikrofons bei dem lautesten Schallereignis  Gegeben:  Schalldruckpegel <math>L=96\text{dB}_{\text{SPL}}</math>  Freifeldübertragungsfaktor <math>2\text{mV}/\text{Pa}</math> (aus Datenblatt)  Gesucht:  <math display="block">L = 20 \cdot \log \frac{P}{P_0}</math> <math display="block">U_{\text{Mikrofon}} = 2\text{mV} / \text{Pa} \cdot 1,26\text{Pa} = 2,52\text{mV}</math> Ausgangsspannung im Leerlauf des Mikrofon <math>L=96\text{dB}_{\text{SPL}}</math>:  <math>L = 80\text{dB}_{\text{SPL}}</math>, <math>U_{\text{Mikrofon}} = 0,4\text{mV}</math>  <math>L = 100\text{dB}_{\text{SPL}}</math>, <math>U_{\text{Mikrofon}} = 4\text{mV}</math></p> <p>Mikrofon angeschlossen an das Aufnahmegerät:  Gegeben: <math>R_{M1} = R_{M2} = 250\Omega</math>, <math>R_{\text{Eingang}} = 1\text{k}\Omega</math>  <math display="block">U_{\text{Eingang1}} = U_{M1} \cdot \frac{R_{\text{Eingang}}}{R_{M1} + R_{\text{Eingang}}} = 2,02\text{mV}</math> <math display="block">U_{\text{Eingang2}} = U_{M2} \cdot \frac{R_{\text{Eingang}}}{R_{M2} + R_{\text{Eingang}}} = 0,32\text{mV}</math></p>	3	2	0

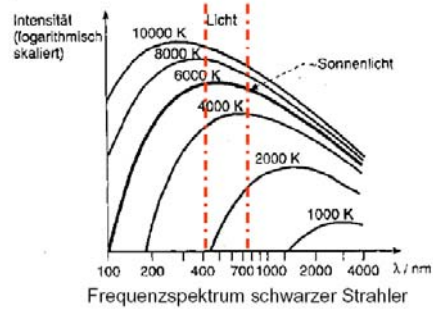


<p>4.: Parallelschaltung von 2 Spannungsquellen mit unterschiedlichen Spannungen</p> <p>Berechnung der resultierenden Mikrofonspannung am Eingangswiderstand des Aufnahmeegerätes:  Vorgehen: Jeweils eine Spannungsquelle wird kurzgeschlossen und der Strom durch den Eingangswiderstand ermittelt. Die Addition der Einzelströme ergibt den Gesamtstrom  <math>R_{M1} = R_{M2} = 250\Omega</math> (Datenblatt MD 22 Nennimpedanz bei 1kHz)  <math>R_{Eingang} = 1k\Omega</math>  Fall 1 (gleiche Phasenlage):  <math>U_{M1}=2,52mV</math>, <math>U_{M2}=0,4mV</math>  Berechnung:  <math>U_{M2}</math> kurzgeschlossen, <math>R_{M2}</math> parallel <math>R_{Eingang}</math></p> $\frac{1}{R_{p1}} = \frac{1}{R_{M2}} + \frac{1}{R_{Eingang}} \quad U_{Rp1} = U_{M1} \cdot \frac{R_{p1}}{R_{M1} + R_{p1}} = \underline{1,12mV}$ $R_{p1} = 200\Omega \quad I_{REingang1} = \frac{U_{Rp1}}{R_{Eingang}} = \underline{1,12\mu A}$ <p><math>U_{M1}</math> kurzgeschlossen, <math>R_{M1}</math> parallel <math>R_{Eingang}</math>  <math>R_{p2} = R_{p1}</math> da <math>R_{M2} = R_{M1}</math></p> $U_{Rp2} = U_{M2} \cdot \frac{R_{p2}}{R_{M2} + R_{p2}} = \underline{0,178mV}$ $I_{REingang2} = \frac{U_{Rp2}}{R_{Eingang}} = \underline{0,178\mu A}$	2	2	1
<p>Ermittlung des Gesamtstromes und der Gesamtspannung am Eingang des Aufnahmeegerätes</p> $I_{REingang} = I_{REingang1} + I_{REingang2} = 1,12\mu A + 0,178\mu A = 1,298\mu A \approx 1,3\mu A$ $U_{Eingang} = R_{Eingang} \cdot I_{REingang} = 1k\Omega \cdot 1,3\mu A = \underline{\underline{1,3mV}}$ <p>Fall 2: Phasenlage 180°</p> <p>Die Amplitude der Spannung eines Mikrofons ist negativ zur Amplitude des anderen Mikrofons. Die Berechnung ist gleich, nur ist ein Strom negativ, d.h.,</p> $I_{REingang} = I_{REingang1} - I_{REingang2} = 1,12\mu A - 0,178\mu A = 0,942\mu A$ $U_{Eingang} = R_{Eingang} \cdot I_{REingang} = 1k\Omega \cdot 0,942\mu A = \underline{\underline{0,942mV}}$			

