

Hessisches Kultusministerium

HESSEN



Lehrplan

Zweijährige Fachschule für Technik

FACHRICHTUNG CHEMIETECHNIK

SCHWERPUNKT PRODUKTIONSTECHNIK

BERUFLICHER LERNBEREICH

BILDUNGSLAND
Hessen



Impressum

Lehrplan Zweijährige Fachschule für Technik
Fachrichtung Chemietechnik
Schwerpunkt Produktionstechnik
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 Chemietechnik	7
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	23
4.3.1	Mathematik (Querschnitt-Lernfeld)	23
4.3.2	Projektarbeit	26
4.3.3	Lernfeld 1: Projekte mittels systematischen Projektmanagements durchführen	27
4.3.4	Lernfeld 2: Qualitätsmanagementsysteme nutzen.....	29
4.3.5	Lernfeld 3: Betriebswirtschaftliche Entscheidungen vorbereiten und treffen	32
4.3.6	Lernfeld 4: Betriebliche Daten elektronisch erfassen und verarbeiten.....	34
4.3.7	Lernfeld 5: (Querschnitt-Lernfeld) Physikalische Gesetzmäßigkeiten bei der Lösung verfahrenstechnischer Probleme anwenden.....	36
4.3.8	Lernfeld 6: Eigenschaften von Stoffen bestimmen sowie chemische Reaktionen beurteilen, durchführen und beeinflussen.....	37
4.3.9	Lernfeld 7: Verfahren und Apparate für die thermische Aufbereitung von Stoffen auswählen und auslegen	39
4.3.10	Lernfeld 8: Apparate und Anlagen für die mechanische Aufbereitung von Stoffen der chemischen Industrie auslegen.....	42
4.3.11	Lernfeld 9: Die Qualität von Stoffen durch analytische Untersuchungsmethoden sichern.....	44
4.3.12	Lernfeld 10: Prozesse in chemisch-technischen Anlagen überwachen und automatisieren	46
4.3.13	Lernfeld 11: Reaktoren für die diskontinuierliche und die kontinuierliche Produktherstellung beurteilen, planen und betreiben	52

	4.3.14 Lernfeld 12: Biotechnische Prozesse analysieren, projektieren und durchführen	54
	4.3.15 Lernfeld 13: Anlagen für chemisch-technische Prozesse planen	57
5	Handhabung des Lehrplans	59
6	Literaturverzeichnis	61

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.

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

2 Grundlegung für die Fachrichtung Chemietechnik

Als einer der weltweit größten Exporteure chemisch-pharmazeutischer Erzeugnisse zeichnet sich Deutschland durch eine wachstumsorientierte Chemieindustrie aus. Die Weiterqualifizierung kompetenter Nachwuchskräfte nach beruflicher Erstausbildung und erster Berufserfahrung ist daher für die Chemiebranche unverzichtbar.

Die für Forschung und Entwicklung sowie für Produktion, Vermarktung und Vertrieb chemisch-pharmazeutischer Produkte notwendigen betrieblichen Prozesse sind komplex und vielfältig. Daraus entsteht für staatlich geprüfte Technikerinnen und Techniker der Fachrichtung Chemietechnik eine Diversität an Einsatzmöglichkeiten.

Die Aufgaben und Tätigkeiten von Technikerinnen und Technikern der Fachrichtung Chemietechnik liegen vorwiegend in den Handlungsfeldern Forschung und Entwicklung, Produktionstechnik, Organisation und Personalführung.

Technikerinnen und Techniker der Fachrichtung Chemietechnik verfügen über die Befähigung zur Beurteilung der ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Bedingungen von Technik sowie über die Bereitschaft zur human-, sozial- und umweltverträglichen Technikgestaltung. Neben der fachlich-methodischen Kompetenz besitzen sie sozial-kommunikative Kompetenzen für die verantwortliche Mitarbeit in aufgaben- bzw. projektbezogenen Teams und für die Wahrnehmung von Führungsaufgaben. Die in der global operierenden Chemieindustrie tätigen Technikerinnen und Techniker kommunizieren beispielsweise in Fremdsprachen mit internationalen Geschäftspartnerinnen und -partnern oder Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an ausländischen Produktionsstandorten und sind interkulturell kompetent.

Technikerinnen und Techniker der Fachrichtung Chemietechnik kooperieren mit verschiedenen Abteilungen ihres Unternehmens. Die Breite ihrer Verantwortung reicht von der Erledigung definiert vorgegebener Aufträge und der Mitwirkung bei der Abwicklung bis zur selbstständigen Planung und Durchführung von Projekten. Dabei üben sie die im Folgenden aufgeführten typischen Tätigkeiten aus:

Die Technikerinnen und Techniker planen und führen Versuche durch, organisieren, überwachen und optimieren Produktionsprozesse und integrieren Teilprozesse in Gesamtabläufe. Dabei steuern und überwachen sie Material- und Apparateinsatz sowie Lager-, Auftrags- und Bestellbestände. Sie wählen Maschinen, Geräte, Apparate und automatisierte Systeme aus, nehmen diese in Betrieb, bedienen und warten sie und halten sie instand. Des Weiteren führen die Technikerinnen und Techniker Dokumentationen durch und erstellen Arbeitsanweisungen und Betriebsanleitungen. Sie wirken an der Entwicklung und Realisierung von Qualitätsmanagementsystemen sowie an der Normüberwachung und Werknormenerstellung mit. In ihrem Verantwortungsbereich gestalten die Technikerinnen und Techniker Arbeitsplätze und die Arbeitsorganisation, koordinieren den Personaleinsatz und sorgen für die Einhaltung von Terminen und Kostenvorgaben. Sie sind Impulsgeber für Innovationen, begleiten Entwicklungsprozesse und unterstützen Marketing, Produktmanagement, Vertrieb und Anwendungstechnik. Unter Berücksichtigung technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte arbeiten die Technikerinnen und Techniker ziel- und ergebnisorientiert an Problemlösungen. Nicht zuletzt ergeben sich durch die

Produktionstechnik**Fachschule für Technik**

zunehmende Digitalisierung (Industrie 4.0) Veränderungen in der Chemieindustrie, die von den Technikerinnen und Technikern getragen und gestaltet werden.

