

Hessisches Kultusministerium

HESSEN



Lehrplan

Zweijährige Fachschule für Technik

FACHRICHTUNG MECHATRONIK

SCHWERPUNKT FERTIGUNGSAUTOMATISIERUNG UND ROBOTIK

BERUFLICHER LERNBEREICH

BILDUNGSLAND
Hessen 

Impressum

Lehrplan Zweijährige Fachschule für Technik
Fachrichtung Mechatronik
Schwerpunkt Fertigungsautomatisierung und Robotik
Beruflicher Lernbereich
Ausgabe 2020

Hessisches Kultusministerium
Luisenplatz 10, 65185 Wiesbaden
Tel.: 0611 368-0
Fax: 0611 368-2099

E-Mail: poststelle@hkm.hessen.de
Internet: www.kultusministerium.hessen.de

Inhaltsverzeichnis

1	Bedeutung der Fachschule für Technik in der Bildungslandschaft.....	5
2	Grundlegung für die Fachrichtung Mechatronik	6
3	Theoretische Grundlagen des Lehrplans	9
3.1	Sozial-kommunikative Kompetenzen	9
3.2	Personale Kompetenzen	10
3.3	Fachlich-methodische Kompetenzen	10
3.4	Zielkategorien.....	11
3.4.1	Beruflich akzentuierte Zielkategorien.....	12
3.4.2	Mathematisch akzentuierte Zielkategorien	14
3.5	Taxierung der Kompetenzen in drei Stufen	14
3.5.1	Taxonomietabelle für beruflich akzentuierte Zielkategorien.....	16
3.5.2	Taxonomietabelle für mathematisch akzentuierte Zielkategorien	17
3.6	Zusammenfassung.....	18
4	Organisation der Kompetenzen und Kenntnisse	19
4.1	Lernfeldbegriff und Aufbau der Lernfeldbeschreibungen	19
4.2	Stundenübersicht	21
4.3	Beruflicher Lernbereich	22
4.3.1	Mathematik (Querschnitt-Lernfeld)	22
4.3.2	Projektarbeit	24
4.3.3	Lernfeld 1: Projekte mittels systematischen Projektmanagements zum Erfolg führen	25
4.3.4	Lernfeld 2: Mechanische Baugruppen und Funktionseinheiten analysieren, planen und prüfen.....	27
4.3.5	Lernfeld 3: Elektrische, elektronische und elektromechanische Systeme analysieren, planen und in Betrieb nehmen	28
4.3.6	Lernfeld 4 (Querschnitt-Lernfeld): Anwendungen programmieren, Daten auswerten und dokumentieren	30
4.3.7	Lernfeld 5: Informationstechnische Systeme und Netzwerke einrichten, anpassen und nutzen	32
4.3.8	Lernfeld 6: Steuerungen und Regelungen für fertigungstechnische Prozesse planen, bereitstellen, in Betrieb nehmen und optimieren	33
4.3.9	Lernfeld 7: Automatisierte Messdatenerfassungssysteme entwickeln sowie Bussysteme auswählen und prozessbezogen in Betrieb nehmen.....	36
4.3.10	Lernfeld 8: Speicherprogrammierbare Steuerungen für komplexe mechatronische Systeme programmieren und optimieren	38
4.3.11	Lernfeld 9: Fertigungstechnische Prozesse unter Berücksichtigung von Qualitätsmanagement und Arbeitssicherheit erarbeiten sowie weiterentwickeln	40
4.3.12	Lernfeld 10: Industrieroboter prozessbezogen auswählen, simulieren und programmieren	44

5	Handhabung des Lehrplans	45
6	Literaturverzeichnis	47

1 Bedeutung der Fachschule für Technik in der Bildungslandschaft

Die Fachschulen sind Einrichtungen der beruflichen Weiterbildung und schließen an eine einschlägige berufliche Ausbildung an. Sie bieten die Möglichkeit zu beruflicher Weiterqualifizierung aus der Praxis für die Praxis und ermöglichen dabei das Erreichen der höchsten Qualifizierungsebene in der beruflichen Bildung.¹

In der Rahmenvereinbarung der Kultusministerkonferenz zu Fachschulen wird zu Ausbildungsziel, Tätigkeitsbereichen und Qualifikationsprofil das Folgende festgestellt:

„Ziel der Ausbildung im Fachbereich Technik ist es, Fachkräfte mit einschlägiger Berufsausbildung und Berufserfahrung für die Lösung technisch-naturwissenschaftlicher Problemstellungen, für Führungsaufgaben im betrieblichen Management auf der mittleren Führungsebene sowie für die unternehmerische Selbstständigkeit zu qualifizieren.

Die Ausbildung orientiert sich an den Erfordernissen der beruflichen Praxis und befähigt die Absolventinnen/Absolventen, den technologischen Wandel zu bewältigen und die sich daraus ergebenden Entwicklungen der Wirtschaft mitzugestalten.

Der Umsetzung neuer Technologien – verbunden mit der Fähigkeit kostenbewusst zu handeln und Fremdsprachenkenntnisse anzuwenden – wird deshalb auf der Basis des fachrichtungsspezifischen Vertiefungswissens in der Ausbildung besonderer Wert beigemessen. Der Fähigkeit, Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen anzuleiten, zu führen, zu motivieren und zu beurteilen – sowie der Fähigkeit zur Teamarbeit – kommen im Zusammenhang mit den speziellen fachlichen Kompetenzen große Bedeutung zu.

Die Absolventinnen/Absolventen müssen vor diesem Hintergrund in der Lage sein, im Team und selbstständig Probleme des entsprechenden Aufgabenbereiches zu erkennen, zu analysieren, zu strukturieren, zu beurteilen und Wege zur Lösung dieser Probleme in wechselnden Situationen zu finden.“²

Die Studierenden sollen in der beruflichen Aufstiegsfortbildung zur staatlich geprüften Technikerin / zum staatlich geprüften Techniker befähigt werden, betriebswirtschaftliche, technisch-naturwissenschaftliche sowie künstlerische Aufgaben zu bewältigen.

Die Fachschulen orientieren sich dabei nicht an Studiengängen, sondern am Stand der Technik sowie ihrer praktischen Anwendung und genießen dadurch einen hohen Stellenwert in der Erwachsenenbildung.

Die Studierenden erlernen und vertiefen in der Weiterbildung das selbstständige Erkennen, Strukturieren, Analysieren, Beurteilen und Lösen von Problemen des Berufsbereichs. Sie lernen überdies, Projekte mittels systematischen Projektmanagements zum Erfolg zu führen

Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf der Förderung des wirtschaftlichen Denkens und verantwortlichen Handelns in Führungspositionen und der damit verbundenen Fähigkeit zu konstruktiver Kritik und zur Bewältigung von Konflikten.

¹DQR Niveau 6

²Rahmenvereinbarung über Fachschulen; Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.11.2002 i.d.F. vom 22.03.2019 S.16

Nicht zuletzt vertiefen die Studierenden ihre Fähigkeit, sprachlich sicher zu agieren, um in allen Kontexten des beruflichen Handelns bestehen zu können.

Die rasante Entwicklung digitaler Technologien und die damit einhergehenden, tiefgreifenden Veränderungen in der Wirtschaft, in Arbeitsprozessen und im Kommunikationsverhalten stellen auch neue Anforderungen an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. So ist der Tätigkeitsbereich der Technikerinnen und Techniker in vielen Bereichen durch zusätzliche Merkmale gekennzeichnet:

- Vernetzung der Infrastruktur sowie der gesamten Wertschöpfungskette,
- Erfassung, Transport, Speicherung und Auswertung großer Datenmengen,
- Echtzeitfähigkeit der Systeme,
- cyber-physische Systeme – intelligente, kommunikationsfähige und autonome Maschinen und Systeme,
- Verschmelzung von virtueller und realer Welt,
- Gewährleistung von Datensicherheit und Datenschutz.

Somit muss die klassische Trennung in prozess- und produktorientierte berufsspezifische Handlungsfelder zugunsten eines die Schnittstellen vernetzenden, stärker systemorientierten und unternehmerischen Handlungskontextes aufgelöst werden.³

Der Erwerb der dazu benötigten Kompetenzen muss, auch wenn sie in den Lernfeldmatrizen nicht explizit aufgeführt sein sollten, durch die unterrichtliche Umsetzung in den Fachschulen für Technik ermöglicht werden.

2 Grundlegung für die Fachrichtung Mechatronik

Viele moderne technische Systeme können nicht mehr nur aus dem Blickwinkel einer einzelnen Disziplin betrachtet werden, sondern erfordern eine interdisziplinäre Herangehensweise. Der Verein Deutscher Ingenieure definiert die Mechatronik als das „synergetische Zusammenwirken der Fachdisziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik beim Entwurf und der Herstellung industrieller Erzeugnisse sowie bei der Prozessgestaltung“⁴.

In der Fachrichtung Mechatronik stehen technische Systeme und Verfahren im Mittelpunkt, die einer oder mehreren klassischen Disziplinen der Technik zuzuordnen und unter verschiedenen, auch die Technikwissenschaften übergreifenden Fragestellungen zu untersuchen sind.

Die staatlich geprüfte Technikerin / der staatlich geprüfte Techniker der Fachrichtung Mechatronik wird mit vielfältigen technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Aufgaben betraut. Die Einsatzgebiete umfassen wesentliche Teile von Produktions- und Verfahrensprozessen: Entwicklung, Produktion, Planung, Projektierung, Inbetriebnahme, Instandhaltung und Vertrieb von Baugruppen, Anlagen und Systemen.

³ Kompetenzorientiertes Qualifikationsprofil zur Integration der Thematik „Industrie 4.0“ in die Ausbildung an Fachschulen für Technik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 24.11.2017)

⁴ VDI-Richtlinie 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme (Juni 2004), S. 9

Im Rahmen der betrieblichen Tätigkeitsbereiche führt die staatlich geprüfte Technikerin / der staatlich geprüfte Techniker der Fachrichtung Mechatronik folgende typische Tätigkeiten unter Beachtung vorgegebener Regeln, Normen und Vorschriften aus:

- Methoden der Ideenfindung und Bewertung anwenden
- Lösungsstrategien entwickeln, Lösungsverfahren auswählen
- Planungs- und Arbeitsschritte dokumentieren
- Arbeitsanweisungen und Betriebsanleitungen erstellen
- ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden anwenden
- Lösungen technisch und wirtschaftlich beurteilen
- Technik human-, sozial- und umweltverträglich gestalten
- Baugruppen, Anlagen und Systeme entwerfen, entwickeln, planen, realisieren, in Betrieb nehmen und instand halten
- Kostenrechnungen durchführen
- Qualitäts- und Umweltmanagement anwenden
- beraten und verkaufen
- ausbilden und fortbilden

Die Breite der Verantwortung reicht von der Erledigung präzise vorgegebener Aufträge und der Mitwirkung bei der Abwicklung bis zur selbstständigen Planung und Durchführung von Projekten.

