



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

HW

FAKULTÄT FÜR  
HUMANWISSENSCHAFTEN

# Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften

Grundüberlegungen, inhaltliche Konzeption und curriculare Umsetzung am Beispiel der Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt

---

Klaus Jenewein

BBP-Arbeitsbericht Nr. 90

Dezember 2016

ISSN 1437-8493



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für Bildung

Ministerium für  
Schule und Weiterbildung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# **Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften**

Grundüberlegungen, inhaltliche Konzeption und curriculare Umsetzung am Beispiel der Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt

---

Klaus Jenewein

BBP-Arbeitsbericht Nr. 90

Dezember 2016

ISSN 1437-8493

## **Arbeitsberichte „Berufs- und Betriebspädagogik“**

### *Herausgeber:*

Prof.'en Dr. Robert Jahn, Dr. Klaus Jenewein  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Fakultät für Humanwissenschaften  
Institut I – Berufs- und Betriebspädagogik  
Zschokkestr. 32  
D-39104 Magdeburg

### *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](mailto:ibbp@ovgu.de)

ISSN 1437-8493

Der vorliegende BBP-Arbeitsbericht 90

*„Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften – Grundüberlegungen, inhaltliche Konzeption und curriculare Umsetzung am Beispiel der Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt“*

bildet die grundlegend überarbeitete und um die Bildungsgangkonzeption des Landes Nordrhein-Westfalens erweiterte Neufassung des 2013 (in der 1. Auflage, zuletzt in der 3. Auflage 02/2015) erschienenen IBBP-Arbeitsberichts 80

*„Ingenieurwissenschaften – Grundüberlegungen, inhaltliche Konzeption und Lehrplanentwurf für einen gymnasialen Bildungsgang an berufsbildenden Schulen in Sachsen-Anhalt“*

# Inhalt

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Vorwort .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1 Einleitung.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2 Technikwissenschaften als gymnasiale Disziplin .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>3 Theoretische Bezugspunkte .....</b>  | <b>11</b> |
| 3.1 Ausgangslage: Die „Vielfalt“ ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen .....  | 11        |
| 3.2 Ingenieurwissenschaftliches Denken und Handeln.....   | 12        |
| 3.2.1 Ingenieurwissenschaftlich Denken – Methodische Zugänge zur Erkenntnisperspektive<br>der Ingenieurwissenschaften.....  | 13        |
| 3.2.2 Ingenieurwissenschaftlich Handeln – Methodische Zugänge zur Handlungsperspektive<br>der Ingenieurwissenschaften.....  | 15        |
| 3.3 Werte und Wertesysteme in den Ingenieurwissenschaften .....   | 17        |
| 3.4 Aktuelle gesellschaftliche Anforderung: Nachhaltig Handeln .....  | 18        |
| 3.5 Kompetenzentwicklung als Bezugspunkt der Bildungsgangarbeit .....   | 19        |
| <b>4 Profilfach „Ingenieurwissenschaften“ – Das Kurssystem .....</b>  | <b>23</b> |
| 4.1 Ingenieurwissenschaften im Rahmen des Fachgymnasiums Technik des Landes Sachsen-<br>Anhalt .....  | 23        |
| 4.1.1 Kompetenzentwicklung im Profilfach Ingenieurwissenschaften .....  | 23        |
| 4.1.2 Profile der Schuljahrgänge.....   | 24        |
| 4.1.3 Angaben zur Arbeit mit dem Lehrplan .....   | 26        |
| 4.2 Ingenieurwissenschaften im Fachbereich Technik des Beruflichen Gymnasiums Nordrhein-<br>Westfalens .....  | 27        |
| 4.2.1 Kompetenzentwicklung im Leistungskursfach Ingenieurwissenschaften.....  | 27        |
| 4.2.2 Profile der Halbjahreskurse .....   | 28        |
| 4.2.3 Zur Arbeit mit den curricularen Skizzen .....   | 29        |
| <b>5 Ausblick .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>6 Literatur.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>Anhang .....</b>   | <b>35</b> |
| I Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt: Fachgymnasium Technik – Profilfach<br>Ingenieurwissenschaften, Lehrplan zur Erprobung  |           |
| II Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Curriculare<br>Skizzen zur Erprobung im Schulversuch Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften<br>für das Profil bildende Leistungskursfach Ingenieurwissenschaften |           |
| III Die Reihe Arbeitsberichte „Berufs- und Betriebspädagogik“   |           |

## Vorwort

Die Beruflichen Gymnasien in Sachsen-Anhalt (Fachgymnasien) und in Nordrhein-Westfalen sind ein wichtiger Teil der Schullandschaft in beiden Ländern. Sie führen zur Allgemeinen Hochschulreife – mit Kursen auf erhöhtem Anforderungsniveau in unterschiedlichen beruflichen Bereichen, die zusätzlich zur vertieften Allgemeinbildung berufliche Kenntnisse vermitteln.

Dieses berufsbezogene Angebot ist in Sachsen-Anhalt seit 2013 und in Nordrhein-Westfalen seit 2014 um einen innovativen Bildungsgang reicher: Das Berufliche Gymnasium Technik mit dem Schwerpunkt Ingenieurwissenschaften. In beiden Ländern leistet dieser Bildungsgang 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.

Warum haben wir uns für diesen Bildungsgang entschieden?

Wir wollen junge Menschen orientieren und gleichzeitig qualifizieren – ein nach unserer Ansicht bedeutsames Ziel in einer zunehmend komplexen Arbeitswelt. Schülerinnen und Schüler erhalten so nach der gymnasialen Oberstufe die Allgemeine Hochschulreife und eine konkrete Perspektive für ein entsprechend orientiertes Studium oder eine anspruchsvolle Berufsausbildung. In Zeiten des Fachkräftemangels insbesondere im gewerblich-technischen Bereich versprechen beide Wege den Unternehmen fähigen Nachwuchs und den Schülerinnen und Schülern glänzende Berufsaussichten.

Wir freuen uns, mithilfe des Lehrstuhls für Ingenieurpädagogik und gewerblich-technische Fachdidaktiken am Institut Bildung, Beruf und Medien der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg das Berufliche Gymnasium für Ingenieurwissenschaften theoretisch zu fundieren und weiterzuentwickeln – und es so fit zu machen für die komplexe ingenieurwissenschaftliche Zukunft.

Wir wünschen allen Beteiligten viel Erfolg bei der Etablierung dieses innovativen Bildungsangebotes.



Sylvia Löhrmann  
Ministerin für Schule und Weiterbildung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Marco Tullner  
Minister für Bildung des  
Landes Sachsen-Anhalt



## 1 Einleitung

Berufliche Gymnasien und Fachgymnasien sind Gymnasien mit einem berufsbildenden Profil. Während in den alten Bundesländern die Beruflichen Gymnasien seit vielen Jahren zum Portfolio der Bildungsgänge an den berufsbildenden Schulen und (in Nordrhein-Westfalen ) Berufskollegs gehören, wurde dieses Bildungsangebot nach der Wende unter der Bezeichnung Fachgymnasium an den berufsbildenden Schulen des Landes Sachsen-Anhalt eingeführt. Auch hier ist jedoch die Übernahme der heute in vielen Bundesländern üblichen Bezeichnung „Berufliches Gymnasium“ zu erwarten, mit der das Land der oft missverständlichen Interpretation der Bezeichnung als eine fachlich eingeschränkte Hochschulreife für die Zukunft vermeiden will. Im vorliegenden Bericht ist i. d. R. vom Beruflichen Gymnasium die Rede, wenn Bildungsgänge beider Bundesländer angesprochen werden.

Vergeben wird im Beruflichen Gymnasium wie bei den allgemein bildenden Gymnasien die allgemeine Hochschulreife. In Nordrhein-Westfalen gehört das Berufliche Gymnasium seit der Einführung des Berufskollegs zum Bildungsangebot in vielen städtischen und ländlichen Regionen und bildet hier die Fortführung der in diesem Bundesland ausgeprägten Tradition der Verbindung allgemeinen und beruflichen Lernens, wie dieses im Kollegschulversuch des Landes über viele Jahre entwickelt worden ist. Im Unterschied zu allgemein bildenden Gymnasien verfolgen Berufliche Gymnasien 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 Berufliche Gymnasium 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 Anmeldezahlen sich gerade in technischen Fachgymnasien bzw. im Beruflichen Gymnasium für Technik in den vergangenen Jahren deutlich verschlechtert hat und diese Bildungsgänge insbesondere in den ländlichen Regionen nicht in der Lage sind, ihr Potential zu entfalten. Dies ist nach Einschätzung des Autors vor allem auf drei Entwicklungen zurückzuführen:

- Bedingt durch den demographischen Wandel gehen in den neuen Ländern seit 15 Jahren die Schülerzahlen gravierend zurück; ein Effekt, der mehr und mehr auch in den alten Bundesländern zu beobachten ist. Dies führt generell bei den berufsbildenden Schulen der neuen Bundesländer dazu, dass innerhalb eines 10-Jahres-Zeitraums bereits im Jahr 2012 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 allgemein bildenden Schulen von 2000 bis 2020“, Berufsbildungsbericht 2009, S. 22). In den neuen Bundesländern folgt daraus ein gravierender Bewerbermangel in der dualen Berufsausbildung, im Zuge dieses Rückgangs sinkt allerdings naturgemäß auch die Nachfrage nach schulischen Bildungsgängen in der Sekundarstufe II. In den alten Bundesländern ist dieser Effekt zunehmend zu verzeichnen und führt insbesondere an Schulstandorten, die abseits der großen Ballungszentren liegen, zu Problemen bei der Klassenbildung aufgrund zu geringer Nachfrage in den einzelnen technischen Disziplinen.
- 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.

- In Sachsen-Anhalt ist es schließlich den berufsbildenden Schulen nach der Wende nicht gelungen, mit dem dort eingeführten 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 seinen Vorteil als berufliches Gymnasium nicht ausspielen.

In beiden Bundesländern haben sich daher seit 2013 Arbeitsgruppen konstituiert, die sich der Aufgabe angenommen haben, das Berufliche Gymnasium im Bereich Technik weiter zu entwickeln. Über das Ergebnis eines neuen Bildungsgangs, der im Rahmen eines länderübergreifenden Schulversuchs „Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften“ eingeführt und erprobt wird, informiert der vorliegende Arbeitsbericht.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Der Bericht behandelt Konzeption und Entwicklung des Profulfachs Ingenieurwissenschaften im Beruflichen Gymnasium Technik – Schwerpunkt Ingenieurwissenschaften. Der besseren Lesbarkeit halber wird im vorliegenden Bericht die Bezeichnung „Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften“ verwendet.

## 2 Technikwissenschaften als gymnasiale Disziplin

Arbeitsgruppen mit Fachkräften aus berufsbildenden Schulen und zuständigen Ministerien der Länder Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt sowie der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg haben sich die Aufgabe gestellt, das Konzept eines auf ingenieurwissenschaftliche Disziplinen fokussierenden Beruflichen Gymnasiums neu zu denken. Anlass ist eine besonders in den neuen Bundesländern ausgeprägte, jedoch auch in den ländlichen Räumen der alten Bundesländer zunehmende 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 Profil bildende 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 wird. 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.

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 Arbeitsgruppen insgesamt wegweisend waren:

- 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 techniksystematischer 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 Berufliche Gymnasium – theoretische Bezüge und Kontexte neu gedacht werden müssen. Hierfür wird mit dem im Folgenden skizzierten Konzept ein Vorschlag vorgelegt, und es werden die in beiden beteiligten Bundesländern entwickelten Erprobungsfassungen für die Curricula, die dem länderübergreifenden Modellversuch „Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften“ zugrunde liegen, vorgestellt.

### 3 Theoretische Bezugspunkte

Vor dem Hintergrund der dargestellten Ausgangslage 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.

#### 3.1 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 die Fokussierung des Bildungsgangs auf die drei genannten ingenieurwissenschaftlichen Kerndisziplinen als pragmatische und sachgerechte inhaltliche Eingrenzung vorgenommen 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.

### 3.2 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). Am daraufhin vorgestellten 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 eine 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 (...) 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 Schule „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 so 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 oder gar nicht betrachtet 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.

### **3.2.1 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 Phänomene 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, 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 und mathematischer Beschreibungsmethoden bedient. 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 zudem 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).



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

*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 oftmals geringen Transparenz vor enorme Herausforderungen stellt. Das Denken in Systemen gehört heute in den Tech-

nikwissenschaften 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 technikdidaktische 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 Produktions-

bereichen 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).

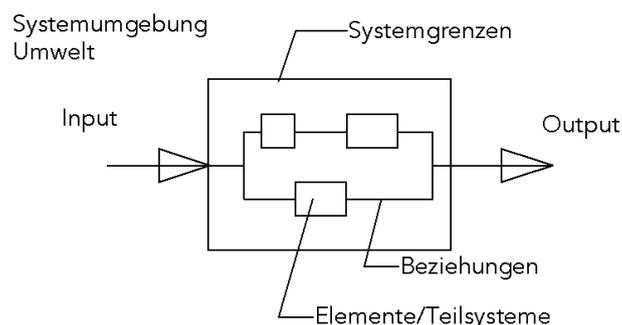


Abb. 2: Prinzipdarstellung eines technischen Systems (Steinschaden 1998)

### 3.2.2 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 Profulfach 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?

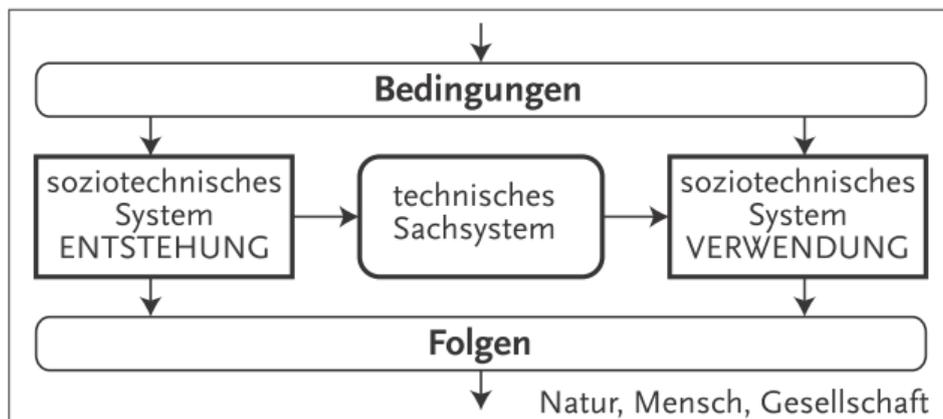


Abb. 3: Allgemeines Schema technologischer Probleme (Ropohl 1999, S. 44)

Als möglicher Strukturierungsansatz wird ein Beschreibungsmodell für ingenieurwissenschaftliches Handeln gewählt, das gleichermaßen sowohl die technikdidaktische 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.

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- 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 untersetzt 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.

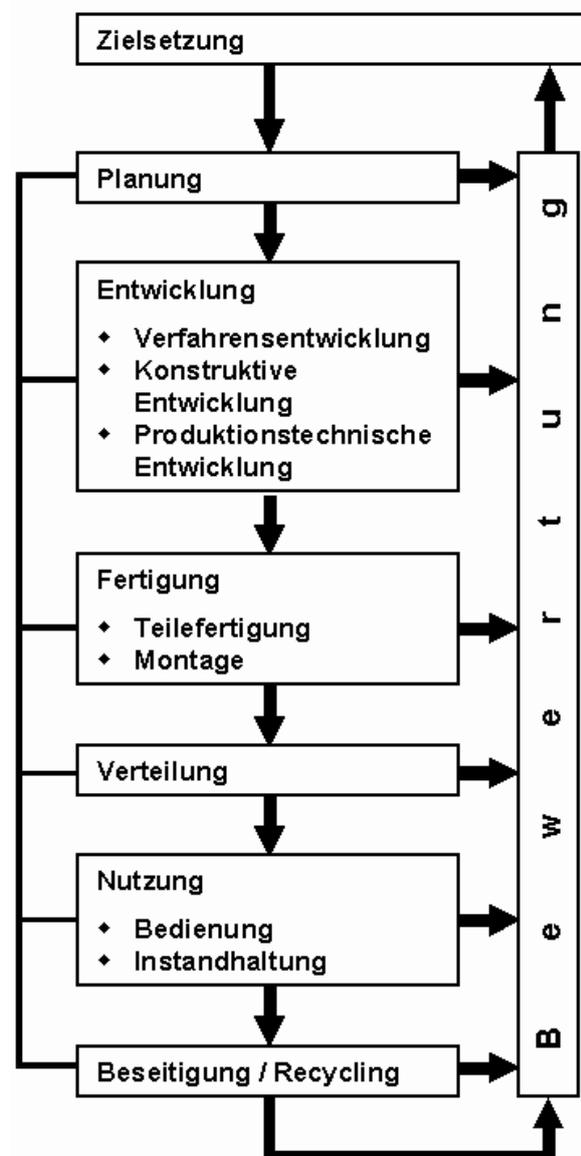


Abb. 4: Ablaufstruktur eines soziotechnischen Handlungssystems (Bader 2000, S. 16)

### 3.3 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 2000).

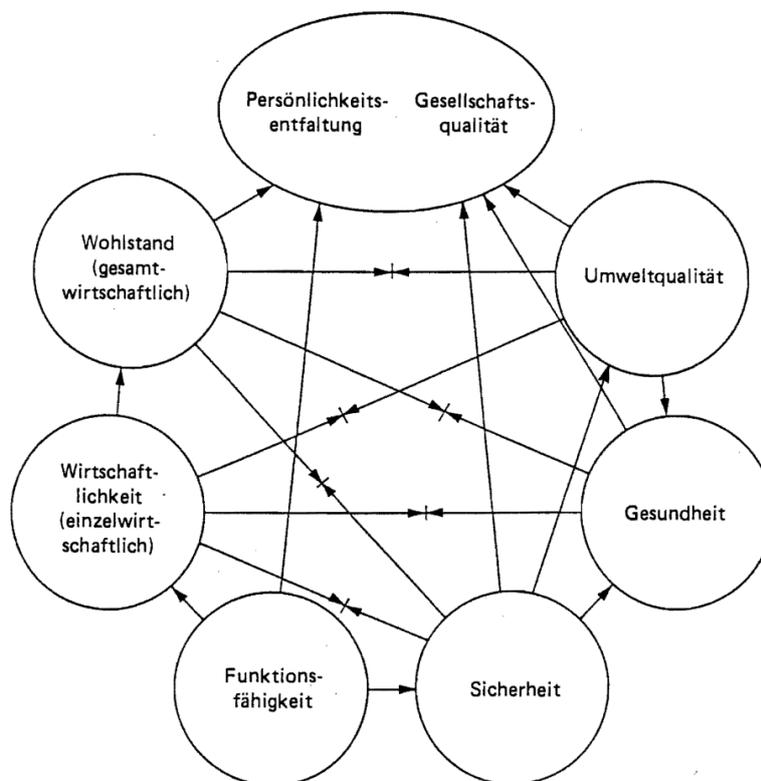


Abb. 5: Werte und Wertebeziehungen im technischen Handeln (VDI 2000; Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Vereins Deutscher Ingenieure e. V.)

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.

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.

### 3.4 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.

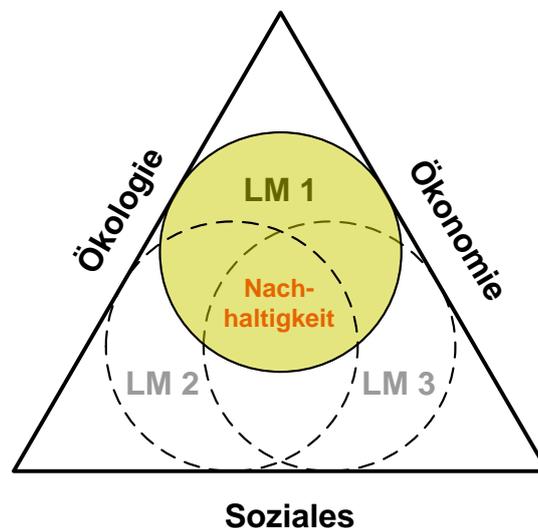


Abb. 6: Dimensionen nachhaltiger Entwicklung unter dem Gesichtspunkt einer Fokussierung auf unterschiedliche Betrachtungsperspektiven

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).

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 Beruflichen Gymnasiums angemessenen Anspruchsniveau zu entwickeln.