Die unterschiedlichen Einsatzgebiete der staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker der Fachrichtung Chemietechnik erfordern eine Differenzierung der Weiterbildung in die Schwerpunkte Labor- und Produktionstechnik.

Die schwerpunktbezogenen Zielsetzungen der Weiterbildung sehen wir folgt aus:

Labortechnik

Im Schwerpunkt Labortechnik nehmen die Analyse- und Synthesemethoden einen besonderen Raum ein. Hierbei nutzen die Studierenden die Modellvorstellungen der allgemeinen, anorganischen, organischen und physikalischen Chemie sowie Kenntnisse im Bereich der chemisch-physikalischen Untersuchungsverfahren, um Analyse- und Synthesemethoden in Labor und Technikum zu entwickeln und durchzuführen.

Produktionstechnik

Im Schwerpunkt Produktionstechnik erwerben die Studierenden insbesondere solche Kenntnisse und Kompetenzen im Bereich der Verfahrens- und Prozessleittechnik, die zur Planung, Optimierung und Inbetriebnahme sowie zum Betrieb chemisch-technischer Anlagen erforderlich sind. Dabei werden die CAD-gestützte Anlagenplanung und die Anwendung fachspezifischer Software zur Auslegung von Apparaten und Anlagenteilen ihrer heutigen Bedeutung entsprechend berücksichtigt.

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 Konkretisierungsniveau 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).

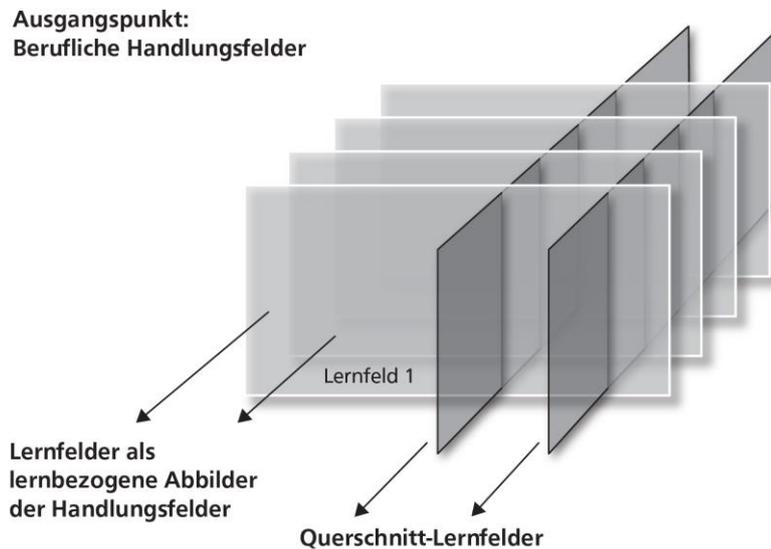


Abbildung 1: Beziehung zwischen berufsbezogenen Lernfeldern als lernbezogene Abbilder beruflicher Handlungsfelder und Querschnitt-Lernfeldern.

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 (KLAFKI, 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

Die Stundenübersicht ist nach den zwei Ausbildungsabschnitten gegliedert und gibt für jedes Lernfeld Zeitrichtwerte an. Die Lernfelder können soweit nicht anders angegeben, durch die Schulen frei auf die beiden Ausbildungsabschnitte verteilt werden. Die Summe der Wochenstunden im beruflichen Lernbereich muss 2000 Stunden betragen.

		Unterrichtsstunden	
		1. Ausbildungsabschnitt	2. Ausbildungsabschnitt
Beruflicher Lernbereich			
Mathematik		200-220	
Projektarbeit			160
Lernfelder			
LF 1	Projekte mittels systematischen Projektmanagements durchführen	40-80	
LF 2	Qualitätsmanagementsysteme nutzen	80-120	
LF 3	Betriebswirtschaftliche Entscheidungen vorbereiten und treffen	40-80	
LF 4	Betriebliche Daten elektronisch erfassen und verarbeiten	40-80	
LF 5	Querschnitt-Lernfeld: Physikalische Gesetzmäßigkeiten bei der Lösung verfahrenstechnischer Probleme anwenden	80	
LF 6	Eigenschaften von Stoffen bestimmen sowie chemische Reaktionen beurteilen, durchführen und beeinflussen	120-160	
LF 7	Verfahren und Apparate für die thermische Aufbereitung von Stoffen auswählen und auslegen	180-220	
LF 8	Apparate und Anlagen für die mechanische Aufbereitung von Stoffen der chemischen Industrie auslegen	140-180	
LF 9	Die Qualität von Stoffen durch analytische Untersuchungsmethoden sichern	160-200	
LF 10	Prozesse in chemisch-technischen Anlagen überwachen und automatisieren	180-220	

Produktionstechnik**Fachschule für Technik**

LF 11	Reaktoren für die diskontinuierliche und die kontinuierliche Produktherstellung beurteilen, planen und betreiben	80-160
LF 12	Biotechnische Prozesse analysieren, projektieren und durchführen	80-140
LF 13	Anlagen für chemisch-technische Prozesse planen	160-200