Die unterschiedlichen Einsatzbereiche der staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker der Fachrichtung Mechatronik erfordern eine Differenzierung der Weiterbildung in die folgenden Schwerpunkte:

- Fertigungsautomatisierung und Robotik
- Maschinen- und Anlagentechnik
- Systemtechnik
- Technische Betriebswirtschaft

Schwerpunktbezogene Zielsetzung der Weiterbildung ist insbesondere die Befähigung zur Bewältigung folgender Aufgaben und Tätigkeiten:

Fertigungsautomatisierung und Robotik

- Sensoren und Aktoren für den fertigungstechnischen Prozess auswählen und in die Automatisierungssysteme integrieren
- automatisierte Messsysteme zur Überwachung von Betriebs- und Maschinendaten konzipieren und realisieren
- vernetzte Automatisierungssysteme und Roboter auswählen, programmieren, in Betrieb nehmen und instandhalten
- Produktionsabläufe und Arbeitsprozesse computerintegriert planen, steuern und optimieren
- Produktionsqualität managen und für Arbeitssicherheit verantwortlich sorgen

Maschinen- und Anlagentechnik

- mechatronische Anlagen und Systeme planen, projektieren, entwickeln und konstruieren
- technische Prozesse unter besonderer Berücksichtigung der Sicherheitstechnik automatisieren

Fertigungsautomatisierung und Robotik**Fachschule für Technik**

- Projekte im Bereich Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung unter Beachtung von Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit organisieren, überwachen und ausführen

Systemtechnik

- optische und lasertechnische Baugruppen analysieren
- automatisierte Messdatenerfassungssysteme und Smarte Systeme analysieren, entwickeln und in Betrieb nehmen
- komplexe automatisierte mechatronische Systeme methodisch projektieren, bereitstellen, in Betrieb nehmen und instand halten
- automatisierte mechatronische Produktionsabläufe wirtschaftlich gestalten

Technische Betriebswirtschaft

- Absatz-, Beschaffungs-, und Leistungserstellungsprozesse planen, steuern und ihre Qualität sichern
- bei der Personalplanung und -entwicklung mitwirken
- bei der Investitionsplanung und Finanzierung mitarbeiten
- Unternehmensstrategien planen und umsetzen
- Aufgaben des betrieblichen Rechnungswesens und Controllings wahrnehmen
- Projektierung, Planung, Entwicklung, Produktion, Montage und Inbetriebnahme von Systemen und Anlagen der Mechatronik projektieren, planen, entwickeln, produzieren, montieren und in Betrieb nehmen

3 Theoretische Grundlagen des Lehrplans

Der vorliegende Lehrplan für Fachschulen in Hessen orientiert sich am aktuellen Anspruch beruflicher Bildung, Menschen auf der Basis eines umfassenden Verständnisses handlungsfähig zu machen, ihnen also nicht allein Wissen oder Qualifikationen, sondern Kompetenzen zu vermitteln. Eine im deutschsprachigen Raum anerkannte Grunddefinition von Kompetenz basiert auf den Forschungen des US-amerikanischen Sprachwissenschaftlers NOAM CHOMSKY, der diese als *Disposition zu einem eigenständigen variablen Handeln* beschreibt (CHOMSKY 1965). Das Kompetenzmodell von JOHN ERPENBECK und LUTZ VON ROSENSTIEL präzisiert dieses Basiskonzept, indem es sozial-kommunikative, personale und fachlich-methodische Kompetenzen unterscheidet (ERPENBECK, ROSENSTIEL, GROTE, SAUTER 2017, S. XXI ff.).

3.1 Sozial-kommunikative Kompetenzen

Sozial-kommunikative Kompetenzen sind Dispositionen, kommunikativ und kooperativ selbstorganisiert zu handeln, d. h. sich mit anderen kreativ auseinander- und zusammensetzen, sich gruppen- und beziehungsorientiert zu verhalten und neue Pläne, Aufgaben und Ziele zu entwickeln.

Diese Kompetenzen werden im Kontext beruflichen Handelns nach EULER & REEMTSMA-THEIS (1999) konkretisiert und differenziert in einen (a) agentiven Schwerpunkt, einen (b) reflexiven Schwerpunkt und (c) die Integration der beiden:

Zu (a): Die agentive Kompetenz besteht in der Fähigkeit zur Artikulation und Interpretation verbaler und nonverbaler Äußerungen auf der Sach-, Beziehungs-, Selbstkundgabe- und Absichtsebene und der Fähigkeit zur Artikulation und Interpretation verbaler und nonverbaler Äußerungen im Rahmen einer Metakommunikation auf der Sach-, Beziehungs-, Selbstkundgabe- und Absichtsebene.

Zu (b): Die reflexive Kompetenz besteht in der Fähigkeit zur Klärung der Bedeutung und Ausprägung der situativen Bedingungen, insbesondere der zeitlichen und räumlichen Rahmenbedingungen der Kommunikation, der „Nachwirkungen“ aus vorangegangenen Ereignissen, der sozialen Erwartungen an die Gesprächspartner, der Wirkungen aus der Gruppenzusammensetzung (jeweils im Hinblick auf die eigene Person sowie die Kommunikationspartner), der Fähigkeit zur Klärung der Bedeutung und Ausprägung der personalen Bedingungen, insbesondere der emotionalen Befindlichkeit (Gefühle), der normativen Ausrichtung (Werte), der Handlungsprioritäten (Ziele), der fachlichen Grundlagen (Wissen) und des Selbstkonzepts („Bild“ von der Person – jeweils im Hinblick auf die eigene Person sowie die Kommunikationspartner) sowie der Fähigkeit zur Klärung der Übereinstimmung zwischen den äußeren Erwartungen an ein situationsgerechtes Handeln und den inneren Ansprüchen an ein authentisches Handeln.

Zu (c): Die Integration der agentiven und reflexiven Kompetenz besteht in der Fähigkeit und Sensibilität, Kommunikationsstörungen zu identifizieren, und der Bereitschaft, sich mit ihnen (auch reflexiv) auseinanderzusetzen. Darüber hinaus zeichnet sie sich durch die Fähigkeit aus, reflexiv gewonnene Einsichten und Vorhaben in die Kommunikationsgestaltung einzubringen und (ggf. unter Zuhilfenahme von Strategien der Handlungskontrolle) umzusetzen.

3.2 Personale Kompetenzen

Personale Kompetenzen sind Dispositionen, sich selbst einzuschätzen, produktive Einstellungen, Werthaltungen, Motive und Selbstbilder zu entwickeln, eigene Begabungen, Motivationen und Leistungsvorsätze zu entfalten und sich im Rahmen der Arbeit und außerhalb kreativ zu entwickeln und zu lernen.

LERCH (2013) bezeichnet personale Kompetenzen in Orientierung an aktuellen bildungswissenschaftlichen Konzepten auch als Selbstkompetenzen und unterscheidet dabei zwischen motivational-affektiven Komponenten wie Selbstmotivation, Lern- und Leistungsbeurteilung, Sorgfalt, Flexibilität, Entscheidungsfähigkeit, Eigeninitiative, Verantwortungsfähigkeit, Zielstrebigkeit, Selbstvertrauen, Selbstständigkeit, Hilfsbereitschaft, Selbstkontrolle sowie Anstrengungsbereitschaft und strategisch-organisatorischen Komponenten wie Selbstmanagement, Selbstorganisation, Zeitmanagement und Reflexionsfähigkeit. Hier sind auch sogenannte Lernkompetenzen (MANDL & FRIEDRICH 2005) als jene personalen Kompetenzen einzuordnen, die auf die eigenständige Organisation und Regulation des Lernens ausgerichtet sind.

3.3 Fachlich-methodische Kompetenzen

Fachlich-methodische Kompetenzen sind Dispositionen einer Person, bei der Lösung von sachlich-gegenständlichen Problemen geistig und physisch selbstorganisiert zu handeln, d. h. mit fachlichen und instrumentellen Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten kreativ Probleme zu lösen sowie Wissen sinnorientiert einzuordnen und zu bewerten. Das schließt Dispositionen ein, Tätigkeiten, Aufgaben und Lösungen methodisch selbstorganisiert zu gestalten, und die Methoden selbst kreativ weiterzuentwickeln.

Fachlich-methodische Kompetenzen sind – im Sinne von ERPENBECK, ROSENSTIEL, GROTE UND SAUTER (2017, S. XXI ff.) – durch die Korrespondenz von konkreten Handlungen und spezifischem Wissen beschreibbar. Wenn bekannt ist, was ein Mensch als Folge eines Lernprozesses können soll und auf welche Wissensbasis sich dieses Können abstützen soll, um ein eigenständiges und variables Handeln zu ermöglichen, kann sehr gezielt ein Unterricht geplant und gestaltet werden, der solche Kompetenzen integrativ vermittelt und eine Diagnostik zu deren Überprüfung entwickelt. Im vorliegenden Lehrplan werden somit fachlich-methodische Kompetenzen als geschlossene Sinneinheiten aus Können und Wissen konkretisiert. Das Können wird dabei in Form einer beruflichen Handlung beschrieben, während das Wissen in drei eigenständigen Kategorien auf mittlerem Konkretisierungs-niveau spezifiziert wird: (a) Sachwissen, (b) Prozesswissen und (c) Reflexionswissen (PIT-TICH 2013).

Zu (a): Sachwissen umfasst ein *anwendungs- und umsetzungsunabhängiges Wissen* über Dinge, Gegenstände, Geräte, Abläufe, Systeme etc. Es ist Teil fachlicher Systematiken und daher sachlogisch-hierarchisch strukturiert, wird durch assoziierendes Wahrnehmen, Verstehen und Merken erworben und ist damit die *gegenständliche Voraussetzung für ein eigenständiges, selbstreguliertes Handeln*. Beispiele: Wissen über den Aufbau eines Temperatursensors, die Bauteile und die Funktion eines Kompaktreglers, den Aufbau und die Programmiersprache einer speicherprogrammierbaren Steuerung, die Struktur des Risikomanagement-Prozesses, das EFQM-Modell

Zu (b): Prozesswissen umfasst ein *anwendungs- und umsetzungsabhängiges Wissen* über berufliche Handlungssequenzen. Prozesse können auf drei verschiedenen Ebenen stattfinden. Daher hat Prozesswissen entweder eine Produktdimension (Handhabung von

Werkzeug, Material etc.), eine Aufgabendimension (Aufgabentypus, -abfolgen etc.) oder eine Organisationsdimension (Geschäftsprozesse, Kreisläufe etc.). Prozesswissen ist immer Teil handlungsbezogener Systematiken und daher prozesslogisch-multizyklisch strukturiert; es wird durch zielgerichtetes und feedback-gesteuertes Tun erworben und ist damit *funktionale Voraussetzung für ein eigenständiges, selbstreguliertes Handeln*. Beispiele: Wissen über die Kalibrierung eines Temperatursensors, die Bedienung eines Kompaktreglers, den Umgang mit der Programmierumgebung einer speicherprogrammierbaren Steuerung, die Umsetzung des Risikomanagements, die Handhabung einer EFQM-Zertifizierung

Zu (c): Reflexionswissen umfasst ein *anwendungs- und umsetzungsunabhängiges Wissen*, das hinter dem zugeordneten Sach- und Prozesswissen steht. Als konzeptuelles Wissen bildet es die theoretische Basis für das vorgeordnete Sach- und Prozesswissen und steht damit diesen gegenüber auf einer Metaebene. Mit dem Reflexionswissen steht und fällt der Anspruch einer Kompetenz (und deren Erwerb). Seine Bestimmung erfolgt im Hinblick auf a) das unmittelbare Verständnis des Sach- und Prozesswissens (Erklärungsfunktion), b) die breitere wissenschaftliche Abstützung des Sach- und Prozesswissens (Fundierungsfunktion) und c) die Relativierung des Sach- und Prozesswissens im Hinblick auf dessen berufliche Flexibilisierung und Dynamisierung (Transferfunktion). Umfang und Tiefe des Reflexionswissens werden ausschließlich so bestimmt, dass diesen drei Funktionen Rechnung getragen wird.

In der Trias der drei Wissenskategorien besteht ein bedeutsamer Zusammenhang: Das Sachwissen muss am Prozesswissen anschließen und umgekehrt, das Reflexionswissen muss sich auf die Hintergründe des Sach- und Prozesswissens eingrenzen. D. h., dass Wissensbestandteile nur dann kompetenzrelevant und anzuführen sind, wenn sie innerhalb des eingrenzenden Handlungsrahmens liegen. Eine Teilkompetenz ist somit das Aggregat aus einer beruflichen Handlung und dem damit korrespondierenden Wissen:

Teilkompetenz			
Berufliche Handlung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen

Innerhalb der einzelnen Lernfelder sind die einbezogenen Teilkompetenzen nicht zufällig angeordnet, sondern folgen einem generativen Ansatz, d. h. dass sie aufeinander aufbauen. Somit gelten innerhalb eines Lernfelds alle Wissensaspekte, die in den vorausgehenden Teilkompetenzen konkretisiert wurden. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Kompetenzen in einer sachlogischen Abfolge aufgebaut werden, dabei aber vermeiden, dass innerhalb der Wissenszuordnungen der Teilkompetenzen nach unten zunehmend Redundanzen dargestellt werden.

