

Hessisches Kultusministerium

HESSEN



# Kerncurriculum berufliches Gymnasium

BILDUNGSLAND  
Hessen 

**MECHATRONIK**

Ausgabe 2018

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

## Impressum

Kerncurriculum berufliches Gymnasium Mechatronik, Ausgabe 2018

Hessisches Kultusministerium  
Luisenplatz 10  
65185 Wiesbaden

Tel.: 0611 368-0  
Fax: 0611 368-2099  
E-Mail: [poststelle.hkm@kultus.hessen.de](mailto:poststelle.hkm@kultus.hessen.de)

Internet: [www.kultusministerium.hessen.de](http://www.kultusministerium.hessen.de)

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium.....</b>        | <b>4</b>  |
| 1.1      | Lernen in der gymnasialen Oberstufe und im beruflichen Gymnasium.....    | 4         |
| 1.2      | Strukturelemente des Kerncurriculums .....                               | 6         |
| 1.3      | Überfachliche Kompetenzen .....  | 8         |
| <b>2</b> | <b>Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Schwerpunkts .....</b> | <b>11</b> |
| 2.1      | Beitrag des Schwerpunkts zur Bildung .....                               | 11        |
| 2.2      | Kompetenz-Strukturmodell.....  | 13        |
| 2.3      | Kompetenzbereiche .....  | 15        |
| 2.4      | Strukturierung der Fachinhalte (Leitideen) .....                         | 18        |
| <b>3</b> | <b>Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte .....</b>                    | <b>21</b> |
| 3.1      | Einführende Erläuterungen .....  | 21        |
| 3.2      | Bildungsstandards des Schwerpunkts.....                                  | 22        |
| 3.3      | Kurshalbjahre und Themenfelder .....                                     | 26        |
|          | <b>Mechatronik</b>   |           |
|          | E1: Mechatronische Grundlagen I.....                                     | 31        |
|          | E2: Mechatronische Grundlagen II.....                                    | 33        |
|          | Q1: Analoge Schaltungen (LK).....  | 35        |
|          | Q2: Automatisierung von Funktionseinheiten (LK).....                     | 37        |
|          | Q3: Mechanische Baugruppen (LK) .....                                    | 39        |
|          | Q4: Planung von Produktions- und Prozessabläufen (LK).....               | 41        |
|          | Q1: Planung und Durchführung von Projekten (eGK) .....                   | 43        |
|          | <b>Mechatronische Teilsysteme</b>  |           |
|          | E1: Planung und Fertigung mechatronischer Systeme.....                   | 45        |
|          | E2: Anwendersoftware für technische Prozesse .....                       | 47        |
|          | Q1: Mechanische Grundelemente (GK).....                                  | 49        |
|          | Q2: Mechanische Funktionselemente (GK) .....                             | 51        |
|          | Q3: Prinzipien der Wechselstromtechnik (GK).....                         | 53        |
|          | Q4: Antriebselemente (GK) .....  | 55        |
|          | <b>Technische Kommunikation</b>  |           |
|          | E1: Darstellung und Konstruktion I.....                                  | 57        |
|          | E2: Darstellung und Konstruktion II.....                                 | 59        |

# 1 Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium

## 1.1 Lernen in der gymnasialen Oberstufe und im beruflichen Gymnasium

Das Ziel der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums ist die allgemeine Hochschulreife, die zum Studium an einer Hochschule berechtigt, aber auch den Weg in eine berufliche Ausbildung ermöglicht. Auf die damit verbundenen Anforderungen wollen Lernende, die die gymnasiale Oberstufe oder das berufliche Gymnasium besuchen, 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 erwarten 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.

Gymnasiale Oberstufe und berufliches Gymnasium stellen für Lernende ein wichtiges Bindeglied dar zwischen einem zunehmend selbstständigen, dennoch geleiteten Lernen in der Sekundarstufe I und dem selbstständigen und eigenverantwortlichen Weiterlernen, 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, 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- und Berufswege treffen können. Gleichermaßen 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 gymnasiale Oberstufe und berufliches Gymnasium den ihnen in den §§ 2 und 3 HSchG<sup>1</sup> aufgegebenen Erziehungsauftrag wahr.

Im Sinne konsistenter Bildungsbemühungen knüpft das Lernen in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium an die Inhalte und die Lern- und Arbeitsweisen der Sekundarstufe I an und differenziert sie weiter aus. So zielt der Unterricht auf den Erwerb profunden Wissens sowie auf die Vertiefung bzw. Erweiterung von Sprachkompetenz, verstanden als das Beherrschen kulturell bedeutsamer Zeichensysteme. 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

---

<sup>1</sup> Hessisches Schulgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juni 2017 (GVBl. S. 150)

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

vernetztes sowie in unterschiedlichen Anwendungssituationen erprobtes Orientierungswissen hilft dabei, unterschiedliche, auch interkulturelle Horizonte des Weltverstehens zu erschließen. Daraus leiten sich die didaktischen Aufgaben der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums ab. Diese spiegeln sich in den Aktivitäten der Lernenden, wenn sie

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

Schulische Bildung eröffnet den Lernenden unterschiedliche Dimensionen von Erkenntnis und Verstehen. Bildungsprozesse zielen so auf die reflexive Beschäftigung mit verschiedenen „Modi der Weltbegegnung und -erschließung“, für die – in flexibler bzw. mehrfacher Zuordnung – jeweils bestimmte Unterrichtsfächer und ihre Bezugswissenschaften stehen. Folgende vier Modi werden als orientierende Grundlage angesehen:

1. kognitiv-instrumentelle Modellierung der Welt (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, 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. deskriptiv-exploratorische Begegnung und Auseinandersetzung mit existentiellen Fragen der Weltdeutung und Sinnfindung (Religion, Ethik, Philosophie).

Diese vier Modi folgen keiner Hierarchie und können einander nicht ersetzen. Jeder Modus bietet eine eigene Art und Weise, die Wirklichkeit zu konstituieren – aus einer jeweils besonderen Perspektive, mit den jeweils individuellen Erschließungsmustern und Erkenntnisräumen. Lehr-Lern-Prozesse initiieren die reflexive Begegnung mit diesen unterschiedlichen, sich ergänzenden Zugängen, womit das Ziel verbunden ist, den Lernenden Möglichkeiten für eine mehrperspektivische Betrachtung und Gestaltung von Wirklichkeit zu eröffnen.

In der Verschränkung mit den o. g. Sprachkompetenzen und lernstrategischen Fähigkeiten bilden diese vier Modi die Grundstruktur der Allgemeinbildung und geben damit einen Orientierungsrahmen für die schulische Bildung. Darauf gründen die Bildungsstandards, die mit Abschluss der gymnasialen Oberstufe oder des beruflichen Gymnasiums zu erreichen sind und als Grundlage für die Abiturprüfung dienen. Mit deren Bestehen dokumentieren die Lernenden, dass sie ihre fundierten Fachkenntnisse und Kompetenzen in innerfachlichen, fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen verständlich nutzen können.

In der Realisierung eines diesem Verständnis folgenden Bildungsanspruchs verbinden sich zum einen Erwartungen der Schule an die Lernenden, zum anderen aber auch Erwartungen der Lernenden an die Schule.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Den Lehrkräften kommt die Aufgabe zu,

- Lernende darin zu unterstützen, sich aktiv und selbstbestimmt die Welt 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, diversifizierten Formen der Lebensgestaltung angemessen umgehen zu lernen sowie kultureller Heterogenität und weltanschaulich-religiöser Pluralität mit Offenheit und Toleranz zu begegnen,
- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Aufgabe der Lernenden ist es,

- schulische Lernangebote als Herausforderungen zu verstehen und zu nutzen, dabei Disziplin und Durchhaltevermögen zu beweisen, das eigene Lernen und die Lernumgebungen aktiv mitzugestalten sowie eigene Fragen und Interessen, Fähigkeiten und Fertigkeiten bewusst einzubringen und zu mobilisieren sowie 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,
- 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 sowie sich selbst innerhalb der curricularen und pädagogischen Rahmensetzungen Ziele zu setzen und damit 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 der die Suche nach Verständnis bestärkt und Selbstreflexion gefördert wird. Und es bedarf Formen der Instruktion, der Interaktion und Kommunikation, die Diskurs und gemeinsame Wissensaneignung, aber 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 (EPA) auf. Zum anderen setzt sich in Anlage und Aufbau des Kerncurriculums die Kompetenzorientierung, wie bereits im Kerncurriculum für die Sekundarstufe I umgesetzt,

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

konsequent fort – modifiziert in Darstellungsformat und Präzisionsgrad der verbindlichen inhaltlichen Vorgaben gemäß den Anforderungen in der gymnasialen Oberstufe bzw. dem beruflichen Gymnasium und mit Blick auf die Abiturprüfung.

Das pädagogisch-didaktische Konzept der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums in Hessen, wie in Abschnitt 1.1 gekennzeichnet, bildet den Legitimationszusammenhang für das auf den Erwerb von Kompetenzen ausgerichtete Kerncurriculum mit ihren curricularen Festlegungen. Dies spiegelt sich in den einzelnen Strukturelementen wider:

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

Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen der Fächer in der jeweiligen Fachrichtung bzw. in dem jeweiligen Schwerpunkt (Abschnitt 2): Der „Beitrag des Schwerpunkts zur Bildung“ (Abschnitt 2.1) beschreibt den Bildungsanspruch und die wesentlichen Bildungsziele des Schwerpunkts. Dies spiegelt sich in den Kompetenzbereichen und der Strukturierung der Fachinhalte (Leitideen) wider. Die didaktischen Grundlagen, durch den Bildungsbeitrag fundiert, bilden ihrerseits die Bezugsfolie für die Konkretisierung in Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte.

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

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 i. d. R. 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 in dem 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. Die Lerninhalte sind immer rückgebunden an die übergeordneten Erschließungskategorien bzw. Wissensdimensionen des Faches (Leitideen), um einen strukturierten und systematischen Wissensaufbau zu gewährleisten.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

### 1.3 Überfachliche Kompetenzen

Für Lernende, die nach dem erfolgreichen Abschluss der gymnasialen Oberstufe oder des beruflichen Gymnasiums ein Studium oder eine Berufsausbildung 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 kann sich fachliche Expertise adäquat entfalten.

