

**FACHGYMNASIUM TECHNIK
PROFILFACH
INGENIEURWISSENSCHAFTEN**

LEHRPLAN ZUR ERPROBUNG



SACHSEN-ANHALT

KULTUSMINISTERIUM

An der Erarbeitung des vorliegenden Lehrplans haben mitgewirkt:

Bauer, Alexander, Dipl.-GwL., Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Buhlert, Henri, Dipl.-Ing. päd., Berufsbildende Schulen „Otto von Guericke“ Magdeburg

Hesse, Christina, Dipl.-Ing. päd., Berufsbildende Schulen „Otto von Guericke“ Magdeburg

Jenewein, Klaus, Prof. Dr., Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Karpe, Stefan, Dipl.-GwL., Berufsbildende Schulen „Otto von Guericke“ Magdeburg

Klemme, Martina, Dr., Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt

Schulze, Michael, Dipl.-Ing. päd., Berufsbildende Schulen „Otto von Guericke“ Magdeburg

Suhr, Reinhard, Dipl.-Ing. päd., Berufsbildende Schulen „Otto von Guericke“ Magdeburg

Verantwortlich für den Inhalt:

Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt

Inhaltsverzeichnis

1	Beitrag zur Bildung und Erziehung im Rahmen des Fachgymnasiums.....	4
2	Ziele, fachdidaktische Konzeption und Kompetenzentwicklung im Profulfach Ingenieurwissenschaften	6
3	Zur Arbeit mit dem Lehrplan	10
4	Leistungen und ihre Bewertung.....	12
5	Kurse, Kompetenzbereiche und Zeitrichtwerte.....	14
	5.1 Kursübersicht.....	14
	5.2 Schuljahrgang 11 (Einführungsphase)	15
	5.3 Schuljahrgang 12 (Qualifizierungsphase).....	18
	5.4 Schuljahrgang 13 (Qualifizierungsphase).....	24
6	Literatur	27
7	Anhang	28
	7.1 Aufgabenbeispiel: Projektarbeit „Technisches Wissen rekonstruieren und präsentieren“	28
	7.2 Aufgaben- und Bewertungsbeispiel: Abiturprüfungsaufgabe.....	30

1 Beitrag zur Bildung und Erziehung im Rahmen des Fachgymnasiums

Das Profulfach Ingenieurwissenschaften ist ein Fach des mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeldes. Es leistet einerseits einen Beitrag zur beruflichen Grundbildung durch die Entwicklung eines Verständnisses und grundlegender Fähigkeiten zur Analyse und Gestaltung von Technik und von durch Technik bestimmten Lebens- und Berufssituationen. Darüber hinaus leistet das Profulfach Ingenieurwissenschaften über eine Einführung in ingenieurwissenschaftliches Denken und Handeln und ein Verständnis einzelner ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen seinen Bildungsauftrag im Sinne der Wissenschaftspropädeutik, der Studienorientierung und der Studienqualifikation.

Der Unterricht des Profulfachs Ingenieurwissenschaften baut auf Vorkenntnisse insbesondere der Fächer Technik, Physik, Mathematik und Chemie der Sekundarschule 7-10 auf. Darüber hinaus werden jedoch auch Bezüge zu den Fächern des gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfelds hergestellt und ingenieurwissenschaftliches Handeln in seinen naturalen, ökonomischen und sozialen Dimensionen verstanden.

Voraussetzung für den Erwerb der Studierfähigkeit ist eine angemessene Kompetenz im Bereich der Ingenieurwissenschaften, die Einblicke in die Bedingungen und Konsequenzen des ingenieurwissenschaftlichen Handelns in der Analyse, Gestaltung, Produktion, Verwendung und Wiederverwertung technischer Systeme ermöglicht und eine kritische Reflexion erlaubt.

Ingenieurwissenschaftliches Handeln bezieht sich in seiner gegenständlichen Dimension zunächst einmal auf Technik und ihre Wechselbeziehung mit der modernen Arbeits- und Umwelt. Der Unterricht geht hierbei von folgendem Technikverständnis aus:

- Technik ist zielorientierte Veränderung der Umwelt durch den Menschen und durch die Gesellschaft,
- Technik vollzieht sich mit wissenschaftlichen Methoden unter konkreten wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Bedingungen,
- Technik geht von den Gegebenheiten der Natur aus, d. h. sie nutzt vorhandene Stoffe, Energien und Informationen,
- Technik wird realisiert in Form von technischen Gegenständen, Systemen und Verfahren,
- Technik steht unter der zentralen Fragestellung nach den Möglichkeiten des finalen Gestaltens; die komplexe technisierte Umwelt kann in einem empirisch-analytischen und systemtheoretischen Ansatz strukturiert werden,
- Technik führt über wissenschaftliche Erkenntnisse in den Ingenieurwissenschaften zu allgemeinen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Diese allgemeinen Aussagen zum Technikverständnis berücksichtigen fachliche und fachübergreifende Aspekte, die im Unterricht weiter entfaltet werden müssen. Das Profulfach Ingenieurwissenschaften hat somit folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Systematische Auseinandersetzung mit grundlegenden Inhalten, Theorien und Methoden ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen, mit denen die Komplexität und der Aspektreichtum der Ingenieurwissenschaften verdeutlicht werden,
- Entwicklung von Kompetenzen für die Anwendung unterschiedlicher Methoden ingenieurwissenschaftlichen Handelns – ausgehend vom analytischen und experimentierenden über das gestaltende Handeln bis zu Formen der Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung,
- Anwendung der fachlichen Arbeitsmittel, Arbeitsmethoden und Verfahren, ihrer Applikation und theoretischen Reflexion,
- Verdeutlichung fachübergreifender Zusammenhänge zu anderen Wissenschaftsdisziplinen des mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeldes und entsprechender Wechselbezüge zu den Gesellschaftswissenschaften,
- Erfassung ethischer, ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Problemstellungen der Technikentwicklung, -gestaltung und -verwendung unter Einbeziehung von Methoden der Bewertung, Reflexion und gesellschaftlicher Partizipation,
- Orientierung der Schülerinnen und Schüler über charakteristische ingenieurwissenschaftliche Aufgaben- und Arbeitsfelder und über die Inhalte und Anforderungen ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge,
- Selbstständige Bearbeitung, Bewertung und Reflexion exemplarischer fachbezogener Aufgabenstellungen unter dem Gesichtspunkt von Technikanalyse und Technikgestaltung,
- Beurteilung des Stellenwerts der Technik in der modernen Gesellschaft unter Berücksichtigung von Technikfolgen und der Wechselwirkungen von Technik mit Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft.

Die in diesem Lehrplan festgeschriebenen Handlungszusammenhänge sind immanent fächerübergreifend und fächerverbindend inhaltlich zu untersetzen. Der Blick für Zusammenhänge wird gesichert und die hierfür notwendigen Arbeitsformen werden gefördert.

Die genannten Aufgaben können nur dann im vollen Umfang realisiert werden, wenn das Profillfach Ingenieurwissenschaften stets in Wechselwirkung zu den anderen Fächern des Fachgymnasiums gesehen wird.

Unabhängig von fachspezifischen Aufgaben hat jeder Unterricht sich an den allgemeinen Bildungs- und Erziehungszielen gemäß § 1 des Schulgesetzes des Landes Sachsen-Anhalt zu orientieren. Hierzu gehören insbesondere die Friedenserziehung und Geschlechtererziehung, ökologische Bildung sowie die Erziehung zu einer demokratischen Grundhaltung.

2 Ziele, fachdidaktische Konzeption und Kompetenzentwicklung im Profulfach Ingenieurwissenschaften

Ziel des Fachgymnasiums ist die Herausbildung der Befähigung zum ingenieurwissenschaftlichen Denken und Handeln in exemplarischen ingenieurwissenschaftlichen Handlungssituationen. Eine auf die Ingenieurwissenschaften bezogene Handlungskompetenz umfasst Elemente der Fach-, Sozial- und Selbstkompetenz einschließlich Lern-, Methoden- und kommunikativer Kompetenz. Die Kompetenzdimensionen und –akzentuierungen stehen in einem Handlungszusammenhang und sind in Lernsituationen zu entwickeln, die einen Bezug zum ingenieurwissenschaftlichen Handeln ermöglichen.

In diesem Sinne umfasst die Fachkompetenz

- die Erarbeitung fachlicher Erkenntnisse mit Hilfe experimentierendes Lernens,
- das Verständnis technischer Systeme durch analytische Betrachtung von Baugruppen, Systemen und Systemzusammenhängen,
- die Gestaltung von technischen Baugruppen und Systemen durch Aufgaben in der
 - Entwicklung,
 - Konstruktion,
 - Produktion,
 - Inbetriebnahme,
 - Instandhaltung,
 - Wiederverwendung und beim Recyclingtechnischer Baugruppen, Systeme und Produkte,
- die Analyse und Gestaltung ingenieurwissenschaftlichen Handelns im Rahmen typischer Arbeits- und Geschäftsprozesse etwa in Entwicklung, Konstruktion und Produktion,
- die Anwendung mathematischer und naturwissenschaftlicher Verfahren zur Bearbeitung ingenieurwissenschaftlicher Aufgaben,
- die Analyse und Gestaltung von Prozessen der Produktion technischer Baugruppen, Systeme und Produkte unter Berücksichtigung von Aspekten der Arbeitssicherheit und Arbeitsgestaltung,
- die Analyse und Gestaltung von technischen Produkten unter dem Aspekt von Kundenanforderungen und Marktfähigkeit,
- die Analyse von Zusammenhängen zwischen technischem Handeln sowie ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielen und Folgewirkungen,
- die Diskussion und Betrachtung von Werten und Wertebeziehungen und die kritische Reflexion von Ingenieur Tätigkeit in einer modernen Gesellschaft und Ökonomie.