### **3.5 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.

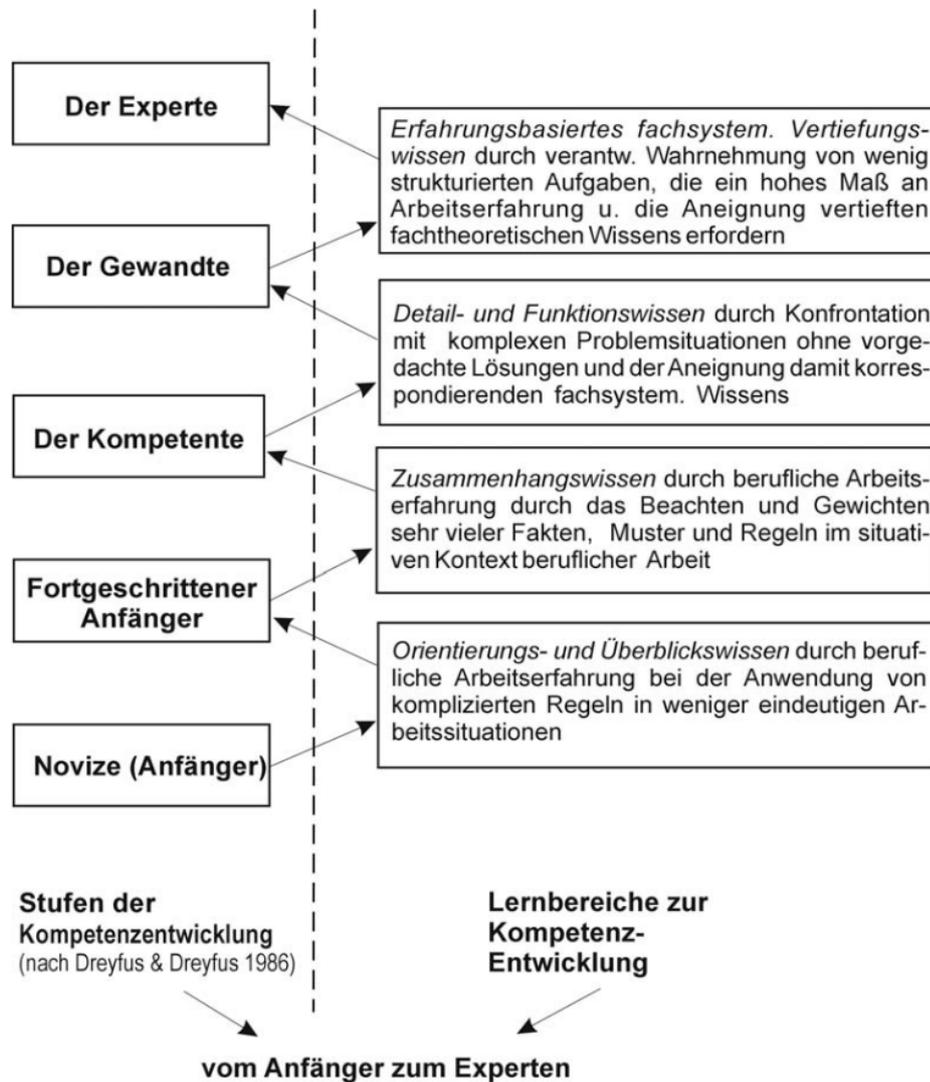


Abb. 7: Fünf Stufen vom Novizen zum Experten (Rauner 2002)

Für das Bildungsverständnis der hier vorliegenden Curricula 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 in den Curricula hierbei – gleichsam als genetischem Prinzip der Kompetenzentwicklung – zu berücksichtigen, dass sich berufliche Kompetenz in Stufen herausbildet. In der Struktur des Profulfaches 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 Handlungskontexten und Niveaustufen ausrichten muss.

Hierbei ist für die Struktur der Curricula 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 Begriffspaar 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).



Abb. 8: Berufliches Arbeitsprozesswissen und seine Differenzierung in drei Wissensdimensionen handlungsleitendes Wissen („know that“), handlungserklärendes Wissen („know how“) und handlungsreflektierendes Wissen („know why“) (Rauner et al. 2009, S. 17)

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.).

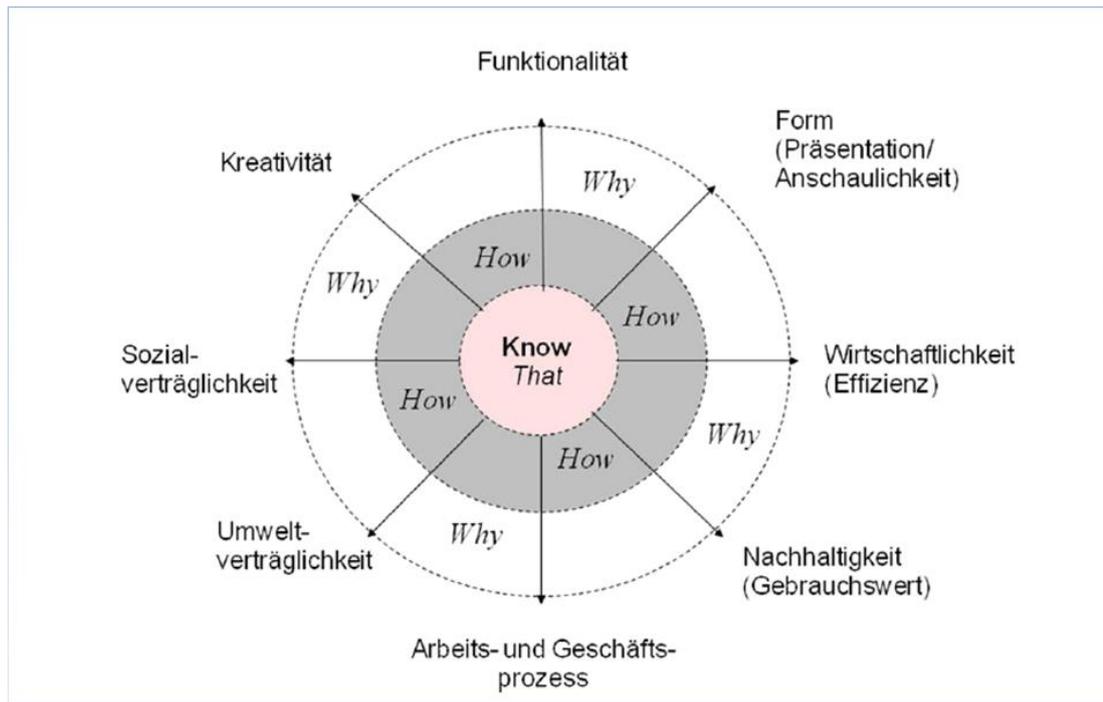


Abb. 9: Das Modell der multiplen Kompetenz (Rauner 2011) und der Zusammenhang der drei Wissensdimensionen handlungsleitendes Wissen („know that“), handlungserklärendes Wissen („know how“) und handlungsreflektierendes Wissen („know why“)

Es muss daher festgehalten werden, dass die Curricula der Strukturierung und dem Aufbau dieser Wissensarten gleichfalls als genetischem Prinzip der Kompetenzentwicklung bei der curricularen Strukturierung des Profilsfachs Ingenieurwissenschaften Rechnung tragen müssen 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, dass ingenieurwissenschaftliches Handeln in multiplen Zusammenhängen stattfindet und klassische technische Zielsetzungen wie Funktionalität stets in Wechselbeziehungen mit ästhetischen, ökonomischen, ökologischen, gesellschaftlichen und individuellen Werten zu betrachten sind.

## 4 Profulfach „Ingenieurwissenschaften“ – Das Kurssystem

Der hier beschriebene Kontext lässt erkennen, in welchem Handlungszusammenhang die Konstituierung eines Bildungsgangs „Ingenieurwissenschaften“ erfolgen kann. Die curriculare Umsetzung dieses Grundgedankens ist in den vergangenen Jahren durch Länderinitiativen aufgenommen worden, mit denen die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt Ingenieurwissenschaften als Profil bildendes Leistungskursfach in der gymnasialen Oberstufe eingeführt haben. Dabei zeigt es sich, dass die Bundesländer unterschiedliche Wege gehen, um den Gegenstandsbereich „Ingenieurwissenschaften“ in einem kompetenzorientierten und wissenschaftspropädeutischen Bildungsgang umzusetzen, gleichwohl aber den skizzierten Grundüberlegungen folgen. Beide Bundesländer arbeiten seit 2014 in einem länderübergreifenden Modellversuch zusammen, der durch die Universität Magdeburg wissenschaftlich begleitet wird.

Im vorliegenden Kapitel wird die im jeweiligen Bundesland verfolgte Vorgehensweise dargestellt und es wird beschrieben, wie die Umsetzung in den einzelnen Erprobungskonzeptionen erfolgt. Dabei ist in beiden Ländern gleichermaßen geregelt, dass die Übernahme des Bildungsgangs in das Regelsystem unter Berücksichtigung der Versuchserfahrungen erfolgen wird und die hier vorgestellten Erprobungskonzeptionen kontinuierlich weiter entwickelt werden.

### 4.1 Ingenieurwissenschaften im Rahmen des Fachgymnasiums Technik des Landes Sachsen-Anhalt

Sachsen-Anhalt hat im Rahmen seines Bildungsgangs „Fachgymnasium Technik“ das Profulfach Ingenieurwissenschaften zum Schuljahr 2013/14 eingeführt. Der hierfür erlassene Lehrplan zur Erprobung (Kultusministerium, 2013) regelt die curriculare Umsetzung des Faches in den einzelnen Schuljahrgängen der Einführungsphase (Klasse 11) und der Qualifikationsphase (Klassen 12 und 13).

#### 4.1.1 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.

#### **4.1.2 Profile der Schuljahrgänge**

Der 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 Bewer-

### tung 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 Wissen, 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.

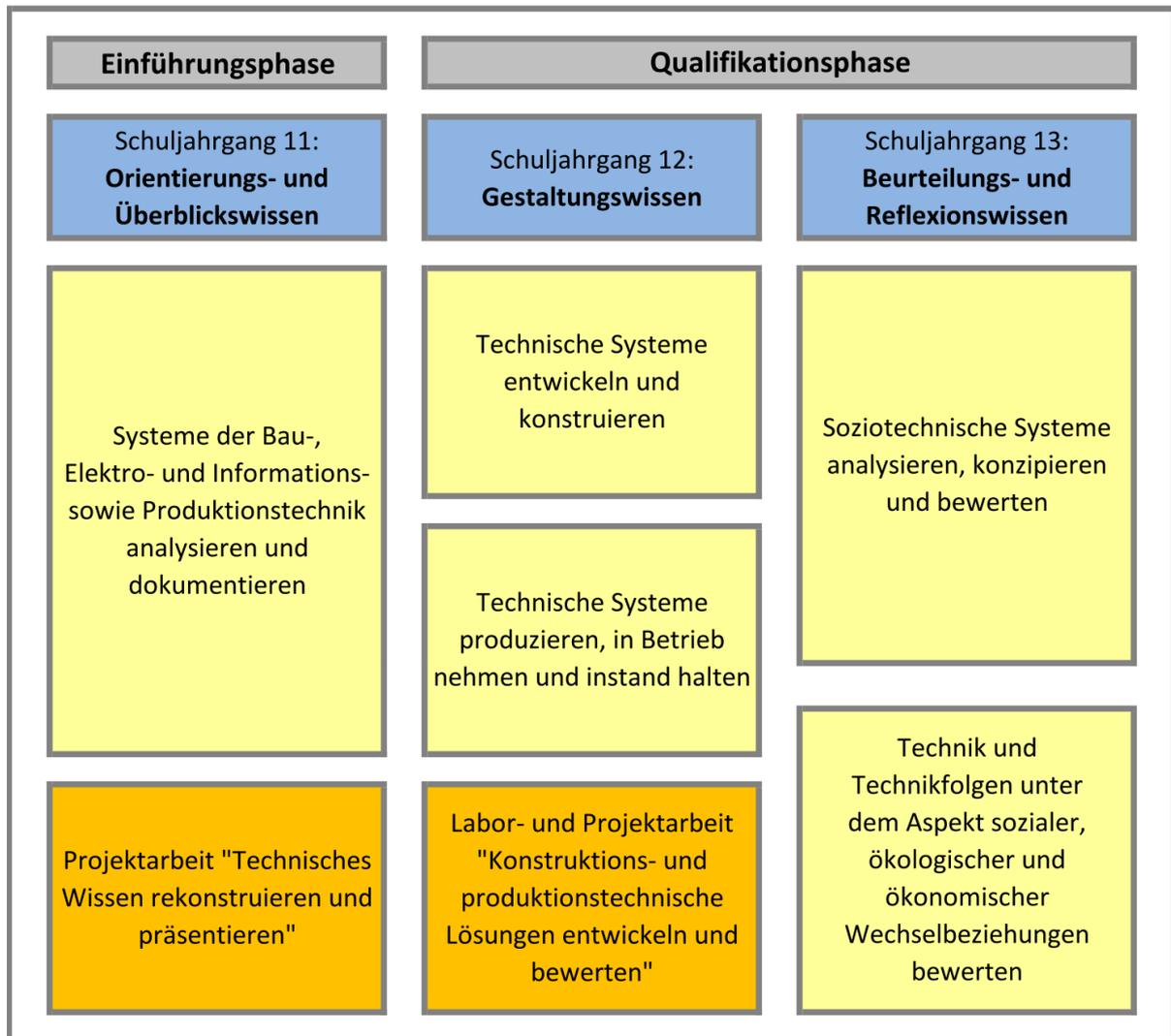


Abb. 10: Das Kurssystem: Wissensarten, Handlungszusammenhänge und kompetenzorientierte Projektarbeit als Strukturprinzipien für die Einführungs- und Qualifikationsphase des Profilsfachs Ingenieurwissenschaften

Die Grundstruktur des Curriculums folgt daher – gleichsam einem genetischen Prinzip – den im Rahmen der Expertise- und Kompetenzforschung herausgearbeiteten 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 Ingenieurwissenschaften. Beispiele sind das technische Experiment und die Systemanalyse und hiermit das für die Ingenieurwissenschaften charakteristische experimentierende und analytische Vorgehen,

- Schuljahrgang 12 (Qualifikationsphase) auf den Erwerb von ingenieurwissenschaftlichem Gestaltungswissen und den 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, und
- Schuljahrgang 13 (Qualifikationsphase) 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 ausgewogenen Verhältnisses technischer, ökologischer, ökonomischer und sozialer Zielsetzungen und Folgen bilden Schwerpunkte der methodischen Vorgehensweise.

#### 4.1.3 Angaben 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 Bau-technik, 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 Informationstechnik 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. 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.

## **4.2 Ingenieurwissenschaften im Fachbereich Technik des Beruflichen Gymnasiums Nordrhein-Westfalens**

Nordrhein-Westfalen hat die Erprobung des Beruflichen Gymnasiums für Ingenieurwissenschaften im Rahmen des eingerichteten Schulversuchs in „Curricularen Skizzen“ geregelt, in denen die Angaben für ein Profil bildendes Leistungskursfach „Ingenieurwissenschaften“ ausgearbeitet sind. Neben einführenden Angaben zur Konzeption des Faches enthalten die curricularen Skizzen Angaben zu den Themen und Inhalten der Kurshalbjahre der Einführungsphase (Halbjahre 11.1 und 11.2) sowie der Qualifikationsphase (Halbjahre 12.1 bis 13.2).

### **4.2.1 Kompetenzentwicklung im Leistungskursfach Ingenieurwissenschaften**

Ähnlich wie in der Konzeption des Landes Sachsen-Anhalt orientiert sich das Leistungskursfach Ingenieurwissenschaften an den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Bau-, Elektro- und Maschinenbautechnik und arbeitet als Intention des Faches die Befähigung heraus, sich mithilfe von interdisziplinär erarbeitetem Technikwissen in neue Problemfelder einzuarbeiten und „in technisch bestimmten und im stetigen Wandel begriffenen Lebens- und Berufssituationen erfolgreich zu bestehen“. Als zent-

rale Zielsetzung wird angestrebt, „technikorientierte Bildungs- und Berufsbiografien zu initiieren“ sowie „eine ausreichende Wissenschafts- und Berufspropädeutik zu erreichen“ (MSW 2015, 3).

Dabei wird für technische Problemlösungen ein Fokus auf multiple Aspekte wie Machbarkeit, Funktion, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit gelegt und hinsichtlich möglicher Problemlösungen unterschieden nach

- technischen Anforderungssituationen, die bei der Entstehung und Verwendung von Sachsystemen zu berücksichtigen sind und Aspekte wie Wirtschaftlichkeit, Qualität, Folgenabschätzung und Nachhaltigkeit zu berücksichtigen haben, und
- technischen Handlungssituationen, gekennzeichnet durch Zielkataloge, die auf unterschiedlichen Lösungswegen erreichbar sind.

Die didaktische Struktur orientiert sich an dem Begriff der Kompetenzfelder, die sich als „Schnittstellen ingenieurwissenschaftlichen Planens und Handelns“ verstehen. Kompetenzfelder

- bilden „Schnittstellen“ ingenieurwissenschaftlichen Planens und Handelns,
- erklären und systematisieren ingenieurwissenschaftliche Arbeitsprozesse und
- dienen als Gliederungsmerkmal zur Strukturierung der Inhalte (ebd., 4).

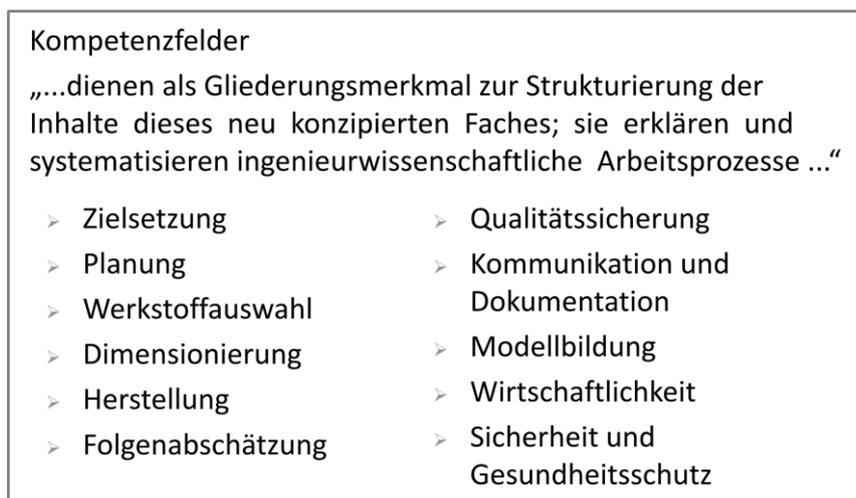


Abb. 11: Kompetenzfelder als Strukturierungsmerkmal für die Inhalte des Profulfachs Ingenieurwissenschaften (MSW 2015, 4 sowie 10 ff.)

#### 4.2.2 Profile der Halbjahreskurse

Die Halbjahreskurse orientieren sich thematisch am ingenieurwissenschaftlichen Handeln und sind auf Situationen und Aufgaben aus der ingenieurwissenschaftlichen Arbeit bezogen. Hierbei sind über die Schulhalbjahre eine zunehmende Komplexität der inhaltlichen Anforderungen und eine Entwicklung von erkenntnis- zu gestaltungsorientierten Aufgabe erkennbar.

Die Kursthemen

- beginnen in den Kurshalbjahren 11.1 und 11.2 mit der Analyse noch einfacher Systeme,
- behandeln im Kurshalbjahr 12.1 die Adaption technischer Systeme an veränderte Anforderungen sowie
- im Kurshalbjahr 12.2 die Entwicklung neuer Funktionseinheiten,
- erweitern das ingenieurwissenschaftliche Handeln im Kurshalbjahr 13.1 um Aufgaben im Bereich

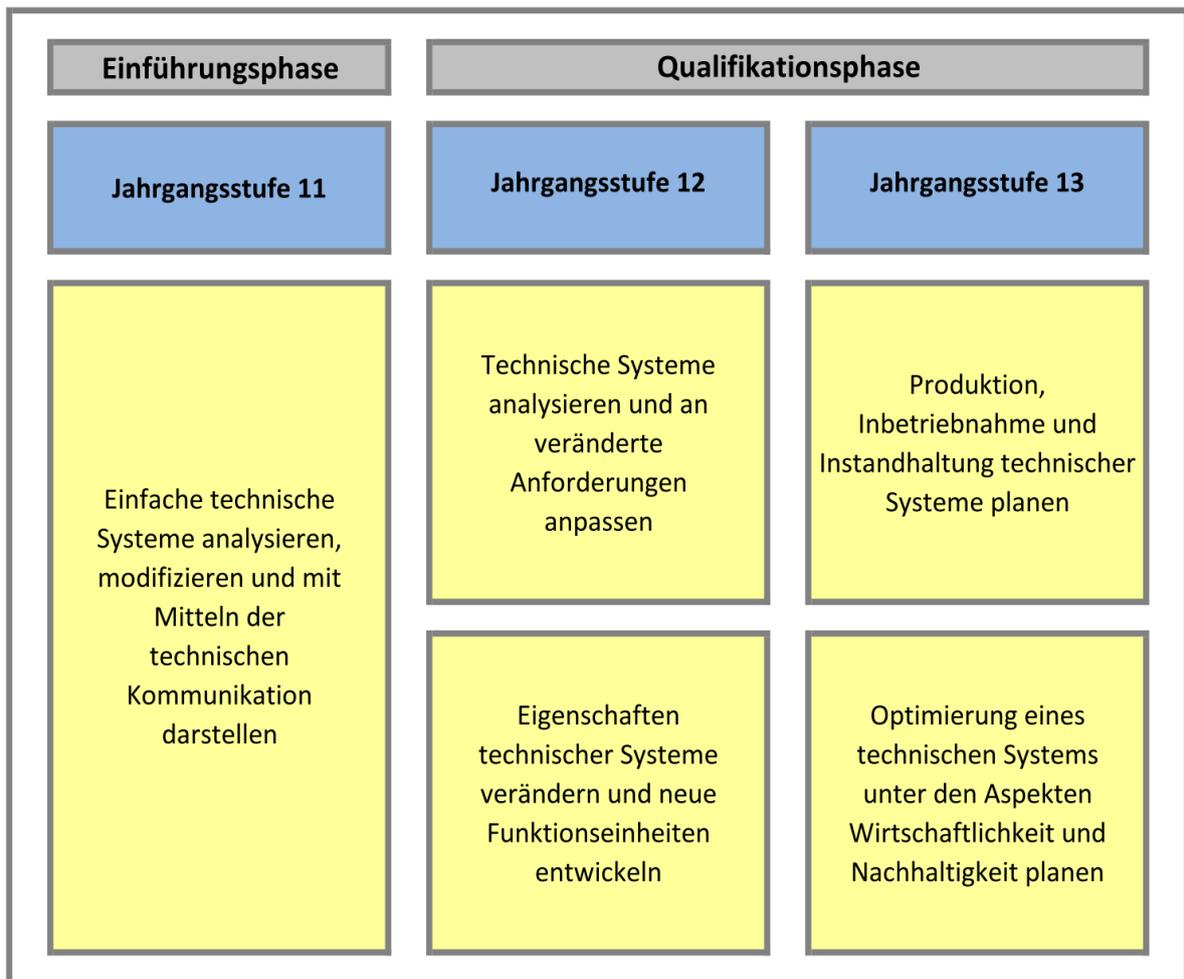


Abb. 12: Das Kurssystem „Ingenieurwissenschaften“ in der Einführungs- und Qualifikationsphase des Landes Nordrhein-Westfalen

des Systemeinsatzes bis hin zur Instandhaltung und

- fokussieren im Kurshalbjahr 13.2 die Reflexion und Bewertung um gesellschaftlich relevante Fragen bspw. der Nachhaltigkeit.