Daher liegt es in der Verantwortung aller Fächer, dass Lernende im fachgebundenen wie auch im projektorientiert ausgerichteten fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht sowie an beruflichen Zusammenhängen ihre überfachlichen Kompetenzen weiterentwickeln können, auch im Hinblick auf eine kompetenz- und interessenorientierte sowie praxisbezogene Studien- und Berufsorientierung. Dabei kommt neben den fachrichtungs- und schwerpunktebezogenen Fächern den Fächern Politik und Wirtschaft sowie Deutsch als „Kernfächer“ 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 in sich ergänzenden und ineinandergreifenden gleichrangigen Dimensionen beschrieben:

**Soziale Kompetenzen:** sich verständigen und kooperieren; Verantwortung übernehmen und Rücksichtnahme praktizieren; im Team agieren; Konflikte aushalten, austragen und 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

**Personale Kompetenzen:** eigenständig und verantwortlich handeln und entscheiden; widerstandsfähig und widerständig sein; mit Irritationen umgehen; Dissonanzen aushalten; 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 Verfasstheit

**Sprachkompetenzen** (im Sinne eines erweiterten Sprachbegriffs): unterschiedliche Zeichensysteme beherrschen (literacy): Verkehrssprache, Mathematik, Fremdsprachen, Fachsprachen, Naturwissenschaften, 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

**Wissenschaftspropädeutische Kompetenzen:** fachliches Wissen nutzen und bewerten; die Perspektivität fachlichen Wissens reflektieren; Verfahren und Strategien der Argumentation anwenden; Zitierweisen beherrschen; Verständigung zwischen Laien und Experten initiieren und praktizieren; auf einem entwickelten / gesteigerten Niveau abstrahieren; in Modellen denken und modellhafte Vorstellungen als solche erkennen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

**Selbstregulationskompetenzen:** Wissen unter Nutzung von Methoden der Selbstregulation erwerben; 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; mit Enttäuschungen und Rückschlägen umgehen; sich im Spannungsverhältnis zwischen Fremd- und Selbstbestimmung orientieren

**Involvement:** 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 vollenden; (etwas) durchhalten; eine Arbeitshaltung kultivieren (sich Arbeitsschritte vornehmen, Arbeitserfolg kontrollieren)

**Wertbewusste Haltungen:** um Kategorien wie Respekt, Gerechtigkeit, Fairness, Kostbarkeit, Eigentum und deren Stellenwert für das Miteinander wissen; friedliche Gesinnung im Geiste der Völkerverständigung praktizieren, 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 Welt-sicht reflektieren und Rückschlüsse auf das eigene Leben in der Gemeinschaft ziehen; selbstbestimmt urteilen und handeln

**Interkulturelle Kompetenz** (im Sinne des Stiftens kultureller Kohärenz): Menschen aus verschiedenen soziokulturellen Kontexten und Kulturen vorurteilsfrei und im Handeln reflektiert 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; Ambiguitätstoleranz üben

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 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 das Gemeinwohl engagieren (aktive Bürgerschaft); Fragen des Zusammenlebens der Geschlechter / Generationen / sozialen Gruppierungen 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

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

**Selbstbestimmtes Leben in der mediatisierten Welt:** den Einfluss von digitaler Kommunikation auf eigenes Erleben und persönliche Erfahrungen wahrnehmen und reflektieren; den medialen Einfluss auf Alltag und soziale Beziehungen sowie Kultur und Politik wahrnehmen, analysieren und beurteilen, damit verbundene Chancen und Risiken erkennen; Unterschiede zwischen unmittelbaren persönlichen Erfahrungen und solchen in „digitalen Welten“ identifizieren und auch im „online-Modus“ ethisch verantwortungsvoll handeln; einen selbstbestimmten Umgang mit sozialen Netzwerken im Spannungsfeld zwischen Wahrung der Privatsphäre und Teilhabe an einer globalisierten Öffentlichkeit praktizieren; in der mediatisierten Welt eigene Interessen und Bedürfnisse wahrnehmen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

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

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

Der Schwerpunkt Mechatronik leistet einen grundlegenden Beitrag zu den Bildungszielen der gymnasialen Oberstufe sowie des beruflichen Gymnasiums und der Kompetenzentwicklung der Lernenden bis zur allgemeinen Hochschulreife. Vermittelt werden eine vertiefte Allgemeinbildung, allgemeine Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutische Bildung. Damit werden die Grundlagen für fachliches und überfachliches Handeln mit Blick auf Anforderungen von Wissenschaft und beruflicher Bildung geschaffen, sind doch fast alle technischen Systeme in Wissenschaft, Wirtschaft und Lebensalltag im Grunde mechatronische Systeme. Mechatronik ist sowohl eine Ingenieurwissenschaft, die die Entwicklung, Herstellung und Verwendung mechatronischer Systeme untersucht, als auch ein Tätigkeitsbereich, der viele Industrie- und Handwerksberufe beinhaltet.

Bei mechatronischen Aufgabenstellungen geht es um

- die praktische Realisierung mechatronischer Systeme zur Erfüllung gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Ziele,
- die Analyse realer mechatronischer Systeme,
- die technik- und naturwissenschaftliche Begründung und mathematische Abbildung der Eigenschaften mechatronischer Systeme,
- die sachgerechte Dokumentation mechatronischer Systeme und
- die technikwissenschaftlich fundierte Entwicklung und Verbesserung mechatronischer Systeme.

Der Schwerpunkt Mechatronik korrespondiert mit vielen natur- und technikwissenschaftlichen Disziplinen. Schwerpunktmäßig zu nennen sind Physik, Mathematik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Informationstechnik, Prozessautomatisierungstechnik, Antriebstechnik, Energietechnik sowie Steuerungs- und Regelungstechnik.

Ihrem Anspruch nach ermöglicht mechatronische Bildung daher, Erfahrungen im technischen Bereich zu sammeln und zu ordnen, Methoden zu entwickeln, Begriffe zu bilden und dabei Strukturen und Prinzipien zu entdecken sowie eine Distanz zu den realen Gegenständen und Anwendungen zu gewinnen. Andererseits geht es auch um die Entwicklung von Handlungskompetenz, die den Lernenden weitergehende Möglichkeiten zur gleichberechtigten und aktiven Teilhabe am gesellschaftlichen Leben bietet und im wissenschaftspropädeutischen Sinne auf ein Studium oder eine Ausbildung vorbereitet. Der Unterricht im Schwerpunkt Mechatronik trägt damit wesentlich zu den Bildungszielen der gymnasialen Oberstufe sowie des beruflichen Gymnasiums bei, da er auf die Bewältigung zukünftiger Lebens-, Studien- und Berufssituationen vorbereitet. Im Schwerpunkt Mechatronik geht es um die Vermittlung fachlichen Grundlagenwissens als Voraussetzung für das Erschließen von Zusammenhängen zwischen Wissensbereichen, um Arbeitsweisen zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien, sowie die Förderung von Lernstrategien, Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit als auch von Team- und Kommunikationsfähigkeit. Der Unterricht ist fachbezogen, fachübergreifend und fächerverbindend angelegt. Er führt exemplarisch in wissenschaftliche Fragestellungen, Kategorien und Me-

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

thoden ein und fördert eine Haltung, die zur Persönlichkeitsentwicklung und -stärkung, zur Gestaltung des eigenen Lebens in sozialer Verantwortung sowie zur Mitwirkung in der demokratischen Gesellschaft befähigt. Technische und gesellschaftliche Problemstellungen (etwa die Frage nach einem verantwortbaren Energiesystem) erfordern zunehmend eine fächerübergreifende Bearbeitung. Außer der Vermittlung von Urteils- und Handlungsfähigkeit sowie des dazu notwendigen gründlichen Fach- und Methodenwissens, ist zugleich auch die Vermittlung humaner und gesellschaftlich-politischer Kompetenzen erforderlich.

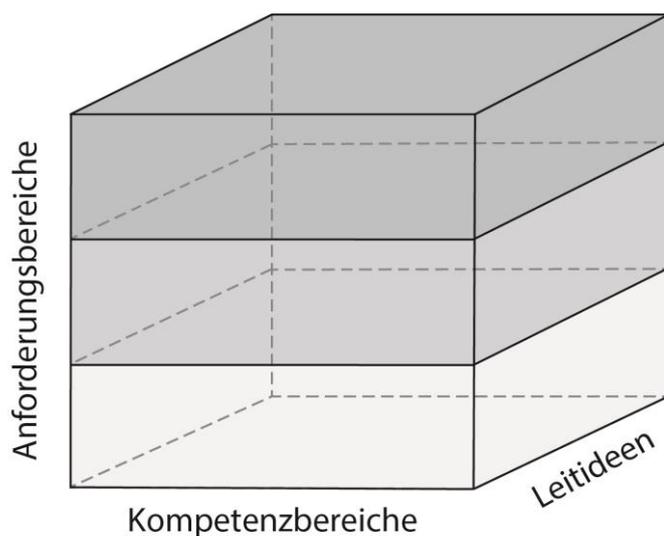
Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

## 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<sup>2</sup>) 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: Technische Funktion
- L2: Systemanalyse
- L3: Information und Energie
- L4: Werkstoff und Fertigung
- L5: Umwelt und Gesellschaft

<sup>2</sup> Oberstufen- und Abiturverordnung vom 20. Juli 2009 (ABl. S. 408) in der jeweils geltenden Fassung

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fünf Kompetenzbereiche erfassen die wesentlichen Aspekte des Handelns in der jeweiligen Fachrichtung bzw. 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), in Zusammenhang mit dem Kerncurriculum sollen sie allerdings als allgemeine Handlungs- und Problemlösungsansätze verstanden werden.