4.3 Beruflicher Lernbereich

4.3.1 Mathematik (Querschnitt-Lernfeld) [200-220h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	MATHEMATIK		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... handhaben algebraische Verfahren.	Zahlenmengen: <ul style="list-style-type: none"> • natürliche Zahlen • ganze Zahlen • rationale Zahlen • reelle Zahlen Fachterminologie: <ul style="list-style-type: none"> • Konstante • Variable • Term • Grund-, Definitions- und Lösungsmenge Potenz- und Logarithmenregeln algebraische Gleichungen: <ul style="list-style-type: none"> • lineare Gleichungen • quadratische Gleichungen • Bruchgleichungen • Wurzelgleichungen • exponentielle Gleichungen • gemischte Gleichungen lineare Gleichungssysteme	Einsatz von Standardlösungsverfahren <ul style="list-style-type: none"> • Äquivalenzumformung, • p-q-Formel • Einsetzungsverfahren • Additionsverfahren • Gleichsetzungsverfahren Ergebniskontrolle und Auswertung	Axiome des mathematischen Körpers Operatoren Gauß-Algorithmus Rechengesetze <ul style="list-style-type: none"> • Kommutativgesetz • Assoziativgesetz • Distributivgesetz

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	MATHEMATIK		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... handhaben mathematische Funktionen zur Modellierung und Lösung technischer und wirtschaftlicher Problemstellungen, auch mit Software.	Darstellungsformen und Funktionsvorschriften <ul style="list-style-type: none"> • lineare und quadratische Funktionen • ganzrationale Funktionen höheren Grades • Exponentialfunktionen • Logarithmusfunktionen (logarithmisch und halblogarithmisch) Charakteristika <ul style="list-style-type: none"> • Steigung • Nullstellen • Schnittpunkt mit der y-Achse • Grenzwertbetrachtung • Extrempunkte, Wendepunkte • Flächenberechnung unter und zwischen Kurven Wertebereich, Definitionsbereich	Berechnung der Charakteristika Wechsel der Darstellungsformen Funktionsdarstellung, auch mittels Software	trigonometrische Grundlagen Funktionsbegriff mathematisches Modell vs. Realbezug Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung
... erfassen, analysieren und strukturieren empirische Daten mit den Methoden der deskriptiven Statistik und stellen diese mit geeigneter Standardsoftware übersichtlich dar.	Statistische Grundbegriffe Skalenarten Darstellung von Daten Maße der zentralen Tendenz Streuungsmaße Methoden der bivariaten Statistik (Korrelation und Regression)	Erstellung von Diagrammen Berechnung charakteristischer Kennwerte statistischer Verteilungen Berechnung der Kovarianz und des Korrelationskoeffizienten nach Pearson Bestimmung der Regressionsgeraden Berechnung des Bestimmtheitsmaßes	Risiken und Konsequenzen einer unkritischen Interpretation Fehleranalyse und Manipulationsmöglichkeiten der Statistik Scheinkorrelationen

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	MATHEMATIK		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... planen wissenschaftliche Studien und führen statistische Testverfahren durch, um ihre Hypothesen statistisch abzusichern.	Normalverteilung und Standardnormalverteilung Gaußsche Glockenkurve Null- und Alternativhypothese ein- und zweiseitige Fragestellungen Fehler der 1. und 2. Art Signifikanz Schätzverfahren Grundprinzipien eines statistischen Tests statistische Testverfahren	Berechnung von Intervallen und deren Wahrscheinlichkeiten bei Normalverteilungen Formulierung von wissenschaftlichen Hypothesen Berechnung empirischer Testwerte und Vergleich mit kritischen Tabellenwerten Testentscheidung und Interpretation des Ergebnisses	wissenschaftliche Methodik deduktive Forschung Manipulation von Testergebnissen
HINWEISE:	Datenanalyse und -auswertung mithilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen und Statistiksoftware kann im Rahmen des Querschnitt-Lernfeldes „Betriebliche Daten elektronisch erfassen und verarbeiten“ durchgeführt werden.		

4.3.2 Projektarbeit [160h]

Die Projektarbeit ist die lernfeldübergreifende, praktische und anwendungsorientierte Umsetzung der Lerninhalte potenziell aller Lernfelder in einem arbeitsnahen Umfeld. Sie bildet eine maßgebliche Aufgabenstellung aus dem beruflichen Alltag staatlich geprüfter Chemietechnikerinnen und Chemietechniker ab.

Die Studierenden wählen ein eigenes Thema, das sie unter einer technisch-/ naturwissenschaftlichen Fragestellung bearbeiten. Dazu untersuchen sie das Umfeld des Themas theoretisch, legen eigene Ziele und Zwischenziele fest, planen Versuche, beschreiben und organisieren dazu nötige Ressourcen, tauschen sich mit Expertinnen und Experten aus, organisieren die Arbeit im Team zeitlich und räumlich, führen die Versuche eigenverantwortlich durch, werten Zwischen- und Endergebnisse aus und stellen diese übersichtlich und nachvollziehbar dar.

Die Themenauswahl ist der Beginn einer Reihe von Entscheidungen in einem komplexen Umfeld. Dabei müssen alle Beteiligten limitierte Ressourcen (Zeit, Geld, Arbeitsplatz, Arbeitskraft, Wissen, Erfahrung) einteilen und planen. Dazu wenden sie kompetent Methoden aus dem Projektmanagement, der Arbeitspädagogik und der Betriebswirtschaft an.

Die Planung und Durchführung der Versuche setzen voraus, dass eine wissenschaftlich-technische Fragestellung verstanden wurde, und verbinden so theoretisches Sachwissen mit einer praktischen Lösung in der Lebensrealität.