In diesem Sinne umfassen Sozial- und Selbstkompetenz

- den Einsatz von Modellen und Methoden der technischen Kommunikation auch unter dem Aspekt der Präsentation technischen und ingenieurwissenschaftlichen Handelns in Medien,
- die Entwicklung der Bereitschaft zum sachlichen und fairen Diskurs und die Herausbildung von Kritikfähigkeit, Verhandlungsgeschick und die Bereitschaft zum Konsens in gesellschaftlichen und beruflichen Situationen,
- die Entwicklung der Fähigkeit zur Begründung, Verteidigung, Reflexion und ggf. Revision der eigenen Position im sozialen Diskurs,
- die Bereitschaft zur Rücksicht- und Einflussnahme auf differenzierte Fähigkeiten Einzelner im Team,
- die Erschließung eines individuellen Zugangs zu technischen Sachverhalten und technischem Handeln,
- die Reflexion des eigenen Verständnisses zum Zusammenhang von Technik, Arbeit, Gesellschaft und Umwelt,
- die Bereitschaft zur Mitwirkung an technischen, ökologischen und sozialen Innovationen,
- die Übernahme von Verantwortung für die Gestaltung und Nutzung von Technik unter dem Aspekt von Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und sozialen Wirkungen.

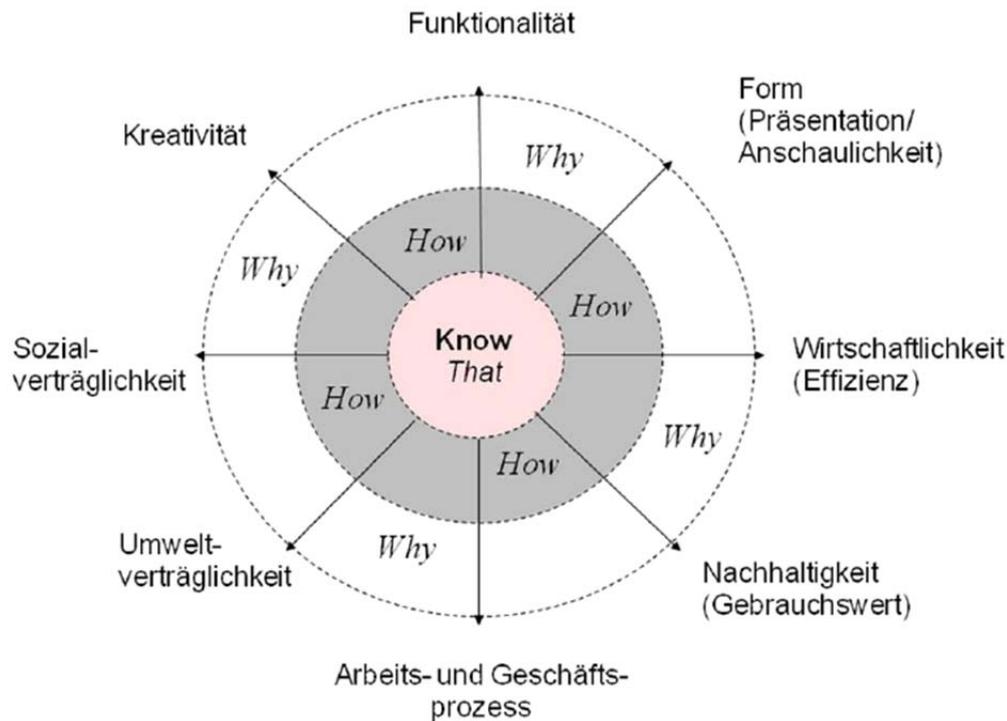
Im Rahmen der aufgeführten Kompetenzen werden kommunikative Kompetenz, Methodenkompetenz und Lernkompetenz besonders akzentuiert. Ihre Entwicklung wird in kompetenzfördernden Lehr-/Lernarrangements und in Vernetzung mit Fach-, Selbst- und Sozialkompetenz gefördert. Insbesondere werden die Schülerinnen und Schüler befähigt,

- die Entstehung wissenschaftlicher Erkenntnisse zu verstehen,
- methodengeleitet Sachverhalte zu klären,
- eigene Lerntechniken und -strategien zu entwickeln,
- fachliche Begriffe verständlich zu erläutern,
- eigene Kenntnisstände, Positionen, Urteile analysierend zu verstehen und eigene Lebenspläne reflektiert zu gestalten,
- Kreativitätstechniken anzuwenden,
- eigene Lerninteressen und -prozesse zu formulieren,
- eigene Interessen und Interessen anderer in Einklang zu bringen,
- soziale Beziehungen zu gestalten und Interessenlagen zu berücksichtigen,
- Lernprozesse in Gruppen zu verstehen, Entscheidungen in der Gruppe zu treffen,
- Kommunikationsstrategien zu beherrschen.

Der Unterricht im Profulfach Ingenieurwissenschaften orientiert sich an einer gestuften Kompetenzentwicklung mit einem hierauf bezogenen strukturierten Aufbau

- von fachlichem Überblicks- und Zusammenhangswissen über verschiedene ingenieurwissenschaftliche Disziplinen,
- der Fähigkeit des selbstständigen und methodisch geleiteten Vorgehens bei der experimentellen und analytischen Erarbeitung technischer Kenntnisse und Aussagen,
- der Fähigkeit zur Gestaltung technischer Systeme und der für ihre Konstruktion, Produktion, Distribution und Nutzung erforderlichen Arbeitsprozesse,

- von Kenntnissen über Methoden der Bewertung technischer Verfahren und Systeme und ihrer Anwendung in einer interdisziplinären Perspektive,
- der Fähigkeit zur kritischen Reflexion des eigenen und gesellschaftlichen technischen Handelns und der darauf basierenden Werte und Wertesysteme.



Kriterien zur Strukturierung multipler Kompetenz (Rauner 2013, S. 16)

Eine so verstandene ingenieurwissenschaftliche Kompetenz ist einerseits von einer multiplen inhaltlichen Ausprägung gekennzeichnet, die fachliche Aspekte der Technikwissenschaften ebenso integriert wie die auf technische Artefakte bezogenen Arbeits- und Geschäftsprozesse sowie technikübergreifende Aspekte etwa hinsichtlich Ästhetik, Wirtschaftlichkeit, Sozial- und Umweltverträglichkeit. Andererseits ist Kompetenzaufbau vom Erreichen unterschiedlicher Entwicklungsstufen gekennzeichnet, die sich vom Sachwissen über entwickelte Einsichten in Begründungszusammenhänge bis hin zur Reflexionsfähigkeit erstrecken. Kompetenzentwicklung im Bereich der Ingenieurwissenschaften bezieht sich immer auf beide hier angesprochenen Dimensionen.

Auf der Grundlage fachlicher Kenntnisse im Bereich der ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik greift der Unterricht in einem interdisziplinären Zugang im Profulfach Ingenieurwissenschaften auf methodische Fähigkeiten und Wissensbestände der Naturwissenschaften, der Mathematik und der Fächer des gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfelds zurück und orientiert sich an dem Prinzip der lebenszyklusbezogenen Betrachtung technischer Produkte und Systeme. Hierbei wenden die Schülerinnen und Schüler ingenieurwissenschaftliche Methoden zur Technikbewertung an und stellen Bezüge zu aktuellen gesellschaftlichen Entwicklungen, etwa der Agenda 21 der Vereinten Nationen, her.