Kompetenzfelder liegen sozusagen quer zu den Kursthemen und werden in jedem Kurshalbjahr adressiert. Im Unterschied zum Curriculum des Landes Sachsen-Anhalt werden hier keine Labor- bzw. Projektarbeiten in den jeweiligen Kursjahren ausgewiesen, vielmehr fordern die curricularen Skizzen grundsätzlich eine projektförmige Unterrichtsorganisation (ebd., 9). Darüber hinaus ist eine Facharbeit möglich.

#### 4.2.3 Zur Arbeit mit den curricularen Skizzen

Ausgehend von Kompetenzfeldern ingenieurwissenschaftlichen Arbeitens werden Lernaufgaben eingesetzt, die grundsätzlich Bezüge zu allen drei Fachdisziplinen besitzen. Dabei sehen die Skizzen prinzipiell eine 75%ige Obligatorik vor, die im Hinblick auf die zentralen Abituranforderungen zu gewährleisten ist, und einen 25%igen Anteil an Aufgaben und Inhalten mit Bezug auf regionale Merkmale und Infrastruktur, geregelt in einem schulinternen Curriculum.

Als eine wesentliche didaktisch-methodische Festlegung enthält das Konzept folgende Forderung:

„Unterrichtsarbeit hat sich grundsätzlich (...) in der Bearbeitung projektähnlicher Lernaufgaben zu vollziehen. Diese Projekte nehmen an Umfang, Anspruchsniveau und Komplexität im Bildungsgangverlauf zu, bis ein ausreichendes Anforderungsniveau entsprechend den Einheitlichen Prüfungsanforderungen (EPA) der KMK erreicht ist“ (ebd., 9).

Die Skizzen sprechen hier ausdrücklich von einem spiralcurricularen Aufbau mit wiederkehrenden Inhalten und Methoden und deren Bearbeitung mit zunehmender Komplexität und wissenschaftlicher Tiefe (ebd., 7).

Die aufgeführten Kompetenzfelder werden somit in den einzelnen Kurshalbjahren am Beispiel unterschiedlicher Lernaufgaben aufgeführt und exemplarisch konkretisiert. Bspw. taucht das Kompetenzfeld „Werkstoffauswahl“ im Verlauf des Curriculums

- in der Einführungsphase am Beispiel der Lernaufgabe „Analyse einer überdachten Ladestation mit Photovoltaikanlage für elektrisch betriebene Automobile“,
- in der Qualifikationsphase
  - im Schulhalbjahr 12/1 am Beispiel der Lernaufgabe „Umnutzung einer Lagerhalle...“
  - im Schulhalbjahr 12/2 am Beispiel der Lernaufgabe „Umnutzung eines Hochbunkers zum Mehrfamilienhaus“,
  - im Schulhalbjahr 13/1 am Beispiel der Lernaufgabe „Neubau eines Wellenbades“ und
  - im Schulhalbjahr 13/2 am Beispiel der Lernaufgabe „Senkung des Energieverbrauchs (...) durch Minimierung der Wärmebrücken und Einbau einer Erdwärmepumpe“

auf, wobei mit zunehmender Komplexität sowohl neue Inhalte und Fachbegriffe im Kompetenzfeld „Modellbildung“ als auch komplexere Anforderungen in Kompetenzfeldern wie „Sicherheit und Gesundheitsschutz“ oder „Folgenabschätzung“ angesprochen sind.

Grundlegend sind hier eine ausreichende Wissenschafts- und Berufspropädeutik mit dem Ziel angesprochen, technikorientierte Bildungs- und Berufsbiografien zu initiieren. Hierzu soll gewährleistet werden, dass die Schüler/-innen einen hinreichenden Einblick in die einzelnen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen erwerben und auf dieser Grundlage über ihren eigenen Berufs- und Lebensweg fundiert entscheiden können.

## 5 Ausblick

Mit der Entwicklung des Bildungsgangs „Ingenieurwissenschaften“ und mit den Curricula der Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt liegen Konzepte vor, die im Rahmen eines Länder übergreifenden Schulversuchs erprobt und weiter konkretisiert werden. Die anstehenden Schritte betreffen die Modellierung eines Aufgabensystems zur Lernerfolgs- und Abiturprüfung unter Ausweisung der Prinzipien wissenschaftspropädeutischen Handelns (vgl. etwa VDI-Bildungsstandards und Anforderungsbereiche der EPA) einschließlich der Musterlösungen zur Verdeutlichung des Niveaustufen, um landeseinheitliche Abiturprüfungen im Rahmen des Zentralabiturs zu unterstützen (der Erprobungsfassung des Lehrplans für Sachsen-Anhalt liegen Musteraufgaben für den Schuljahrgang 11 und eine Beispielaufgabe für die Abiturprüfung aus dem Bereich der Bautechnik bei).

Die Einführung des Bildungsgangs ist im Schuljahr 2013/14 in Sachsen-Anhalt und im Schuljahr 2014/15 in Nordrhein-Westfalen erfolgt. Dabei zeigen die bislang vorliegenden Erfahrungen eine sehr gute Akzeptanz des Bildungsgangs; am Beispiel von Sachsen-Anhalt ist die Standort- und Schülerzahl Jahr für Jahr angestiegen, auch in Nordrhein-Westfalen liegen die Schülerzahlen trotz der im Schulversuch erfolgten Beschränkung auf 10 Versuchsschulen auf einem verglichen mit anderen technischen Bildungsgängen sehr hohen Niveau, das derzeit nur von den im Regelsystem eingeführten und wählbaren Beruflichen Gymnasien für Maschinenbautechnik übertroffen wird. An verschiedenen Standorten erfolgt die Einbindung exemplarischer ingenieurwissenschaftlicher Laboreinheiten an Universitäten und Fachhochschulen und damit die orientierende Vorbereitung auf den Übergang von der gymnasialen Oberstufe in ein ingenieurwissenschaftliches Studium. Mit dem Schuljahr 2016/17 ist zudem Hamburg ebenfalls in den Kreis der Länder eingetreten, die das Berufliche Gymnasium für Ingenieurwissenschaften in ihr Bildungsangebot integrieren; Hamburg führt derzeit diesen Bildungsgang auf der Grundlage eines neu entwickelten Bildungsplans ein.

Von besonderer Bedeutung ist die Anschlussfähigkeit des Bildungsgangs an die Schulen der Sekundarstufe I, was in Sachsen-Anhalt durch die neu eingeführte Gemeinschaftsschule eine besondere Aktualität erhält. Dies geschieht auf curricularer Ebene durch eine Bezugnahme auf Inhalte und Methoden insbesondere der Fächer Mathematik, Naturwissenschaften und Technik. Darüber hinaus erfolgen unterschiedliche bildungsorganisatorische Maßnahmen – bspw. in der Form von regionalen Kooperationsvereinbarungen – zur Sicherung der Anschlussfähigkeit der Bildungsgänge im Rahmen von Schulkooperationen von Beruflichen Gymnasien mit Schulen der Sekundarstufe I.

In diesem Sinne leistet das Berufliche Gymnasium einen wichtigen Beitrag zur Durchlässigkeit der Bildungswege für qualifizierte Schüler/-innen von den Schulen des Sekundarbereichs I zu einem für ein Studium befähigenden Bildungsabschluss und liefert damit einen Beitrag der berufsbildenden Schulen zur Bildungsgerechtigkeit.

## 6 Literatur

- Agentur für Arbeit (2013): Planet Beruf: Werkstoffprüfer/Werkstoffprüferin.  
URL: [www.planet-beruf.de/Werkstoffpruefer-in.16191.0.html?&type=8](http://www.planet-beruf.de/Werkstoffpruefer-in.16191.0.html?&type=8) (30.11.2016)
- 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.
- 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)
- 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 Weiter-

bildung - 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

Köller, Olaf et al. (2014): Wege zur Hochschulreife in Baden-Württemberg. TOSCA – Eine Untersuchung an allgemein bildenden und beruflichen Gymnasien. Opladen: Leske + Budrich

Kultusministerium (2013): Fachgymnasium Technik – Profulfach Ingenieurwissenschaften. Lehrplan zur Erprobung. Magdeburg: Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt

Leucht, Michael/Kampa, Nele/Köller, Olaf (Hrsg.) (2016): Fachleistungen beim Abitur. Vergleich allgemeinbildender und beruflicher Gymnasien in Schleswig-Holstein. Münster, New York: Waxmann

MSW (2015): Curriculare Skizzen zur Erprobung im Schulversuch Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften für das Profil bildende Leistungskursfach Ingenieurwissenschaften. Düsseldorf, Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 22.06.2015

Oberliesen, Rolf (2002): Technik in allgemeinbildenden Schulen: Sekundarstufe II. Ansätze und Perspektiven. In: Banse/Meier/Wolffgramm (Hrsg.): Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel. Eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse. Karlsruhe: Forschungszentrum, 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 – Studententexte, Band 6).

Pahl, Jörg-Peter (2013a): Handbuch Berufsforschung. Bielefeld: Bertelsmann

Rauner, Felix (2002): Berufliche Kompetenzentwicklung – vom Novizen zum Experten. In: Dehnbostel et al. (Hg.) (2002): Vernetzte Kompetenzentwicklung. Alternative Positionen zur Weiterbildung. Berlin: edition sigma, S. 111–132

Rauner, Felix/Piening, Dorothea/Heinemann, Lars (2009): Komet – Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung. In: Rauner, Felix et al. (Hrsg.): Messen beruflicher Kompetenzen. Band II - Ergebnisse Komet 2008. Berlin: Lit, S. 13-40

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. URL: [http://www.bwpat.de/ht2011/ws28/rauner\\_ws28-ht2011.pdf](http://www.bwpat.de/ht2011/ws28/rauner_ws28-ht2011.pdf) (30.11.2016)

Ropohl, Günter (1999): Allgemeine Technologie – eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe: Universitätsverlag

Standards für eine allgemeine technische Bildung (2003), Band 1: Inhalte technischer Bildung, Villin-

gen-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> (30.11.2016)

Traebert, Wolf Eckehard (2000): Technik als Schulfach der Sekundarstufe I. In: Bader/Jenewein 2000, S. 35-52

VDI (2000): VDI-Richtlinie 3780: Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Düsseldorf, September 2000

Wagener, Willi/Haupt, Wolfgang (2000): Technik als Fach der gymnasialen Oberstufe. In: Bader/Jenewein 2000, S. 53-75

## **Anhang**

- I Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt: Fachgymnasium Technik – Profulfach Ingenieurwissenschaften, Lehrplan zur Erprobung**
- II Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Curriculare Skizzen zur Erprobung im Schulversuch Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften für das Profil bildende Leistungskursfach Ingenieurwissenschaften**
- III Die Reihe Arbeitsberichte „Berufs- und Betriebspädagogik“**

**FACHGYMNASIUM TECHNIK  
PROFILFACH  
INGENIEURWISSENSCHAFTEN**

**LEHRPLAN ZUR ERPROBUNG**



**SACHSEN-ANHALT**

---

**KULTUSMINISTERIUM**

An der Erarbeitung des vorliegenden Lehrplans haben mitgewirkt:

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

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

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

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

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

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

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

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

Verantwortlich für den Inhalt:

Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt

## Inhaltsverzeichnis

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Beitrag zur Bildung und Erziehung im Rahmen des Fachgymnasiums.....                                       | 4  |
| 2 | Ziele, fachdidaktische Konzeption und Kompetenzentwicklung im Profulfach<br>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<br>präsentieren“ .....         | 28 |
|   | 7.2 Aufgaben- und Bewertungsbeispiel: Abiturprüfungsaufgabe.....  | 30 |

## 1 Beitrag zur Bildung und Erziehung im Rahmen des Fachgymnasiums

Das Profilfach 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 Profilfach 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 Profilfachs 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 Profilfach 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.

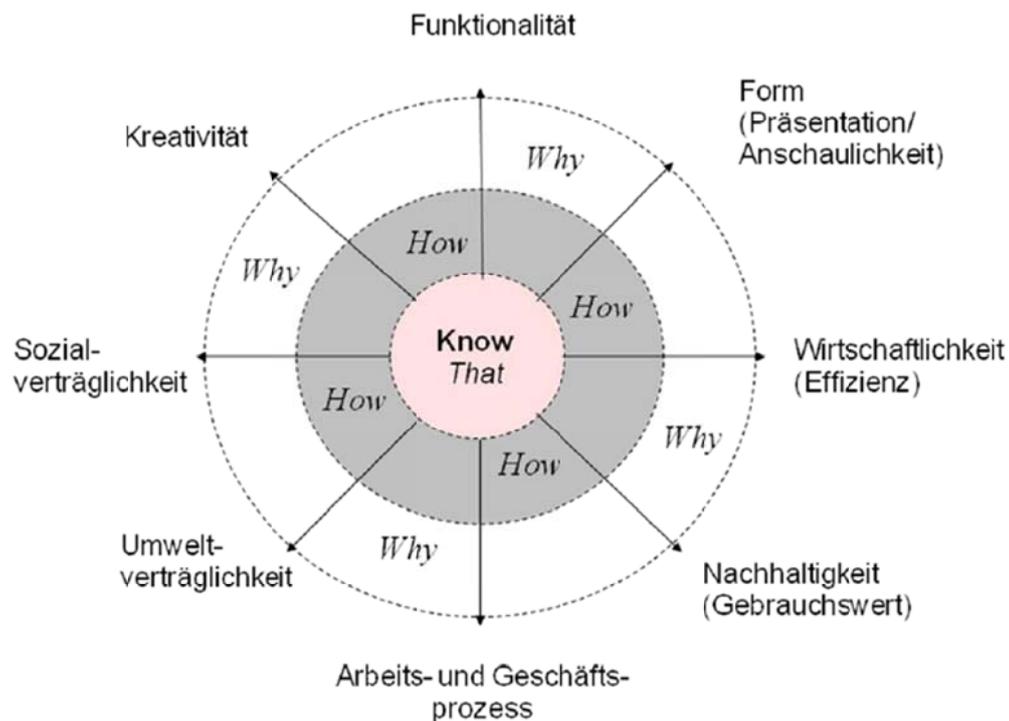
Im Rahmen der aufgeführten Kompetenzen werden kommunikative Kompetenz, Methodenkompetenz und Lernkompetenz besonders akzentuiert. Ihre Entwicklung wird in kompetenzfördernden Lehr-/Lernarrangements und in Vernetzung mit Fach-, Selbst- und Sozialkompetenz gefördert. Insbesondere werden die Schülerinnen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

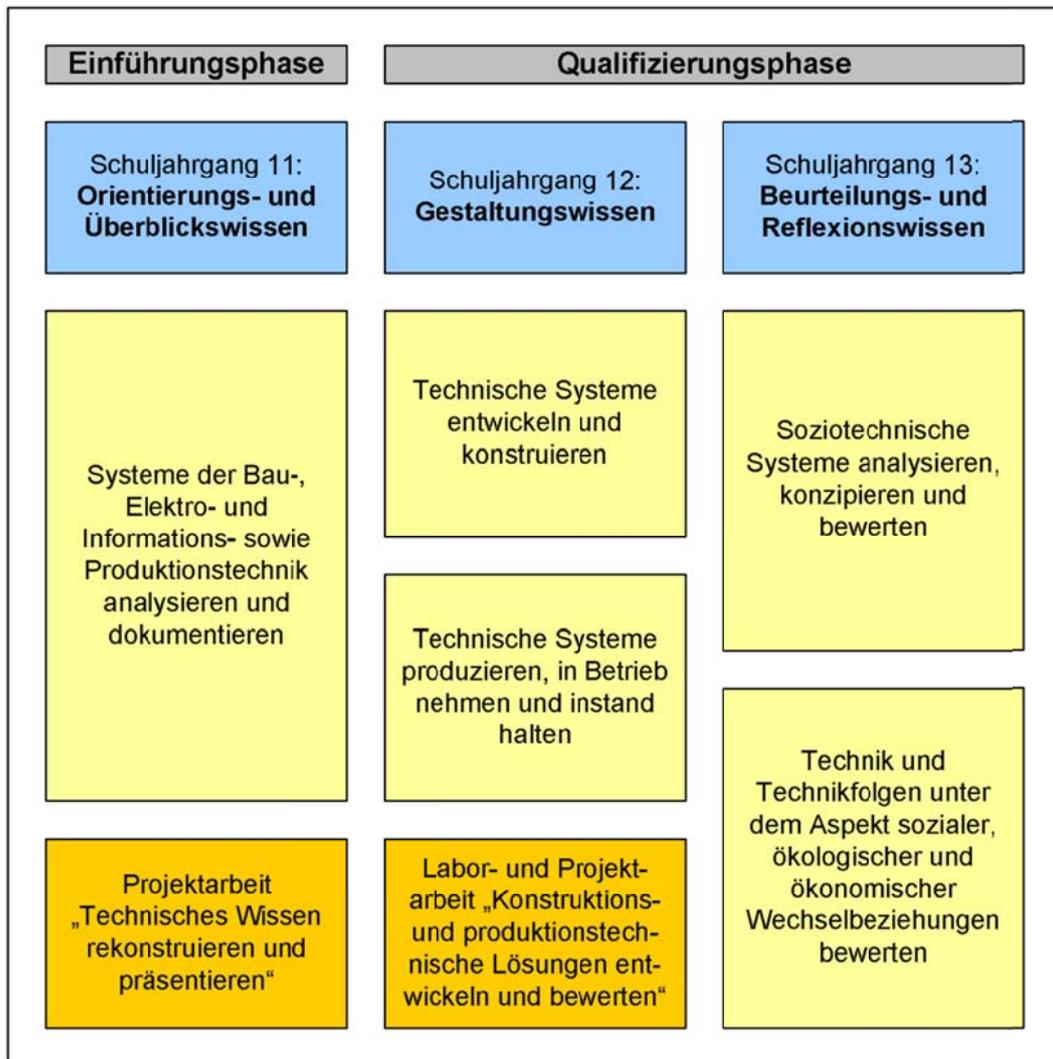
Das Prinzip der vollständigen Handlung bildet die didaktische und methodische Grundlage eines kompetenzfördernden Unterrichts. Entsprechend des Modells der Entwicklung von Kompetenzstufen orientiert sich der Unterricht

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

## 4 Leistungen und ihre Bewertung

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

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

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

- „Im Anforderungsbereich I beschränken sich die Aufgabenstellungen auf die Reproduktion und die Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden, das Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form sowie die Darstellung einfacher Bezüge.
- Im Anforderungsbereich II verlangen die Aufgabenstellungen die Reorganisation und das Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Anwendung von technischen Kommunikationsformen, die Wiedergabe von Bewertungsansätzen sowie das Herstellen von Bezügen, um techni-

sche Problemstellungen entsprechend den allgemeinen Regeln der Technik zu lösen.