Fünf 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 bzw. 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: Mechatronik

## 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 bzw. 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 weiter entwickelt. Zugrunde gelegt werden die Vorgaben der Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) für die jeweilige Fachrichtung bzw. 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 Mechatronik sind technische Zeichnungen, Normen, Kennlinien, Schaltpläne, Ablauf- und Zeitdiagramme zu lesen. Darüber hinaus dienen diese Darstellungs- und Beschreibungsformen technischer Sachverhalte der fachlichen Kommunikation in eigenen Beiträgen. Bei der Durchführung von Projekten im Team sowie der Interpretation und Präsentation von Ergebnissen ist Kooperationsfähigkeit für den Erkenntnisprozess unabdingbar.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

### **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.

Mechatronische Systeme bestehen immer aus Teilsystemen, die basierend auf unterschiedlichen Wirkungsprinzipien miteinander in Beziehung stehen. Diese Teilsysteme sowie deren Darstellungen sind innerhalb der zugrundeliegenden Ingenieurdisziplin (Maschinenbau, Elektrotechnik, Informationstechnik) hinsichtlich der Wirkungsprinzipien und Beziehungen zu analysieren. Aus den Analysen folgen Erkenntnisse und Modelle, welche den Lernenden ermöglichen, auf neue Systeme und deren erwartete Eigenschaften zu schließen. Diesbezüglich sind sowohl die Analyseergebnisse als auch Modellverhalten zu interpretieren.

### **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 Mechatronik bedeutet dies, die Lernenden verfügen über gefestigte Kenntnisse von Basiskonzepten und über Methoden und Strategien des selbstständigen Wissenserwerbs mechatronischer 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 technischen Kenntnissen, Qualifikationen, Methoden und Strategien entscheiden sich die Lernenden für eine konkrete Implementierung des Lösungsansatzes in Real- oder Simulationssysteme. Bauteile, Bauformen und Baugruppen sowie Schaltungen in der Mechatronik werden dazu in unterschiedlichen und angemessenen Formen ausgewählt, visualisiert und medial aufbereitet.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Die Lernenden entscheiden sich für geeignete Darstellungsformen zur Veranschaulichung, erstellen z. B. technische Zeichnungen, grafische Modelle, Schaltpläne, Programme, Ablaufdiagramme, Tabellen oder verbale Beschreibungen.

### **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 beurteilen unter Verwendung fachlicher Kriterien ein Versuchsergebnis oder eine Problemlösung und stellen Querbezüge und Analogien zwischen Sachverhalten der Mechatronik und den sie umgebenden Bedingungen von Gesellschaft und Umwelt her.

### **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 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 z. B. 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: Mechatronik

## 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 bilden den strukturellen Hintergrund des Unterrichts und bauen ein tragfähiges Gerüst für ein Wissensnetz auf.

### Technische Funktion (L1)

Technische Systeme verarbeiten (formen um, wandeln, übertragen und speichern) Energie, Material sowie Information. Jedem technischen System und dessen Teilkomponenten werden eine oder mehrere Funktionen zugeordnet. Diese beschreiben ungeachtet ihrer 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 aus Maschinenbau und Elektrotechnik, über ihre Funktionen und deren Berechnungsgrundlagen zur Dimensionierung sowie notwendige Inhalte der Informationsverarbeitung bilden das Fundament der Interdisziplinarität der Mechatronik.

Im Bereich Maschinenbau bezieht sich diese Leitidee auf den Aufbau und die Funktion von Bauteilen und Baugruppen wie Getriebe, Kupplungen, Bremsen und Lagerungen. Wichtig ist hierbei die Analyse des vorhandenen Kräftesystems, woraus auftretende Kräfte und Momente ermittelt werden. Weiterhin werden mit diesen Erkenntnissen Festigkeitsnachweise an Bauteilen unter Berücksichtigung der Dimensionierung mechanischer Einheiten und der Werkstoffeigenschaften geführt.

Im Bereich Elektrotechnik bezieht sich diese Leitidee auf Schaltungen zur Anpassung von Pegeln, Strömen, Leistungen oder Impedanzen. Das Erfordernis einer Anpassungsschaltung ergibt sich für die Eingänge und gleichermaßen für die Ausgänge einer Steuerung, welche häufig nicht direkt mit den geforderten Aktoren verbunden werden können.

Im Bereich Informationsverarbeitung bezieht sich diese Leitidee auf die strukturierte Programmierung zuvor analysierter Prozessabläufe, wobei insbesondere Ein- und Ausgaben, Variablen sowie Abläufe beschrieben werden.

### Systemanalyse (L2)

In mechatronischen Gesamtsystemen wirken mechanische, elektrotechnische und informationstechnische Teilsysteme zusammen. Diese müssen hinsichtlich der relevanten Informations- und Energieflüsse untersucht werden. Betrachtet man einzelne mechatronische Teilsysteme, so bestehen diese aus kleineren Elementen (Baugruppen, Schaltungen, Programme). Um diese Elemente analysieren zu können, ist ein Verständnis der Gesamt- und Teilfunktion sowie des Zusammenwirkens der Elemente (Aufbau der Bauteile und Schaltungen, Struktur der Programme) erforderlich. Das Wissen um unterschiedliche Bewegungsformen und Energiearten liefert die Grundlage zur Beschreibung und Gestaltung von mechatronischen Systemen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

### **Information und Energie (L3)**

In allen mechatronischen Systemen werden Informationen zur Weiterverarbeitung aufbereitet und Energie umgewandelt. Dabei müssen periodisch wiederkehrende oder vorhersagbare Abläufe in Teilprozesse zerlegt und hinsichtlich der relevanten Informations- und Energieflüsse analysiert werden. Entsprechend dem EVA-Prinzip (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe) erfassen Sensoren die erforderlichen Prozessinformationen, um sie in geeigneter Form an eine Prozesssteuerung oder Regelung zu leiten. Hier werden diese Informationen für die Bearbeitung durch Programme benötigt, welche daraufhin prozessbezogene Ausgangssignale liefern. Programme können als kombinatorische Hardwarelösungen oder als Softwarelösungen in speicherprogrammierbaren Steuerungen realisiert sein. Wegen der größeren Flexibilität und den geringeren Kosten stehen die Softwarelösungen zunehmend im Vordergrund der technischen Entwicklung. Demzufolge müssen technische Prozesse hinsichtlich der für eine Softwarelösung relevanten Ein- und Ausgangssignale analysiert und durch ein geeignetes Programm abgebildet, realisiert und getestet werden. Bei der Umsetzung der strukturierten Lösungen kommen bevorzugt höhere Programmiersprachen sowie die Funktionsbausteinsprache gemäß EN 61131-3 zum Einsatz.

### **Werkstoff und Fertigung (L4)**

Der Begriff Werkstoff beinhaltet in der Mechatronik 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. Hierbei spielen die Werkstoffeigenschaften (Festigkeit, Zähigkeit, Härte, Wärmebeständigkeit, Umformbarkeit u. v. a.) sowohl des Werkzeugs und als auch des Werkstücks eine wesentliche Rolle für den Bearbeitungsprozess. Typische Fertigungsverfahren sind dabei z. B. zerspanende Verfahren wie Bohren, Drehen, Fräsen oder auch Fügeverfahren wie das Löten. Nur durch ausreichende Kenntnis möglicher Fertigungsverfahren und der dafür verwendeten Werkzeuge ist eine sinnvolle Auswahl möglich. Jedes dieser Verfahren hängt wiederum direkt vom verwendeten Werkstoff ab, so dass dieser immer in die gesamte Prozessüberlegung mit einbezogen werden muss. Nur durch Abstimmung auf den gewählten Werkstoff kann ein optimaler Fertigungsprozess gewährleistet werden. Auf Grundlage von Konstruktionsunterlagen werden verschiedene technische Fertigungsprozesse und Verfahren gegeneinander abgewogen.

### **Umwelt und Gesellschaft (L5)**

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.

Das Zusammenspiel von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik steht in enger Wechselwirkung sowohl zum sozio-ökonomischen Wandel auf dem Weg in die Informationsgesellschaft als auch zu energie- und umweltpolitischen Entwicklungen und Herausforderungen wie u. a. verantwortbare Energieversorgung, Zukunft der Mobilität, Digitalisierung der Gesellschaft, neue industrielle Produktionsstandards. Dabei tragen die Reflexion der Erfahrungen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

im Umgang mit mechatronischen Systemen und die Analyse der Wechselwirkungen zwischen diesen und der Umwelt sowie der Gesellschaft zum Erkenntnisgewinn bei. Darüber hinaus zielt diese Leitidee sowohl auf die Bewertung umweltbezogener als auch gesellschaftlicher Implikationen und Wahrnehmung von Entscheidungsspielräumen im Umgang mit mechatronischen Systemen ab. 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 mechatronischen Systemen entwickeln zu können.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

## 3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte

### 3.1 Einführende Erläuterungen

Nachfolgend werden die mit Abschluss des beruflichen Gymnasiums erwarteten fachlichen Kompetenzen in der jeweiligen Fachrichtung bzw. 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: Mechatronik

## 3.2 Bildungsstandards des Schwerpunkts

### Kompetenzbereich: Kommunizieren und Kooperieren (K1)

#### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K1.1** ■ unter Verwendung von Texten, Grafiken, Datenblättern, Schaltplänen und Blockschaltbildern Informationen zu mechatronischen Problemen zusammenfassen,
- K1.2** ■ einfache mechatronische Sachverhalte unter Verwendung von Fachwissen schriftlich und mündlich darstellen,
- K1.3** ■ ihre Arbeit in Gruppen selbstständig kommunizieren, organisieren und koordinieren,
- K1.4** ■ digitale Kommunikations- und Kooperationsplattformen zielgerichtet nutzen.

#### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K1.5** ■ mechatronische Problemstellungen, Sachverhalte und Ergebnisse fachgerecht und strukturiert erläutern,
- K1.6** ■ unter Verwendung von Texten, technischen Zeichnungen, Tabellen, Datenblättern und Schaltplänen relevante Informationen zu mechatronischen Zusammenhängen identifizieren, auswählen und für die Auseinandersetzung mit neuen Problemstellungen fachgerecht nutzen,
- K1.7** ■ mechatronische Sachverhalte fach- und zielgruppengerecht kommunizieren und bei Problemlösungen kooperieren,
- K1.8** ■ ihre Arbeit in Gruppen effizient organisieren.

#### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K1.9** ■ eigene komplexe Lösungen für mechatronische Fragestellungen strukturiert und umfassend darlegen und präsentieren,
- K1.10** ■ verschiedene mechatronische Problemlösungen miteinander vergleichen, sie bewerten und ggf. korrigieren.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

## Kompetenzbereich: Analysieren und Interpretieren (K2)

### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K2.1** ■ Darstellungen von mechatronischen Systemen erfassen und zur Informationsbeschaffung zielgerichtet nutzen,
- K2.2** ■ in Darstellungen von mechatronischen Systemen Bauelemente und Baugruppen sowie deren Funktion identifizieren.

### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K2.3** ■ mechatronische Inhalte selbstständig erschließen,
- K2.4** ■ messtechnisch komplexe mechatronische Systeme untersuchen und in Baugruppen zerlegen
- K2.5** ■ komplexe mechatronische Systeme untersuchen und deren Beziehungen erkennen,
- K2.6** ■ Grundlagenwissen auf neue mechatronische Probleme anwenden,
- K2.7** ■ Darstellungen von mechatronische Teilsystemen selbst entwerfen.

### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K2.8** ■ komplexe mechatronische Systeme in Baugruppen zerlegen sowie selbstständig analysieren und interpretieren,
- K2.9** ■ theoretische Problemlösungen überprüfen,
- K2.10** ■ mechatronische Problemlösungen bewerten und alternative Lösungsmöglichkeiten diskutieren.

## Kompetenzbereich: Entwickeln und Modellieren (K3)

### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K3.1** ■ Modelle und Schaltpläne normgerecht darstellen,
- K3.2** ■ grundlegende Problemlösungen skizzieren und in einen konkreten Systementwurf überführen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K3.3** ■ reale mechatronische Systeme insbesondere mit den Ergebnissen von Simulationen und Modellrechnungen vergleichen und kritisch die Unterschiede sowie die Vor- und Nachteile der jeweiligen Methode beschreiben,
- K3.4** ■ bekannte mechatronische Problemlösungen im Detail und im Zusammenhang analysieren,
- K3.5** ■ für eine mechatronische Problemstellung Analogien zu bekannten Problemlösungen entwickeln.

### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K3.6** ■ mechatronische Lösungen für komplexe Problemstellungen entwerfen,
- K3.7** ■ Vor- und Nachteile einer mechatronischen Problemlösung reflektieren und Änderungsmöglichkeiten erörtern.

## Kompetenzbereich: Entscheiden und Implementieren (K4)

### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K4.1** ■ die für mechatronische Systeme notwendigen Bauelemente identifizieren,
- K4.2** ■ für mechatronische Systeme erforderliche Berechnungen durchführen,
- K4.3** ■ grundlegende mechatronische Systeme realisieren.

### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K4.4** ■ mechatronisches Fachwissen selbstständig, auch in veränderten Fragestellungen, für die Umsetzung in konkreten mechatronischen Systemen nutzen,
- K4.5** ■ Kenntnisse über Grundprinzipien der Mechatronik bei der Umsetzung in realen Systemen anwenden,
- K4.6** ■ Sachverhalte in geeigneter Form anordnen und Arbeitsabläufe und Handlungsfolgen planen,
- K4.7** ■ Analogien zwischen mechatronischen Inhalten oder Vorgehensweisen beschreiben, um Neues mit Bekanntem zu vernetzen,
- K4.8** ■ aus vorgeschlagenen alternativen Lösungsmöglichkeiten eine auswählen oder Alternativen entwickeln,
- K4.9** ■ mechatronische Teilsysteme konstruieren,

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

- K4.10** ■ bezüglich verschiedener Implementierungsmöglichkeiten eine begründete Auswahl treffen.

### **Anforderungsbereich III**

Die Lernenden können

- K4.11** ■ eigene Wissenslücken selbstständig schließen,
- K4.12** ■ vertiefte Kenntnisse über Grundprinzipien und Basiskonzepte der Mechatronik anwenden und diese reflektieren,
- K4.13** ■ entwickelte mechatronische Problemlösungen in konkrete Systeme implementieren.

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

### **Anforderungsbereich I**

Die Lernenden können

- K5.1** ■ ihre Vorgehensweise bei der Lösung mechatronischer Problemstellungen beschreiben,
- K5.2** ■ Vor- und Nachteile einer Systementwicklung, einer Implementierung, eines Modells bzw. einer Darstellung benennen und vergleichen.

### **Anforderungsbereich II**

Die Lernenden können

- K5.3** ■ fachlich begründete Vermutungen über die Qualität von Problemlösungen äußern,
- K5.4** ■ ihre Vorgehensweise bzw. Entscheidungen strukturiert und unter Verwendung von Fachwissen begründen,
- K5.5** ■ mechatronische Darstellungen und Modelle hinsichtlich ihrer Eignung bewerten,
- K5.6** ■ Argumente mit erworbenem Fachwissen stützen.

### **Anforderungsbereich III**

Die Lernenden können

- K5.7** ■ Argumente entwickeln und diese nach Kriterien ordnen,
- K5.8** ■ Beurteilungskriterien nach ihrer Relevanz für eine Aufgabenstellung wählen,
- K5.9** ■ die Wiederverwendbarkeit der erarbeiteten bzw. gewonnenen Modelle, Daten und Programme in ihre Beurteilung einbeziehen,
- K5.10** ■ Implementierungen und Darstellungen kritisch bewerten und die eigene Meinung mit Rückgriff auf Argumente vertreten.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

### 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 bzw. 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- bzw. 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 „z. B.“-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. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind je Kurshalbjahr etwa zwei Drittel – i. d. R. entspricht dies ca. zwölf Unterrichtswochen – der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

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 bis Q3 sind Themenfelder verbindlich festgelegt (vgl. Kurshalbjahresthemen). Durch Erlass werden weitere Themenfelder verbindlich hinzugefügt. Im Hinblick auf die schriftlichen Abiturprüfungen können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb dieser Themenfelder ausgewiesen werden. Im Kurshalbjahr Q4 ist eine bestimmte Anzahl an Themenfeldern durch die Lehrkraft auszuwählen. Die „z. B.“-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. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind je Kurshalbjahr etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – i. d. R. entspricht dies ca. zwölf Unterrichtswochen – vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen oder zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder vollumfänglich oder teilweise zu bearbeiten.

### **Bedeutung der fachrichtungs- bzw. schwerpunktbezogenen Leistungskurse**

Die fachrichtungs- bzw. schwerpunktbezogenen Leistungskurse führen einerseits in grundlegenden 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 bzw. 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- bzw. schwerpunktbezogenen Grundkurse**

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

Die einen – wie im vorliegenden Schwerpunkt das Fach Mechatronische Teilsysteme – 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 bzw. den beruflichen Schwerpunkt bedeutsame Fächer abbilden.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

## Übersicht über die Themen der Kurshalbjahre und Themenfelder

## Einführungsphase (E1/E2)

| Mechatronik |  | Technische Kommunikation                   |  | Mechatronische Teilsysteme |  |
|-------------|--|--|--|----------------------------|--|
| <b>E1</b>   | <b>Mechatronische Grundlagen I</b>               | <b>Darstellung und Konstruktion I</b>      | <b>Planung und Fertigung mechatronischer Systeme</b>       |                            |  |
|             | E1.1 Produktionsprozesse                         | E1.1 Normgerechte Zeichnungen              | E1.1 Arbeitssicherheit und Umweltschutz                    |                            |  |
|             | E1.2 Fertigungsabläufe                           | E1.2 Zeichnungsanalyse und -herstellung    | E1.2 Fertigungsplanung und -kontrolle                      |                            |  |
|             | E1.3 Elektrotechnische Grundsaltungen            | E1.3 CAD-Anwendungen                       | E1.3 Analyse und Herstellung elektronischer Schaltungen    |                            |  |
|             | E1.4 Werkstoffe                                  | E1.4 Baugruppen- und Gesamtzeichnungen     | E1.4 Prüfung und Inbetriebnahme elektronischer Schaltungen |                            |  |
|             | E1.5 Schaltungen mit nicht-linearen Bauelementen | E1.5 Technische Freihandskizzen            |  |                            |  |
|             | <b>verbindlich:</b> Themenfelder E1.1–E1.3       | <b>verbindlich:</b> Themenfelder E1.1–E1.3 | <b>verbindlich:</b> Themenfelder E1.1–E1.3                 |                            |  |

| Mechatronik |  | Technische Kommunikation                             |   | Mechatronische Teilsysteme |  |
|-------------|--|--|---|----------------------------|--|
| <b>E2</b>   | <b>Mechatronische Grundlagen II</b>            | <b>Darstellung und Konstruktion II</b>               | <b>Anwendersoftware für technische Prozesse</b> |                            |  |
|             | E2.1 Fertigungsprozesse und -maschinen         | E2.1 Elektrotechnische Grundsaltungen                | E2.1 Datentransfer                              |                            |  |
|             | E2.2 Fertigungswerkstoffe und Auswahlkriterien | E2.2 Analyse von Schaltplänen und realen Schaltungen | E2.2 Kontrollstrukturen                         |                            |  |
|             | E2.3 Schaltungssimulation und -analyse         | E2.3 Analyse von Schaltungsvorgängen                 | E2.3 Programmabläufe                            |                            |  |
|             | E2.4 Fügeverfahren                             | E2.4 Entwicklung von Leiterplatten                   | E2.4 Simulations- und Anwenderprogramme         |                            |  |
|             | E2.5 Energieversorgung                         | E2.5 Herstellung von Leiterplatten                   | E2.5 Anwendungsprojekt                          |                            |  |
|             | <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: Mechatronik