3.4 Zielkategorien

Alle im Lehrplan aufgeführten Ziele lassen sich den folgenden Kategorien zuordnen:

1. Beruflich akzentuierte Zielkategorien: Kommunizieren & Kooperieren, Darstellen & Visualisieren, Informieren & Strukturieren, Planen & Projektieren, Entwerfen & Entwickeln, Realisieren & Betreiben sowie Evaluieren & Optimieren.
2. Mathematisch akzentuierte Zielkategorien: Operieren, Modellieren und Argumentieren.

Diese Kategorisierung soll den Lehrplan in beruflicher Ausrichtung mit dem Konzept der vollständigen Handlung (VOLPERT 1980) hinterlegen und in mathematischer Ausrichtung mit dem O-M-A-Konzept (SILLER ET AL. 2014). Damit wird zum einen eine theoretisch ab-

gestützte Differenzierung der vielfältigen Ziele beruflicher Lehrpläne erreicht und zum anderen die strukturelle Basis für eine nachvollziehbare und handhabbare Taxierung herstellt.

3.4.1 Beruflich akzentuierte Zielkategorien

Kommunizieren und Kooperieren

Zum Kommunizieren gehören die schriftliche und mündliche Darlegung technischer, gestalterischer und betriebswirtschaftlicher Sachverhalte sowie die Führung einer Diskussion oder eines Diskurses über Problemstellungen unter Nutzung der erforderlichen Fachsprache. Das Spektrum der Zielkategorie reicht von einfachen Erläuterungen über die fachlich fundierte Argumentation bis hin zur fachlichen Bewertung und Begründung technischer bzw. gestalterischer Zusammenhänge und Entscheidungen. Dabei sind die Sachverhalte und Problemstellungen inhaltlich klar, logisch strukturiert und anschaulich aufzubereiten. Der sachgemäße Gebrauch von Kommunikationsmedien und -plattformen sowie die Kenntnis der Kommunikationswege ermöglichen effektive Teamarbeit. Nicht zuletzt sind in diesem Zusammenhang der angemessene Umgang mit interkulturellen Aspekten sowie fremdsprachliche Kenntnisse erforderlich.

Kooperation ist eine wesentliche Voraussetzung zur Lösung komplexer Problemstellungen. Notwendig für eine erfolgreiche Kooperation ist Klarheit über die Gesamtzielsetzung, die Teilziele, die Schnittstellen und die Randbedingungen sowie über die Arbeitsteilung und die Stärken und Schwächen aller Kooperationspartner. Um erfolgreich zu kooperieren, ist es erforderlich, die eigene Person und Leistung als Teil eines Ganzen zu sehen und einem gemeinsamen Ziel unterzuordnen. Auftretende Konflikte müssen respektvoll und sachbezogen gelöst werden.

Darstellen und Visualisieren

Diese Zielkategorie umfasst das Darstellen und Illustrieren technischer, gestalterischer und betriebswirtschaftlicher Sachverhalte, insbesondere das „Übersetzen“ abstrakter Daten und dynamischer Prozesse in fachgerechte Tabellen, Zeichnungen, Skizzen, Diagramme und weitere grafische Formen sowie beschreibende und erläuternde Texte. Dazu gehört es, geeignete Medien zur Visualisierung zu wählen und Sachverhalte, Problemstellungen und Lösungsvarianten in Dokumenten und Präsentationen darzustellen und zu erläutern. Ferner sind bei der Erstellung von Dokumenten die geltenden Normen und Konventionen zu beachten.

Informieren und Strukturieren

Das Internet bietet in großer Fülle Information zu vielen technischen, gestalterischen und betriebswirtschaftlichen Sachverhalten. Weitere Informationsquellen sind die wissenschaftliche Literatur und Dokumente aus den Betrieben und der Industrie sowie die Aussagen von Experten und Kollegen. Sich umfassend und objektiv zu informieren stellt angesichts dieser Vielfalt eine grundsätzliche und wichtige Kompetenz dar. Die Studierenden sollen die Fähigkeit erwerben, wichtige Informationsquellen zu Sachverhalten und Problemstellungen zu benennen sowie die Glaubwürdigkeit und Seriosität dieser Quellen anhand belastbarer Kriterien zu bewerten. Das Spektrum dieser Zielkategorie beinhaltet ferner die korrekte und sachgerechte Verwendung von Zitaten und die Beachtung von Persönlichkeitsrechten. Mit dem Erwerb von Informationen geht ihre Strukturierung durch zielgerechtes Auswählen, Zusammenfassen und Aufbereiten einher.

Planen und Projektieren

Diese Zielkategorie beinhaltet die wesentlichen Fertigkeiten und Kenntnisse, um komplexere und umfangreichere Aufgaben- oder Problemstellungen inhaltlich wie auch zeitlich zu strukturieren, mit Qualitätssicherungsmaßnahmen zu belegen und die Kosten und Ressourcen zu kalkulieren und zu bewerten. Im Detail gehören dazu die Fähigkeiten, überprüfbare Kriterien und Planungsziele zu definieren und deren Umsetzung zu planen und zu kontrollieren. Die zeitliche und inhaltliche Gliederung der Aufgaben ist zu Zwecken der Kontrolle und Steuerung sowie der Kooperation und Visualisierung durch eine begründete Wahl von Projektmethoden und Werkzeugen sicherzustellen.

Entwerfen und Entwickeln

Das Entwerfen ist die zielgerichtete geistige und kreative Vorbereitung eines später zu realisierenden Produktes. Dieses Produkt kann beispielsweise ein Modell, eine Kollektion, eine Vorrichtung, eine Schaltung, eine Baugruppe, ein Steuerungsprogramm oder auch ein Regelkreis sein. Das Ergebnis dieses Prozesses – der Entwurf – wird in Form von Texten, Zeichnungen, Grafiken, (Näh-)Proben, Schnittmustern, Schaltplänen, Modellen oder Berechnungen dokumentiert.

Entwickeln ist die zielgerichtete Konkretisierung eines Entwurfs oder die Verbesserung eines vorhandenen Produkts oder eines technischen Systems. Dabei bilden die Studierenden stufenweise Detaillösungen zu den Problemstellungen ab. Die Kenntnis über Kreativitätstechniken, Analyse- und Berechnungsmethoden sowie deren fachspezifische Anwendungen spielen in diesem Prozess eine zentrale Rolle.

Realisieren und Betreiben

Neben der eigentlichen Umsetzung eines Entwurfs (z. B. eines Prototyps, einer Nullserie oder einer Testanlage) geht es hier um die Inbetriebnahme und die Einbindung eines Produkts in die Produktumgebung, das Messen und Prüfen der realisierten Komponenten und Modelle, die konkrete Fertigung, auch in Form einer Serie, die Integration eines Softwaremoduls in ein Softwaresystem, die Integration von Software und Hardware oder das Testen einer implementierten Software oder eines Verfahrens möglichst unter Realbedingungen. Dabei können auch geeignete Simulationsverfahren zum Einsatz kommen. Gewonnene Erkenntnisse können auf neue Problemstellungen transferiert werden. Damit ein technisches System dauerhaft funktioniert, sind ggf. Instandhaltungsmaßnahmen rechtzeitig, bedarfsgerecht und geplant unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit des gesamten Systems durchzuführen.

Evaluieren und Optimieren

Im Interesse der Qualitätssicherung ist ein stetiges Reflektieren, Evaluieren und Optimieren erforderlich. Sowohl bei überschaubaren Arbeitspaketen als auch bei ganzen Projekten sind hinsichtlich der eingesetzten Methoden, Ressourcen, Kosten und erbrachten Ergebnisse folgende Fragen zu klären: Was hat sich bewährt und was sollte bei der nächsten Gelegenheit wie verbessert werden (*Lessons Learned*)?

Die Kenntnis und Anwendung spezieller Methoden der Reflexion und Evaluation mit der dazugehörigen Datenerfassung und Auswertung sind in dieser Zielkategorie essenziell.

Jeder Prozess oder jede Anlage bedarf eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP). Dafür sind spezielle Kompetenzen notwendig, die die Datenerfassung, die Datenauswertung zur Identifikation von Verbesserungspotenzial und die Entscheidung für Maßnahmen unter Berücksichtigung von Effektivität und Effizienz ermöglichen.

Zur Bewältigung zukünftiger Herausforderungen im Privaten wie Beruflichen ist es wichtig, sich selbstbestimmt und selbstverantwortlich neuen Lerninhalten und Lernzielen zu stellen. Die Studierenden sollen deshalb unterschiedliche Lerntechniken kennen und anwenden sowie über das Reflektieren des eigenen Lernverhaltens in die Lage versetzt werden, ihren Lernprozess aus der Perspektive des lebenslangen Lernens bewusst und selbstständig zu gestalten und zu fördern.

3.4.2 Mathematisch akzentuierte Zielkategorien

Den mathematisch akzentuierten Zielkategorien werden die Handlungsdimensionen *Operieren*, *Modellieren* und *Argumentieren* (kurz: O-M-A) zugrunde gelegt, welche sich nach SILLER ET. AL (2014) zum einen an grundlegenden mathematischen Tätigkeiten und zum anderen an den fundamentalen Ideen der Mathematik orientieren.

Die Dimension *Operieren* bezieht sich auf „die Planung sowie die korrekte, sinnvolle und effiziente Durchführung von Rechen- oder Konstruktionsabläufen und schließt z. B. geometrisches Konstruieren oder (...) das Arbeiten mit bzw. in Tabellen und Grafiken mit ein“ (BIFIE, 2013, S. 21).

Die Dimension *Modellieren* ist darauf ausgerichtet „in einem gegebenen Sachverhalt die relevanten mathematischen Beziehungen zu erkennen (...), allenfalls Annahmen zu treffen, Vereinfachungen bzw. Idealisierungen vorzunehmen und Ähnliches“ (BIFIE, 2013, S. 21).

Die Dimension *Argumentieren* fokussiert „eine korrekte und adäquate Verwendung mathematischer Eigenschaften, Beziehungen und Regeln sowie der mathematischen Fachsprache“ (BIFIE, 2013, S. 22).

3.5 Taxierung der Kompetenzen in drei Stufen

Die Qualität einer fachlich-methodischen Kompetenz kann nicht anhand einzelner Wissenskomponenten bemessen werden. Entscheidend ist hier vielmehr der Freiheitsgrad des Handlungsraums, in den sie eingebettet ist. Nicht diejenigen, die hier in einzelnen Facetten das breiteste Wissen nachweisen können, sind die Kompetentesten, sondern diejenigen, deren Handlungsfähigkeit im einschlägigen Kontext am weitesten reicht. Hier lassen sich theoriebasiert drei Handlungsqualitäten unterscheiden:

Qualität 1 (linear-serielle Struktur):

Start und Ziel sind eindeutig, umgesetzt wird durch „reflektiertes Abarbeiten“ (Abfolgen).

Qualität 2 (zyklisch-verzweigte Struktur):

Start und Ziel sind eindeutig, umgesetzt wird durch das koordinierte Abarbeiten mehrerer Abfolgen und damit zusammenhängender Auswahlentscheidungen (Algorithmen).

Qualität 3 (mehrschichtige Struktur):

Ziel und Start müssen definiert werden, umgesetzt wird durch Antizipieren tragfähiger Algorithmen bzw. deren Erprobung und durch reflektierte Kombination (Heuristiken).

Es ist erkennbar, dass die jeweils höhere Qualität die vorausgehende integriert. Handeln auf Ebene des Algorithmus bedingt die Beherrschung der darin zu vollziehenden Abfolgen, Handeln auf Heuristik-Ebene bedingt die Beherrschung der darin zu vollziehenden Algorithmen. Für die Qualität 1 ist daher Reflexionswissen funktional nicht erforderlich, trotz-

dem ist es für Lernende bedeutsam, da ein Verständnislernen immer interessanter und motivierender ist als ein rein funktionalistisches Lernen. Für Qualität 2 ist ein Mindestmaß an Reflexionswissen erforderlich, da hier schon Entscheidungen eigenständig getroffen werden müssen. Mit dem Anspruchsniveau der erforderlichen Entscheidungen steigt der Bedarf an Reflexionswissen. Qualität 3 kann nur umgesetzt werden, wenn über das Reflexionswissen der Stufe 2 hinaus weiteres Reflexionswissen verfügbar ist, welches neben, hinter oder über diesem steht. Um komplexe Probleme zu lösen, sind kognitive Freiheitsgrade erforderlich, die nur mit einem entsprechend tiefen Verständnis der jeweiligen Zusammenhänge erreicht werden können.