Jedes Experiment und jede daraus gewonnene Erkenntnis entfalten nur dann Wirkung, wenn die Ergebnisse dokumentiert und kommuniziert werden. Deshalb fertigen die Studierenden einen schriftlichen Bericht an, der aktuellen Wissenschafts- und Kommunikationsstandards genügt, und stellen darüber hinaus ihre Projektdurchführung und ihre Ergebnisse in einer Präsentation vor, in der sie konstruktiv Rede und Antwort stehen.

4.3.3 Lernfeld 1: Projekte mittels systematischen Projektmanagements durchführen [40-80h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF1: PROJEKTE MITTELS SYSTEMATISCHEN PROJEKTMANAGEMENTS DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... 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 Prinzip der Vorgehensformalisierung Prinzip der Ablaufdigitalisierung (Industrie 4.0)
... planen eine Projektdurchführung.	Meilensteine Projektaufwand und -budget sachliche und soziale Projektumfeldfaktoren Risiko, Chance, Maßnahmen zur Risikoverminderung Unternehmens- und Projektorganisationsformen, Rollen im Projekt Lasten- und Pflichtenheft, Projektauftrag, Projekthandbuch Projektstrukturplan, Arbeitspakete Ablauf- und Terminplan Einsatzmittelplan, Kapazitätsplan, Kostenplan	Phasenplanung Beurteilung eines Projekts auf Machbarkeit Projektumfeldanalyse Risikoanalyse Aufstellung einer Projektorganisation Erstellung eines Projektauftrags Erstellung eines Projektstrukturplans Durchführung einer Ablauf- und Terminplanung Erstellung einer Einsatzmittel- und Kostenplanung	Prinzip der Ergebnisorientierung Prinzip der personifizierten Verantwortungen

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF1: PROJEKTE MITTELS SYSTEMATISCHEN PROJEKTMANAGEMENTS DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... realisieren das Projekt.	Kosten- und Termintrendanalyse Berichtswesen Projektsteuerung	Stakeholdermanagement Risikomanagement Überwachung und Steuerung der Projektrealisierung Erstellung, Pflege und Kommunikation der Projektdokumentation	Prinzip des rechtzeitigen Handelns
... schließen ein Projekt ab.	Übergabeprotokoll Endabnahme	Abschluss der Projektdokumentation Projektübergabe und Abschlusspräsentation Projektreflexion Lessons Learned	PM-Regelkreis
HINWEISE:	Die technische Erstellung eines Gant-Diagramms in z. B. Excel oder MS Project soll im Lernfeld „Betriebliche Daten elektronisch erfassen und verarbeiten“ erfolgen. Mitarbeiterführung, Zeitmanagement, Kommunikation und Konfliktmanagement sind Grundlagen beruflicher Interaktion im Allgemeinen und im Besonderen auch Werkzeuge des Projektmanagements. Diese Grundlagen sind Gegenstand vom Lernfeld Betriebswirtschaftliche Entscheidungen vorbereiten und treffen und der Berufs- und Arbeitspädagogik, diese übergreifende Verbindung sollte betont werden.		

4.3.4 Lernfeld 2: Qualitätsmanagementsysteme nutzen [80-120h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF2: QUALITÄTSMANAGEMENTSYSTEME NUTZEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... weisen die Gebrauchstauglichkeit von Methoden und Geräten nach.	Validierungsparameter: <ul style="list-style-type: none"> • Präzision • Richtigkeit • Linearität • Arbeitsbereich • Empfindlichkeit • Nachweis- / Bestimmungsgrenze • Robustheit • Spezifität vs. Selektivität 	Durchführung von Ausreißertests Erstellung einer Regressionsgeraden Teilnahme an und Durchführung von Ringversuchen Bestimmung von Wiederfindungsraten Abschätzung mit Standardabweichung	prospektive, begleitende und retrospektive Validierung
... arbeiten nach einschlägigen Normen.	Zertifizierung Akkreditierung Audit-Typen DIN EN ISO 9004/9001 DIN EN ISO 17025	Feststellung der Konformität mittels Durchführung von Audits	Eco Management and Audit Scheme (EMAS) und Umweltmanagementsystem nach DIN EN ISO 14001
... entwickeln, produzieren und prüfen Stoffe und Stoffgemische.	Good Manufacturing Practice (GMP) Good Laboratory Practice (GLP) Standard Operation Procedure (SOP) Deutsches Chemikaliengesetz internationale Regelwerke zur Qualitätssicherung Qualitätsmanagementwerkzeuge (z.B. Häufigkeitsdiagramme, Pareto-Prinzip, 7M) Regeln der Arbeitsorganisation, Dokumentation und Aufzeichnung sowie der Archivierung der Prüfungen und Berichterstat-	Bewertungen der Gefahren für Mensch und Umwelt Erstellung einer Dokumentation	Labor-Informations- und Management-Systeme (LIMS) Kostenmanagement