<p>5.: Da zwei Mikrofone an den OP angeschlossen werden sollen, muss der OP als Summierverstärker betrieben werden.</p> <p>Gegeben:</p> <p><math>U_{M1}</math> bei <math>L=100\text{dB}_{\text{SPL}}</math>, <math>U_a = 1\text{V}</math>; <math>R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega</math></p> <p>Ausgangsspannung im Leerlauf des Mikrofon <math>L=96\text{dB}_{\text{SPL}}</math>:</p> $L = 20 \cdot \log \frac{P}{P_0}$ $U_{\text{Mikrofon}} = 2\text{mV} / \text{Pa} \cdot 2\text{Pa} = \underline{4\text{mV}}$ <p>Spannungsverstärkung der Operationsverstärkerschaltung bei invertierendem Betrieb</p> $v_u = \frac{U_a}{U_{M1}} = \frac{1\text{V}}{4\text{mV}} = 250$ $v_u = \frac{R_3}{R_1}$ $R_3 = R_1 \cdot (v_u) = 1\text{k}\Omega \cdot 250 = \underline{\underline{250\text{k}\Omega}}$	2	3	0
<p>6.: Mikrofon als Spannungsquelle mit einem Innenwiderstand von <math>250\Omega</math> bei <math>1\text{kHz}</math> an unterschiedlichen Belastungswiderständen.</p> <p>Teilaufgabe 3) Lastwiderstand <math>&gt;</math> Innenwiderstand: größerer Spannungsabfall am Lastwiderstand (entsprechend Eingangsspannung des Aufnahmeegerätes)</p> <p>Teilaufgabe 4) Lastwiderstand jeweils die Parallelschaltung der Innenwiderstände des anderen Mikrofon und des Aufnahmeegerätes: Lastwiderstand <math>&lt;</math> Innenwiderstand: geringerer Spannungsabfall am Lastwiderstand (entsprechend Eingangsspannung des Aufnahmeegerätes)</p> <p>Teilaufgabe 4) Mittels des Summierverstärkers ist der Lastwiderstand für jedes Mikrofon wie unter 3) Lastwiderstand <math>&gt;</math> Innenwiderstand: größerer Spannungsabfall am Lastwiderstand, mittels des Verstärkers kann die Mikrofonspannung an die Eingangsbedingungen des Aufnahmeegerätes angepasst werden.</p>	0	2	3

1.: Die Sonne verhält sich wie ein Temperaturstrahler mit sehr hoher Temperatur. Temperaturstrahler senden ein kontinuierliches Lichtspektrum aus, dessen Intensitätsmaximum (Wellenlänge mit der höchsten Intensität) von der Temperatur des Strahler abhängig ist.

### Temperaturstrahler



Auf dem Weg von der Sonne zur Erde ändert sich die spektrale Zusammensetzung des Lichtes. Deswegen ändert sich das Spektrum des Sonnenlichtes mit dem Stand der Sonne. Die entsprechende Temperatur liegt zwischen 4500K und 10 000K. Das Intensitätsmaximum liegt im blauen bis ultravioletten Farbbereich. Glühlampen erreichen Glühwendeltemperatur bis 2750K. Damit liegt das Intensitätsmaximum im roten bis infraroten Bereich.

0 2 2

2.: Für das Intensitätsmaximum gilt das Wiensche Verschiebungsgesetz

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const.} = 2880 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

Für ein Intensitätsmaximum von  $\lambda = 720 \text{ nm}$  berechnet sich die Temperatur zu

$$T = 2880 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{K} / 720 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 4000 \text{ K.}$$