Diese Handlungsqualitäten können für den Lehrplan als Kompetenzstufen genutzt werden, denn sie repräsentieren Kompetenzunterschiede, die nicht als Kontinuum darstellbar sind, sondern diskrete Niveaustufen bilden. Um die in den Lernfeldern aufgelisteten Kompetenzbeschreibungen nicht zu überladen, wird im vorliegenden Lehrplan nicht jede einzelne Kompetenz in den drei Niveaustufen konkretisiert. Vielmehr erfolgt dies entlang der beruflichen und mathematischen Zielkategorien.

3.5.1 Taxonomietabelle für beruflich akzentuierte Zielkategorien

Zielkategorien	Stufe I (Abfolge)	Stufe II (Algorithmus)	Stufe III (Heuristik)
Kommunizieren & Kooperieren	Informationen mitteilen und annehmen, koagierend arbeiten	an konstruktiven, adaptiven Gesprächen teilnehmen, kooperierend arbeiten	komplexe bzw. konfliktäre Gespräche führen, Kooperationen gestalten und steuern, Konflikte lösen
Darstellen & Visualisieren	klare Gegenständlichkeiten, Fakten, Strukturen und Details präsentieren	eindeutige Zusammenhänge und Funktionen mittels geeignet ausgewählter Darstellungsformen präsentieren	komplexe Zusammenhänge und offene Sachverhalte mittels geeigneter Werkzeuge und Methoden präsentieren und dokumentieren
Informieren & Strukturieren	Informationsmaterialien handhaben, Informationen finden und ordnen	einschlägige Informationsmaterialien finden, verifizieren und selektieren sowie Informationen ordnen	offene Informationsbedarfe, von der Quellensuche bis zur strukturierten Information umsetzen
Planen & Projektieren	Problemstellungen inhaltlich strukturieren und zeitlich gliedern	routinenaher Projekte inhaltlich strukturieren und zeitlich gliedern	komplexe Projekte unter Beachtung verfügbarer Ressourcen inhaltlich strukturieren und zeitlich gliedern
Entwerfen & Entwickeln	einfache Ideen in Skizzen, Plänen oder konkreten Lösungen umsetzen	konkurrierende Ideen abgleichen, in Skizzen, Plänen oder konkreten Lösungen umsetzen	einzelne Ideen zu einer Gesamtlösung integrieren, in Skizzen, Plänen oder konkreten Lösungen umsetzen
Realisieren & Betreiben	serielle Prozesse aktivieren und kontrollieren	zyklische Prozesse aktivieren und regulieren	mehrschichtige Prozesse abstimmen, aktivieren und modulieren
Evaluieren & Optimieren	entlang eines standardisierten Rasters bewerten, unmittelbare Konsequenzen umsetzen	entlang eines offenen Rasters bewerten, adäquate Konsequenzen herleiten und umsetzen	in Anwendung eigenständiger Kategorien bewerten, adäquate Konsequenzen herleiten und umsetzen

3.5.2 Taxonomietabelle für mathematisch akzentuierte Zielkategorien

Zielkategorien	Stufe I (Abfolge)	Stufe II (Algorithmus)	Stufe III (Heuristik)
mathematisches Operieren	ein gegebenes bzw. vertrautes Verfahren im Sinne eines Abarbeitens bzw. Ausführens anwenden	mehrschrittige Verfahren ggf. durch Rechnereinsatz und Nutzung von Kontrollmöglichkeiten abarbeiten und ausführen	erkennen, ob ein bestimmtes Verfahren auf eine gegebene Situation passt, das Verfahren anpassen und ggf. weiterentwickeln
mathematisches Modellieren	einen Darstellungswechsel zwischen Kontext und mathematischer Repräsentation durchführen vertraute und direkt erkennbare Standardmodelle zur Beschreibung einer vorgegebenen (mathematisierten) Situation verwenden	vorgegebene (mathematisierte) Situation durch mathematische Standardmodelle bzw. mathematische Zusammenhänge beschreiben Rahmenbedingungen zum Einsatz von mathematischen Standardmodellen erkennen und setzen Standardmodellen auf neuartige Situationen anwenden eine Passung zwischen geeigneten mathematischen Modellen und realen Situationen finden	eine vorgegebene komplexe Situation modellieren Lösungsvarianten bzw. die Modellwahl reflektieren zugrunde gelegte Lösungsverfahren beurteilen
mathematisches Argumentieren	einfache fachsprachliche Begründungen ausführen; das Zutreffen eines Zusammenhangs oder Verfahrens bzw. die Anwendung eines Begriffs auf eine gegebene Situation prüfen	mehrschrittige mathematische Standard-Argumentationen durchführen und beschreiben mathematischen Begriffen, Sätzen, Verfahren, Darstellungen, Argumentationsketten und Kontexten nachvollziehen und erläutern einfache mathematische Sachverhalte, Resultate und Entscheidungen fachlich und fachsprachlich korrekt erklären	mathematische Argumentationen prüfen bzw. vervollständigen eigenständige Argumentationsketten aufbauen

3.6 Zusammenfassung

Das hier zugrundeliegende Kompetenzmodell schließt drei Kompetenzklassen nach ER-PENBECK, ROSENSTIEL, GROTE, SAUTER (2017, XXI ff.) ein: sozial-kommunikative Kompetenzen, personale Kompetenzen (bzw. Selbstkompetenzen) und fachlich-methodische Kompetenzen.

Sozial-kommunikative Kompetenzen werden nach EULER & REEMTSMA-THEIS (1999) in einen agentiven Schwerpunkt, einen reflexiven Schwerpunkt und die Integration der beiden unterteilt. Personale Kompetenzen (bzw. Selbstkompetenzen) werden nach LERCH (2013) in motivational-affektive und strategisch-organisatorische Komponenten unterschieden. Für diese beiden Kompetenzklassen sieht der Lehrplan keine weitere Detaillierung vor, da die Entwicklung überfachlicher Kompetenzen – durch deren enge Verschränkung mit der persönlichen Entwicklung des Individuums – deutlich anderen Gesetzmäßigkeiten unterliegt als die Entwicklung fachlich-methodischer Kompetenzen. Eine Anregung und Unterstützung in der Entwicklung überfachlicher Kompetenzen durch den Fachschulunterricht kann daher auch nicht entlang einer jahresplanmäßigen Umsetzung einzelner, thematisch determinierter Lernstrecken erfolgen, sondern muss vielmehr fortlaufend produktiv und gleichzeitig reflexiv in die Vermittlung fachlich-methodischer Kompetenzen eingebettet werden.

Im Zentrum dieses Lehrplankonzepts stehen die fachlich-methodischen Kompetenzen und deren differenzierte und taxiierte curriculare Dokumentation. Teilkompetenzen sind hierbei Aggregate aus spezifischen beruflichen Handlungen und dem diesen jeweils zugeordneten Wissen. Dabei unterscheidet man zwischen Sach-, Prozess- und Reflexionswissen. Als Basis für einen kompetenzorientierten Unterricht konkretisiert dieser Lehrplan zusammenhängende Komplexe aus Handlungs- und Wissenskomponenten auf einem mittleren Konkretisierungsniveau. Der Fachschulunterricht wird dann erstens durch die Explikation und Konkretisierung der Handlungs- und Wissenskomponenten inhaltlich ausgestaltet und zweitens durch die Umsetzung der Taxonomietabellen (Tabellen in Abschnitt 3.5.1 und 3.5.2) in seinem Anspruch dimensioniert. Damit besteht einerseits eine curriculare Rahmung, die dem Anspruch eines Kompetenzstufenmodells gerecht wird, und zum anderen liegen die für Fachschulen erforderlichen Freiheitsgrade vor, um der Heterogenität der Adressatengruppen gerecht werden und dem technologischen Wandel folgen zu können.

4 Organisation der Kompetenzen und Kenntnisse

4.1 Lernfeldbegriff und Aufbau der Lernfeldbeschreibungen

Wie der vorausgehende Lehrplan ist auch dieser in Lernfelder segmentiert. Als Novität wird hier nun zwischen berufsbezogenen Lernfeldern und Querschnitt-Lernfeldern unterschieden (Abbildung 1).

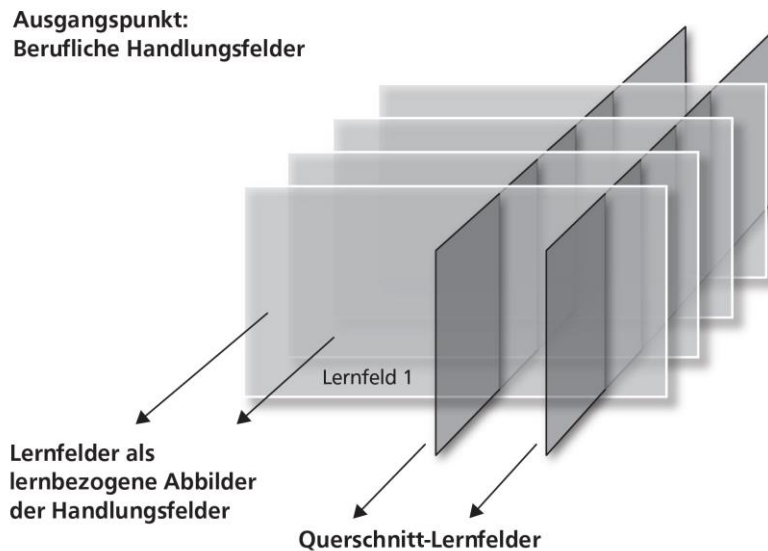


Abbildung 1: Beziehung zwischen berufsbezogenen Lernfeldern als lernbezogene Abbilder beruflicher Handlungsfelder und Querschnitt-Lernfeldern.

Berufsbezogene Lernfelder sind curriculare Teilsegmente, welche sich aus einer spezifischen didaktischen Transformation beruflicher Handlungsfelder ergeben (BADER, 2004, S. 1). Wesentlich ist hierbei, dass die für das jeweilige Berufssegment wesentlichen Tätigkeitsbereiche adressiert werden. Relevante berufliche Handlungsfelder haben Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung. Ihre didaktische Reduktion in das Format eines Lernfelds folgt dem Prinzip der Exemplarität (KLAFFKI, 1964). Somit steht jedes einzelne Lernfeld des Lehrplans für einen gegenwarts- und zukunftsrelevanten Ausschnitt des dazugehörigen Berufssegments. Zusammen repräsentieren die Lernfelder das Berufssegment als exemplarisches Gesamtgefüge.

Querschnitt-Lernfelder integrieren übergreifende Aspekte der berufsbezogenen Lernfelder und adressieren entsprechend primär Grundlagenthemen, welche innerhalb der berufsbezogenen Lernfelder bedeutsam sind, jedoch diesbezüglich vorbereitend oder ergänzend vermittelt werden müssen. Insbesondere handelt es sich hier um mathematische, naturwissenschaftliche, informatische, volks- und betriebswirtschaftliche, gestalterische und ästhetische Kenntnisse bzw. Fertigkeiten, die sich im Hinblick auf die Berufskompetenzen als Basis- oder Bezugskategorien darstellen. Zu den Querschnitt-Lernfeldern gehört die fachrichtungsbezogene Mathematik.