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF2: QUALITÄTSMANAGEMENTSYSTEME NUTZEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	tung darüber		
... führen Risikoanalysen durch und entwickeln Sicherheitskonzepte anhand geltender gesetzlicher Regelungen.	Arbeitsschutzgesetz, Gefahrstoffverordnung, Unfallverhütungsvorschriften Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)	Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung Erstellung einer Betriebsanweisung Erstellung einer Verfahrensanweisung	Substitutionsgebot, Minimierungsgebot
... bewerten Chemikalien bezüglich ihrer Toxizität und recyceln oder entsorgen Abfälle fachgerecht.	EU-Chemikalienverordnung REACH	Registrierung von chemischen Stoffen; Identifizierung der Risiken der in den Verkehr gebrachten Stoffe; Aufzeigen der Sicherheitsmaßnahmen bei der Verwendung	Prinzip der Abfallvermeidung Kreislaufwirtschaftsgesetz
... nutzen Qualitätsmanagementsysteme (QMS).	Philosophie und Aufbau von QMS gesetzliche Rahmenbedingungen insbes. Produkthaftungsgesetz Bedeutung von Kundenvorgaben Soll-Ist Vergleiche für bestehende Prozesse und Produkte	Analyse und Dokumentation von Anforderungen an neue und bestehende Produkte und Prozesse	ökonomische und ökologische Erfordernisse und Zusammenhänge von QMS Bewertungssysteme und Bewertungsverfahren zur Reflexion des eigenen Handelns
... wenden einschlägige Werkzeuge und Methoden der Qualitätssicherung und von QMS an.	elementare QM-Werkzeuge, z. B. Fehlersammelliste, Histogramm, Qualitätsregelkarten (QRK), Pareto-Diagramm, Korrelationsdiagramm, Brainstorming und Ursache-Wirkungs-Diagramm	Anwendung von Fehler- und Schwachstellenanalyse	Bedeutung der Strukturierung von Prozessen und der Auswahl geeigneter Methoden und Werkzeuge zur Evaluation und Optimierung von Abläufen
...nutzen die statistische Qualitätskontrolle (SPC) zur statistischen Prozessregelung.	Normalverteilung Systematische und zufällige Abweichung QRK Eingriffs- und Warngrenzen beherrschte und nichtbeherrschte Prozesse	Erhebung und Auswertung von Daten, Bildung aussagekräftiger Kennziffern Durchführung von Prozessregelungen mit Hilfe von QRK	Bedeutung von Fehlervermeidungsstrategien für die unternehmerische Praxis

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF2: QUALITÄTSMANAGEMENTSYSTEME NUTZEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Maschinenfähigkeit Prozessfähigkeit Lieferantenbewertung		
... gestalten und optimieren Prozesse.	Kaizen und kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) Fehler- und Qualitätskosten Plan-Do-Check-Act- (PDCA-)Zyklus Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) Fehlervermeidung Umweltmanagementwerkzeuge	Anwendung von KVP Durchführung von FMEAs Evaluation und Dokumentation	Strategische und operative Prozessplanung Stakeholder Bedeutung regelmäßiger Evaluationen
... erstellen Prüfpläne.	Prüfpläne und -protokolle Planungsschritte zur Erstellung eines Prüfplans Prüfmittelfähigkeit Prüfmittelüberwachung Prüfmittelfähigkeit Systeme zur Prüfmittelüberwachung	Anwendung von Systemen zur Prüfmittelüberwachung	Prinzip des rechtzeitigen Handelns
HINWEISE:	Als mathematische Grundlagen werden vorausgesetzt und angewendet: statistische Größen (z. B. Mittelwert), Sollwert-Test, F-Test, T-Test, David-Test, Grubbs-Test und Dixon-Test.		

4.3.5 Lernfeld 3: Betriebswirtschaftliche Entscheidungen vorbereiten und treffen [40-80h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF3: BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE ENTSCHEIDUNGEN VORBEREITEN UND TREFFEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... wirken an der Gestaltung der Unternehmenskultur mit.	betriebswirtschaftliche Produktionsfaktoren und Funktionsbereiche Unternehmenskultur und -leitbild Unternehmensziele Zielsysteme von Unternehmen Rechtsformen von Unternehmungen	Analyse von Unternehmensleitbildern Erstellung von Zielsystemen von Unternehmen Wahl der Rechtsform einer Unternehmung	Shareholder Value vs. Stakeholderansatz
... planen den Bedarf an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen und beschaffen diese in Kooperation mit der Einkaufsabteilung.	Beschaffungsstrategien Bedarfsplanung (ABC-Analyse, XYZ-Analyse) Verfahren der Bedarfsermittlung Bestellpolitik optimale Bestellmenge Lieferantenpolitik	Bedarfsplanungen	Supply Chain Management (SCM)
... bereiten Investitionsentscheidungen vor.	Kapitalbedarfsplanung Investitionsarten und -anlässe statische und dynamische Verfahren der Investitionsrechnung Möglichkeiten der Kapitalbeschaffung	Ermittlung des Kapitalbedarfs Ermittlung der Vorteilhaftigkeit einer oder mehrerer Investitionsalternativen Auswahl geeigneter Finanzierungsmöglichkeiten	Finanzierungsgrundsätze
... analysieren die betriebliche Leistungserstellung.	Grundlagen des Controllings Grundbegriffe der Kosten- und Leistungsrechnung Vollkostenrechnung Teilkostenrechnung	Ermittlung von Deckungsbeiträgen	kurz- und langfristige Preisuntergrenze

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...		LF3: BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE ENTSCHEIDUNGEN VORBEREITEN UND TREFFEN		
		Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... steuern und beurteilen Unternehmen anhand von Kennzahlen.		Aufbau und Struktur von Bilanzen Gewinn- und Verlustrechnung Bilanzanalyse	Aufbereiten von Bilanzen und deren Auswertung aufgrund von Kennzahlen	deutsche und internationale Kennzahlensysteme
HINWEISE:	<p>Die Absolventinnen und Absolventen der Fachschule streben Positionen des mittleren Managements an. Um diese Positionen ausfüllen zu können, ist es notwendig, dass sie neben den chemisch-technischen auch über betriebswirtschaftliche Kompetenzen verfügen. Dieser Notwendigkeit wird in diesem Lernfeld Rechnung getragen. Den Technikerinnen und Technikern stehen für die verschiedenen betriebswirtschaftlichen Aufgaben im Rahmen von Industrie 4.0 präzise Daten zur Verfügung, so dass die Analysen und Entscheidungen schneller und wirtschaftlicher vorgenommen werden können.</p> <p>Industrie 4.0: Den Technikerinnen und Technikern stehen für die verschiedenen betriebswirtschaftlichen Aufgaben im Rahmen von Industrie 4.0 präzise Daten zur Verfügung, so dass die Analysen und Entscheidungen schneller und wirtschaftlicher vorgenommen werden können.</p>			