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

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

## 5 Kurse, Kompetenzbereiche und Zeitrichtwerte

### 5.1 Kursübersicht

#### Schuljahrgang 11 (Einführungsphase)

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

#### Schuljahrgang 12 (Qualifizierungsphase)

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

#### Schuljahrgang 13 (Qualifizierungsphase)

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

## 5.2 Schuljahrgang 11 (Einführungsphase)

### Technische Systeme und technisches Wissen analysieren, rekonstruieren und präsentieren

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

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

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

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

|  |  |
|--|--|
| <b>Handlungszusammenhang</b>   |  |
| Technische Systeme produzieren, in Betrieb nehmen und Instand halten |  |
| <b>Kompetenzbeschreibung</b>   |  |
| Fachkompetenz:   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausgewählte Produkte hinsichtlich Aufbau, Funktion und Fertigungsprozess analysieren und unter Darstellung fachlicher Grundlagen, Herstellungsbedingungen und -abläufen rekonstruieren</li> <li>- 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</li> <li>- Vernetzte Fertigungsprozesse planen, Wechselbeziehungen zwischen Fertigungsverfahren, Fertigungseinrichtung und Fertigungsmitteln verfahrensbezogen gestalten, exemplarische Lösungen für eine Fertigungsautomatisierung unter Berücksichtigung von Fragen der Qualitätssicherung entwickeln</li> <li>- Exemplarische Aufgaben zu Fertigungs- und Instandhaltungsprozessen unter Anwendung von Methoden der Arbeitsplanung strukturieren, in Ablaufdiagrammen darstellen und Lösungsvarianten bewerten</li> </ul>  |
| Methodenkompetenz:   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fertigungsanalysen auf einfache technische Systeme und Produkte der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik strukturiert anwenden</li> <li>- Planungen für maschinelle Fertigungsaufgaben selbstständig erarbeiten und auf Aufgaben der Bau-, Elektro- und Informations- sowie Produktionstechnik übertragen</li> <li>- 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</li> <li>- Verfahrenskennnisse methodensystematisch ausbauen und auf die einfache fertigungstechnische Problemstellungen lösungsbezogen anwenden</li> <li>- Historische Entwicklung von Lösungen für ausgewählte fertigungstechnische Problemstellungen recherchieren, unter Anwendung der historisch-genetischen Methode ausarbeiten und unter Nutzung unterschiedlicher Medien präsentieren</li> <li>- Ökonomische, ökologische und soziale Kriterien für die Beurteilung von konstruktiven Lösungen auf der Grundlage ausgewählter Kriterien diskutieren</li> <li>- Aus Tabellenbüchern technische Parameter zur Gestaltung und Optimierung von Fertigungsprozessen ermitteln</li> <li>- Erkundungen fertigungstechnischer Systeme in außerschulischen Lernorten planen, durchführen, dokumentieren und deren Ergebnis präsentieren</li> </ul> |
| <b>Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände</b>       |  |
| <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><b>Handlungszusammenhang</b></p> <p>Labor- und Projektarbeit „Konstruktions- und produktionstechnische Lösungen entwickeln und bewerten“</p>  |   |
| <p><b>Kompetenzbeschreibung</b></p>  |   |
| <p>Fachkompetenz:</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eine ausgewählte konstruktions- und/ oder produktionstechnische Problemstellung unter den Gesichtspunkten von Präsentation und technischer Kommunikation planen, ausführen und dokumentieren</li> <li>- Technische Systeme unter den Aspekten von Funktionsfähigkeit und Nachhaltigkeit vergleichend bewerten</li> <li>- Wechselbeziehungen zwischen Fertigungsverfahren, Fertigungseinrichtung und Fertigungsmittel verfahrensbezogen darstellen und Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen</li> <li>- Aufgaben der Wartung, Inspektion und Instandsetzung auf Grundlage einer Betriebserkundung und Aspektanalyse prozessbezogen erfassen und dokumentieren</li> <li>- Das technische Experiment als Grundlage des ingenieurwissenschaftlichen Wissenserwerbs an Beispielen präsentieren</li> </ul>   |
| <p>Methodenkompetenz:</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informationsquellen wie technische Unterlagen, Tabellen- und Fachbücher sowie Herstellerunterlagen unter Einschluss internetbasierter Recherchen selbstständig erschließen und problembezogen einsetzen</li> <li>- Strukturen für vernetzte maschinelle Fertigungsprozesse erarbeiten und fertigungsbezogene Abläufe erfassen</li> <li>- Charakteristische Vorgehensweisen für Fertigungsanalyse, Fertigungsaufgabe und instandhaltungsorientierten Aufgaben beschreiben</li> <li>- Charakteristische Vorgehensweisen für Konstruktionsanalyse, Konstruktionsaufgabe und Konstruktionsvergleich darstellen</li> <li>- Ökonomische, ökologische und soziale Kriterien für die Beurteilung von konstruktiven Lösungen aufzeigen</li> <li>- Medien wie Dokumentationen, Lernvideos und Modelle als Mittel zur Präsentation eigener Entwicklungsergebnisse und -prozesse einsetzen</li> <li>- Komplexe Gestaltungsaufgaben unter Einsatz bekannter Techniken des Präsentierens und Referierens darbieten und gefundene Lösungen und Lösungswege verteidigen</li> <li>- Eine Projektaufgabe nach dem Prinzip der vollständigen Handlung selbstständig planen, durchführen, bewerten, reflektieren und präsentieren und Verantwortung für die Teamlösung übernehmen</li> </ul> |
| <p><b>Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände</b></p> <p>Labor- und Projektarbeit in thematischer Fokussierung auf einen oder mehrere der Bereiche</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- heuristisches und methodisches Konstruieren, Entwurfs-, Konstruktions- und Entwicklungsmethodik, Projektierungsverfahren</li> <li>- Fertigungsaufgabe mit Bezug auf ausgewählte Fertigungsverfahren, Fertigungsautomatisierung</li> <li>- Montageaufgaben bei unterschiedlichen Stückgrößen: Einzel- und Kleinserienfertigung, Massenfertigung</li> <li>- Qualitätsverfahren und Qualitätsmanagement</li> <li>- Spezifische Mess- und Prüfverfahren</li> </ul> |   |

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

## 5.4 Schuljahrgang 13 (Qualifizierungsphase)

### 13.1 Soziotechnische Systeme

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

*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><b>Handlungszusammenhang</b><br/>                 Technik und Technikfolgen unter dem Aspekt sozialer, ökologischer und ökonomischer Wechselbeziehungen bewerten</p>   |  |
| <p><b>Kompetenzbeschreibung</b></p>   |  |
| <p>Fachkompetenz:</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kategorien nachhaltiger Entwicklung im Sinne der „Agenda 21“ in ihrer Bedeutung für das ingenieurwissenschaftliche Denken und Handeln beschreiben</li> <li>- Modelle für die künftige Entwicklung bau-, elektro- und informationstechnischer sowie produktionstechnischer Systeme unter dem Aspekt ihrer sozialen, ökonomischen und ökologischen Wechselbeziehungen erarbeiten</li> <li>- Quantitative und qualitative Methoden der Technikbewertung beschreiben und auf ausgewählte soziotechnische Systeme der Bau-, Elektro- und Informationstechnik sowie der Produktionstechnik anwenden</li> <li>- 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</li> </ul> |
| <p>Methodenkompetenz:</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Historische Analogien bilden und überprüfen</li> <li>- Stärken und Schwächen der gewählten technischen Lösungen beurteilen und bewerten</li> <li>- Methoden der Technikbewertung situationsbezogen auswählen und anwenden</li> <li>- Die Folgen technischer Lösungen einschätzen und bewerten</li> </ul>  |
| <p><b>Grundlegende ingenieurwissenschaftliche Wissensbestände</b></p> <p><i>Bautechnische Wissensbestände</i><br/>                 Wärmeschutz:<br/>                 - U- und R-Wertberechnungen<br/>                 - Dampfdiffusion<br/>                 - Glaserdiagramme<br/>                 - Nutzung nachwachsender Rohstoffe<br/>                 Feuchtigkeitsschutz:<br/>                 - waagerechte Abdichtungen<br/>                 - senkrechte Abdichtungen<br/> <i>Elektro- und informationstechnische Wissensbestände</i><br/>                 Elektro- und informationstechnische Systeme<br/>                 - Energieeffizienz<br/>                 - Anpassung und Kompatibilität<br/>                 - Pflege und Wartung<br/> <i>Produktionstechnische Wissensbestände</i><br/>                 Gestaltung nachhaltiger Maschinensysteme<br/>                 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](http://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)

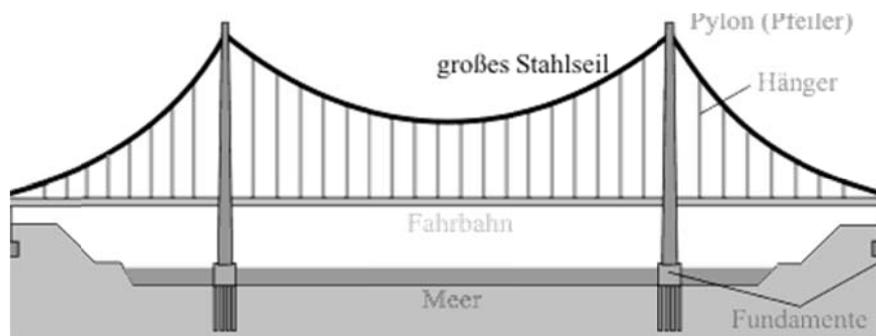
Wolffgramm, Horst: Allgemeine Techniklehre. Bd. 1: Allgemeine Technologie (1994); Bd. 2: Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme (1995). Hildesheim: Franzbecker, 1994, 1995

## 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](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**

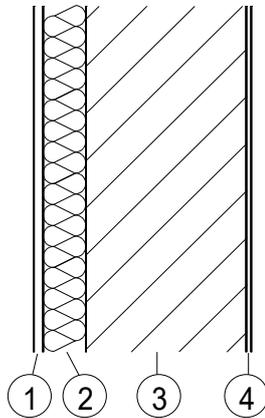
- Überprüfung der aufgestellten Hypothesen mit den gewonnenen Erkenntnissen
- Übertragung der Kennwerte auf andere Werkstoffe – Ermittlung von Zusammenhängen
- Auswahl eines geeigneten Werkstoffs für die Brückenkonstruktion anhand der ermittelten Messwerte
- Übertragung des Wissens über das Werkstoffverhalten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

## 7.2 Aufgaben- und Bewertungsbeispiel: Abiturprüfungsaufgabe

### Aufgabenkomplex 1: Bauphysik – Wärmeschutz

50 Punkte

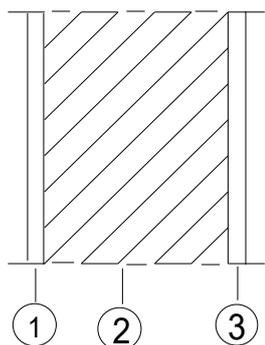
- 1.1. Die in der Skizze dargestellte Außenwand soll mit einem Mineralfaserdämmstoff der Wärmeleitgruppe 045 gedämmt werden.



- 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.

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

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

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

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

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

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

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

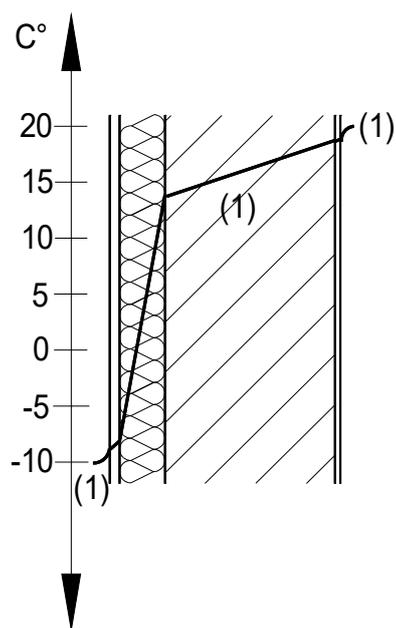
$$\vartheta_1 = 17,33^\circ C - 0,007 \cdot 20,52 = 17,19^\circ C \quad (1)$$

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

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

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

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



1.1.2.

Wertetabelle:

| d[cm]                 | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R[m <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> 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)

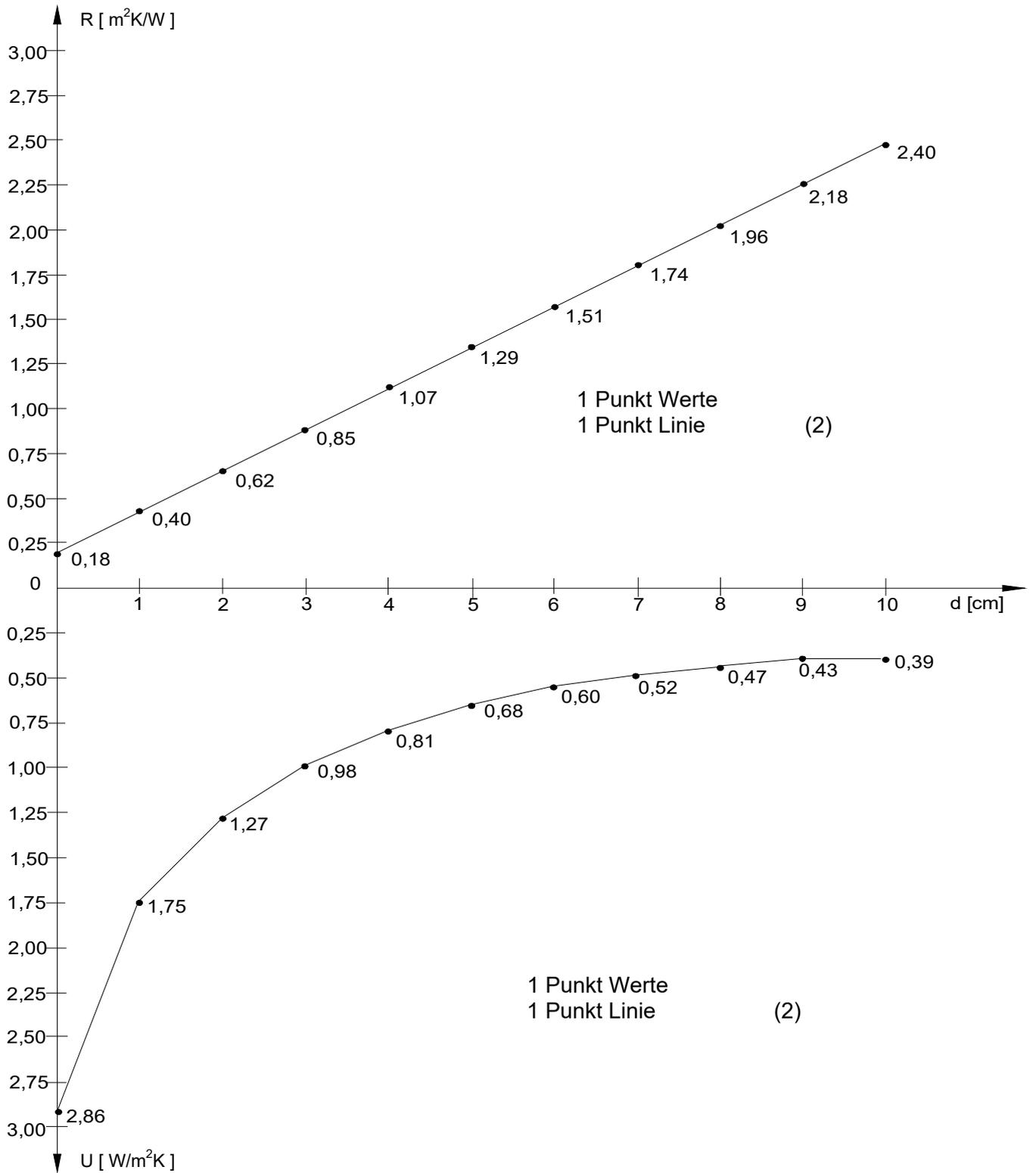
Die Verringerung des U-Wertes wird ständig kleiner. (1)

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.



[26]

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.

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

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

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

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-<br>aufgabe | Erwartete Lösungen                                 | AFB<br>I | AFB<br>II | AFB<br>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         |            |



**Curriculare Skizzen  
zur Erprobung  
im Schulversuch  
Berufliches Gymnasium für  
Ingenieurwissenschaften  
für das  
Profil bildende Leistungskursfach  
Ingenieurwissenschaften  
Stand: 22.06.2015**



| <b>Inhalt</b>   | <b>Seite</b> |
|---|--------------|
| <b>1 Gültigkeitsbereich.....</b>                                    | <b>3</b>     |
| <b>2 Konzeption des Faches Ingenieurwissenschaften .....</b>        | <b>3</b>     |
| <b>3 Themen und Inhalte der Kurshalbjahre .....</b>                 | <b>6</b>     |
| 3.1 Leitideen und Lerngebiete des Faches Ingenieurwissenschaften... | 7            |
| 3.2 Kurshalbjahre 11.1 / 11.2.....                                  | 10           |
| 3.3 Kurshalbjahr 12.1 .....   | 19           |
| 3.4 Kurshalbjahr 12.2.....  | 27           |
| 3.5 Kurshalbjahr 13.1 .....   | 33           |
| 3.6 Kurshalbjahr 13.2.....  | 41           |
| <b>4 Lernerfolgsüberprüfung .....</b>                               | <b>46</b>    |
| <b>5 Abiturprüfung .....</b>  | <b>48</b>    |
| 5.1 Schriftliche Abiturprüfung .....                                | 48           |
| 5.2 Mündliche Abiturprüfung .....                                   | 49           |



## 1 Gültigkeitsbereich

Die Vorgaben für das Fach Ingenieurwissenschaften gelten für den Schulversuch „Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften“.

## 2 Konzeption des Faches Ingenieurwissenschaften

Das profilbildende Leistungskursfach ist als ein die ingenieurwissenschaftlichen Fachdisziplinen übergreifendes, technikwissenschaftliches Fach angelegt, das die Schülerinnen und Schüler Prinzipien ingenieurwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens kennenlernen und anwenden lässt. Durch die problemorientierte Anwendung dieser Prinzipien erwerben sie technische Handlungskompetenz. Die fallbezogene Verwendung spezieller Methoden und Arbeitsweisen ermöglicht ihnen einen realitätsnahen und praxisorientierten Zugang zum modernen Arbeitsfeld des Ingenieurwesens. Eine spätere fundierte Entscheidung für eine ingenieurwissenschaftliche Einzeldisziplin wird ermöglicht.

Ein mit positiven Erfahrungen besetzter, motivierter Umgang mit ingenieurwissenschaftlichen Sachsystemen wird angestrebt, um technikorientierte Bildungs- und Berufsbiografien zu initiieren.

Das interdisziplinär vermittelte Technikwissen wird die Schülerinnen und Schüler zunehmend befähigen, sich in neue Problemfelder einzuarbeiten und in technisch bestimmten und im stetigen Wandel begriffenen Lebens- und Berufssituationen erfolgreich zu bestehen.

Das Ziel, eine ausreichende Wissenschafts- und Berufspropädeutik zu erreichen, erfordert eine vertiefende Betrachtung ausgewählter technischer Teilsysteme.

Die disziplinübergreifenden Arbeitsweisen und Strukturen werden im Fach Ingenieurwissenschaften an Hand von Problemstellungen, zu deren Lösung das Zusammenwirken der drei Fachdisziplinen Bautechnik, Elektrotechnik und Maschinenbautechnik notwendig ist, erarbeitet und exemplarisch verdeutlicht. Diese Beschäftigung mit ausgewählten Schwerpunkten lässt Schlussfolgerungen auf ähnliche ingenieurwissenschaftliche Systeme zu. Gleichzeitig sichert sie ein Anforderungsniveau, das den profilbildenden Leistungskursfächern der affinen und eingeführten Bildungsgänge gleichwertig ist.

Eine Ausdehnung auf weitere Disziplinen ist denkbar, wenn auch nicht Teil der Obligatorik dieser curricularen Skizzen.

Technische Problemlösungen stellen in der Regel Kompromisse dar, die unterschiedliche Anforderungen zu einer ausbalancierten Lösung führen müssen. Aspekte wie Machbarkeit, Funktionalität, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit etc. sind zu beachten und gemeinsam zu bearbeiten. Technische Anforderungssituationen



beinhalten dabei auch nicht-technische Anforderungen, u.a. aus ökonomischer, ergonomischer, ökologischer - auch ästhetischer oder ethischer Perspektive, die bei der Entstehung oder Verwendung von Sachsystemen zu berücksichtigen sind. Wesentliche Aspekte in diesem Zusammenhang sind Wirtschaftlichkeit, Qualität, Folgenabschätzung und Nachhaltigkeit. Technische Handlungssituationen sind durch festgelegte oder vereinbarte Zielkataloge gekennzeichnet, gleichwohl sind unterschiedliche Lösungsansätze, Lösungswege und meist auch Lösungen zulässig.

Die didaktische Organisation des Faches folgt der in Teil II des Bildungsplans für den Fachbereich Technik dargestellten Struktur, die sich an den Phasen technischen Handelns ausrichtet und entlang der Lebensphasen technischer Systeme angelegt ist.

Die Umsetzung dieser Organisationsprinzipien in den vorliegenden curricularen Skizzen erfolgt anhand der Beschreibung konkreter ingenieurwissenschaftlicher Arbeits- und Handlungsmuster, die sich fachdisziplinübergreifend als gemeinsame Aspekte oder Kompetenzfelder im Sinne von „Schnittstellen“ ingenieurwissenschaftlichen Planens und Handelns auszeichnen.

Die so definierten Kompetenzfelder dienen als Gliederungsmerkmal zur Strukturierung der Inhalte dieses neu konzipierten Faches; sie erklären und systematisieren ingenieurwissenschaftliche Arbeitsprozesse – hier am Beispiel der Fachdisziplinen Bau-, Maschinenbau- und Elektrotechnik:

- Zielsetzung
- Planung
- Werkstoffauswahl
- Dimensionierung
- Herstellung
- Folgenabschätzung
- Qualitätssicherung
- Kommunikation und Dokumentation
- Modellbildung
- Wirtschaftlichkeit
- Sicherheit und Gesundheitsschutz

Die über diese Kompetenzfelder definierte didaktische Struktur dieser curricularen Skizzen konkretisiert den Teil II des seit Juni 2006 gültigen Bildungsplans für die Beruflichen Gymnasien des Fachbereichs Technik, der die didaktische Organisation der Bildungsgänge vorgibt. Die übergreifenden, auf alle Bildungsgänge des Fachbereichs Technik bezogenen Eckpunkte der didaktischen Organisation werden in den jeweiligen Fachlehrplänen (Teile III) in curriculare, inhaltsbasierte Vorgaben übersetzt, hier bezogen auf die Berufspraxis ingenieurwissenschaftlicher Arbeitsplätze



generell, unabhängig von den Teildisziplinen. Notwendigerweise ergeben sich dabei auch Aktualisierungen und zeitgemäße Ergänzungen.

Im Einzelnen stellen sich die Bezüge wie folgt dar:

Die ersten fünf genannten Kompetenzfelder basieren auf den in Teil II des Bildungsplans Technik genannten Handlungsphasen. Die beiden Kompetenzfelder *Werkstoffauswahl* und *Dimensionierung* konkretisieren hierbei die im Teil II genannte Handlungsphase *Entwicklung*. Das Kompetenzfeld *Folgenabschätzung* impliziert die in Teil II benannte Phase *Beseitigung*. Das Kompetenzfeld *Qualitätssicherung* beinhaltet auch Aspekte der Querschnittsaufgabe *Optimierung und Verbesserung* aus Teil II.

