

Ingenieurwissenschaften

Grundüberlegungen, inhaltliche Konzeption und Lehrplangentwurf für einen gymnasialen Bildungsgang an berufsbildenden Schulen in Sachsen-Anhalt

Klaus Jenewein

IBBP-Arbeitsbericht Nr. 80

3. Auflage, Februar 2015

ISSN 1437-8493



SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium



Arbeitsberichte des Instituts für Berufs- und Betriebspädagogik

Herausgeber:

Institut für Berufs- und Betriebspädagogik (IBBP)
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Prof.'en Dr. Frank Bünning, Dr. Michael Dick, Dr. Dietmar Frommberger,
Dr. Klaus Jenewein

Anschrift:

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Geistes-, Sozial- und Erziehungswissenschaften
Institut für Berufs- und Betriebspädagogik (IBBP)
Zschokkestr. 32
D-39104 Magdeburg

Tel.: +49 391 6756623

Fax: +49 391 6716550

Email: ibbp@ovgu.de

ISSN 1437-8493

Ingenieurwissenschaften

Grundüberlegungen, inhaltliche Konzeption und Lehrplanentwurf für einen gymnasialen Bildungsgang an berufsbildenden Schulen in Sachsen-Anhalt

Klaus Jenewein

IBBP-Arbeitsbericht Nr. 80

3. Auflage, Februar 2015

ISSN 1437-8493

Inhalt

Vorwort des Kultusministers	7
Einleitung.....	9
1 Technikwissenschaften als gymnasiale Disziplin	10
2 Theoretische Bezugspunkte.....	11
2.1 Ausgangslage: Die „Vielfalt“ ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen	12
2.2 Ingenieurwissenschaftliches Denken und Handeln.....	12
2.2.1 Ingenieurwissenschaftlich Denken – Methodische Zugänge zur Erkenntnisperspektive der Ingenieurwissenschaften.....	13
2.2.2 Ingenieurwissenschaftlich Handeln – Methodische Zugänge zur Handlungsperspektive der Ingenieurwissenschaften.....	15
2.3 Werte und Wertesysteme in den Ingenieurwissenschaften	17
2.4 Aktuelle gesellschaftliche Anforderung: Nachhaltig Handeln	18
2.5 Kompetenzentwicklung als Bezugspunkt der Bildungsgangarbeit	19
3 Profilfach „Ingenieurwissenschaften“ – Das Kurssystem.....	22
3.1 Kompetenzentwicklung im Profilfach Ingenieurwissenschaften.....	22
3.2 Profile der Schuljahrgänge.....	23
3.3 Zur Arbeit mit dem Lehrplan	25
4 Ausblick	26
5 Literatur	26
Anhang	29
Fachgymnasium Technik – Profilfach Ingenieurwissenschaften. Lehrplan zur Erprobung	31
Die Reihe Arbeitsberichte des IBBP.....	67

Vorwort des Kultusministers



Neuer Bildungsgang am Fachgymnasium Technik: Schwerpunkt Ingenieurwissenschaften

Der Schwerpunkt Ingenieurwissenschaften erweitert und vernetzt das aktuelle Angebot der gymnasialen Bildungsgänge des Landes Sachsen-Anhalt. Das Abitur mit diesem Schwerpunkt führt zur Allgemeinen Hochschulreife und ist bundesweit anerkannt. Der neue Schwerpunkt leistet einerseits einen Beitrag zur technischen Grundbildung durch die Entwicklung eines Verständnisses und grundlegender Fähigkeiten zur Analyse, Entwicklung und Anwendung technischer Systeme; andererseits erfolgt eine Einführung in ingenieurwissenschaftliches Denken und Handeln. Damit tragen wir dem wachsenden Bedarf an interessierten jungen Menschen Rechnung, die sich eine eigene berufliche Zukunft in einer Ingenieurwissenschaft vorstellen können.

Ziel der neuen Schwerpunktausbildung ist es, verstärkt junge Menschen für ein Abitur mit technischer Ausrichtung zu gewinnen, um mittel- und langfristig die Fachkräftesicherung für die Wirtschaft in unserem Bundesland zu unterstützen.

Wer mit dem erweiterten Realschulabschluss die Möglichkeit hat, eine gymnasiale Oberstufe zu besuchen, hat die Wahl, in einem allgemein bildenden Gymnasium bzw. an einer IGS mit gymnasialer Oberstufe weiter zu lernen oder in einem Fachgymnasium (Berufliches Gymnasium) die allgemeine Hochschulreife zu erwerben, die bundesweit anerkannt ist.

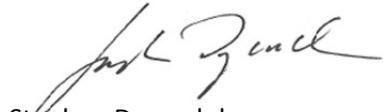
Das Berufliche Gymnasium Technik soll Schülerinnen und Schülern ansprechen, die ihre Interessen und Neigungen entwickeln wollen, um nach dem Abitur ein technisches oder naturwissenschaftliches Studium oder in einem anspruchsvollen naturwissenschaftlichen oder technischen Beruf eine Ausbildung aufzunehmen.

Gegenwärtig bietet Sachsen-Anhalt das Fachgymnasium in den Fachrichtungen Wirtschaft, Gesundheit und Soziales und Technik/Schwerpunkt Informationstechnik an.

Mit Beginn des Schuljahres 2013/14 wird an den Berufsbildenden Schulen „Otto-von-Guericke“ Magdeburg nun der neue Bildungsgang „Ingenieurwissenschaften“ erprobt. Die Absolventinnen und Absolventen des Bildungsgangs werden durch das berufsbezogene Fach „Ingenieurwissenschaften“ insbesondere auf Studiengänge mit Affinität zu den Ingenieurwissenschaften in den Fachbereichen Metalltechnik/Produktionstechnik, Bauingenieurwesen und Elektro- und Informationstechnik vorbereitet. Grundsätzlich ist es im Interesse des Landes, diesen Bildungsgang in den kommenden Jahren auch auf andere Schulstandorte zu übertragen.

Wissenschaftlich begleitet wird die Implementierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Lehrstuhls Fachdidaktik technischer Fachrichtungen im Institut für Betriebs- und Berufspädagogik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Auch der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und die Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt unterstützen und begleiten die Entwicklung des Bildungsgangs.

Ich wünsche allen Schülerinnen und Schülern sowie den Lehrkräften viel Erfolg bei der Etablierung dieser neuen und zukunftssträchtigen Ausbildung in unserem Land.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Stephan Dorgerloh', written in a cursive style.

Stephan Dorgerloh

Kultusminister des Landes Sachsen-Anhalt

Einleitung

Fachgymnasien sind Gymnasien mit einem berufsbildenden Profil und gehören seit der Wende zum Bildungsangebot der berufsbildenden Schulen des Landes Sachsen-Anhalt. Vergeben wird wie bei den allgemein bildenden Gymnasien die allgemeine Hochschulreife. Das Bildungsangebot des Landes arbeitet hiermit in einer vergleichbaren Tradition wie etwa die berufsbildenden Schulen Baden-Württembergs, die mit ihrem Bildungsgang „Berufliches Gymnasium“ seit langem höchst attraktiv für qualifizierte Jugendliche sind, in der Sekundarstufe II zu einem beträchtlichen Anteil gewählt werden und etwa in den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen einen wesentlichen Anteil des Studierendennachwuchses stellen.

Im Unterschied zu allgemein bildenden Gymnasien verfolgen Fachgymnasien ihren beruflichen Bildungsanspruch in der Weise, dass ein – zumeist an einer beruflichen Fachrichtung oder einem Berufsfeld ausgerichtetes – Profulfach auf erhöhtem Anforderungsniveau unterrichtet und geprüft wird. Hieraus ergibt sich für das Fachgymnasium eine Ausrichtung auf einen beruflichen Schwerpunkt auf dem Niveau eines traditionellen gymnasialen Leistungskurses.

Generell kann beobachtet werden, dass die Entwicklung der Nachfrage nach technischen Bildungsgängen oft problematisch ist. Während eine große Distanz zur technischen Bildung – wie das im allgemein bildenden Gymnasium fast überall in Deutschland der Fall ist – für die beruflichen Gymnasien weniger zu verzeichnen ist, kann dennoch nicht übersehen werden, dass die Anmeldungszahlen sich gerade in technischen Fachgymnasien deutlich verschlechtert hat. Dies ist nach Einschätzung des Autors vor allem auf drei Entwicklungen zurückzuführen:

- Bedingt durch den demographischen Wandel gehen in den neuen Ländern seit 10 Jahren die Schülerzahlen gravierend zurück. Dies führt generell bei den berufsbildenden Schulen dazu, dass innerhalb eines 10-Jahres-Zeitraums bereits im Jahr 2011 die Zahl der Absolventen aus der Sekundarstufe I der allgemein bildenden Schulen um mehr als die Hälfte abgenommen hat (vgl. die durch das BMBF veröffentlichte Übersicht „Entwicklung der nicht studienberechtigten Absolventen/Absolventinnen aus allgemeine bildenden Schulen von 2000 bis 2020“, Berufsbildungsbericht 2009, S. 22). Dies führt in den neuen Bundesländern zu einem gravierenden Bewerbermangel in der dualen Berufsausbildung, im Zuge dieses Rückgangs sinkt allerdings naturgemäß auch die Nachfrage nach schulischen Bildungsgängen in der Sekundarstufe II.
- Generell verdichtet sich bei der Betrachtung der Bewerberentwicklungen im Hochschulsystem der Eindruck, dass Studieninteressenten eine frühzeitige Festlegung auf eine spezielle Disziplin mehr und mehr vermeiden. Diese Tendenz lässt sich daraus erkennen, dass an den Hochschulen die Bewerberzahlen für Studiengänge in Bündelfächern – Kulturwissenschaften, Bildungswissenschaft u. a. m. – kontinuierlich zunehmen, während gleichzeitig die Nachfrage bspw. in der Ingenieurpädagogik mit der ihr eigenen Festlegung auf eine spezifische berufliche Fachrichtung problematisch ist.
- Schließlich ist es nach der Wende in den berufsbildenden Schulen nicht gelungen, mit dem Fachgymnasium an den in den neuen Ländern traditionsreichen Weg des „alten“ Bildungsgangs „Berufsausbildung mit Abitur“ anknüpfen zu können. In der DDR kam immerhin mehr als ein Drittel aller Studienanfänger aus beruflichen Bildungsgängen und hier vor allem aus dem Bildungsgang „Berufsausbildung mit Abitur“ (Drechsel 1996, S. 30). Offensichtlich kann das Fachgymnasium mit seiner frühen Festlegung auf eine für das Studium fokussierende Disziplin hier nicht anknüpfen und seinen Vorteil als berufliches Gymnasium nicht ausspielen.

Möglicherweise kommt dazu, dass auch die in Sachsen-Anhalt gewählte Bildungsgang-Bezeichnung „Fachgymnasium“ zu der falschen Einschätzung führt, dass dieser Bildungsgang weniger zu einer allgemeinen Hochschulreife führt als vielmehr zu einer fachgebundenen Studierfähigkeit, obwohl dies nicht den Tatsachen entspricht. Dieser Effekt könnte mit einer klareren Bildungsgangbezeichnung etwa als berufliches Gymnasium vermieden werden.

1 Technikwissenschaften als gymnasiale Disziplin

Eine Arbeitsgruppe der Berufsbildenden Schulen Otto von Guericke, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und des Kultusministeriums des Landes Sachsen-Anhalt¹ hat sich vor diesem Hintergrund die Aufgabe gestellt, das Konzept eines auf ingenieurwissenschaftliche Disziplinen fokussierenden Fachgymnasiums neu zu denken. Anlass ist eine besonders in den neuen Bundesländern charakteristische Entwicklung: Disziplinäre Bildungsgänge bspw. in Bau-, Elektro- und Metalltechnik kommen zunehmend nicht mehr zustande, da die zurückgehende Nachfrage eine Klassenbildung oft nicht mehr zulässt. Vor diesem Hintergrund ist geprüft worden, wie eine inhaltliche Profilierung aussehen kann, die in Bezug auf das profilbildende Fach auf eine größere inhaltliche Breite fokussiert und damit einen erweiterten Interessentenkreis anspricht.

Zunächst gibt es ja im allgemein bildenden Gymnasium die Entwicklung einer technischen Bildung, die bereits auf eine bedeutende Tradition zurück blicken kann. Hier sind bereits sowohl theoretische als auch curriculare Entwicklungsansätze geleistet worden, mit denen Modelle einer Integration unterschiedlicher technikwissenschaftlicher Disziplinen vorliegen. Charakteristisch ist zunächst ein Fachverständnis im Sinne einer „Allgemeinen Technikwissenschaft“, die mit Bezug auf eine frühe Arbeit Johann Beckmanns vom beginnenden 19. Jahrhundert als „Allgemeine Technologie“ bezeichnet werden. Die Ideen Beckmanns wurden im deutschsprachigen Raum von den wohl bedeutendsten Theoretikern einer allgemeinen Technikbildung aufgegriffen, in der DDR von Horst Wolffgramm und in der BRD von Günter Ropohl. Beide Autoren haben das Konzept einer allgemeinen Technologie mit Elementen der Systemtheorie und Kybernetik ausgestaltet und charakteristische Inhalte und Methoden der technikwissenschaftlichen Disziplinen in einen Zusammenhang gebracht haben.

