

Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen

HESSEN



# Kerncurriculum berufliches Gymnasium



**MASCHINENBAUTECHNIK**  
Ausgabe 2024

## **Impressum**

**Herausgeber:** Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen (HMKB)  
Luisenplatz 10  
65185 Wiesbaden  
Telefon: 0611 368-0  
E-Mail: [poststelle.hmkb@kultus.hessen.de](mailto:poststelle.hmkb@kultus.hessen.de)  
Internet: <https://kultus.hessen.de>

**Stand:** Ausgabe 2024

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium</b> .....	<b>6</b>
1.1 Ganzheitliches Lernen und Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium.....	6
1.2 Strukturelemente des Kerncurriculums .....	8
1.3 Überfachliche Kompetenzen .....	10
<b>2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Schwerpunkts</b> .....	<b>14</b>
2.1 Beitrag des Schwerpunkts zur Bildung.....	14
2.2 Kompetenz-Strukturmodell.....	16
2.3 Kompetenzbereiche .....	18
2.4 Strukturierung der Fachinhalte (Leitideen) .....	21
<b>3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte</b> .....	<b>24</b>
3.1 Einführende Erläuterungen .....	24
3.2 Bildungsstandards des Schwerpunkts.....	25
3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder .....	29
<b>Maschinenbautechnik</b> .....	<b>34</b>
E1: Maschinenbautechnische Grundlagen.....	34
E2: Technische Mechanik I.....	36
Q1: Technische Mechanik II (LK) .....	38
Q2: Maschinenelemente (LK).....	41
Q3: Baueinheiten des Maschinenbaus (LK) .....	44
Q4: Konstruktiver Maschinenbau (LK).....	47
Q1: Computer-Aided Design (CAD) (eGK).....	49
<b>Produktionstechnik</b> .....	<b>51</b>
E1: Fertigungs- und Prüftechnik I.....	51
E2: Fertigungs- und Prüftechnik II.....	53
Q1: Energie- und Antriebstechnik (GK) .....	55
Q2: Steuerungs- und Regelungstechnik (GK).....	57

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Q3: Mechatronik und Robotik (GK).....	59
Q4: Automatisierte Fertigung und Qualitätsmanagement (GK).....	61
<b>Technische Kommunikation und Werkstofftechnik.....</b>	<b>63</b>
E1: Technisches Zeichnen.....	63
E2: Werkstoffkunde.....	65

**Hinweis:** Anregungen zur Umsetzung des Kerncurriculums im Unterricht sowie weitere Materialien abrufbar im Internet unter: [Kerncurricula | kultus.hessen.de](https://www.kultus.hessen.de/kerncurricula)

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## Vorbemerkung

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium trat zum Schuljahr 2016/17 in Kraft und ist seither Grundlage eines kompetenzorientierten Oberstufenunterrichts zur Vorbereitung auf das hessische Landesabitur. Den Fächern Mathematik, Deutsch und den fortgeführten Fremdsprachen (Englisch, Französisch) liegen dabei die Bildungsstandards nach dem Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012 zugrunde. Den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik liegen die Bildungsstandards nach dem Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 zugrunde.

Die Politischen Vorhaben zur „Ländervereinbarung über die gemeinsame Grundstruktur des Schulwesens und die gesamtstaatliche Verantwortung der Länder in zentralen bildungspolitischen Fragen vom 15.10.2020 (Beschluss der KMK vom 15.10.2020) in Verbindung mit der Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (Beschluss der KMK vom 07.07.1972 in der Fassung vom 06.06.2024) bedingen eine Ausweitung der für das schriftliche Abitur prüfungsrelevanten Themen und Inhalte auf das Kurshalbjahr Q4, das vor den Osterferien endet.

Dies macht eine Anpassung der Kerncurricula der gymnasialen Oberstufe in allen Abiturprüfungsfächern notwendig. Die Änderungen betreffen die inhaltliche Anschlussfähigkeit der Q4 sowie gegebenenfalls notwendige Anpassungen in den vorherigen Kurshalbjahren.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

# 1 Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium

## 1.1 Ganzheitliches Lernen und Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium

Das Ziel der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums ist die Allgemeine Hochschulreife, die zum Studium an einer Hochschule berechtigt und auch den Weg in eine berufliche Ausbildung ermöglicht. Lernende, die die gymnasiale Oberstufe besuchen, wollen auf die damit verbundenen Anforderungen vorbereitet sein. Erwarten können sie daher einen Unterricht, der sie dazu befähigt, Fragen nach der Gestaltung des eigenen Lebens und der Zukunft zu stellen und orientierende Antworten zu finden. Sie benötigen Lernangebote, die in sinnstiftende Zusammenhänge eingebettet sind, in einem verbindlichen Rahmen eigene Schwerpunktsetzungen ermöglichen und Raum für selbstständiges Arbeiten schaffen. Mit diesem berechtigten Anspruch geht die Verpflichtung der Lernenden einher, die gebotenen Lerngelegenheiten in eigener Verantwortung zu nutzen und mitzugestalten. Lernen wird so zu einem stetigen, nie abgeschlossenen Prozess der Selbstbildung und Selbsterziehung, getragen vom Streben nach Autonomie, Bindung und Kompetenz. In diesem Verständnis wird die Bildung und Erziehung junger Menschen nicht auf zu erreichende Standards reduziert, vielmehr kann Bildung Lernende dazu befähigen, selbstbestimmt und in sozialer Verantwortung, selbstbewusst und resilient, kritisch-reflexiv und engagiert, neugierig und forschend, kreativ und genussfähig ihr Leben zu gestalten und wirtschaftlich zu sichern.

Für die Lernenden stellen die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium ein wichtiges Bindeglied zwischen einem zunehmend selbstständigen, dennoch geleiteten Lernen in der Sekundarstufe I auf der einen Seite und dem selbstständigen und eigenverantwortlichen Weiterlernen auf der anderen Seite dar, wie es mit der Aufnahme eines Studiums oder einer beruflichen Ausbildung verbunden ist. Auf der Grundlage bereits erworbener Kompetenzen zielt der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium auf eine vertiefte Allgemeinbildung, eine allgemeine Studierfähigkeit sowie eine fachlich fundierte wissenschaftspropädeutische Bildung. Dabei gilt es in besonderem Maße, flankiert durch Angebote zur beruflichen Orientierung, die Potenziale der Jugendlichen zu entdecken und zu stärken sowie die Bereitschaft zu beständigem Weiterlernen zu wecken, damit die jungen Erwachsenen selbstbewusste, ihre Neigungen und Stärken berücksichtigende Entscheidungen über ihre individuellen Bildungs-, Berufs- und Lebenswege treffen können. So bietet der Unterricht in der Auseinandersetzung mit ethischen Fragen die zur Bildung reflektierter Werthaltungen notwendigen Impulse – den Lernenden kann so die ihnen zukommende Verantwortung für Staat, Gesellschaft und das Leben zukünftiger Generationen bewusst werden. Auf diese Weise nehmen die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium den ihnen in den §§ 2 und 3 des Hessischen Schulgesetzes (HSchG) aufgegebenen Erziehungsauftrag wahr.

Das Lernen in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium differenziert die Inhalte und die Lern- und Arbeitsweisen der Sekundarstufe I weiter aus. So zielt der Unterricht auf den Erwerb profunden Wissens sowie auf die Vertiefung beziehungsweise Erweiterung von Sprachkompetenz. Der Unterricht fördert Team- und Kommunikationsfähigkeit, lernstrategische und wissenschaftspropädeutische Fähigkeiten und Fertigkeiten, um zunehmend selbstständig lernen zu können, sowie die Fähigkeit, das eigene Denken und Handeln zu reflektieren. Ein breites, in sich gut organisiertes und vernetztes sowie in unterschiedlichen Anwendungssituationen erprobtes Orientierungswissen hilft dabei, unterschiedliche, auch interkulturelle Horizonte des Weltverstehens zu erschließen. Aus dieser Handlungsorientierung

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

leiten sich die didaktischen Aufgaben der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums ab:

- sich aktiv und selbstständig mit bedeutsamen Gegenständen und Fragestellungen zentraler Wissensdomänen auseinanderzusetzen,
- wissenschaftlich geprägte Kenntnisse für die Bewältigung persönlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen zu nutzen,
- Inhalte und Methoden kritisch zu reflektieren und daraus folgend Erkenntnisse und Erkenntnisweisen auszuwerten und zu bewerten,
- in kommunikativen Prozessen sowohl aus der Perspektive aufgeklärter Laien als auch aus der Expertenperspektive zu agieren.

Lernende begegnen der Welt auf unterschiedliche Art und Weise. Ganzheitliche schulische Bildung eröffnet den Lernenden daher unterschiedliche Dimensionen von Erkenntnis und Verstehen. Sie reflektieren im Bildungsprozess verschiedene „Modi der Weltbegegnung und -erschließung“<sup>1</sup>, die sich – in flexibler beziehungsweise mehrfacher Zuordnung – in den Unterrichtsfächern und deren Bezugswissenschaften wiederfinden:

- (1) eine kognitiv-instrumentelle Modellierung der Welt (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften oder Technik),
- (2) ästhetisch-expressive Begegnung und Gestaltung (Sprache/Literatur, Musik/bildende und theatrale Kunst/physische Expression)
- (3) normativ-evaluative Auseinandersetzung mit Wirtschaft und Gesellschaft (Geschichte, Politik, Ökonomie, Recht, Wirtschaft, Gesundheit und Soziales)
- (4) einen Modus, in dem „Probleme konstitutiver Rationalität“ behandelt werden und über „die Bedingungen menschlicher Erkenntnis und menschlichen In-der-Welt-Seins“ nachgedacht wird (Religion, Ethik und Philosophie).

Jeder dieser gleichrangigen Modi bietet also eine eigene Art und Weise, die Wirklichkeit zu konstituieren – aus einer jeweils besonderen Perspektive, mit den jeweils individuellen Erschließungsmustern und Erkenntnisräumen. Den Lernenden eröffnen sich dadurch Möglichkeiten für eine mehrperspektivische Betrachtung und Gestaltung von Wirklichkeit, die durch geeignete Lehr-Lern-Prozesse initiiert werden.

Die Grundstruktur der Allgemeinbildung besteht in der Verschränkung der oben genannten Sprachkompetenzen und lernstrategischen Fähigkeiten mit den vier „Modi der Weltbegegnung und -erschließung“ und gibt damit einen Orientierungsrahmen für kompetenzorientierten Unterricht auf Basis der KMK-Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife. Mit deren Erreichen dokumentieren die Lernenden, dass sie ihre Kompetenzen und fundierten Fachkenntnisse in innerfachlichen, fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen verständlich nutzen können.

In der Umsetzung eines ganzheitlichen Bildungsanspruchs verbinden sich sowohl Erwartungen der Schule an die Lernenden als auch Erwartungen der Lernenden an die Schule.

Den Lehrkräften kommt daher die Aufgabe zu,

---

<sup>1</sup> Hier und im Folgenden adaptiert aus Jürgen Baumert: Deutschland im internationalen Bildungsvergleich, in: Nelson Killius und andere (Herausgeber), Die Zukunft der Bildung, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002, Seite 113, und Bernhard Dressler: Bildung und Differenzkompetenz, in: Österreichisches Religionspädagogisches Forum 2/2021, Seite 216.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- Lernende darin zu unterstützen, sich die Welt aktiv und selbstbestimmt fortwährend lernend zu erschließen, eine Fragehaltung zu entwickeln sowie sich reflexiv und zunehmend differenziert mit den unterschiedlichen „Modi der Weltbegegnung und Welterschließung“ zu beschäftigen,
- Lernende mit Respekt, Geduld und Offenheit sowie durch Anerkennung ihrer Leistungen und förderliche Kritik darin zu unterstützen, in einer komplexen Welt mit Herausforderungen wie fortschreitender Technisierung, beschleunigtem globalen Wandel, der Notwendigkeit erhöhter Flexibilität und Mobilität und diversifizierten Formen der Lebensgestaltung angemessen umgehen zu lernen sowie im Sinne des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes (AGG) kultureller Heterogenität und weltanschaulich-religiöser Pluralität mit Offenheit und Toleranz zu begegnen,
- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Aufgabe der Lernenden ist es,

- das eigene Lernen und die Lernumgebungen aktiv mitzugestalten sowie eigene Fragen und Interessen, Fähigkeiten und Fertigkeiten bewusst einzubringen und zu mobilisieren; schulische Lernangebote als Herausforderungen zu verstehen und zu nutzen; dabei Disziplin und Durchhaltevermögen zu beweisen; sich zu engagieren und sich anzustrengen,
- Lern- und Beurteilungssituationen zum Anlass zu nehmen, ein an Kriterien orientiertes Feedback einzuholen, konstruktiv mit Kritik umzugehen, sich neue Ziele zu setzen und diese konsequent zu verfolgen,
- im Sinne des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes (AGG) kultureller Heterogenität und weltanschaulich-religiöser Pluralität mit Offenheit und Toleranz zu begegnen,
- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Die Entwicklung von Kompetenzen wird möglich, wenn Lernende sich mit komplexen und herausfordernden Aufgabenstellungen, die Problemlösen erfordern, auseinandersetzen, wenn sie dazu angeleitet werden, ihre eigenen Lernprozesse zu steuern und an der Gestaltung des Unterrichts aktiv mitzuwirken. Solchermaßen gestalteter Unterricht bietet Lernenden Arbeitsformen und Strukturen, in denen sie wissenschaftspropädeutisches und berufsbezogenes Arbeiten in realitätsnahen Kontexten erproben und erlernen können. Es bedarf der Bereitstellung einer motivierenden Lernumgebung, die neugierig macht auf die Entdeckung bisher unbekanntes Wissens, in welcher die Suche nach Verständnis bestärkt und Selbstreflexion gefördert wird. Und es bedarf Formen der Instruktion, der Interaktion und Kommunikation, die Diskurs und gemeinsame Wissensaneignung, und auch das Selbststudium und die Konzentration auf das eigene Lernen ermöglichen.

## 1.2 Strukturelemente des Kerncurriculums

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium formuliert Bildungsziele für fachliches (Bildungsstandards) und überfachliches Lernen sowie inhaltliche Vorgaben als verbindliche Grundlage für die Prüfungen im Rahmen des Landesabiturs. Die Leistungserwartungen werden auf diese Weise für alle, Lehrende wie Lernende, transparent und nachvollziehbar. Das Kerncurriculum ist in mehrfacher Hinsicht anschlussfähig: Es nimmt zum einen die Vorgaben in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

(EPA) und den Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) vom 18.10.2012 zu den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Deutsch und Mathematik sowie in der fortgeführten Fremdsprache (Englisch, Französisch) und vom 18.06.2020 in den naturwissenschaftlichen Fächern (Biologie, Chemie und Physik) und die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (Beschluss der KMK vom 07.07.1972 in der Fassung vom 16.03.2023) auf. Zum anderen setzt sich in Anlage und Aufbau des Kerncurriculums die Kompetenzorientierung, wie bereits im Kerncurriculum für die Sekundarstufe I umgesetzt, konsequent fort – modifiziert in Darstellungsformat und Präzisionsgrad der verbindlichen inhaltlichen Vorgaben gemäß den Anforderungen der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums und mit Blick auf die Abiturprüfung.

Das pädagogisch-didaktische Konzept des ganzheitlichen Lernens und der Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium spiegelt sich in den einzelnen Strukturelementen wider:

**Überfachliche Kompetenzen** (Abschnitt 1.3): Bildung, nicht nur als individueller, sondern auch sozialer Prozess fortwährender Selbstbildung und Selbsterziehung verstanden, zielt auf fachlichen und überfachlichen Kompetenzerwerb gleichermaßen. Daher sind im Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und für das berufliche Gymnasium neben den fachlichen Leistungserwartungen zunächst die wesentlichen Dimensionen und Aspekte überfachlicher Kompetenzentwicklung beschrieben.

**Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Faches** (Abschnitt 2): Der „Beitrag des Faches zur Bildung“ (Abschnitt 2.1) beschreibt den Bildungsanspruch und die wesentlichen Bildungsziele des Faches. Dies spiegelt sich in den Kompetenzbereichen (Abschnitt 2.2 beziehungsweise Abschnitt 2.3 in den Naturwissenschaften, in Mathematik und Informatik) und der Strukturierung der Fachinhalte (Abschnitt 2.3 beziehungsweise Abschnitt 2.4 Naturwissenschaften, Mathematik, Informatik) wider. Die didaktischen Grundlagen, durch den Bildungsbeitrag fundiert, bilden ihrerseits die Bezugsfolie für die Konkretisierung in Bildungsstandards und Unterrichtsinhalten.

**Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte** (Abschnitt 3): Bildungsstandards weisen die Erwartungen an das fachbezogene Können der Lernenden am Ende der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums aus (Abschnitt 3.2). Sie konkretisieren die Kompetenzbereiche und zielen grundsätzlich auf kritische Reflexionsfähigkeit sowie den Transfer beziehungsweise das Nutzen von Wissen für die Bewältigung persönlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen.<sup>2</sup>

Die Lernenden setzen sich mit geeigneten und repräsentativen Lerninhalten und Themen, deren Sachaspekten und darauf bezogenen Fragestellungen auseinander und entwickeln auf diese Weise die in den Bildungsstandards formulierten fachlichen Kompetenzen. Entsprechend gestaltete Lernarrangements zielen auf den Erwerb jeweils bestimmter Kompetenzen aus in der Regel unterschiedlichen Kompetenzbereichen. Auf diese Weise können alle Bildungsstandards mehrfach und in unterschiedlichen inhaltlichen Zusammenhängen erarbeitet werden. Hieraus erklärt sich, dass Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte nicht bereits im

---

<sup>2</sup> In den sieben Fächern, für die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der KMK vom 18.10.2012 für die Fächer Deutsch, Mathematik sowie die fortgeführten Fremdsprachen Englisch und Französisch und vom 18.06.2020 für die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie, Physik) vorliegen, werden diese in der Regel wörtlich übernommen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Kerncurriculum miteinander verknüpft werden, sondern dies erst sinnvoll auf der Unterrichtsebene erfolgen kann.

Die Lerninhalte sind in unmittelbarer Nähe zu den Bildungsstandards in Form verbindlicher Themen der Kurshalbjahre, gegliedert nach Themenfeldern, ausgewiesen, (Abschnitt 3.3). Hinweise zur Verbindlichkeit der Themenfelder finden sich im einleitenden Text zu Abschnitt 3.3 sowie in jedem Kurshalbjahr. Die Thematik eines Kurshalbjahres wird jeweils in einem einführenden Text skizziert und begründet. Im Sinne eines Leitgedankens stellt er die einzelnen Themenfelder in einen inhaltlichen Zusammenhang und zeigt Schwerpunktsetzungen für die Kompetenzanbahnung auf.

### 1.3 Überfachliche Kompetenzen

Für Lernende, die nach dem erfolgreichen Abschluss der gymnasialen Oberstufe oder des beruflichen Gymnasiums ein Studium oder eine berufliche Ausbildung beginnen und die damit verbundenen Anforderungen erfolgreich meistern wollen, kommt dem Erwerb all jener Kompetenzen, die über das rein Fachliche hinausgehen, eine fundamentale Bedeutung zu. Nur in der Verknüpfung mit personalen und sozialen Kompetenzen können sich fachliche Expertise und nicht zuletzt auch die Bereitschaft und Fähigkeit, für Demokratie und Teilhabe sowie zivilgesellschaftliches Engagement und einen verantwortungsvollen Umgang mit den natürlichen Ressourcen einzustehen, adäquat entfalten.

Daher liegt es in der Verantwortung aller Fächer, dass Lernende im fachgebundenen wie auch im projektorientiert ausgerichteten fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht ihre überfachlichen Kompetenzen weiterentwickeln können, auch im Hinblick auf eine kompetenz- und interessenorientierte sowie praxisbezogene Studien- und Berufsorientierung. Dabei kommt den Fächern Politik und Wirtschaft sowie Deutsch eine besondere Verantwortung zu, Lernangebote bereitzustellen, die den Lernenden die Möglichkeit eröffnen, ihre Interessen und Neigungen zu entdecken und die gewonnenen Informationen mit Blick auf ihre Ziele zu nutzen.

Überfachliche Kompetenzen umspannen ein weites Spektrum. Es handelt sich dabei um Fähigkeiten und Fertigkeiten genauso wie um Haltungen und Einstellungen. Mit ihnen stehen kulturelle Werkzeuge zur Verfügung, in denen sich auch normative Ansprüche widerspiegeln.

Im Folgenden werden die anzustrebenden überfachlichen Kompetenzen als sich ergänzende und ineinandergreifende gleichrangige Dimensionen beschrieben, dem Prinzip „vom Individuum zur Gemeinschaft“ entsprechend:

**a) Personale Kompetenzen:** eigenständig und verantwortlich handeln und entscheiden; selbstbewusst mit Irritationen umgehen, Dissonanzen aushalten (Ambiguitätstoleranz); widerstandsfähig mit Enttäuschungen und Rückschlägen umgehen; sich zutrauen, die eigene Person und inneres Erleben kreativ auszudrücken; divergent denken; fähig sein zu naturbezogenem sowie ästhetisch ausgerichtetem Erleben; sensibel sein für eigene Körperlichkeit und psychische Gesundheit, diese äußern.

Dazu gehören

**emotionale Kompetenzen:** den eigenen emotionalen Zustand erkennen, adressaten- und situationsadäquat ausdrücken können und damit umgehen; aversive oder belastende Emotionen bewältigen (Emotionsregulation); emotionale Selbstwirksamkeit; empathisch auf Emotionen anderer eingehen, anderen vertrauen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

**Motivation/Lernbereitschaft:** sich (auf etwas) einlassen; für eine Sache fiebern; sich motiviert fühlen und andere motivieren; von epistemischer Neugier geleitete Fragen formulieren; sich vertiefen, etwas herausbekommen, einer Sache/Fragestellung auf den Grund gehen; (etwas) durchhalten, etwas vollenden; eine Arbeitshaltung kultivieren (sich Arbeitsschritte vornehmen, Arbeitserfolg kontrollieren).

**Lernkompetenz / wissenschaftspropädeutische Kompetenzen:** eigenes Lernen reflektieren („Lernen lernen“) und selbst regulieren; Lernstrategien sowohl der Zielsetzung und Zielbindung als auch der Selbstbeobachtung (*self-monitoring*) anwenden; Probleme im Lernprozess wahrnehmen, analysieren und Lösungsstrategien entwickeln; eine positive Fehler-Kultur aufbauen; sich im Spannungsverhältnis zwischen Fremd- und Selbstbestimmung orientieren; fachliches Wissen nutzen und bewerten und dabei seine Perspektivität reflektieren, dabei verschiedene Stufen von Erkenntnis und Wissen erkennen und zwischen diesen differenzieren, auf einem entwickelten/gesteigerten Niveau abstrahieren; in Modellen denken und modellhafte Vorstellungen als solche erkennen; Verfahren und Strategien der Argumentation anwenden; Zitierweisen beherrschen.

**Sprachkompetenzen (im Sinne eines erweiterten Sprachbegriffs):** unterschiedliche Zeichensysteme beherrschen (*literacy*): Verkehrssprache, Fachsprache, Mathematik, Fremdsprachen, Naturwissenschaften, musisch-künstlerische Fächer, symbolisch-analoges Sprechen (wie etwa in religiösen Kontexten), Ästhetik, Informations- und Kommunikationstechnologien; sich in den unterschiedlichen Symbol- und Zeichengefügen ausdrücken und verständigen; Übersetzungsleistungen erbringen: Verständigung zwischen unterschiedlichen Sprachniveaus und Zeichensystemen ermöglichen.

**b) Soziale Kompetenzen:** sich verständigen und kooperieren; Verantwortung übernehmen und Rücksichtnahme praktizieren; im Team agieren; Konflikte aushalten, austragen und konstruktiv lösen; andere Perspektiven einnehmen; von Empathie geleitet handeln; sich durchsetzen; Toleranz üben; Zivilcourage zeigen: sich einmischen und in zentralen Fragen das Miteinander betreffend Stellung beziehen.

Dazu gehören

**wertbewusste Haltungen:** um Kategorien wie Respekt, Gerechtigkeit, Fairness, Kostbarkeit, Eigentum und deren Stellenwert für das Miteinander wissen; ökologisch nachhaltig handeln; mit friedlicher Gesinnung im Geiste der Völkerverständigung handeln, ethische Normen sowie kulturelle und religiöse Werte kennen, reflektieren und auf dieser Grundlage eine Orientierung für das eigene Handeln gewinnen; demokratische Normen und Werthaltungen im Sinne einer historischen Weltansicht reflektieren und Rückschlüsse auf das eigene Leben in der Gemeinschaft und zum Umgang mit der Natur ziehen; selbstbestimmt urteilen und handeln.

**interkulturelle Kompetenz:** Menschen aus verschiedenen soziokulturellen Kontexten und Kulturen vorurteilsfrei sowie im Handeln reflektiert und offen begegnen; sich kulturell unterschiedlich geprägter Identitäten, einschließlich der eigenen, bewusst sein; die unverletzlichen und unveräußerlichen Menschenrechte achten und sich an den wesentlichen Traditionen der Aufklärung orientieren; wechselnde kulturelle Perspektiven einnehmen, empathisch und offen das Andere erleben.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Mit Blick auf gesellschaftliche Entwicklungen und die vielfältigen damit verbundenen Herausforderungen für junge Erwachsene zielt der Erwerb fachlicher und überfachlicher Kompetenzen insbesondere auf die folgenden **drei gesellschaftlichen Dimensionen**, die von übergreifender Bedeutung sind:

**Demokratie und Teilhabe/zivilgesellschaftliches Engagement:** sozial handeln, politische Verantwortung übernehmen; Rechte und Pflichten in der Gesellschaft wahrnehmen; sich einmischen, mitentscheiden und mitgestalten; sich persönlich für Einzelne und/oder das Gemeinwohl engagieren (aktive Bürgerschaft); Fragen des Zusammenlebens der Geschlechter/Generationen/sozialen Gruppierungen/Kulturen reflektieren; Innovationspotenzial zur Lösung gesellschaftlicher Probleme des sozialen Miteinanders entfalten und einsetzen; entsprechende Kriterien des Wünschenswerten und Machbaren differenziert bedenken.

**Nachhaltigkeit/Lernen in globalen Zusammenhängen:** globale Zusammenhänge bezogen auf ökologische, soziale und ökonomische Fragestellungen wahrnehmen, analysieren und darüber urteilen; Rückschlüsse auf das eigene Handeln ziehen; sich mit den Fragen, die im Zusammenhang des wissenschaftlich-technischen Fortschritts aufgeworfen werden, auseinandersetzen; sich dem Diskurs zur nachhaltigen Entwicklung stellen, sich für nachhaltige Entwicklung engagieren.

**Selbstbestimmtes Leben in der digitalisierten Welt:**

**Lernkompetenz:** digitale Werkzeuge zur Organisation von Lernprozessen nutzen (zum Beispiel Dateiablage, zielgerechte Nutzung von Programmen, Recherche, Gestaltung, Zugriff auf Arbeitsmaterialien über das Internet beziehungsweise schulische Intranet); digitale Bearbeitungswerkzeuge handhaben und zur Ergebnisdarstellung nutzen; beim Lernen digital kommunizieren und sich vernetzen (zum Beispiel über Messengerdienste, Videochats) sowie sich gegenseitig unterstützen und sich dabei gegenseitig Lern- und Lösungsstrategien erklären. Medienkompetenz ist heutzutage genauso wichtig wie Lesen, Schreiben und Rechnen. Die Digitalisierung spielt dabei eine zentrale Rolle bei der Vermittlung von digitalen Medien und bereitet die Schüler auf die sich ständig verändernde Lebenswelt vor. Die prozessbezogenen Kompetenzen umfassen Fähigkeiten wie das Strukturieren und Modellieren, Implementieren, Kommunizieren und Darstellen sowie Begründen und Bewerten. Diese Kompetenzen bilden eine Grundlage für lebenslanges Lernen und die Anpassung an den Wandel in der Digitalisierung.

Die Lernenden sollen die Funktionsweise und Struktur von Informatiksystemen verstehen, diese konstruieren können und sich mit den Wechselwirkungen zwischen Digitalisierung, Medienerziehung und Gesellschaft auseinandersetzen. Dabei stellt der Umgang mit Informatiksystemen und Digitalisierungs-Werkzeugen eine grundlegende Qualifikation für die Teilhabe an der Gesellschaft und insbesondere in der Berufswelt dar. Prozess- und inhaltsbezogene Kompetenzen, wie zum Beispiel Daten und ihre Spuren, Computerkompetenz, algorithmisches Problemlösen und automatisierte Prozesse sind Bestandteil des Unterrichts.

**Personal/Sozial:** den Einfluss von digitaler Kommunikation auf eigenes Erleben, soziale Interaktion und persönliche Erfahrungen wahrnehmen und reflektieren; damit verbundene Chancen und Risiken erkennen; Unterschiede zwischen unmittelbaren persönlichen Erfahrungen und solchen in „digitalen Welten“ identifizieren; in der mediatisierten Welt eigene Bedürfnisse wahrnehmen und Interessen vertreten; Möglichkeiten und Risiken digitaler Umgebungen in unterschiedlichen Lebensbereichen (Alltag, soziale Beziehungen, Kultur, Politik) kennen, reflektieren und berücksichtigen: zum Beispiel in sozialen Medien; Umgangsregeln bei digitaler

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Interaktion kennen und anwenden; Urheberrechte wahren; auch im „online-Modus“ ethisch verantwortungsvoll handeln, das heißt unter anderem einen selbstbestimmten Umgang mit sozialen Netzwerken im Spannungsfeld zwischen Wahrung der Privatsphäre und Teilhabe an einer globalisierten Öffentlichkeit praktizieren.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## **2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Schwerpunkts**

### **2.1 Beitrag des Schwerpunkts zur Bildung**

Maschinenbau ist ein Überbegriff für einen sehr umfassenden Sektor in Technik und Industrie, der sich im Kern auf die Entwicklung und Herstellung von Maschinen und Anlagen richtet. Zur zentralen Aufgabenstellung von Konstruktion und Produktion gehören unter anderem die Aspekte Mechanik, Konstruktionslehre, Maschinen und Maschinenelemente, Fertigungs- und Prüftechnik, Montagetechnik, Werkstofftechnik, Automatisierungstechnik, Thermodynamik sowie Verfahrenstechnik. Darüber hinaus wird Aspekten wie Logistik, Qualitäts- und Projektmanagement, Produktionsorganisation, Arbeitssicherheit und -planung eine zunehmend größere Bedeutung beigemessen. Ebenso ist die Verzahnung mit anderen Ingenieursdisziplinen, der Informationstechnik und wirtschaftlichen Bezugsfeldern gängige Praxis. Der Maschinenbau ist eine prototypische Ingenieurwissenschaft, die sich als Disziplin im Verlauf der Industrialisierung herausgebildet hat und die in ihrem Ursprung auf die klassische Physik, insbesondere auf die NEWTONsche Mechanik zurückgreift. Die Ursprünge des Maschinenbaus lassen sich bis in die Urgeschichte der Menschheit zurückverfolgen, als z. B. in Form von Faustkeilen erste Werkzeuge hergestellt wurden. Weitere grundlegende Wirkprinzipien wie schiefe Ebene, Hebel, Schraube und Flaschenzug werden seit der Antike verwendet. Die im Mittelalter einsetzende berufliche Spezialisierung führte in der Metallverarbeitung nicht nur zu einer Differenzierung der Handwerke (unter anderem Schmiede, Schlosser), sondern in Form der Mühlenbauer und später der Uhrmacher auch zum Maschinenwesen, das durch die Nutzbarmachung der Dampfmaschine zum Motor der Industrialisierung der modernen Welt wurde. Die technische Mechanik gilt als die Disziplin, in der die Verwissenschaftlichung der Technik ihren Ausgang genommen hat.

Die Maschinenbauindustrie ist für die Bundesrepublik Deutschland einer der wichtigsten Industriezweige und zugleich der größte industrielle Arbeitgeber, einhergehend mit einem großen Fachkräftebedarf. Dabei sorgt ein hoher Forschungs- und Entwicklungsaufwand dafür, dass der Maschinenbau in Deutschland durch eine starke Innovationskraft sowie die Entwicklung von Schlüsseltechnologien gekennzeichnet ist und in weiten Bereichen als marktführend gilt.

Damit bewegt sich der Schwerpunkt Maschinenbautechnik in einem Spannungsfeld aus klassischen Bildungsinhalten im technischen Bereich und einem zukunftsorientierten technologischen Anspruch, der unter anderem mit dem Begriff „Industrie 4.0“ verbunden wird. Hierbei lassen sich aus den grundlegenden mechanischen Wirkprinzipien einerseits technische und kulturgeschichtliche Entwicklungsprozesse ableiten und Lösungsansätze für alltägliche Problemstellungen finden sowie ein Verständnis für die Technik der Gegenwart erwerben, andererseits werden moderne und innovative Potenziale erschlossen. Somit leistet der Schwerpunkt Maschinenbautechnik einen wesentlichen Beitrag zu den Bildungszielen des beruflichen Gymnasiums. Primäres Ziel des Unterrichts ist die Entwicklung der Handlungskompetenz im Bereich des Maschinenbaus, welche den Lernenden weitergehende Möglichkeiten zur gleichberechtigten und aktiven Teilhabe am gesellschaftlichen Leben bietet sowie im wissenschaftspropädeutischen Sinne auf Studium oder Ausbildung im Maschinenbaubereich vorbereitet.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Der Unterricht im Schwerpunkt Maschinenbautechnik richtet sich aus an einer ingenieurwissenschaftlichen Perspektive auf technische Objekte, Verfahren und Systeme. Die Lernenden erwerben grundlegendes Wissen über Sachverhalte und Systeme des Maschinenbaus und lernen fachspezifische Arbeits- und Verfahrensweisen beherrschen. Sie sollen befähigt werden, technologische Zusammenhänge zu verstehen, technische Sachzwänge abzuwägen, sachadäquate Lösungen von technischen Problemstellungen zu erarbeiten und mögliche Folgen technischer Entwicklungen kritisch zu reflektieren.