Das Kompetenzfeld *Kommunikation und Dokumentation* thematisiert die alle Handlungsphasen des Ingenieurs begleitenden Fachsprachen, Methoden und Medien.

Die Kompetenzfelder *Modellbildung*, *Wirtschaftlichkeit* sowie *Sicherheit und Gesundheitsschutz* beziehen sich auf die im Bildungsplan Teil II genannten Aspekte der Technisierung der Lebens- und Berufswelt.

In jedem Halbjahr werden die zu bearbeitenden Inhalte diesen Aspekten zugeordnet und im Sinne eines spiralcurricularen Aufbaus, wiederkehrend mit zunehmender Komplexität und wissenschaftlicher Tiefe, bearbeitet.



### 3 Themen und Inhalte der Kurshalbjahre

| <b>Übersicht über die Kursthemen<br/>im Fach „Ingenieurwissenschaften“</b> |  |                          |
|--|--|--------------------------|
| Kurshalb-<br>jahr  | Kursthemen   | Zeitrichtwert in<br>Std. |
| <i>Jahrgangsstufe 11 (Einführungsphase)</i>                                |  |                          |
| 11.1,<br>11.2  | Einfache technische Systeme analysieren, modifizieren und mit Mitteln der technischen Kommunikation darstellen | 200                      |
| <i>Jahrgangsstufe 12 (Qualifikationsphase)</i>                             |  |                          |
| 12.1   | Technische Systeme analysieren und an veränderte Anforderungen anpassen  | 100                      |
| 12.2   | Eigenschaften technischer Systeme verändern und neue Funktionseinheiten entwickeln                             | 100                      |
| <i>Jahrgangsstufe 13 (Qualifikationsphase)</i>                             |  |                          |
| 13.1   | Produktion, Inbetriebnahme und Instandhaltung technischer Systeme planen                                       | 100                      |
| 13.2   | Optimierung eines technischen Systems unter den Aspekten der Wirtschaftlichkeit und der Nachhaltigkeit planen  | 100                      |



### 3.1 Leitideen und Lerngebiete des Faches Ingenieurwissenschaften

In jedem Schul- bzw. Halbjahr werden die zu bearbeitenden Inhalte entlang der definierten Kompetenzfelder ingenieurwissenschaftlichen Arbeitens im Sinne eines spiralcurricularen Aufbaus, wiederkehrend bei zunehmender Komplexität und wissenschaftlicher Tiefe, bearbeitet. Dabei ergibt sich notwendigerweise eine Zuordnung einzelner Inhalte zu den Teildisziplinen Bau-, Maschinenbau- oder Elektrotechnik, diese hat aber im Sinne der Zielstellung dieser curricularen Skizzen nur exemplarischen Charakter. Im Fokus steht vorrangig eine technische, wissenschaftspropädeutische Qualifizierung der Schülerinnen und Schüler anhand grundsätzlich ingenieurtypischer Arbeitsweisen und Methoden, vermittelt über die unter dem Punkt 2. *Konzeption des Faches* vorgestellten Kompetenzfelder, die die folgenden curricularen Skizzen inhaltlich prägen. Diese ingenieurwissenschaftlichen Kompetenzfelder stellen sich im Einzelnen folgendermaßen dar:

**Zielsetzung** – Zu Beginn jedes ingenieurwissenschaftlich zu organisierenden technischen Arbeitsprozesses steht die Entwicklung einer Vorstellung vom Ergebnis als Vereinbarung der Beteiligten. Das Ziel des Arbeitsprozesses ist so präzise wie möglich in einem je nach Adressaten aufbereiteten Anforderungskatalog zu dokumentieren. Dabei sind in Verwertung der Erfahrungen ehrgeizige, aber eben realisierbare Kataloge technischer und nicht nur rein technischer Eigenschaften wie Leistungsdaten, Standzeiten etc. zwischen den Beteiligten auszuhandeln; es sind darüber hinaus auch Kosten, Wiederverwertung oder auch ästhetische Aspekte ausbalanciert zu berücksichtigen.

**Planung** – Arbeitsprozesse sind strategisch zu planen, die Einzelschritte zu ermitteln und die Schrittfolge festzulegen. Die Planung umfasst sowohl Projekte als auch ingenieurwissenschaftliche Einzelaufgaben. Dabei sind ingenieurtypische Methoden und Werkzeuge wie Projektmanagement, Netzplantechnik etc. sowie Wartungspläne inhaltliche Gegenstände der Bearbeitung.

**Werkstoffauswahl** – Gemeinsam ist technischen Arbeitsprozessen, dass Bauteile in Bezug auf die stoffliche Substanz, ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften, ihre Herstellbarkeit etc. als Werkstoff zu gestalten sind. Die Auswahl eines geeigneten Materials stellt einen grundlegenden Schritt in der Entwicklung eines Bauteils dar.

**Dimensionierung** – Die Entwicklung von Maschinen, Bauwerken als auch Schaltungen bedarf der Festlegung von Abmessungen, Formen, Konturen und weiterer Daten der Bauteile, ausgehend von der Funktionalität und im Wechselspiel mit den Werkstoffentscheidungen des Ingenieurs.

**Herstellung** – Die Fertigung von Werkstücken, Baueinheiten und Maschinen aus gewählten Ausgangsmaterialien erfordert professionelle Planungen der Herstellungsprozesse, die notwendige Kompromisse aus Anforderungswünschen, technischer Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit darstellen und somit zentrale ingenieurwissenschaftliche Kompetenzen beschreiben. Die Einhaltung vorgegebener



---

Toleranzen, Aspekte des Zusammenbaus zu funktionsfähigen Erzeugnissen sowie zentrale Aspekte des Arbeitsschutzes stehen im Fokus erfolgreicher ingenieurwissenschaftlicher Arbeit.

**Folgenabschätzung** – Gegenstand ingenieurwissenschaftlichen Arbeitens ist nur vordergründig das zu gestaltende Sachsystem allein; tatsächlich ist die Arbeit eingebunden in zahlreiche, oberflächlich betrachtet nichttechnische Zusammenhänge. Es ergeben sich zwingend Wechselbeziehungen ökonomischer, ökologischer oder sozialer Art; es sind kurzfristige und langfristige Wirkungen ingenieurwissenschaftlicher Entscheidungen zu bedenken - und zwar nicht als zusätzlich ergänzender Aspekt, sondern als integrativer Bestandteil ingenieurwissenschaftlicher Entscheidungsprozesse. So sind z. B. die Lebenszyklen der Sachsysteme von der Produktion bis zur Entsorgung zu bedenken, aber auch soziale Konsequenzen für gestaltete Arbeitsplätze oder weitere gesellschaftlich wirksame Veränderungen einzubeziehen.

**Qualitätssicherung** – Ergebnisse und Produkte ingenieurwissenschaftlicher Arbeit müssen in einem sich intensivierenden Wettbewerb am Markt verwertbar sein, was zunehmend durch hohe Qualitätsansprüche der Kunden entschieden wird. Qualitätssicherung umfasst alle Maßnahmen, die sicherstellen, dass ein Produkt oder eine Dienstleistung ein festgelegtes Qualitätsniveau erreicht. Kontrolliert werden nicht nur Zwischen- und Endprodukte, sondern auch alle Arbeitsprozesse. Vor diesem Hintergrund sind kontinuierliche Verbesserungs- und Optimierungsprozesse zum durchgängigen Arbeitsprinzip ingenieurwissenschaftlichen Arbeitens geworden.

**Kommunikation und Dokumentation** – Zusammenarbeit in technischen Arbeitsprozessen muss durch schnelle, präzise und eindeutige Kommunikation ermöglicht werden, die durch techniktypische Dokumentationsformen realisierbar wird.

**Modellbildung** – Ingenieurwissenschaftliche Planung, Gestaltung, Entwicklungs- und Optimierungsarbeit erfolgt konzeptionell. Ein (noch) fiktives Ergebnis in Form einer Maschine, einer Schaltung, eines Bauwerks ist gedanklich abstrakt vorwegzunehmen und seine Funktionsfähigkeit im Sinne der Zielstellung zu prüfen. In dieser Arbeitsprozessphase bedienen sich Ingenieure vorrangig der Mathematik als Werkzeug, um die realen technischen Vorgänge zwar vereinfachend, aber so genau wie notwendig modellhaft abzubilden und einschätzen zu können.

**Wirtschaftlichkeit** – Jede von Ingenieuren getroffene Entscheidung hat auch immer vorrangig ökonomische Konsequenzen. Die Gestaltung technischer Arbeitsprozesse verlangt grundsätzlich das Mitdenken und das Mitbearbeiten wirtschaftlicher Kategorien; das gilt für im Wettbewerb agierende Betriebe wie für „Non-profit“-Unternehmen.

**Sicherheit und Gesundheitsschutz** – Die Technisierung der Lebens- und Berufswelt bedingt auch direkte Auswirkungen für den menschlichen Organismus. Sowohl die Arbeitsprozesse als auch die gefertigten Produkte von Ingenieuren sollten die Gesundheit aller Beteiligten langfristig sicherstellen. Daher gehört zu



ingenieurwissenschaftlichem Handeln nicht nur die Berücksichtigung aller die Sicherheit und den Gesundheitsschutz betreffenden Normen und Vorschriften, sondern auch die Einschätzung von gesundheitlichen Risiken als Folge des eigenen Handelns.

Problemstellungen mit Bezug zu allen drei Fachdisziplinen – wenn auch nicht immer in gleichverteilter Arbeitsintensität – werden unterrichtlich lernaufgabenorientiert bearbeitet. Die im Bildungsgangteam zu definierenden Lernaufgaben sind so zu wählen und zu entwickeln, dass die Vermittlung der obligatorischen Inhalte in der Spalte „Inhalte“ gesichert ist. Diese Inhalte entsprechen einem Stundenumfang von 75 % des Jahres/Halbjahresvolumens und sind obligatorisch, auch im Hinblick auf die abschließende zentrale Abiturprüfung. Die übrigen 25 % des Stundenvolumens werden über das schulinterne Curriculum definiert. Dabei sollen regionale Merkmale und die jeweilige Infrastruktur berücksichtigt werden.

Die Informationen in der Spalte „Hinweise“ dienen einmal dazu, die gewünschte Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler in ihrer Schrittfolge je Halbjahr abzubilden sowie über den Bezug zur Lernaufgabe eine Veranschaulichung und Konkretisierung der obligatorischen Inhalte zu ermöglichen. Die Hinweise sollen eine erfolgreiche Umsetzung der Themen in zielführende Unterrichtssequenzen erleichtern.

Die Unterrichtsarbeit hat sich grundsätzlich aber in der Bearbeitung projektähnlicher Lernaufgaben zu vollziehen. Diese Projekte nehmen an Umfang, Anspruchsniveau und Komplexität im Bildungsgangverlauf zu, bis ein ausreichendes Anforderungsniveau entsprechend den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) der KMK erreicht ist. Die Lernaufgaben sind frei gestaltbar; insofern sind die Eintragungen in der entsprechenden Spalte nur als Vorschläge zur Konkretisierung der curricularen Skizzen zu verstehen und sollten je nach Standort, Interessenlage der Schülerinnen und Schüler sowie entsprechend den Möglichkeiten der Schule gewählt werden.



### 3.2 Kurshalbjahre 11.1 / 11.2

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Kursthema:</b>  |  |  |
| Einfache technische Systeme analysieren, modifizieren und mit Mitteln der technischen Kommunikation darstellen   |  |  |
| <b>Beispiel einer Lernaufgabe:</b>   |  |  |
| <i>Analyse einer überdachten Ladestation mit Photovoltaikanlage für elektrisch betriebene Automobile.</i>  |  |  |
| Technisches Denken wird durch die Analyse einer überdachten Ladestation für Elektroautos vermittelt.<br>Das Zusammenwirken verschiedener technischer Gebiete, aber auch deren Unterschiedlichkeit wird erarbeitet. |  |  |
| <b>Kurshalbjahr 11.1 / 11.2</b>  |  |  |
| <b>Themen</b>  | <b>Hinweise</b><br>(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Lernaufgaben, Hilfsmittel etc.)   |  |
| Inhalte  | Kompetenzorientierte Konkretisierung der Inhalte<br>Beschreibung der Inhaltstiefe mit Operatoren und Attributen  | Bezug zur Lernaufgabe  |
| <b>Zielsetzung</b>   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse einer bestehenden Nutzungsbeschreibung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler bestimmen Anforderungen an ein Projektgebäude anhand einer vorliegenden Nutzungsbeschreibung.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einstieg in die Lernaufgabe</li> <li>Bestimmung der gewünschten Eigenschaften des Carports mit Ladestation</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Ableitung notwendiger Größen und Anordnungen der Baukörper und -teile</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler ermitteln notwendige Größen wie die Stell- und Bewegungsflächen für die gewünschte Nutzung durch eigene Messung und/oder technische Unterlagen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung der durch die Funktion bedingten Anordnung und Größe der Flächen und Räume</li> <li>Für die Erarbeitung der Fachinhalte werden folgende Rahmenbedingungen ermittelt/vorgegeben:<br/>Standort, Grundfläche, Gebäudehöhe, Stützenquerschnitt, Pfostenträger</li> </ul> |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellen eines Lastenhefts</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie ermitteln die elektrotechnischen Leistungsanforderungen der gewünschten Betriebsmittel (nur Ohmsche Verbraucher) nach Anforderungen oder Kundenwunsch. Sie skizzieren dazu einen einfachen Installationsplan.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>z. B. Beleuchtungsinstallation im Carport, Photovoltaikanlage zur Energieversorgung</li> </ul> |
|---|---|---|

**Planung**

|  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung eines Ablaufplanes für die Durchführung des Projektes</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler ermitteln die am Projekt zu beteiligenden Planer, Gutachter, Handwerker und Behörden, und leiten daraus einen sequenziellen Arbeitsplan ab.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse eines Ablaufplans für den Bau eines Carports</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Kriterien geleitete Entscheidung für systemische Teilelemente anhand einer bestehenden Konstruktion oder einer Neukonstruktion</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die statischen Funktionen der einzelnen tragenden Fachwerkelemente, wie Schwelle, Rähm, Stütze, Riegel und Bänder am Beispiel einer Fachwerkfassade.</li> <li>Sie wählen eine geeignete Holzkonstruktion unter Berücksichtigung der Anforderungen aus den Bereichen Funktion, Konstruktion und Form.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl einer der Funktion gerecht werdenden Holzskelettkonstruktion aus vorliegenden Beispielen und Anpassung an die aus der Nutzungsbeschreibung bestimmten geforderten Eigenschaften unter Berücksichtigung der durch die Analyse einer historischen Fachwerkfassade hergeleiteten Konstruktionsprinzipien des Holzskelettbaus</li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie wählen aus mehreren Teilelementen zusammengesetzte Metallbauteile aus und passen sie für ihr Vorhaben an.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl eines geeigneten Pfostenträgers und einer Querverstrebung aufgrund technologischer Eigenschaften und Materialkennwerten</li> <li>Festlegung der erforderlichen Abmessungen eines geeigneten Pfostenträgers unter Berücksichtigung des Spritzwasserschutzes und einer Querverstrebung</li> </ul>                                      |



|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie wählen elektrische Betriebsmittel anforderungsgerecht aus und prüfen den vorgegebenen elektrischen Anschluss für das Projektobjekt.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl geeigneter Leitungen, Leuchten, Schalter etc.</li> </ul>                      |
| <b>Werkstoffauswahl</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Holztechnologie: bauphysikalische, baumechanische und baubiologische Eigenschaften des Holzes</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler informieren sich über europäische Laub- und Nadelhölzer und deren technischen Eigenschaften. Sie leiten daraus Kriterien für die Wahl des Materials ab, z. B. Dauerhaftigkeit, Kosten, Bearbeitbarkeit, Belastbarkeit) und entscheiden sich begründet für eine Holzart einer Bauaufgabe in Holzskelettbauweise.</li> <li>Sie unterscheiden die üblichen Handelsformen des Holzes und Sortierklassen, in denen die Hölzer eingeteilt werden.</li> <li>Sie führen Versuche zur Holzfeuchtigkeit (Quellen und Schwinden) und zum richtungsbedingten Festigkeitsverhalten durch und begründen es aus dem während des Wachstums entstandenen Aufbau des Holzes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl einer geeigneten Holzart und Güteklasse des Holzes für den Carport</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Prüfung, Bezeichnung und Auswahl von metallischen Werkstoffen (nur exemplarisch für Stahl), Anforderungsprofil an das Bauteil, Eigenschaftsprofil des Werkstoffs, z.B. technologische, physikalische und chemische Eigenschaften (Kennwerte)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler erkennen und erläutern das elastische und plastische Verhalten von metallischen Werkstoffen. Dabei entnehmen sie die wichtigsten Werkstoffkennwerte aus dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm, berechnen und deuten sie (Zugversuch, Proportionalstab, Kraft-Verlängerungsdiagramm, Spannungs-Dehnungs-Diagramm, E-Modul, Streck- bzw. Dehngrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung).</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Werkstoffauswahl für den Pfostenträger und die Querverstrebung</li> </ul>             |



|   |  |  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkstoffe für elektrische Leitungen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie wählen geeignetes Leitungsmaterial für die Elektroinstallation aus.</li> <li>• Sie beurteilen die Eigenschaften der elektrischen Leitungen unter den Aspekten Ohmscher Widerstand und Spannungsfall.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Querschnittsbestimmung für die Zuleitung der Photovoltaikanlage</li> <li>• Querschnittsbestimmung für die Installation der Beleuchtung</li> </ul>   |
| <p><b>Modellbildung</b></p>   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Größen, deren Messung und Darstellung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die grundlegende Funktionsweise von (elektrotechnischen) Bauteilen (Widerstand, Betriebsmittel) mit Hilfe von physikalischen Modellen und ihrer mathematischen Methoden.</li> <li>• Sie stellen Spannung, Strom, Widerstand und Leistung mit Hilfe von Vektoren zeichnerisch dar.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromstärken in der installierten elektrischen Anlage</li> <li>• Leiterwiderstände der verlegten Leitungen und der jeweils dazugehörige Spannungsfall</li> <li>• mögliche Spannungsarten in der Anlage (Wechsel- und Gleichstrom)</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einwirkungen am Bauwerk und deren Unterscheidung nach Art, Dauer und Richtung</li> <li>• Festigkeit und Spannung, Spannungsberechnung und Spannungsnachweis</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich Grundprinzipien der Modellbildung am Beispiel der systematischen Betrachtung statischer Problemstellungen durch die Unterscheidung der Einwirkungen nach             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ständigen und veränderlichen Einwirkungen,</li> <li>- Momenten, Vertikal- und Horizontalkräften,</li> <li>- Flächen-, Strecken- und Punktlasten.</li> </ul> </li> <li>• Sie vergleichen die Wirkung gelenkiger, verschieblicher und einspannender Auflager ohne Berechnungen dazu zu erstellen.</li> <li>• Sie unterscheiden die Beanspruchungsarten Zug und Druck bei den Metallbauteilen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der Einwirkungen aus Wind, Schnee, Eigen- und Verkehrslasten für die Carportkonstruktion</li> <li>• Bestimmung notwendiger aussteifender Elemente zur Aufnahme von Horizontalkräften</li> <li>• Darstellung der Lastabtragung bis in die Einzelfundamente und den Boden</li> </ul> |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Gleichgewichtsbedingungen und rechnerische Bestimmung von Auflagerkräften bei statisch bestimmten Systemen unter Einwirkung von Vertikalkräften</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie beschreiben das Prinzip der Lastabtragung aller Kräfte bis in den Boden.</li> <li>Sie stellen die Gleichgewichtsbedingungen auf und bestimmen die Auflagerkräfte für die Lastfälle Einfeldträger mit und ohne Kragarm unter Verwendung der Gleichgewichtsbeziehung <math>\sum M=0</math> und <math>\sum V=0</math>.</li> <li>Sie stellen die Querkraft- und Momentenlinien für das vorliegende statische System dar.</li> <li>Sie berechnen systematisch die Auflagerkräfte in einer gegebenen Konstruktion mithilfe von Positionsnummern, Lastfällen und Systemskizzen (ohne die Berücksichtigung von Windlasten).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Berechnung der in der Carport-Konstruktion wirkenden Auflagerkräfte bei vorgegebenen Bauteilquerschnitten</li> <li>Darstellung der wirkenden Querkräfte und Momente</li> <li>evtl. Kontrolle durch eine Statik-Software</li> </ul>   |
| <p><b>Dimensionierung</b></p>   |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>mechanische Spannung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler ermitteln ausgehend von der auftretenden statischen Zug-/Druckbelastung (ohne Biegung und Knickung) die notwendigen Abmessungen regelmäßiger quadratischer oder kreisförmiger Querschnitte metallischer Bauteile.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensionierung des Querschnitts eines aussteifenden Rund- oder Vierkantstahls der Skelettbaukonstruktion</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl genormter Bauelemente anhand von Kenngrößen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie berechnen Ströme und Spannung der Grundschaltungen unter Anwendung des Ohmschen Gesetzes und der Kirchhoffschen Regeln und treffen daraus resultierende Entscheidungen für die Auswahl von Leitermaterialien und benötigter Querschnitte.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Entscheidung über die Verschaltung der notwendigen Betriebsmittel des Carports (Beleuchtung, Photovoltaik-Module) unter Berücksichtigung der Prinzipien von Grundschaltungen</li> <li>Auswahl von notwendigen Leiterquerschnitten und Materialien für die Zuleitungen</li> </ul> |