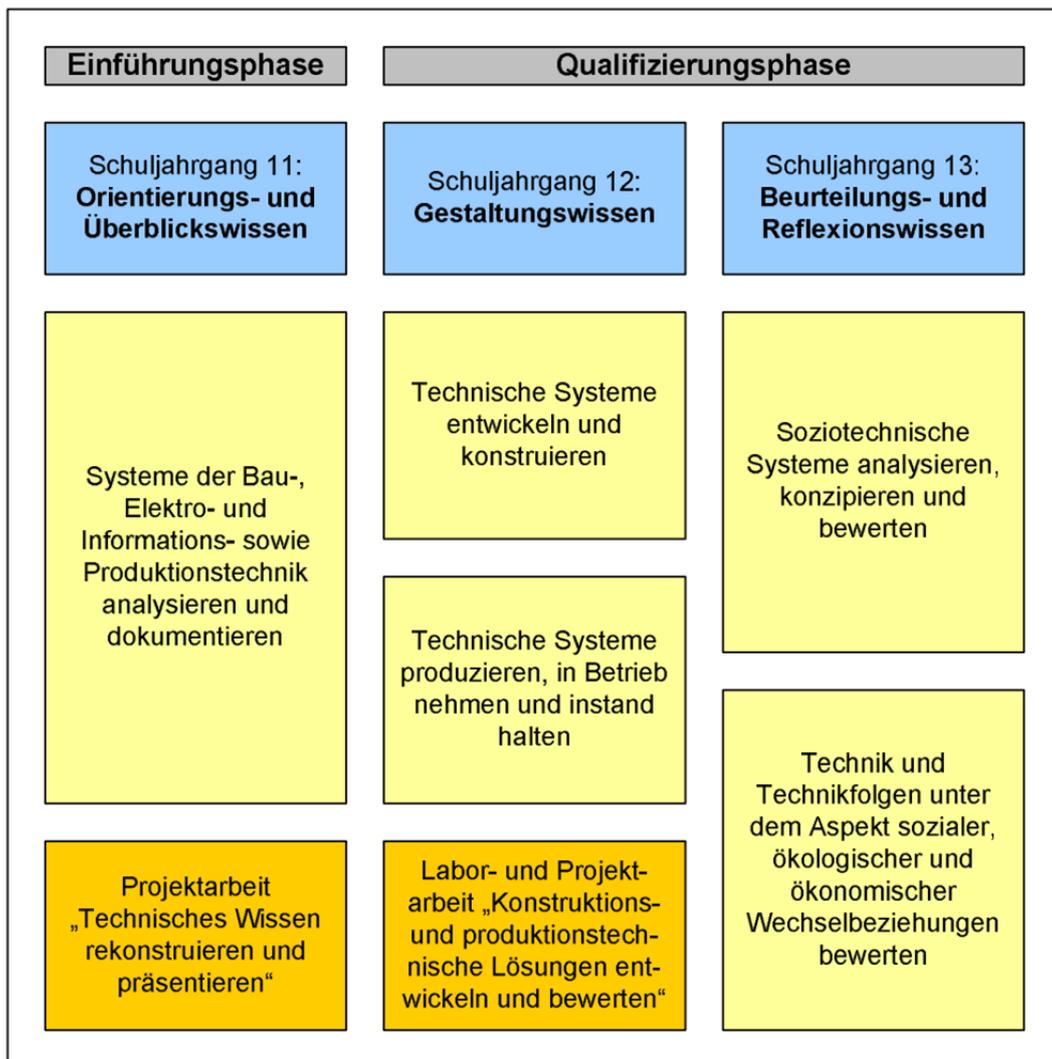
Das Prinzip der vollständigen Handlung bildet die didaktische und methodische Grundlage eines kompetenzfördernden Unterrichts. Entsprechend des Modells der Entwicklung von Kompetenzstufen orientiert sich der Unterricht

- im Schuljahrgang 11 an Methoden der Erkenntnisgenerierung. Beispiele sind das technische Experiment und die Systemanalyse und hiermit das für die Ingenieurwissenschaften charakteristische experimentierenden und analytischen Vorgehen.
- im Schuljahrgang 12 an Methoden der Gestaltung technischer Baugruppen, Systeme und Prozesse. Beispiele sind Konstruktions-, Produktions-, Distributions- oder Recyclingaufgaben, die für unterschiedliche ingenieurwissenschaftliche Handlungsfelder charakteristisch sind.
- im Schuljahrgang 13 an Theorien der Gestaltung und Bewertung soziotechnischer Systeme. Angesprochen sind Fragen der Gestaltung betrieblicher Arbeitsprozesse und deren kritischer Reflexion unter Einbeziehung von Aspekten der Arbeitsgestaltung, Arbeitssicherheit und des Arbeits- und Gesundheitsschutzes ebenso wie die Verwendung technischer Produkte im Kontext von Zielsetzungen der Produkt- und Anwendungssicherheit. Methoden der Technikbewertung, der Abschätzung von Technikfolgen und Fragen der Gestaltung, der Nutzung und der Wiederverwendung von Technik ebenso wie deren Optimierung unter dem Gesichtspunkt eines ausgewogenen Verhältnisses technischer, ökologischer, ökonomischer und sozialer Zielsetzungen und Folgen sind ausgewiesene Schwerpunkte des zweiten Schulhalbjahrs.

3 Zur Arbeit mit dem Lehrplan

Der Lehrplan stellt die Grundlage für die Planung des Unterrichts im Profil Ingenieurwissenschaften in der Einführungs- und Qualifikationsphase dar.

Für die Schuljahrgänge 11, 12 und 13 sind die Kursthemen, die Zeitrichtwerte und die hier aufgeführten Fach- und Methodenkompetenzen verbindlich. Den Kompetenzbereichen zugeordnet sind ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände, denen die inhaltlich-fachliche Untersetzung im Unterricht des Profulfachs entnommen werden kann. Diese Angaben haben einen empfehlenden Charakter, von ihnen kann je nach den Anforderungen der Unterrichtssituation abgewichen werden.



Wissensarten, Handlungszusammenhänge und kompetenzorientierte Projektarbeit als Strukturprinzipien für die Einführungs- und Qualifizierungsphase des Profulfachs Ingenieurwissenschaften

Für die Behandlung der aufgeführten Kursthemen stehen die jeweils angegebenen Zeitrichtwerte zur Verfügung. Die dem Kurs zu Grunde liegende Handlungszusammenhänge sind so zu erschließen, dass die Schülerinnen und Schüler die im Kap. 2 beschriebenen Kompetenzen entwickeln können. Explizit werden für die jeweiligen Handlungszusammenhänge Fach- und Methodenkompetenz ausgewiesen; diese dienen als Klammer für die Erarbeitung handlungsorientierter und ingenieurwissenschaftlicher Wissensbestände.

Hierbei wird in jedem Kurs davon ausgegangen, dass

- etwa ein Viertel der Unterrichtszeit aufgewendet wird für
 - das Berücksichtigen aktueller technischer und fachlicher Entwicklungen,
 - das Einüben und den Transfer erlernter fachspezifischer Arbeitstechniken,
 - das selbstständige Wiederholen Zusammenfassen und Systematisieren erarbeiteter Erkenntnisse und Erkenntnismethoden;
- etwa ein weiteres Viertel der Unterrichtszeit in den einzelnen Schuljahrgängen aufgewendet wird für fachbezogene Aufgaben, die sich an ingenieurwissenschaftlichen Verfahren und Methoden orientieren und sich in den einzelnen Jahrgängen ausrichten
 - an einer experimentell ausgerichteten Laborarbeit einschließlich der Einführung in die Methodik des technischen Experiments und der Analyse technischer Systeme im Schuljahrgang 11, abgeschlossen durch die für diesen Schuljahrgang konstitutive Projektarbeit mit Bezug auf einen der behandelten ingenieurwissenschaftlichen Wissensbereiche Bautechnik, Elektro- und Informationstechnik sowie Produktionstechnik,
 - an der Gestaltung technischer Verfahren, Produkte und Prozesse im Rahmen von ingenieurtechnischen Aufgaben, die sich am Prinzip einer lebenszyklusbezogenen Betrachtungsweise orientieren, im Schuljahrgang 12, abgeschlossen durch eine für diesen Schuljahrgang konstitutive Labor- und Projektarbeit mit Bezug auf einen der ingenieurwissenschaftlichen Handlungsbereiche Konstruktion, Fertigungs- sowie Montage- und Inbetriebnahmeplanung,
 - an einer Erweiterung der Betrachtungsweise um die Analyse, Konzeption und Bewertung soziotechnischer Systeme einschließlich einer Reflexion ingenieurwissenschaftlichen Denkens und Handelns unter den Gesichtspunkten von Technikbewertung, Technikfolgenabschätzung und Nachhaltigkeit im Sinne der Agenda 21 der Vereinten Nationen.

In diesem Kontext besitzt das Profulfach Ingenieurwissenschaften sowohl fachübergreifende Bezüge zu den Naturwissenschaften und zur Mathematik sowie aufgabenfeldübergreifende Bezüge zu Fächern des gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfelds.

Wichtig für das Verständnis der Bildungsziele des Profulfachs ist dessen Ausgestaltung im Kontext von Wissenschaftspropädeutik und individueller berufsbio-graphischer Orientierung. Während der Lehrplan mit einer Einführung in die drei ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik beginnt, ist bereits in der Projektarbeit zum Abschluss der Einführungsphase und verstärkt in der Qualifikationsphase die Entwicklung eines systematischen Verständnisses für die Methoden des ingenieurwissenschaftlichen Handelns und deren exemplarische Anwendung auf unterschiedliche ingenieurwissenschaftliche Handlungsfelder vorzusehen. Insbesondere besteht für Schülerinnen und Schüler hinreichend Raum, auf der Grundlage einer breiten fachlichen Orientierung eigene inhaltliche Interessen zu entwickeln und in spezifischen Handlungsaufgaben exemplarisch zu vertiefen.