## Qualifikationsphase (Q1/Q2)

|           | <b>Mechatronik (LK)</b>  | <b>Mechatronik (eGK)</b>                      | <b>Mechatronische Teilsysteme (GK)</b>     |
|-----------|--|---|--|
| <b>Q1</b> | <b>Analoge Schaltungen</b>   | <b>Planung und Durchführung von Projekten</b> | <b>Mechanische Grundelemente</b>           |
|           | Q1.1 Schaltungsdimensionierung mit Dioden und Sensoren                                     | Q1.1 Projektauftragsanalyse                   | Q1.1 Zentrale Kräftesysteme                |
|           | Q1.2 Schaltungsdimensionierung mit bipolaren Schalttransistoren                            | Q1.2 Projektplanung und -durchführung         | Q1.2 Allgemeine Kräftesysteme              |
|           | Q1.3 Analogverstärkerschaltungen mit bipolaren Transistoren                                | Q1.3 Projektdokumentation                     | Q1.3 Belastungsarten                       |
|           | Q1.4 Operationsverstärkerschaltungen I   | Q1.4 Projektpräsentation                      | Q1.4 Werkstoffe und deren Eigenschaften    |
|           | Q1.5 Operationsverstärkerschaltungen II  | Q1.5 Projektevaluation                        | Q1.5 Dauer- und Gestaltfestigkeit          |
|           | <b>verbindlich:</b> Themenfelder Q1.1 und Q1.2 sowie ein weiteres, durch Erlass festgelegt | <b>verbindlich:</b> Themenfelder Q1.1–Q1.3    | <b>verbindlich:</b> Themenfelder Q1.1–Q1.3 |

|           | <b>Mechatronik (LK)</b>  | <b>Mechatronische Teilsysteme (GK)</b>        |
|-----------|--|---|
| <b>Q2</b> | <b>Automatisierung von Funktionseinheiten</b>  | <b>Mechanische Funktionselemente</b>          |
|           | Q2.1 Verknüpfungssteuerungen   | Q2.1 Lagerungs- und Übertragungselemente      |
|           | Q2.2 Einfache Ablaufsteuerungen  | Q2.2 Dimensionierung von Bauteilen            |
|           | Q2.3 Komplexe Steuerungen  | Q2.3 Passungen                                |
|           | Q2.4 Realisierungsmöglichkeiten  | Q2.4 Bauteile zur Positionierung und Dichtung |
|           | Q2.5 Einfache Regelkreise  | Q2.5 Federungen                               |
|           | <b>verbindlich:</b> Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie ein weiteres, durch Erlass festgelegt | <b>verbindlich:</b> Themenfelder Q2.1–Q2.3    |

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

**Qualifikationsphase (Q3/Q4)**

| <b>Mechatronik (LK)</b> |  | <b>Mechatronische Teilsysteme (GK)</b>                 |
|-------------------------|--|--|
| <b>Q3</b>               | <b>Mechanische Baugruppen</b>  | <b>Prinzipien der Wechselstromtechnik</b>              |
|                         | Q3.1 Analyse von Getrieben   | Q3.1 Entstehung und Beschreibung von Wechselspannung   |
|                         | Q3.2 Zahnradgetriebe   | Q3.2 Passive Bauteile an Wechselspannung               |
|                         | Q3.3 Zugmittelgetriebe   | Q3.3 Reihen- und Parallelschaltungen passiver Bauteile |
|                         | Q3.4 Kupplungen  | Q3.4 Siebschaltungen                                   |
|                         | Q3.5 Bremsen   | Q3.5 Idealer und realer Transformator                  |
|                         | <b>verbindlich:</b> Themenfelder Q3.1 und Q3.2 sowie ein weiteres, durch Erlass festgelegt | <b>verbindlich:</b> Themenfelder Q3.1–Q3.3             |

| <b>Mechatronik (LK)</b> |   | <b>Mechatronische Teilsysteme (GK)</b>  |
|-------------------------|---|---|
| <b>Q4</b>               | <b>Planung von Produktions- und Prozessabläufen</b>                                 | <b>Antriebselemente</b>   |
|                         | Q4.1 Handhabungssysteme   | Q4.1 Dreiphasenwechselstrom   |
|                         | Q4.2 Industrieroboter   | Q4.2 Asynchron- und Synchronmaschinen   |
|                         | Q4.3 CNC-Maschinen  | Q4.3 Einphasen-Wechselstrommotoren  |
|                         | Q4.4 Werkzeuge des Qualitätsmanagements   | Q4.4 Gleichspannungs-, Schritt- und Servomotoren                                    |
|                         | Q4.5 Additive Fertigungsverfahren   |   |
|                         | <b>verbindlich:</b> zwei Themenfelder aus Q4.1–Q4.5, ausgewählt durch die Lehrkraft | <b>verbindlich:</b> zwei Themenfelder aus Q4.1–Q4.4, ausgewählt durch die Lehrkraft |

**E1: Mechatronische Grundlagen I**

---

Mechatronische Systeme bestehen aus einer Fülle von Komponenten und Einzelteilen. Diese werden in vielfältigen unterschiedlichen Produktions- und Fertigungsprozessen unter Einbeziehung von technologischen Eigenschaften der verschiedenen Werkstoffe hergestellt. Dazu ist eine breite Kenntnis der typischerweise in der Industrie eingesetzten Fertigungsprozesse und der erforderlichen Qualitätsansprüche nötig. Besondere Beachtung finden hier die typischen mechanischen Fertigungsverfahren und ein werkstoffgerechtes Gestalten hinsichtlich der Metallbearbeitung sowie die Analyse elektrotechnischer Grundschaltungen, ihrer Funktion und Anwendung in mechatronischen Systemen.

Die Lernenden planen Fertigungsabläufe unter Berücksichtigung der grundlegenden Werkstoffeigenschaften, prüfen und bewerten die Produkte dieser Abläufe. Die Lernenden wenden lineare und nichtlineare Bauelemente sowie deren Eigenschaften und Einteilungen anwendungsbezogen in Modellen (Simulationen) an. Sie untersuchen reale Schaltungen und erschließen diese theoretisch.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Werkstoff und Fertigung (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder E1.1–E1.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E1.1 Produktionsprozesse**

- von der technischen Zeichnung zum technischen Produkt
- Fertigungshauptgruppen (Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Stoffeigenschaften ändern, Beschichten)
- Grundlagen des Trennens unter Berücksichtigung der Werkstoffeigenschaften (Spanen und Zerteilen)
- einfache Fertigungsverfahren (z. B. Feilen, Sägen, Bohren)

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronik

**E1.2 Fertigungsabläufe**

- Arbeitsplanung und Fertigungsschritte festlegen
- Arbeitsbewegungen und Arbeitswerte ermitteln (Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl, Vorschub)
- Unterscheidung Messen und Lehren
- Prüfverfahren und Prüfmittel zum Prüfen von Längen, Winkeln, etc.
- Messfehler
- Toleranzangaben und Passungen (allgemein und ISO-Passungen)

**E1.3 Elektrotechnische Grundschaltungen**

- Grundstromkreis mit den Grundgrößen Strom, Spannung, Widerstand
- elektrische Arbeit und Leistung
- ohmsche Widerstände und deren Eigenschaften
- Grundschaltungen und Analysemethoden: Reihen-, Parallel-, Gruppenschaltungen
- Gesetze von KIRCHHOFF (Ströme im Knotenpunkt, Spannungen einer Masche)

**E1.4 Werkstoffe**

- Einteilung der Werkstoffe: Metalle, Verbundwerkstoffe, Nichtmetalle, Kunststoffe
- physikalische, technologische und chemische Eigenschaften der Werkstoffe
- Werkstoffbezeichnungen und Verwendung

**E1.5 Schaltungen mit nichtlinearen Bauelementen**

- nichtlineare Bauelemente und deren Eigenschaften (NTC, PTC, VDR)
- Kennlinien und Kenndaten der Hersteller (Datenblattanalyse)

---

**E2: Mechatronische Grundlagen 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. Im Bereich Elektrotechnik beschränkt sich die Betrachtung der Fertigungsprozesse auf Planung und Entwicklung elektrotechnischer Schaltungen. Dies erfolgt durch messtechnische Analysen experimenteller Aufbauten oder mithilfe von Simulationssystemen.

Die Lernenden wählen unter Beachtung anwendungs- und fertigungstechnischer Gesichtspunkte geeignete Werkstoffe aus. Sie erstellen fachgerechte Arbeitspläne und setzen diese um. Sie unterscheiden und erläutern technische Prozesse hinsichtlich der eingesetzten Fertigungsverfahren. Die Lernenden analysieren und testen elektrotechnische Schaltungen mithilfe von Simulationsprogrammen und Messgeräten hinsichtlich ihrer Eigenschaften und bewerten ihre Einsatzmöglichkeiten in mechatronischen Systemen.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Werkstoff und Fertigung (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder E2.1–E2.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E2.1 Fertigungsprozesse und -maschinen**

- maschinentechnische Zerspanungsverfahren und Werkzeuge (z. B. Drehen, Fräsen)
- Arbeitsbewegungen, Arbeitswerte und Einflussgrößen ermitteln (z. B. Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl, Vorschub, Oberflächenbeschaffenheit)
- Unterscheidung von konventionellen und computergesteuerten Werkzeugmaschinen
- Arbeitspläne für komplexe Fertigungsprozesse

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronik

### **E2.2 Fertigungswerkstoffe und Auswahlkriterien**

- Bezeichnungen, Eigenschaften und Verwendung der Stähle und Nichteisenmetalle
- Bezeichnungen von Halbzeugen
- Normung der Stähle
- Zugbeanspruchung, Werkstoffkennwerte  $R_e$  und  $R_m$  (Zugversuch)

### **E2.3 Schaltungssimulation und -analyse**

- Messungen und Messauswertungen an konkreten Schaltungen
- Umgang mit Messgeräten
- Gleichstromverhalten des Kondensators sowie einer RC-Schaltung
- Kondensator als Energiespeicher, Lade- und Entladekurve (qualitativ)

### **E2.4 Fügeverfahren**

- Grundlagen und Unterscheidungsmerkmale der Fügeverfahren
- kraft-, form- bzw. stoffschlüssige Verbindungen
- Montage einfacher Baugruppen

### **E2.5 Energieversorgung**

- Eigenschaften von Niederspannungsquellen: Batterien, Akkumulatoren
- Energieumwandlung, Wirkungsgrad
- Umweltverträglichkeit

---

**Q1: Analoge Schaltungen (LK)**

---

Bei der Automatisierung technischer Prozesse müssen unterschiedliche physikalische Größen erfasst und zur elektronischen Weiterverarbeitung angepasst werden. Dabei dienen Transistor- und Operationsverstärkerschaltungen zur eingangsseitigen Anpassung und Aufbereitung von Messsignalen. Ausgangsseitig müssen Aktoren betrieben werden, die häufig mehr Leistung aufnehmen als die Ausgänge der Steuerung liefern. Es geht vorrangig um die Analyse und Dimensionierung von Stromversorgungsschaltungen sowie Anpassungs-, Entkopplungs- und Verstärkerschaltungen analoger Signale. Dazu ist die Kenntnis der grundlegenden Eigenschaften passiver und aktiver Bauelemente, die fachgerechte Anwendung messtechnischer Verfahren sowie der mathematischen Modelle und Darstellungen erforderlich.