### Herstellung

|   |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Einfache Fertigungsverfahren für die Bearbeitung von metallischen Einzelteilen: anreißen, sägen, bohren, biegen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler vergleichen die Hauptgruppen der Fertigungsverfahren.</li> <li>Sie leiten am Beispiel des Sägens die Schneidengeometrie am Schneidkeil ab.</li> <li>Sie bestimmen die einzelnen Schritte eines Fertigungsprozesses am Beispiel des Bohrens (Anreißen, Körnen, Vorbohren, Durchbohren und Senken). Sie ermitteln den Vorschub, die Drehfrequenz, die Schnittdaten und die Schneidengeometrie.</li> <li>Sie ermitteln die während der Biegeumformung entstehende Biegeverkürzung über das Zeichnen der neutralen Faser und die Berechnung der gestreckten Länge.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung zerspannender Fertigungsverfahren (Sägen, Bohren, Feilen) zur Herstellung der metallischen Bauteile am Carport aus Halbzeugen</li> <li>Verfahrenstechnische Planung der Bohrungen am Pfostenträger und an den Trägerplatten des Querstabs</li> <li>Bestimmung der gestreckten Länge des Biegeteils am Pfostenträger</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Einfache Fügeverfahren am Beispiel von Schraubverbindungen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler vergleichen die unterschiedlichen Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten der Fügeverfahren: Schweißen, Lötten, Kleben und Schrauben.</li> <li>Sie dimensionieren eine Schraubverbindung.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensionierung der Schraubverbindung zwischen Pfostenträger und Stütze</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Knotenpunkte und zimmermannsmäßige Holzverbindungen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler untersuchen herkömmliche zimmermannsmäßige Holzverbindungen auf ihre Möglichkeiten der Kraftweiterleitung und gewinnen Vorstellungen der verschiedenen Wirkungsrichtungen von Kräften.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl eines Verbindungsmittels für einen Detailpunkt der Carportkonstruktion</li> </ul>   |



**Wirtschaftlichkeit**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenabschätzung einzelner Bauteile</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler vergleichen die Kosten zwischen Eigenproduktion und Zukauf eines Einzelteils.</li> <li>• Sie erörtern die wirtschaftlichen Vorteile der Verwendung von ingenieurmäßigen Verbindungsmitteln gegenüber herkömmlichen zimmermannsmäßigen Verbindungen an einem Beispiel.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einkaufspreis von Pfostenträgern, Kostenabschätzung in der Eigenproduktion</li> <li>• Überlegungen zum Einsatz von ingenieurmäßigen Verbindungsmitteln (Stahlblechformteilen) beim Carport</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berücksichtigung von Normen</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler nutzen die Maßordnung im Hochbau bei der Auswahl eines Bauteils.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl der Abmessungen einer Tür von genormter Größe zum Technikraum</li> </ul>  |

**Qualitätssicherung**

|  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstruktiver Holzschutz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler leiten aus einem Bauschadensbild bzw. einem Beispielbauwerk Maßnahmen des konstruktiven Holzschutzes ab. (Verarbeitung trockenen und gesunden Holzes; Schutz vor Niederschlagsfeuchte: Dachüberstand, Sockel gegen Spritzwasser, Prinzip der Übereinanderlagerung wasserführender Flächen; Schutz vor Bodenfeuchtigkeit: Sockelausbildung und Verhinderung kapillar aufsteigender Feuchtigkeit, Hinterlüftung von Holzfassaden).</li> <li>• Sie bestimmen zulässige Holzfeuchten und Holzrocknungsverfahren im modernen konstruktiven Holzbau.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planung der konstruktiven Holzschutzmaßnahmen für die Carportkonstruktion</li> <li>• Auswahl der Holzart und richtigen Holzfeuchte für die Konstruktionsbauteile</li> <li>• Auswahl eines geeigneten Pfostenträgers, der den Anforderungen des Regen- und Spritzwasserschutzes gerecht wird</li> </ul> |
|--|---|---|



|   |  |   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfen von Längen und Winkeln metallischer Bauteile mit einfachen Prüfgeräten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler überprüfen Zwischen- und Endprodukte mit Messschieber und Lehren.</li> <li>• Sie vergleichen zwischen Messen und Lehren, und erklären Ursachen und Arten von Messabweichungen/Prüffehlern.</li> <li>• Sie leiten aus den DIN-EN Allgemeintoleranzen und in Abhängigkeit der Toleranzklasse die jeweils zulässigen Grenzabmaße ab.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl der Verfahren und Werkzeuge zur Prüfung der Winkel am Pfostenträger</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messtechnische Überprüfung elektrischer Grundgrößen</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie führen Messungen elektrotechnischer Grundgrößen unter Einsatz der dazu benötigten Messgeräte in einfachen Schaltungen durch.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messen des Ladestroms und der Spannung an elektrischen Betriebsmitteln</li> </ul>      |
| <p><b>Sicherheit und Gesundheitsschutz</b></p>  |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unfallverhütungsvorschriften (UVV)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Notwendigkeit der fünf Sicherheitsregeln für das Arbeiten an elektrischen Anlagen.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beachtung der Sicherheitsregeln bei der Planung der Installationsarbeiten</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahren des elektrischen Stroms (Personen- und Geräteschutz)</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie realisieren bei dem Einsatz elektrotechnischer Komponenten Maßnahmen zum Personen- und Geräteschutz in Form von Basisschutz und im möglichen Fehlerfall (z. B. Schutzschalter wie RCD).</li> <li>• Sie können Leitungsschutz in Abhängigkeit vom Leiterquerschnitt als Brandschutzmaßnahme beurteilen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl der Leitungsabsicherung</li> <li>• Wahl des RCD für Personenschutz</li> </ul>  |



### ***Folgenabschätzung***

|   |  |   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökologische Betrachtungen von Werkstoffen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler beurteilen die Ökobilanz des Werkstoffes Holz am Beispiel einer der Aspekte wie Wachstumsdauer, Transportwege, Dauerhaftigkeit oder CO<sub>2</sub>-Bilanz.</li> <li>• Sie betrachten den Werkstoffeinsatz unter Aspekten der Nachhaltigkeit und mit Blick auf deren Entsorgung.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenüberstellung der ökologischen Auswirkungen der Verwendung von Holzarten heimischen oder tropischen Ursprungs für die Konstruktion.</li> </ul> |
|---|--|---|

### ***Kommunikation und Dokumentation***

|   |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung technischer Dokumenten</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler analysieren einfache normgerechte Ausführungs-, Detailzeichnungen und Schaltpläne.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der Detailzeichnungen verschiedener zimmermannmäßiger Verbindungen, ausgewählter konstruktiver Holzschutzmaßnahmen und des Pfostenträgers</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen adressaten- und sachgerechter Präsentationen von Arbeitsergebnissen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler skizzieren einfache Schaltpläne, Ausführungs-, Detailzeichnungen.</li> <li>• Sie erstellen Holz- und Stücklisten.</li> <li>• Sie dokumentieren Messergebnisse bzw. fertigen Prüfprotokolle an.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation der elektrischen Schaltungen im Carport anhand von Übersichts-, Stromlauf- und Installationsplänen</li> <li>• Skizzieren der Grundrisse, Schnitte und Ansichten des Carports</li> <li>• Skizzieren der Detailzeichnung einer zimmermannsmäßigen Holzverbindung</li> <li>• Erstellung der Holzliste für die Carportkonstruktion</li> <li>• Erstellung von Laborberichten (Zugversuch, Messung elektrischer Grundgrößen)</li> </ul> |



### 3.3 Kurshalbjahr 12.1

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Kursthema:</b><br>Technische Systeme analysieren und an veränderte Anforderungen anpassen  |   |  |
| <b>Beispiel einer Lernaufgabe:</b><br><i>Umnutzung einer Lagerhalle zu einer Eventsporthalle.</i><br>Eine ehemalige Lagerhalle einer Modefirma soll zu einer Eventsporthalle umgebaut werden. Die Halle soll als kommerzielle Sportstätte für Sandsportarten dienen und multifunktional nutzbar sein. Des Weiteren soll die Halle um einen großzügig verglasten Eingangsbereich erweitert werden. |   |  |
| <b>Themen</b>   | <b>Hinweise</b><br>(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)  |  |
| Inhalte   | Kompetenzorientierte Konkretisierung der Inhalte<br>Beschreibung der Inhaltstiefe mit Operatoren und Attributen   | Bezug zur Lernaufgabe  |
| <b>Zielsetzung</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse der gegebenen technischen Voraussetzungen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler ergänzen eine Nutzungsbeschreibung für ein Projektgebäude und bestimmen zu bearbeitende Einzelmaßnahmen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>In einem neu zu errichtenden großzügig verglasten Eingangsbereich sollen Stahlbetonbalken über der Glasfassade geplant werden.</li> <li>An einem Stahlbetonbauteil der bestehenden Halle wird ein Bauschaden durch Betonkorrosion festgestellt, der analysiert werden muss.</li> <li>Für eine variable Sportnutzung der Halle werden Pfostensysteme für Tore, Netze, Körbe, etc. benötigt.</li> </ul> |



|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Um Verdunkelung zu ermöglichen, Blend- und Wärmeschutz zu gewährleisten, müssen geeignete bauliche Veränderungen vorgenommen werden.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellen einer Anforderungsliste</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler leiten aus komplexen Aufgabestellungen einzelne Anforderungsprofile ab.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Festlegung der im Eingangsbereich zu überspannenden Öffnungen und deren Abmessungen.</li> <li>Um die verschiedenen Systeme (Volleyballnetz, Körbe, etc.) befestigen zu können, müssen Befestigungsbolzen hergestellt werden.</li> <li>Auswahl des Antriebs zur Verdunkelung</li> </ul> |
| <b>Planung</b>  |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung eines Ablaufplanes für die Durchführung des Projektes mit Zielformulierungen für die einzelnen Arbeitsschritte und Festlegung des zeitlichen Rahmens</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler legen die Schrittfolge der Arbeitsumfänge fest und leiten daraus für Teilbereiche detaillierte Arbeitspläne ab.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Planung des Ablaufs der Herstellung der Stahlbetonbalken im Eingangsbereich einschließlich der Nachbehandlung und der Stahlbetonbauteilsanierung</li> <li>Herstellung eines Bolzens für den Pfostenträger</li> <li>Ermitteln der Kenndaten des benötigten Antriebes</li> </ul>         |



| <b>Werkstoffauswahl</b>  |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stahlbetontechnologie</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler unterscheiden grundlegende Bestandteile des Betons und erläutern deren Aufgaben.</li> <li>• Sie legen die erforderlichen Eigenschaften, wie Mindestdruckfestigkeit, Expositionsklasse und Konsistenz für den Beton fest.</li> <li>• Sie beschreiben die wichtigsten technischen Eigenschaften von Baustahl.</li> <li>• Sie analysieren die Bedingungen, um Beton und Stahl zu einem Verbundwerkstoff kombinieren zu können.</li> <li>• Sie informieren sich über die im Handel erhältlichen Betonqualitäten und wählen begründet eine Betonsorte aus.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialauswahl für den Stahlbetonbalken im Eingangsbereich</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezeichnung und Auswahl von Schneidstoffen</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler ermitteln die technischen Eigenschaften von Schneidstoffen (HSS, HM) für Drehmeißel. Sie leiten daraus Kriterien für die Wahl des Materials ab.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl eines geeigneten Schneidstoffs zur Herstellung des Bolzens für den Pfostenträger</li> </ul>           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderungsprofil an ein Bauteil, Eigenschaften von Werkstoffen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie unterscheiden die Beanspruchungsarten: Scherung, Biegung, Torsion und Knickung.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswählen eines Werkstoffes für den Bolzen am Pfostenträger über die Berechnung der Scherbelastung</li> </ul> |



| <b>Modellbildung</b>  |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spule</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den Aufbau von Spulen und die Entstehung elektromagnetischer Felder mit einfachen Schaubildern/Modellen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse des Rolladenantriebs anhand des Ersatzschaltbildes führt zur genaueren Auseinandersetzung mit dem Bauelement</li> </ul>           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondensator</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie beschreiben den Aufbau eines Kondensators und die Entstehung elektrischer Felder durch Ladungstrennung mit einfachen Schaubildern, Gleichstromverhalten.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse des Rolladenantriebs anhand des Ersatzschaltbildes führt auch hier zur genaueren Auseinandersetzung mit dem Bauelement</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Größen der Wechselstromtechnik, deren Messung und Darstellung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler mathematisieren das Zusammenwirken von Widerstand, Spule und Kondensator im Wechselstromkreis.</li> <li>• Sie bestimmen Spannung, Strom, Widerstand und Leistung im Wechselstromkreis rechnerisch und stellen diese mit Hilfe von Vektoren zeichnerisch dar.</li> <li>• Sie beurteilen die Phasenverschiebung von Spannung und Strom sowie Wirkwiderstand und Blindwiderstand mit Hilfe des Zeigerdiagramms.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entstehung von Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung durch Kondensator und Spule am Rolladenmotor</li> </ul>                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionsweise von Wechselstrommotoren</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler analysieren die einfachen Grundlagen der Entstehung eines Drehfeldes mit Hilfe eines Kondensators an der Hilfswicklung.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondensatormotor als Antrieb für die Verdunklung</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tragverhalten biegebeanspruchter Bauteile statisch bestimmter Systeme</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler werten das Biegeverhalten von Stahlbeton (Balken auf</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung der Querkraft- und Momentenkennlinie und Bestimmung der</li> </ul>   |



|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <p>zwei Stützen) aus.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie analysieren den Kräfteverlauf verschiedener Lastfälle statisch bestimmter Systeme und leiten daraus Grundsätze für die Lage bzw. den Verlauf der Bewehrung ab.</li> <li>• Sie berechnen die Querkraft- und Momentenkennlinie verschiedener Lastfälle von Balken auf zwei Stützen.</li> </ul> | Lage der Bewehrung des Stahlbetonbalkens im Eingangsbereich  |
| <b>Dimensionierung</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begründete Auswahl von Bauteilen an Hand von vorgegebenen Kenngrößen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler wählen Bauteile an Hand der elektrischen Wirk-, Blind- und Scheinleistung anforderungsgerecht aus.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl eines geeigneten Antriebsmotors für die Rollläden</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stahlbeton</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die Expositionsklassen für Stahlbetonbauteile.</li> <li>• Sie legen die Abmessungen eines Stahlbetonbalkens situationsangepasst fest.</li> <li>• Sie berechnen für einen Stahlbetonbalken die notwendige Biegezugbewehrung mit dem kd-Verfahren.</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der für die Stahlbetonbauteile im Eingangsbereich gültigen Expositionsklassen</li> <li>• Festlegung der Abmessungen eines Stahlbetonbalkens im Eingangsbereich der Halle und Bemessung der Biegezugbewehrung dieses Balkens</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Festigkeitslehre</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler überprüfen, ausgehend von den auftretenden Beanspruchungsarten (Scherung, Biegung, und Torsion für statische Belastungsarten), notwendige Abmessungen metallischer Bauteile.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionierung des Querschnitts eines Bolzens am Pfostenträger</li> </ul>  |



| <b>Herstellung</b>   |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Herstellung eines Drehteils</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler analysieren das Fertigungsverfahren Drehen</li> <li>Sie ermitteln die Schnittdaten (vc, n, f, ap).</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung der Drehverfahren zur Bearbeitung eines Drehteils</li> <li>Auswahl eines geeigneten Drehmeißels zur Fertigung eines Bolzens</li> <li>Bestimmung der Schnitt- und Einstellaten bei der Fertigung eines Bolzens</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Herstellung eines Stahlbetonbauteils</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die wichtigsten Verarbeitungsregeln für den Einbau der Bewehrung und des ausgewählten Betons einschließlich der Nachbehandlung.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aufstellung der einzelnen Arbeitsschritte zum Bewehren und Betonieren des Stahlbetonbalkens im Eingangsbereich unter Berücksichtigung aller Verarbeitungsregeln</li> </ul>  |
| <b>Wirtschaftlichkeit</b>  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Kostenermittlung</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler bestimmen den mindestens benötigten Materialeinsatz unter Berücksichtigung der Kosten (Stahlquerschnitt, Betondeckung, Betongüte)</li> <li>Sie bestimmen den Einsatz von Schneidstoffen unter Berücksichtigung der Standgrößen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung der Materialkosten zur Erstellung eines Stahlbetonbalkens</li> <li>Bestimmung von Standzeit und Standvolumen eines Drehmeißels in der seriellen Bolzenfertigung bei gegebener Werkzeug-Werkstoff Kombination</li> </ul>  |



| <b>Qualitätssicherung</b>   |  |   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfverfahren</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler prüfen anhand der Normsieblinien die Eignung von Zuschlaggemischen.</li> <li>• Sie kennen Prüfverfahren zur Ermittlung der Beton-Konsistenz- und der Beton-Druckfestigkeitsklasse.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Zusammensetzung der Gesteinskörnung, Konsistenz und Mindestdruckfestigkeit des Betons in Versuchen</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schadensanalyse</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erstellen die Schadensanalyse eines Bauschadens durch Betonkorrosion</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse eines Bauschadens durch Betonkorrosion an einem Stahlbetonbauteil der bestehenden Halle</li> </ul>   |
| <b>Sicherheit und Gesundheitsschutz</b>                               |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesundheitsschutz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Wichtigkeit der persönlichen Schutzkleidung bzw. vorbeugenden Maßnahmen einerseits und die Bedeutung der Reduzierung gesundheitsgefährdender Stoffe in Baustoffen andererseits.</li> <li>• Sie erklären den sicheren Umgang mit Kühlschmierstoffen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der möglichen Gefährdungen während der Erstellung der Stahlbetonkonstruktion des Eingangsbereiches und Bestimmung der daraus resultierenden persönlichen Schutzmaßnahmen</li> <li>• Verantwortungsvoller Umgang mit Kühlschmierstoffen beim Fertigungsverfahren Drehen während der Bolzenfertigung</li> </ul> |



|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Folgenabschätzung</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler erörtern Kriterien der Wirtschaftlichkeit und der Nachhaltigkeit im Rahmen der Entscheidung über den Erhalt oder die Neuerstellung eines technischen Systems.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion der Vor- und Nachteile der Sanierung und Umnutzung oder Abriss und Neuerstellung des Hallengebäudes</li> </ul>   |
| <b>Kommunikation und Dokumentation</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung und Erstellung technischer Dokumente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler stellen die Querkraft- und Momentenkennlinien statischer Systeme grafisch dar.</li> <li>• Die Schülerinnen und Schüler zeichnen den Bewehrungsplan einer einfachen Balkenbewehrung in herkömmlicher Darstellung einschließlich der Stahlliste.</li> <li>• Sie werten Sieblinien für Zuschlaggemische aus.</li> <li>• Sie kontrollieren Transportbeton-Lieferscheine.</li> <li>• Sie werten Herstellerlisten und Dokumentationen aus.</li> <li>• Sie analysieren Einzelteilzeichnungen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung, Auswertung und Kontrolle verschiedener im Rahmen der Erstellung des Stahlbetonbalkens vorliegender Dokumentationen</li> <li>• Ermittlung geeigneter Rollladenantriebe aus Herstellerlisten</li> <li>• Ermittlung von Längen und Durchmessern aus einer Einzelteilzeichnung eines Bolzens</li> </ul> |