4.3.6 Lernfeld 4: Betriebliche Daten elektronisch erfassen und verarbeiten [40-80h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF4: BETRIEBLICHE DATEN ELEKTRONISCH ERFASSEN UND VERARBEITEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... dokumentieren Arbeitsprozesse und Ergebnisse.	Standardsoftware zur Textverarbeitung Datenbanken Datenschutz und Datensicherheit Backup und Archivierung kooperatives Arbeiten und Versionskontrolle	Strukturierung von Inhalten und Erstellung von digitalen Dokumenten	Argumentations- und Erklärungsstrukturen Digitalisierung
... präsentieren Arbeitsprozesse und Ergebnisse.	Standardsoftware zur Präsentation, Visualisierung und Animation branchentypische Software zur Darstellung chemischer Strukturen und technischer Vorgänge Urheberrechte insbesondere Bildrechte	Darstellung von Informationen unter Berücksichtigung von Urheberrechten	Aufbau multimedialer IT-Systeme technischer Hintergrund von Mediendaten und deren Bearbeitung zielgruppenadäquate Gestaltung
... erfassen und analysieren Messdaten und werten diese aus.	Standardsoftware (Tabellenkalkulation) Branchentypische Software zur statistischen Datenauswertung Data-Science und Data-Mining Automatisierte Messdatenauswertung (Script-Sprachen) Tools zur Unterstützung bei mathematischen Fragestellungen	Auswahl geeigneter Methoden Beschreibung von Systemen durch Daten und Modelle Statistische Auswertung mit einer branchentypischen Software	Grenzen und Fehler von Messdaten Aussagefähigkeit von Simulationen und Auswertungen
...recherchieren in digitalen Medien und in der Fachliteratur.	chemisch-technische Datenbanken	Auswahl geeigneter Medien und Fachliteratur Zusammenfügung von Teilinformationen zu umfassenden kohärenten Erklärungen	verlässliche Quellen

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF4: BETRIEBLICHE DATEN ELEKTRONISCH ERFASSEN UND VERARBEITEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... planen, entwerfen und führen Experimentreihen durch.	systematische Planung von Versuchen (design of experiments, DoE) Simulationsansätze zur Abschätzung chemischer Eigenschaften	systematische Fehlersuche (Troubleshooting) Analyse von Methodik und Ergebnissen	
... unterstützen Kaufentscheidungen im IT-Bereich.	Grundaufbau von IT Systemen	Auswahl geeigneter Komponenten Erstellung von Anforderungsspezifikationen Evaluation von IT-Lösungen	Industrie 4.0
HINWEISE:	Industrie 4.0: Der informationstechnische Komplex Industrie 4.0 basiert auf Datenakquise und Datenorganisation, deren Grundlagen hier gelegt werden sollen.		

4.3.7 Lernfeld 5: (Querschnitt-Lernfeld) Physikalische Gesetzmäßigkeiten bei der Lösung verfahrenstechnischer Probleme anwenden [80h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 5: PHYSIKALISCHE GESETZMÄßIGKEITEN BEI DER LÖSUNG VERFAHRENSTECHNISCHER PROBLEME ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... wenden die Grundlagen der Mechanik an, z. B. für Bilanzen und bei der Auswahl von Werkstoffen.	Statik/Kräfte Dynamik Energien Festigkeitslehre	Erstellung von Kräfte- und Energiebilanzen Berechnung von Kräften, Energien, Spannungen, Dehnungen, Werkstoffkennwerten	
... wenden die Grundlagen der Hydromechanik an, z. B. zur Förderung flüssiger Medien.	statischer und dynamischer Druck Durchflussgleichung und Kontinuitätsgesetz Bernoulli-Gleichung (ideal)	Berechnung verschiedener Drücke Berechnung von Strömungen oder geometrischen Abmessungen	
... wenden Grundlagen der Thermodynamik an, z. B. zur Reaktorauslegung.	Wärme ideales Gasgesetz	Erstellung von Wärmebilanzen Berechnungen zum idealen Gasgesetz	
... wenden Grundlagen der Elektrotechnik an, z. B. zur Vermeidung elektrischer Aufladung.	Elektrostatik Strom elektrische und magnetische Felder Schutzmaßnahmen	Vermeidung von elektrostatischer Aufladung Unterscheidung zwischen Gleich-, Wechsel- und Drehstrom Unterscheidung zwischen SELV und PELV Unterscheidung verschiedener TN-Systeme	elektrische und magnetische Felder: Einflüsse auf Messgeräte und Ausschaltung von Fehlern