Ausgehend von den Grundlagen der Mechanik erwerben die Lernenden Kompetenzen zur Bestimmung von äußeren und inneren Kräften an Bauteilen sowie zu deren Dimensionierung und Konstruktion. Diese werden durch Maschinenelemente bis zu ganzen Baugruppen und Funktionseinheiten erweitert. Die Lernenden stellen technische Sachverhalte mit zeichnerischen Mitteln, sowohl manuell als auch computerunterstützt, normgerecht dar und wählen geeignete Werkstoffe aus. Es findet eine anwendungsbezogene Betrachtung der einschlägigen Fertigungsverfahren statt, Prüfverfahren können fachgerecht ausgewählt und Messergebnisse bewertet werden.

Die Lernenden entwickeln innerhalb des Maschinenbaus Lösungen zu Problemstellungen der Automatisierungstechnik und können diese in Simulationen oder im Laborbetrieb umsetzen. Zur Lösung komplexer Problematiken verwenden die Lernenden Strategien und Techniken zur Zerlegung dieser Probleme in Teilprobleme und führen deren Lösungen zu einer Gesamtlösung zusammen. Umfangreiche Systeme des Maschinenbaus lassen sich im Technikunterricht nur in arbeitsteiliger, projektorientierter Zusammenarbeit im Team erstellen. Solche Projekte können nur gelingen, wenn die gemeinsame Arbeit strukturiert geplant und organisiert wird, wenn klare Schnittstellen definiert und Vereinbarungen eingehalten werden. Dabei werden sowohl Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit als auch Methoden- sowie Sozial- und Personalkompetenz besonders gefördert.

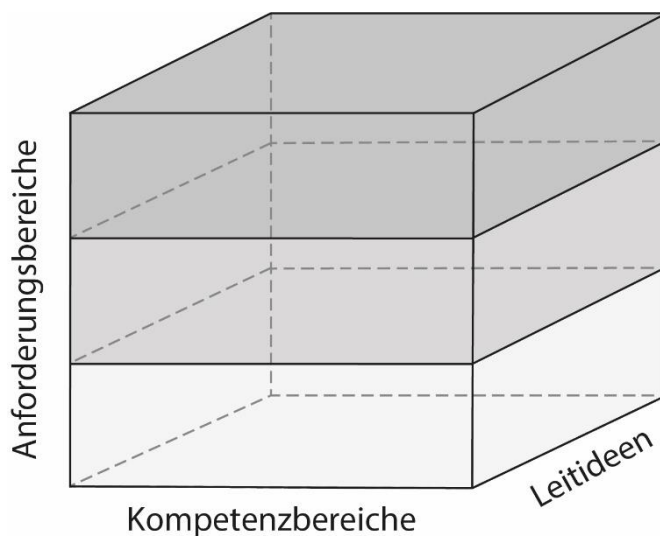
Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## 2.2 Kompetenz-Strukturmodell

Das Kompetenz-Strukturmodell des beruflichen Gymnasiums ist dreidimensional aufgebaut:

1. **Kompetenzbereiche** konkretisieren die Handlungsdimensionen;
2. **Leitideen** beschreiben die inhaltlichen Dimensionen;
3. **Anforderungsbereiche** (Oberstufen- und Abiturverordnung / OAVO in der jeweils geltenden Fassung) verknüpfen Leitideen und Kompetenzbereiche. Sie beschreiben mithilfe von Operatoren die einzelnen Niveaustufen.



### 1. Kompetenzbereiche

- K1: Kommunizieren und Kooperieren
- K2: Analysieren und Interpretieren
- K3: Entwickeln und Modellieren
- K4: Entscheiden und Implementieren
- K5: Reflektieren und Beurteilen

### 3. Anforderungsbereiche

- AFB I Reproduktion
- AFB II Reorganisation und Transfer
- AFB III Reflexion und Problemlösung

### 2. Leitideen

- L1: Funktion
- L2: Energie
- L3: Werkstoff
- L4: Konstruktion
- L5: Produktion
- L6: Umwelt und Gesellschaft

Abbildung: Kompetenz-Strukturmodell (Hessische Lehrkräfteakademie 2024)



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Fünf Kompetenzbereiche erfassen die wesentlichen Aspekte des Handelns in der jeweiligen Fachrichtung beziehungsweise dem jeweiligen Schwerpunkt. Sie beschreiben kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zwar fachspezifisch geprägt, aber nicht an spezielle Inhalte gebunden sind. Sie können von den Lernenden allerdings nur in der aktiven Auseinandersetzung mit konkreten Fachinhalten erworben werden, weil Inhaltsbereiche in Form von Wissensaspekten und Problemlösungen untrennbar miteinander verknüpft sind. Die hier gewählten Begriffe sind zwar z. T. identisch mit einzelnen Operatoren innerhalb der Anforderungsbereiche im Zusammenhang mit der Abiturprüfung (vgl. OAVO), sie sollen in Zusammenhang mit dem Kerncurriculum allerdings als allgemeine Handlungs- und Problemlösungsansätze verstanden werden.

Sechs Leitideen reduzieren die Vielfalt inhaltlicher Zusammenhänge auf eine begrenzte Anzahl fachtypischer, grundlegender Prinzipien und strukturieren so einen systematischen Wissensaufbau. Bei aller Unterschiedlichkeit der Themen und Inhalte fassen sie wesentliche Kategorien zusammen, die als grundlegende Denkmuster im jeweiligen Unterrichtsfach immer wiederkehren. Die Leitideen erfassen die Phänomene beziehungsweise Prozesse, die aus der Perspektive des jeweiligen Schwerpunkts erkennbar sind.

Drei Anforderungsbereiche erlauben eine differenzierte Beschreibung der erwarteten Kenntnisse, Fähigkeiten und Einsichten: Anforderungsbereich I umfasst in der Regel Reproduktionsleistungen, die Lernenden beschreiben Sachverhalte und wenden gelernte Arbeitstechniken in geübter Weise an. In Anforderungsbereich II werden Reorganisations- und Transferleistungen erwartet, die Lernenden wählen unter verschiedenen Bearbeitungsansätzen selbstständig aus und wenden diese auf vergleichbare neue Zusammenhänge an. Anforderungsbereich III umfasst Reflexion und Problemlösung, kreatives Erarbeiten, Anwenden und Bewerten von Lösungsansätzen in komplexeren und neuartigen Zusammenhängen.

Das Kompetenz-Strukturmodell unterstützt die Übersetzung abstrakter Bildungsziele in konkrete Aufgabenstellungen und Unterrichtsvorhaben. Die Unterscheidung in drei Dimensionen ist sowohl bei der Konstruktion neuer als auch bei der Analyse gegebener Aufgaben hilfreich. Der Erwerb von Kompetenzen geschieht gleichsam in der Verbindung der Kompetenzbereiche mit den Leitideen und den Anforderungsbereichen als Schnittpunkt im Kompetenzwürfel.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## 2.3 Kompetenzbereiche

Bildungsstandards beschreiben kognitive Dispositionen für erfolgreiche und verantwortliche Denkopoperationen und Handlungen, zur Bewältigung von Anforderungen in allen Fachrichtungen und Schwerpunkten des beruflichen Gymnasiums.

Die in **Kompetenzbereichen** erfassten wesentlichen Aspekte dieser Denkopoperationen und Handlungen sind aber nicht an spezielle Inhalte gebunden. Sie lassen sich nicht scharf voneinander abgrenzen und durchdringen sich teilweise.

Wissenschafts- und Handlungsorientierung sind die grundlegenden Prinzipien des Arbeitens in den Fachrichtungen beziehungsweise Schwerpunkten des beruflichen Gymnasiums. Um diese Gemeinsamkeiten zu verdeutlichen, sind die Kompetenzbereiche in allen Fachrichtungen und Schwerpunkten gleichlautend bezeichnet. Die konkretisierenden Beschreibungen weisen sowohl Übereinstimmungen als auch fachspezifische Besonderheiten aus.

Die Kompetenzbereiche gehen dabei von den Kompetenzbereichen in den Kerncurricula der Sekundarstufe I und der gymnasialen Oberstufe aus und werden für das berufliche Gymnasium weiterentwickelt. Zugrunde gelegt werden die Vorgaben der Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) für die jeweilige Fachrichtung beziehungsweise den jeweiligen Schwerpunkt.

### Kommunizieren und Kooperieren (K1)

Kommunikation ist der Austausch und die Vermittlung von Informationen durch mündliche, schriftliche oder symbolische Verständigung unter Verwendung der Fachsprache. Mithilfe von Zeichnungen, Texten, Tabellen, Diagrammen, Symbolen und anderen spezifischen Kennzeichnungen tauschen sich die Lernenden über Fachinhalte aus und bringen sich aktiv in Diskussionen ein. Eigene Beiträge werden unter Verwendung adäquater Medien präsentiert. Bei der Dokumentation von Problemlösungen und Projekten können sie selbstständig fachlich korrekte und gut strukturierte Texte verfassen, normgerechte Zeichnungen erstellen sowie Skizzen, Tabellen, Kennlinien oder Diagramme verwenden.

Kooperation ist eine wesentliche Voraussetzung zur Problemlösung und Projektentwicklung. Die Lernenden vereinbaren gemeinsam Ziele, verständigen sich über die Arbeitsaufteilung und Zuständigkeiten, definieren Schnittstellen und planen Termine. Sie übernehmen für den eigenen Bereich und das gesamte Projekt oder die Untersuchung Verantwortung, halten sich an Absprachen, unterstützen sich gegenseitig, arbeiten effektiv und in angemessener Atmosphäre zusammen. Auftretende Konflikte lösen sie respektvoll und sachbezogen.

Im Schwerpunkt Maschinenbautechnik richtet sich Kommunikation unter anderem auf das Lesen von Zeichnungen, Schaltplänen, Blockschaltbildern, Kenndaten und Kennlinien sowie auf die sichere Verwendung dieser Darstellungs- und Beschreibungsformen maschinenbautechnischer Sachverhalte in eigenen Beiträgen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### **Analysieren und Interpretieren (K2)**

Nachdem die Sachverhalte angemessen erfasst und kommuniziert sind, sind fachliche Zusammenhänge systematisch in Teilaspekte zu zerlegen und entsprechend einer angemessenen Fachsystematik zu durchdringen. Dann ist es möglich, Beziehungen, Wirkungen und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Elementen sowie Ergebnisse zu interpretieren.

Im Schwerpunkt Maschinenbautechnik stellen die anforderungsgemäße Auslegung von Bauteilen, die technische Realisierung und die Kontrolle von Prozessen zentrale Aufgaben dar. Dazu müssen entsprechende maschinenbauliche Problemstellungen erfasst und analysiert werden. Gegebene Darstellungen werden im Hinblick auf vorliegende Rahmenbedingungen sowie produkt- beziehungsweise prozessbezogene Anforderungen analysiert und demgemäß interpretiert. Die Lernenden untersuchen unter Anwendung von bereits erworbenem Wissen die enthaltenen Strukturen und Zusammenhänge. Sie arbeiten wesentliche Kriterien heraus und leiten entsprechende Konsequenzen für Problemlösungen ab. Dabei erweitern sie schrittweise ihr Fachwissen.

### **Entwickeln und Modellieren (K3)**

Dieser Kompetenzbereich beschreibt die Reduktion komplexer realer Verhältnisse auf vereinfachte Abbildungen, Prinzipien und wesentliche Einflussfaktoren. Hierzu gehört sowohl das Konstruieren passender Modelle als auch das Verstehen oder Bewerten vorgegebener Modelle. Typische Teilschritte des Modellierens sind das Strukturieren und Vereinfachen vorhandener Realsituationen, das Übersetzen realer Gegebenheiten in Modelle und das Interpretieren der Modellergebnisse im Hinblick auf Stimmigkeit und Angemessenheit.

Entwickeln und Modellieren erfolgt unter Anwendung spezifischer Theorien und führt zum Verständnis komplexer Sachverhalte sowie zur Entwicklung von Strukturen und Systemen, die als Ersatzsysteme fungieren und die Realität in eingeschränkter, aber dafür überschaubarer Weise abbilden. Im Modellierungsprozess entwickeln die Lernenden Modelle, die wesentliche Elemente der Problemlösung beinhalten und in Prinzipien und Systembetrachtungen zum Ausdruck kommen.

Für den Schwerpunkt Maschinenbautechnik bedeutet dies, die Lernenden verfügen über gefestigte Kenntnisse von Basiskonzepten sowie über Methoden und Strategien des selbstständigen Wissenserwerbs maschinenbautechnischer Kenntnisse. Dabei kommt dem Entwickeln von eigenen Fragestellungen und Lösungsansätzen eine zentrale Rolle zu, wobei die Lernenden Probleme in Teilprobleme zerlegen und Arbeitsabläufe in eine sinnvolle Folge von Handlungsschritten aufteilen. Entwickeln und Modellieren fördern Abstraktionsfähigkeit, strukturiertes Denken und Problemlösefähigkeit der Lernenden.

### **Entscheiden und Implementieren (K4)**

Die Lernenden entscheiden sich mit Bezug auf fachliche Kriterien begründet für einen Problemlösungsansatz und implementieren festgelegte Strukturen und Prozessabläufe unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen, Regeln und Zielvorgaben in ein konkretes System.

Ausgehend von den erlernten maschinenbautechnischen Kenntnissen, Qualifikationen, Methoden und Strategien entscheiden sich die Lernenden für eine konkrete Implementierung des Lösungsansatzes in Real- oder Simulationssysteme. Bauteile und Baugruppen, Schaltungen,

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Messwerte, Energie- und Signalflüsse im Maschinenbau werden dazu in unterschiedlichen und angemessenen Formen ausgewählt, visualisiert und medial aufbereitet. Die Lernenden entscheiden sich für geeignete Darstellungsformen zur Veranschaulichung, erstellen technische Zeichnungen, grafische Modelle, Schaltpläne, Diagramme, Tabellen oder verbale Beschreibungen. Sie testen die Implementierung in Realsysteme oder Simulationsschaltungen im Hinblick auf ihre Funktions- und Einsatzfähigkeit.

### **Reflektieren und Beurteilen (K5)**

Die Lernenden reflektieren nach vorgegebenen oder selbst gewählten Kriterien Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten, Unterschiede, Vor- und Nachteile von Arbeitsergebnissen. Sie stellen Problemlösungen in angemessener Weise dar. In einer Begründung sichern sie die gegebenen Aussagen oder Sachverhalte fachlich fundiert durch rational nachvollziehbare Argumente, Belege oder Beispiele ab und beurteilen ihre gefundenen Lösungsansätze.

Die Lernenden können unter Verwendung maschinenbautechnischer Kriterien ein Versuchsergebnis oder eine Problemlösung beurteilen, Querbezüge und Analogien zwischen Sachverhalten des Maschinenbaus und den sie umgebenden Bedingungen von Gesellschaft und Umwelt herstellen, sich kritisch mit gesellschaftlichen Entwicklungen auseinandersetzen sowie alternative Konzepte entwickeln und beurteilen. Der Aufbau kognitiver Strukturen ermöglicht es schließlich auch, dass vorhandenes maschinenbautechnisches Wissen mit angrenzenden Themen beispielsweise der Informatik, der Mechatronik sowie der Elektrotechnik verknüpft werden kann.

### **Kompetenzerwerb in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen**

Fachübergreifende und fächerverbindende Lernformen ergänzen fachliches Lernen in der gymnasialen Oberstufe sowie im beruflichen Gymnasium und sind unverzichtbarer Bestandteil des Unterrichts (vgl. § 7 Abs. 7 OAVO). Diese Lernformen lassen sich in möglicher Bezugnahme sowohl auf andere fachrichtungs- und schwerpunktbezogene Fächer als auch auf die des allgemein bildenden Bereichs umsetzen. In diesem Zusammenhang gilt es insbesondere auch, die Kompetenzbereiche der Fächer zu verbinden und dabei zugleich die Dimensionen überfachlichen Lernens sowie die besonderen Bildungs- und Erziehungsaufgaben, erfasst in Aufgabengebieten (vgl. § 6 Abs. 4 Hochschulgesetz / HSchG), zu berücksichtigen. So können Synergiemöglichkeiten ermittelt und genutzt werden. Für die Lernenden ist diese Vernetzung zugleich Voraussetzung und Bedingung dafür, Kompetenzen in vielfältigen und vielschichtigen inhaltlichen Zusammenhängen und Anforderungssituationen zu erwerben.