4 Leistungen und ihre Bewertung

Die Anforderungen an die Leistungen im Profillfach Ingenieurwissenschaften orientieren sich am Prinzip der Kompetenzentwicklung und der Bewertung individueller Fähigkeiten in unterschiedlichen Kompetenzbereichen. Die Leistungsbewertung ist in schriftlichen und mündlichen Leistungen so zu gestalten, dass ein breites Spektrum unterschiedlicher Kompetenzen an geeigneten ingenieurwissenschaftlichen Aufgaben überprüft werden kann. Im Lehrplan wird das Profillfach Ingenieurwissenschaften in Bereiche von charakteristischen Handlungszusammenhängen strukturiert und mit spezifischen Beschreibungen der anzustrebenden Fach- und Methodenkompetenz untersetzt. Darüber hinaus werden – im Sinne von Schlüsselkompetenzen für die ingenieurwissenschaftliche Bildung – grundsätzlich gefördert

- im Bereich der *Sozialkompetenz* die Fähigkeit der Kommunikation über technische Zusammenhänge und deren Präsentation sowohl in der Fachsprache als auch ihre Transformation in umgangssprachliche Kontexte; die Fähigkeit zum Diskurs über gefundene Lösungen in der Technikgestaltung unter Einbezug ökonomischer, ökologischer und gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen; die Präsentation gefundener Lösungen in Verbindung mit deren kritischer Reflexion und Abgrenzung gegenüber vorhandenen Lösungsalternativen; den partnerschaftlichen Umgang mit Gruppenmitgliedern zu entwickeln und Verantwortung für gemeinsam zu erarbeitende Aufgabenstellungen und für selbst einzubringende Teilaufgaben zu tragen.
- im Bereich der *Selbstkompetenz* die Fähigkeit zur selbstständigen Planung, Ausführung und kritischen Bewertung eigener Problemlösungen und Lösungswege; die Sorgfalt bei der Bearbeitung von Aufgabenstellung und beim Umgang mit Materialien und Geräten in technischen Laboratorien; die Bereitschaft, Stärken und Schwächen gefundener Lösungen zu reflektieren sowie Ansätze zur Verbesserung von Problemlösungen und Lösungsstrategien zu entwickeln; die Begründung, Verteidigung und gegebenenfalls Revision eigener Positionen in einem Diskurs einzubringen; Verantwortung für Material, Geräte und Fachräume zu übernehmen.

Der Nachweis der geforderten Kompetenzen kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Neben schriftlichen und mündlichen Leistungsnachweisen bietet sich insbesondere an, Schülereinzeln- und -gruppenleistungen im Rahmen der vorgesehenen Projekt- und Laborarbeiten sowie der darauf bezogenen Präsentationen zu erfassen. Generell werden sowohl die Breite als auch die Tiefe des Wissens bewertet. Entsprechend den einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) sollen Aufgabenstellungen den individuellen Entwicklungsstand über Kompetenzen in den folgenden Anforderungsbereichen diagnostizieren:

- „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 techni-

sche 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.“

Beispiele für die Differenzierung von Aufgabenlösungen und ihre Zuordnung in die aufgeführten Anforderungsbereiche enthalten die im Anhang aufgeführten Beispielaufgaben.

5 Kurse, Kompetenzbereiche und Zeitrichtwerte

5.1 Kursübersicht

Schuljahrgang 11 (Einführungsphase)

Kursbezeichnung	Zeitrichtwert (ZRW) in Std.
Technische Systeme und technisches Wissen analysieren, rekonstruieren und präsentieren	120

Schuljahrgang 12 (Qualifizierungsphase)

Kursbezeichnung	Zeitrichtwert (ZRW) in Std.
12.1 Technische Systeme gestalten	80
12.2 Technische Systeme fertigen und nutzen	80

Schuljahrgang 13 (Qualifizierungsphase)

Kursbezeichnung	Zeitrichtwert (ZRW) in Std.
13.1 Soziotechnische Systeme	80
13.2 Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung	80

5.2 Schuljahrgang 11 (Einführungsphase)

Technische Systeme und technisches Wissen analysieren, rekonstruieren und präsentieren

Handlungszusammenhang	
Systeme der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik analysieren und dokumentieren	
Kompetenzbeschreibung	
Fachkompetenz:	<ul style="list-style-type: none"> - Mathematische, physikalische und chemische Kenntnisse und Methoden auf technikwissenschaftliche Problemstellungen anwenden - Werkstoffe hinsichtlich ihres Aufbaus unterscheiden und charakteristische Eigenschaften experimentell ermitteln - Grundlegende Zusammenhänge zur Erklärung bautechnischer Systeme zeichnerisch und rechnerisch darstellen sowie exemplarisch experimentell nachweisen - Fertigungs- und Prüfverfahren unterscheiden und ihre Anwendung für fertigungstechnische Aufgaben erläutern - Elektrotechnische Grundlagen experimentell ermitteln, elektrotechnische Gesetzmäßigkeiten beschreiben und an Hand geeigneter Versuche verifizieren - Die Methode der Systemanalyse in ihrer Bedeutung für die Systementwicklung beschreiben - Verfahren der technischen Kommunikation für ausgewählte ingenieurwissenschaftliche Aufgabenstellungen einsetzen - Darstellungselemente aus technischen Dokumentationen erkennen, erläutern und sachgerecht einsetzen - Exemplarische technische Systeme wie Bauwerke, elektro- und informationstechnische sowie fertigungstechnische Systeme hinsichtlich ihrer Funktion, Struktur und Einbindung unter Anwendung von zeichnerischen, mathematischen und sprachlichen Darstellungsmethoden und anderer visueller Präsentationsformen dokumentieren und präsentieren
Methodenkompetenz:	<ul style="list-style-type: none"> - Informationsquellen für Dokumentation, Präsentation und Theoriebildung einsetzen - Bereits in der Sekundarschule erworbene Fähigkeiten der Analyse und Beobachtung natur- und technikwissenschaftlicher Phänomene auf technische Systemzusammenhänge anwenden - Ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände auf der Grundlage experimenteller Erkenntnisgewinnung rekonstruieren - Methode des technischen Experiments für Prozesse der Theoriebildung in unterschiedlichen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen anwenden - Methoden zur Analyse und Dokumentation technischer Systeme, z. B. De- und Remontage, in unterschiedlichen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen einsetzen - Exkursionsaufgaben für die Darstellung und Beschreibung von industriellen Arbeits- und Fertigungsprozessen bearbeiten - Medien wie Dokumentationen, Lernvideos und Modelle als Mittel zur

	<p>Präsentation technischer Artefakte einsetzen</p> <ul style="list-style-type: none">- Techniken des Präsentierens und Referierens anwenden
<p>Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände</p> <p><i>Bautechnische Wissensbestände: Einführung in die Baustatik, bautechnische Werkstoffe</i> Kräftesysteme: Analytische und grafische Ermittlung von Resultierenden, Momentensatz Holz als Baustoff, Holzschutz, Fachwerke Ausgewählte Eigenschaften bautechnischer Werkstoffe (wie Druck-, Zug-, Biegezugfestigkeit)</p> <p><i>Elektro- und informationstechnische Wissensbestände</i> Elektrische Erscheinungen und ihre Ursachen unter Anwendung physikalischer Wissensbestände Grundzusammenhänge des elektrischen Stromkreises Elektrotechnische Grundlagenexperimente</p> <p><i>Produktionstechnische Wissensbestände</i> Werkstoffe: Ausgewählte Eigenschaften wie Festigkeit und Elastizität, Bezeichnungssystem, charakteristische Anwendungen, Korrosionsschutz Merkmale der Fertigungsverfahren Urformen, Umformen, Beschichten, Trennen, Fügen, Stoffeigenschaftsändern Anwendungsbezogene Auswahl von Fertigungsverfahren für die Bearbeitung von Einzelteilen Verknüpfung von Fertigungsverfahren zu vollständigen Fertigungsprozessen</p> <p><i>Technische Dokumentation</i> Darstellungsarten: Skizzen, Zeichnungen, Schaltpläne, Funktionspläne, Arbeitspläne, Stücklisten, Diagramme Systemanalysen (Systemfunktion, Systemstruktur, Systemhierarchie, Methoden der graphischen Darstellung) Dokumentation ausgewählter technischer Systeme (Bauwerke, elektro- und informationstechnische Systeme, fertigungstechnische Systeme, verfahrenstechnische Systeme)</p>	

<p>Handlungszusammenhang Projektarbeit „Technisches Wissen rekonstruieren und präsentieren“</p>	
<p>Kompetenzbeschreibung</p>	
<p>Fachkompetenz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wissensbestände in disziplinären und interdisziplinären Problemstellungen zusammenführen - Eine ausgewählte technische Problemstellung unter dem Gesichtspunkt von Präsentation und technischer Kommunikation bearbeiten und anwenden auf <ul style="list-style-type: none"> o Verfahren ingenieurwissenschaftlichen Wissenserwerbs o Verfahren zur Analyse und Darstellen technischer Systeme - Das Technische Experiment als Grundlage des ingenieurwissenschaftlichen Wissenserwerbs an Beispielen präsentieren - Systemanalyse als technikwissenschaftliche Methode auf exemplarische technische Systeme anwenden - Technik auch unter dem Gesichtspunkt von Nachhaltigkeit beurteilen
<p>Methodenkompetenz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Methoden der Informationsgewinnung selbstständig einsetzen - Methoden der Dokumentation, Visualisierung und Beschreibung technikwissenschaftlicher Zusammenhänge anwenden - Techniken der Präsentation anwenden - Eine Projektaufgabe nach dem Prinzip der vollständigen Handlung selbstständig planen, durchführen, bewerten, reflektieren und präsentieren
<p>Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände Projektarbeit an einer ausgewählten ingenieurwissenschaftlichen Aufgabe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kornzusammensetzung - Werkstoffeigenschaften - Unbelasteter und belasteter Spannungsteiler <p>Fundamentale fachliche, ökologische und soziale Aspekte der Ingenieurwissenschaften, ggf. mit Bezügen zu den Fächern des gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeldes</p>	