4.3.8 Lernfeld 6: Eigenschaften von Stoffen bestimmen sowie chemische Reaktionen beurteilen, durchführen und beeinflussen [120-160h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 6: EIGENSCHAFTEN VON STOFFEN BESTIMMEN SOWIE CHEMISCHE REAKTIONEN BEURTEILEN, DURCHFÜHREN UND BEEINFLUSSEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... leiten Stoffeigenschaften aus den Elementeigenschaften und Bindungsarten ab.	Atombau, Isotope Periodensystem der Elemente Bindungsarten Radioaktivität Zusammenhang zwischen chemischen Eigenschaften und Stoffzusammensetzung	Nutzung radioaktiver Stoffe zur Sterilisation	Elektronegativität Polarität Oktettregel
... nutzen Reaktionsgleichungen zur Beschreibung chemischer Reaktionen.	Reaktionsgleichungen Ansatz, Umsatz, Ausbeute Reaktionsbedingungen Katalysatoren	Aufstellung und stöchiometrischer Ausgleich von Reaktionsgleichungen Berechnung einzusetzender und zu erwartender Stoffmengen in Reaktionen Analyse von Reaktionsparametern Berechnung von Reaktionsgeschwindigkeit und Aktivierungsenergie	Gesetze zur Erhaltung von Masse, Elementen, konstanten Proportionen und Ladungen
... beurteilen Reaktionsabläufe anhand thermodynamischer und kinetischer Daten.	Energie, Entropie, Enthalpie Standardbildungsenthalpie Satz von Hess Gibbs-Helmholtz-Gleichung	Berechnung thermodynamischer und kinetischer Reaktionsparameter	Zusammenspiel der unterschiedlichen Einflussgrößen
... beeinflussen das Gleichgewicht chemischer Reaktionen.	chemisches Gleichgewicht Massenwirkungsgesetz Prinzip des kleinsten Zwangs	Berechnung der Geschwindigkeitskonstante von Gleichgewichtsreaktionen	Faktoren der Beeinflussung chemischer Gleichgewichte

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 6: EIGENSCHAFTEN VON STOFFEN BESTIMMEN SOWIE CHEMISCHE REAKTIONEN BEURTEILEN, DURCHFÜHREN UND BEEINFLUSSEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... beurteilen die Säure-Base-Eigenschaften von Verbindungen.	Säure-Base-Konzepte pH, pOH, pKs, pKB Indikatoren Puffer	Messung von pH-Werten Berechnung von pH-Werten Berechnung der Zusammensetzung von Puffersystemen	Eignung von Puffersystemen für bestimmte Anwendungen Acidität / Basizität von Stoffen aufgrund des Molekülaufbaus
... erkennen und beschreiben Redoxprozesse.	Oxidationszahlen Oxidationsprozesse Reduktionsprozesse Nernst-Gleichung	Aufstellung von Redoxgleichungen Bewertung elektrochemischer Prozesse	Elektronenübergänge Redoxpotenziale
... ordnen organische Moleküle den jeweiligen Stoffklassen zu.	Funktionelle Gruppen Stoffklassen der organischen Chemie Isomerie	Ableitung von Strukturformeln Anwendung der Regeln zur IUPAC-Nomenklatur	Ableitung chemischer und physikalischer Eigenschaften aufgrund des Molekülbaus
... beschreiben organische Reaktionen und verändern die Bedingungen hin zur gewünschten Produktbildung.	radikalische Substitution elektrophile Addition nukleophile Substitution nukleophile Addition aromatische Substitution Regioselektivität Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition	Analyse von Reaktionsmechanismen Bestimmung von Reaktionsprodukten	positiver und negativer induktiver Effekt Mesomerie Polarität

4.3.9 Lernfeld 7: Verfahren und Apparate für die thermische Aufbereitung von Stoffen auswählen und auslegen [180-220h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 7: VERFAHREN UND APPARATE FÜR DIE THERMISCHE AUFBEREITUNG VON STOFFEN AUSWÄHLEN UND AUSLEGEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... wählen geeignete Verfahren für die Aufbereitung flüssiger Zweistoffgemische aus.	Destillation/Rektifikation Daltonsches Gesetz Raoult'sches Gesetz Dampfdruckdiagramm Siedediagramm Gleichgewichtsdiagramm spezielle Rektifikationsverfahren Dünnschichtverdampfung Konzentrationseinheiten	Bestimmung der Anzahl theoretischer Trennstufen Bestimmung von Destillationsgeschwindigkeiten	Thermische Verfahrenstechnik Arbeitssicherheit
... legen überschlägig Destillations- und Rektifikationsapparate aus.	Trennfaktor (relative Flüchtigkeit) Rücklaufverhältnis Bodenwirkungsgrad Bauarten von Trennkolonnen (Boden-, Füllkörper- und Packungskolonnen) Druckverluste bei Kolonneneinbauten Füllkörperarten und HETP-Wert	Ableitung der Verstärkungsgeraden über das Mindestrücklaufverhältnis und Ableitung der Abtriebsgeraden Bilanzierung von Stoff- und Wärmeströmen bei Trennkolonnen Nutzung von Fachsoftware	Stoff- und Wärmeaustausch
... wählen geeignete Extraktionsverfahren für die Aufbereitung von Stoffgemischen aus.	Begriffe der Extraktion Nernstscher Verteilungssatz Gleichgewichtskurve pulsierende Siebbodenkolonne Mixer-Settler-Anlage	Auswahl und Regeneration des Extraktionsmittels	Stofftransport Stoffaustauschprozesse