Damit sind zum einen Unterrichtsvorhaben gemeint, die mehrere Fächer gleichermaßen berühren und unterschiedliche Zugangsweisen der Fächer integrieren. So lassen sich zum Beispiel in Projekten – ausgehend von einer komplexen problemhaltigen Fragestellung – fachübergreifend und fächerverbindend sowie unter Bezugnahme auf die drei herausgehobenen überfachlichen Dimensionen (vgl. Abschnitt 1.3) komplexere inhaltliche Zusammenhänge und damit Bildungsstandards aus den unterschiedlichen Kompetenzbereichen der Fächer erarbeiten. Zum anderen können im fachbezogenen Unterricht Themenstellungen bearbeitet werden, die – ausgehend vom Fach und einem bestimmten Themenfeld – auch andere, eher benachbarte Fächer berühren. Dies erweitert und ergänzt die jeweilige Fachperspektive und trägt damit zum vernetzten Lernen bei.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## 2.4 Strukturierung der Fachinhalte (Leitideen)

Die Bewältigung von anforderungsreichen Problemsituationen erfordert das permanente Zusammenspiel von Handlungen (Kompetenzbereiche) und Wissen (Leitideen). Die jeweiligen fachlichen Inhalte werden Leitideen zugeordnet, die nicht auf bestimmte Themenbereiche begrenzt sind. Diese Leitideen bilden den strukturellen Hintergrund des Unterrichts und bauen ein tragfähiges Gerüst für ein Wissensnetz auf.

### Funktion (L1)

Technische Systeme verarbeiten (formen um, wandeln, übertragen oder speichern) Energie, Material sowie Information. Jedem technischen System, ob komplexe Anlage beziehungsweise Maschine, deren Baugruppen oder einzelnen Bauteilen und deren Gestaltungselementen (zum Beispiel Fasen, Bohrungen, Absätze) werden Funktionen zugeordnet, die wiederum in Haupt-, Teil- und Nebenfunktionen gegliedert werden können. Diese Funktionen beschreiben unabhängig von der konkreten Realisierung den Sinn technischer Systeme und bilden die Grundlage für einen methodischen Konstruktionsprozess, in dem aus der Vielzahl an Lösungsvarianten eine begründete Auswahl erfolgt. Das Wissen um typische Konstruktionselemente des Maschinenbaus, ihrer Funktionen und der Berechnungsgrundlagen zur Dimensionierung bildet das Fundament zur Analyse und Synthese technischer Systeme im Maschinenbau.

### Energie (L2)

Funktion von Bauteilen und Maschinen ist es, Kräfte, Bewegungen und Energie umzuwandeln, zu übertragen oder umzuformen. Kraft, Bewegung und Energie sind folglich zentrale Begriffe der technischen Mechanik, welche die Basis des ingenieurmäßigen Denkens und Handelns im Maschinenbau darstellt. Kräfte sind die Ursache für die Verformung oder die Beschleunigung von Körpern und damit Voraussetzung für jegliche Art der Werkstoffbearbeitung und Bewegung von Bauteilen, wobei entsprechend Energie zur Verfügung gestellt werden muss. Die Bestimmung der Größe und Lage der äußeren Kräfte auf Bauteile (Statik) stellt den Ausgangspunkt für deren Dimensionierung dar. Hierbei kommen sowohl rechnerische als auch zeichnerische Lösungsverfahren zur Anwendung. Das Wissen um unterschiedliche Bewegungsformen (geradlinig, kreisförmig, gleichförmig oder beschleunigt) und Energiearten (kinetische und potenzielle aber auch chemische, elektrische oder thermische Energie) liefert die Grundlage zur Beschreibung und Gestaltung von maschinenbautechnischen Systemen.

### Werkstoff (L3)

Der Begriff Werkstoff beinhaltet im Maschinenbau alle Stoffe, die als Materialien für Bauteile in Maschinen, Geräten und Anlagen sowie für Werkzeuge verwendet werden. Die Bearbeitung eines Werkstücks erfolgt durch das Einwirken eines Werkzeugs (evtl. mithilfe eines Wirkmediums). Zusammen bilden sie ein Wirkpaar, wobei dieses eine bestimmte Relativbewegung ausführen muss, damit eine angestrebte Werkstückform erzeugt werden kann. Hierbei spielen die Werkstoffeigenschaften (Festigkeit, Zähigkeit, Härte, Wärmebeständigkeit, Umformbarkeit u. v. a.) des Werkzeugs und des Werkstücks eine wesentliche Rolle für den Bearbeitungsprozess, zudem können Werkstoffeigenschaften durch geeignete Fertigungsverfahren gezielt geändert werden. Eine weitere Wechselwirkung ergibt sich zwischen der Konstruktion von

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Bauteilen und der Werkstoffauswahl. Gegebenenfalls müssen die Eigenschaften eines Werkstoffs im Vorfeld der Konstruktion oder Fertigung oder im Falle eines Bauteilversagens geprüft werden.

### **Konstruktion (L4)**

Ausgehend von der Bestimmung der vom Bauteil zu übertragenden Kräfte und Momente erfolgt die Berechnung der inneren Spannungen (Zug-, Druck-, Biege-, Abscher- und Torsionsspannungen sowie deren Kombinationen). Das Wissen um die Einflüsse der geometrischen Abmessungen auf die Flächen- und Widerstandsmomente und des spezifischen Werkstoffverhaltens aufgrund auftretender Spannungen (Spannungs-Dehnungs-Diagramm, E-Module) ermöglicht eine fachgerechte Dimensionierung und wirtschaftliche Werkstoffauswahl unter den entsprechenden Beanspruchungen und Einsatzbedingungen (Festigkeitslehre). Kenntnis und Anwendung sowohl wesentlicher Normen der technischen Kommunikation als auch grundlegender Konstruktionsprinzipien sind Voraussetzungen für eine zeichnerische Darstellung und Bemaßung der Bauteile und damit wesentliche Elemente methodischer Konstruktionsprozesse. Die Dokumentation der Ergebnisse kann von manuell erstellten Konstruktionszeichnungen bis hin zu rechnergestützten Volumenmodellen reichen.

### **Produktion (L5)**

Produktionstechnik als Fachgebiet des Maschinenbaus umfasst die Fertigungstechnik (Herstellung und Montage von Stückgütern), die Verfahrenstechnik (Verarbeitung von Rohstoffen oder Fließgütern) und die Energietechnik (Umformung, Umwandlung, Speicherung und Transport von Energie). Fertigungsverfahren lassen sich nach DIN 8580 in Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten und Stoffeigenschaft ändern unterscheiden. Diese Hauptgruppen können jeweils in zahlreiche Unterverfahren differenziert werden. Die Bestimmung eines geeigneten Fertigungsverfahrens unter Berücksichtigung von technologischen, wirtschaftlichen, qualitätsbezogenen und ökologischen Anforderungen ist eine wesentliche Herausforderung im Produktionsprozess. Aufgrund der Erfordernisse von Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit sind Aspekte der Automatisierung von Fertigungsprozessen mit einzubeziehen, wobei Aspekte der Arbeitssicherheit sowie Folgen für Umwelt und Gesellschaft (Rationalisierung) mit in den Blick zu nehmen sind. Neben dem Preis (wirtschaftliche Fertigung und effiziente Werkstoffauswahl) ist die Qualität von Produkten ein zentrales Merkmal, welches sich über den gesamten Produktlebenszyklus erstreckt. Dabei dienen die Prüftechnik und die Instrumente des Qualitätsmanagements der Sicherung sowie der Verbesserung von Prozess- und Produktqualität.

### **Umwelt und Gesellschaft (L6)**

Die Fachrichtungen und Schwerpunkte des beruflichen Gymnasiums sind eingebunden in das komplexe Netzwerk des gesellschaftlichen Bezugsrahmens. Bei kritischer Reflexion fachrichtungs- und / oder schwerpunktbezogener Sachzusammenhänge sind auch politische, ethische, gesellschaftliche, soziale, ökologische und ökonomische Einflussfaktoren zu berücksichtigen, um nachhaltiges, verantwortungsvolles und ressourcenorientiertes Handeln zu ermöglichen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Das Zusammenspiel von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik steht in enger Wechselwirkung zum sozio-ökonomischen Wandel sowohl auf dem Weg in die Informationsgesellschaft als auch zu energie- und umweltpolitischen Entwicklungen. Dabei tragen die Reflexion der Erfahrungen im Umgang mit maschinenbautechnischen Systemen und die Analyse der Wechselwirkungen zwischen diesen und der Umwelt sowie der Gesellschaft zum Erkenntnisgewinn bei. Darüber hinaus zielt diese Leitidee zum einen auf die Bewertung umweltbezogener und gesellschaftlicher Implikationen zum anderen auf die Wahrnehmung von Entscheidungsspielräumen im Umgang mit Systemen des Maschinenbaus. Handlungen erfolgen in Übereinstimmung mit gesellschaftlichen, sicherheitsbezogenen sowie umweltpolitischen Normen und berücksichtigen angemessen denkbare Risiken. Hierbei ist die Auseinandersetzung mit normativen, ethischen, sozialen sowie ökologischen Aspekten, in Hinblick auf deren Nachhaltigkeit, unabdingbar, um ein Verantwortungsbewusstsein im Umgang mit moderner Maschinenbautechnik entwickeln zu können.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### **3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte**

#### **3.1 Einführende Erläuterungen**

Nachfolgend werden die mit Abschluss des beruflichen Gymnasiums erwarteten fachlichen Kompetenzen in der jeweiligen Fachrichtung beziehungsweise dem jeweiligen Schwerpunkt in Form von Bildungsstandards, gegliedert nach Kompetenzbereichen (Abschnitt 3.2), sowie die verbindlichen Unterrichtsinhalte (Abschnitt 3.3), thematisch strukturiert in Kurshalbjahre und Themenfelder, aufgeführt. Kurshalbjahre und Themenfelder sind durch verbindlich zu bearbeitende inhaltliche Aspekte konkretisiert und durch ergänzende Erläuterungen didaktisch fokussiert.

Im Unterricht werden Bildungsstandards und Themenfelder so zusammengeführt, dass die Lernenden in unterschiedlichen inhaltlichen Kontexten die Bildungsstandards – je nach Schwerpunktsetzung – erarbeiten können. Mit wachsenden Anforderungen an die Komplexität der Zusammenhänge und kognitiven Operationen entwickeln sie in entsprechend gestalteten Lernumgebungen ihre fachlichen Kompetenzen weiter.

Die Themenfelder bieten die Möglichkeit – im Rahmen der Unterrichtsplanung didaktisch-methodisch aufbereitet – jeweils in thematische Einheiten umgesetzt zu werden. Zugleich lassen sich inhaltliche Aspekte der Themenfelder, die innerhalb eines Kurshalbjahres vielfältig miteinander verschränkt sind und je nach Kontext auch aufeinander aufbauen können, themenfeldübergreifend in einen unterrichtlichen Zusammenhang stellen.

Themenfelder und inhaltliche Aspekte sind über die Kurshalbjahre hinweg so angeordnet, dass im Verlauf der Lernzeit – auch Kurshalbjahre übergreifend – immer wieder Bezüge zwischen den Themenfeldern hergestellt werden können. In diesem Zusammenhang bieten die Leitideen (vgl. ausführliche Darstellung in Abschnitt 2.4) Orientierungshilfen, um fachliches Wissen zu strukturieren, anschlussfähig zu machen und zu vernetzen.

Die Bildungsstandards sind nach Anforderungsbereichen differenziert. In den Kurshalbjahren der Qualifikationsphase setzen sich die Lernenden mit den Fachinhalten des Leistungskurses sowie den Fachinhalten des Grundkurses auseinander. Die jeweils fachbezogenen Anforderungen, die an Lernende in Leistungs- und Grundkurs gestellt werden, unterscheiden sich wie folgt: „Grundkurse vermitteln grundlegende wissenschaftspropädeutische Kenntnisse und Einsichten in Stoffgebiete und Methoden, Leistungskurse exemplarisch vertieftes wissenschaftspropädeutisches Verständnis und erweiterte Kenntnisse“. (§ 8 Abs. 2 OAVO).

Im Unterricht ist ein Lernen in Kontexten anzustreben. Kontextuelles Lernen bedeutet, dass Fragestellungen aus der Praxis der Forschung, gesellschaftliche, technische und ökonomische Fragestellungen und solche aus der Lebenswelt der Lernenden den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden. Geeignete Kontexte beschreiben Situationen mit Problemen, deren Relevanz für die Lernenden erkennbar ist und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können.



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### 3.2 Bildungsstandards des Schwerpunkts

#### Kompetenzbereich: Kommunizieren und Kooperieren (K1)

##### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K1.1** ■ aus Zeichnungen, Texten und Grafiken Informationen mit maschinenbautechnischem Gehalt entnehmen,
- K1.2** ■ einfache maschinenbautechnische Gegebenheiten unter Benutzung von Fachwissen schriftlich und mündlich fachgerecht darstellen,
- K1.3** ■ ihre Arbeit in Gruppen selbstständig organisieren und koordinieren.

##### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K1.4** ■ maschinenbautechnische Sachverhalte strukturiert unter Verwendung von Fachwissen darstellen,
- K1.5** ■ mit anderen fach- und zielgruppengerecht kommunizieren und kooperieren,
- K1.6** ■ manuelle und computerunterstützte Darstellungsformen nutzen.

##### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K1.7** ■ einen komplexen maschinenbautechnischen Sachverhalt kohärent und vollständig präsentieren,
- K1.8** ■ mit anderen unter Verwendung von Fachwissen fachgerecht kommunizieren und kooperieren.

#### Kompetenzbereich: Analysieren und Interpretieren (K2)

##### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K2.1** ■ Darstellungen von maschinenbautechnischen Systemen erfassen,
- K2.2** ■ Sachverhalte in Komponenten gliedern,
- K2.3** ■ anhand von technischen Unterlagen die Funktion von Baugruppen und Bauelementen identifizieren und unterscheiden.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### **Anforderungsbereich II**

Die Lernenden können

- K2.4** ■ bekannte Typen von Problemstellungen im Detail und im Zusammenhang analysieren,
- K2.5** ■ vertraute Lösungsansätze sachgemäß interpretieren und anpassen,
- K2.6** ■ maschinenbautechnische Inhalte selbstständig erschließen.

### **Anforderungsbereich III**

Die Lernenden können

- K2.7** ■ unbekannte Problemstellungen analysieren und interpretieren.

## **Kompetenzbereich: Entwickeln und Modellieren (K3)**

### **Anforderungsbereich I**

Die Lernenden können

- K3.1** ■ grundlegende Modellierungsverfahren auf bekannte Problematiken anwenden,
- K3.2** ■ Lösungsansätze analysieren und in der Fachsprache unter Verwendung von Sachwissen transparent erläutern,
- K3.3** ■ maschinenbautechnische Systeme und Modelle darstellen.

### **Anforderungsbereich II**

Die Lernenden können

- K3.4** ■ in einer Problemstellung Analogien zu bekannten technischen Systemen identifizieren und diese adaptieren,
- K3.5** ■ die zur Systemgestaltung notwendigen Komponenten, Wirkprinzipien, Kennwerte oder Vorgehensweisen selbstständig anwenden,
- K3.6** ■ bekannte Modellierungsverfahren bei überschaubaren Problematiken einsetzen,
- K3.7** ■ bei verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten eine begründete Auswahl treffen.

### **Anforderungsbereich III**

Die Lernenden können

- K3.8** ■ Sachverhalte und Abläufe in komplexen Problemstellungen mit maschinenbautechnischen Methoden entwickeln und modellieren,
- K3.9** ■ Modelle an eine modifizierte Problemstellung adaptieren,

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- K3.10** ■ eigene Lösungen problemadäquat entwickeln,
- K3.11** ■ Vor- und Nachteile einer Entwicklung beziehungsweise Modellierung und deren Darstellungsmöglichkeiten bewerten und Änderungsmöglichkeiten aufzeigen.

## Kompetenzbereich: Entscheiden und Implementieren (K4)

### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K4.1** ■ Kenntnisse über Grundprinzipien und Basiskonzepte des Maschinenbaus anwenden,
- K4.2** ■ grundlegende technische Systeme des Maschinenbaus beschreiben.

### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K4.3** ■ aktuelle Unterrichtsinhalte selbstständig, auch auf veränderte Fragestellungen, anwenden,
- K4.4** ■ vertiefte Kenntnisse über Grundprinzipien und Basiskonzepte des Maschinenbaus anwenden,
- K4.5** ■ Sachverhalte in geeigneter Form anordnen und Arbeitsabläufe und Handlungsfolgen planen,
- K4.6** ■ Analogien zwischen maschinenbautechnischen Inhalten oder Vorgehensweisen beschreiben, um Bekanntes auf Neues zu übertragen,
- K4.7** ■ Bauteile und Baugruppen des Maschinenbaus konstruieren beziehungsweise grundlegende Schaltungen der Steuerungs- und Regelungstechnik entwickeln,
- K4.8** ■ bei verschiedenen Implementierungsmöglichkeiten eine begründete Auswahl treffen.

### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K4.9** ■ eigene Wissenslücken selbstständig erkennen und schließen, um begründete Entscheidungen zu treffen,
- K4.10** ■ vertiefte Kenntnisse über Grundprinzipien und Basiskonzepte des Maschinenbaus anwenden und diese reflektiert nutzen,
- K4.11** ■ entwickelte Modelle implementieren,
- K4.12** ■ sich an zentralen Ideen des Maschinenbaus orientieren,
- K4.13** ■ maschinenbautechnisches Wissen zu Wissen anderer Disziplinen in Beziehung setzen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## Kompetenzbereich: Reflektieren und Beurteilen (K5)

### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K5.1** ■ ihre Lösungswege beschreiben und mithilfe von Fachwissen hinterlegen,
- K5.2** ■ Vor- und Nachteile einer Konstruktion, Systementwicklung, einer Implementierung, eines Modells beziehungsweise einer Darstellung nennen,
- K5.3** ■ sach- und prozessbezogene Argumente nachvollziehen und reproduzieren.

### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K5.4** ■ fachlich begründete Vermutungen über Zusammenhänge unter Einbezug des Fachwissen äußern,
- K5.5** ■ aus vorgeschlagenen alternativen Lösungsmöglichkeiten eine auswählen oder Alternativen auf Aufforderung hin entwickeln,
- K5.6** ■ ihre Vorgehensweise beziehungsweise Entscheidungen strukturiert und unter Verwendung des Fachwissens begründen,
- K5.7** ■ maschinenbautechnische Lösungen und Modelle hinsichtlich ihrer Eignung bewerten,
- K5.8** ■ Argumente mit erworbenem Fachwissen stützen.

### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K5.9** ■ Argumente entwickeln und diese nach Kriterien ordnen,
- K5.10** ■ Beurteilungskriterien nach ihrer Relevanz für eine Aufgabenstellung wählen,
- K5.11** ■ die Wiederverwendbarkeit der erarbeiteten beziehungsweise gewonnenen Lösungen, Modelle und Daten in ihre Beurteilung einbeziehen,
- K5.12** ■ Implementierungen und Lösungen kritisch bewerten und die eigene Meinung mit Rückgriff auf Argumente vertreten.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### 3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder

Dem Unterricht in der **Einführungsphase** kommt mit Blick auf den Übergang in die Qualifikationsphase eine Brückenfunktion zu.

Eine Besonderheit des beruflichen Gymnasiums ist seine Organisation nach beruflichen Fachrichtungen und Schwerpunkten, die bereits zu Beginn der Oberstufe einen Leistungskurs festlegt. Mit Eintritt in diese Schulform belegen die Lernenden neben den allgemein bildenden Fächern neue fachrichtungs- oder schwerpunktbezogene Unterrichtsfächer, die den Fächerkanon der Sekundarstufe I erweitern. Einerseits erhalten Lernende so die Möglichkeit, das in der Sekundarstufe I erworbene Wissen und Können zu festigen und zu vertiefen beziehungsweise zu erweitern (Kompensation). Auf diese Weise kann es ihnen gelingen, Neigungen und Stärken zu identifizieren, um auf die Wahl eines allgemein bildenden Leistungskurses und der allgemein bildenden Grundkurse entsprechend vorbereitet zu sein.

Andererseits beginnen sie mit dem Eintritt in das berufliche Gymnasium neu mit fachrichtungs- oder schwerpunktbezogenen Fächern, in denen sie ohne schulisches Vorwissen an das systematische wissenschaftspropädeutische Arbeiten herangeführt werden. Damit wird eine solide Ausgangsbasis geschaffen, um in der Qualifikationsphase erfolgreich zu lernen. Die Themenfelder der Einführungsphase sind dementsprechend ausgewählt und bilden die Basis für die Qualifikationsphase.

In der **Qualifikationsphase** erwerben die Lernenden sowohl im Unterricht der jeweiligen fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Fächer als auch in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen eine solide Wissensbasis und wenden ihr Wissen bei der Lösung zunehmend anspruchsvoller und komplexer Frage- und Problemstellungen an. Dabei erschließen sie Zusammenhänge zwischen Wissensbereichen und erlernen Methoden und Strategien zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien. Der Unterricht in der Qualifikationsphase zielt auf selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen und Arbeiten sowie auf die Weiterentwicklung der Kommunikationsfähigkeit; der Erwerb einer angemessenen Fachsprache ermöglicht die Teilhabe am fachbezogenen Diskurs. Durch die Wahl von Grundkursen und einem Leistungskurs in den allgemein bildenden Fächern haben die Lernenden die Möglichkeit, auf unterschiedlichen Anspruchsebenen zu lernen und ein individuelles Leistungsprofil zu entwickeln. Darüber hinaus können sie durch die Entscheidung für eine bestimmte Fachrichtung oder einen bestimmten Schwerpunkt innerhalb des Kanons der Fächer relevante Kompetenzen erlangen. Dementsprechend beschreiben die Bildungsstandards und die verbindlichen Themenfelder die Leistungserwartungen für das Erreichen der allgemeinen Hochschulreife.

### Verbindliche Regelungen zur Bearbeitung der Themenfelder

#### Einführungsphase

In der Einführungsphase sind Themenfelder verbindlich festgelegt (vgl. Kurshalbjahresthemen). Die „zum Beispiel“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder nicht aus fachlichen Erfordernissen ableiten lässt, kann die Reihenfolge frei gewählt werden.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind je Kurshalbjahr etwa zwei Drittel – in der Regel entspricht dies circa zwölf Unterrichtswochen – der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen, zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder vollumfänglich oder teilweise zu bearbeiten.

### **Qualifikationsphase**

In den Kurshalbjahren Q1-3 sind die Themenfelder 1 und 2 verbindliche Grundlage des Unterrichts. Durch Erlass wird ein weiteres Themenfeld in zwei dieser drei Kurshalbjahre sowie ein Themenfeld im Kurshalbjahr Q4 verbindlich festgelegt, insgesamt gelten also neun verbindliche Themenfelder für die schriftlichen Abiturprüfungen. Ergänzend können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb dieser Themenfelder ausgewiesen werden. Die „zum Beispiel“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder nicht aus fachlichen Erfordernissen ableitet, kann die Reihenfolge frei gewählt werden. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – in Q1-3 in der Regel zwölf Unterrichtswochen und in der Q4 in der Regel vier Unterrichtswochen – vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen oder zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder zu bearbeiten. Bedeutung der fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Leistungskurse.

### **Bedeutung der fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Grundkurse**

Die fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Leistungskurse führen einerseits in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe und Strukturen ein. Sie machen dabei wesentliche Arbeits- und Fachmethoden sowie Darstellungsformen bewusst und erfahrbar. Andererseits richten sie sich auf Inhalte, Modelle, Theorien und Arbeitsweisen, so dass die Komplexität und die Differenziertheit der Fachrichtung beziehungsweise des Schwerpunkts deutlich werden. Der Unterricht ist auf eine Beherrschung der Arbeits- und Fachmethoden, deren selbstständige Anwendung, Übertragung und Reflexion sowie auf ein exemplarisch vertieftes wissenschaftspropädeutisches Arbeiten ausgerichtet.

### **Bedeutung der fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Grundkurse**

Bei den fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Grundkursen können zwei grundlegende Typen unterschieden werden.

Die einen – wie im vorliegenden Schwerpunkt das Fach Produktionstechnik – verstärken und vertiefen das berufsbezogene Kompetenzprofil des Leistungskurses, indem neben der Wissenschaftspropädeutik Anwendungsbezug und Praxisorientierung betont werden.

Die anderen erweitern das berufsbezogene Kompetenzprofil indem sie eigenständige, für die berufliche Fachrichtung beziehungsweise den beruflichen Schwerpunkt bedeutsame Fächer abbilden.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Übersicht über die Themen der Kurshalbjahre und Themenfelder

Einführungsphase (E1/E2)

Maschinenbautechnik		Technische Kommunikation und Werkstofftechnik	Produktionstechnik
<b>E1</b>	<b>Maschinenbautechnische Grundlagen</b>	<b>Technisches Zeichnen</b>	<b>Fertigungs- und Prüftechnik I</b>
	E1.1 Kräfte	E1.1 Darstellung und Bemessung einfacher Körper	E1.1 Arbeitsplatz Werkstatt
	E1.2 Einfache Maschinen	E1.2 Darstellung und Bemessung komplexer Körper	E1.2 Fertigungstechnische Grundlagen
	E1.3 Reibung	E1.3 Normteile und Halbzeuge	E1.3 Prüfen I
	E1.4 Federgesetz	E1.4 Technische Freihandskizzen	E1.4 Arbeitsvorbereitung
	E1.5 Berechnung komplexer Körper	E1.5 Darstellung von Blechbauteilen	
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder E1.1-E1.3	<b>verbindlich:</b> Themenfelder E1.1-E1.3	<b>verbindlich:</b> Themenfelder E1.1-E1.3

Maschinenbautechnik		Technische Kommunikation und Werkstofftechnik	Produktionstechnik
<b>E2</b>	<b>Technische Mechanik I</b>	<b>Werkstoffkunde</b>	<b>Fertigungs- und Prüftechnik II</b>
	E2.1 Grundlagen der Statik	E2.1 Einteilung und Normung der Werkstoffe	E2.1 Maschinelle Fertigungsverfahren
	E2.2 Allgemeines ebenes Kräftesystem	E2.2 Metallische Werkstoffe	E2.2 Baugruppen
	E2.3 Schwerpunktslehre	E2.3 Werkstoffkennwerte	E2.3 Werkstoffprüfung
	E2.4 Fachwerke	E2.4 Wärmebehandlung	E2.4 Prüfen II
	E2.5 Grafische Lösungsverfahren im allgemeinen ebenen Kräftesystem	E2.5 Sonderwerkstoffe und Betriebsstoffe	
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder E2.1-E2.3	<b>verbindlich:</b> Themenfelder E2.1-E2.3	<b>verbindlich:</b> Themenfelder E2.1-E2.3

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

**Qualifikationsphase (Q1/Q2)**

Maschinenbautechnik (LK)		Maschinenbautechnik (eGK)	Produktionstechnik (GK)
<b>Q1</b>	<b>Technische Mechanik II</b>	<b>Computer-Aided Design (CAD)</b>	<b>Energie- und Antriebstechnik</b>
	<b>Q1.1 Grundbeanspruchungsarten</b>	<b>Q1.1 Modellierung von Bauteilen und Baugruppen</b>	<b>Q1.1 Elektrotechnische Grundlagen</b>
	<b>Q1.2 Dauer- und Gestaltfestigkeit</b>	<b>Q1.2 Einzelteil- und Gesamtzeichnungen</b>	<b>Q1.2 Energiegewinnung</b>
	Q1.3 Kraft- und Momentenverläufe	<b>Q1.3 Parametrisierung</b>	<b>Q1.3 Antriebe</b>
	Q1.4 Zusammengesetzte Profile	Q1.4 Simulationen	Q1.4 Energieträger
	Q1.5 Stabilitätsprobleme	Q1.5 Direct Manufacturing	Q1.5 Entwicklungen und Konzepte der Zukunft
	<b>verbindlich</b> Themenfelder Q1.1 und Q1.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q1.3-Q1.5, durch Erlass festgelegt	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q1.1-Q1.3	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q1.1-Q1.3

Maschinenbautechnik (LK)		Produktionstechnik (GK)
<b>Q2</b>	<b>Maschinenelemente</b>	<b>Steuerungs- und Regelungstechnik</b>
	<b>Q2.1 Kraft- und formschlüssige Verbindungen</b>	<b>Q2.1 Pneumatische oder hydraulische Steuerungen</b>
	<b>Q2.2 Lagerungselemente</b>	<b>Q2.2 Elektropneumatische oder elektrohydraulische Steuerungen</b>
	Q2.3 Vertiefende Schraubenberechnung	<b>Q2.3 Speicherprogrammierbare Steuerungen</b>
	Q2.4 Federn als Maschinenelemente	Q2.4 Sensorik
	Q2.5 Stoffschlüssige Verbindungen	Q2.5 Regelungstechnik
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q2.3-Q2.5 durch Erlass festgelegt	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q2.1-Q2.3

**Qualifikationsphase (Q3/Q4)**



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

Maschinenbautechnik (LK)		Produktionstechnik (GK)
<b>Q3</b>	<b>Baueinheiten des Maschinenbaus</b>	<b>Mechatronik und Robotik</b>
	<b>Q3.1 Getriebe und Zahnräder</b>	<b>Q3.1 Ausgewählte elektrische Bauteile</b>
	<b>Q3.2 Kupplungen und Bremsen</b>	<b>Q3.2 Mechatronische Systeme</b>
	Q3.3 Kegelradgetriebe	<b>Q3.3 Industrieroboter</b>
	Q3.4 Zugmittelgetriebe	Q3.4 Ausgewählte Aspekte der Robotik
	Q3.5 Größenstufungen von Konstruktionen	Q3.5 Netzwerke
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q3.1 und Q3.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q3.3-Q3.5, durch Erlass festgelegt	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q3.1-Q3.3

Maschinenbautechnik (LK)		Produktionstechnik (GK)
<b>Q4</b>	<b>Konstruktiver Maschinenbau</b>	<b>Automatisierte Fertigung und Qualitätsmanagement</b>
	Q4.1 Schneckengetriebe	Q4.1 CNC-Programmierung
	Q4.2 Projektmanagement	Q4.2 Qualitätsmanagement
	Q4.3 Belastungsanalyse von Stütz- und Kragträgern	Q4.3 Schadensanalyse von Maschinenelementen
		Q4.4 SPS-Programmierung
		Q4.5 Additive Fertigungsverfahren
	<b>verbindlich:</b> ein Themenfeld aus Q4.1-Q4.3 durch Erlass festgelegt; innerhalb dieses Themenfeldes können Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden. Ein weiteres Themenfeld wird durch die Lehrkraft ausgewählt.	<b>verbindlich:</b> zwei Themenfelder aus Q4.1-Q4.5, ausgewählt durch die Lehrkraft

---

## Maschinenbautechnik

---

### E1: Maschinenbautechnische Grundlagen

---

Der Maschinenbau greift in weiten Teilen auf Kenntnisse der Mechanik zurück, die fachsystematisch der Physik zuzuordnen ist. Wesentliche Grundlagen sollen mit einem Fokus auf spezielle Anwendungen in Maschinenbau und Technik in diesem Kurs behandelt werden. Vor allem Kräfte und ihre Kombinationen bieten mit grafischen Lösungsverfahren eine Möglichkeit, Verständnis für die später folgenden mathematischen Lösungen zu entwickeln. Das Zusammenspiel von Kräften und Strecken in den sogenannten „einfachen Maschinen“ leitet zum physikalischen Begriff der mechanischen Arbeit über. Elementare mechanische Gesetze und Zusammenhänge wie Reibung, Federgesetz und Leistung ergänzen das Fundament für die nachfolgenden Kurse zur Technischen Mechanik. Am Anfang der Einführungsphase bietet dieser Kurs eine vertiefende Wiederholung der Physik der Mittelstufe. Die Dokumentation der Lösungen sowie das Arbeiten mit Formeln und Einheiten sollen eingeübt werden. Die Kraft als gerichtete Größe soll den prinzipiellen Charakter von Vektoren erkennen lassen, bietet einen Querbezug zur Physik und bereitet die systematische Behandlung im Mathematikunterricht vor.

#### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** Themenfelder E1.1-E1.3

---

#### Inhalte und erläuternde Hinweise

##### E1.1 Kräfte

- Darstellung von Kräften und ihre Wirkungen
- grafische Kräfteaddition und Kräftezerlegung
- Kräfteparallelogramm
- Kräftepolygon

##### E1.2 Einfache Maschinen

- Hebelgesetz
- Rolle und Flaschenzug
- schiefe Ebene, Keil
- „goldene Regel“ der Mechanik
- mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### **E1.3 Reibung**

- COULOMBSches Reibungsgesetz
- Haft- und Gleitreibung
- Rollreibung

### **E1.4 Federgesetz**

- Federarten
- HOOKESches Gesetz, Federkonstante
- Reihen- und Parallelschaltung von Federn
- lineare, progressive und degressive Federkennlinien

### **E1.5 Berechnung komplexer Körper**

- Länge, gestreckte Länge, Teilung
- Fläche
- Volumen
- Dichte und Masse
- längenbezogene Masse

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

## E2: Technische Mechanik I

---

Das Gebiet der Technischen Mechanik gliedert sich in die Teilgebiete Statik, Festigkeitslehre und Kinetik. Grundlegend ist hierbei die Statik und deren Prinzipien des Kräfte- und Momentengleichgewichts von starren Körpern, mit deren Hilfe sich statische Systeme analytisch beschreiben und äußere sowie innere unbekannte Kräfte berechnen lassen. In diesem Kurs werden ausgehend vom zentralen ebenen Kräftesystem Lösungsansätze eingeführt und auf das allgemeine ebene Kräftesystem übertragen. Eine konkrete Anwendung finden die Kenntnisse der Statik in den Themenfeldern Schwerpunktslehre und Fachwerke. Das analytische Ermitteln unbekannter Kräfte und Momente in statischen Systemen ermöglicht erst die Bestimmung innerer Spannungen und ist damit Voraussetzung für das Dimensionieren beziehungsweise Führen eines Festigkeitsnachweises an den kritischen Stellen eines Bauteils (Kurs Technische Mechanik II, Q1). Die vermittelten Prinzipien sind darüber hinaus an kinetischen Systemen anwendbar, wenn zusätzlich Trägheitskräfte angenommen werden (D'ALEMBERTSches Prinzip). Somit zeigen sich Bezüge zu dynamischen Vorgängen in der Physik (Schwingungen und Wellen) sowie in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. Das systematische Aufstellen von Bilanzen einer physikalischen Größe bildet die Grundlage für ein analytisches Vorgehen zur Ermittlung unbekannter Werte und lässt sich von Kräften und Momenten im Maschinenbau auf typische Größen anderer Disziplinen übertragen, zum Beispiel elektrische Spannungen und Ströme in der Elektrotechnik. Mathematische Methoden, wie das Lösen linearer Gleichungssysteme, lassen sich aufgreifen und anwendungsbezogen vertiefen.

### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1) und Energie (L2).

---

**verbindlich:** Themenfelder E2.1-E2.3

---

### Inhalte und erläuternde Hinweise

#### E2.1 Grundlagen der Statik

- NEWTONSche Axiome
- Freimachen von Bauteilen
- zentrales ebenes Kräftesystem
  - Berechnung resultierender Kräfte
  - Berechnung unbekannter Kräfte
  - Kräftegleichgewicht

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## **E2.2 Allgemeines ebenes Kräftesystem**

- Drehmoment
- Momentengleichgewicht
- Ermittlung resultierender Kräfte und Momente
- Ermittlung unbekannter Kräfte und Momente
- Berücksichtigung von Reibkräften

## **E2.3 Schwerpunktslehre**

- Gleichgewichtslagen
  - stabiles, labiles und indifferentes Gleichgewicht
- Massenschwerpunkt
- Flächenschwerpunkt elementarer und zusammengesetzter Flächen
- Linienschwerpunkt

## **E2.4 Fachwerke**

- Elemente des Fachwerks
  - Stäbe, Knoten, Nullstäbe, Obergurt, Untergurt
- statische Bestimmtheit
  - bestimmt, unbestimmt, überbestimmt
- Ermittlung der Stabkräfte
  - Knotenschnittverfahren
  - RITTERSches Schnittverfahren

## **E2.5 Grafische Lösungsverfahren im allgemeinen ebenen Kräftesystem**

- Schlusslinienverfahren (Seileckverfahren)
- Vier-Kräfte-Verfahren (CULMANNsche Gerade)
- CREMONAplan

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

### Q1: Technische Mechanik II (LK)

---

Die Dimensionierung von Bauteilen stellt eine zentrale Aufgabe im allgemeinen Maschinenbau dar. Hierzu werden in diesem Kurshalbjahr die zur Dimensionierung und Werkstoffauswahl im Innern eines Bauteils auftretenden Spannungen aufgrund von äußeren Belastungen ermittelt. Dabei werden die im Kurshalbjahr Technische Mechanik I (E2) in den Themenfeldern E2.1 bis E2.3 genannten Verfahren zur Ermittlung der äußeren Belastungen angewendet. Diese Berechnungen bilden die Grundlage für Festigkeitsnachweise. Dazu sind die zugrundeliegenden Flächen- und Widerstandsmomente einfacher und zusammengesetzter Querschnitte zu berechnen. Aufbauend auf die Grundbeanspruchungsarten sind auch deren Kombinationen zu betrachten und Vergleichsspannungen zu bilden. Die Lokalisierung gefährdeter Stellen eines Bauteils kann mittels Freischneiden und Visualisierung innerer Kraft- und Momentenverläufe erfolgen. Den Lernenden zeigen sich hier auf systematische Weise Möglichkeiten, Bauteilversagen zu überprüfen beziehungsweise dieses durch eine angemessene Dimensionierung und Werkstoffauswahl zu vermeiden. Differenzierungen in Belastungsfälle, Beanspruchungsarten und Stabilitätsprobleme helfen konzeptionell das Verhalten von Bauteilen zu analysieren und zu verstehen. Die Kenntnis über das Zusammenspiel der Werkstoffeigenschaften, der Bauteilgeometrie und der aufzunehmenden äußeren Belastungen bietet die Möglichkeit, unterschiedliche Lösungen zu entwickeln und Varianten zu beurteilen. Bezüge zur Mathematik und Physik der Oberstufe ergeben sich vor allem beim Herleiten der Flächenmomente zweiten Grades und des STEINERSchen Satzes sowie in der Systematik der Kraft- und Momentenverläufe.

#### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2), Werkstoff (L3), Konstruktion (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** Themenfelder Q1.1 und Q1.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q1.3-Q1.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

---

#### Inhalte und erläuternde Hinweise

##### Q1.1 Grundbeanspruchungsarten

- Freischneiden und inneres Kräftesystem
- Zugbeanspruchungen
  - exemplarisch elastische Verformungen (HOOKEsches Gesetz)
- Druckbeanspruchungen
  - innere Beanspruchung
  - äußere Beanspruchung: Flächenpressung, Lochleibungsdruck
- Scherbeanspruchungen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- Biegebeanspruchungen und Biegehauptgleichung
- Torsionsbeanspruchungen und Torsionshauptgleichung
- axiale und polare Widerstandsmomente
  - Flächenmomente zweiten Grades elementarer Flächen und Normprofile

### **Q1.2 Dauer- und Gestaltfestigkeit**

- Belastungsfälle
- Ermittlung zulässiger Spannungen
  - WÖHLERkurve und Dauerfestigkeit
  - Gestaltfestigkeit (Kerbwirkung, Größen- und Oberflächeneinfluss)
- zusammengesetzte Beanspruchungen
  - gleicher Spannungsart
  - Spannungsverläufe, Lage der neutralen Faser
  - ungleicher Spannungsart: Vergleichsspannungen, Vergleichsmomente
- Nachweis und Dimensionierung von Achsen, Wellen, Zapfen und Trägerprofilen

### **Q1.3 Kraft- und Momentenverläufe**

- Querkraftverläufe
  - für Punktlasten, Streckenlasten und gemischte Lasten
  - an Stütz- und Kragträgern
- Momentenverläufe
  - für Punktlasten, Streckenlasten und gemischte Lasten
  - an Stütz- und Kragträgern
- Lokalisierung von maximalen Momenten und gefährdeten Stellen

### **Q1.4 Zusammengesetzte Profile**

- elementare Herleitung von Flächenmomenten zweiten Grades einfacher Profile
- STEINERScher Satz
  - Ermittlung von Flächenmomenten zweiten Grades von zusammengesetzten Profilen
  - Ermittlung von Widerstandsmomenten zweiten Grades von zusammengesetzten Profilen
- Systematik der Flächenmomente (0., 1. und 2. Grades)

### **Q1.5 Stabilitätsprobleme**

- Standsicherheit
  - Standmoment
  - Kippmoment

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- Knickung
  - elastische Knickung
  - unelastische Knickung
- Kippen (phänomenologisch)
- Beulen (phänomenologisch)



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

## Q2: Maschinenelemente (LK)

---

Als Maschinenelement des allgemeinen Maschinenbaus wird hier ein kleinstes, nicht mehr sinnvoll zu zerlegendes Bauteil verstanden. Maschinenelemente kommen in vielen verschiedenen technischen Geräten, Maschinen und Anlagen immer wieder in gleicher Form vor. Dort erfüllen sie jeweils die gleichen Funktionen. In diesem Kurshalbjahr werden zum einen die technologischen Wirkprinzipien betrachtet; damit werden Bezüge zu den Füge- beziehungsweise Fertigungsverfahren hergestellt. Zum anderen beinhaltet der Kurs die praktische Anwendung von Maschinenelementen aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht, die auch die Festigkeitslehre und die Werkstofftechnik mit einbezieht. Die Lehre von den Maschinenelementen greift in vielen Bereichen fächerübergreifend auf Grundlagen der Physik, Mechanik und Mathematik zurück. Darüber hinaus werden Berechnungsgrundlagen, Datenblätter und Normen behandelt, mit deren Hilfe sich einzelne Maschinenelemente bezüglich ihrer Auslegung, Gestaltung und durchzuführender Festigkeitsnachweise behandeln lassen. Die wesentliche Erkenntnis, die die Lernenden im Verlauf des Kurses gewinnen können, ist, dass technische Anwendungen, abhängig von ihrer Komplexität, aus einer Vielzahl von Maschinenelementen bestehen können. Die einzelnen Maschinenelemente erfüllen dabei auch in den unterschiedlichsten Konstruktionen stets vergleichbare Funktionen. Für die Funktionalität der Maschinenelemente und ihrer Verbindungen ist deren fachgerechte Auslegung von zentraler Bedeutung. Darüber hinaus sind die beanspruchungs- und die fertigungsgerechte Gestaltung sowie die wirtschaftliche Herstellung zu beachten.

### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2), Werkstoff (L3), Konstruktion (L4).

---

**verbindlich:** Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q2.3-Q2.5 durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

---

### Inhalte und erläuternde Hinweise

#### Q2.1 Kraft- und formschlüssige Verbindungen

- Einteilung der Verbindungsarten in Form-, Kraft- und Stoffschluss
- Bolzen und Stifte (Anwendung, Funktion, Bauformen, Werkstoffe)
- Berechnung von Bolzenverbindungen
  - Beanspruchungen
  - Einspannbedingungen bei Bolzenverbindungen
- Berechnung von Stiftverbindungen
- Schrauben und Schraubenverbindungen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- Einteilung nach Art und Verwendungszweck, Bestimmungsgrößen, Gewindearten, Schraubenantriebe
- Bezeichnungen, Werkstoffe, Festigkeitswerte (Schraube und Mutter)
- Auslegung anhand von Spannungsquerschnitt und Festigkeitsklasse
- Verbindungen von Welle und Nabe
  - Arten und Wirkungsweisen von Welle / Nabe-Verbindungen
  - Auslegung und Überprüfung von Passfederverbindungen (Flächenpressung)

### **Q2.2 Lagerungselemente**

- Aufgaben und Einteilung nach den Wirkprinzipien
- Gleitlager
  - Normen, Werkstoffe
- Wälzlager
  - Aufbau, Bauformen
  - Analyse von Einbausituationen
  - Zusammenhang zwischen Umlaufverhältnis und Passungsauswahl
  - Lageranordnungen
  - nominelle Lebensdauerberechnung
  - Montage und Demontage

### **Q2.3 Vertiefende Schraubenberechnung**

- Berechnung von Befestigungsschrauben
  - Analyse von Verspannungsschaubildern bei axial wirkender Betriebskraft
  - Spannungsquerschnitt in Abhängigkeit von Klemmkraft, Betriebskraft und Anziehfaktor
  - Nachgiebigkeit von Schraube und Platten (Flansche)
  - Schraubenkraft unter Berücksichtigung der Montagevorspannkraft
  - Anziehdrehmoment
- Flächenpressung in der Schraubenkopf- und Mutterauflage
- querbeanspruchte, reibschlüssige Schraubenverbindungen
  - Klemmkraft je Schraube
  - Reibungszahl der Bauteile in der Trennfuge

### **Q2.4 Federn als Maschinenelemente**

- Funktionen von Federn
- Federarten (Zug, Druck, Torsion), Schraubenfedern, Tellerfedern, Torsionsstab
- Federschaltungen
- Federkennlinien und Federraten
- Federn als Energiespeicher

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## Q2.5 Stoffschlüssige Verbindungen

- Fügewirkung (Kohäsion, Adhäsion)
- Vergleichende Gegenüberstellung der Verfahren Kleben, Löten, Schweißen
  - Eignung und Einsatzfälle, Füge- und Hilfsstoffe, Gestaltung von Verbindungen
- Klebeverbindungen
  - Binefestigkeit (statisch, dynamisch), Schälfestigkeit
  - Festigkeitsberechnung, Stumpfstoßverbindung (Normalspannung), Überlappstoßverbindung und Rundklebung unter Torsionsmoment (Scherspannung)
- Lötverbindungen
  - Festigkeitsberechnung, Stumpfstoßverbindung (Normalspannung), Überlappstoßverbindung (Scherspannung), Steckverbindung (Scherspannung durch Schub- beziehungsweise Torsionsbelastung)
- Schweißverbindungen
  - Überblick der Stoß- und Nahtarten
  - Spannungsberechnungen bei Stumpf- und Kehlnähten (Normalspannung quer zur Nahtichtung, Schubspannung in beziehungsweise quer zur Nahtichtung, Vergleichsspannung)
  - Spannungsberechnungen bei Kehlnahtanschluss, Berechnung der Nahtspannung bei Biegebeanspruchung beziehungsweise Torsionsbeanspruchung (Widerstandsmomente aus Tabellen)

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

### Q3: Baueinheiten des Maschinenbaus (LK)

---

Baueinheiten im allgemeinen Maschinenbau bestehen aus zwei oder mehreren Einzelteilen beziehungsweise Maschinenelementen. Diese bilden nach dem Zusammenbau hinsichtlich ihrer Funktion eine Einheit. Der Kurs Baueinheiten des Maschinenbaus thematisiert naturwissenschaftliche Inhalte aus dem Bereich der technischen Physik, die sich mit dem Energiefluss innerhalb einer Baueinheit beschäftigt. Entsprechend der Baueinheit werden fachspezifische Kenntnisse über Funktion, Auswahl, Auslegung und Berechnung vermittelt. Hierbei wird auf Inhalte der vorangegangenen Kurse des Faches Maschinenbautechnik aufgebaut. Zusammenhänge in beziehungsweise zwischen Baueinheiten können mithilfe von Modellvorstellungen und Ersatzbildern vereinfacht dargestellt werden. Weiterhin werden typische Ausführungsformen thematisiert, welche die Baueinheiten auf Grund jahrelanger Entwicklung aufweisen. Bezüglich Anordnung und Abmessungen wird auf Berechnungsgrundlagen, Normen und fachsystematische Einteilungen eingegangen. Das logische und sinnvolle Zusammenwirken einzelner Maschinenelemente zur Erfüllung der Gesamtfunktion einer Baueinheit zählt zu den wesentlichen Erkenntnissen, die in diesem Kurs gewonnen werden. Das Gesamtverständnis des Zusammenwirkens und das Erkennen von Abhängigkeiten ermöglichen eine beanspruchungsgerechte Auslegung. Zusammen mit Aspekten der fertigungsgerechten Gestaltung nimmt dies Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Fertigung.

#### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2), Werkstoff (L3) sowie Konstruktion (L4).

---

**verbindlich:** Themenfelder Q3.1 und Q3.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q3.3-Q3.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

---

#### Inhalte und erläuternde Hinweise

##### Q3.1 Getriebe und Zahnräder

- Getriebe
  - Hauptaufgaben
  - vergleichende Gegenüberstellung verschiedener Getriebebauarten
  - Bauarten von Zahnradgetrieben
  - mehrstufige Getriebe
  - Berechnung von Leistung, Wirkungsgrad, Übersetzungsverhältnis, Drehmoment, Drehzahl
- Stirnräder mit Evolventenverzahnung (Eingriffswinkel  $\alpha = 20^\circ$ )
  - Zahnradmaße und Bestimmungsgrößen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- Vergleich von Gerad - und Schrägverzahnung
- Berechnung der Kräfte am Stirnradpaar (Gerad - und Schrägverzahnung)
- Lagerreaktionskräfte in zwei Ebenen

### **Q3.2 Kupplungen und Bremsen**

- Kupplungen
  - Funktionen
  - Bauarten und Systematik
  - Berechnung kraftschlüssiger Kupplungen (Reibungsgesetz)
  - Auswahl formschlüssiger Kupplungen (Norm – und Datenblätter)
- Bremsen
  - Funktionen
  - Bauformen
  - Berechnung unter Anwendung des Reibungsgesetzes (einfache Backenbremse, Scheibenbremse)
  - Bremsmoment

### **Q3.3 Kegelradgetriebe**

- Grundformen und Anwendungen
  - Gerad-, Schräg- und Bogenzähne
- Geradverzahnte Kegelräder
  - Abmessungen
  - Bestimmungsgrößen
- Kräfte am geradverzahnten Kegelrad
- Lagerreaktionskräfte in zwei Ebenen

### **Q3.4 Zugmittelgetriebe**

- Riementriebe
  - Riemenarten, Wirkprinzipien, Eigenschaften und Einsatzgebiete
  - Keilriemen (Kräfte, Ausführungsarten)
- Kettentriebe
  - Kettenarten, Wirkprinzipien, Eigenschaften und Einsatzgebiete
  - Beanspruchungen von Bolzenketten

### **Q3.5 Größenstufungen von Konstruktionen**

- Normzahlenreihen
  - Grundreihen R5, R10, R20, R40
  - abgeleitete Reihen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- zusammengesetzte Reihen
- Rundwertreihen
- Stufensprung
- Ähnlichkeitsbeziehungen
- Kenngröße beziehungsweise Maßstab

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

#### Q4: Konstruktiver Maschinenbau (LK)

---

In dem Kurs Konstruktiver Maschinenbau wird auf die bisher vermittelten Methoden, Kenntnisse und Fähigkeiten zurückgegriffen. Der Transfer auf die neue Baueinheit Schneckengetriebe eröffnet Möglichkeiten weitere Besonderheiten kennenzulernen, aber auch Gemeinsamkeiten mit anderen Getrieben herauszuarbeiten. Der Kurs vermittelt, die systematische Bearbeitung und konstruktive Lösung technischer Problemstellungen. Mittels selbstständiger und strukturierter Planung werden verschiedene Stufen eines Konstruktionsprozesses durchlaufen. Durch die Vielschichtigkeit und Abhängigkeiten im Konstruktiven Maschinenbau erwachsen aus zunächst einfach erscheinenden konstruktiven Problemstellungen komplexe, umfangreiche Aufgaben, die im realen, zumeist zeitkritischen Prozess häufig in einem Team arbeitsteilig bewältigt werden. Der Bedeutung des Projektmanagements wird in einem Themenfeld daher Rechnung getragen.

#### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2), Werkstoff (L3), Konstruktion (L4), sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** ein Themenfeld aus Q4.1-Q4.3 durch Erlass festgelegt; innerhalb dieses Themenfeldes können Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden. Ein weiteres Themenfeld wird durch die Lehrkraft ausgewählt.

---

#### Q4.1 Schneckengetriebe

- Verwendung, Funktion und Wirkung
- Schnecke und Schneckenrad
- Linienberührung
- Wirkungsgrad
- Vor- und Nachteile gegenüber anderen Getriebearten
- Berechnungen an Zylinderschneckengetrieben mit 90°- Achsenwinkel
  - Übersetzung
  - Modul
  - Achsabstand
  - Kräfte an der Schnecke und am Schneckenrad
  - Lagerreaktionskräfte in zwei Ebenen

#### Q4.2 Projektmanagement

- Projektdefinition
  - Projektziel

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- Lasten- und Pflichtenheft
- Zeit- und Kostenrahmen
- Projektplanung
  - Projektstrukturplan
  - Projektablaufplan mit Definition der Meilensteine
- Projektdurchführung
  - Arbeiten am Thema
- Projektabschluss
  - Projektdokumentation
  - Projektpräsentation
  - Projektübergabe an den Auftraggeber

#### **Q4.3 Belastungsanalyse von Stütz- und Kragträgern**

- Analyse von Punktlasten, Streckenlasten und gemischten Lasten
- Normalkraftverläufe
- Querkraftverläufe
- Momentenverläufe
- Betrachtung mathematischer Zusammenhänge der Verläufe



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

## **Q1: Computer-Aided Design (CAD) (eGK)**

---

Das rechnerunterstützte Zeichnen und Konstruieren, Computer-Aided Design (CAD), hat entscheidend an Bedeutung gewonnen. Die Regeln und Normen des technischen Zeichnens müssen sowohl beim manuellen als auch beim rechnergestützten Zeichnen zugrunde gelegt werden. In dem Kurs CAD sollen die Grundlagen der CAD-Technik vermittelt werden. Dazu wird auf die Inhalte des Kurses Technisches Zeichnen Bezug genommen und Normen, Richtlinien und Regeln werden angewendet. Ausgehend von einfachen oder bekannten Bauteilen sollen die Methoden und Techniken der 3D-Bauteilmodellierung erlernt werden. Dabei kommt dem systematischen, gewissenhaften und exakten Arbeiten am 3D-Modell eine besondere Bedeutung zu, da diesem alle notwendigen Informationen für den gesamten Produktentstehungsprozess entnommen werden können. Die Zeichnungserstellung, Schnittzeichnungen, Berechnungen sowie nachgelagerte Arbeitsgänge wie Simulation und numerische Berechnung (FEM) können unmittelbar aus dem 3D-Modell abgeleitet werden. Durch diese Abhängigkeiten bekommt das konsequente Einhalten der Regeln beim Speichern der Daten und die Datenverwaltung innerhalb des CAD-Programms eine hohe Bedeutung. Beim Erstellen von Baugruppen kann man sowohl auf (selbsterzeugte) einzelne Bauteile als auch über Schnittstellen zu Katalogen auf Normteile (unter anderem Schrauben, Muttern, Scheiben, Wälzlager) und Kaufteile (unter anderem Profile) zurückgreifen. Die vermittelten Methoden und Techniken sowie das Wissen über Normen sind Voraussetzung für das selbstständige Bearbeiten von Konstruktionsaufgaben, die im Kurs Konstruktiver Maschinenbau zu bewältigen sind.

### **Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Werkstoff (L3), Konstruktion (L4) sowie Produktion (L5).

---

**verbindlich:** Themenfelder Q1.1-Q1.3

---

### **Inhalte und erläuternde Hinweise**

#### **Q1.1 Modellierung von Bauteilen und Baugruppen**

- Erzeugung prismatischer Volumenkörper
- Erzeugung rotationssymmetrischer Volumenkörper
- Modifikationen am Bauteil
  - Fasen, Rundungen, Nuten, Bohrungen, Senkungen, Gewinde
- Erstellung von Baugruppen
- Nutzung von Schnittstellen
  - Einfügen von Norm- und Kaufteilen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

- Datenverwaltung
  - Speichern und Kopieren von Bauteilen und Baugruppen
  - Nutzung von Assoziativität
  - Ordnerstruktur, Dateinamen
  - Datensicherung

### **Q1.2 Einzelteil- und Gesamtzeichnungen**

- Zeichnungsableitung in den 2D-Bereich
- Ansichten erzeugen und positionieren
- Zeichnungsrahmen, Schriftfeld
- Passungsarten und Passungssysteme
- Bemaßung von Einzelteilen einschließlich Oberflächenangaben
- Stücklisten, Positionsnummern, Nummernsysteme

### **Q1.3 Parametrisierung**

- Parametrisierung einzelner Bauteile
- Konstruktionstabellen
- Parametrisierung von Baugruppen

### **Q1.4 Simulationen**

- Bewegungssimulation
  - Kollisionsuntersuchung
- Belastungssimulation
  - Finite-Element-Methode
- Bauraumuntersuchung
- Ermittlung physikalischer / mechanischer Eigenschaften
  - Maße, Volumen, Widerstandsmoment, Trägheitsmoment

### **Q1.5 Direct Manufacturing**

- 3D-Druck
  - Datenaufbereitung
  - Datenübergabe
  - Druckervorbereitung
  - Modellnachbereitung
  - Wartung und Pflege des Druckers

---

## Produktionstechnik

---

### E1: Fertigungs- und Prüftechnik I

---

Die Fertigungstechnik beschreibt unter anderem Werkzeuge und Verfahren, um mechanische Elemente und Baugruppen herzustellen. Ein zentraler Lernort für die Auseinandersetzung und Anwendung manueller und maschineller Fertigungsverfahren ist die Werkstatt. Dort werden Fertigungsprozesse unter Beachtung von Unfallverhütungsvorschriften und Umweltschutzmaßnahmen selbstständig geplant, durchgeführt, kontrolliert und bewertet. In diesem Kurs liegt der Fokus auf der Fertigung von Werkstücken mit handgeführten Werkzeugen auf Grundlage von Einzelteilzeichnungen. Dabei wird deren Qualität mit fachgerecht ausgewählten Prüfmitteln festgestellt. Durch die haptische Auseinandersetzung mit metallischen Werkstoffen können deren Eigenschaften, wie Festigkeit, Elastizität, Zerspanbarkeit, die in späteren Kursen theoretisch betrachtet werden, unmittelbar erfahrbar gemacht werden. Darüber hinaus können praxisbezogene Einblicke in die Berufs- und Arbeitswelt des metallverarbeitenden Gewerbes gewonnen werden.

#### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Werkstoff (L3), Produktion (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** Themenfelder E1.1-E1.3

---

#### Inhalte und erläuternde Hinweise

##### E1.1 Arbeitsplatz Werkstatt

- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Werkstattordnung, Umwelt- und Arbeitsschutz
- Unfallverhütungsvorschriften (UVV)
- Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln, Gefahren des elektrischen Stroms

##### E1.2 Fertigungstechnische Grundlagen

- Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580
- Winkel am Schneidkeil
- Lesen einfacher technischer Zeichnungen
- Anreißen und Körnen
- Meißeln, Sägen, Feilen
- Bohren, Senken, Reiben, Gewindeschneiden
- Biegen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

**E1.3 Prüfen I**

- subjektives und objektives Prüfen
- Auswahl und Umgang mit Prüfmitteln
- Messen und Lehren
- Messen mit dem Messschieber, Nonius
- Freie Toleranzen, Allgemeintoleranzen, ISO-Toleranzen
- Bewertung der Arbeitsergebnisse

**E1.4 Arbeitsvorbereitung**

- Lagerhaltung
- Einrichtung eines Arbeitsplatzes
- Optimieren von Arbeitsprozessen
- Verkehrswegeplanung
- Abfall-, Hilfsstoff- und Wertstoffmanagement

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

## **E2: Fertigungs- und Prüftechnik II**

---

Bei industriellen Fertigungsprozessen kommen bevorzugt maschinelle Fertigungsverfahren zur Anwendung. Dabei sind für eine fachgerechte Auswahl gute Kenntnisse der Arbeitsbewegungen, Kennwerte und deren Einflussgrößen bei unterschiedlichen Werkzeugmaschinen erforderlich. Zur strukturierten Herstellung von Einzelteilen werden Arbeitspläne für maschinelle Fertigungsprozesse analysiert, erstellt und entsprechend zweckmäßig eingesetzt. Aufbauend auf den Kurs Fertigungs- und Prüftechnik I und unter Berücksichtigung der Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften wird in diesem Kurs der Schwerpunkt auf die maschinelle, spanende Bearbeitung gelegt. Anhand einzeln hergestellter Werkstücke als Teile einer größeren Baugruppe werden Fügeverfahren und Passungen theoretisch erlernt und praktisch verdeutlicht. Dabei wird auf Inhalte des Faches Technische Kommunikation Bezug genommen. Die Auswahl geeigneter Prüfmittel erfolgt aufgrund der gesteigerten Anforderungen an Maßgenauigkeit und Oberflächengüte maschinell produzierter Bauteile. Ein Verständnis für relevante Stoffwerte ausgewählter Werkstoffe können praktische Versuche der Werkstoffprüfung erzeugen.

### **Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2), Werkstoff (L3), Produktion (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** Themenfelder E2.1-E2.3

---

### **Inhalte und erläuternde Hinweise**

#### **E2.1 Maschinelle Fertigungsverfahren**

- Unfallverhütungsvorschriften (UVV)
- Grundunterweisung „schnelllaufende Arbeitsmaschinen“
- Fertigung rotationssymmetrischer Bauteile
  - Drehverfahren und deren Werkzeuge
  - Aufbau von Drehmaschinen
- Fertigung ebener Werkstücke
  - Fräsverfahren und deren Werkzeuge
  - Aufbau von Fräsmaschinen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## **E2.2 Baugruppen**

- Herstellung einfacher Baugruppen
- Lesen technischer Zeichnungen
- Anwendung verschiedener Fügeverfahren, zum Beispiel Verschrauben, Schweißen, Verstiften
- Herstellung von Passungen

## **E2.3 Werkstoffprüfung**

- zerstörende Prüfverfahren
  - Zugversuch; Kennwerte und -linien
  - Kerbschlagbiegeversuch
  - Härteprüfung nach BRINELL, VICKERS, ROCKWELL
- zerstörungsfreie Prüfverfahren, zum Beispiel Farbeindringverfahren, Magnetpulverprüfung, magnetinduktive Prüfung, Ultraschallprüfung, Röntgenprüfung

## **E2.4 Prüfen II**

- Prüfverfahren in Abhängigkeit der Fertigungsart
  - Einfluss von zu prüfenden Merkmalen und Stückzahlen
- Prüfmittel, zum Beispiel Bügelmessschraube, Feinzeiger, Messuhr, Grenzlehren, Endmaße
- Form- und Lageprüfung
- Oberflächenprüfung

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

## Q1: Energie- und Antriebstechnik (GK)

---

Ein zentrales Merkmal einer Maschine ist die Umsetzung von Energie. Dies kann sich sowohl konkret auf ihren Antrieb in Form eines Motors, als auch allgemein auf Umwandlung, Umformung, Transport und Speicherung von Energie in technischen Systemen beziehen. Dabei sind bei modernen Maschinen in der Regel mechanische und elektrische Elemente eng miteinander verzahnt. Auch bei zunehmender Verwendung von elektrischen Bestandteilen in technischen Produkten werden mechanische Bauteile aufgrund der Notwendigkeit Kräfte aufzunehmen und zu übertragen ihre Bedeutung behalten. Der Kurs Energie- und Antriebstechnik beinhaltet die Betrachtung ausgewählter mechanischer und elektrotechnischer Komponenten sowie elektrotechnische Grundlagen, die in folgenden Kursen inhaltlich aufgegriffen werden. Durch die Behandlung der Gleich- und Wechselspannungen wird ein Verständnis für die Funktionsweise elektrischer Antriebe, der verschiedenen Energieträger und Möglichkeiten der Energiegewinnung gefördert. „Energiegewinnung“ bedeutet grundsätzlich den Wandel einer verfügbaren Energieform in eine benötigte. Dabei ist es für die Anwendung des Generatorprinzips unerheblich, ob dieses mithilfe eines Windrades, einer Gasturbine, eines Gezeitenkraftwerks oder eines Fahrradreifens umgesetzt wird. Neben dem vorherrschenden Generatorprinzip gibt es weitere Möglichkeiten elektrische Spannungen zu erzeugen, welche bei der Betrachtung regenerativer Energieformen zu berücksichtigen sind. Nachhaltiger Umgang mit Energieressourcen und Schonung der Umwelt stellen zentrale Herausforderungen an Technik und Gesellschaft in Gegenwart und Zukunft dar.

### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** Themenfelder Q1.1-Q1.3

---

### Inhalte und erläuternde Hinweise

#### Q1.1 Elektrotechnische Grundlagen

- Gleichspannung
  - Grundgrößen Spannung, Stromstärke, Widerstand
  - Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen und Verbrauchern
- Wechselspannung
  - Generatorprinzip
  - Dreiphasen-Wechselspannung
  - Transformatorprinzip
- Elektrische Leistung und elektrische Arbeit

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### **Q1.2 Energiegewinnung**

- Möglichkeiten der Energiegewinnung, zum Beispiel Generator, Fotovoltaik, Brennstoffzelle, Wärmepumpe, Blockheizkraftwerk

### **Q1.3 Antriebe**

- Grundlagen der Verbrennungsmotoren, zum Beispiel Kreisprozesse, OTTO- oder DIESEL-Prinzip
- ausgewählte mechanische Komponenten wie zum Beispiel Kolben, Kurbelwelle, Einlassventil, Einspritzventil
- Elektromotoren verschiedener Bauarten wie zum Beispiel Gleichstrom-, Synchron-, und Asynchronmotor
- Motorkennlinien

### **Q1.4 Energieträger**

- Vergleich der Energieträger
  - feste, flüssige und gasförmige Energieträger
  - Gewinnung, Zusammensetzung, Energiedichte, Rückstände, Umweltverträglichkeit
- Akkumulatortechnologie

### **Q1.5 Entwicklungen und Konzepte der Zukunft**

- Energiegewinnung und -speicherung
- Energieverbrauch
- Mobilität



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

## Q2: Steuerungs- und Regelungstechnik (GK)

---

Steuerungs- und regelungstechnische Systeme haben im Maschinenbau eine wichtige Bedeutung und lassen sich in unterschiedlichen Technologien realisieren. Allen gemeinsam ist die Grundstruktur aus Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe (E-V-A-Prinzip). Eingabeelemente sind durch Signalgeber unterschiedlicher Wirkprinzipien realisierbar. Im Verarbeitungsteil erfolgt eine Verarbeitung der Eingangs- zu Ausgangssignalen durch die in der jeweiligen Aufgabe definierten Logik. Die Ausgabe erfolgt an Aktoren und Signalelementen. Je nach Anwendungsfall lassen sich diese Systeme in einer Technologieart oder in einer Kombination unterschiedlicher Technologien realisieren. Aufgrund ihrer Anschaulichkeit werden in den Themenfeldern zunächst rein pneumatische beziehungsweise hydraulische Steuerungen angesprochen, in denen der Energieträger der Aktorik auch als Signalmedium genutzt wird. Elektropneumatik beziehungsweise Elektrohydraulik lagern den Eingabe- und Verarbeitungsteil in elektrische Schaltungen aus und verknüpfen damit unterschiedliche Technologiearten. Einen Schritt weiter gehen speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS). Statt klassischer verbindungsprogrammierter Anordnung wird hier im Verarbeitungsteil die Logik beziehungsweise Funktion der Schaltung in einen Speicherbaustein geladen. Logikplan und GRAFCET ermöglichen die strukturierte Darstellung der Schaltungsfunktionalität unabhängig von der technischen Ausführung. Die Inhalte dieses Kurses bieten Querbezüge zur Mathematik und Physik. Darüber hinaus sind sie Grundlage für den Kurs Mechatronik und Robotik.

### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2), Produktion (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** Themenfelder Q2.1-Q2.3

---

### Inhalte und erläuternde Hinweise

#### Q2.1 Pneumatische oder hydraulische Steuerungen

- Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Prinzip (E-V-A-Prinzip)
- Unterscheidung zwischen Steuern und Regeln
- Grundlagen der Fluidtechnik
- Eigenschaften und Aufbereitung der unterschiedlichen Fluide
- Aufbau und Funktion ausgewählter Bauteile
- Auslegung von Kompressor oder Pumpe
- Kolbenkräfte, Wirkungsgrade, Ausfahrgeschwindigkeiten
- Entwicklung und Inbetriebnahme einfacher Steuerungen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### **Q2.2 Elektropneumatische oder elektrohydraulische Steuerungen**

- Anwendung von magnetischen, optischen, kapazitiven und induktiven Näherungsschaltern
- Schaltplanentwicklung durch Prinzipien der Kombinatorik und BOOLEschen Algebra
- Logikplan
- Ablaufsteuerung
- Entwicklung und Inbetriebnahme von Steuerungen

### **Q2.3 Speicherprogrammierbare Steuerungen**

- Grundlagen der speicherprogrammierbaren Steuerung
- Erstellen von Programmnetzwerken in Funktionsbausteinsprache (FBS)
- Ablaufsteuerung
- Ablaufbeschreibung GRAFCET (DIN EN 60848)

### **Q2.4 Sensorik**

- weitergehende Betrachtung der technischen Möglichkeiten zum Messen physikalischer Größen
- Bauformen und Wirkungsweisen von magnetischen, optischen, kapazitiven und induktiven Sensoren
- Sonderbauformen von Sensoren
- Schalthysterese

### **Q2.5 Regelungstechnik**

- Grundlagen der Regelungstechnik
- P/PI/PID Regler
- Proportionalventile

---

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

---

### Q3: Mechatronik und Robotik (GK)

---

Die zunehmende Komplexität technischer Systeme wird auch durch die Integration mechanischer, elektrischer und informationstechnischer Elemente realisiert. Vorteile der unterschiedlichen Technologien können genutzt und Nachteile reduziert werden. Hiermit bieten sich neue Lösungsansätze technischer Konstruktionen an, die über die Addition der drei Teiltechnologien hinausgehen und sich zu mechatronischen Systemen vereinen.

Technische Systeme lassen sich in abstrakte Modelle überführen. Trotz unterschiedlicher Technologien lassen sich so Entsprechungen zwischen mechanischen und elektrischen Komponenten durch Vergleich ihrer mathematischen Beschreibung herausarbeiten. Damit wird es möglich, einzelne Komponenten unterschiedlicher Technologien innerhalb komplexer technischer Systeme aufeinander abzustimmen. Neben den bereits in anderen Kursen erworbenen Kenntnissen über mechanische Komponenten sollen zunächst grundlegende elektrische Bauteile und Schaltungen behandelt werden, um dann exemplarisch das Zusammenwirken als mechatronisches System zu betrachten. In diesem Kurs beschränkt sich die Betrachtung der Robotik auf das Feld der Industrieroboter. Die Kenntnis unterschiedlich realisierbarer Kinematiken, der Einteilung ihrer Bauarten und deren spezifischen Eigenschaften helfen dabei, den Einsatz von Robotern im Speziellen zu beurteilen. Nutzen und Risiken sowohl im Konkreten als auch in der zukünftigen Entwicklung immer leistungsfähigerer Roboter sollen in ihrer Auswirkung auf Arbeitswelt und Gesellschaft kritisch reflektiert werden, um für ein verantwortungsvolles Handeln zu sensibilisieren. Auf Inhalte der Kurse „Energie- und Antriebstechnik“ sowie „Steuerungs- und Regelungstechnik“ des Faches Produktionstechnik kann in mehreren Themenfeldern Bezug genommen werden. Koordinatentransformationen bei Robotern bieten eine Anwendung der Mathematik. Mathematische Beschreibungen mechatronischer Systeme bieten einen Ausblick auf das Gebiet der Differentialgleichungen.

#### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Energie (L2), Produktion (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** Themenfelder Q3.1-Q3.3

---

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## Inhalte und erläuternde Hinweise

### Q3.1 Ausgewählte elektrische Bauteile

- Kondensator
  - Kapazität
  - Lade- und Entladekurve
- Spule
  - Induktivität
- Diode
- Transistor

### Q3.2 Mechatronische Systeme

- Merkmale mechatronischer Systeme
- Analogie zwischen mechanischen und elektrischen Komponenten
- Modellbildung und mathematische Beschreibung an einem Beispiel

### Q3.3 Industrieroboter

- Einteilung der Roboter nach Einsatzgebieten
- Industrieroboter
  - Bauformen sowie deren Vor- und Nachteile
  - Kinematiken, T-Achsen, R-Achsen, zwangsgekoppelte Achsen
  - Roll-, Nick- und Gierbewegungen
  - Gelenke, Freiheitsgrade und Bewegungsfreiheitsgrade

### Q3.4 Ausgewählte Aspekte der Robotik

- Transformation von Koordinatensystemen
- Inverse kinematische Probleme und Singularitäten
- Betriebs- und Steuerungsarten
- Effektoren von Industrierobotern
- Sicherheits- und gesellschaftliche Aspekte

### Q3.5 Netzwerke

- Netzwerke aus Zweipolen
- KIRCHHOFFSche Regeln (Maschen- und Knotenregel)
- Spannungs- und Stromteiler
- Brückenschaltungen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

---

#### **Q4: Automatisierte Fertigung und Qualitätsmanagement (GK)**

---

Im Maschinenbau kommt der automatisierten Fertigung sowohl in der Einzelteil- als auch in der Massenproduktion eine immer stärkere Bedeutung zu, vor allem bei letzterer werden mit Werkzeugen des Qualitätsmanagements Fertigungsprozesse kontrolliert. Ausgewählte Aspekte der automatisierten Fertigung bilden den thematischen Rahmen dieses Kurses, der sich sowohl mit etablierten sowie neueren Verfahren und Techniken als auch Werkzeugen des Qualitätsmanagements beschäftigt. Flankiert werden diese Inhalte durch das Themenfeld Schadensanalyse von Maschinenelementen, das eine Vertiefung des klassischen Maschinenbaus bietet. Dabei ermöglicht das Angebot der Themenfelder eine auf die Ausstattung und Expertise der Schulen zugeschnittene Auswahl. Die Lernenden erhalten Einblicke in aktuelle Entwicklungen von Fertigungsverfahren im Kontext der Informationstechnologie. Erstellung und Implementierung konkreter Programme in CNC- beziehungsweise SPS-Technik sowie additive Fertigungsverfahren bieten die Möglichkeit, technologieabhängige Umsetzungsprobleme zu erkennen und durch einen Anwendungsbezug verständlich zu machen. Dadurch wird eine kritische Einschätzung der Potentiale dieser Technologien ermöglicht. Zwischen diesen Inhalten lassen sich Querbezüge zu vielen Themenfeldern des Maschinenbaus sowie der Mathematik (zum Beispiel Stochastik) herstellen.

#### **Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Werkstoff (L3), Konstruktion (L4), Produktion (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** zwei Themenfelder aus Q4.1-Q4.5, ausgewählt durch die Lehrkraft

---

#### **Inhalte und erläuternde Hinweise**

##### **Q4.1 CNC-Programmierung**

- Grundlagen
  - Aufbau und Betriebsarten einer CNC-Maschine
  - Koordinaten- und Wegmesssysteme
  - Nullpunkte, Bezugspunkte und Nullpunktverschiebungen
- Programmierung
  - Aufbau von CNC-Programmen
  - Wegbedingungen und Zusatzfunktionen
  - Zyklen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

#### **Q4.2 Qualitätsmanagement**

- Konzepte und Werkzeuge des Qualitätsmanagements, zum Beispiel PDCA-Zyklus, Paretoanalyse, Kaizen, Ursache-Wirkungs-Diagramme
- Prüfarten und Prüfplanung
- Fehlervermeidung, zum Beispiel FMEA
- statistische Prozesskontrolle
  - Qualitätsregelkarte
  - Normalverteilung, Standardabweichung, arithmetischer Mittelwert, Median
  - Maschinen- und Prozessfähigkeit

#### **Q4.3 Schadensanalyse an Maschinenelementen**

- Bauteilversagen und dessen Ursachen
  - Werkstoff- und Profilauswahl
  - Unterdimensionierung
  - Einsatzbedingungen

#### **Q4.4 SPS-Programmierung**

- Programmieren und Implementieren beziehungsweise Simulieren in SPS
  - Verknüpfungssteuerungen
  - Ablaufsteuerungen

#### **Q4.5 Additive Fertigungsverfahren**

- Unterschiede zu konventionellen Fertigungsverfahren
- Systematik additiver Fertigungsverfahren
- Prozessketten
  - Rapid Prototyping
  - Direct Tooling
  - Direct Manufacturing
- exemplarische Betrachtung verschiedener additiver Fertigungsverfahren

---

## Technische Kommunikation und Werkstofftechnik

---

### E1: Technisches Zeichnen

---

Technische Zeichnungen sind ein grundlegender Bestandteil von technischen Dokumentationen und müssen deshalb normgerecht und vollständig sein. In dem Kurs Technisches Zeichnen stehen zu Beginn geeignete Bauteile im Mittelpunkt der Betrachtungen, an denen die grundlegenden Techniken zum normgerechten Darstellen und Bemaßen kennengelernt werden. Dabei kann auch ein CAD-System zum Einsatz kommen. Mit zunehmender Komplexität der Bauteile wird es erforderlich, dass diese Bauteile in unterschiedlichen Ansichten innerhalb einer Zeichnung dargestellt werden. Verdeckte Geometrien von Bauteilen oder Baugruppen bedürfen häufig zusätzlicher Schnittansichten. Dabei entwickelt sich ein (räumliches) Vorstellungsvermögen, welches für das Verstehen von Zusammenhängen in technischen Zeichnungen unerlässlich ist. Der Umgang mit Normen, Richtlinien und Regeln bildet eine Grundlage des nationalen und internationalen Wissensaustausches und lässt sich auf alle weiteren Bauteile übertragen. In der Qualifikationsphase wird in weiteren Kursen im Fach Maschinenbautechnik auf das Erkennen und Verstehen von Zusammenhängen in technischen Zeichnungen zurückgegriffen. Im Zusammenspiel mit dem Wissen über die Normen ist das Zeichnungslesen und -verstehen (etwa die Darstellung eines Getriebes) erforderlich, um die Aufgabenstellungen fachgerecht zu bearbeiten.

#### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Funktion (L1), Konstruktion (L4) sowie Produktion (L5).

---

**verbindlich:** Themenfelder E1.1-E1.3

---

#### Inhalte und erläuternde Hinweise

##### E1.1 Darstellung und Bemaßung einfacher Körper

- Grundlagen
  - Blattformate, Linienarten und -stärken
  - Zeichnungsrahmen, Schriftfeld, Maßstäbe, Allgmeintoleranzen
- Grundregeln der Bemaßung
  - Bemaßungsarten
  - flache Werkstücke (Bleche)
  - symmetrische und unsymmetrische Werkstücke
  - zylindrische Bauteile

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

### **E1.2 Darstellung und Bemaßung komplexer Körper**

- Dreitafelprojektion
  - Bemaßung in den Ansichten
  - verdeckte Kanten
- Schnittdarstellungen
  - Vollschnitt, Halbschnitt, Teilschnitt, abgesetzter Schnitt
  - Schraffuren

### **E1.3 Normteile und Halbzeuge**

- normgerechte Darstellung und Bezeichnung
- Kriterien der Auswahl
- Bezugsquellen
  - Kataloge, Datenbanken

### **E1.4 Technische Freihandskizzen**

- prismatische Werkstücke
- zylindrische Werkstücke
- Baugruppen

### **E1.5 Darstellung von Blechbauteilen**

- Biegeverfahren
- Abwicklung
- Zuschnittsermittlung bei Biegeteilen
  - Ausgleichswert, Korrekturfaktor, gestreckte Länge
  - Schonung der Ressourcen



---

**E2: Werkstoffkunde**

---

Als Werkstoffe werden im Maschinenbau alle Stoffe bezeichnet, die als Materialien für Bauteile in Maschinen, Geräten und Anlagen sowie für Werkzeuge verwendet werden. Der Kurs Werkstoffkunde beinhaltet zum einen naturwissenschaftliche Inhalte aus dem Bereich der Materialwissenschaft, die sich mit der Herstellung der Werkstoffe, ihren Eigenschaften und inneren Strukturen beschäftigt. Zum anderen wird die ingenieurwissenschaftliche Perspektive der praktischen Anwendung der Werkstoffe angesprochen, welche Bezüge zu den Fertigungsverfahren und dem Betriebsverhalten von Bauteilen herstellt. Hierbei wird auf Erkenntnisse der Materialwissenschaft zurückgegriffen, um Stoffeigenschaften und Veränderungen in Werkstoffen bei ihrer Verarbeitung zu erläutern. Modellvorstellungen helfen, nichtsichtbare Prozesse darzustellen. Dabei greift die Werkstoffkunde fächerübergreifend auf Wissensbestände der Chemie, der Physik und Kristallographie zurück. Darüber hinaus werden die Ordnung, Einteilung und Normung der Werkstoffe sowie deren Prüfung, mit deren Hilfe sich Strukturen erkennen und Eigenschaften von Werkstoffen ermitteln lassen, in der Werkstoffkunde behandelt. Wesentliches Ziel des Kurses ist es zu erkennen, dass sich die Werkstoffauswahl auf alle Phasen im Lebenszyklus von Bauteilen niederschlägt und somit deren Konstruktion, Fertigung, Unterhaltung, Schadensverhalten und Recycling nachhaltig beeinflusst. Hierbei kommen der Begrenztheit der Ressourcen und umweltspezifischen Aspekten eine ebenso große Bedeutung zu, wie dem Verhältnis von Werkstoffverhalten und Wirtschaftlichkeit. Innovationen in der Werkstofftechnik wie zum Beispiel im Bereich der Verbundwerkstoffe ermöglichen neue sowie effiziente Lösungen für zahlreiche technische Problemstellungen und weisen somit auf die Zukunftsbedeutung des Faches hin.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Werkstoff (L3), Konstruktion (L4), Produktion (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:** Themenfelder E2.1-E2.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E2.1 Einteilung und Normung der Werkstoffe**

- Einteilung der Werkstoffe
- Werkstoffeigenschaften
  - technologisch, mechanisch, physikalisch, chemisch
- Einteilung der Stähle
  - nach dem Verwendungszweck und der chemischen Zusammensetzung
- Einfluss der Legierungselemente auf die Eigenschaften von Stahl

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Maschinenbautechnik

## **E2.2 Metallische Werkstoffe**

- innerer Aufbau der Metalle
  - Kristallgitter, Gitterbaufehler, Korngrenzen
- Aufbau und Eigenschaften der Eisenwerkstoffe
  - unlegierte und legierte Stähle
  - Eisen-Gusswerkstoffe
- Aufbau und Eigenschaften der Nicht-Eisenwerkstoffe und deren Legierungen
- Sintermetalle
- Herstellung metallischer Werkstoffe zum Beispiel Hochofenprozess, Stahlerzeugung, Gieß- und Walzverfahren, Aluminiumherstellung: Schmelze und Recycling

## **E2.3 Werkstoffkennwerte**

- Dichte
- Spannungs-Dehnungsdiagramm
  - Streckgrenze, Mindestzugfestigkeit, Quetschgrenze, Dehnung
- Zähigkeit, Kerbschlagarbeit
- Härteprüfung
  - Härte nach BRINELL, VICKERS, ROCKWELL
- Wärmeausdehnungskoeffizient

## **E2.4 Wärmebehandlung**

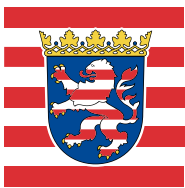
- Eisen-Kohlenstoff-Diagramm
  - Linien, Punkte, Phänomene
  - Phasenumwandlung
- Wärmeverfahren
  - Glühverfahren
  - Härten und Vergüten

## **E2.5 Sonderwerkstoffe und Betriebsstoffe**

- Eigenschaften, Einsatzgebiete und Kennwerte
  - Kunststoffe: Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere
  - Schneidstoffe: Hartmetall, Keramik, Bornitrit, Diamant
  - Verbundwerkstoffe: Teilchenverbund, Faserverbund und Schichtverbund
  - Schmierstoffe: Öle, Fette und Festschmierstoffe



HESSEN



**Hessisches Ministerium  
für Kultus, Bildung und Chancen**  
Luisenplatz 10  
60185 Wiesbaden  
<https://kultus.hessen.de>