5.3 Schuljahrgang 12 (Qualifizierungsphase)

12.1 Technische Systeme gestalten

Handlungszusammenhang	
Technische Systeme entwickeln und konstruieren	
Kompetenzbeschreibung	
Fachkompetenz:	<ul style="list-style-type: none"> - Bau-, elektro- und informationstechnische sowie produktionstechnische Systeme nach funktionellen und strukturellen Merkmalen erfassen und unterschiedlichen Hauptfunktionen zuordnen - Ausgewählte Systeme hinsichtlich der gefundenen konstruktiven Lösungen vergleichend analysieren und hinsichtlich ihrer Funktionalität bewerten - Für ausgewählte technische Teilprobleme intuitiv Lösungsvorschläge entwickeln, unter Anwendung mathematischer, naturwissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse Eignungskriterien auswählen und geeignete Lösungsvarianten bewerten - Konstruktive Lösungen für technische Teilprobleme entwerfen, ausarbeiten und präsentieren - Fachbezogene Aspekte der Bau-, Elektro- und Informationstechnik sowie der Produktionstechnik problembezogen verknüpfen und anwenden
Methodenkompetenz:	<ul style="list-style-type: none"> - Informationsquellen wie technische Unterlagen, Tabellen- und Fachbücher sowie Herstellerunterlagen unter Einschluss internetbasierter Recherchen selbstständig erschließen und anwenden - Erworbene Fähigkeiten des Entwickelns, Entwerfens und Konstruierens methodensystematisch ausbauen und auf einfache technische Fragestellungen lösungsbezogen anwenden - Konstruktionsanalysen methodisch strukturiert durchführen und auf konstruktive Lösungen für grundlegende technische Systeme der Bau-, Elektro- und Informationstechnik sowie der Produktionstechnik anwenden - Kreativitätstechniken wie den morphologischen Kasten zur Lösungsfindung einsetzen - Konstruktionsaufgaben für die Lösung einfacher, exemplarischer technischer Problemstellungen der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik strukturiert bearbeiten - Die Methode des Konstruktionsvergleichs für die Bewertung von Konstruktionsvarianten, -lösungen und -prozessen anwenden - Ökonomische, ökologische und soziale Kriterien für die Beurteilung von konstruktiven Lösungen auf der Grundlage erster intuitiv gewonnener Kriterien diskutieren
Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände	
<i>Bautechnische Wissensbestände</i>	
Träger auf zwei Stützen: Auflagerkräfte, Schnittkräfte	
Fachwerke: Bildungsregeln, Stabkraftermittlung	
Bauwerksteile: Konstruktionsmöglichkeiten, bauphysikalische Beurteilung	

Elektro- und informationstechnische Wissensbestände

Wechselgrößen, Wechselstromerscheinungen und Problemlösungen mit charakteristischen Bauelemente (R, L, C) und ihre mathematische Behandlung

Elektronische Bauelemente, ihre Dimensionierung und ihr Einsatz in elektronischen Schaltungen

Teilsysteme zur Realisierung einfacher Funktionen in der elektrischen Energie- und Kommunikationstechnik

12.2 Technische Systeme fertigen und nutzen

Handlungszusammenhang	
Technische Systeme produzieren, in Betrieb nehmen und Instand halten	
Kompetenzbeschreibung	
Fachkompetenz:	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgewählte Produkte hinsichtlich Aufbau, Funktion und Fertigungsprozess analysieren und unter Darstellung fachlicher Grundlagen, Herstellungsbedingungen und -abläufen rekonstruieren - Unterschiedliche Fertigungs- und Prüfverfahren in Bezug auf ihre Einsatzmöglichkeiten und Umweltauswirkungen einschätzen und Zusammenhänge zwischen Verwendungszweck, technischer Funktion, Fertigungsqualität sowie Arbeits- und Umweltschutz analysieren und bewerten - Vernetzte Fertigungsprozesse planen, Wechselbeziehungen zwischen Fertigungsverfahren, Fertigungseinrichtung und Fertigungsmitteln verfahrensbezogen gestalten, exemplarische Lösungen für eine Fertigungsautomatisierung unter Berücksichtigung von Fragen der Qualitätssicherung entwickeln - Exemplarische Aufgaben zu Fertigungs- und Instandhaltungsprozessen unter Anwendung von Methoden der Arbeitsplanung strukturieren, in Ablaufdiagrammen darstellen und Lösungsvarianten bewerten
Methodenkompetenz:	<ul style="list-style-type: none"> - Fertigungsanalysen auf einfache technische Systeme und Produkte der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik strukturiert anwenden - Planungen für maschinelle Fertigungsaufgaben selbstständig erarbeiten und auf Aufgaben der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik übertragen - Für ausgewählte Fertigungsaufgaben Lösungsstrategien entwickeln, Fertigungsverfahren auswählen und optimieren, Lösungen unter Anwendung von Kriterien der Fertigungs- und Funktionssicherheit sowie der Wirtschaftlichkeit beurteilen und Alternativen entwickeln - Verfahrenkenntnisse methodensystematisch ausbauen und auf die einfache fertigungstechnische Problemstellungen lösungsbezogen anwenden - Historische Entwicklung von Lösungen für ausgewählte fertigungstechnische Problemstellungen recherchieren, unter Anwendung der historisch-genetischen Methode ausarbeiten und unter Nutzung unterschiedlicher Medien präsentieren - Ökonomische, ökologische und soziale Kriterien für die Beurteilung von konstruktiven Lösungen auf der Grundlage ausgewählter Kriterien diskutieren - Aus Tabellenbüchern technische Parameter zur Gestaltung und Optimierung von Fertigungsprozessen ermitteln - Erkundungen fertigungstechnischer Systeme in außerschulischen Lernorten planen, durchführen, dokumentieren und deren Ergebnis präsentieren
Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände	
<i>Produktionstechnische Wissensbestände</i>	

Ausgewählte Fertigungsverfahren:

- Spanende Verfahren
- Umformverfahren
- Fügeverfahren
- Systemtechnische Prozesse

Ausgewählte Systeme der Produktion und Qualitätssicherung:

- Aufbaustrukturen und Funktionseinheiten von Werkzeugmaschinen
- Zusammenwirken von Konstruktions- und Fertigungssystemen
- Verfahrenstechnische Prozesse
- Regelungs- und steuerungstechnische Zusammenhänge

Instandhaltungsplanung und -organisation

Arbeitssicherheit bei Aufgaben der Fertigung, Montage und Instandhaltung an Systemen der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik

<p>Handlungszusammenhang</p> <p>Labor- und Projektarbeit „Konstruktions- und produktionstechnische Lösungen entwickeln und bewerten“</p>	
<p>Kompetenzbeschreibung</p>	
<p>Fachkompetenz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eine ausgewählte konstruktions- und/ oder produktionstechnische Problemstellung unter den Gesichtspunkten von Präsentation und technischer Kommunikation planen, ausführen und dokumentieren - Technische Systeme unter den Aspekten von Funktionsfähigkeit und Nachhaltigkeit vergleichend bewerten - Wechselbeziehungen zwischen Fertigungsverfahren, Fertigungseinrichtung und Fertigungsmittel verfahrensbezogen darstellen und Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen - Aufgaben der Wartung, Inspektion und Instandsetzung auf Grundlage einer Betriebserkundung und Aspektanalyse prozessbezogen erfassen und dokumentieren - Das technische Experiment als Grundlage des ingenieurwissenschaftlichen Wissenserwerbs an Beispielen präsentieren
<p>Methodenkompetenz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Informationsquellen wie technische Unterlagen, Tabellen- und Fachbücher sowie Herstellerunterlagen unter Einschluss internetbasierter Recherchen selbstständig erschließen und problembezogen einsetzen - Strukturen für vernetzte maschinelle Fertigungsprozesse erarbeiten und fertigungsbezogene Abläufe erfassen - Charakteristische Vorgehensweisen für Fertigungsanalyse, Fertigungsaufgabe und instandhaltungsorientierten Aufgaben beschreiben - Charakteristische Vorgehensweisen für Konstruktionsanalyse, Konstruktionsaufgabe und Konstruktionsvergleich darstellen - Ökonomische, ökologische und soziale Kriterien für die Beurteilung von konstruktiven Lösungen aufzeigen - Medien wie Dokumentationen, Lernvideos und Modelle als Mittel zur Präsentation eigener Entwicklungsergebnisse und -prozesse einsetzen - Komplexe Gestaltungsaufgaben unter Einsatz bekannter Techniken des Präsentierens und Referierens darbieten und gefundene Lösungen und Lösungswege verteidigen - Eine Projektaufgabe nach dem Prinzip der vollständigen Handlung selbstständig planen, durchführen, bewerten, reflektieren und präsentieren und Verantwortung für die Teamlösung übernehmen
<p>Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände</p> <p>Labor- und Projektarbeit in thematischer Fokussierung auf einen oder mehrere der Bereiche</p> <ul style="list-style-type: none"> - heuristisches und methodisches Konstruieren, Entwurfs-, Konstruktions- und Entwicklungsmethodik, Projektierungsverfahren - Fertigungsaufgabe mit Bezug auf ausgewählte Fertigungsverfahren, Fertigungsautomatisierung - Montageaufgaben bei unterschiedlichen Stückgrößen: Einzel- und Kleinserienfertigung, Massenfertigung - Qualitätsverfahren und Qualitätsmanagement - Spezifische Mess- und Prüfverfahren 	

- Ausgewählte Wechselstromschaltungen wie Kompensations-, Filter-, Brückenschaltungen
- Anwendungsbezogene Steuerungssysteme und -programme
- Fallbezogene Algorithmen für Fehlersuche
- Dachtragwerke, ein- und mehrschalige Wandkonstruktionen, Treppenkonstruktionen
- Ausgewählte Baustoffprüfverfahren: Druckfestigkeit, Konsistenz, Feuchtegehalt
- Verfahren der Initiierung, Planung, Durchführung und Bewertung technischer Projekte