Den theoretischen Rahmen für die heutige gymnasiale Technikbildung bieten in der Bildungsarbeit der Gymnasien Ansätze der Allgemeinen Technologie (Wagener/Haupt 2000, Hartmann/Theuerkauf 2008). Damit einher geht die Orientierung der technischen Bildung an der Welt technischer Systeme – Ropohl verwendet hierfür den Begriff der naturalen Dimension der Technik. Gemeinsam ist darüber hinaus allen Ansätzen der Versuch der Erfassung der humanen und sozialen Dimensionen der Technik über das Modell des „soziotechnischen Systems“.

Diese Theorien sind in der allgemeinen Technikbildung curricular umgesetzt worden, wobei das Unterrichtsfach Technik in der gymnasialen Oberstufe eine nur überschaubare Nachfrage gefunden hat. Wie sind nun die Konzeptionen einer allgemeinen Technikbildung vor dem Hintergrund spezifischer Vorstellungen eines beruflichen Bildungsgangs zu beurteilen? Aus Sicht des Verfassers können hier einige Aussagen getroffen werden, die für die Einschätzung der Arbeitsgruppe insgesamt wegweisend waren:

¹ Alexander Bauer, Henri Buhlert, Klaus Jenewein, Stefan Karpe, Martina Klemme, Christina Hesse, Michael Schulze, Reinhard Suhr

- Mit dem Modell des technischen Systems und der darauf bezogenen Analyse- und Beschreibungsmethoden liegt in der allgemeinen Technikbildung ein Konzept vor, das für einen disziplinübergreifenden Ansatz genutzt werden kann. Dieses Modell bietet über die disziplinären ingenieurwissenschaftlichen Wissensbestände hinaus eine gemeinsame fachliche Basis. Problematisch ist jedoch die starke Abstraktion von konkreter technischer Realität, die in der schulischen Bildungsarbeit dadurch Probleme bereitet, dass Schülerinnen und Schüler angesichts systemorientierter Abstraktion kaum Verbindungen zu ihrer selbst erlebten technischen Umwelt herstellen können. Hierzu eine geeignete Kompromisslinie zwischen techniksistematischer Abstraktion und gegenständlicher Konkretisierung zu finden, ist eines der zentralen Probleme technischer Bildungsarbeit.
- Darüber hinaus kann festgestellt werden, dass die technische Bildung mit dem Modell des sozio-technischen Systems eine Brücke gefunden hat, die Wechselbeziehung zwischen Mensch und Technik zu thematisieren. Zudem liegt hiermit ein Ansatz vor, mit dem die humane und soziale Dimension der Technik (Ropohl) thematisiert werden kann. Gestaltete Technik als ein Kompromiss zwischen dem technisch Machbaren und dem gesellschaftlich Wünschbaren – diese Betrachtung ist heute ebenso charakteristisch für die technische Bildungsarbeit wie der an einer situationsorientierten Didaktik übliche mehrperspektivische Bezug auf die Lebenssituation der Schüler und ihre Erfahrungen in einer durch Technik geprägten Umwelt.
- Demgegenüber fällt häufig auf, dass die technische Bildungsarbeit der allgemein bildenden Gymnasien zu Fragen des beruflichen Umgangs mit „der Technik“ eine oft eigenartige Distanz aufweist. Fragen der betrieblichen Arbeitsteilung, die Zusammenarbeit unterschiedlich ausgewiesener technischer Spezialisten, Berufe und Beruflichkeit im Kontext von betrieblichen Arbeits- und Geschäftsprozessen oder generell das professionelle Handeln in durch Technik bestimmten Situationen werden häufig nicht oder erst in zweiter Linie behandelt. Angesichts einer mit der Systemorientierung einhergehenden hohen Abstraktion von gegenständlicher Technik und von realen beruflichen Situationen ist eine berufliche Orientierung – hiermit ist auch eine Orientierung über ingenieurwissenschaftliche Disziplinen und der Bezug technischer Bildung zu den Feldern ingenieurwissenschaftlichen Handelns angesprochen – in einem so angelegten Bildungsverständnis oft nur eingeschränkt möglich.

Es liegt auf der Hand, dass in einem beruflichen Bildungsgang – als solcher versteht sich das hier behandelte Fachgymnasium – theoretische Bezüge und Kontexte neu gedacht werden müssen. Hierfür wird mit dem im Folgenden skizzierten Konzept einen Vorschlag vorgelegt und in einer Entwurfsfassung des Lehrplans konkretisiert.

2 Theoretische Bezugspunkte

Vor dem Hintergrund dieses Vorverständnisses ist zunächst zu diskutieren, wie die Vision für ein modernes Verständnis gymnasialer Bildung in den Ingenieurwissenschaften theoretisch und konzeptionell ausgestaltet werden kann. Orientierungspunkte ergeben sich auf verschiedenen Ebenen. Wichtigste Aspekte sind

- die Perspektive der Schüler/-innen, die sich in der Lebensphase ihrer Vorbereitung auf den Übergang von der gymnasialen Oberstufe in Studium und Beruf befinden, muss einen wesentlichen Bezugspunkt für den Bildungsgang darstellen, der an dieser Stelle eine situative Orientierung entfalten sollte;
- die Ingenieurwissenschaft als Profession als Ausgangspunkt für einen berufspropädeutischen Handlungsansatz des Bildungsgangs. Damit soll die vorwiegende Orientierung technischer Bildung an den

Artefakten – also an den technischen Systemen – ergänzt werden durch die Orientierung an den Ingenieurwissenschaften als Profession – und damit auch an den Ingenieurwissenschaften in ihrer unterschiedlichen disziplinären Ausrichtung;

- ein dreistufiges Verständnis des Bildungsauftrags:
 - Ein Erklärungsmodell für das ingenieurwissenschaftliche Denken und Handeln als Grundlage für die fachliche Konkretisierung des Curriculums;
 - ein Modell für die Herausbildung ingenieurwissenschaftlicher Kompetenz bildet die prozessuale Orientierung für dessen Struktur;
 - die Werte und Wertebeziehungen des Ingenieurs und die kritische Reflexion seiner Tätigkeit in einer modernen Gesellschaft und Ökonomie als Eckpunkte eines modernen Bildungsverständnisses und einer aufgabenfeldübergreifenden Wechselbeziehung zu gesellschaftswissenschaftlichen Fragestellungen.

2.1 Ausgangslage: Die „Vielfalt“ ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen

Generelles Grundproblem der Ingenieurwissenschaften ist die Vielfalt der Disziplinen, damit der ingenieurwissenschaftlichen Handlungsfelder und die darauf bezogenen Ansprüche eines wissenschafts- und berufspropädeutischen Bildungsgangkonzepts. Es stellt sich vor diesem Hintergrund die Frage der inhaltlichen Fokussierung des Bildungsgangs auf ingenieurwissenschaftliche Kerndisziplinen.

Einen geeigneten Orientierungsrahmen bietet hier die Struktur der ingenieurwissenschaftlichen Fakultätentage. In Anlehnung an 4ING – dem Zusammenschluss der vier Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und der Informatik an Universitäten – können die Bereiche „Bauingenieurwesen und Geodäsie“, „Elektro- und Informationstechnik“ sowie „Maschinenbau und Verfahrenstechnik“ als Grundstruktur der Ingenieurwissenschaften dienen. Da Informatik als weitere 4ING-Disziplin bereits am Gymnasium als eigenständiger Schwerpunkt mit entsprechendem Profulfach eingeführt ist, kann einer Fokussierung des Bildungsgangs auf die drei genannten ingenieurwissenschaftlichen Kerndisziplinen als pragmatische und sachgerechte inhaltliche Eingrenzung entschieden werden. Diese Eingrenzung ist insofern von besonderer Bedeutung, als sie im Anspruch des Bildungsgangs aufgegriffen wird, hinsichtlich einer Berufs(wahl)orientierung und Wissenschaftspropädeutik auf das Studium einer Ingenieurwissenschaft vorzubereiten und über entsprechende Bildungsmöglichkeiten zu orientieren.

2.2 Ingenieurwissenschaftliches Denken und Handeln

Zentraler Bezugspunkt ist die Frage der Wissensbestände der Ingenieurwissenschaften. Es ist bereits ausgeführt worden, dass die Bezugnahme auf die inhaltliche Orientierung der technischen Allgemeinbildung zu einer aus Sicht eines beruflichen Gymnasiums verkürzten Reichweite des Fachverständnisses führt. Oberliesen beschreibt in einem Überblicksbeitrag den Anspruch der frühen gymnasialen Technikbildung in der Entwicklung eines Ansatzes „mit einem Anspruch auf Allgemeinbildung, ohne die Anforderungen beruflicher Bildung mit einer entsprechenden fachlichen Differenzierung; ein Konzept, das sich auf die Gesamtheit technikwissenschaftlicher Disziplinen bezog und zugleich in die Methoden technischen Denkens und Handelns einführen sollte“ (Oberliesen 2002, S. 181). Das daraufhin vorgestellte NRW-Curriculum für das Fach Technik in der gymnasialen Oberstufe mit seiner am Konzept der allgemeinen Technologie auf systemtheoretischer Grundlage entwickelten Struktur wird die oftmals beobachtete „Beschränkung auf die Behandlung technischer Sachsysteme“ kritisiert, die die „naturale, humane und soziale Dimension der Technik“ oftmals „aus dem Blick geraten lasse“ (ebd. S. 183). Konsequenzen aus diesen Entwicklungen gingen meist in Richtung einer verstärkten Situationsorientierung im Sinne der Integration eines mehrperspektivischen Bildungsanspruchs (vgl. Traebert 2000), damit einer Orientierung an der (vor allem aktuellen) Lebenssituation der Schüler/-innen allgemein bildender Gymnasien, was ei-

ne weiter gehende Distanzierung von beruflicher Technikbildung zur Folge hatte. Dies zeigt sich auch in den durch die KMK veröffentlichten Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Fach Technik, diese stellen heraus: „Der Unterricht (...) fördert durch lebensweltliche Bezüge Einsicht in die Alltagsbedeutung der Technik sowie durch schülerzentriertes und handlungsorientiertes Arbeiten die Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler“ (KMK 2006, S. 10 f.).

Auch bei internationalen Entwicklungen der allgemeinen Technikbildung ist eine ähnliche Tendenz unverkennbar. Die in den U.S.A. im Jahr 2000 entwickelten und 2003 in ihrer deutschen Übersetzung vorgelegten Standards für eine allgemeine technische Bildung – in den U.S.A. als „Technological Literacy“ bezeichnet – lassen durchweg eine große Distanz zum professionellen Handeln mit Technik erkennen. Dies ist bereits am Selbstverständnis technischer Bildung zu erkennen: „Eine technische Allgemeinbildung zu haben bedeutet, die Fähigkeit zu besitzen, Technik nutzen, handhaben, beurteilen und verstehen zu können“, führen die Standards für eine allgemeine technische Bildung aus (Standards 2003, S. 9). „Technisches Handeln“ erlernen diene „der Vertrautheit und Sicherheit im Umgang mit Technik“ und ermögliche es den Schülern, „vernünftig mit derzeitigen und zukünftigen technischen Produkten umzugehen“ (ebd., S. 7). Zwar würden durch ihre Teilhabe an einer allgemeinen Technikbildung auch „zukünftige Techniker, aufstrebende Architekten“ oder „solche Lernenden, die in einem Teilbereich der Technik tätig sein werden“, die „High School mit einem Vorsprung für ihre berufliche Karriere verlassen“ (ebd., S. 11). Dieses wird sofort wieder eingeschränkt: Eine technische Allgemeinbildung sei für alle Lernenden wichtig, „Führungskräfte von Unternehmen und andere Personen aus dem Wirtschaftssektor, Makler und Investitionsanalytiker, Journalisten, Lehrer, Ärzte, Krankenschwestern, Landwirte und Hausfrauen – alle können ihre Aufgaben besser erfüllen, wenn sie eine technische Allgemeinbildung haben“ (ebd., S. 11 f.). In diesem Bildungsverständnis, das in ähnlicher Form insbesondere in den allgemein bildenden Gymnasien in Deutschland vorzufinden ist (sofern die Gymnasien überhaupt eine eigenständige Technikbildung implementieren), stehen oft die technischen Sachsysteme, die für ihre Konstruktion und Herstellung verwendeten Verfahren und ggf. übergreifende gesellschaftliche Zusammenhänge im Vordergrund der Bildungsstandards.

Das professionelle Handeln mit Technik, damit verbundene betriebliche Arbeitsprozesse und die Rolle der beteiligten Fachkräfte sind Aspekte, die oft nur randständig betrachtet oder gar nicht werden. Eine der Ursachen dürfte wohl auch darauf zurückzuführen sein, dass viele Lehrkräfte an den allgemein bildenden Gymnasien auf nur wenige oder keine eigenen betrieblichen Berufserfahrungen zurück greifen können und oft kaum dazu in der Lage sind, hierauf bezogene situative Zusammenhänge im Unterricht darzustellen. Unter dem Gesichtspunkt einer wissenschafts- und berufspropädeutischen Zielsetzung greift ein solches Bildungsverständnis für das hier formulierte Vorhaben jedenfalls zu kurz.

An welchen Kategorien kann sich nunmehr ein berufliches Bildungsverständnis mit Bezug auf „die Ingenieurwissenschaften“ orientieren? Vorgeschlagen werden in Anlehnung an die fachdidaktischen Kategorien der allgemeinen Technikbildung zwei konzeptionelle Leitlinien: Der Einführung in das technische Denken einerseits und in das technische Handeln andererseits.