### 3.4 Kurshalbjahr 12.2

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Kursthema:</b><br>Eigenschaften technischer Systeme verändern und neue Funktionseinheiten entwickeln   |   |  |
| <b>Beispiel einer Lernaufgabe:</b><br><i>Umnutzung eines Hochbunkers zum Mehrfamilienhaus</i><br>Im Rahmen der Umnutzung wird die Außenfassade des Bunkers saniert und eine Wohneinheit geplant. Zur Erhöhung des Wohnkomforts wird das Objekt mit einem Personenaufzug ausgestattet. |   |  |
| <b>Themen</b>   | <b>Hinweise</b><br>(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Lernaufgaben, Hilfsmittel etc.)  |  |
| Inhalte   | Kompetenzorientierte Konkretisierung der Inhalte, Beschreibung der Inhaltstiefe mit Operatoren und Attributen   | Bezug zur Lernaufgabe  |
| <b>Zielsetzung</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielbeschreibung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler werten einen vom Kunden gegebenen Auftrag aus und formulieren eine Zielbeschreibung.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung der Ziele der Umnutzung des Hochbunkers zu einem Wohngebäude</li> </ul>            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzungsbeschreibung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie ermitteln die Anforderungen an eine Wohneinheit und erstellen die Nutzungsbeschreibung.</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung der Nutzungsbeschreibung für eine 2-Personen-Wohnung</li> </ul>                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtenheft</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Für einen Antrieb wird anhand der Leistungsdaten das Pflichtenheft abgeleitet.</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung des Pflichtenhefts für den Personenaufzug anhand gegebener Leistungsdaten</li> </ul> |



| <b>Planung</b>   |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Ablaufplan</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler erstellen einen Ablaufplan für die Durchführung der Projektmaßnahmen mit Zielformulierungen für die einzelnen Arbeitsschritte und legen den zeitlichen Rahmen fest.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung eines Plans für die Sanierung der Gebäudeaußenhülle des Bunkers und Planung der Montage eines Personenaufzugs</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Raumkonzept</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie erstellen den Grundriss eines Raumkonzeptes für eine kleine Wohnung innerhalb eines vorgegebenen Gebäudevolumens.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Entwurf einer 2-Personen-Wohnung innerhalb einer vorgegebenen Etagenfläche des Hochbunkers</li> </ul>                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Materialdisposition</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aus den ermittelten elektrischen Komponenten listen die Schülerinnen und Schüler das notwendige Material auf.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auflistung der für die Aufzugsanlage notwendigen Betriebsmittel (Leitung, Schutzgeräte, Motor, ...)</li> </ul>                      |
| <b>Werkstoffauswahl</b>  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Leitungsdimensionierung</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler dimensionieren anhand der Bemessungsstromstärken die Leitungen und Schutzeinrichtungen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Leitungsdimensionierung anhand der Bemessungsstromstärke der Zuleitung für den Motor des Aufzugs im Drehstromnetz</li> </ul>        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmeschutzmaßnahmen</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie planen und vergleichen verschiedene Schichtenfolgen von Außenwandaufbauten unter Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeit von Materialien.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl von Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes der Bunkeraußenwand</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaftsveränderung technischer Werkstoffe</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie vergleichen Verfahren zur Wärmebehandlung von Stählen durch Glühen, Härten und Vergüten.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl einer vergüteten Passfeder und Treibscheibenwelle im Antriebssegment des Personenaufzugs</li> </ul>                         |
| <b>Modellbildung</b>   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Einfache Schützsteuerung</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler entwickeln für den Last- und Steuerstromkreis Stromlaufpläne in aufgelöster Darstellung.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung der Stromlaufpläne für den Last- und Steuerstromkreis des Antriebs der Aufzugsanlage</li> </ul>                         |



|  |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehmoment einer elektrischen Maschine</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erläutern die Entstehung eines Drehmoments an der Welle einer Drehstromasynchronmaschine anhand der elektromagnetischen Zusammenhänge.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterungen an Beispiel des Aufzugsantriebsmotors</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Belastungsarten und Kräftesystem</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie vergleichen Zug-, Druck- (Normalbelastung), Biege- und Torsionsbelastungen.</li> <li>• Sie entwickeln ein räumliches Kräftesystem und berechnen die daraus resultierende statische äquivalente Lagerbelastung.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der auftretenden Kräfte an der Treibscheibenwelle des Personenaufzugs</li> <li>• Ermittlung der axialen und radialen Kräfte an den Wälzlagern der Treibscheibenwelle</li> </ul>  |
| <p><b>Dimensionierung</b></p>  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeschutz</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die bauphysikalischen Anforderungen an Gebäudeteile.</li> <li>• Sie führen wärmetechnische Berechnungen für unterschiedliche Außenwandaufbauten durch. Sie berechnen den Wärmedurchlasswiderstand <math>R</math>, unter Berücksichtigung der Wärmübergangswiderstände den Wärmedurchgangskoeffizienten <math>U</math> und den Wärmedurchgangswiderstand <math>R_T</math>.</li> <li>• Sie optimieren unterschiedliche Konstruktionen der Gebäudehülle.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planung alternativer Maßnahmen zur Steigerung des Wärmeschutzes der bestehenden Gebäudehülle des Bunkers</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehstromtechnik</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler erläutern den Zusammenhang zwischen den Strang- und Leitergrößen in Stern- und Dreieckschaltung.</li> <li>• Sie berechnen den Strang- und Leitergrößen in Stern- und Dreieckschaltung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung des Drehstromsystems für den Antrieb des Aufzugs</li> <li>• Beschreibung des für den Antrieb bestehenden Netzsystems und die Auswahl der notwendigen Schutzmaßnahmen</li> </ul> |



|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie ermitteln anhand der Motorkennlinien ein Anlaufverfahren zur Einhaltung der technischen Anschlussbedingungen der Energieversorger.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl eines Anlaufverfahrens für den Aufzug des Wohngebäudes, z.B. Ansteuerung mit einem Frequenzumrichter</li> </ul>             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl und Dimensionierung von Bauteilen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler wählen einen geeigneten Asynchronmotor anhand von Kennlinien und den daraus zu ermittelnden Daten (Drehmoment, Leistung, Wirkungsgrad, Stromstärke) aus.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl eines Elektromotors für den Personenaufzug anhand gegebener Kenndaten, Auswertung entsprechender Motorkennlinien</li> </ul> |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie dimensionieren einzelne Bauteile der Antriebstechnik.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung der Abmessungen und des Werkstoffs der Treibscheibenwelle für den gewählten Seitenantrieb am Personenaufzug</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie wählen Verbindungen von Welle und Nabe aus.</li> <li>Sie dimensionieren eine Passfeder.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Berechnung und Werkstoffauswahl einer Passfederverbindung an der Treibscheibenwelle des Personenaufzugs</li> </ul>                  |
| <b>Herstellung</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Installation und Montage</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie stellen die Montageschritte für die Installation von Antrieben in sinnvoller Reihenfolge dar.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Darstellung der Montageschritte zur Installation des Aufzugantriebs</li> </ul>  |
| <b>Wirtschaftlichkeit</b>   |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Energieeinsparung</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler planen Maßnahmen zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste einer Außenfassade zur Senkung des Energiebedarfs.</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Planung der Sanierungsmaßnahmen zur Senkung der Transmissionswärmeverluste der Bunkeraußenwand</li> </ul>                           |



| <b>Sicherheit und Gesundheitsschutz</b>  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personen- und Geräteschutz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler wählen elektrische und mechanische Schutzmaßnahmen gemäß der Normung zum Personen- und Geräteschutz aus.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl von Leitungsschutz, Schutz vor Fehlerströmen</li> <li>• Bestimmung von Maßnahmen zur Verhinderung von Quetschgefahren an der Aufzugstür</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wohnklima</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie leiten Kriterien für ein gesundes Wohnklima ab.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der wohnklimatischen Bedingungen einer Wohnnutzung in dem bestehenden Bunker</li> </ul>  |
| <b>Folgenabschätzung</b>   |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebilanz</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die in der Energieeinsparverordnung (EnEV) verankerten grundsätzlichen Einflussfaktoren zur Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs, wie solare und interne Wärmegewinne, Transmissions- und Lüftungswärmeverluste, ohne diese zu berechnen.</li> <li>• Sie erörtern den Einsatz alternativer Anlagentechniken zur Deckung des Heizwärmebedarfs unter dem Aspekt der Ressourcenschonung.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der für den Bunker vorliegenden Einflussfaktoren auf den Jahresheizwärmebedarf</li> <li>• Vergleich verschiedener möglicher Anlagentechniken zur Deckung des Heizwärmebedarfs für den Hochbunker</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternative Systeme</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erörtern mögliche Alternativen und Erweiterungen eines Antriebes.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erörterung möglicher Antriebsalternativen des Fahrstuhls</li> </ul>  |



***Kommunikation und Dokumentation***

|  |  |   |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundrissdarstellungen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler skizzieren Grundrisse.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundrissdarstellung einer Wohneinheit</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detaildarstellungen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erstellen Querschnittsskizzen von Außenbauteilen.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung der gewählten Sanierungsmaßnahmen für die Außenwand</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung elektrischer und konstruktiver Pläne sowie Inbetriebnahme</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie ermitteln relevante Schnittstellendaten technischer Teilsysteme.</li> <li>• Sie erstellen Schaltpläne der Stromkreise und Bauteilskizzen.</li> <li>• Sie planen die Inbetriebnahme und erstellen die dafür notwendigen Messprotokolle.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung einer Verbindungsoption zwischen Drehstrommotor und Getriebe</li> <li>• Zeichnung des Last- und Steuerstromkreises in aufgelöster Darstellung für den Antrieb des Aufzugs</li> </ul> |



### 3.5 Kurshalbjahr 13.1

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Kursthema:</b><br>Produktion, Inbetriebnahme und Instandhaltung technischer Systeme planen   |  |  |
| <b>Beispiel einer Lernaufgabe:</b><br><i>Neubau eines Wellenbades</i><br>Für den Bau eines Wellenbades soll die Energieversorgung für das Gebäude bereitgestellt werden. Die Außenfassade des Bades wird unter dem Aspekt des Wärme- und des Feuchteschutzes geplant. Außerdem wird die „Wellenmaschine“ geplant, indem ein Getriebe für die Gebläse ausgewählt wird. |  |  |
| Themen  | Hinweise<br>(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)  |  |
| Inhalte   | Kompetenzorientierte Konkretisierung der Inhalte<br>Beschreibung der Inhaltstiefe mit Operatoren und Attributen  | Bezug zur Lernaufgabe  |
| <b>Zielsetzung</b>  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung der gewünschten technischen Bedingungen und Eigenschaften des zu planenden Objektes</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler analysieren die Rahmenbedingungen eines Gebäude mit besonderen Anforderungen an den Wärme- und den Feuchteschutz und leiten daraus Zielbeschreibungen ab.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung der besonderen Bedingungen zur Luftfeuchtigkeit und Innenraumtemperatur des Wellenbades</li> </ul> |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie analysieren die vorgegebenen technischen Bedingungen zum Einsatz eines Getriebes.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Art des Getriebes</li> </ul>  |



|   |  |   |
|---|--|---|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie analysieren die vorgegebene elektrotechnische Anlage.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse der Anlaufströme der Motoren, der Gesamt- und Blindleistungsaufnahme sowie möglicher Einflussfaktoren wie Temperatur, und Bedingungen der Leitungsverlegung.</li> </ul>                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Gesetzliche Vorgaben/Bestimmungen/Richtlinien</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler ermitteln die gesetzlichen Vorgaben zum Wärme- und Feuchteschutz (DIN 4108).</li> <li>Sie leiten aus den technischen Anschlussbedingungen (TAB) die Kenndaten der anzuschließenden Maschinen ab, und dimensionieren die elektrischen Leitungen und Schutzeinrichtungen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung der Vorgaben bzgl. des Wärme- und Feuchteschutzes</li> <li>Vorgaben nach Energieversorger</li> <li>Anlaufstrom des Motors</li> <li>Blindleistungsaufnahme</li> <li>Spannungsfall</li> </ul> |
| <b>Planung</b>  |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Planung einer Außenwandkonstruktion</li> <li>Ablaufplan</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie planen verschiedene Schichtenfolgen von Außenwandaufbauten unter Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeit und Wasserdampfdiffusionsfähigkeit von Materialien.</li> <li>Die Schülerinnen und Schüler erstellen einen Ablaufplan für die Durchführung der Projektmaßnahmen mit Zielformulierungen für die einzelnen Arbeitsschritte und legen den zeitlichen Rahmen fest.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Planung der Außenwandkonstruktion des Wellenbades</li> <li>Ablaufplan für das komplette Projekt</li> </ul>   |



| <b>Werkstoffauswahl</b>  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuchteschutzmaßnahmen</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler planen und vergleichen verschiedene Schichtenfolgen von Außenwandaufbauten unter Berücksichtigung der Gefahr des Tauwasserausfalls. Die Problematik der richtigen Schichtenfolge wird am Beispiel der Innendämmung diskutiert.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich verschiedener möglicher Außenwandkonstruktionen für das Wellenbad</li> </ul>                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezeichnung und Auswahl von Getriebeölen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erläutern die technischen Eigenschaften von Getriebeölen und deren Kennzeichnung.</li> <li>• Sie erklären die Viskosität und die Normung von Ölen.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl eines Getriebeöls für das Getriebe der Wellenmaschine</li> </ul>                                   |
| <b>Modellbildung</b>   |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tauwasserschutz</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler ermitteln den Temperaturverlauf, die Trennschichttemperaturen und die Wasserdampf-sättigungsdrücke in Außenwandkonstruktionen.</li> <li>• Sie überprüfen Wandaufbauten auf eine mögliche Tauwasserbildung und die Lage des Taupunktes durch Verwendung des Glaser-Diagramms.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung und Vergleich der Glaser-Diagramme möglicher Außenwandkonstruktionen des Wellenbades</li> </ul> |



|   |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieübertragung</li> <li>• Energieversorgungssysteme</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler analysieren das Prinzip der Energieübertragung eines Transformators.</li> <li>• Sie beurteilen den Einfluss der Schleifenimpedanz im Falle eines Fehlerstromes bei den verschiedenen Netzarten und ergreifen gegebenenfalls Maßnahmen zur Einhaltung der Abschaltbedingung des Leitungsschutzschalters oder RCD.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10KV Trafo des Energieversorgers</li> <li>• Aufbau des zur Verfügung stehenden Netzes untersuchen</li> <li>• Untersuchung der Bedeutung der Schleifenimpedanz im vorliegenden Netzsystem</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapazitive und induktive Leistung im Drehstromnetz</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler stellen kapazitive und induktive Leistung mit Hilfe von Zeigerdiagrammen dar.</li> <li>• Sie analysieren das Zusammenwirken kapazitiver und induktiver Verbraucher.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhandene Leistungsaufnahme des Wellenbades</li> <li>• Kompensation von Blindströmen aus induktiven Verbrauchern.</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stirnradgetriebe</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie analysieren ein schaltbares geradzahntes Stirnradgetriebe.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Festlegung der Systemgrenzen des Getriebes an der Wellenmaschine</li> <li>• Ermittlung der Baugruppen und Funktionselemente eines geradzahnten Stirnradgetriebes</li> <li>• Nennen von alternativen Getriebearten</li> <li>• Analyse des Kraftflusses im Getriebe der Wellenmaschine</li> </ul> |



| <b>Dimensionierung</b>  |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuchteschutz</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die bauphysikalischen Anforderungen an Gebäudeteile.</li> <li>• Sie berechnen die anfallenden Tauwassermengen im Winter (Tauperiode) und die Verdunstungsmengen im Sommer und leiten daraus notwendige Änderungen der Materialeigenschaften, der Schichtstärken und der Schichtenfolge ab. (Verdunstungsperiode), und sie bewerten die Ergebnisse.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung von Tauwassermengen möglichen Außenwandaufbauten des Gebäudes</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehstromtechnik</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler beurteilen mit Hilfe von Last- und Drehmomentkennlinien das Stern-Dreieck-Anlassverfahren.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notwendigkeit eines Anlassverfahrens für gegebene Antriebe überprüfen.</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl und Dimensionierung von Bauteilen</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler wählen den Transformator als elektrische Maschine in einer Übertragungskette anhand von Kenngrößen aus.</li> <li>• Sie dimensionieren ein Stirnradgetriebe.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10KV-Trafo</li> <li>• Durchführung von Berechnungen zu Übersetzung, Wirkdurchmesser, Drehfrequenz, Leistung, Wirkungsgrad, Drehmoment und Modul im Getriebe der Wellenmaschine</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitungs- und Schutzeinrichtungsdimensionierung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schülerinnen und Schüler dimensionieren anhand der Bemessungsstromstärken und Einflussfaktoren wie Temperatur, und Bedingungen der Leitungsverlegung sowie der Vorgaben der Energieversorger die Leitungen und Schutzeinrichtungen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionierung für das Gesamtprojekt</li> </ul>  |



| <b>Herstellung</b>  |  |  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Außenwandaufbauten</li> <li>• Montage und Demontage von Bauteilen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die Arbeitsschritte zur Erstellung verschiedener Außenwandaufbauten (Wärmedämmverbundsystem, Vorsatzschalen aus verschiedenen Materialien mit Kerndämmung).</li> <li>• Die Schülerinnen erklären die Montage und Demontage von Radialwellendichtringen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der Arbeitsschritte zur Erstellung der Außenwände des Wellenbades</li> <li>• Darstellung der Montageschritte eines Radialwellendichtringes im Getriebe der Wellenmaschine</li> </ul> |
| <b>Wirtschaftlichkeit</b>   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompensation von Blindleistung</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler beurteilen die Notwendigkeit des Einsatzes einer Kompensationsanlage für Blindleistungen unter Kostenaspekten.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich der konkreten Kosten für Blindleistung beim Versorger und für die Kompensationsanlage die benötigt würde.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amortisierung von Investitionskosten</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler stellen die höheren Kosten für die Verwendung einer höherwertigen Dämmung im Vergleich zur Kostenersparnis für den geringeren Energieaufwand zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs gegenüber.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich von unterschiedlichen Außenwandkonstruktionen</li> </ul>  |



| <b>Qualitätssicherung</b>   |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung des Feuchteschutzes zur Erhaltung der Bausubstanz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Bedeutung des Feuchteschutzes bei der Erhaltung der Bausubstanz.</li> <li>• Sie unterscheiden grundsätzlich die Arten der Feuchte.</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der richtigen Schichtenfolge der Baustoffe innerhalb der Außenwandkonstruktion</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instandhaltung der Anlage</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie beurteilen, welche Instandhaltungsmaßnahmen in welchem Zeitintervall durchgeführt werden sollten, um Ausfallzeiten zu minimieren.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Schwimmbad stellt durch erhöhte Luftfeuchtigkeit und Temperaturen besondere Anforderungen elektrische und mechanischen Anlagenteile</li> </ul>              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fertigungstoleranzen von Bauteilen</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie überprüfen Allgemeintoleranzen, Passungen und Oberflächenangaben an Metallbauteilen.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sitz und Laufflächen der Radialwellendichtringe im Getriebe der Wellenmaschine</li> </ul>   |
| <b>Sicherheit und Gesundheitsschutz</b>   |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuchteschutz von Holzbaukonstruktionen</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler überprüfen die Einhaltung des zulässigen Maßes der Durchfeuchtung tragender Holzbauteile durch Tauwasserausfall in Außenbauteilen anhand von Berechnungen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnungen zum zulässigen Tauwasserausfall in der Außenwand- oder Dachkonstruktion des Bades an den Punkten tragender Teile einer Holzkonstruktion</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesunde Raumluft</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die gesundheitlichen Gefahren hoher Konzentrationen von Schimmelsporen in der Atemluft.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der Gesundheitsrisiken bei Aufenthalt in dem durch Schimmel befallenen Duschbereich</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzmaßnahmen in Netzsystemen</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler wählen elektrische und mechanische Schutzmaßnahmen gemäß der Normung für das gewählte Netzsystem aus.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl von Leitungsschutz, Schutz vor Fehlerströmen gemäß den Vorschriften für das vorliegende Netzsystem</li> </ul>   |



| <b>Folgenabschätzung</b>  |   |   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Tauwasserausfall in der Jahresbilanz</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler interpretieren Ergebnisse der Berechnungen der im Verlauf eines Jahres anfallenden und verdunstenden Tauwassermengen und bestimmen die Folgen nicht vollständig in der Verdunstungsperiode verdunstender Wassermengen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Überprüfung der im Außenwandwandaufbau verbleibenden Wassermengen im Verlauf des Jahres und Interpretation der Ergebnisse</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler untersuchen den Umgang mit Ölen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung der Lagerung, Aufbereitung und Entsorgung des Getriebeöls der Wellenmaschine</li> </ul>                                 |
| <b>Kommunikation und Dokumentation</b>  |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Detaildarstellungen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler erstellen Querschnittsskizzen von Außenbauteilen.</li> <li>Sie zeichnen Detailschnitte der Laufflächen von Radialwellendichtringen sowie deren Toleranzen, Passungen und Oberflächenangaben.</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Darstellung der Lauffläche eines Radialwellendichtringes auf der Getriebewelle der Wellenmaschine</li> </ul>                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Diagramme</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie erstellen Glaserdiagramme.</li> <li>Sie skizzieren den Temperaturverlauf durch Außenwandkonstruktionen.</li> </ul>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Formulare</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie nutzen standardisierte Formulare.</li> </ul>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersichtsdarstellungen von Netzen und Stromkreisverteilungen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie stellen Stromkreisverteilungen normgerecht dar und analysieren Übersichtsdarstellungen von Netzen.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Darstellen der Stromkreisverteilung des Wellenbades</li> <li>Analyse des Netzes, an das das Wellenbad angeschlossen wird</li> </ul>  |