Innerhalb jeder Lernfeldbeschreibung werden Lernfeldnummer, -bezeichnung und Zeithorizont sowie insbesondere die Lernziele dargestellt. Die Abfolge der Lernfelder im Lehrplan ist nicht beliebig, impliziert jedoch keine Reihenfolge der Vermittlung. In den *berufsbezogenen* Lernfeldern werden die Lernziele durch (weitgehend fachlich-methodische) Kompetenzen beschrieben (TENBERG, 2011, S. 61 ff.). Dies erfolgt in Aggregaten aus beruflichen

Handlungen und zugeordnetem Wissen. Die Lehrplaninhalte sind angesichts der Streuung und Unschärfe beruflicher Tätigkeitsspektren in den jeweiligen Segmenten sowie der Dynamik des technisch-produktiven Wandels auf einem mittleren Konkretisierungsniveau angelegt. Zur Taxierung dieser Lernziele liegt eine eigenständige Tabelle (siehe Abschnitt 3.5.1) vor, welche nach Zielkategorien geordnet die jeweils erforderlichen Handlungsqualitäten für die Stufen 1 (Minimalanspruch), 2 (Regelanspruch) und 3 (hoher Anspruch) konkretisiert. Zur Taxierung der Lernziele in der Mathematik (beruflicher Lernbereich) liegt eine gesonderte Tabelle (siehe Abschnitt 3.5.2) mit gleichem Aufbau vor. In den übrigen *Querschnitt*-Lernfeldern werden die Lernziele entweder durch Kenntnisse oder durch Fertigkeiten beschrieben. Sie werden dabei weder taxiert noch zeitlich näher präzisiert, da dieses nur im Rahmen der schulspezifischen Umsetzung möglich und sinnvoll erscheint. Als Orientierung dient hier jeweils der in den berufsbezogenen Lernfeldern konkret feststellbare Anspruch an übergreifende Aspekte.

4.2 Stundenübersicht

Für jedes Lernfeld und die Projektarbeit dürfen die Unterrichtsstunden innerhalb der angegebenen Grenzen variieren, wobei die Gesamtstundenzahl 2000 im beruflichen Lernbereich⁵ in Summe erreicht werden muss. Für alle Studierenden eines Jahrgangs muss der Stundenumfang für die individuelle Projektarbeit gleich sein.

Beruflicher Lernbereich	Unterrichtsstunden	
	1. Ausbildungsabschnitt	2. Ausbildungsabschnitt
Mathematik	200	
Projektarbeit		200-240
Lernfelder		
LF 1	Projekte mittels systematischen Projektmanagements zum Erfolg führen	80-120
LF 2	Mechanische Baugruppen und Funktionseinheiten analysieren, planen und prüfen	160-240
LF 3	Elektrische, elektronische und elektromechanische Systeme analysieren, planen und in Betrieb nehmen	160-240
LF 4	Anwendungen programmieren, Daten auswerten und dokumentieren	80-120
LF 5	Informationstechnische Systeme und Netzwerke einrichten, anpassen und nutzen	120-160
LF 6	Steuerungen und Regelungen für fertigungstechnische Prozesse planen, bereitstellen, in Betrieb nehmen und optimieren	160-240
LF 7	Automatisierte Messdatenerfassungssysteme entwickeln sowie Bussysteme auswählen und prozessbezogen in Betrieb nehmen	120-200
LF 8	Speicherprogrammierbare Steuerungen für komplexe mechatronische Systeme programmieren und optimieren	120-200
LF 9	Fertigungstechnische Prozesse unter Berücksichtigung von Qualitätsmanagement und Arbeitssicherheit erarbeiten sowie weiterentwickeln	80-160
LF 10	Industrieroboter prozessbezogen auswählen, simulieren und programmieren	160-240

⁵ Zur Begünstigung eines Wechsels des Schwerpunktes ist die Aufteilung der Lernfelder in einen ersten und zweiten Ausbildungsabschnitt als Empfehlung zu betrachten.

4.3 Beruflicher Lernbereich

4.3.1 Mathematik (Querschnitt-Lernfeld) [200h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	MATHEMATIK		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... handhaben algebraische Verfahren, beispielsweise zur Auslegung elektrischer Netze sowie ebener Trag- und Fachwerke.	Zahlenmengen (natürliche, , ganze, rationale, irrationale und reelle Zahlen) algebraische Gleichungen (linear, quadratisch, exponentiell, gemischt) lineare Gleichungssysteme Potenz- und Logarithmusregeln	Anwendung von Standardlösungsverfahren (z. B. Äquivalenzumformung, Gleichsetzungsverfahren, Einsetzverfahren, Additionsverfahren, Gaußalgorithmus) Methoden der Abschätzung Ergebniskontrolle Umgang mit einem wissenschaftlichen Taschenrechner (WTR)	Axiome des mathematischen Körpers Operatoren Rechengesetze • Kommutativgesetz • Assoziativgesetz • Distributivgesetz
... handhaben mathematische Funktionen zur Modellierung und Lösung, auch mittels Software, u. a. im Rahmen technischer und wirtschaftlicher Problemstellungen, wie Kennlinien von Bauelementen, Ladekurve eines Kondensators, Schnittgrößen und Biegelinien von Trägern.	Darstellungsformen und Funktionsvorschriften • ganzrationale Funktionen, insbesondere lineare und quadratische • trigonometrische Funktionen • Exponentialfunktionen Charakteristika • Steigung • Nullstellen, Abszissenabstand • Schnittpunkt • Scheitelpunkt • Periodizität • Werte- und Definitionsbereich	Berechnung der Charakteristika Wechsel der Darstellungsformen • Normal- und Scheitelpunktform sowie Linearfaktorform • implizite und explizite Funktionsvorschrift • Graph und Wertetabelle Funktionsermittlung Differenzenquotient Funktionsdarstellung mittels Software Konstruktion trigonometrischer Funktionen mithilfe des Einheitskreises	trigonometrische Grundlagen Relationen und Abbildungen • kartesisches Produkt • Surjektivität, Injektivität, Bijektivität • Funktionsbegriff • mathematisches Modell vs. Realbezug

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	MATHEMATIK		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... nutzen geometrische und trigonometrische Verfahren zur Lösung geometrischer Problemstellungen u. a. im Rahmen konstruktiver, steuerungs- und fertigungstechnischer Aufgabenstellungen.	Satz des Pythagoras trigonometrische Seitenverhältnisse Einheitskreis Sinus- und Kosinussatz Flächen und Volumina von geometrischen Formen und Körpern	Berechnung von Längen, Abständen und Winkeln Berechnung realer Flächen und Körper	Ähnlichkeits- und Kongruenzsätze für Dreiecke Strahlensatz euklidische Axiome
... verwenden Verfahren der analytischen Geometrie und linearen Algebra, beispielsweise zur Darstellung von Kräften als Vektoren.	Vektoren • Vektorkomponenten • Schreibweisen Vektoroperationen • Skalierung • Vektoraddition • Skalarprodukt orthogonale, parallele und linear unabhängige Vektoren	Addition und Subtraktion von Vektoren Beschreibung geometrischer Körper im Raum mittels Vektoren Winkelberechnung mit Skalarprodukt	Vektor als Parallelverschiebung bzw. Translation im Raum trigonometrische Grundlagen
... setzen statistische Methoden ein, beispielsweise im Rahmen der Qualitätssicherung.	statistische Kenngrößen • arithmetisches Mittel • Median • Varianz • Standardabweichung Fehlerfortpflanzung	Datenerfassung und -darstellung Berechnung statistischer Kenngrößen (auch mithilfe von Software) Berechnung von Fehlern indirekt gemessener Größen	deskriptive Statistik empirische Verfahren
HINWEISE:	Wann immer möglich, sollten Anwendungsbeispiele aus dem Kontext der anderen Lernfelder des Schwerpunktes gewählt werden.		

4.3.2 Projektarbeit [200-240h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	Vorbemerkung	Organisatorische Hinweise
<p>... analysieren und strukturieren eine Problemstellung und lösen sie praxisgerecht.</p> <p>... bewerten und präsentieren das Handlungsprodukt und den Arbeitsprozess.</p> <p>... berücksichtigen Aspekte wie Wirtschaftlichkeit, Energie- und Rohstoffeinsatz, Arbeitsergonomie und -sicherheit, Haftung und Gewährleistung, Qualitätssicherung, Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sowie Entsorgung und Recycling.</p> <p>... legen besonderen Wert auf die Förderung von Kommunikation und Kooperation.</p>	<p>Für die Projektarbeit werden fachrichtungsbezogene und lernfeldübergreifende Aufgaben bearbeitet, die sich aus den betrieblichen Einsatzbereichen von Technikerinnen und Technikern ergeben. Die Aufgabenstellungen sind so offen zu formulieren, dass sie die Aktivität der Studierenden in der Gruppe herausfordern und unterschiedliche Lösungsvarianten zulassen. Durch den lernfeldübergreifenden Ansatz können Beziehungen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Fächern und Lernfeldern hergestellt werden. Die Projektarbeit findet interdisziplinär statt. In allen Fächern und Lernfeldern soll die methodische Vorbereitung für die Durchführung der Projekte über eine entsprechende Problem- und Aufgabenorientierung geleistet werden.</p>	<p>Die Zielvorstellungen, die inhaltlichen Anforderungen sowie die Durchführungsmodalitäten werden mit den Studierenden besprochen. In der Regel sollen Projekte aus der betrieblichen Praxis in Kooperation mit Betrieben bearbeitet werden. Die Vorschläge für Projektaufgaben sind durch einen Anforderungskatalog möglichst genau zu beschreiben.</p> <p>Alle eingebrachten Projektvorschläge werden durch die zuständige Konferenz z. B. auf Realisierbarkeit und Finanzierbarkeit geprüft, ausgewählt und beschlossen. Jede Projektarbeit wird von einem Lehrkräfteteam betreut. Die in LF1 „Projekte erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten sollen angewendet werden.</p> <p>Es empfiehlt sich während der Projektphase Projekttag einzuführen, an denen die am Projekt beteiligten Lehrkräfte nach Rücksprache beratend zur Verfügung stehen. Während dieser Zeit können die Studierenden die Projektarbeit beim Auftraggeber im Betrieb und / oder in den Räumlichkeiten der Schule durchführen. Da es sich um eine Schulveranstaltung handelt, besteht für sie während dieser Tätigkeit ein Versicherungsschutz für Unfall- und Haftpflichtschäden.</p>

4.3.3 Lernfeld 1: Projekte mittels systematischen Projektmanagements zum Erfolg führen [80h–120h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF1: PROJEKTE MITTELS SYSTEMATISCHEN PROJEKTMANAGEMENTS ZUM ERFOLG FÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... kommunizieren effizient und organisieren sich selbst im Projektgeschehen.	Präsentationstechniken Kommunikationssituationen Führung Motivation Konflikte und Krisen Zeitmanagement Arbeitsteilung klassische und agile Vorgangsmodelle im Projektmanagement	Vorbereitung und Durchführung einer Präsentation Vorbereitung und Durchführung eines Projektmeetings Analyse eines Konflikts Durchführung und Dokumentation eines Problemlösungsverfahrens Planung und Einteilung der eigenen Arbeitszeit	Kommunikationsmodelle Effektivität als Prinzip Prinzip der systematischen Kommunikation Bedeutung von Selbst- und Fremdwahrnehmung für Konfliktmanagement und Führung hybrides Projektmanagement
... initialisieren und definieren ein Vorhaben als Projekt.	Inhalt und Bedeutung der Projektphasen Projekttypen Projekt- und Projektmanagementdefinition Kreativitätstechniken Projektziele: <ul style="list-style-type: none"> • Qualität • Kosten und Termine • Leistungsziele etc. 	Moderation kreativer Prozesse Zielfindung, -formulierung und -abgrenzung Strukturierung der Projektziele	Prinzip der Zielorientierung
... planen eine Projektdurchführung.	Meilensteine Projektaufwand und -budget sachliche und soziale Projektumfeldfaktoren Risiken, Chancen und Maßnahmen zur Risikominderung Unternehmens- und Projektorganisationsformen sowie Rollen im Projekt Lasten- und Pflichtenheft, Projektauftrag	Phasenplanung Beurteilung eines Projekts auf Machbarkeit Projektumfeldanalyse Risikoanalyse Aufstellung einer Projektorganisation Erstellung des Projektauftrags Erstellung des Projektstrukturplans	Prinzip der Ergebnisorientierung Prinzip der personalisierten Verantwortungen

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF1: PROJEKTE MITTELS SYSTEMATISCHEN PROJEKTMANAGEMENTS ZUM ERFOLG FÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	und Projekthandbuch Projektstrukturplan und Arbeitspakete Ablauf- und Terminplan Einsatzmittel-, Kapazitäts- und Kostenplan	Durchführung einer Ablauf- und Terminplanung Erstellung einer Einsatzmittel- und Kostenplanung	
... realisieren das Projekt.	Kosten- und Termintrendanalyse Berichtswesen Projektsteuerung	Stakeholder-Management Risikomanagement Überwachung und Steuerung der Projektrealisierung Erstellung, Pflege, und Kommunikation der Projektdokumentation	PM-Regelkreis Prinzip des rechtzeitigen Handelns
... schließen das Projekt ab.	Übergabeprotokoll Endabnahme	Abschluss der Projektdokumentation Projektübergabe und Abschlusspräsentation Projektreflexion Lessons Learned	
HINWEISE:	Die Kompetenzen in diesem Lernfeld orientieren sich an der Individual Competence Baseline (ICB), siehe auch https://www.gpm-ipma.de/know_how/pm_normen_und_standards/standard_icb_4.html .		