Die Lernenden dimensionieren Halbleiterschaltungen und setzen diese fachgerecht ein. Sie wählen einfache Schaltungen und Bauelemente anhand von Datenblättern aus. Die Lernenden berechnen unter Berücksichtigung der geforderten Betriebsgrößen und mithilfe von Datenblättern statische Emitterschaltungen (Transistor als Schalter und als Analogverstärker) und beschreiben deren Funktion. Sie erfassen Sensorinformationen problembezogen und bereiten diese mit Operationsverstärkern zur Weiterverarbeitung auf.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Information und Energie (L3) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q1.1 und Q1.2 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern Q1.3–Q1.5, durch Erlass festgelegt; darüber hinaus können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb der Themenfelder ausgewiesen werden

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q1.1 Schaltungsdimensionierung mit Dioden und Sensoren**

- zeitlicher Verlauf, Spitzen- und Effektivwert von Wechselgrößen
- Gleichrichterdiode, Leuchtdiode, Z-Diode
- Brückenschaltung, Gleichrichterschaltungen, Stabilisierungsschaltungen
- nichtlineare Widerstände
- Datenblätter

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronik

### **Q1.2 Schaltungsdimensionierung mit bipolaren Schalttransistoren**

- Steuer- und Laststromkreis
- Leistungsbetrachtungen, erforderliche Ströme und Spannungen
- Verstärkungs- und Übersteuerungsfaktor
- Datenblattanalyse

### **Q1.3 Analogverstärkerschaltungen mit bipolaren Transistoren**

- Arbeitspunkteinstellung und Arbeitspunktstabilisierung
- Leistungsbetrachtungen, erforderliche Ströme und Spannungen
- Verstärkungsfaktoren
- Kondensator zur Gleichstromentkopplung

### **Q1.4 Operationsverstärkerschaltungen I**

- Sensoren zur Erfassung von Temperatur, Druck, Drehzahl
- invertierender und nichtinvertierender Verstärker
- Impedanzwandler

### **Q1.5 Operationsverstärkerschaltungen II**

- Sensoren zur Erfassung von Temperatur, Druck, Drehzahl
- Differenzverstärker (Subtrahierverstärker)
- Summierverstärker

---

**Q2: Automatisierung von Funktionseinheiten (LK)**

---

Die Automatisierung technischer Prozesse und Fertigungsabläufe ist eine Kernaufgabe der Mechatronik. Dabei muss fortlaufend der Prozesszustand durch Erfassen relevanter physikalischer Größen (Eingangsgrößen) durch eine Steuereinrichtung kontrolliert und durch Stellen von Aktoren (Ausgangsgrößen) dem geforderten Ablauf angepasst werden. Die eingesetzten Steuereinrichtungen können elektrische Digitalerschaltungen oder speicherprogrammierbare Steuerungen sein. Für die Programmierung der Steuerungen sind strukturierte Lösungen in Funktionsbausteinsprache gemäß EN 61131-3 erforderlich.

Die Lernenden analysieren Steuerungsaufgaben und entwickeln daraus kombinatorische, sequentielle, zeitabhängige Steuerungen. Sie untersuchen an Modellaufbauten oder realen Anlagen die Wirkungsweise dieser Steuerungen. Die Lernenden entwerfen lineare und verzweigte Ablaufsteuerungen mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung, programmieren, optimieren, simulieren und realisieren diese. Sie analysieren komplexe Problemstellungen hinsichtlich der erforderlichen Sensorik und Aktorik sowie der entsprechenden Signale. Sie wählen eine Steuerungsart begründet aus und realisieren ein Steuerungsprogramm. Die Lernenden erklären die verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten und bewerten diese hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Information und Energie (L3) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern Q2.3–Q2.5, durch Erlass festgelegt; darüber hinaus können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb der Themenfelder ausgewiesen werden

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q2.1 Verknüpfungssteuerungen**

- analoge, binäre und digitale Signale (Wort)
- Zahlensysteme (Dual-, Hexadezimal-, BCD-Zahlensystem)
- Eingänge, Ausgänge, Merker, Adressierung
- binäre Grundverknüpfungen und ihre Darstellungsformen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronik

### **Q2.2 Einfache Ablaufsteuerungen**

- ereignisgesteuerte und zeitgesteuerte Steuerung
- Aufbau und Baugruppen einer SPS
- Unterscheidung zwischen Anweisungsliste, Funktionsbausteinsprache und Kontaktplan
- lineare und verzweigte Ablaufpläne (GRAFCET)
- Adressierung der Eingänge, Ausgänge und Merker
- Zeit- und Zählerfunktionen

### **Q2.3 Komplexe Steuerungen**

- komplexe Ablaufpläne (GRAFCET)
- Vergleichsfunktionen, Flankenauswertung

### **Q2.4 Realisierungsmöglichkeiten**

- pneumatische Steuerung
- elektropneumatische Steuerung
- Kontaktsteuerung

### **Q2.5 Einfache Regelkreise**

- Funktionsschema und Wirkungsplan einer Regelung
- proportionale Regelung (Zweipunktregelung)

---

**Q3: Mechanische Baugruppen (LK)**

---

Mechatronische Systeme bestehen in der Regel aus verschiedenen aufeinander abgestimmten einzelnen Funktionseinheiten. Typische mechanische Funktionseinheiten sind energieübertragende Baueinheiten wie Zahnrad-, Riemen- und Kettengetriebe, Kupplungen und Bremsen. Dabei werden die Übertragungselemente und Lagerungen in Bezug auf Kraftverlauf fachgerecht ausgelegt und die Art der Schmierung entsprechend gewählt. Um die jeweiligen Übertragungselemente funktionsgerecht mit anderen Baugruppen eines mechatronischen Systems zu kombinieren und abzustimmen, ist es notwendig, diese hinsichtlich Anwendung, Aufbau und Funktion zu analysieren.

Die Lernenden analysieren mechanische Funktionseinheiten zur Energieübertragung. Sie beschreiben und vergleichen Lagerungs- sowie Übertragungselemente und wählen diese fallbezogen aus. Die Lernenden erläutern und unterscheiden Getriebearten hinsichtlich ihrer Anwendung sowie nach Aufbau und Funktion, um eine Auswahl anwendungsbezogen zu begründen. Sie stellen Lagerungen, Getriebeelemente und komplette Getriebe symbolisch dar. Sie berechnen und bewerten Kenngrößen von mechanischen Baugruppen.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

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

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q3.1 und Q3.2 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern Q3.3–Q3.5, durch Erlass festgelegt; darüber hinaus können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb der Themenfelder aus gewiesen werden

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q3.1 Analyse von Getrieben**

- Getriebearten, Getriebegrundformen und Anwendungen (Zahnrad-, Riemen- und Kettengetriebe)
- symbolische Darstellung von Getrieben und Lagerungen
- Aufbau und Funktion
- Kenngrößen von Getriebeelementen
- Zahnradabmessungen, Achsabstand, Abmessungen von Riemenscheiben und Kettenrädern
- Schmierstoff, Schmierung

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronik

### **Q3.2 Zahnradgetriebe**

- Stirn-, Kegel- und Schneckengetriebe
- Berechnungen (Übersetzungsverhältnisse, Drehzahlen, Drehmomente, Leistung, Wirkungsgrad)
- Verzahnungsarten (Gerade-, Schräg- und Bogenzähne)
- Verbindungselemente
- Lagerungssysteme (Fest-, Loslagerungen, schwimmende und angestellte Lagerungen)

### **Q3.3 Zugmittelgetriebe**

- Bauformen von Riemen- und Kettengetrieben
- Aufbau und Funktion von Riemen- und Kettengetrieben
- Berechnungen (Kräfte und Momente, Reibung, Flächenpressung)

### **Q3.4 Kupplungen**

- Bauformen von Kupplungen
- Aufbau und Funktion von Kupplungen
- Berechnungen (Kräfte und Momente, Reibung, Flächenpressung und Abscherung)

### **Q3.5 Bremsen**

- Bauformen von Bremsen
- Aufbau und Funktion von Bremsen
- Berechnungen (Kräfte und Momente, Reibung, Flächenpressung und Abscherung)

---

**Q4: Planung von Produktions- und Prozessabläufen (LK)**

---

Automatisierte Fertigungs-, Produktions- oder Montageprozesse sind unter funktionalen, ergonomischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten gestaltet. Durch die Vielschichtigkeit und Abhängigkeiten in der Mechatronik erwachsen aus zunächst einfach erscheinenden technischen Problemstellungen häufig komplexe, umfangreiche Aufgabenstellungen. Deshalb werden Lösungen häufig arbeitsteilig von mehreren Personen gleichzeitig erarbeitet, so dass es sich um projektorientierte Aufgabenstellungen handelt, die in einem realistischen Zeitrahmen nur in einem Team zu bewältigen sind. Ansätze hierfür können in den Bereichen CNC, CAD/CAM, Qualitätsmanagement, Automatisierungstechnik oder Handhabungstechnik exemplarisch veranschaulicht werden.