5.4 Schuljahrgang 13 (Qualifizierungsphase)

13.1 Soziotechnische Systeme

<p>Handlungszusammenhang Soziotechnische Systeme analysieren, konzipieren und bewerten</p>	
<p>Kompetenzbeschreibung</p>	
<p>Fachkompetenz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Das Konzept des soziotechnischen Systems als Modell zur Beschreibung des Zusammenwirkens von technischen Sachsystemen und menschlichem Handeln beschreiben und auf die Analyse exemplarischer Systeme und deren Mensch-Maschine-Schnittstellen anwenden - Ingenieurtechnisches Handeln am Beispiel ausgewählter Systeme in den Phasen ihrer Planung und Entwicklung, Produktion, Verteilung, Nutzung und Entsorgung oder Recycling analysieren - Für ausgewählte soziotechnische Systeme Vorschläge zur Optimierung der Systemgestaltung und der Gestaltung der Mensch-System-Schnittstellen unter Anwendung technikwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden herausarbeiten - Ausgewählte interdisziplinäre Aufgabenstellungen der Bau-, Elektro- und Informationstechnik sowie Produktionstechnik mittels Systemlösung unter Berücksichtigung betrieblicher und gesellschaftlicher Anforderungen entwickeln
<p>Methodenkompetenz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Informationsquellen wie technische Unterlagen, Tabellen- und Fachbücher sowie Herstellerunterlagen unter Einschluss internetbasierter Recherchen selbstständig erschließen und auf unbekannte Problemlösungen übertragen - Technikwissenschaftliche Untersuchungsmethoden wie <ul style="list-style-type: none"> - Messverfahren - Experiment - Modellbildung und Modellsimulation - Diagnoseanalyse und Diagnoseaufgabe - Dokumentationsmethoden selbstständig auswählen und für die Lösung interdisziplinärer Aufgabenstellungen anwenden - Konstruktionsaufgaben für die Lösung interdisziplinärer Problemstellungen der Bau-, Elektro- und Informationstechnik sowie Produktionstechnik strukturiert bearbeiten - Kriterien für die Beurteilung von soziotechnischen Systemen entwickeln und auf ausgewählte Anwendungsfälle transferieren
<p>Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände</p> <p><i>Bautechnische Wissensbestände</i></p> <p>Zyklogrammtechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prozessanalyse - Prozesssynthese <p>Netzplantechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorgangsknotennetz - Vorgangspfeilnetz 	

Elektro- und informationstechnische Wissensbestände

Analyse und Synthese von elektrotechnischen und informationstechnischen Systemen unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte

- Machbarkeitsstudie
- Funktionsanalyse (Soll-Ist-Vergleich)

Produktionstechnische Wissensbestände

- computergesteuerte Werkzeugmaschinen
- Fertigungsorganisation
- Arbeitssystem
- Ablauf- und Aufbauorganisation
- ergonomische Aspekte

13.2 Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung

<p>Handlungszusammenhang Technik und Technikfolgen unter dem Aspekt sozialer, ökologischer und ökonomischer Wechselbeziehungen bewerten</p>	
<p>Kompetenzbeschreibung</p>	
<p>Fachkompetenz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Kategorien nachhaltiger Entwicklung im Sinne der „Agenda 21“ in ihrer Bedeutung für das ingenieurwissenschaftliche Denken und Handeln beschreiben - Modelle für die künftige Entwicklung bau-, elektro- und informationstechnischer sowie produktionstechnischer Systeme unter dem Aspekt ihrer sozialen, ökonomischen und ökologischen Wechselbeziehungen erarbeiten - Quantitative und qualitative Methoden der Technikbewertung beschreiben und auf ausgewählte soziotechnische Systeme der Bau-, Elektro- und Informationstechnik sowie der Produktionstechnik anwenden - Technische Systeme und technisches Handeln in Bezug auf Wertesysteme hinsichtlich Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Gesundheit bzw. Umwelt- und Gesellschaftsqualität beurteilen und Vorschläge zur qualitativen Weiterentwicklung vorlegen
<p>Methodenkompetenz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Historische Analogien bilden und überprüfen - Stärken und Schwächen der gewählten technischen Lösungen beurteilen und bewerten - Methoden der Technikbewertung situationsbezogen auswählen und anwenden - Die Folgen technischer Lösungen einschätzen und bewerten
<p>Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände</p> <p><i>Bautechnische Wissensbestände</i> Wärmeschutz: - U- und R-Wertberechnungen - Dampfdiffusion - Glaserdiagramme - Nutzung nachwachsender Rohstoffe Feuchtigkeitsschutz: - waagerechte Abdichtungen - senkrechte Abdichtungen <i>Elektro- und informationstechnische Wissensbestände</i> Elektro- und informationstechnische Systeme - Energieeffizienz - Anpassung und Kompatibilität - Pflege und Wartung <i>Produktionstechnische Wissensbestände</i> Gestaltung nachhaltiger Maschinensysteme Energieeffiziente Fertigungsstrecken</p>	

6 Literatur

Bünning, Frank: Experimentierendes Lernen in der Holz- und Bautechnik. Fachwissenschaftlich und handlungstheoretisch begründete Experimente für die Berufsfelder Holz- und Bautechnik. Bielefeld: W. Bertelsmann, 2006

Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 16.11.2006

Jenewein, Klaus: Zur Entwicklung der Kompetenzdiskussion in der Berufsbildung. In: Westhoff, G.; Jenewein, K.; Ernst, H. (Hrsg.): Kompetenzentwicklung in der flexiblen und gestaltungsoffenen Aus- und Weiterbildung. Bielefeld: W. Bertelsmann, 2012

Metall-Lexikon – Fachwissen für berufstypische Aufgaben und Sachverhalte der Metalltechnik. Online unter www.metall-lexikon.de (28.01.2013)

Pahl, Jörg-Peter: Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren. Ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik. Bielefeld: W. Bertelsmann, 2007

Pahl, Jörg-Peter: Instandhaltungsorientierte Unterrichtsverfahren – eine Arbeitsunterlage für den unterrichtspraktischen Gebrauch. Bielefeld: W. Bertelsmann, 2007

Pahl, Jörg-Peter: Konstruieren und berufliches Lernen. Bielefeld: W. Bertelsmann, 2009

Rauner, Felix: Multiple Kompetenz: Die Fähigkeit der holistischen Lösung beruflicher Aufgaben. A+B Forschungsberichte Nr. 10/2013 Bremen, Heidelberg, Karlsruhe, Weingarten: A+B Forschungsnetzwerk

Ropohl, Günter: Allgemeine Technologie – eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe: Universität, 2009

Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI-Richtlinie 3780 – Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen, September 2000; VDI-Richtlinie 2889 – Einsatz wissensbasierter Diagnosemethoden und –systeme in der Instandhaltung, April 1998; weitere VDI-Richtlinien etwa zur Konstruktionsmethodik (2221 ff.), zum Konstruieren recyclinggerechter Produkte (2243) oder zur Fertigungsgerechten Werkstückgestaltung (3227)

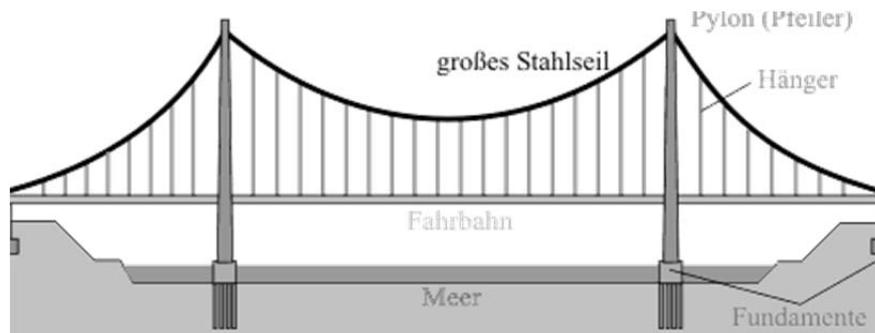
Wolffgramm, Horst: Allgemeine Techniklehre. Bd. 1: Allgemeine Technologie (1994); Bd. 2: Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme (1995). Hildesheim: Franzbecker, 1994, 1995

7 Anhang

7.1 Aufgabenbeispiel: Projektarbeit „Technisches Wissen rekonstruieren und präsentieren“

Verhalten metallischer Werkstoffe bei Zugbelastung

Stellen Sie sich vor, Sie bekommen den Auftrag als Konstrukteur an der Gestaltung eines Nachbaus des bekannten San Francisco Wahrzeichens – der Golden Gate Bridge – mitzuwirken. Dabei sind Sie speziell mit der Auswahl der tragenden Seile betraut.