4.3.4 Lernfeld 2: Mechanische Baugruppen und Funktionseinheiten analysieren, planen und prüfen [160h-240h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF2: MECHANISCHE BAUGRUPPEN UND FUNKTIONSEINHEITEN ANALYSIEREN, PLANEN UND PRÜFEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... analysieren und bestimmen Kräfte und Momente an technischen Systemen.	allgemeines und zentrales Kräftesystem Kräfte und Momente an rotierenden Bauteilen Lager- und Gelenkanordnung	Freimachen von Bauteilen Auflagerberechnung Berechnung von Kraft- und Momentverläufen	Newton'sche Axiome
... analysieren und bestimmen Spannungen an Maschinenelementen und Bauteilen.	Beanspruchungsarten Lastfälle Spannungen und Verformungen an Bauteilen Reibungskräfte zulässige Spannungen für statische und dynamische Belastungen Widerstandsmomente für Standardformen	Berechnung auftretender Spannungen und Verformungen Dimensionierung von Maschinenelementen und Bauteilen Abstraktion/Idealisierung der Wirklichkeit	Reibung Widerstandsmomente • Flächenträgheitsmoment • Torsionsmoment
... wählen begründet geeignete Werkstoffe für Bauteile und Baugruppen aus.	technologische Einteilung von Werkstoffen Eigenschaften und Kenngrößen von Werkstoffen Kennzeichnung von Werkstoffen	Auswahl von Werkstoffen nach physikalischen, technologischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien	physikalischer Aufbau von Werkstoffen
... erstellen Handskizzen und konstruieren Bauteile und Baugruppen normgerecht mit Hilfe von CAD-Systemen.	einschlägige Normen und Regelwerke für die Darstellung und Bemaßung von Bauteilen Toleranzen und Passungen Stücklisten für Baugruppen CAD-Systeme	Konstruktion von Einzelteilen und Baugruppen fachgerechte Auswahl anhand von Regelwerken und Katalogen Darstellung von Baugruppen mit Stücklisten Anwendung eines CAD-Systems	Kraft-/Spannungsverläufe in Bauteilen
HINWEISE:			

4.3.5 Lernfeld 3: Elektrische, elektronische und elektromechanische Systeme analysieren, planen und in Betrieb nehmen [160h–240h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF3: ELEKTRISCHE, ELEKTRONISCHE UND ELEKTROMECHANISCHE SYSTEME ANALYSIEREN, PLANEN UND IN BETRIEB NEHMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... beachten die einschlägigen Vorschriften für den Umgang mit elektrischer Energie zum Schutz von Menschen und technischen Anlagen.	Schutzmaßnahmen, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) DIN VDE 0100 – 510/600 VDE 1000 Sicherheitsvorschriften Hilfsmaßnahmen bei Unfällen	Durchführung von Schutzmaßnahmen Überprüfung von Schutzmaßnahmen	physiologische Auswirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Körper
... analysieren die Funktionsweise elektrischer, elektronischer und elektromechanischer Bauelemente, Baugruppen, Geräte und Systeme anhand von Schaltplänen und entwickeln Schaltungen.	elektrische und mechanische Grundgesetze und Grundgrößen elektrische und elektronische Bauelemente Schaltzeichen und deren Zusammenhänge elektrotechnische Elementarschaltungen für Gleich- sowie ein- und mehrphasige Wechselgrößen symmetrische und unsymmetrische Belastung sowie Kompensation Schaltpläne Unterschiede zwischen verschiedenen Schaltungsunterlagen	Berechnung von Parametern Arbeit mit Tabellenwerken Umrechnung von Grundgrößen Berechnung von Kenngrößen und Darstellung der Ergebnisse Dimensionierung elektrischer Komponenten	elektrisches und magnetisches Feld Wirkprinzipien der Bauelemente pn-Übergang

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF3: ELEKTRISCHE, ELEKTRONISCHE UND ELEKTROMECHANISCHE SYSTEME ANALYSIEREN, PLANEN UND IN BETRIEB NEHMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... überprüfen messtechnisch die Funktion und Betriebswerte elektrischer, elektronischer und elektromechanischer Bauelemente und werten die Ergebnisse aus.	elektrische Messgeräte und -instrumente elektrische Messverfahren und -schaltungen für Gleich- sowie ein- und mehrphasige Wechselgrößen, z. B. Brücken für die Sensortechnik Regeln zum Aufbau von Messschaltungen Arten von Messfehlern typische Fehlerarten Erscheinungsbilder unterschiedlicher Fehlerarten	Handhabung von Messgeräten Aufbau von Messschaltungen Durchführung von Messungen systematische Fehlersuche	
...wählen elektrische Maschinen für verschiedene Antriebsaufgaben der Mechatronik aus, begründen ihre Wahl, zeigen Alternativlösungen auf und nehmen die gewählten Antriebe in Betrieb.	elektrische Maschinen Frequenzumrichter Motorschutzschalter Dreiphasennetz Umwandlungsprozesse Energieverlust in Anlagen	Dimensionierung der Maschinen Darstellung der Auswahlergebnisse Berechnung von Parametern Inbetriebnahme der Antriebe	Kraftübertragung Bewegung Moment Reibung Schlupf
HINWEISE:			

4.3.6 Lernfeld 4 (Querschnitt-Lernfeld): Anwendungen programmieren, Daten auswerten und dokumentieren [80h-120h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF4: ANWENDUNGEN PROGRAMMIEREN, DATEN AUSWERTEN UND DOKUMENTIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... nutzen Textverarbeitungs-, Präsentations- und Tabellenkalkulations-Software zur Auswertung von Daten sowie zur Dokumentation und Präsentation von Ergebnissen.	Textverarbeitungsprogramm Tabellekalkulationsprogramm Präsentationsprogramm	Umgang mit dem Textverarbeitungsprogramm Umgang mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Umgang mit dem Präsentationsprogramm	
... nutzen passende Typen und Strukturen zur Speicherung von Daten.	elementare Datentypen zusammengesetzte Datentypen globale – lokale Daten statische – dynamische Daten	Deklaration von Variablen Umgang mit dem Programmeditor	Repräsentation von Daten im Speicher
... berechnen Werte.	Operatoren und Operanden Ausdrücke Zuweisungen Typkonvertierungen	Formulierung algebraischer oder logischer Ausdrücke	Rechenregeln für Grundrechenarten Regeln der Boole'schen Algebra
... analysieren bestehende Algorithmen.	Abfolge Kontrollstrukturen	Erkennung und Beschreibung von Strukturelementen und zusammengesetzten Strukturen	Terminierung von Schleifen
... dokumentieren analysierte oder selbst entworfene Algorithmen mit Hilfe von grafischen Darstellungsformen.	grafische Darstellungsformen für Algorithmen (z. B. Programmablaufpläne, Struktogramme, Aktivitätsdiagramme)	Umgang mit einem geeigneten Zeichentool	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF4: ANWENDUNGEN PROGRAMMIEREN, DATEN AUSWERTEN UND DOKUMENTIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... entwickeln, testen und dokumentieren eigene Programme.	Grundlagen des Programmaufbaus Funktionen/Unterprogramme Parameterübergabe Rückgabewert Syntax und Semantik wichtiger Bibliotheksfunktionen (z. B. Ein- und Ausgabe, Dateioperationen, Kommunikationsroutinen) Debugging-Funktionen Kommentare im Programmcode	Umgang mit Modulen oder mehreren Quelldateien in einem Programmierprojekt Einbindung von Bibliotheken Umgang mit der Programmierumgebung Debugging Vorgehensweise zur Dokumentation	Prinzipien zur Verbesserung der Änderbarkeit
HINWEISE:			

4.3.7 Lernfeld 5: Informationstechnische Systeme und Netzwerke einrichten, anpassen und nutzen [120h-160h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF5: INFORMATIONSTECHNISCHE SYSTEME UND NETZWERKE EINRICHTEN, ANPASSEN UND NUTZEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...wählen Computersysteme bedarfsgerecht aus und passen diese an.	Aufbau und Funktionsweise von Computern (PC, Tablet, Smartphone etc.) Schnittstellen, Peripheriegeräte etc.	Auswahl geeigneter Komponenten	informationstechnische Grundlagen (Zahlsysteme, Codierungen, Binärpräfixe)
... richten Computersysteme anforderungsgerecht ein.	Auswahl von Betriebssystemen Installation von Treibern und Updates Dateisysteme Datensicherung	Betriebssysteminstallation und -konfiguration Installation und Konfiguration von Anwendungssoftware	Berechtigungen Partitionierungen
... nutzen informationstechnische Netzwerke und Systeme anlagenspezifisch und passen diese an.	passive und aktive Netzwerkkomponenten Zugriffsverfahren von Netzwerken drahtlose Netzwerke IP-Adressierung und Routing Netzwerkdienste (DHCP, DNS etc.)	Anbindung informationstechnischer Systeme an bestehende Netzwerke Einrichtung und Betrieb passiver sowie aktiver Netzwerkkomponenten Konfiguration von Kommunikationsprotokollen Behebung von Fehlern in Netzwerken	OSI-Modell Protokollanalysen
... gewährleisten Datensicherheit und Datenschutz in digitalen Netzwerkstrukturen.	Datenschutzbestimmungen Firewalling virtuelle private Netze Zugriffsschutz Cloud	Kopplung von Netzwerken über öffentliche Netzwerke Bereitstellung von Daten über Clouds	Kryptografie symmetrische und asymmetrische Verschlüsselung

HINWEISE:

4.3.8 Lernfeld 6: Steuerungen und Regelungen für fertigungstechnische Prozesse planen, bereitstellen, in Betrieb nehmen und optimieren [160h-240h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF6: STEUERUNGEN UND REGELUNGEN FÜR FERTIGUNGSTECHNISCHE PROZESSE PLANEN, BEREITSTELLEN, IN BETRIEB NEHMEN UND OPTIMIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... realisieren Anlagen und Steuerungen gerätetechnisch mit unterschiedlichen Technologien und berücksichtigen dabei technische, wirtschaftliche und ökologische Gesichtspunkte.	normgerechte Pläne <ul style="list-style-type: none"> • Pneumatikschaltpläne • Stromlaufpläne • Hydraulikschaltpläne 	Auslegung von Aktoren <ul style="list-style-type: none"> • Kolbenkräfte • Vakuumsauger Dimensionierung der anlagespezifischen Systemparameter <ul style="list-style-type: none"> • Luftverbrauch • Leitungsquerschnitte • Pumpenleistung Auslegung der hydraulischen Anlage Entwicklung von normgerechten Schaltplänen für Hydraulik, Pneumatik und Elektropneumatik	Strömungstechnik Bernoulli-Gleichung
... überprüfen die Funktionsabläufe durch Simulation bzw. Aufbau der Steuerungen.	Simulationssoftware Komponenten der Steuerungstechnik Anschlusskennzeichnung von Komponenten	Umgang mit der Simulationssoftware strukturierte Fehlersuche	
...dimensionieren die Druckluftbereitstellung, -aufbereitung und -versorgung.	Druckluftherzeuger Druckluftaufbereiter Druckluftspeicher Druckluftleitung und -verteilung	Auswahl der Druckluftherzeuger und -aufbereiter Dimensionierung der Druckluftleitungen Planung von Hallenlayouts zur Druckluftversorgung	Grundlagen der Thermodynamik