2.2.1 Ingenieurwissenschaftlich Denken – Methodische Zugänge zur Erkenntnisperspektive der Ingenieurwissenschaften

Technisches Denken ist zunächst auf ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse angewiesen, die einerseits auf ein Fachverständnis im Wechsel von gemeinsamen und disziplinären Wissensbeständen, andererseits auf eine fachmethodisch akzentuierte Kompetenz verweisen, mit der ein spezifisches Vorgehen bei der Herausbildung ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse angesprochen wird. Ingenieurwissenschaftliche Bildung hat hier zunächst die Aufgabe, ein System von Denk- und Beschreibungsmodellen für Phä-

nomene und Gesetzmäßigkeiten einerseits und für Strukturen, Funktionen und Systeme andererseits zu bieten. In der ersten Funktion bestehen Gemeinsamkeiten mit dem Methodenverständnis der Naturwissenschaften.

In einer Erkenntnisperspektive ingenieurwissenschaftlicher Bildung sind vor allem zwei generelle methodische Zugänge relevant, die für die Entwicklung ingenieurwissenschaftlichen Wissens charakteristisch sind. Hier lassen sich unterscheiden:

- Der Aufbau von Denk- und Beschreibungsmodellen für naturwissenschaftliche und technische Phänomene und deren sowohl sprachliche als auch mathematische Formalisierung;
- das Verständnis für die Funktionen und Strukturen gestalteter Technik – i. d. R. technischer Systeme.

Hierfür stehen der ingenieurwissenschaftlichen Bildung methodische Zugänge zur Verfügung, für die im Sinne einer ingenieurwissenschaftlichen Methodenkompetenz in allen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen von großer Bedeutung sind. In der Erkenntnisperspektive verweist ingenieurwissenschaftliche Bildung damit auf die folgenden grundlegenden Dimensionen:

Naturverständnis – Theoriebildung im Hinblick auf Modellvorstellungen und Gesetzmäßigkeiten, die in den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen von Bedeutung sind. Wichtigster methodischer Zugang ist das experimentierende Lernen, das sich in erheblichem Umfang naturwissenschaftlicher Erkenntnisse

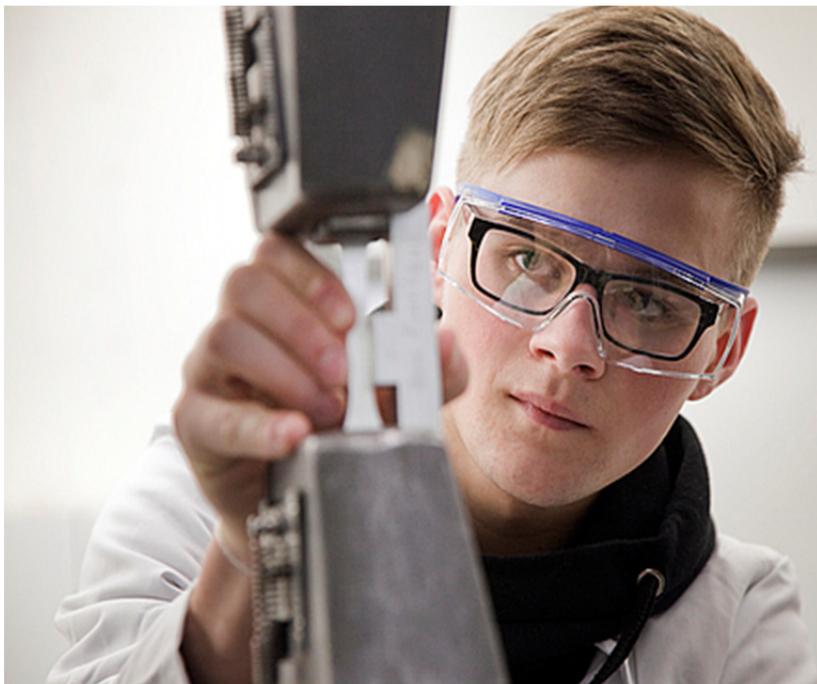


Abb. 1: Technisches Experimentieren als Grundlage für die Untersuchung von Werkstoffeigenschaften: Werkstoffprüfer beim Zugversuch (Bundesagentur für Arbeit, 2013)

und mathematischer Beschreibungsmethoden bedienen. Die damit intendierte Ausprägung eines Systems von Denk- und Beschreibungsmodellen für natur- und technikwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten ist in der beruflichen Bildung mit der Methodenkonzeption des technischen Experiments von ebenso zentraler Bedeutung wie in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung.

Unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Ausbildung kommt dem technischen Experiment eine zentrale Bedeutung bei ingenieurwissenschaftlichen Methodenkompetenz zu. In technischen Disziplinen existiert zu-

dem eine empirische Basis für experimentierendes Lernen, für die bspw. Bünning nachgewiesen hat, dass mit experimentierenden Lernformen für die Kompetenzentwicklung in den Technikwissenschaften wesentliche und nachhaltige Lerneffekte erzielt werden können (Bünning/Jenewein 2008).

Technikverständnis – hiermit ist angesprochen, dass wichtige Prozesse des ingenieurwissenschaftlichen Kenntniserwerbs in einer analytisch akzentuierten Vorgehensweise liegen, mit der die real existierende Technik in ihren Struktur- und Funktionszusammenhängen erschlossen werden kann. Dies ist eine Aufgabe, die berufliche Lernprozesse angesichts der hohen Komplexität technischer Systeme und ihrer oft-

mals geringen Transparenz vor enorme Herausforderungen stellt. Das Denken in Systemen gehört heute in den Technikwissenschaften zum zentralen Repertoire, eingebunden ist hier deren Erklärung nach funktionalen, strukturalen und systemhierarchischen Zusammenhängen; eine Aufgabe, die in der beruflichen Bildung mit der Systemanalyse methodisch erschlossen wird.

Einschlägige technikedidaktische Autoren haben hierzu geeignete Methoden und Modelle ausgearbeitet (vgl. Bader 1990, S. 28; Pahl 2013; Arp 2000, Arp/Déri 2008). Ein grundsätzliches didaktisches Problem ist die hohe Abstraktion systemtheoretischer Betrachtungsweisen insbesondere bei Systemen mit geringer Transparenz, wie dies sowohl in heutigen komplexen technischen Systemen generell als auch in sicherheitsrelevanten Produktionsbereichen speziell immer wieder vorkommt. Deshalb sind in den vergangenen Jahren virtuelle Systeme hinsichtlich eines möglichen Einsatzes in beruflichen Lernprozessen untersucht worden; ein Ansatz, der ggf. in der ingenieurwissenschaftlichen Bildung im Rahmen von Systemanalysen gut aufgegriffen werden könnte (vgl. Jenewein/Schulz 2008 sowie Jenewein/Schenk 2010).

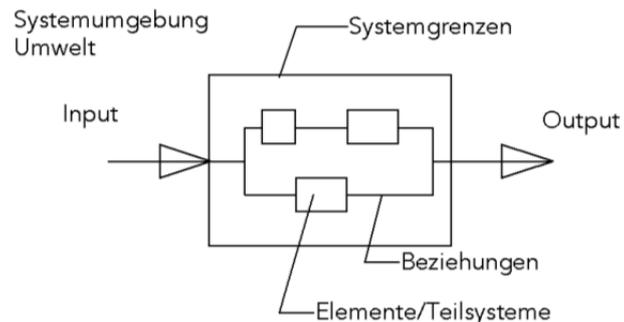


Abb. 2: Prinzipdarstellung eines technischen Systems (Steinschaden 1998)

2.2.2 Ingenieurwissenschaftlich Handeln – Methodische Zugänge zur Handlungsperspektive der Ingenieurwissenschaften

Aus heutigem Bildungsverständnis steht für Bildungsgänge, die einen wissenschaftspropädeutischen Anspruch verfolgen, die Kompetenzentwicklung im Vordergrund; eine lediglich an Kenntniserwerb orientierte Zielsetzung ist demgegenüber nicht mehr hinreichend. Vor diesem Hintergrund ist unabdingbar, dass ein berufsbildendes Profildach Ingenieurwissenschaften das ingenieurwissenschaftliche Handeln fokussiert und hierzu geeignete fachliche und methodische Zugänge findet. Auch ingenieurwissenschaftliches Handeln ist oftmals auf technische Systeme bezogen, in deren Struktur, Konstruktion, Fertigung und Funktion Kenntnisse aus unterschiedlichen Disziplinen zusammengeführt werden. Dennoch ist ingenieurwissenschaftliche Ausbildung nach wie vor überwiegend disziplinär organisiert, wenn auch übergreifende Ausbildungsschwerpunkte, bspw. die Mechatronik, mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Wenn jedoch das vorliegende Curriculum die Ingenieurwissenschaften „als Ganzes“ in den Blick nehmen und eine berufs- und wissenschaftspropädeutische Orientierung vermitteln will, die über ingenieurwissenschaftliche Einzeldisziplinen hinausgeht, stellt sich eine entscheidende Frage: Mit welchen Erklärungsmodellen kann ingenieurwissenschaftliches Handeln in einem interdisziplinären Zugriff beschrieben und für berufliche Bildungsprozesse erschlossen werden?

Die Arbeitsgruppe hat sich dafür entschieden, ein Beschreibungsmodell für ingenieurwissenschaftliches Handeln zu wählen, das gleichermaßen sowohl die technikedidaktische als auch die berufspädagogische Diskussion aufgreift. Ropohl hat 1979 als Kategorie für technisches Handeln den Begriff des soziotechnischen Systems eingeführt (ebd., S. 135 ff.), mit dem er – noch relativ abstrakt – ein systemorientiertes Beschreibungsmodell für das Zusammenwirken von Mensch und technischem Sachsystem vorschlägt.

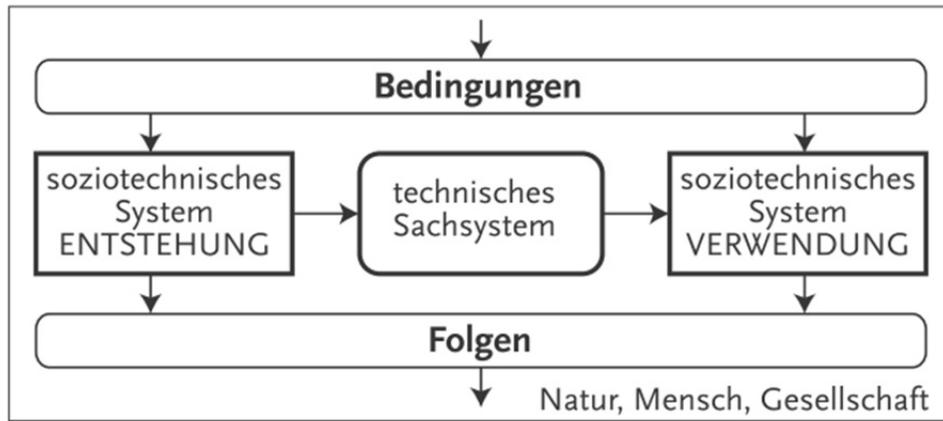


Abb. 3: Allgemeines Schema technologischer Probleme (Ropohl 1999, S. 44)

Bereits in den 90er Jahren wurde dieser Ansatz für die berufliche Bildung durch Bader um das Konzept eines „Soziotechnischen Handlungssystems“ erweitert (Bader 2000, S. 16), mit dem erstmals ein Modell vorgeschlagen wird, mit dem technisches Handeln über die im Lebenslauf technischer Systeme charakteristischen Tätigkeiten strukturiert wird. Vergleichbare Entwicklungen finden sich heute in den Ingenieurwissenschaften in dem immer bedeutsameren Trend, technische Produkte und Systeme mit einer an ihrem Lebenszyklus bezogenen Betrachtungsweise zu erfassen (vgl. DIN ISO 15226, 1999 sowie Graube 2008, S. 163 ff.).