2 2 0

3.	<p>3.: Für das Tageslicht zur Mittagszeit müsste die Temperatur 5500K betragen. Diese Temperatur ist mit Metallwendeln nicht - auch nicht unter Druck in einer Edelgasatmosphäre - erreichbar, weil das Metall verdampfen würde. Die theoretisch maximale Temperatur beträgt 3650K.</p> <p>Licht mit einer Farbtemperatur von 5500K (bzw. einer Wellenlänge des Intensitätsmaximums von 527 nm) lässt sich nur mit Entladungslampen herstellen.</p> <p>Das Licht in Entladungslampen wird durch das Anregen von Gasen oder Metaldämpfen erzeugt. Hierzu wird in einem mit Edelgasen oder Metaldämpfen gefüllten Entladungsgefäß eine Spannung zwischen zwei Elektroden erzeugt, die für einen Elektronenstrom zwischen den Elektroden sorgt. Auf ihrem Weg durch das Entladungsgefäß prallen die Elektronen mit Gasatomen zusammen, die bei ausreichender Geschwindigkeit der Elektronen zur Abgabe von Strahlung angeregt werden. Für jedes Gas ist dabei eine bestimmte Kombination abgegebener Wellenlängen charakteristisch; es wird jeweils Strahlung eines oder mehrerer schmaler Frequenzbereiche abgegeben.</p> <p>Wird die Geschwindigkeit der Elektronen noch größer, so werden die Gasatome beim Zusammenprall ionisiert; das Gasatom wird in ein freies Elektron und ein positiv geladenes Ion zerlegt. Die Zahl der elektrisch geladenen, wirksamen Teilchen im Entladungsgefäß wird so zunehmend erhöht und bewirkt einen entsprechenden Anstieg der Strahlung.</p> <p>Glühlampen &gt; kontinuierliches Spektrum, Maximum abhängig von der Wendeltemperatur</p> <p>Entladungslampen &gt; Spektrum mit einzelnen, für die verwendeten Gase oder Metaldämpfe charakteristischen Linien, spektrale Verteilung entspricht also nicht dem natürlichen Licht. Durch Kombinationen kann das natürliche Licht in wesentlichen Anteilen nachgebildet werden.</p> <p>Bei Entladungslampen müssen besondere Zünd- und Betriebsbedingungen gegeben sein.</p>	1	2	1
	<p>4.: Gegeben:  Lichtstrom <math>\Phi = 1200 \text{ lm}</math>  Lichtstärke <math>I = 150 \text{ cd}</math>  Objektfläche <math>A = 2 \text{ m}^2</math></p> $E = \frac{\Phi}{A} = \frac{1200 \text{ lm}}{2 \text{ m}^2} = 600 \text{ lx}$ $L = \frac{I}{A} = \frac{150 \text{ cd}}{2 \text{ m}^2} = 75 \text{ cd/m}^2$ <p>Abstand Scheinwerfer Objekt: Der Abstand geht quadratisch in die Beleuchtungsgrößen ein. Bei der Verdoppelung der Entfernung verringern sich die Beleuchtungsstärke und die Leuchtdichte um den Faktor 4.</p> <p>Verringerung des Winkels führt zu einem größeren Anteil des vom Objekt reflektierten Lichtes. Die Leuchtdichte nimmt zu.</p>	2	2	0

	<p>5.: Um einen plastischen Bildeindruck von Objekten zu erhalten, müssen Licht- (evtl. auch Reflexionen) und Schattenbildungen vorhanden sein. Mit nur einer Lampe von vorne würde z.B. ein Gesicht schattenlos sein und damit flach wirken. Zusätzlich sollte der Handlungsträger heller erscheinen, um die Aufmerksamkeit auf ihn zu lenken. Zur plastischen Schattenbildung sind mindestens 2 Lampen erforderlich (Fülllicht/Aufhelllicht und Führungslicht). Das Führungslicht ist das hellste Licht, weil es das Objekt (den Handlungsträger) hervorheben soll. Das Aufhelllicht sorgt dafür, dass die Schatten am Objekt dem natürlichen Sehen entsprechen. Es übernimmt häufig auch die Aufgabe des Fülllichtes, das die Grundhelligkeit des Bildes herstellt. Es ist meistens das schwächste Licht. Ein weiteres Licht (Spitzlicht) sorgt für einen entsprechenden Kontrast des Objektes vor dem Hintergrund. Seine Helligkeit liegt zwischen dem Führungslicht und dem Fülllicht.</p>	0	2	2
	<p>1.: Auch wenn das Bauwerk eindeutig im Mittelpunkt steht und der grimassenschneidende Schüler lediglich Beiwerk ist (§23 (1) 1.), kann sein „berechtigtes Interesse“ durch die Veröffentlichung im Internet verletzt werden (§23 (2)). Weiterhin gilt hier §22 (Recht am eigenen Bild). Wäre der Schüler „normal“ abgebildet, so wäre er auch nur „Beiwerk“</p>	0	2	3
	<p>2.: Grimassenschneidender Schüler: Nach §38 kann die Herausgabe aller Exemplare verlangt werden.</p> <p>Veröffentlicher: Sie können für die Herausgabe höchstens die Kosten für die Herstellung der Bilder verlangen (§ 38).</p>	0	3	2
4.	Anteile der Anforderungsbereiche	30	40	30