### 3.6 Kurshalbjahr 13.2

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Kursthema:</b><br>Optimierung eines technischen Systems unter den Aspekten der Wirtschaftlichkeit und der Nachhaltigkeit planen  |  |  |
| <b>Beispiel einer Lernaufgabe:</b><br><i>Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs eines kleinen Wohngebäudes durch Minimierung der Wärmebrücken und Einbau einer Erdwärmepumpe</i> |  |  |
| <b>Kurshalbjahr 13.2</b>  |  |  |
| <b>Themen</b>   | <b>Hinweise</b><br>(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Lernaufgaben, Hilfsmittel etc.)   |  |
| Inhalte   | Kompetenzorientierte Konkretisierung der Inhalte,<br>Beschreibung der Inhaltstiefe mit Operatoren und Attributen   | Bezug zur Lernaufgabe  |
| <b>Zielsetzung</b>  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielbeschreibung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler bestimmen notwendige Maßnahmen zur Senkung der Transmissionswärmeverluste durch Wärmebrücken in der Außenhülle eines Gebäudes.</li> <li>• Sie berücksichtigen dabei die Vermeidung von Tauwasserschäden in der Gebäudeaußenhülle.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der Wärmebrücken in der Außenwand des bestehenden Wohngebäudes und Planung von Maßnahmen zur Minimierung dieser</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtenheft</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus den Anforderungen für den Kraftbedarf eines Antriebs erstellen sie das Pflichtenheft.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung des Pflichtenhefts für die Wärmeanlage anhand des Wärmebedarfs in einem Wohngebäude</li> </ul>                             |



| <b>Planung</b>   |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Sanierungsplan</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler planen die notwendigen Schritte zur Analyse und Sanierung eines durch Wärmebrücken verursachten Tauwasserschadens.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse und Erstellung eines Sanierungsplans für einen Bauschaden mit Schimmelbefall im Wohnraum unter einer Terrasse</li> </ul>                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Planung eines Antriebs</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie ermitteln aus den genannten Kraftanforderungen einen Antrieb und disponieren das notwendige Material.</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung notwendiger Daten anhand der Fördermenge in der Wärmanlage und Erstellen einer Materialliste für die Installation der Wärmepumpe</li> </ul> |
| <b>Werkstoffauswahl</b>  |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Komponentenauswahl anhand von Lastdaten</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler bestimmen aus den Lastdaten Kriterien für die Auswahl und den Anschluss eines elektrischen Antriebs.</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl einer Pumpe für die Wärmanlage, die Anschlussleitung und den Leitungsschutz</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Systeme zur thermischen Trennung von Bauteilen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie wählen ein System zur thermischen Trennung eines die Außenwand durchdringenden Bauteils aus.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl eines Systems zur thermischen Trennung an der Verbindungsstelle zwischen Decken- und Balkonplatte aus Stahlbeton</li> </ul>                    |



| <b>Modellbildung</b>  |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isothermenverlauf</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler interpretieren die Darstellungen des Isothermenverlaufes in Bauteilen mit Wärmebrücken.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretation des Isothermenverlaufes im Übergang zwischen Terrassenoberfläche und aufgehender Außenwand</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmebrückenarten</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie analysieren verschiedene Beispiele von Wärmebrücken:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ geometrisch bedingte WB</li> <li>○ konstruktions- bzw. materialbedingte WB</li> <li>○ massenstrombedingte WB</li> <li>○ umgebungsbedingte WB</li> </ul>               auch unter Nutzung vorliegender Thermografieaufnahmen.             </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse und Bestimmung der Art verschiedener Wärmebrücken im Aufbau der bestehenden Außenfassade</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ansteuerung eines Antriebs</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie entwickeln für einen Antrieb die Stromlaufpläne für den Last- und Steuerstromkreis.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung der Stromlaufpläne für den Lastkreis der Wärmepumpe sowie für die Ansteuerung der Pumpe</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagerungskonzepte</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie vergleichen die unterschiedlichen Arten von Lageranordnungen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung der Fest- und Loslagerung an einer Verdichterwelle der Wärmepumpe</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kräftesystem</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie entwickeln ein räumliches Kräftesystem und berechnen die daraus resultierende statische und dynamische äquivalente Lagerbelastung.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der axialen und radialen Kräfte an den Wälzlager der Verdichterwelle</li> </ul>  |
| <b>Dimensionierung</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl und Dimensionierung von Bauteilen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler dimensionieren Wälzlager.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl von Wälzlagertypen an der Verdichterwelle der Wärmepumpe aus Herstellerkatalogen oder Tabellenbüchern</li> </ul>                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motordaten und Leitungsdimensionierung</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erklären den Zusammenhang zwischen einer mechanischen Last am Ausgang einer Maschine und den Leistungsdaten der Maschine und den Motorkennlinien.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung der Motorauswahl anhand von Motordaten (Leistungsschild und Kennlinien) abhängig von der Pumpenleistung in der Wärmegewinnungsanlage</li> </ul> |



| <b>Herstellung</b>   |  |   |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss- und Durchdringungsdetails</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler entwerfen ein Anschluss- oder Durchdringungsdetail einer Außenwand, z.B. Fenster- oder Deckenanschluss oder Durchdringungen einer Balkonplatte.</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwurf des Anschlusspunktes zwischen der Terrassenfläche über einem Wohnraum und der aufgehenden Außenwand</li> </ul>       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Montage eines Antriebs</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie planen die Arbeitsschritte für die Montage unter den Vorgaben der DIN VDE 0100 („Fünf Sicherheitsregeln“).</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung der Montageschritte zur Ansteuerung und Installation der Wärmepumpe</li> </ul>                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauformen von Bauteilen</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erläutern den Unterschied zwischen Gleitlagern und Wälzlagern.</li> <li>• Sie beschreiben den Aufbau von Wälzlagern.</li> <li>• Sie vergleichen verschiedene Formen von Wälzkörpern und deren Einsatzbereiche.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl von Standard-Bauformen für die Wälzlager an einer Verdichterwelle der Wärmepumpe</li> </ul>                          |
| <b>Qualitätssicherung</b>  |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftdichtigkeitstest</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die Vorgehensweise zur Durchführung eines Blower-Door-Tests und bewerten beispielhafte Ergebnisse.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planung der Durchführung eines Blower-Door-Tests für das Wohngebäude und Bewertung vorgegebener Ergebnisbeispiele</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schadensanalyse</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie analysieren einen vorliegenden Bauschaden an einer Außenwand, der durch Tauwasserausfall an der Stelle einer vorliegenden Wärmebrücke entstanden ist und Schimmelbefall verursacht hat.</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung einer Analyse eines Schadens durch Tauwasserausfall im Terrassenbereich</li> </ul>                                |



| <b>Sicherheit und Gesundheitsschutz</b>   |   |   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutz nach DIN VDE</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler wählen Schutzmaßnahmen gemäß der Normung zum Personen- und Geräteschutz aus.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl von Motor- und Leitungsschutz, Schutz vor Fehlerströmen</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inbetriebnahme elektrischer Anlagen</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie planen die vollständige Inbetriebnahme einer neuerrichteten elektrischen Anlage.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planung der Arbeitsschritte bei der Inbetriebnahme der Wärmepumpenanlage</li> </ul>  |
| <b>Folgenabschätzung</b>  |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktlebensdauer</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler berechnen die nominelle Lebensdauer von Wälzlager in Umdrehungen und Betriebsstunden.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der nominellen Lebensdauer der Wälzlager der Verdichterwelle der Wärmepumpe</li> </ul>  |
| <b>Kommunikation und Dokumentation</b>  |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detaildarstellungen</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schülerinnen und Schüler erstellen Skizzen von Wälzlager im Schnitt und in vereinfachter Darstellung.</li> <li>• Sie skizzieren Detailschnitte von Anschluss- und Durchdringungsdetails einer Außenfassade.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung einer Lagerstelle der Verdichterwelle der Wärmepumpe</li> <li>• Darstellung der gewählten Sanierungsmaßnahmen für die Außenwand zur Minimierung von Wärmebrücken in Detailschnitten</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung elektrischer und konstruktiver Pläne</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erstellen Schaltpläne der Stromkreise und Bauteilskizzen.</li> <li>• Sie planen die Inbetriebnahme und erstellen die dafür notwendigen Messprotokolle.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen der Dokumente für die Wärmeanlage und die Sanierungsmaßnahmen</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation nach gesetzlichen Vorgaben</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erstellen Prüfprotokolle gemäß DIN VDE 0100-600.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen eines Prüfprotokolls der elektrischen Prüfung der Wärmepumpenanlage</li> </ul>   |



## 4 Lernerfolgsüberprüfung

Die Lernerfolgsüberprüfung im Fach Ingenieurwissenschaften richtet sich nach § 48 des Schulgesetzes NRW (SchulG) und wird durch § 8 der APO-BK, dessen Verwaltungsvorschrift und durch die §§ 8 – 13 der Anlage D in der APO-BK konkretisiert.

In der Lernerfolgsüberprüfung werden die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten erfasst.

In den Bildungsgängen des Berufskollegs, die zu einem Berufsabschluss nach Landesrecht und zur Allgemeinen Hochschulreife oder zu beruflichen Kenntnissen und zur Allgemeinen Hochschulreife führen, wird die Vermittlung der umfassenden beruflichen Handlungskompetenz angestrebt, deren Momente auch im Rahmen der Lernerfolgsüberprüfungen zum Tragen kommen. Lernerfolgsüberprüfungen erfüllen grundsätzlich drei Funktionen:

- Sie kennzeichnen und wahren die gesetzten Ansprüche an die Fachlichkeit in der Domäne, Komplexität als Voraussetzung für selbst organisiertes Handeln sowie verantwortlichem Handeln mit Gegenständen oder Prozessen des Berufsfelds in gesellschaftlichem Kontext;
- sie ermöglichen die diagnostische Einschätzung und die gezielte Unterstützung des Lehr-/Lernprozesses;
- sie schaffen die Voraussetzungen für den Vergleich von Lernleistungen.

Unter Berücksichtigung der Konzeption des Faches und der didaktischen Organisation im Bildungsgang gelten die Grundsätze der Lernerfolgsüberprüfung:

- Bezug zum Unterricht,
- Art der Aufgabenstellung als komplex strukturierte Anforderungssituation von soziotechnischen Systemen und Kommunikationsprozessen,
- Eindeutigkeit der Anforderungen,
- Berücksichtigung von Teilleistungen und alternativen Lösungen und Beachtung unterschiedlicher Bezugsnormen oder -größen.

Für Lehrerinnen und Lehrer ist die Feststellung des Lernerfolgs auch Anlass, die Zielsetzungen und die Methoden ihres Unterrichts zu überprüfen und ggf. zu modifizieren.

Für die Schülerinnen und Schüler dient die Feststellung und Bewertung des individuellen Lernerfolgs zur Verdeutlichung ihrer Lernfortschritte und Lernschwierigkeiten. Sie ist eine Hilfe für weiteres Lernen. Im Sinne eines pädagogischen Leistungsprinzips steht die Verbindung von Leistungsanforderungen mit individueller Förderung im Mittelpunkt schulischen Lernens.



Konkretisierungen für die Lernerfolgsüberprüfung werden in der Bildungsgangkonferenz festgelegt. Mit Klausuren und „Sonstigen Leistungen“ sollen durch Progression und Komplexität in der Aufgabenstellung die Bewertung von Leistungen in den Anforderungsbereichen Reproduktion, Reorganisation und Transfer ermöglicht werden.

Dabei ist nicht nur darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit zu problemlösendem Denken und zur Formulierung einer eigenen Position erhalten, sondern auch ihre sprachliche Richtigkeit und ihr Ausdrucksvermögen angemessen berücksichtigt wird. Neben der Qualität der Beiträge sind Kommunikationsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit und Kontinuität des Engagements zu bewerten.

Spezifische Aspekte der Leistungsbewertung im Fach Ingenieurwissenschaften sind: Fähigkeit und Bereitschaft der Schülerinnen und Schüler,

- Problemstellungen im Kontext der ingenieurwissenschaftlichen Kompetenzfelder zu erfassen und zu analysieren sowie Lösungsstrategien zu entwickeln;
- ingenieurspezifische Handlungsmuster zu übertragen und anzuwenden;
- die erarbeiteten Lösungen zu dokumentieren und zu präsentieren;
- eigene und fremde Lösungsvarianten zu bewerten;
- angewendete Lösungsstrategien und Methoden zu reflektieren;
- berufsbezogene Themen in angemessener Fachsprache zu kommunizieren;
- Regelwerke anzuwenden;
- komplexe Problemzusammenhänge durch Formen des teamorientierten und fächerverbindenden Lernens zu bearbeiten;
- zu fachlichen Problemen Stellung zu beziehen,
- die eigene Sichtweise anderen verständlich zu machen, rational zu begründen und argumentativ zu vertreten.

Für jeden Beurteilungsbereich (Klausuren/Sonstige Leistungen) werden Noten nach einem ersten Kursabschnitt sowie am Ende des Kurses ausgewiesen. Die Kursabschlussnote wird gleichrangig unter pädagogischen Gesichtspunkten aus den Endnoten beider Beurteilungsbereiche gebildet.

## 5 Abiturprüfung

Grundsätzlich gelten für die schriftliche und die mündliche Abiturprüfung die Bestimmungen der APO-BK, Anlage D. Zu beachten und im Unterricht zu berücksichtigen sind die für das jeweilige Fach erlassenen "Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die zentral gestellten schriftlichen Prüfungen im Abitur in den Bildungsgängen des Berufskollegs, Anlagen D1 – D28" des jeweiligen Abiturjahres.

### 5.1 Schriftliche Abiturprüfung

Die Details für die schriftliche Abiturprüfung können für das jeweilige Abiturjahr den „Vorgaben für das Profil bildende Leistungskursfach Ingenieurwissenschaften“ entnommen werden.

Für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Ingenieurwissenschaften werden Aufgaben gestellt, die an einem konkreten ingenieurspezifischen Problem orientiert sind. Es bietet sich an, Aufgabenstellungen als **Entwurfs-, Analyse-, Dimensionierungs- oder Konstruktionsaufgabe** zu wählen. Auch Mischformen sind möglich.

Bei der Bearbeitung der Aufgaben sind folgende Handlungsschritte teilweise oder vollständig zu durchlaufen:

- ingenieurspezifische Problemstellungen analysieren,
- Lösungsstrategien planen,
- Informationsmaterial auswerten,
- Lösungsalternativen entwickeln,
- begründete Entscheidungen treffen,
- Lösungswege ausarbeiten und darstellen,
- Ergebnisse reflektieren und bewerten.

In der Abiturprüfung werden folgende Aufgabentypen nicht gestellt:

- Aufgaben ohne Kontextorientierung,
- Aufgaben, die eine ausschließlich mathematische Bearbeitung erfordern,
- ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgaben.

Für die Durchführung des Zentralabiturs hat das Berufskolleg zu gewährleisten, dass die Aufgabenstellungen sowie die Medien, Materialien, Geräte und Hilfsmittel den Prüflingen als Vorgaben für die zentral gestellten schriftlichen Prüfungen zur Verfügung stehen. Sofern schülereigene Hilfsmittel erlaubt sind, müssen diese zur Vermeidung eines Täuschungsversuchs überprüft werden.

### Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistungen

Die Bewertung der Prüfungsleistung stellt eine kriterienorientierte Entscheidung dar, die gebunden ist an:

- die Vorgaben der curricularen Skizzen,



- die "Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die zentral gestellten schriftlichen Prüfungen im Abitur in den Bildungsgängen des Berufskollegs, Anlagen D1–D28" des jeweiligen Abiturjahres für das Profil bildende Leistungskursfach Ingenieurwissenschaften,
- die mit Aufgabenart und Aufgabenstellung verbundenen Erwartungen, wie sie in den zentralen Prüfungsaufgaben vorgesehen sind.

## 5.2 Mündliche Abiturprüfung

Die mündliche Prüfung bezieht sich in der Regel schwerpunktmäßig auf eines der vier Halbjahre der Qualifikationsphase, muss aber Sachgebiete mindestens eines anderen Kurshalbjahres aufgreifen.

Die in der Abiturklausur behandelten Inhalte sowie Aufgaben, die in Klausuren gestellt worden sind, können nicht Gegenstand der Prüfung sein.

Die mündliche Prüfung enthält in der Regel zwei gleichwertige Elemente, durch die einerseits die Fähigkeit zum Vortrag, andererseits die Fähigkeit zur Beteiligung am Prüfungsgespräch überprüft werden:

### Der Schülervortrag

Für den Vortrag werden dem Prüfling ein bis zwei komplexe - zumindest für einen Teil textgestützte/mediengestützte - Aufgabenstellungen schriftlich vorgelegt. Für die Aufbereitung des Textes/Medienproduktes und für die Aufgabenstellung gelten dieselben Kriterien wie für die Texte der schriftlichen Abiturprüfung. Die Aufgabenstellungen müssen die drei Anforderungsbereiche umfassen und so angelegt sein, dass es den Prüflingen grundsätzlich möglich ist, jede Notenstufe zu erreichen. Für die Bearbeitung wird eine halbstündige Vorbereitungszeit gewährt.

Der Prüfling soll seine Ergebnisse in einem zusammenhängenden Vortrag präsentieren, der - gestützt auf Aufzeichnungen - frei gehalten wird.

### Das Prüfungsgespräch

Die Prüferin/der Prüfer führt anschließend mit dem Prüfling ein Gespräch, das - ggf. an den Vortrag anknüpfend - größere fachliche Zusammenhänge und andere Sachgebiete erschließt. Das Wiederholen bzw. Aufzeigen etwaiger Lücken des Schülervortrags im ersten Teil ist nicht statthaft. Der geforderte Gesprächscharakter verbietet das zusammenhanglose Abfragen von Kenntnissen bzw. den kurzschrittigen Dialog.

### Bewertung der mündlichen Prüfungsleistungen

Spezifische Anforderungen der mündlichen Prüfung sind darüber hinaus: die Fähigkeit, in der gegebenen Zeit für die gestellte Aufgabe ein Ergebnis zu finden und es in einem Kurzvortrag darzulegen,

- sich klar, differenziert und strukturiert auszudrücken,



- anhand von Aufzeichnungen frei und zusammenhängend in normen- und fachgerechter Sprache zu reden,
- ein themengebundenes Gespräch zu führen,
- eigene sach- und problemgerechte Beiträge einzubringen,
- sich klar und verständlich zu artikulieren.

Die Anforderungen werden insbesondere erfüllt durch:

- den Vortrag auf der Basis sicherer aufgabenbezogener Kenntnisse,
- die Berücksichtigung der Fachsprache,
- die Beherrschung fachspezifischer Methoden und Verfahren,
- die Wahl der für den Vortrag und das Gespräch beruflich angemessenen Darstellungs-/Stilebene,
- die Fähigkeit zur Einordnung in größere fachliche Zusammenhänge,
- die eigenständige Auseinandersetzung mit Sachverhalten und Problemen,
- die begründete eigene Stellungnahme/Beurteilung/Wertung,
- die Beherrschung angemessener Argumentationsformen,
- die Fähigkeit zur Reaktion auf Fragen und Impulse,
- eigene sach- und problemgerechte Beiträge zu weiteren Aspekten.

## Die Reihe Arbeitsberichte „Berufs- und Betriebspädagogik“

(ehemals: Arbeitsberichte des Instituts für Berufs- und Betriebspädagogik)

ISSN 1437-8493

### 2016

- Heft 90**  
Jenewein, K. Berufliches Gymnasium für Ingenieurwissenschaften – Grundüberlegungen, inhaltliche Konzeption und curriculare Umsetzung am Beispiel der Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt
- Heft 89**  
Bünning, F.  
Pohl, M. Lehramtsstudierende mit dem Unterrichtsfach Technik im Fokus - Zentrale Ergebnisse einer Längsschnitt-Untersuchung an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Heft 88**  
Jahn, R.W.  
Brünner, K.  
Schunk, F. „Neue“ Rollen des beruflichen Bildungspersonals und deren Wahrnehmung durch die pädagogischen Akteure – Eine interpretative Analyse dominanter Rollenbilder von Berufsschullehrern und Ausbildern
- Heft 87**  
Götzl, M.  
Jahn, R.W.  
Spittel, M. Zweidimensionale Typisierung des Forschungs- und Praxisinteresses von Studierenden – Ein Modell und erste empirische Befunde
- Heft 86**  
Bünning, F.  
Lehmann, J. Einfluss von außerschulischen Lernorten auf die Gestaltung von technisch geprägten Karrierewegen – Eine empirische Analyse der Effekte des Engagements im Schüler-Institut Technik und angewandte Informatik (SITI) e. V. auf die Berufswahl

### 2015

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

### 2014

- Heft 84**  
Nepom´yashcha, Y. Geschlechterdifferenzierung in technischen Berufen unter dem Aspekt wachsender Heterogenität – Eine Untersuchung in der betrieblichen Berufsausbildung
- Heft 83**  
Weidemeier, Ch. Handlungsansätze zur Prävention und Intervention von Ausbildungsabbrüchen unter dem Aspekt wachsender Heterogenität
- Heft 82**  
König, M. Kooperatives Lernen in der betrieblichen Berufsausbildung

### 2013

- Heft 81** Green Jobs and Climate Change. The Saxony-Anhalt Region – Renewable

Baumann, F.A.  
Jenewein, K.  
Müller, A.

Energies in the Perspectives of the Economy and Vocational Education and Training

**Heft 80**  
Jenewein, K.

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

2011

**Heft 79**  
Schulz, A.  
Martsch, M.

Blended Learning - Die neue Rolle des Ausbilders

**Heft 78**  
Jenewein, K.  
Stolte, H.

TVET Teachers and Trainers - Concepts in Academic Education and Research

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.  
Möhrling-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**  
Möhring, J.  
Gleisner, E.  
Peters, S.
- Nachwuchs auf Nachwuchsstellen? Befragung von Diplomanden, Praktikanten und wissenschaftlichen Hilfskräften als potentieller Nachwuchs eines regionalen Forschungs- und Entwicklungsdienstleisters
- 2008
- Heft 64**  
Peters, S.
- Professionalisierung und Projektmanagement
- Heft 63**  
Rauner, F.
- Bildungsforschung in der Wissensgesellschaft: Grundlagen, Widersprüche und Perspektiven. Zur Berufsform der Arbeit als Dreh- und Angelpunkt beruflicher Bildung und der Berufsbildungsforschung.
- Heft 62**  
Steckel, M.  
Peters, S.
- Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 3:  
Studiengang-/Studienfachwechsel und Studienabbruch
- Heft 61**  
Steckel, M.  
Peters, S.
- Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 2:  
Studiensituation und Studienzufriedenheit
- Heft 60**  
Steckel, M.  
Peters, S.
- Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 1:  
Alumni-Befragung
- Heft 59**  
Groß, S.
- Die Fachkarriere - Alternative Entwicklungschancen oder Abstellgleis?  
- Eine qualitative Untersuchung der Implementierungsmodalitäten ausgewählter Unternehmen -
- Heft 58**  
Voß, A.
- Implementierung von Mentoringprozessen - Eine Chance für Absolventen der dualen Berufsbildung in der Metallindustrie Sachsen-Anhalts

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