Aus Sicht der beruflichen Bildung bietet dieses Modell zunächst einen Ordnungsansatz für unterschiedliche Aufgaben im Systemlebenszyklus. Aufgegriffen hat diesen Ansatz vor allem Pahl, der ihn als Ordnungskonzept für Ausbildungs- und Unterrichtsmethoden nutzt. Für einzelne Phasen im Systemlebenszyklus werden charakteristische Methodenkonzeptionen einschließlich der für die Bewältigung beruflicher Arbeitsaufgaben typischen Handlungsphasen beschrieben (Pahl 2013), aus denen Phasenmodelle für berufliche Ausbildung und Unterricht entwickelt werden. Beispiele sind

- planungsbezogene Methoden wie Planungsaufgabe sowie Arbeitsplanungsanalyse und -aufgabe,
- entwicklungsbezogene Aufgaben wie Konstruktionsanalyse, Konstruktionsaufgabe und Konstruktionsvergleich,
- fertigungsbezogene Aufgaben wie Fertigungs-

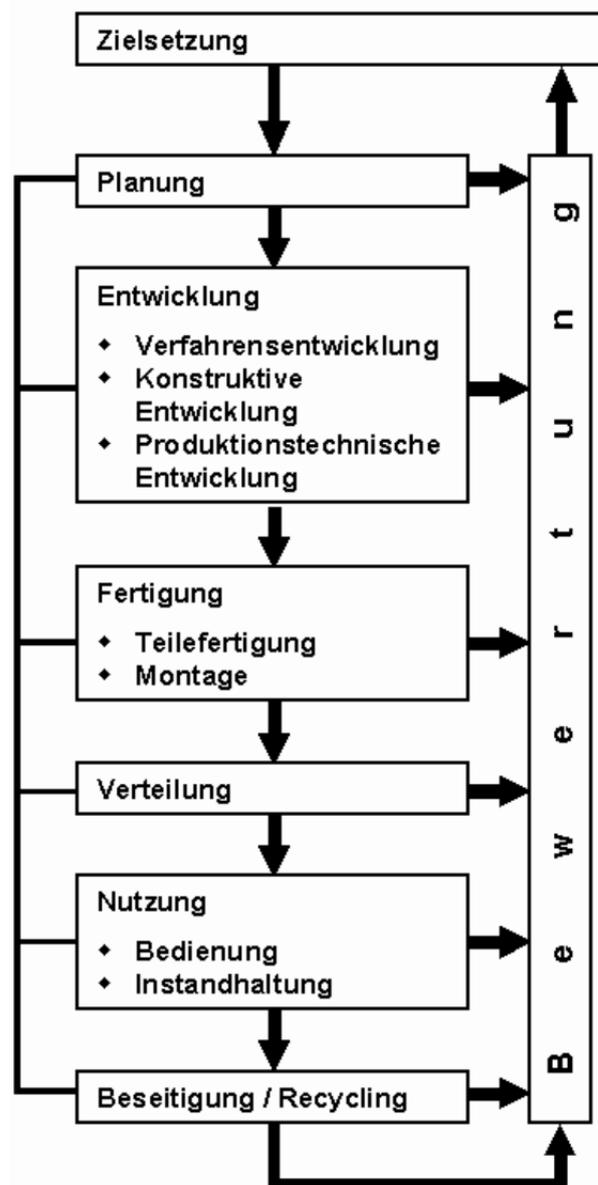


Abb. 4: Ablaufstruktur eines soziotechnischen Handlungssystems (Bader 2000, S. 16)

- bzw. Montageanalyse und –aufgabe,
- verteilungsbezogene Aufgaben wie Inbetriebnahmeanalyse und –aufgabe,
- auf die Systemnutzung bezogene Aufgaben wie Bedienungsanalyse und –aufgabe, Inspektionsanalyse und –aufgabe, Instandsetzungsanalyse und –aufgabe, Wartungsanalyse und –aufgabe sowie
- Recyclinganalyse und –aufgabe.

Vor dem Hintergrund der Anforderungen an ein Curriculum „Ingenieurwissenschaften“ bietet sich mit diesen Zugängen die Chance einer an technischen Kompetenzen orientierten Fachsystematik mit einem die ingenieurwissenschaftlichen Einzeldisziplinen überspannenden Strukturierungsansatz. Ein Orientierungsrahmen für ingenieurwissenschaftliches Handeln ist mit diesem methodischen Zugang dadurch gegeben, dass ingenieurwissenschaftliche Handlungsfelder etwa im Bereich der Planung und Entwicklung technischer Systeme mit exemplarischen Aufgaben unteretzt werden können, die unterschiedliche ingenieurwissenschaftliche Disziplinen repräsentieren und einen disziplinübergreifenden berufs- und wissenschaftspropädeutischen Zugriff ermöglichen. Eine besondere Chance für die technische Bildung liegt darin, in der gewählten lebenszyklusbezogenen Betrachtungsweise ingenieurwissenschaftliches Handeln im Kontext betrieblicher Arbeitsprozesse und des Zusammenwirkens der Ingenieure mit weiteren betrieblichen Fachkräften zu betrachten. Arbeitsprozesse in der Technik können so auch in ihrer Wechselwirkung mit der Betriebsorganisation und mit gesellschaftlichen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen thematisiert werden.

2.3 Werte und Wertesysteme in den Ingenieurwissenschaften

Bereits 1991 hat die VDI-Hauptgruppe „Der Ingenieur in Beruf und Gesellschaft“ die VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen“ veröffentlicht, mit der eine für die Ingenieurwissenschaften wegweisende Konzeption zur Bedeutung von Wertesystemen im ingenieurwissenschaftlichen Handeln vorgelegt wurde. Für die Bildungsarbeit ist zunächst interessant, wie technische Werte – subsumiert unter Funktionsfähigkeit und Sicherheit – mit ökonomischen Werten wie Wirtschaftlichkeit, individuellen Werten wie Gesundheit und Persönlichkeitsentfaltung sowie gesellschaftlichen Werten wie Wohlstand, Umwelt- und Gesellschaftsqualität verbunden werden (s. Abb. 5). Wichtig ist das Konzept der VDI-Richtlinie 3780 zur Beschreibung von Wertebeziehungen, die durch die Richtlinie als *Indifferenzbeziehungen*, *Konkurrenzbeziehungen* und *Instrumentalbeziehungen* beschrieben werden (vgl. hierzu die detaillierte Darstellung in VDI 1991, S. 12).

Die hier aufgezeigte Perspektive auf Werte und Wertebeziehungen bilden eine hervorragende, aus unterschiedlichen fachlichen Perspektiven in der Ergänzung interdisziplinärer Sichtweisen akzentuierbares System von Werten in Bezug auf das ingenieurwissenschaftliche Handeln, mit denen eine Grundlage für eine umfassende Reflexion technischer Sachverhalte und Entwicklungslinien unter Einbeziehung von individuellen, gesellschaftlichen und fachlichen Zielperspektiven möglich wird. Als Grundlage für das methodische Vorgehen stellt die Richtlinie eine Phasenstruktur und ausgewählte Methoden der Technikbewertung vor. Die folgenden Phasen der Technikbewertung führt die Richtlinie an:

- *Problemdefinition und –strukturierung*. Die hier festgelegten Grundzüge des Vorgehens betreffen Aspekte wie Rahmenbedingungen, Größen und Variablen, Informationen, Bewertungskriterien.
- *Bewertung und Entscheidung*. In dieser Phase werden durch verschiedene Prognosemethoden Teilbewertungen ermittelt und zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt. Gütekriterien für Verfahren der Technikbewertung werden ebenso beschrieben wie charakteristische qualitative (wie Szenario oder Morphologische Klassifikation) und quantitative Methoden (wie Risikoanalyse, Kosten-Nutzen-Analyse und Modellsimulation).
- *Folgenabschätzung*. Unter Annahme bestimmter Rahmenbedingungen werden bspw. ökonomische,

soziale oder kulturelle Folgen technologischer Entwicklungen oder technischer Systeme analysiert. Die Richtlinie stellt hierzu Methoden wie die Szenariomethode, Trendextrapolation oder Analogiebildung vor.



Abb. 5: Werte und Wertebeziehungen im technischen Handeln (VDI 1991, S. 12)

In einer zusammenfassenden Betrachtung lässt sich aussagen, dass mit der VDI-Richtlinie 3780 ein Orientierungsrahmen vorliegt, mit dem für ingenieurwissenschaftliche Bildung in der gymnasialen Oberstufe sowohl aufgabenfeldbezogene als auch -übergreifende Bezüge etwa zum gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeld darstellbar sind. Der besondere Bildungswert liegt – in einem wissenschaftspropädeutischen Kontext – in dem Kennenlernen von wissenschaftlichen Methoden zur Bewertung und Reflexion ingenieurwissenschaftlichen Handelns. Diese Bezüge sind daher in der Lehrplanentwicklung aufgegriffen worden.

2.4 Aktuelle gesellschaftliche Anforderung: Nachhaltig Handeln

Die heutigen gesellschaftlichen Anforderungen an eine moderne Bildungsarbeit gehen weit über die noch vor wenigen Jahren charakteristische Fokussierung auf fachliche Bildungsziele hinaus. Im Sinne der internationalen Diskussion, die unter den Schlagwort „Sustainable Development“ (nachhaltige Entwicklung) bekannt ist, sind auf der Grundlage der im Jahr 1992 durch die Vereinten Nationen ausgearbeiteten Agenda 21 bildungspolitische Programme entwickelt worden, die im Rahmen der Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ ein neues Bildungsverständnis deklarieren. Eine der zentralen Forderungen der Dekade ist die Verankerung des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung in den nationalen beruflichen und allgemeinen Bildungssystemen.

Charakteristisch ist die Sichtweise, individuelles wie auch gesellschaftliches Handeln im Spannungsfeld unterschiedlicher Zieldimensionen zu begreifen. Soziale Ziele – die immer auch eine individuelle Perspektive einbeziehen, beispielsweise das Bedürfnis nach Komfort, nach Mobilität u. a. m. – werden im Kontext mit ökonomischen und ökologischen Wechselbezügen betrachtet. Dies gilt damit auch für das ingenieurwissenschaftliche Handeln und die hier zugrunde zu legenden Bewertungsmethoden.

Generell ist festzuhalten, dass die aufgeführten Denk- und Handlungsmodelle, aber auch die VDI-Richtlinie zur Technikbewertung und die hier beschriebenen Modelle und Methoden Aspekte der späteren Nachhaltigkeitsdiskussion bereits weitgehend berücksichtigen. Dies gilt beispielsweise für die in den Ingenieurwissenschaften mehr und mehr üblichen auf den Systemlebenszyklus bezogenen Betrachtungsweisen: Bereits von der Systemgestaltung ausgehend sollen der gesamten Lebenszyklus technischer Systeme und die damit gegebenen soziotechnischen Zusammenhänge in den Fokus genommen werden (vgl. hierzu das bereits zitierte Modell des soziotechnischen Handlungssystems nach Bader).

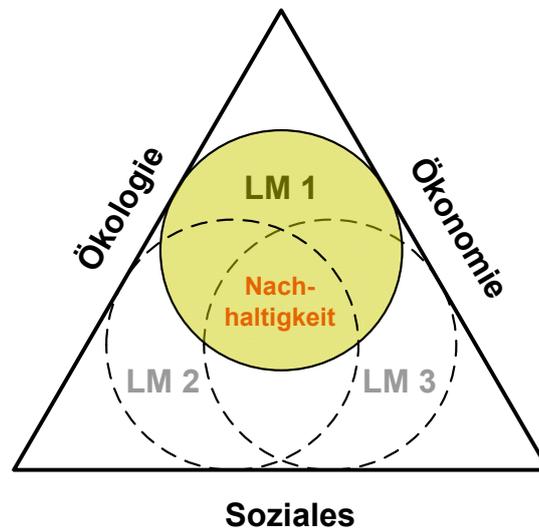


Abb. 6: Dimensionen nachhaltiger Entwicklung unter dem Gesichtspunkt einer Fokussierung auf unterschiedliche Betrachtungsperspektiven

Im Sinne eines modernen Bildungsverständnisses muss es auch unter dem Gesichtspunkt der Wissenschaftspropädeutik grundlegend für ingenieurwissenschaftliche Bildung sein, Technik, Technikfolgen und technisches Handeln in ihren Wechselbeziehungen mit ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Zielsetzungen zu begreifen, zu bewerten und zu reflektieren. In der ingenieurwissenschaftlichen Bildung sind diese Fähigkeiten als Unterrichtsprinzip zu fördern und in einem den Bildungszielen des Fachgymnasiums angemessenen Anspruchsniveau zu entwickeln.

2.5 Kompetenzentwicklung als Bezugspunkt der Bildungsgangarbeit

Die Entwicklungsarbeit orientiert sich an den durch die Kultusministerkonferenz beschlossenen Prüfungsanforderungen für die technische Bildung in der gymnasialen Oberstufe (EPA Technik, KMK 2006). Vorgegeben sind zunächst die Kompetenzorientierung und eine Differenzierung nach den Kompetenzbereichen Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz. Bedeutsam ist die Differenzierung der Prüfungsanforderungen in drei Anforderungsbereiche (vgl. Kap. 3.2). Wenige Aussagen enthält die EPA – mit der die Anforderungen in der Abiturprüfung beschrieben werden – zur Frage der Kompetenzentwicklung selbst. Es stellt sich daher die Frage: Mit welchen theoretischen Annahmen und Modellen kann eine Kompetenzentwicklung in der ingenieurwissenschaftlichen Bildung beschrieben werden?

Aus der internationalen berufswissenschaftlichen Diskussion sind hier insbesondere zwei Theoriestränge aufzuführen. Kompetenzentwicklung wird in der Berufsbildungsforschung verstanden als Herausbildung einer Expertise. Oft zitiert wird das so genannte Novizen-Experten-Paradigma, das – zunächst in den U.S.A. am Beispiel der Pflegeberufe entwickelt – hier interessant ist, weil es verschiedene Kompetenzstufen in den Kontext von zugehörigen Wissensbereichen ausweist.

Wendet man dieses Modell auf die Bildungsarbeit in den Ingenieurwissenschaften an, fällt zunächst auf, dass die Stufe eines erfahrungsbasierten fachsystematischen Vertiefungswissens in einem beruflichen Gymnasium nur bedingt zu erreichen ist. Ingenieurwissenschaftliche Expertise kann in der erforderlichen Breite erst in einem wissenschaftlichen Studium und in beruflicher Handlungserfahrung erworben werden. Die Bewältigung komplexer Problemsituationen, für die in jedem Einzelfall nicht lediglich vorliegende Lösungsschemata angewendet werden können, ist jedoch vor dem Hintergrund der EPA-Bildungsanforderungen unabdingbar anzustreben und in fachbezogenen Aufgaben beispielhaft nachzuweisen.