## 2 Beispiel für eine mündliche Abiturprüfung

### Elektrotechnik

Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen	
Bezeichnung des Schwerpunktes	Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau: Elektrotechnik
Inhaltsbereich dieser Aufgabe	Energieversorgung, Technikfolgenabschätzung
Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches	6 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre
Unterrichtsumfang für diesen Inhaltsbereich	6 Wochenstunden über ein Schulhalbjahr
Inhaltsbereiche der curricularen Vorgaben in Stichpunkten	Einführung in Energietechnik, Energieversorgungssysteme, nachhaltige Energieversorgung, Sicherheitsstandards technischer Systeme
Dauer der mündlichen Prüfung	30 Minuten
Vorbereitungszeit	30 Minuten
Hilfsmittel	Materialien und Medien für die Präsentation

### Thema und Aufgabenstellung

„Nicht nur wenn die Technik böswillig, d. h. für böse Zwecke, missbraucht wird, sondern selbst wenn sie gutwillig für ihre eigentlichen und höchst legitimen Zwecke eingesetzt wird, hat sie eine bedrohliche Seite an sich, die langfristig das letzte Wort haben könnte.“

(Quelle: Jonas Hans: Warum die Technik ein Gegenstand der Ethik ist: Fünf Gründe. In: Rohpohl (Hg.): Technik und Ethik, Reclam Stuttgart, 1993)

Nehmen Sie zu dieser These hinsichtlich des Problems der Energieversorgung in der Bundesrepublik Deutschland Stellung. Gehen Sie dabei auf folgende Schwerpunkte ein:

8. Beschreiben und vergleichen Sie wesentliche Primärenergiequellen. (35 Punkte)
9. Stellen Sie technische, ökonomische und ökologische Aspekte der Nutzung dar und bewerten Sie sie. (40 Punkte)
10. Entwerfen Sie mögliche Handlungsfelder einer nachhaltigen Energienutzung. (25 Punkte)

Mögliche weiterführende Themen im Prüfungsgespräch:

Probleme der technischen Sicherheit in der Versorgung mit Elektroenergie und Möglichkeiten der Einflussnahme.

Möglichkeiten und Grenzen der Energieversorgung mit alternativen Energieträgern.

Teilaufgabe	Lösungsskizzen / Hinweise	Mögliche Gewichtung im Anforderungsbereich		
		I	II	III
1.	Beschreibung wesentlicher Energiequellen (auch hinsichtlich ihrer Größenordnung).	15	0	
	Darstellen, ob es sich jeweils um regenerative bzw. nicht regenerative Energiequellen handelt und in welchem Maße sie in der Bundesrepublik Deutschland zur Verfügung stehen	5	15	
2.	Zusammenhang von Lebensstandard und Energieversorgung: Die Möglichkeit, Energie in ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen, hat das Leben der Menschen grundlegend verändert, z. B.: Ablösung schwerer körperlicher Arbeit durch Maschinen, Versorgung der Haushalte mit Wärme, Licht, Informationen, Entwicklung der Mobilität, Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der Arbeit. Dieser Zusammenhang wird deutlich, wenn die Lebensbedingungen in den Ländern der dritten Welt mit denen der ersten Welt zum einen und der jeweilige Energieverbrauch zum anderen verglichen werden. Die Bereitstellung der Nutzenergie erfolgt in der Bundesrepublik im Wesentlichen über fossile Brennstoffe oder über Kernenergie. Die dabei auftretenden Probleme sind u. a.:	5	5  5	5
	Energiequelle	auftretende Probleme		
	Braunkohle	Beeinträchtigung der Landschaft durch Tagebaue großer Transportaufwand zum Kraftwerk CO <sub>2</sub> -Produktion durch Verbrennungsprozess		
	Erdöl	Gefahr der Verschmutzung der Weltmeere CO <sub>2</sub> -Produktion durch Verbrennungsprozess		
	Kernkraft	Problem der Betriebssicherheit Problem der Endlagerung radioaktiven Mülls		
			5	

	Als regenerative Energiequellen werden in der Bundesrepublik Deutschland im Wesentlichen die Energie des Wassers, Windenergie und die Energie der Temperaturstrahlung genutzt. Dabei auftretende Probleme sind u. a.:		5	5
	Energiequelle	auftretende Probleme		
	Wasser	relativ geringes Angebot, das nahezu erschlossen ist		
	Wind	wirtschaftlich sinnvolles Angebot nur in einigen Regionen Angebot zeitlich nicht konstant Verunstaltung der Landschaft hohe Gestehungskosten		
	Sonne	Angebot in einigen Regionen gut, aber zeitlich (täglich, jährlich) stark schwankend und insgesamt schlechter als in südlichen Ländern hohe Gestehungskosten großer Flächenbedarf		
3.	Erörterung des Widerspruchs zwischen einer kostengünstigen und einer nachhaltigen Energieerzeugung		10	15
	Anteile der Anforderungsbereiche		30	40
			30	30