Die Lernenden analysieren automatisierte Fertigungs-, Produktions- oder Montageprozesse unter funktionalen, ergonomischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. Sie zerlegen diese in Teilprozesse und beschreiben deren Wirkzusammenhänge.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Information und Energie (L3), Werkstoff und Fertigung (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

zwei Themenfelder aus Q4.1–Q4.5, ausgewählt durch die Lehrkraft

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q4.1 Handhabungssysteme**

- Programmierung eines Handhabungssystems (z. B. Förderbandsystem)
- Inbetriebnahme eines Produktionsprozesses

**Q4.2 Industrieroboter**

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

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronik

#### **Q4.3 CNC-Maschinen**

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

#### **Q4.4 Werkzeuge des Qualitätsmanagements**

- Prüfungsarten, Prüfplanung, Prüfstufensteuerung
- statistische Prozesskontrolle
- Qualitätsregelkarte
- Normalverteilung, Standardabweichung, arithmetischer Mittelwert, Median
- Maschinen- und Prozessfähigkeit
- Ursache-Wirkungs-Diagramme

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

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

**Q1: Planung und Durchführung von Projekten (eGK)**

---

Zur Lösung mechatronischer Problemstellungen finden in der industriellen Realität Methoden des Projektmanagements Anwendung. Für die jeweiligen Projektschritte bzw. -aspekte (Analyse, Planung, Durchführung, Dokumentation, Präsentation, Evaluation) liegen entsprechende Werkzeuge und Instrumente vor. Diese sind fachgerecht einzusetzen und neben den technischen, ökonomischen, ökologischen und arbeitsorganisatorischen Aspekten zu berücksichtigen. Die exemplarische Projektentwicklung stellt unter schulspezifischen Gegebenheiten einen realitätsnahen Bezug zur Lebens- und Arbeitswelt her.

Die Lernenden analysieren, planen, bearbeiten, dokumentieren, reflektieren und präsentieren in Teamarbeit Projektaufträge zu mechatronischen Systemen. Sie kennen Instrumente des Projektmanagements und wenden diese an.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Information und Energie (L3), Werkstoff und Fertigung (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q1.1–Q1.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q1.1 Projektauftragsanalyse**

- Projektmanagement als Methodik
- Problemanalyse von technischen Systemen und Prozessen
- Projektziele

**Q1.2 Projektplanung und -durchführung**

- Lasten- und Pflichtenheft
- Problemanalyse
- Projektorganisation (z. B. Soll-Ist-Vergleich, Milestones)
- Organisationsinstrumente und -medien (z. B. Statusberichte)

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronik

### **Q1.3 Projektdokumentation**

- Projektablaufplan
- Dokumentationsformen (z. B. Protokolle, Statusberichte)
- Lasten- und Pflichtenheft

### **Q1.4 Projektpräsentation**

- Präsentationsformen
- Präsentationsmedien
- Präsentationsdidaktik

### **Q1.5 Projektevaluation**

- Evaluationsformen und -medien
- Evaluationskriterien
- Verfahren
- Auswertungsinstrumente

**E1: Planung und Fertigung mechatronischer Systeme**

---

Die Fertigungstechnik beschreibt Werkzeuge und Verfahren, um mechatronische Elemente und Teilsysteme herzustellen. Ein zentraler Lernort für die Auseinandersetzung und Anwendung manueller und maschineller Fertigungsverfahren ist die Werkstatt. Dort werden Fertigungsprozesse unter Beachtung von Arbeitssicherheit und Umweltschutz geplant, durchgeführt, kontrolliert und bewertet.

Die Lernenden verknüpfen die im parallellaufenden Kurs E1 (Mechatronik) thematisierten Inhalte und wenden diese auf reale mechatronische Teilsysteme an. Sie stellen Werkstücke und Schaltungen aus einfachen technischen Zeichnungen und Stromlaufplänen her und kontrollieren und beurteilen ihre Ergebnisse mithilfe fachgerecht ausgewählter Prüfmittel.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2) sowie Werkstoff und Fertigung (L4).

---

**verbindlich:**

Themenfelder E1.1–E1.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E1.1 Arbeitssicherheit und Umweltschutz**

- Werkstattordnung, Unfallverhütungsvorschriften (UVV) und erste Hilfe
- Hilfsstoffe und Abfallbeseitigung

**E1.2 Fertigungsplanung und -kontrolle**

- praktische Anwendung der unterschiedlichen Fertigungsverfahren (mit hand- und maschinell geführten Werkzeugen)
- Montage und Fügetechniken
- Auswahl der geeigneten Prüfverfahren und Prüfmittel
- Unterscheidung zwischen Gut, Nacharbeit und Ausschuss

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronische Teilsysteme

### **E1.3 Analyse und Herstellung elektronischer Schaltungen**

- Darstellungsformen von elektronischen Schaltungen
- Bauelemente
- Herstellungsverfahren
- Platinenbestückung
- elektrische Verbindungen

### **E1.4 Prüfung und Inbetriebnahme elektronischer Schaltungen**

- Messtechnik
- systematische Fehlersuche

**E2: Anwendersoftware für technische Prozesse**

---

Mechatronische Systeme bestehen aus mechanischen, elektronischen und informationstechnischen Komponenten und beinhalten die Automatisierung technischer Prozesse. Dabei kommen u. a. industrielle speicherprogrammierbare Steuerungen und in zunehmendem Maße Mikrocontroller zum Einsatz, die in einer höheren Programmiersprache, z. B. Java oder C / C++ programmiert werden. Demzufolge sind grundlegende Programmierkenntnisse in einer höheren Programmiersprache bei der Entwicklung mechatronischer Systeme erforderlich.

Die Lernenden wenden unter Berücksichtigung der Schwerpunktausrichtung der jeweiligen Schule Anwendersoftwareprogramme fachgerecht an und erstellen Softwarelösungen. Sie analysieren im Team konkrete Programmieraufgaben, identifizieren Ein- und Ausgangsgrößen, gestalten passende Programmabläufe und implementieren diese in einer höheren Programmiersprache.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Information und Energie (L3) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder E2.1–E2.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E2.1 Datentransfer**

- Syntax, Variablentypen, -definitionen und -darstellungen
- Input-/Output-Befehle

**E2.2 Kontrollstrukturen**

- Verzweigungen
- kopfgesteuerte und fußgesteuerte Schleifen, Zählschleifen
- Unterprogramme und Funktionen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronische Teilsysteme

### **E2.3 Programmabläufe**

- Programmstruktur
- Planungs- und Dokumentationswerkzeuge  
(z. B. Programmablaufplan, Struktogramm, Syntaxdiagramm)

### **E2.4 Simulations- und Anwenderprogramme**

- Simulations- und Anwendungsprogramme für steuerungstechnische, elektrotechnische oder fertigungstechnische Anwendungen

### **E2.5 Anwendungsprojekt**

- Transfer des Gelernten in einer komplexen Anwendung

**Q1: Mechanische Grundelemente (GK)**

---

Kräftesysteme sind modellhafte Darstellungen der Wirkungszusammenhänge aller relevanten Kräfte und Momente in einem mechatronischen System. Dabei finden Fertigungsnachweise und Werkstoffeigenschaften Berücksichtigung. Vorgegebene Belastungsarten und Belastungsfälle müssen entschlüsselt und unter normgerechter Bezeichnung von Werkstoffen den Anwendungsfällen zugeordnet werden, um Bauteile fachgerecht dimensionieren zu können. Für die Gestaltung neuer mechanischer Konstruktionen sind die Kenntnisse der Kräfte- und Belastungsverhältnisse wesentliche Voraussetzungen.

Die Lernenden analysieren Kräfteysteme und Belastungsfälle, führen Festigkeitsnachweise an Bauteilen unter Berücksichtigung der Werkstoffeigenschaften durch und interpretieren diese. Sie wählen Werkstoffe unter Verwendung von Tabellenwerten hinsichtlich ihrer Beanspruchung aus und dimensionieren Bauteile aufgrund vorgegebener Belastungen.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Werkstoff und Fertigung (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q1.1–Q1.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q1.1 Zentrale Kräfteysteme**

- Kräfte und Momente
- Gleichgewichtsbedingung
- Freimachen von Bauteilen
- zentrales Kräfteystem: zeichnerische, rechnerische und analytische Lösungsverfahren
- Ermittlung von resultierenden Kräften

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronische Teilsysteme

### **Q1.2 Allgemeine Kräftesysteme**

- Belastungs- und Spannungsarten, Belastungsfälle: zeichnerische, rechnerische und analytische Lösungsverfahren
- Kräftegleichgewicht
- Ermittlung von resultierenden Kräften

### **Q1.3 Belastungsarten**

- Belastungs- und Spannungsarten, Belastungsfälle
- Werkstoffbeanspruchung auf Zug, Druck, Abscherung, Flächenpressung, Biegung und Torsion
- einfache Berechnungen zu den Beanspruchungen

### **Q1.4 Werkstoffe und deren Eigenschaften**

- Zugversuche ( $R_e$ ,  $R_m$ , Dehnung)
- Verfahren zur Härte- und Festigkeitssteigerung
- Festigkeit, Härte, Randschichthärte
- Festigkeitsformen/-arten

### **Q1.5 Dauer- und Gestaltfestigkeit**

- am Beispiel von Achsen, Wellen, Zapfen
- Belastungsfälle
- Ermittlung zulässiger Spannungen
- Wöhlerkurve und Dauerfestigkeit
- Gestaltfestigkeit (Kerbwirkung, Größen- und Oberflächeneinfluss)
- zusammengesetzte Beanspruchungen
- Spannungsverläufe, Lage der Neutralen Faser

---

**Q2: Mechanische Funktionselemente (GK)**

---

Mechanische Funktionselemente kommen in mechatronischen Systemen wiederholt in gleicher Form vor; dort erfüllen sie jeweils die gleichen Funktionen. In diesem Kurs werden zum einen die technologischen Wirkprinzipien betrachtet und Bezüge zu den Fügeverfahren hergestellt. Zum anderen beinhaltet der Kurs die praktische Anwendung von Maschinenelementen aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht, die auch die Festigkeitslehre und die Werkstofftechnik 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 betrachtet, mit deren Hilfe sich einzelne Maschinenelemente bezüglich ihrer Auslegung, Gestaltung und durchzuführender Festigkeitsnachweise behandeln lassen.