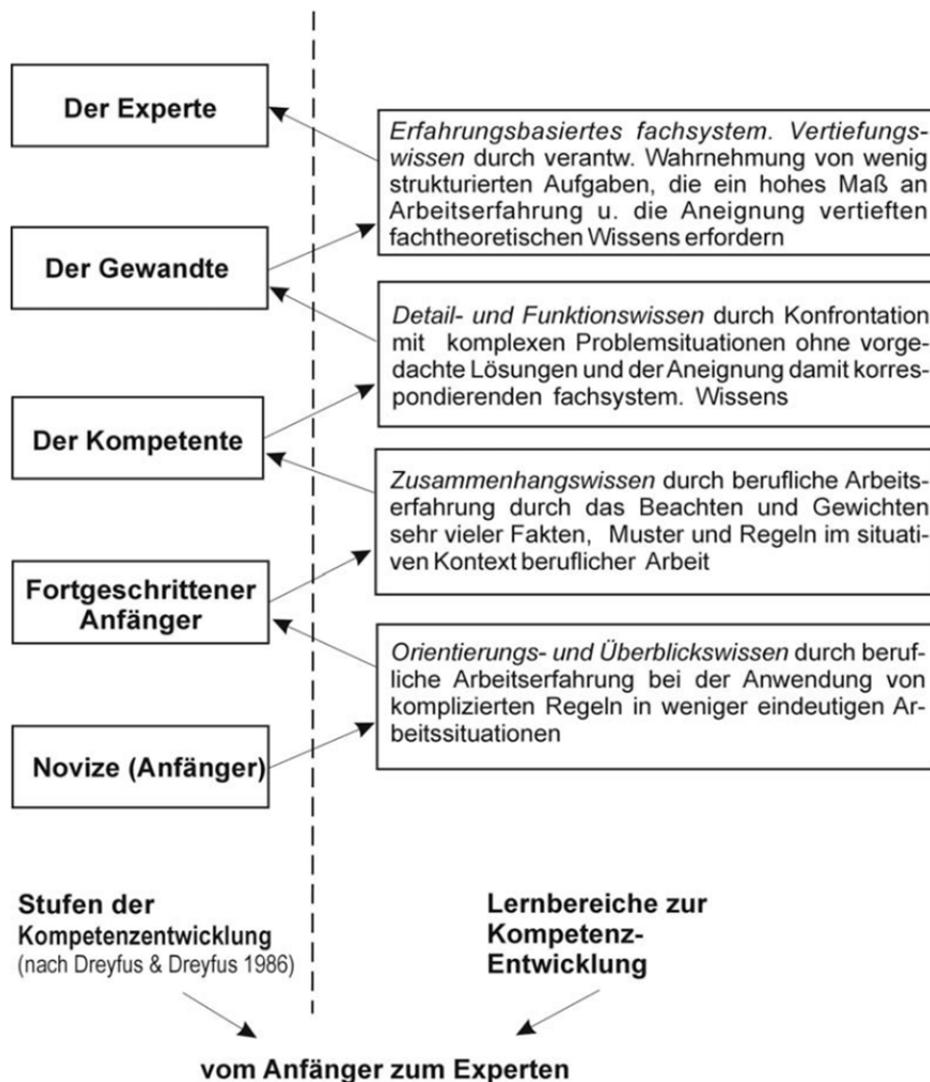


Abb. 7: Fünf Stufen vom Novizen zum Experten (Rauner 2002)

Für das Bildungsverständnis des hier vorliegenden Curriculums bedeutet dies, dass durch Exemplarität – und damit durch exemplarisches Lernen – eine den EPA-Anforderungen entsprechende Kompetenzstufe erreichbar sein muss. In diesem Verständnis von Expertiseaufbau ist im Curriculum hierbei – gleichsam als genetischem Prinzip der Kompetenzentwicklung – zu berücksichtigen, dass sich berufliche Kompetenz in Stufen herausbildet. In der Struktur des Profildaches muss demzufolge der Aufbau ingenieurwissenschaftlichen Orientierungs- und Überblickswissens ermöglicht werden, auf dessen Grundlage in einer zweiten Stufe ingenieurwissenschaftliches Zusammenhangswissen in situativen Kontexten aufgebaut wird.

Es konnte bereits im letzten Kapitel gezeigt werden, dass ingenieurwissenschaftliches Handeln in multiplen Kontexten stattfindet. Ingenieurwissenschaftliche Kompetenz orientiert sich – neben den technisch-fachlichen Werten wie Funktionalität – immer auch an ökonomischen, ökologischen, sozialen und individuellen Werten. Rauner (2011) hat im Kontext der internationalen Diskussion um Kompetenzmessung ein vereinfachtes Modell der „Multiplen Kompetenz“ vorgeschlagen, das Anforderungs- bzw. Niveaustufen mit unterschiedlichen Wissensbereichen verbindet: Vom Sachwissen („know that“) über das Methodenwissen („know how“) zum Begründungs- und Reflexionswissen („know why“). Es ist festzuhalten, dass nicht nur die Kompetenzmessung, sondern auch die Kompetenzentwicklung sich an diesen Hand-

lungskontexten und Niveaustufen ausrichten muss.

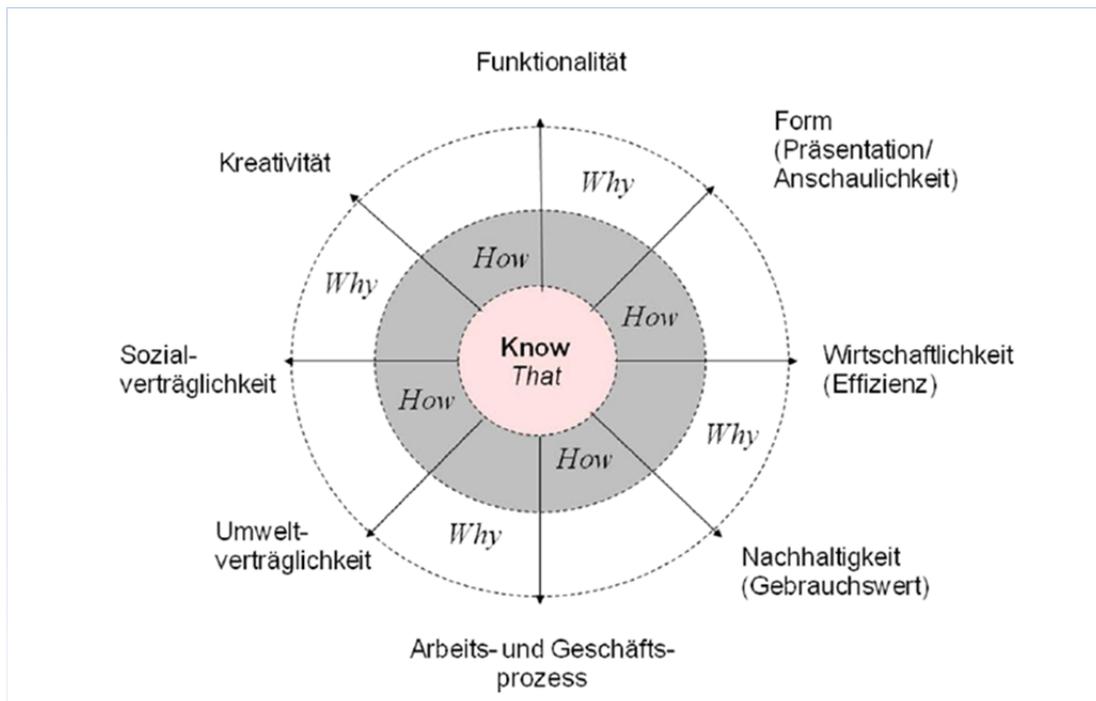


Abb. 8: Das Modell der multiplen Kompetenz (Rauner 2011) und der Zusammenhang der drei Wissensdimensionen handlungsleitendes Wissen („know that“), handlungserklärendes Wissen („know how“) und handlungsreflektierendes Wissen („know why“)

Hierbei ist für die Struktur des Lehrplans von Bedeutung, wie sich unterschiedliche Wissensarten darstellen und welchen Zusammenhang diese bilden. Becker/Spöttl (2008) weisen darauf hin, dass die ersten beiden Wissensarten auf den britischen Philosophen Ryle (1969) zurückzuführen seien, der mit „knowing that“ das deklarative – erklärende, beschreibende – und mit „knowing how“ das prozedurale Wissen eingeführt hat (Becker/Spöttl 2008, S. 28). Andere Autoren bezeichnen dieses Begriffpaar auch als die Unterscheidung des Wissens (knowing that) vom Können (knowing how). Eine ähnliche Differenzierung von deklarativem und prozeduralem Wissen verwendet der amerikanische Psychologie Anderson. Mit Bezug auf die berufliche Bildung differenzieren Becker/Spöttl deklaratives Wissen auf Fakten und Sachverhalte sowie prozedurales Wissen auf kognitive und psychomotorische Fertigkeiten. In den 90er Jahren wurde durch Mandl, Friedrich und Hron eine dritte Dimension hinzugefügt: Das von ihnen so benannte Meta-Wissen, das sich bspw. auf selbstreflexive Prozesse beim Lernen und Handeln bezieht (ebd., S. 29).

Erst aus allen drei Wissensarten konstituieren sich eine Expertise in Bezug auf bestimmte Domänen und eine Handlungskompetenz in dem heute verstandenen Begriffskontext. Becker/Spöttl schlagen als Dimensionen die Differenzierung von

- handlungsleitendem,
- handlungserklärendem und
- handlungsreflektierendem Wissen

vor (ebd., S. 30); mit Bezug auf Arbeiten der Kognitionspsychologie (Neuweg, Hacker) weisen sie zudem darauf hin, dass erst im Wechselspiel dieser Wissensarten und in ihrer Beziehung auf berufliche Domänen Könnerschaft entstehe, um die es in der Berufsbildung geht (ebd.).

Es muss daher festgehalten werden, dass der vorliegende Lehrplan der Strukturierung und dem Aufbau

dieser Wissensarten gleichfalls als genetischem Prinzip der Kompetenzentwicklung bei der curricularen Strukturierung des Profulfachs Ingenieurwissenschaften Rechnung tragen muss und dabei zu berücksichtigen ist, dass diese Wissensarten zwar analytisch, aber nicht in Bezug auf ihre Aneignung differenziert werden dürfen. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, das ingenieurwissenschaftlichen Handelns in multiplen Zusammenhängen stattfindet und klassische technische Zielsetzungen wie Funktionalität stets in Wechselbeziehungen mit ästhetischen, ökonomischen, ökologischen, gesellschaftlichen und individuellen Werten zu betrachten ist.

3 Profulfach „Ingenieurwissenschaften“ – Das Kurssystem

3.1 Kompetenzentwicklung im Profulfach Ingenieurwissenschaften

Im Bildungsverständnis orientiert sich das Profulfach Ingenieurwissenschaften an dem in beruflichen Bildungsgängen eingeführten Kompetenzbegriff. Handlungskompetenz umfasst damit Elemente der Fach-, Sozial- und Selbstkompetenz einschließlich Lern-, Methoden- und kommunikativer Kompetenz. Dimensionen und –akzentuierungen stehen in einem Handlungszusammenhang und sind in Lernsituationen zu entwickeln, die einen Bezug zum ingenieurwissenschaftlichen Handeln ermöglichen.

Der Lehrplan erfasst Elemente der Fachkompetenz somit im Kontext der Gewinnung ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse einerseits und des ingenieurwissenschaftlichen Handelns andererseits.

Fachkompetenz betrifft in diesem Kontext beispielsweise

- die Fähigkeit zur Erarbeitung fachlicher Erkenntnisse mithilfe experimentierendes Lernens,
- das Verständnis technischer Systeme durch die analytische Betrachtung von Baugruppen, Systemen und Systemzusammenhängen,
- die Gestaltung von Technik durch Aufgaben in der Entwicklung, Konstruktion, Produktion, Inbetriebnahme, Instandhaltung, Wiederverwendung und im Recycling technischer Baugruppen, Systeme und Produkte,
- die Analyse und Gestaltung ingenieurwissenschaftlichen Handelns im Rahmen typischer Arbeits- und Geschäftsprozesse etwa in Entwicklung, Konstruktion und Produktion oder
- die Analyse und Reflexion von Zusammenhängen zwischen technischem Handeln sowie ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielen und Folgewirkungen,

Sozial- und Selbstkompetenz umfassen beispielsweise

- den Einsatz von Modellen und Methoden der technischen Kommunikation auch unter dem Aspekt der Präsentation technischen und ingenieurwissenschaftlichen Handelns,
- die Bereitschaft zur Mitwirkung an technischen, ökologischen und sozialen Innovationen oder
- die Übernahme von Verantwortung für die Gestaltung und Nutzung von Technik unter dem Aspekt von Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und sozialen Wirkungen.

Besonders akzentuiert werden *kommunikative Kompetenz, Methoden- und Lernkompetenz*.

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.

Ingenieurwissenschaftliche Kompetenz ist 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 hinsichtlich Ästhetik, Wirtschaftlichkeit, Sozial- und Umweltverträglichkeit. Kennzeichen sind Entwicklungsstufen, die sich vom Sachwissen über entwickelte Einsichten in Begründungszusammenhänge bis hin zur Reflexionsfähigkeit erstrecken.

Auf der Grundlage fachlicher Kenntnisse im Bereich der ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik orientiert sich der Unterricht am Prinzip der lebenszyklusbezogenen Betrachtung technischer Systeme. Das Prinzip der vollständigen Handlung bildet die didaktische Grundlage eines kompetenzfördernden Unterrichts.