Quelle: http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/umwelt_technik/10bruecken/bruecken.htm, 23.01.2013)

1. Beim Brückenbau sind speziell bei der Auswahl der vertikalen Seile (Hänger) bestimmte Kennwerte zu beachten.
 - 1.1 Erläutern Sie die Beanspruchungsformen, die Sie bei einer entsprechenden Auswahl beachten müssen.
 - 1.2 Beschreiben Sie die vorwiegende Wirkkraft, wenn die Brücke keiner zusätzlichen Beanspruchung durch externe Kräfte ausgesetzt ist.
2. Experimentelle Ermittlung von Werkstoffkennwerten
 - 2.1 Nennen Sie den übergreifenden Versuch, mit dem diese Art mechanische Belastung geprüft werden kann. Beschreiben Sie unter Verwendung von Skizzen/Zeichnungen
 - 2.1.1 die Zielsetzung
 - 2.1.2 den Aufbau und
 - 2.1.3 den Ablauf des Versuchs.
 - 2.2 Wie wird ein normierter Baustahl (S235) in diesem Versuch reagieren? Stellen Sie Hypothesen zum erwarteten Werkstoffverhalten auf.
3. Führen Sie den Versuch auf Basis Ihrer Ausarbeitungen durch und dokumentieren Sie die auftretenden Kennwerte.
 - 3.1 Beschreiben Sie das Phänomen der Probenverlängerung, der Einschnürung und des Bruchs.
 - 3.2 Berechnen Sie Streckgrenze und Zugfestigkeit anhand der verwendeten Einstellgrößen.

- 3.3 Stellen Sie die gewonnenen Ergebnisse aus dem Versuch und den Berechnungen in einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm dar.
- 3.4 Überprüfen Sie ob Ihre Ausgangshypothesen bestätigt wurden. Reflektieren Sie dabei die im Versuch gewonnenen Erkenntnisse.
4. Stellen Sie die Gruppenergebnisse mittels Computer- oder Plakatpräsentation dar und diskutieren Sie diese im Rahmen eines Fachgesprächs vor der Klasse.
5. Übertragen Sie die festgestellten Erkenntnisse auf andere Werkstoffe. Nutzen Sie hierbei Ihr Wissen aus der Werkstofftechnik.
Welcher der von Ihnen betrachteten Werkstoffe erscheint Ihnen für eine Verwendung zur Herstellung der vertikalen Drahtseile (Hänger) am geeignetsten? Begründen Sie. (Nehmen Sie Bezug auf die externen Kräfte, die nach Inbetriebnahme auf die Konstruktion der Brücke wirken.)

Einteilung der Aufgabenstellung in Anforderungsbereiche nach EPA

Anforderungsbereich I

- Beschreibung des Zugversuchs hinsichtlich Aufbau, Ablauf etc.
- Dokumentation der Messergebnisse
- Beschreibung der auftretenden Phänomene: Probenverlängerung, Einschnürung und Bruch

Anforderungsbereich II

- Lösung der anfänglichen praktischen Problemstellungen durch Auswahl und Verknüpfung von Daten, Fakten und Allgemeinwissen
- Aufstellen von Hypothesen
- Selbständige Durchführung des Zugversuchs
- Berechnung von Werkstoffkennwerten anhand der Messdaten
- Darstellung der Berechnungs- und Messwerte in einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm
- Präsentation der Ergebnisse mit anschließendem Fachgespräch

Anforderungsbereich III

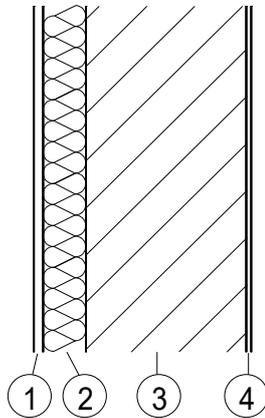
- Überprüfung der aufgestellten Hypothesen mit den gewonnenen Erkenntnissen
- Übertragung der Kennwerte auf andere Werkstoffe – Ermittlung von Zusammenhängen
- Auswahl eines geeigneten Werkstoffs für die Brückenkonstruktion anhand der ermittelten Messwerte
- Übertragung des Wissens über das Werkstoffverhalten auf eine praktische Anwendung

7.2 Aufgaben- und Bewertungsbeispiel: Abiturprüfungsaufgabe

Aufgabenkomplex 1: Bauphysik – Wärmeschutz

50 Punkte

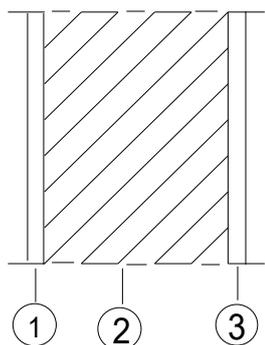
- 1.1. Die in der Skizze dargestellte Außenwand soll mit einem Mineralfaserdämmstoff der Wärmeleitgruppe 045 gedämmt werden.



- 1 = 2,5 cm Außenputz ($\lambda = 1,0 \text{ W/mK}$)
 2 = 5 cm Mineralfaserplatte ($\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$)
 3 = 15 cm Kalksandstein ($\lambda = 0,99 \text{ W/mK}$)
 4 = 5 mm Innenputz ($\lambda = 0,70 \text{ W/mK}$)

- 1.1.1. Berechnen Sie die Oberflächen- und Grenzflächentemperaturen der skizzierten Außenwand und stellen Sie den dazugehörigen Temperaturverlauf grafisch dar!
- 1.1.2. Verändern Sie die Dämmstoffdicke im Bereich von 0 cm – 10 cm um jeweils 1 cm, stellen Sie die Veränderung der Relation von Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke in einem von Ihnen entwickelten Diagramm grafisch dar und bewerten Sie anhand Ihres Ergebnisses die Wirtschaftlichkeit des Dämmstoffeinsatzes!
- 1.2. Wärmedämmstoffe besitzen unterschiedliche Eigenschaften. Sie sind deshalb in ihrer Eignung für verschiedene Einsatzzwecke sorgfältig auszuwählen.
- 1.2.1. Nennen Sie technische und ökologische Kriterien der Auswahl eines Dämmstoffs für die Wärmedämmung!
- 1.2.2. Stellen Sie Wesen, Wirkung und geeignete Dämmstoffe der „Perimeterdämmung“ dar!
- 1.3. Entsprechend der EnEV haben Sie die Aufgabe, die Außenwand einer Werkhalle nachträglich zu dämmen. Dazu steht Ihnen der Dämmstoff PUR- Hartschaum ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) zur Verfügung. Dimensionieren Sie die Dämmstoffdicke, wenn der Wärmedurchlasswiderstand $R = 2,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ betragen soll!

Querschnitt der ungedämmten Außenwand



- 1 = 15 mm Innenputz PI ($\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$)
 2 = 24 cm Kalksandstein ($\lambda = 1,10 \text{ W/mK}$)
 3 = 20 mm Außenputz PII ($\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$)

Lösung Aufgabenkomplex 1: Bauphysik – Wärmeschutz

50 Punkte

1.1.1.

$$R = \frac{0,005mmK}{0,70W} + \frac{0,15}{0,99} + \frac{0,05}{0,045} + \frac{0,025mmK}{1,0W}$$

$$R = 0,007 + 0,15 + 1,11 + 0,025 = 1,292 \frac{m^2K}{W} \quad (2)$$

$$R_T = 0,13 + 1,292 + 0,04 = 1,462 \frac{m^2K}{W} \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{1,462} = 0,694 \frac{W}{m^2K} \quad (2)$$

$$q = 0,694 \frac{W}{m^2K} \cdot 30K = 20,52 \frac{W}{m^2} \quad (2)$$

$$\vartheta_{Li} = 20^\circ C$$

$$\vartheta_{Oi} = 20^\circ C - 0,13 \frac{m^2K}{W} \cdot 20,52 \frac{W}{m^2} = 17,33^\circ C \quad (1)$$

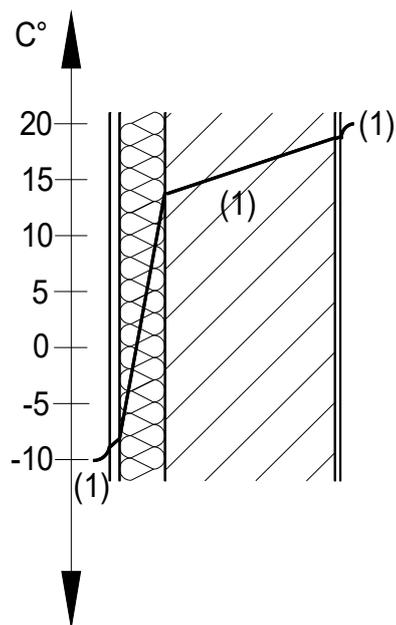
$$\vartheta_1 = 17,33^\circ C - 0,007 \cdot 20,52 = 17,19^\circ C \quad (1)$$

$$\vartheta_2 = 17,19^\circ C - 0,15 \cdot 20,52 = 14,11^\circ C \quad (1)$$

$$\vartheta_3 = 14,11^\circ C - 1,11 \cdot 20,52 = -8,67^\circ C \quad (1)$$

$$\vartheta_{Oa} = -8,67^\circ C - 0,025 \cdot 20,52 = -9,18^\circ C \quad (1)$$

$$\vartheta_{La} = -9,18^\circ C - 0,04 \cdot 20,52 = -10^\circ C$$



1.1.2.