Die Lernenden analysieren mechanische Funktionselemente hinsichtlich ihrer Funktion und Anwendung. Sie begründen deren Auswahl in Baugruppen und entwickeln alternative Lösungen. Sie wählen Bauteile aufgrund vorgegebener Belastungen aus bzw. dimensionieren diese.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

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

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q2.1–Q2.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q2.1 Lagerungs- und Übertragungselemente**

- Achsen, Wellen, Zapfen
- Gleit- und Wälzlager (Lagerarten, Einsatz, Montage/Demontage, Tribologie, Verschleiß)
- Anordnung und Sicherung von Wälzlagern (Fest- und Loslager-Anordnung)

**Q2.2 Dimensionierung von Bauteilen**

- Verbindungselemente von Welle und Nabe
- kraft- und formschlüssige Verbindungen
- Passfederberechnung und Dimensionierung
- Schrauben und ihre Verbindungen
- Festigkeitsnachweise

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronische Teilsysteme

### **Q2.3 Passungen**

- Passungsarten (Spiel-, Übergangs- und Übermaßpassung)
- Passungssysteme
- Passungen bei Wälzlagern (Punkt- und Umfangslast)

### **Q2.4 Bauteile zur Positionierung und Dichtung**

- Dichtungselemente
- Sicherungsringe
- Abstandshülsen
- Passstifte

### **Q2.5 Federungen**

- Funktionen von Federn
- Federarten (Zug, Druck, Torsion), Schraubenfedern, Tellerfedern, Torsionsstab
- Federpakete
- Federkennlinie, Federrate
- Federschaltungen
- Federn als Energiespeicher

---

**Q3: Prinzipien der Wechselstromtechnik (GK)**

---

In mechatronischen Systemen werden Information und Energie in Form von Wechselspannungen übertragen. Im Gegensatz zu Gleichspannung ist Wechselspannung transformierbar und kann mit Antennen als elektromagnetische Wellen abgestrahlt und empfangen werden. In mechatronischen Systemen finden diese Prinzipien Anwendung in den Teilsystemen zur Energieversorgung und der drahtlosen Informationsübermittlung. Darüber hinaus funktionieren insbesondere bürstenlose elektrische Antriebe mit Wechselstrom. Die Kenntnis der Wirkungsprinzipien und der charakteristischen Wechselstromgrößen sowie der Umgang mit den passenden mathematischen Werkzeugen ist darum von grundlegender Bedeutung bei der Arbeit in nahezu allen technischen Zusammenhängen.

Die Lernenden beschreiben das Wechselstromverhalten realer Bauelemente und analysieren dieses in Schaltungszusammenhängen mittels mathematischer und grafischer Werkzeuge. Sie erzeugen Wechselspannung und erklären die grundlegenden physikalischen Prinzipien. Die Lernenden beschreiben und unterscheiden das Wechselstromverhalten idealer sowie realer Bauelemente und wählen diese problembezogen aus.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Information und Energie (L3) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q3.1–Q3.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q3.1 Entstehung und Beschreibung von Wechselspannung**

- Induktion, Generatorprinzip
- Periodendauer, Frequenz, Phasenlage, Amplitude (Scheitelwert), Effektivwert
- Linien- und Zeigerdiagramme
- mathematische Beschreibung von Wechselgrößen mittels komplexer Zahlen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronische Teilsysteme

### **Q3.2 Passive Bauteile an Wechselspannung**

- OHMScher Widerstand, Kondensator, Spule an Wechselspannung: Wirk- und Blindwiderstände, -ströme, -spannungen, und -leistungen
- Ersatzschaltungen
- Linien- und Zeigerdiagramme
- mathematische Beschreibung mittels komplexer Zahlen

### **Q3.3 Reihen- und Parallelschaltungen passiver Bauteile**

- Blindleistungskompensation (Reihen-, Parallelkompensation)
- Ersatzschaltung eines Motors

### **Q3.4 Siebschaltungen**

- Hochpass- und Tiefpassverhalten
- Frequenzgang und Phasengang
- graphische Darstellungen – Ortskurve, BODE-Diagramm

### **Q3.5 Idealer und realer Transformator**

- Aufbau und Prinzip, Transformatorgleichung
- Übersetzungsverhältnisse
- Verluste

---

**Q4: Antriebselemente (GK)**

---

Insbesondere für elektrische Antriebe in mechatronischen Systemen kommt dem Dreiphasenwechselstrom eine zentrale Bedeutung zu. Mit Dreiphasenwechselstrom kann aufgrund der Phasenlage ein Drehfeld erzeugt werden. Entsprechende elektrische Antriebe sind einfach konstruiert, robust und verschleißarm. Darüber hinaus kommen in mechatronischen Systemen weitere elektrische Antriebselemente mit zum Teil sehr komplexer Steuerelektronik zum Einsatz.

Die Lernenden analysieren und beschreiben Eigenschaften von Drehstromverbrauchern. Sie unterscheiden Eigenschaften des Dreiphasenwechselstroms von denen des einphasigen Wechselstroms und untersuchen das Verhalten von Drehstromverbrauchern in Stern- und Dreieckschaltung. Die Lernenden interpretieren die Funktionsprinzipien und die Angaben des Typenschildes von Asynchron- und Synchronmaschinen sowie weiterer Antriebseinheiten in Anwendungszusammenhängen.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1), Systemanalyse (L2), Information und Energie (L3) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

---

**verbindlich:**

zwei Themenfelder aus Q4.1–Q4.4, ausgewählt durch die Lehrkraft

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q4.1 Dreiphasenwechselstrom**

- Entstehung und Eigenschaften
- Stern- und Dreieckschaltungen
- Ströme, Spannungen, Leistungen
- graphische und mathematische Darstellungsformen

**Q4.2 Asynchron- und Synchronmaschinen**

- Angaben des Typenschildes
- Drehzahl, Drehmoment, Wirkungsgrad
- Frequenzumrichter zur Drehzahlanpassung

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Mechatronische Teilsysteme

#### **Q4.3 Einphasen-Wechselstrommotoren**

- Angaben des Typenschildes
- Drehzahl, Drehmoment, Wirkungsgrad

#### **Q4.4 Gleichspannungs-, Schritt- und Servomotoren**

- Funktionsprinzipien
- Anforderungen und Besonderheiten
- Ansteuerung

---

**E1: Darstellung und Konstruktion I**

---

Technische Zeichnungen sind elementare Kommunikationsmedien innerhalb der Fachsprache der Mechatronik. Diese Zeichnungen müssen international verständlich sein und basieren daher auf einheitlichen internationalen Normierungen. Für das Verständnis von technischen Zeichnungen ist ein räumliches Vorstellungsvermögen ebenso wichtig, wie die Kenntnis der einschlägigen Normen. In zunehmendem Maße kommen bei Konstruktionsprozessen CAD-Systeme zum Einsatz, die nicht nur 2D- und 3D-Darstellungen ermöglichen, sondern auch Funktions- und Belastungssimulationen und vollständige Dokumentationen (Teilzeichnungen, Schnitte, Stücklisten, Gesamtzeichnungen) generieren und ggf. eine Schnittstelle zur Fertigung (CAD/CAM) beinhalten können. Schwerpunkt dieses Kurses ist der Umgang mit einem CAD-Programm zum Erstellen technischer Dokumente aus dem Bereich Maschinenbau.

Die Lernenden analysieren technische Zeichnungen und modellieren Werkstücke bzw. Baugruppen mittels CAD-Programmen. Sie leiten daraus einfache und komplexere technische Zeichnungen in mehreren Ansichten, Schnittdarstellungen und Bemaßungsnormierung ab und erstellen Stücklisten.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1) sowie Systemanalyse (L2).

---

**verbindlich:**

Themenfelder E1.1–E1.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E1.1 Normgerechte Zeichnungen**

- Normierung: Papierformate, Linien, Schriften, Zeichnungsarten, Bemaßung, Toleranzen, Passungen

**E1.2 Zeichnungsanalyse und -herstellung**

- Erfassen räumlicher Darstellungen
- Lesen, Anfertigen und Bemaßen von einfachen und komplexeren Zeichnungen
- Darstellung in mehreren Ansichten
- Schnittdarstellung

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Technische Kommunikation

### **E1.3 CAD-Anwendungen**

- Ableiten von technischen Zeichnungen aus modellierten 3D-Werkstücken

### **E1.4 Baugruppenzeichnungen und Gesamtzeichnungen**

- Bilden von Baugruppen
- Fertigungszeichnung
- Gesamtzeichnung
- Stückliste

### **E1.5 Technische Freihandskizzen**

- prismatische Werkstücke
- zylindrische Werkstücke
- Baugruppen

**E2: Darstellung und Konstruktion II**

---

Technische Kommunikation in der Mechatronik beinhaltet über die Darstellung von mechanischen Baugruppen hinaus, auch die Visualisierung von elektrotechnischen Schaltungsunterlagen in Form von Schalt-, Bestückungs- und Belegungsplänen sowie Stücklisten. Diese richten sich nach internationalen Normen. Schwerpunkt dieses Kurses ist der Umgang mit CAD-Programmen, welche zur Funktionsanalyse, Leiterplattenentwicklung und Dokumentation konkreter Anwendungen aus dem Bereich Elektrotechnik genutzt werden.

Die Lernenden analysieren Schaltpläne sowie reale Schaltungen. Sie zeichnen problembezogen und normgerecht elektronische Schaltungen, analysieren deren Funktion mittels Simulationssoftware und entwickeln einfache Leiterplatten.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Technische Funktion (L1) sowie Systemanalyse (L2).

---

**verbindlich:**

Themenfelder E2.1–E2.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E2.1 Elektrotechnische Grundsaltungen**

- Symbole von Bauteilen und Betriebsmitteln
- Darstellungsformen (aufgelöste und zusammenhängende Darstellung)

**E2.2 Analyse von Schaltplänen und realen Schaltungen**

- Bauformen und Datenblätter realer Bauelemente
- Messen in der Schaltung

**E2.3 Analyse von Schaltvorgängen**

- Oszilloskop (z. B. Lade- und Endladekurve, Kennlinien)

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Mechatronik

Fach: Technische Kommunikation

#### **E2.4 Entwicklung von Leiterplatten**

- Bauformen und Datenblätter realer Bauelemente
- Bauteilpositionierung und Leiterbahntflechtung

#### **E2.5 Herstellung von Leiterplatten**

- chemische Verfahren
- mechanische Verfahren
- Bestückungsverfahren