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF6: STEUERUNGEN UND REGELUNGEN FÜR FERTIGUNGSTECHNISCHE PROZESSE PLANEN, BEREITSTELLEN, IN BETRIEB NEHMEN UND OPTIMIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... lesen Lastenhefte für Regelungen und extrahieren die Anforderungen zielgerichtet.	Symbolik in Wirkungsplänen Unterschied zwischen Steuerung und Regelung Grundbegriffe, darunter folgende: <ul style="list-style-type: none"> • Regel-, Stör- und Stellgröße • Regel-, Stell- und Messbereich Gütekriterien einer Regelung	Interpretation von Wirkungsplänen Identifizierung von Größen im Regelkreis Anforderungsanalyse	Prinzip der Gegenkopplung
... bestimmen statische Betriebsdaten für Regelungen.	einschleifiger Regelkreis Streckenkenlinienfeld Reglergerade	Bestimmung des Beharrungszustandes	(grafische) Lösung von Gleichungssystemen
... identifizieren Regelstrecken.	proportionale und integrierende Strecken Totzeiten und Verzögerungen Regelbarkeit	Aufnahme der Streckensprungantwort Auswertung der Streckensprungantwort	Linearität Linearisierung
... wählen geeignete Reglertypen für identifizierte Regelstrecken aus.	Funktionsweise, Eigenschaften und Zusammenspiel von P-, I- und D-Regleranteil	Reglerauswahl abhängig von Streckentyp und Randbedingungen	Ableitung und Integration
... parametrieren Regler für identifizierte Regelstrecken.	Eignung anerkannter Verfahren zur Reglerparametrierung für bestimmte Streckentypen und Randbedingungen	Ablauf anerkannter Verfahren zur Reglerparametrierung	Stabilität Zielkonflikte
... erproben Regelungen mit realen Reglern und realen Regelstrecken oder Simulationssoftware.	Funktionen der Regler Funktionen der Simulationssoftware Definition von Gütemaßen Unterschiede zwischen realer Strecke und linearem Modell	Bedienung der Regler Bedienung der Simulationssoftware Aufnahme des Regelverhaltens Bestimmung von Gütemaßen	
... optimieren Regelungen.	Regeln zur Optimierung	Vorgehensweisen zur Optimierung	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF6: STEUERUNGEN UND REGELUNGEN FÜR FERTIGUNGSTECHNISCHE PROZESSE PLANEN, BEREITSTELLEN, IN BETRIEB NEHMEN UND OPTIMIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
HINWEISE:			

4.3.9 Lernfeld 7: Automatisierte Messdatenerfassungssysteme entwickeln sowie Bussysteme auswählen und prozessbezogen in Betrieb nehmen [120h–200h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF7: AUTOMATISIERTE MESSDATENERFASSUNGSSYSTEME ENTWICKELN SOWIE BUSSYSTEME AUSWÄHLEN UND PROZESSBEZOGEN IN BETRIEB NEHMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... konfigurieren Bussysteme für die Fertigungsautomatisierung und Robotik.	Hierarchieebenen der Automatisierung Vorteile von digitalen Feldbussystemen Übertragungsmedien Übertragungsstandards und -protokolle Schnittstellenspezifikationen Schnittstellenwandler serielle und parallele Datenübertragung Netztopologien Merkmale einer Übertragungsstrecke industrielle Bussysteme	Konfiguration von Bussystemen Integration von netzwerkfähigen Aktoren und Sensoren	OSI Schichtenmodell
... erstellen Programme für ausgewählte Steuerungen in verschiedenen Programmiersprachen und setzen Analysetools ein.	Datentypen Programmaufbau Funktionsbausteine Funktionen	lokale und globale Variablen Zeitdiagramme	Instanziierung Fehlersuche Logikanalyse Dokumentation
... machen sich mit den Topologien automatisierter Messsysteme vertraut.	Übersichtswissen zu verfügbarer Messtechnikhardware aktuell gebräuchliche Schnittstellen	Aufbau des Messsystems Inbetriebnahme Funktionsprüfung	Auswahl der geeigneten Topologie
... analysieren die Anwendungssituationen und wählen geeignete Hardwarekomponenten aus.	Datenrate Auflösung Messfehler Pegel digitaler I/Os Fehlerursachen	Verfahren der Analog-Digital-Umsetzung Eigenschaften digitaler I/Os Ableitung der Anforderungen an die Messtechnikhardware Erkennung von Grenzen der Einsetzbarkeit	Abtasttheorem

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF7: AUTOMATISIERTE MESSDATENERFASSUNGSSYSTEME ENTWICKELN SOWIE BUSSYSTEME AUSWÄHLEN UND PROZESSBEZOGEN IN BETRIEB NEHMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... entwickeln eigenständig lauffähige Programme.	Messdatenerfassungssysteme (z. B. LabVIEW) <ul style="list-style-type: none"> • Bedien- und Anzeigeelemente • Gestaltungsobjekte • Beschriftungswerkzeuge Regeln eines benutzerfreundlichen Software-Frontend-Designs	Umgang mit dem Messdatenerfassungssystem Modellierung der Anwendungssituation und Extraktion der benötigten Funktionalität der Software sicherer Umgang mit typischen Programmstrukturen	
... werten Messdaten aus, visualisieren und protokollieren diese.	statistische Größen Visualisierungsobjekte Speicherung von Daten Meldefunktionen Datenbankanbindung	Auswahl der statistischen Größen Reduzierung der Datenmengen Überwachung von Grenzwerten	
... erfassen und verarbeiten Bilder.	Möglichkeiten und Grenzen der Bildverarbeitung Eigenschaften von Industriekameras Einfluss der Lichtverhältnisse Bildbearbeitungsfunktionen	Templatevergleich Auswertung der Region of Interest	
HINWEISE:			

4.3.10 Lernfeld 8: Speicherprogrammierbare Steuerungen für komplexe mechatronische Systeme programmieren und optimieren [120h-200h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF8: SPEICHERPROGRAMMIERBARE STEUERUNGEN FÜR KOMPLEXE MECHATRONISCHE SYSTEME PROGRAMMIEREN UND OPTIMIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... analysieren Funktionszusammenhänge und konzipieren Steuerungs- und Regelungsabläufe für mechatronische Systeme.	Unterschiede zwischen Steuern und Regeln Automatisierungskonzepte <ul style="list-style-type: none"> • Verknüpfungssteuerung • Ablaufsteuerung • Regelkreis IEC 60848 (GRAFCET) digitale und analoge Sensorsignale PLC-Variablen-tabelle	Lösungsstrategien zum Entwurf von Steuerungen Beschreibung von Funktionszusammenhängen in Ablaufplänen	
..wählen Steuerungshardware sowie Sensorik und Aktorik anforderungsgerecht aus.	Steuerungshardware <ul style="list-style-type: none"> • Produktfamilie • E/A-Baugruppen • Kommunikationsbaugruppen • HMI-Komponenten 	Erstellung der Hardwarekonfiguration Anbindung der Prozessperipherie	
... entwickeln Steuerungsprogramme für mechatronische Systeme.	IEC 61131-3 <ul style="list-style-type: none"> • FUP/KOP • ST/AWL Funktionen sowie Funktions-, Organisations- und Datenbausteine Parameterübergabe	Umgang mit der Programmierumgebung Parametrierung von Steuerungshardware Anlegen der PLC-Variablen-tabelle IEC-konforme grafische und textuelle Programmierung Dokumentation von Steuerungsprogrammen	Boole'sche Algebra Repräsentation von Daten im Speicher Prinzipien zur Verbesserung der Änderbarkeit
... nehmen Steuerungsprogramme in Betrieb, finden und beheben Fehler.	Strategien zu Fehlerbeseitigung Debugging-Funktionen	Test mithilfe von Simulation Fehleranalyse Debugging	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF8: SPEICHERPROGRAMMIERBARE STEUERUNGEN FÜR KOMPLEXE MECHATRONISCHE SYSTEME PROGRAMMIEREN UND OPTIMIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... erstellen Visualisierungen für automatisierte Maschinen und Anlagen.	Virtuelle Bedienelemente Animationsarten	Umgang mit dem grafischen Editor Animieren grafischer Elemente	
HINWEISE:			

4.3.11 Lernfeld 9: Fertigungstechnische Prozesse unter Berücksichtigung von Qualitätsmanagement und Arbeitssicherheit erarbeiten sowie weiterentwickeln [80h-160h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF9: FERTIGUNGSTECHNISCHE PROZESSE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON QUALITÄTSMANAGEMENT UND ARBEITSSICHERHEIT ERARBEITEN SOWIE WEITERENTWICKELN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...analysieren, planen und optimieren fertigungstechnische Prozesse.	betriebliche Prozesse <ul style="list-style-type: none"> • Struktur einer computerintegrierten Produktion (CIM) • Bestandteile der CIM • Datenverwaltung eines CIM-Systems • Datenquellen der Informationsbeschaffung fertigungstechnische Prozesse <ul style="list-style-type: none"> • betriebliche Leistungserstellung, Materialfluss, Informationsfluss • Prozessmanagement • z. B. Produktionsprogrammplanung, Fertigungsplanung, Arbeitsvorbereitung, Arbeitsplatzgestaltung • technologische und konzeptionelle Entwicklung von Industrie 4.0 Anwendungsbereiche der computergestützten Systeme zur Optimierung von Arbeitsprozessen und Qualitätssicherung	Nutzung von computergestützten Systemen für fertigungstechnische Prozesse (z. B. CAE-Software-Lösung zur technischen Vorplanung von Maschinen und Anlagen, Datenbanken) Anwendungen von Prozessstrategien (z. B. Strategie zur Auswahl optimierter Produktionsprogramme und -prozesse, Strategie zur Entscheidungsfindung) Beurteilung der Flexibilität von Fertigungssystemen	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF9: FERTIGUNGSTECHNISCHE PROZESSE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON QUALITÄTSMANAGEMENT UND ARBEITSSICHERHEIT ERARBEITEN SOWIE WEITERENTWICKELN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... definieren die Anforderungen des jeweils gültigen Qualitätsmanagementsystems (QMS).	Prinzipien und Aufgaben des QMS Qualitätswerkzeuge <ul style="list-style-type: none"> • elementare Werkzeuge • Managementwerkzeuge Qualitätsmanagementsysteme <ul style="list-style-type: none"> • normative Grundlagen • (DIN EN ISO 9000 ff) • Aufbau eines QMS • Total Quality Management (TQM) rechtliche Aspekte	Beurteilung der Qualität und ihre Eigenschaften Planung des QMS Prüfung des QMS Lenkung des QMS Zusammenwirkung von Qualitätstechniken und Werkzeugen Erstellung des QM-Handbuchs Umgang mit rechnergestütztem QMS Controlling und Evaluation des QMS	Einfluss des QMS auf die fertigungstechnischen Prozesse
... wenden Strategien und Techniken zur Realisierung der Qualitätssicherung an.	Methoden zur Qualitäts- und Prozessoptimierung <ul style="list-style-type: none"> • Methode von Six-Sigma • Methode des Prozesswirkungsgrades • Quality Function Deployment (QFD) • Methodik des Benchmarking • Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) 	Anwendung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses Durchführung einer Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) Dokumentation von Qualitätsmerkmalen während des Fertigungsprozesses	Rückwirkungen von Maßnahmen auf Kundenwünsche, Produktion, Montage und Qualitätssicherung