3.2 Profile der Schuljahrgänge

Lehrplan orientiert sich an den durch die Kultusministerkonferenz beschlossenen Prüfungsanforderungen für die technische Bildung in der gymnasialen Oberstufe (EPA Technik, vgl. KMK 2006). Hier vorgegeben sind eine Kompetenzorientierung und eine Differenzierung nach den Kompetenzbereichen Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz. Zudem ist die Differenzierung der Prüfungsanforderungen in drei Anforderungsbereichen von Bedeutung

- I. Reproduktion und Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden
- II. Reorganisation und Übertragung komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden
- III. Problembezogenes Anwenden und Übertragen komplexer Sachverhalte und Fachmethoden in Verbindung mit erhöhten Anforderungen an die technische Kommunikation und an die Bewertung von Lösungsansätzen

Es ist die Besonderheit in den Anforderungen der EPA, dass das Erreichen dieser Anforderungsbereiche an die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler in den unterschiedlichen Unterrichtsphasen der Einführungs- und der Orientierungsphase der gymnasialen Oberstufe prinzipiell möglich sein muss. Das Kurssystem selbst muss sich demnach an ingenieurwissenschaftlichem Wissens, ingenieurwissenschaftlichem Handeln und dessen Reflexion orientieren und die hier jeweils charakteristischen Wissensbereiche in den Vordergrund der Bildungsarbeit stellen, ohne den ganzheitlichen Ansatz des Faches aus den Augen zu verlieren.

Die Grundstruktur des Curriculums folgt daher – gleichsam einem genetischen Prinzip – den im Rahmen der Expertise- und Kompetenzforschung heraus gearbeiteten Wissensbereichen, die unter Anwendung der Systematik ingenieurwissenschaftlichen Denkens und Handelns ausdifferenziert werden. Dementsprechend fokussieren

- Schuljahrgang 11 (Einführungsphase) auf den Erwerb von ingenieurwissenschaftlichem Orientierungs- und Überblickswissen, damit auf die Erarbeitung von grundlegendem Fachkenntnissen der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik sowie der Entwicklung von Analysefähigkeiten für die in diesen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen gestalteten technischen Systeme. Methodenkompetenzen fokussieren auf Verfahren der Erkenntnisgenerierung in den Ingenieurwis-

senschaften. Beispiele sind das technische Experiment und die Systemanalyse und hiermit das für die Ingenieurwissenschaften charakteristische experimentierenden und analytischen Vorgehen.

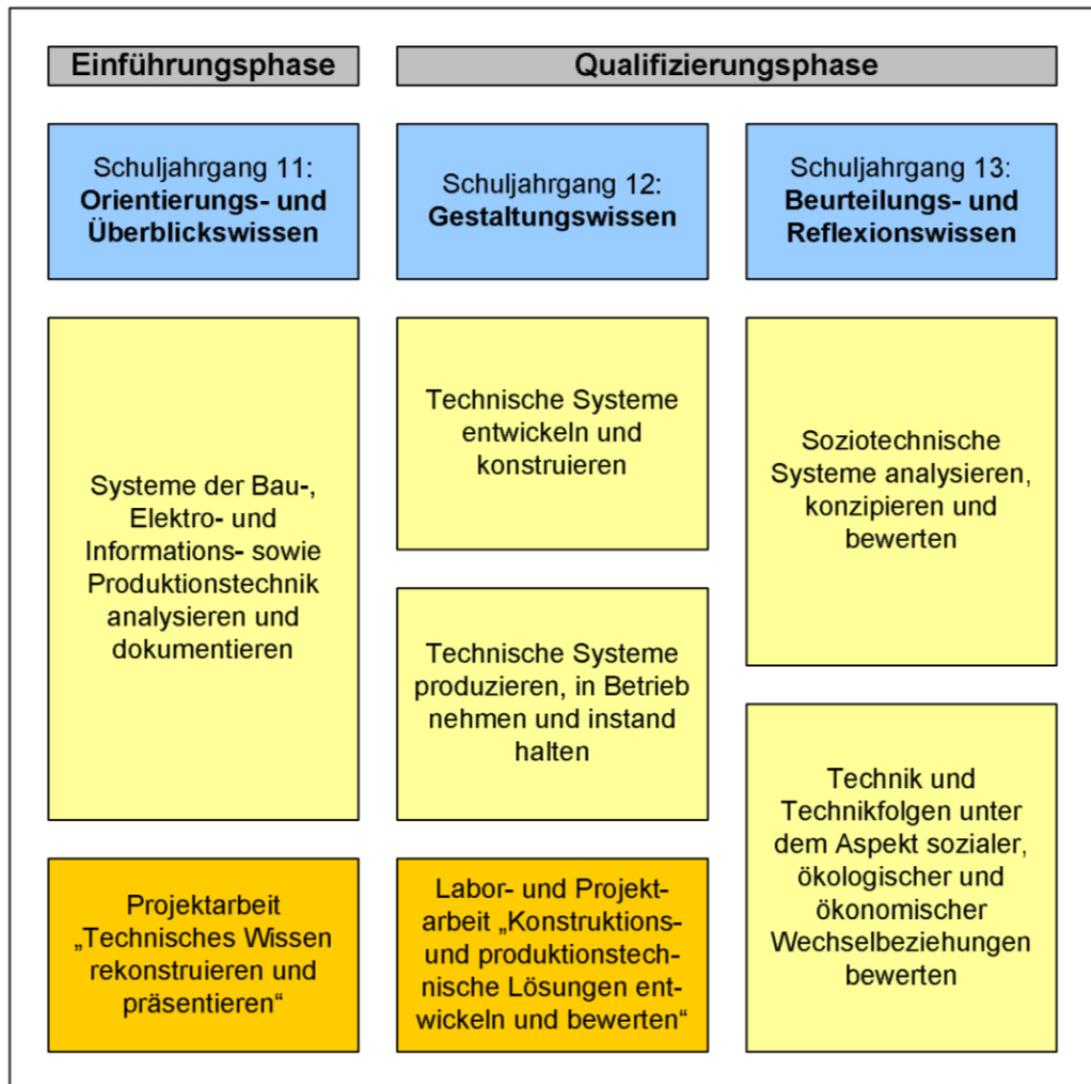


Abb. 9: Das Kurssystem: Wissensarten, Handlungszusammenhänge und kompetenzorientierte Projektarbeit als Strukturprinzipien für die Einführungs- und Qualifizierungsphase des Profilsfachs Ingenieurwissenschaften

- Schuljahrgang 12 (Qualifizierungsphase) auf den Erwerb von ingenieurwissenschaftlichem Gestaltungswissen und dem Erwerb einer Handlungsfähigkeit in der Entwicklung, dem Einsatz und der Instandhaltung exemplarischer Systeme der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik. Eine Orientierung erfolgt an Methoden der Technikgestaltung. Beispiele sind Konstruktions-, Produktions-, Distributions- oder Recyclingaufgaben, die für unterschiedliche ingenieurwissenschaftliche Handlungsfelder charakteristisch sind.
- Schuljahrgang 13 (Qualifizierungsphase) auf der Erweiterung der erworbenen Kompetenzen insbesondere um Methoden der Analyse, Konzeption, Bewertung und Reflexion von ingenieurwissenschaftlichem Handeln im Kontext mit seinen sozialen, ökologischen und ökonomischen Wechselbeziehungen. Mit der Gestaltung und Bewertung soziotechnischer Systeme sind Aspekte der Arbeitsgestaltung, der Arbeitssicherheit und des Arbeits- und Gesundheitsschutzes ebenso fokussiert wie die Verwendung technischer Produkte im Kontext von Produkt- und Anwendungssicherheit. Verfahren der Technikbewertung, Abschätzung von Technikfolgen und Fragen der Gestaltung, Nutzung und der Wiederverwendung von Technik sowie ihrer Optimierung unter dem Gesichtspunkt eines ausgewo-

genen Verhältnisses technischer, ökologischer, ökonomischer und sozialer Zielsetzungen und Folgen bilden Schwerpunkte der methodischen Vorgehensweise.

3.3 Zur Arbeit mit dem Lehrplan

Der Lehrplan weist für die einzelnen Schuljahrgänge Handlungszusammenhänge, Kompetenzbeschreibungen und Wissensbestände aus. In den einzelnen Kursen wird 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;
- ein weiteres Viertel der Unterrichtszeit 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 ingenieurtechnischer Aufgaben, die sich an 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.

Zur Sicherung eines differenzierenden Kompetenzniveaus tragen verschiedene Unterrichtseinheiten in der Form einer kompetenzorientierten Projektarbeit bei. Die Schülerinnen und Schüler absolvieren

- im Schuljahrgang 11 eine experimentell ausgerichtete Laborarbeit einschließlich der Einführung in die Methodik des technischen Experimentierens und der Analyse technischer Systeme, abgeschlossen durch die Projektarbeit mit der Konkretisierung auf einen der behandelten ingenieurwissenschaftlichen Wissensbereiche Bautechnik, Elektro- und Informationstechnik sowie Produktionstechnik;
- im Schuljahrgang 12 eine Labor- und Projektarbeit mit Bezug auf einen der ingenieurwissenschaftlichen Handlungsbereiche Konstruktion, Fertigungs- sowie Montage- und Inbetriebnahmeplanung,
- im Schuljahrgang 13 projektorientierte Aufgaben mit 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.

Grundlegend für das Verständnis der Bildungsziele ist die Ausgestaltung im Kontext von Wissenschaftspropädeutik und individueller berufsbiographischer 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 ver-

stärkt in der Qualifikationsphase die Entwicklung eines systematischen Verständnisses für die Methoden des ingenieurwissenschaftlichen Handelns und deren exemplarische Anwendung auf unterschiedliche ingenieurwissenschaftliche Handlungsfelder vorzusehen. Hiermit besteht für Schülerinnen und Schüler Raum, auf der Grundlage einer breiten fachlichen Orientierung eigene inhaltliche Interessen zu entwickeln, in spezifischen Handlungsaufgaben exemplarisch zu vertiefen und so ihre berufsbiographische Orientierung und Entwicklung zu fördern.

4 Ausblick

Mit der Entwicklung des Lehrplans „Ingenieurwissenschaften“ liegt eine Fassung vor, die im Rahmen eines Modellversuchs erprobt und weiter konkretisiert werden soll. Die anstehenden Schritte betreffen die Modellierung eines Aufgabensystems zur Lernerfolgs- und Abiturprüfung unter Ausweisung der Prinzipien wissenschaftspropädeutischen Handelns (vgl. VDI-Bildungsstandards, Anforderungsbereiche der EPA) einschließlich der Musterlösungen zur Verdeutlichung des Niveaustufen, um eine landeseinheitliche Abiturprüfung zu unterstützen (der Erprobungsfassung des Lehrplans liegen Musteraufgaben für den Schuljahrgang 11 und eine Beispielaufgabe für die Abiturprüfung aus dem Bereich der Bautechnik bei).

Die Erprobung des Lehrplans ist beginnend zum Schuljahr 2013/14 geplant. Vorgesehen ist die Einbindung exemplarischer ingenieurwissenschaftlicher Laboreinheiten in der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, um die einen Überblick über ingenieurwissenschaftliche Disziplinen und die dort charakteristischen Studienprogramme ebenso zu ermöglichen wie eine konkrete Einführung in die Laborarbeit.

Von besonderer Bedeutung ist die Anschlussfähigkeit des Bildungsgangs an Sekundar- und Gemeinschaftsschulen. Dies geschieht auf curricularer Ebene durch eine Bezugnahme auf Inhalte und Methoden insbesondere der Fächer Mathematik, Naturwissenschaften und Technik der Sekundarschul-Bildungsgänge. Darüber hinaus ist vorgesehen, die regionale Anschlussfähigkeit im Rahmen von Schulkooperationen mit Sekundar- und Gemeinschaftsschulen sicher zu stellen.

Eine Weiterentwicklung des Lehrplans ist auf der Grundlage einer die Erprobungsphase unterstützenden Begleitforschung und Evaluation angestrebt.

5 Literatur

Agentur für Arbeit (2013): Planet Beruf: Werkstoffprüfer/Werkstoffprüferin.

URL: www.planet-beruf.de/Werkstoffpruefer-in.16191.0.html?&type=8 (Stand: 20.10.2013)

Arp, Horst (2000): Generalisierung technischen Denkens und Handelns – Ansätze aus der Technikgeschichte und der Systemtheorie. In: Bader/Jenewein 2000, S. 75-94

Arp, Horst/Déri, Jozsef (2008): Graphiksymbole für die Funktionsstrukturen in der Allgemeinen Technologie. In: Hartmann/Theuerkauf 2008, S. 79-98

Bader, Reinhard (1990): Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz in der Berufsschule. Zum Begriff „berufliche Handlungskompetenz“ und zur didaktischen Strukturierung handlungsorientierten Unterrichts. Soest: Landesinstitut für Schule und Weiterbildung

Bader, Reinhard (2000): Didaktik der Technik – Zur Konstituierung einer sperrigen Fachdidaktik. In: Bader/Jenewein 2000, S. 5-34

Bader, Reinhard/Jenewein, Klaus (2000, Hrsg.): Didaktik der Technik zwischen Generalisierung und Spezialisierung. Frankfurt/M.: G.A.F.B.