Wertetabelle:

d[cm]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R[m ² K/W]	0,18	0,40	0,62	0,85	1,07	1,29	1,51	1,74	1,96	2,18	2,40
U[W/m ² K]	2,86	1,75	1,27	0,98	0,81	0,68	0,60	0,52	0,47	0,43	0,39

Berechnung der Werte:

$$R_0 = \frac{0,025m^2K}{1,0W} + \frac{0,15}{0,99} + \frac{0,005m^2K}{0,70w} = 0,18 \frac{m^2K}{W}$$

$$U_0 = \frac{1}{0,13 + 0,18 + 0,04} = 2,86$$

$$R_1 = R_0 + \frac{0,01m^2K}{0,045W} = 0,18 \frac{m^2K}{W} + 0,22 \frac{m^2K}{W} = 0,40 \frac{m^2K}{W}$$

$$U_1 = \frac{1}{0,13 + 0,40 + 0,04} = 1,75$$

$$R_2 = R_0 + \frac{0,02}{0,045} = 0,18 + 0,44 = 0,62$$

$$U_2 = \frac{1}{0,13 + 0,62 + 0,04} = 1,27$$

$$R_3 = R_0 + \frac{0,03}{0,045} = 0,18 + 0,67 = 0,85$$

$$U_3 = \frac{1}{0,13 + 0,85 + 0,04} = 0,98$$

$$R_4 = R_0 + \frac{0,04}{0,045} = 0,18 + 0,89 = 1,07$$

$$U_4 = \frac{1}{0,13 + 1,07 + 0,04} = 0,81$$

$$R_5 = R_0 + \frac{0,05}{0,045} = 0,18 + 1,11 = 1,29$$

$$U_5 = \frac{1}{0,13 + 1,29 + 0,04} = 0,68$$

$$R_6 = R_0 + \frac{0,06}{0,045} = 0,18 + 1,33 = 1,51$$

$$U_6 = \frac{1}{0,13 + 1,51 + 0,04} = 0,60$$

$$R_7 = R_0 + \frac{0,07}{0,045} = 0,18 + 1,56 = 1,74$$

$$U_7 = \frac{1}{0,13 + 1,74 + 0,04} = 0,52$$

$$R_8 = R_0 + \frac{0,08}{0,045} = 0,18 + 1,78 = 1,96$$

$$U_8 = \frac{1}{0,13 + 1,96 + 0,04} = 0,47$$

$$R_9 = R_0 + \frac{0,09}{0,045} = 0,18 + 2,00 = 2,18$$

$$U_9 = \frac{1}{0,13 + 2,18 + 0,04} = 0,43$$

$$R_{10} = R_0 + \frac{0,10}{0,045} = 0,18 + 2,22 = 2,40$$

$$U_{10} = \frac{1}{0,13 + 2,40 + 0,04} = 0,39$$

Der R-Wert steigt mit zunehmender Dämmstoffdicke proportional an. (1)

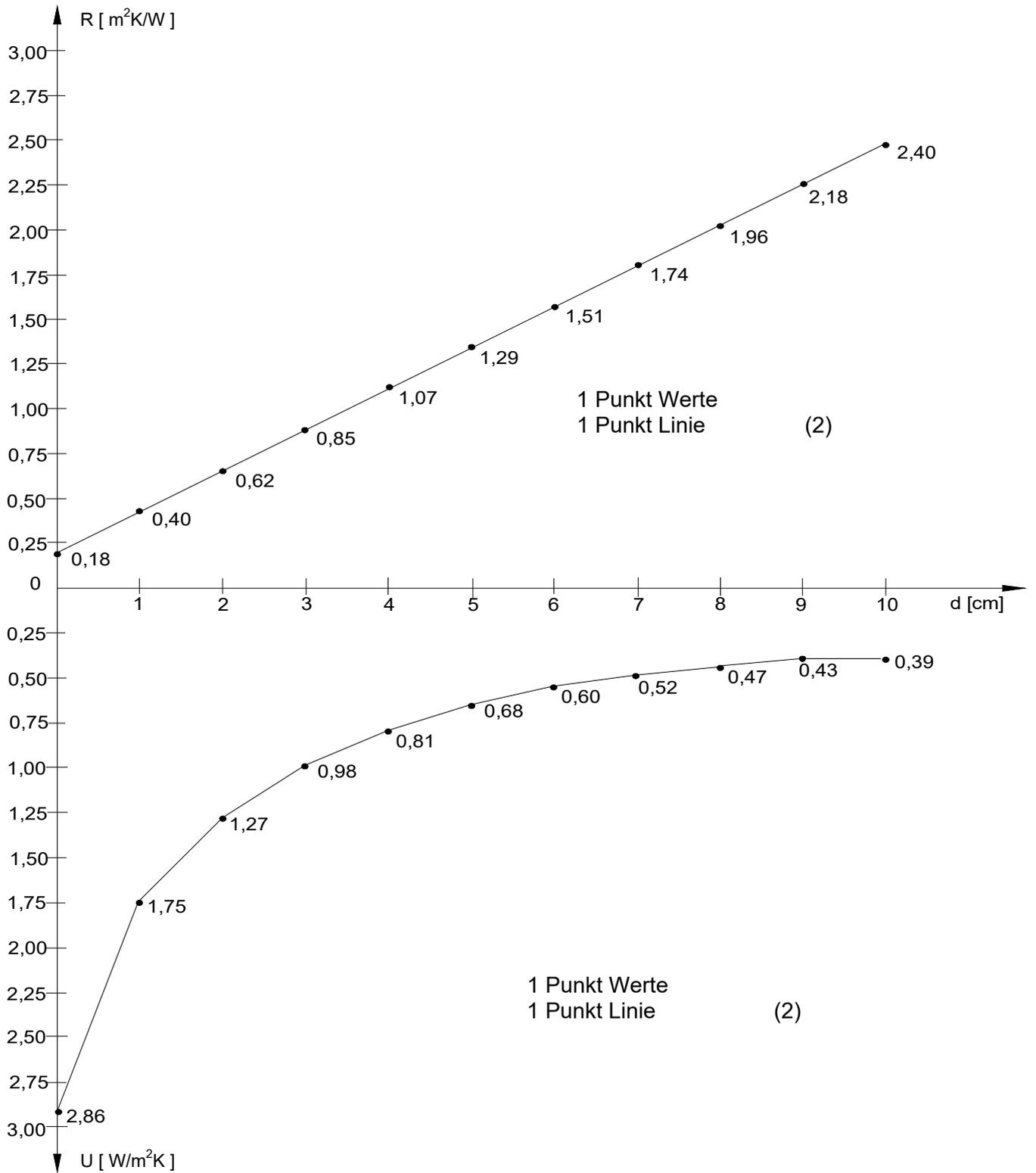
Die Verringerung des U-Wertes wird ständig kleiner. (1)

Die U-Wert-Kurve nähert sich asymptotisch der x-Achse. (1)

Mit zunehmender Dämmstoffdicke verbessert sich zwar das Maß der Wärmedämmung, aber der positive Effekt wird immer geringer. (1)

Die Dimensionierung der Dämmstoffdicke an Außenwänden sollte auf ein wirtschaftliches Maß optimiert werden, da sonst Aufwand und Nutzen nicht mehr korrespondieren. (2)

Diagramm zur Aufgabe 1.1.2.



1.2.1. Technische Kriterien:

- Rohdichte
 - Wärmeleitgruppe
 - Dampfleitwert
 - Festigkeit
 - Wasseraufnahmefähigkeit
 - Brandverhalten
 - Fäulnisbeständigkeit
 - Elastizität
 - chemische Beständigkeit
- davon (5)

Ökologische Kriterien:

- Rohstoffverbrauch
 - Energieverbrauch und Schadstoffemission bei Herstellung, Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung
 - Verfügbarkeit des Rohstoffs (nachwachsende Rohstoffe)
 - Lebensdauer
 - Gesundheitsgefährdung
 - Wiederverwendbarkeit
- davon (5)

1.2.2. Wesen:

- an Erdreich angrenzende Dämmschicht
 - außen an UG- Außenwänden
 - unter Bodenplatten
- (2)

Wirkung:

- Verringerung der Wärmeableitung an das kalte Erdreich bei beheizten, an das Erdreich angrenzenden Räumen
- (1)

Materialien:

- verrottungsfeste, Feuchte unempfindliche Stoffe
 - z.B. Schaumglas, Polysterol- Extruderschäum
- (2)

[15]

1.3.

$$vorhR = \frac{0,015}{1,00} \frac{m^2 K}{W} + \frac{0,24}{1,10} + \frac{0,02}{1,00} \frac{m^2 K}{W} = 0,253 \frac{m^2 K}{W} \quad (2)$$

$$\Delta R = erfR - vorhR = 2,10 \frac{m^2 K}{W} - 0,253 \frac{m^2 K}{W} = 1,847 \frac{m^2 K}{W} \quad \text{fehlender Wärme-} \\ \text{durchlasswiderstand} \quad (2)$$

$$erfd = 1,847 \frac{m^2 K}{W} \cdot 0,035 \frac{W}{mK} = 0,065m = 6,5cm \quad \text{Mindestdicke} \quad (2)$$

Nachweis:

$$R = 0,253 \frac{m^2 K}{W} + \frac{0,065m \cdot mK}{0,035W} = 2,11 \frac{m^2 K}{W} \geq 2,10 \frac{m^2 K}{W} \quad (1)$$

(1) (1)

[9]

Teil- aufgabe	Erwartete Lösungen	AFB I	AFB II	AFB III
		Punkte		
1.1.1.	Temperaturverlauf berechnen		13	
	Temperaturverlauf darstellen		3	
1.1.2.	Diagramm entwickeln			4
	Wirtschaftlichkeit des Dämmstoffeinsatzes bewerten			6
1.2.1.	Kriterien nennen	10		
1.2.2.	Wesen und Wirkung der Perimeterdämmung darstellen	3		
	Materialien nennen	2		
1.3.	Berechnung der Dämmstoffdicke		9	