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF9: FERTIGUNGSTECHNISCHE PROZESSE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON QUALITÄTSMANAGEMENT UND ARBEITSSICHERHEIT ERARBEITEN SOWIE WEITERENTWICKELN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... analysieren und konzipieren fertigungstechnische Prozesse im Hinblick auf Betriebssicherheit.	gesetzliche Vorschriften zur Arbeitssicherheit Arbeitsschutzgesetze Anwendungsbereiche der Richtlinien und Normen Sicherheit von Maschinen und Anlagen <ul style="list-style-type: none"> • Maschinenrichtlinie • Sicherheitsnormen • DIN und EN-Normen Steuerungskategorien Safety Integrated Level (SIL) Performance Level (PL) Einflussgrößen der Sicherheitsfunktion Risikoanalyse	Umgang mit den Vorschriften Risikobewertung von Sicherheitsfunktionen und Risikomanagement Ermittlung und Bewertung des geforderten PL und des tatsächlichen PL einer Sicherheitsfunktion hinsichtlich der Arbeitssicherheit Festlegung von Sicherheitsfunktionen Erstellung von sicherheitsbezogenen Blockdiagrammen	
...analysieren, konzipieren und realisieren Steuerstromkreise.	elektrische Ausrüstung von Maschinen Steuerkreis vs. Arbeitskreis Schutzsysteme Isolationsüberwachung Hardwareauslegung der Steuerstromkreise (Farben, Querschnitte, Befehlsgeber) Handlung im Notfall Stoppkategorien nach DIN EN 60204 Möglichkeiten der Fehlerbehebung EMV Regeln zur Vermeidung von EMV Problemen Folgen von EMV Problemen	Erstellung eines Schaltplanes des Steuerstromkreises Fehleranalyse (Worst Case) einer sicherheitsbezogenen Steuerung Strategien zur Fehlervermeidung Einbindung von Bussystemen SafetyBUS Umgang mit den Not-Aus/Not-Halt	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF9: FERTIGUNGSTECHNISCHE PROZESSE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON QUALITÄTSMANAGEMENT UND ARBEITSSICHERHEIT ERARBEITEN SOWIE WEITERENTWICKELN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...wählen geeignete Komponenten zur Gewährleistung der Anlagensicherheit aus.	Sicherheitsschaltgerät <ul style="list-style-type: none"> • zwangsgeführte Kontakte • Spiegelkontakte Bedeutung des Sicherheitsgerätes in Bezug auf die Arbeitssicherheit Türverriegelung mechanische oder berührungslose Sicherheitssensoren berührungslos wirkende Schutzeinrichtung (BWS) Zweihandverriegelung Funktion des Rückführkreises	Anschluss des Sicherheitsschaltgeräts in Abhängigkeit von der geforderten Sicherheitsfunktion und Einbindung der Sicherheitsbauteile. Funktion des Rückführkreises Einbindung der Sensoren in den Sicherheitskreis Anordnung von BWS Überwachung der Gefahrenbereiche (Zutritt bzw. Zugriff) Erstellung eines Schaltplans des Sicherheitskreises mit Sicherheitsbauelementen	
HINWEISE:			

4.3.12 Lernfeld 10: Industrieroboter prozessbezogen auswählen, simulieren und programmieren [160h-240h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF10: INDUSTRIEROBOTER PROZESSBEZOGEN AUSWÄHLEN, SIMULIEREN UND PROGRAMMIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... programmieren Industrieroboter im Teach-in-Verfahren.	Robotersicherheit Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) achs- und koordinatenspezifisches Handverfahren Koordinatensysteme: World-, Base- und Tool- Bewegungsbefehle (z. B. LIN, PTP, CIRC) Bahnschaltfunktionen und Überschleifen Greifbefehle	Erstellung von Bewegungsprogrammen Festlegung und Vermessung von Base- und Toolkoordinatensystemen Programmierung von Handlingaufgaben Optimierung von Roboterbewegungen	
... wählen Roboter prozessbezogen aus und prüfen vorhandene Systeme auf ihre Verwendbarkeit.	Roboterarten und -bauweisen Lastdaten Dokumentation	Ermittlung von Lastdaten (Masse, Schwerpunktlage, Massenträgheitsmomente) Roboterwahl Bestimmung von statischer und dynamischer Roboterbelastung	Massenträgheitsmomente
... simulieren mit entsprechender Software Prozesse und führen Machbarkeitsuntersuchungen durch.	Simulationssoftware <ul style="list-style-type: none"> • Zellenaufbau • Erreichbarkeitsuntersuchung • Kollisionsüberprüfung • Signalaustausch zwischen Robotern 	Machbarkeitsuntersuchung an bestehenden Systemen Festlegung von Roboterpositionen Simulation geplanter Prozesse	
... passen bestehende Roboterprogramme an geänderte Prozesse an und entwickeln neue Programme.	Online- und Offline-Programmierverfahren Roboterbetriebsarten roboterspezifische Programmierbefehle und Variablen deklARATION Kommunikation mit Sensoren und Aktoren	Ableitung von Programmen aus der Simulation Erstellung von Bewegungsprogrammen im Teach-in-Verfahren Entwicklung von Roboterprogrammen im Online- und Offline-Verfahren	Taktzeitoptimierung und Energieeffizienzsteigerung
HINWEISE:			

5 Handhabung des Lehrplans

Die in Kapitel 3 theoretisch begründete strukturell-curriculare Rahmung impliziert einen anspruchsvollen kompetenzorientierten Unterricht. Um die darin gesetzten Vorgaben unterrichtswirksam zu machen, gilt es folgende Prämissen zu berücksichtigen:

- Moderner Fachschulunterricht ist *lernerorientiert*, d. h., dass sich alle zu planenden Unterrichtsprozesse primär an Lernprozessen ausrichten sollen, nicht an Lehrprozessen. Lernprozesse sollen einer kasuistisch-operativen Umsetzungslogik (handlungssystematisch) folgen, die von einer theoretisch-abstrakten Objektivierungslogik (fachsystematisch) ergänzt wird.
- Die Zielbildung in den Querschnitt-Lernfeldern erfolgt als Explikation der Lehrplaninhalte durch die *Beschreibung von Wissens- und Fertigungszielen*. Ihr Umfang und Anspruch bemisst sich aus deren jeweiliger Bedeutung für die korrespondierenden fachlich-methodischen Kompetenzen.
- Im Rahmen der beruflichen Lernfelder ist die Explikation *beruflicher Handlungen* der curriculare Ausgangspunkt der Unterrichtsplanung. Damit wird von Anfang an geklärt, welches Wissen in welchen Handlungszusammenhängen von den Studierenden erworben werden soll. Dabei gilt es, die im Lehrplan vollzogene Beschreibung der Kompetenzen auf einem mittleren Niveau in der konkreten Unterrichtskonzeption adäquat zu den jeweils vorliegenden Rahmenbedingungen und im jeweils aktuellen technisch-produktiven, gestalterischen oder betriebswirtschaftlichen Kontext zu konkretisieren.
- Die genaue Zusammenstellung eines unterrichtsrelevanten Gebildes aus Kompetenzen erfolgt über einen einschlägigen *Berufskontext*, der dann auch als übergreifende Lernsituation den Gesamtrahmen der jeweiligen Unterrichtseinheit bildet.
- Kompetenzerwerb setzt Verständnisprozesse voraus, die durch eine *Problemorientierung* des Unterrichts ausgelöst werden. Je anspruchsvoller die Problemstellungen, desto höher das zu erreichende Kompetenzniveau.
- Kompetenzen im Sinne eines verstandenen Handelns erfordern einschlägiges Sach- und Prozesswissen sowie entsprechendes Reflexionswissen mit unmittelbarem Bezug zu dessen *berufsspezifischer Nutzung*. Daher sollen sich beim Kompetenzerwerb kasuistisch-operative Phasen (handlungssystematisch) und theoretisch-abstrakte Phasen (fachsystematisch) in *sinnvollen Abschnitten wechselseitig ergänzen*.
- *Fachsystematische Lernprozesse* gehen von den Fachwissenschaften aus, beinhalten deren Systematiken und bilden damit ein anwendungsübergreifendes Gerüst für das berufliche Handeln. Sie sind zudem der Raum für die Auseinandersetzung mit den mathematisch-naturwissenschaftlichen bzw. gestalterischen Hintergründen. Lernreflexionen beziehen sich hier auf die Kategorien „Wissen“ (kognitive Reproduktion) und „Verstehen“ (kognitive Anwendung).
- *Handlungssystematische Lernprozesse* gehen von beruflichen Prozessen aus, beinhalten deren Eigenlogik und bilden damit anwendungsbezogene Ankerpunkte für das berufliche Handeln. Lernreflexionen beziehen sich hier auf die Kategorie „Können“ (operative Anwendung).
- *Lernerfolgsmessung* kann sich im Einzelnen auf „Wissen“, „Verständnis“ oder „Können“ beziehen. Der Anspruch einer Kompetenzdiagnostik kann aber nur dann erfüllt werden, wenn alle drei oben genannten Komponenten *integrativ erhoben* und mit den Zielkategorien *taxiert* werden.
- Der Erwerb sozial-kommunikativer Kompetenzen erfordert *kollektive Lernformen*, wird aber nicht allein durch diese gewährleistet. Entscheidend ist hier ein bewusster und re-

flektierter Kompetenzerwerb. Daher sind den Studierenden sozial-kommunikative Kompetenzziele zu kommunizieren, deren Erwerb zu thematisieren und reflektieren.

- Der Erwerb von Personalkompetenzen (bzw. Selbstkompetenzen) erfordert die Akzentuierung motivationaler, affektiver und strategisch-organisationaler Auseinandersetzungen der Studierenden mit sich und ihrem Lernen. Fachschulunterricht sollte daher das *Lernen als eigenständigen Lerngegenstand* begreifen und dies pädagogisch und methodisch angemessen umsetzen.

6 Literaturverzeichnis

- Bader, R. (2004): Strategien zur Umsetzung des Lernfeld-Konzepts. In: bwp@ spezial 1
- BIFIE (Hrsg.). (2013). Standardisierte kompetenzorientierte Reifeprüfung. Reife- und Diplomprüfung. Grundlagen – Entwicklung – Implementierung. Unter Mitarbeit von H. Cesnik, S. Dahm, C. Dorninger, E. Dousset-Ortner, K. Eberharter, R. Fless-Klinger, M. Frebort, G. Friedl-Lucyshyn, D. Frötscher, R. Gleeson, A. Pinter, F. J., Punter, S. Reif-Breitwieser, E. Sattlberger, F. Schaffenrath, G. Sigott, H.-S. Siller, P. Simon, C. Spöttl, J. Steinfeld, E. Süß-Stepancik, I. Thelen-Schaefer & B. Zisser. Wien: Herausgeber.
- Chomsky, N. (1965). Aspects of the theory of syntax. Cambridge, Mass: M.I.T. Press.
- Erpenbeck, J. / Rosenstiel, L. / Grote S. / Sauter W. (2017): Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart, Schäfer & Pöschel
- Euler, D. / Reemtsma-Theis, M. (1999): Sozialkompetenzen? Über die Klärung einer didaktischen Zielkategorie. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Heft 2, S. 168 - 198.
- Klafki, W. (1964): Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung in: Roth, H. / Blumenthal, A. (Hrsg.): Grundlegende Aufsätze aus der Zeitschrift Die Deutsche Schule, Hannover 1964, S. 5 - 34.
- Lerch, S. (2013): Selbstkompetenz – eine neue Kategorie zur eigens gesollten Optimierung? Theoretische Analyse und empirische Befunde. In: REPORT 1/2013 (36. Jg.) S. 25 - 34.
- Mandl, H. / Friedrich H.F. (Hrsg.) (2005): Handbuch Lernstrategien. Göttingen, Hogrefe.
- Pittich, D. (2013). Diagnostik fachlich-methodischer Kompetenzen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag
- Siller, H.-S., Bruder, R., Hascher, T., Linnemann, T., Steinfeld, J., & Sattlberger, E. (2014). Stufung mathematischer Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe II – eine Konkretisierung. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2014, Münster: WTM, S. 1135 - 1138.
- Tenberg, R. (2011): Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen. Theorie und Praxis der Technikdidaktik. Stuttgart: Steiner
- Volpert, W. (1980): Beiträge zur psychologischen Handlungstheorie. Bern: Huber.