- Barabasch, Antje/Hartmann, Ernst A. (2009): Durchlässigkeit zwischen akademischer und beruflicher Bildung
- Becker, Matthias/Spöttl, Georg (2008): Berufswissenschaftliche Forschung – ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. Frankfurt/M.: P. Lang
- Bünning, Frank/Jenewein, Klaus (2008): Effekte des experimentierenden Lernens in der Bau- und Holztechnik – Ergebnisse einer Studie zur empirischen Bildungsforschung. In: Berufs- und Wirtschaftspädagogik Online (bwp@) Ausgabe 14
- Bünning, Frank (2013, Hrsg.): Berufsorientierung trifft Technik. Magdeburg: Mitteldeutscher Wissenschaftsverlag (= Schriftenreihe Technische Bildung 1)
- Dehnbostel, Peter et al. (Hg.) (2002): Vernetzte Kompetenzentwicklung. Alternative Positionen zur Weiterbildung. Berlin: edition sigma
- DIN ISO 15226 (1999): Technische Produktdokumentation - Lebenszyklusmodell und Zuordnung von Dokumenten. Berlin: Beuth
- Drechsel, Klaus: (1996): Berufsausbildung mit Abitur in der DDR – Fakten und Erfahrungen sowie Anregungen für das Berufsbildungssystem in der BRD. In: Jenewein 1996, S. 26-46
- Graube, Gabriele/Theuerkauf, Walther E. (Hg.) (2002): Technische Bildung – Ansätze und Perspektiven. Frankfurt/M.: Peter Lang
- Graube, Gabriele (2008): Technik aus systemisch-konstruktivistischer Sicht – Ein neuer Ansatz zur Technischen Bildung. In: Hartmann/Theuerkauf 2008, S. 163-174
- Hartmann, Elke/Theuerkauf, Walter E. (Hg.) (2008): Allgemeine Technologie und Technische Bildung. Frankfurt/M: Peter Lang
- Jenewein, Klaus (1996): Bildung und Beruf – Wege zur Entwicklung von Handlungskompetenz in der dualen Berufsausbildung. Neusäß: Kieser
- Jenewein, Klaus/Schulz, Torsten (2008): Didaktische Potentiale des Lernens mit interaktiven VR-Systemen – Forschungsansätze für die Technikdidaktik. In: Hartmann/Theuerkauf 2008, S. 219-232
- Jenewein, Klaus/Schenk, Michael (2010, Hrsg.): Virtuelle Realität in der technischen Aus- und Weiterbildung - Gegenstandsbestimmung und Umsetzungsbeispiele (= IBBP-Arbeitsbericht 74). Magdeburg: Universität
- Jenewein, Klaus (2013): Forschungen zu Qualifikationen und Kompetenzen im Beruf "Elektroingenieur/-in". In: Pahl 2013, S. 826-839
- Jenewein, Klaus (2013a): Fachgymnasium Ingenieurwissenschaften - Grundüberlegungen und inhaltliche Konzeption eines neuen Bildungsgangs an berufsbildenden Schulen in Sachsen-Anhalt. In: Bünning 2013, S. 103-140
- KMK (2006): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 16.11.2006
- Oberliesen, Rolf (2002): Technik in allgemeinbildenden Schulen: Sekundarstufe II. Ansätze und Perspektiven. In: S. 173-196
- Pahl, Jörg-Peter (2009): Konstruieren und berufliches Lernen. Bielefeld: W. Bertelsmann
- Pahl, Jörg-Peter (2013): Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren – Ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik. Bielefeld: W. Bertelsmann (=Berufsbildung, Arbeit und Innovation – Studientexte, Band 6).
- Pahl, Jörg-Peter (2013a): Handbuch Berufsforschung. Bielefeld: Bertelsmann
- Rauner, Felix (2002): Berufliche Kompetenzentwicklung – vom Novizen zum Experten. In: Dehnbostel et

al. 2002, S. 111–132

- Rauner, Felix (2011): Barrieren zwischen akademischer und beruflicher Bildung – und wie sie überwunden werden können. In: Thomas Bahls/Heike Hinrichs (Hg.): bwp@ Spezial 5 – Hochschultage Berufliche Bildung 2011: WS 28 Hochschulzugang
- Ropohl, Günter (1999): Allgemeine Technologie – eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe: Universitätsverlag
- Standards für eine allgemeine technische Bildung (2003), Band 1: Inhalte technischer Bildung, Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag
- Standards für eine allgemeine technische Bildung (2004), Band 2: Wie man die Qualität technischer Bildung verbessert. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag
- Steinschaden, Johannes (1998): Lehrgang Konstruktionsmethodik. Kap. 2: Technische Systeme. Voralberg: Fachhochschulstudiengänge Voralberg GmbH
URL: <https://homepages.fhv.at/hs/Konstruktionsmethodik/QuaKo/Projekt.htm> (Stand: 30.06.2013)
- Traebert, Wolf Eckehard (200): Technik als Schulfach der Sekundarstufe I. In: Bader/Jenewein 2000, S. 35-52
- VDI (1991): VDI-Richtlinie 3780: Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Düsseldorf
- Wagener, Willi/Haupt, Wolfgang (2000): Technik als Fach der gymnasialen Oberstufe. In: Bader/Jenewein 2000, S. 53-75

Anhang

**Fachgymnasium Technik – Profulfach Ingenieurwissenschaften.
Lehrplan zur Erprobung.
Sachsen-Anhalt: Kultusministerium, 2013**

**FACHGYMNASIUM TECHNIK
PROFILFACH
INGENIEURWISSENSCHAFTEN**

**LEHRPLAN ZUR ERPROBUNG
IN DEN SCHULJAHREN 2013/14
BIS 2015/16**



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 Ingenieurität 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.

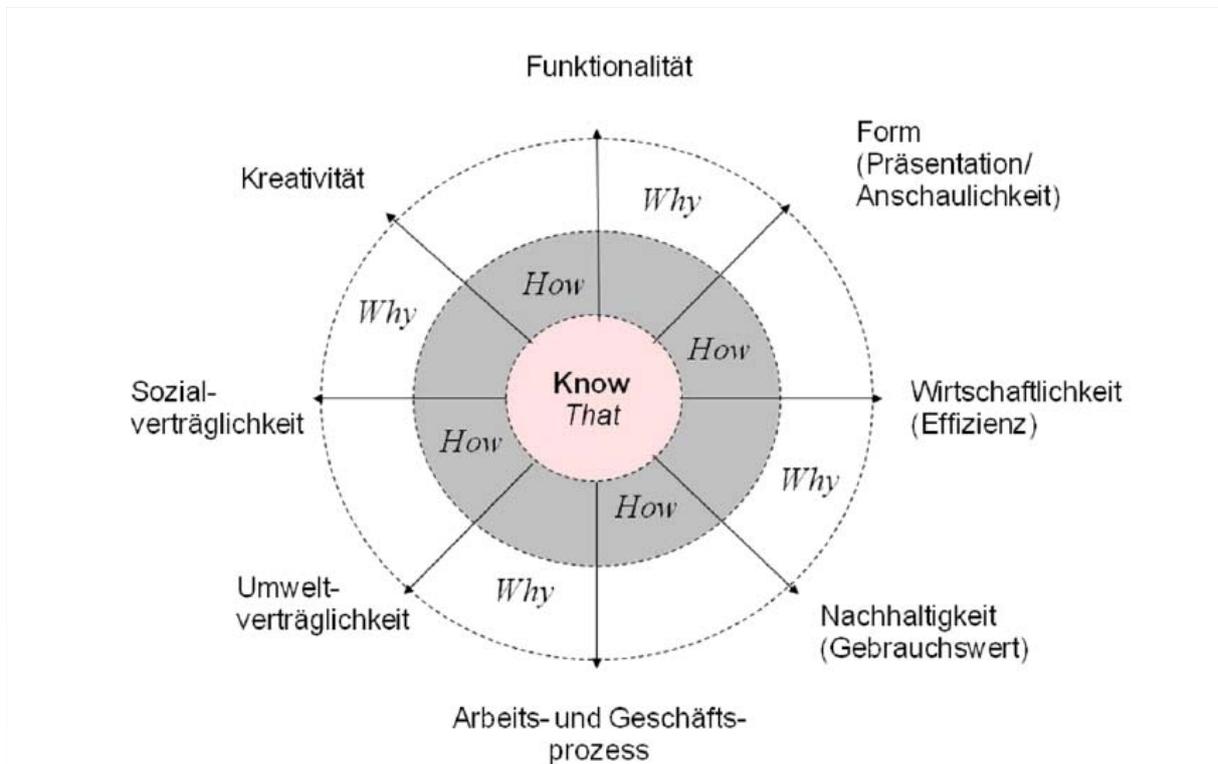
Im Rahmen der aufgeführten Kompetenzen werden kommunikative Kompetenz, Methodenkompetenz und Lernkompetenz besonders akzentuiert. Ihre Entwicklung wird in kompetenzfördernden Lehr-/Lernarrangements und in Vernetzung mit Fach-, Selbst- und Sozialkompetenz gefördert. Insbesondere werden die Schülerinnen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

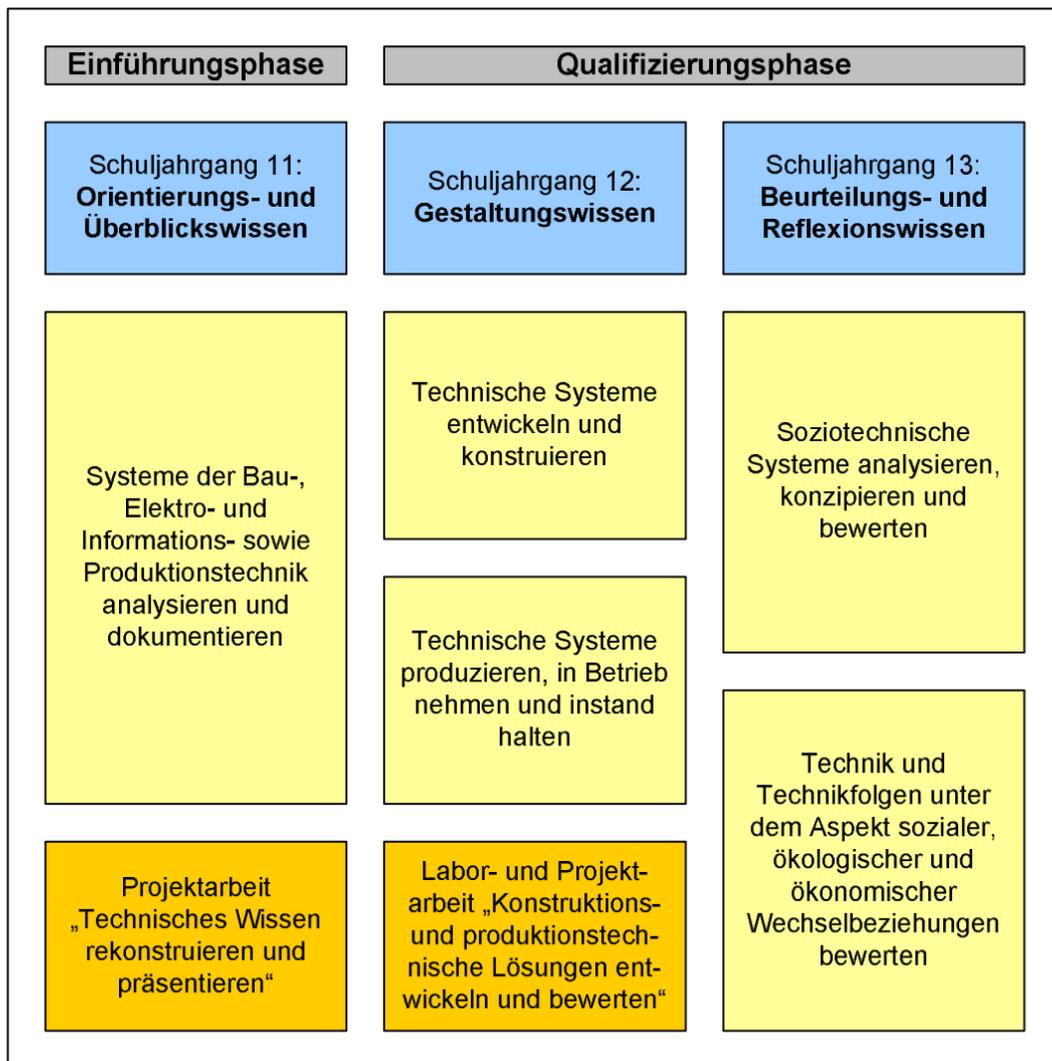
Das Prinzip der vollständigen Handlung bildet die didaktische und methodische Grundlage eines kompetenzfördernden Unterrichts. Entsprechend des Modells der Entwicklung von Kompetenzstufen orientiert sich der Unterricht

- 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 Profulfach 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 Profulfach 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 Beton und Stahlbeton als moderne Baustoffe 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	
<i>Elektro- und informationstechnische Wissensbestände</i>	

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

Handlungszusammenhang	
Soziotechnische Systeme analysieren, konzipieren und bewerten	
Kompetenzbeschreibung	
Fachkompetenz:	<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
Methodenkompetenz:	<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
Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände	
<i>Bautechnische Wissensbestände</i>	
Zyklogrammtechnik	
- Prozessanalyse	
- Prozesssynthese	
Netzplantechnik	
- 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)

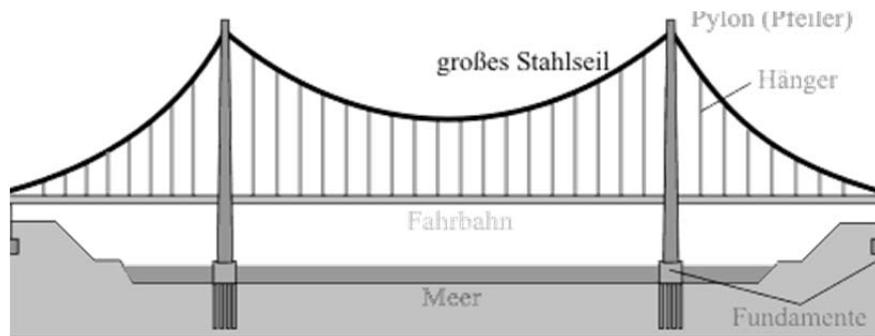
Wolffgramm, Horst: Allgemeine Techniklehre. Bd. 1: Allgemeine Technologie (1994); Bd. 2: Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme (1995). Hildesheim: Franzbecker, 1994, 1995

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

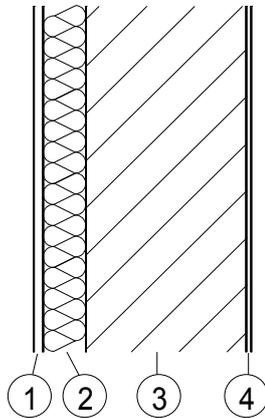
- Überprüfung der aufgestellten Hypothesen mit den gewonnenen Erkenntnissen
- Übertragung der Kennwerte auf andere Werkstoffe – Ermittlung von Zusammenhängen
- Auswahl eines geeigneten Werkstoffs für die Brückenkonstruktion anhand der ermittelten Messwerte
- Übertragung des Wissens über das Werkstoffverhalten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

7.2 Aufgaben- und Bewertungsbeispiel: Abiturprüfungsaufgabe

Aufgabenkomplex 1: Bauphysik – Wärmeschutz

50 Punkte

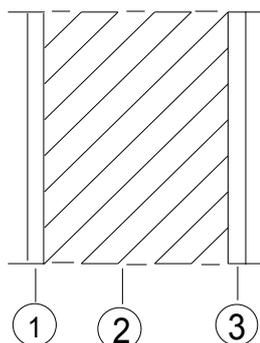
- 1.1. Die in der Skizze dargestellte Außenwand soll mit einem Mineralfaserdämmstoff der Wärmeleitgruppe 045 gedämmt werden.



- 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.

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

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

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

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

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

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

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

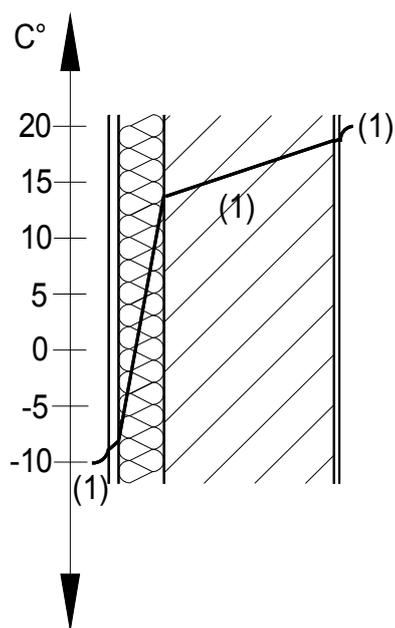
$$\vartheta_1 = 17,33^\circ C - 0,007 \cdot 20,52 = 17,19^\circ C \quad (1)$$

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

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

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

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



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)

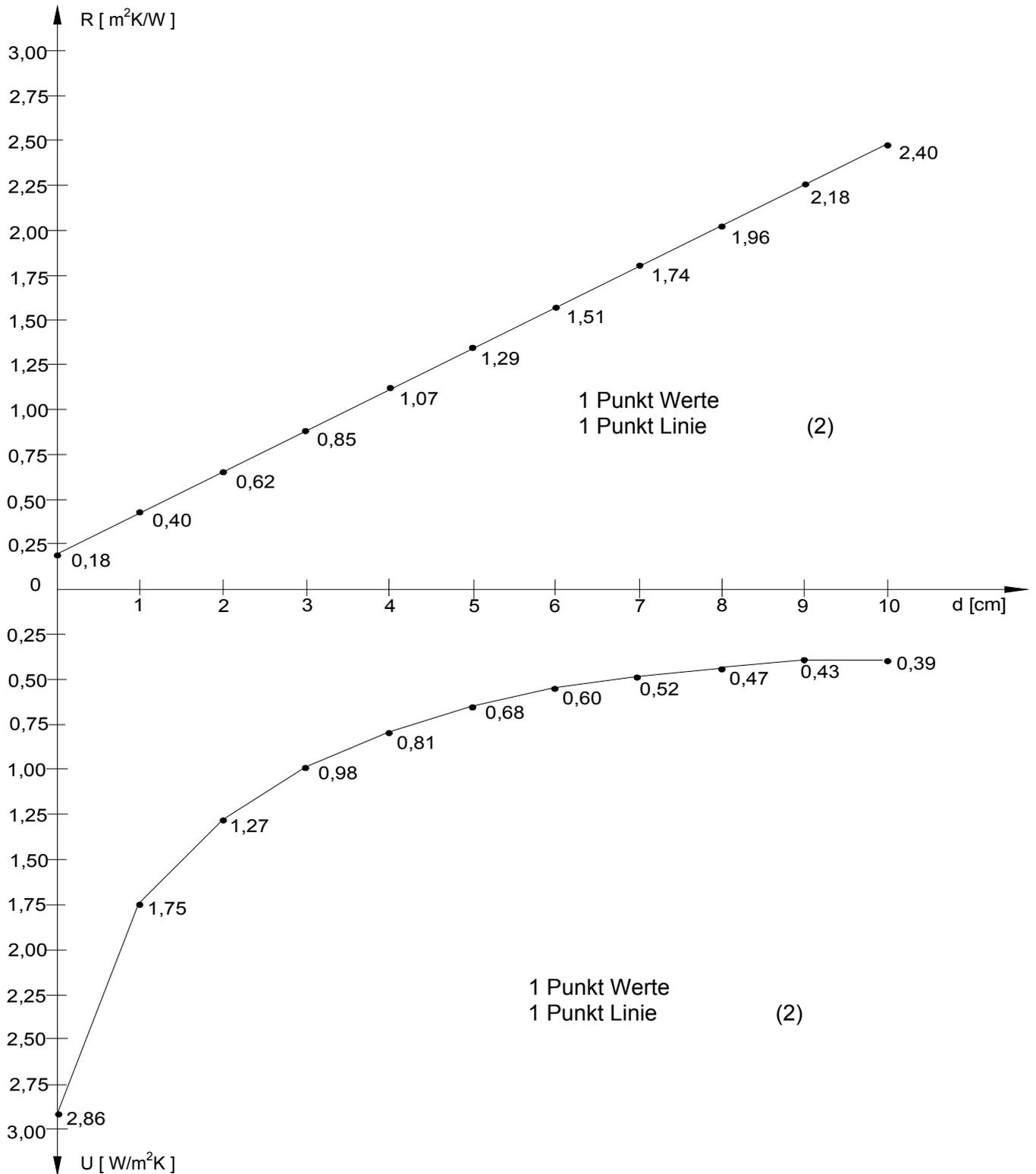
Die Verringerung des U-Wertes wird ständig kleiner. (1)

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 Punkt Werte
1 Punkt Linie (2)

1 Punkt Werte
1 Punkt Linie (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	

Anhang

Die Reihe Arbeitsberichte des IBBP

Herausgegeben vom Institut für Berufs- und Betriebspädagogik

<http://www.ibbp.ovgu.de>

ISSN 1437-8493

2015

Heft 85 Duales Studium Berufsbildung – Erfahrungen mit der Kooperation zwischen
Jenewein, K. der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Siemens AG

2014

Heft 84 Geschlechterdifferenzierung in technischen Berufen unter dem Aspekt wach-
Nepom´yashcha, Y. sender Heterogenität – Eine Untersuchung in der betrieblichen Berufsausbil-
dung

Heft 83 Handlungsansätze zur Prävention und Intervention von Ausbildungsabbrü-
Weidemeier, Ch. chen unter dem Aspekt wachsender Heterogenität

Heft 82 Kooperatives Lernen in der betrieblichen Berufsausbildung
König, M.

2013

Heft 81 Green Jobs and Climate Change. The Saxony-Anhalt Region – Renewable
Baumann, F.A. Energies in the Perspectives of the Economy and Vocational Education and
Jenewein, K. Training
Müller, A.

Heft 80 Ingenieurwissenschaften – Grundüberlegungen, inhaltliche Konzeption und
Jenewein, K. Lehrplanentwurf für einen gymnasialen Bildungsgang an berufsbildenden
Schulen in Sachsen-Anhalt

2011

Heft 79 Blended Learning - Die neue Rolle des Ausbilders
Schulz, A.
Martsch, M.

Heft 78 TVET Teachers and Trainers - Concepts in Academic Education and Research
Jenewein, K.
Stolte, H.

2010

- Heft 77**
Martsch, M.
Wienert, O.
Liefold, S.
Jenewein, K.
- Perzeption in virtueller Realität als Aggregat von Visualisierung und Interaktion
- Heft 76**
Wittig, A.
- Professionalisierung von Projektleitern. Eine qualitative Untersuchung von Projektleitern
- Heft 75**
Salzer, S.
Möhring-Lotsch, N.
Müller, A.
- Einsatz neuer Medien in der betrieblichen Ausbildung - Didaktisches & webdidaktisches Konzept des Forschungsvorhabens "effekt"
- Heft 74**
Jenewein, K.
Schenk, M.
- Virtuelle Realität in der technischen Aus- und Weiterbildung - Gegenstandsbestimmung und Umsetzungsbeispiele

2009

- Heft 73**
Schlasze, V.
- Demografischer Wandel - Alternde Belegschaften und fehlende Nachwuchskräfte in kleinen und mittleren Unternehmen?
- Heft 72**
Peters, S.
Werwick, K.
- Führungskräfte und neue Anforderungen an den Führungsnachwuchs – am Beispiel von Arbeitssicherheit
- Heft 71**
Teichert, N.
- Der Bedarf an Personalentwicklung/-führung als wissenschaftliche Qualifizierung durch Unternehmen der Region
- Heft 70**
Peters, S.
- Projektorganisation – neue Herausforderungen im Kontext von Projektmanagement und Professionsentwicklungen
- Heft 69**
Geese, M.
Möhring-Lotsch, N.
Salzer, S.
- Analyse des Forschungsstandes zum Einsatz neuer Medien in der Aus- und Weiterbildung - Projekt „effekt - Verknüpfende Vermittlung von Fach- und Medienkompetenzen“ -
- Heft 68**
Schmicker, S.
Genge, F.
Lüder, K.
- Arbeitgeber-Attraktivität aus Sicht von Studierenden – Ergebnisse einer Studie zur Ermittlung von Attraktivitätsfaktoren für die Arbeitgeberwahl aus sich von Studierenden der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Hochschule Magdeburg-Stendal (FH)
- Heft 67**
Jenewein, K.
Hundt, D.
- Wahrnehmung und Lernen in virtueller Realität – Psychologische Korrelate und exemplarisches Forschungsdesign
- Heft 66**
Peters, S.
- Fach- und Führungsnachwuchsentwicklung in Wirtschaft und Hochschulbildung infolge von Tertiarisierung und demografischem Wandel

Heft 65 Nachwuchs auf Nachwuchsstellen? Befragung von Diplomanden, Praktikanten und wissenschaftlichen Hilfskräften als potentieller Nachwuchs eines regionalen Forschungs- und Entwicklungsdienstleisters
Möhring, J.
Gleisner, E.
Peters, S.

2008

Heft 64 Professionalisierung und Projektmanagement
Peters, S.

Heft 63 Bildungsforschung in der Wissensgesellschaft: Grundlagen, Widersprüche und Perspektiven. Zur Berufsform der Arbeit als Dreh- und Angelpunkt beruflicher Bildung und der Berufsbildungsforschung.
Rauner, F.

Heft 62 Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 3: Studiengang-/Studienfachwechsel und Studienabbruch
Steckel, M.
Peters, S.

Heft 61 Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 2: Studiensituation und Studienzufriedenheit
Steckel, M.
Peters, S.

Heft 60 Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 1: Alumni-Befragung
Steckel, M.
Peters, S.

Heft 59 Die Fachkarriere - Alternative Entwicklungschancen oder Abstellgleis? - Eine qualitative Untersuchung der Implementierungsmodalitäten ausgewählter Unternehmen -
Groß, S.

Heft 58 Implementierung von Mentoringprozessen - Eine Chance für Absolventen der dualen Berufsbildung in der Metallindustrie Sachsen-Anhalts
Voß, A.

2007

Heft 57 „Richtig studieren“ Infos, Wissenswertes, Anregungen, Regularien
Peters, S.
Frosch, U.

2006

Heft 56 Wissensmanagement und Expertise - Analyse eines Personalentwicklungsinstrumentes auf operative Unternehmensebene.
Frosch, U.

Heft 55 Mentoring als Leitfaden zur Förderung von Fach- und Führungskräftenachwuchs
Peters, S.
Schmicker, S.
Weinert, S. - Ein Leitfaden für kleine und mittelständische Unternehmen und Organisationen -

Arbeitsberichte aus früheren Jahrgängen sind bereits vergriffen. Anfragen zu einzelnen Arbeitsberichten richten Sie bitte an die im Impressum angegebene Anschrift bzw. E-Mail.