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 7: VERFAHREN UND APPARATE FÜR DIE THERMISCHE AUFBEREITUNG VON STOFFEN AUSWÄHLEN UND AUSLEGEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... legen überschlägig Apparate für die Extraktion aus.	Bauarten von Extraktionsapparaten Beladungsdiagramm Dreiecksdiagramm Konode kritischer Punkt Binodalkurve Mischungslücke HETP-Wert	Ableitung der Arbeitsgeraden im Beladungsdiagramm Ermittlung der theoretischen Trennstufenzahl Mindestlösemittelverhältnis Bestimmung des Massenverhältnisses	
... wählen geeignete Trocknungsverfahren für die Aufbereitung von Stoffgemischen aus.	Feuchtigkeitsbindung Trocknungsdiagramme und Trocknungsabschnitte Sprühtrocknung	Interpretation von Trocknungsdiagrammen	
... legen überschlägig Apparate für die Trocknung aus.	Beladung Feuchte Luft Enthalpie von Luft Mollier-h-x-Diagramm Bauarten und Vergleich von Trocknungsapparaten Bilanzgleichungen zur Ermittlung des spezifischen Luftbedarfs und der spezifischen Wärme für Trockner	Darstellung von Zustandsänderungen im Mollier-h-x-Diagramm Aufstellung von Bilanzgleichungen zur Ermittlung des spezifischen Luftbedarfs und der spezifischen Wärme für Trockner Bestimmung des Feuchtegehalts	
... wenden Verfahren zur Verdampfung von homogenen Gemischen (Lösungen) an und schätzen den apparativen Aufwand ab.	Dampfarten Dampfdruckkurve Verdampfungsarten Bauarten von Verdampfern	Ermittlung technischer Anforderungen an Verdampfer	Thermodynamik

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 7: VERFAHREN UND APPARATE FÜR DIE THERMISCHE AUFBEREITUNG VON STOFFEN AUSWÄHLEN UND AUSLEGEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Technische Anforderungen an die Bauweise von Verdampfern Verdampferschaltungen Arbeitsweise einer Verdampfungsstufe Siedepunkterhöhung durch gelösten Stoffe		
... wenden Verfahren zur Kristallisation von homogenen Gemischen (Lösungen) an und schätzen den apparativen Aufwand ab.	Löslichkeit Kristallisationsdiagramm Bauarten von Kristallisationsapparaten Aussalzung, Verdünnung und Ausfällung Einteilung der Kristallisationsverfahren technische Anforderungen an den Kristallisationsvorgang	Aufreinigung von Stoffen Nutzung von Kristallisationsapparaten	Festkörperchemie
HINWEISE:	Technikumsunterricht vertieft das Sachwissen im Bereich der thermischen Verfahrenstechnik. Zusätzlich werden die personelle und die soziale Kompetenz gefördert, beispielsweise durch sorgfältiges Messen und Dokumentieren bzw. durch Aufgabenkonzepte, die der Gruppenarbeit bedürfen.		

4.3.10 Lernfeld 8: Apparate und Anlagen für die mechanische Aufbereitung von Stoffen der chemischen Industrie auslegen [140-180h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 8: APPARATE UND ANLAGEN FÜR DIE MECHANISCHE AUFBEREITUNG VON STOFFEN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE AUSLEGEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... planen die mechanische Aufarbeitung von Stoffen der chemischen Industrie.	heterogene und homogene Stoffgemische Sortierung Klassierung Filtrierung Dekantierung Sedimentierung Zentrifugierung Entstaubung Lösung Homogenisierung Suspendierung Begasung	Einteilung von Stoffgemischen Charakterisierung von Stoffgemischen Trennung von fest/festen Gemischen Trennung von fest/flüssigen Gemischen Trennung von fest/gasförmigen Gemischen Vereinigung von Stoffgemischen	physikalische Prinzipien
... legen Apparate und Anlagen für die mechanische Trennung von Stoffen der chemischen Industrie aus.	Massenstrom Volumenstrom Sedimentation Schwerkraft Reibungskraft Zentrifugalkraft Siebanalyse	Bilanzierung von Massen- und Volumenströmen in einer chemischen Anlage Berechnung der wirksamen physikalischen Kräfte	Mechanische Verfahrenstechnik - Trennung

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 8: APPARATE UND ANLAGEN FÜR DIE MECHANISCHE AUFBEREITUNG VON STOFFEN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE AUSLEGEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... legen Apparate und Anlagen für die mechanische Vereinigung von Stoffen der chemischen Industrie aus.	Rühren, Kneten Scherung und Viskosität Rührblätter Rührwerke Leistung	Berechnung von Mischzeiten und Betriebsleistung Auswahl geeigneter Rührer und Auslegung der Leistung	Mechanische Verfahrenstechnik - Vereinigung

4.3.11 Lernfeld 9: Die Qualität von Stoffen durch analytische Untersuchungsmethoden sichern [160-200h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 9: DIE QUALITÄT VON STOFFEN DURCH ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGSMETHODEN SICHERN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... sichern die Qualität von Stoffen durch die Bestimmung physikalischer Eigenschaften.	Schmelz- und Siedepunkt, Viskosität, Brechungsindex, Reaktionswärme, Siebanalyse	Messung relevanter physikalischer Stoffeigenschaften Kalibrierung von Messgeräten Gehaltsbestimmung mithilfe gemessener physikalischer Stoffeigenschaften Molmassenbestimmungen	
...sichern die Qualität von Stoffen mit spektroskopische Methoden.	Lambert-Beersches Gesetz Laser Fotometrie UV-VIS-Spektroskopie IR-Spektroskopie Partikelmesstechnik, Laserlichtstreuung und Partikelgrößenverteilung dynamische Bildauswertung	Probennahme und -vorbereitung Gehaltsbestimmung mit Fotometrie Korngrößen- und Kornformanalyse Partikelcharakterisierung mit dynamischer Bildanalyse	Big Data
... sichern die Qualität von Stoffen mit chromatographischen Methoden.	Komponenten von Chromatographie-Systemen, Dünnschichtchromatographie, Gaschromatographie, Flüssig-Chromatographie: HPLC, Flash-Säulenchromatographie	Gehaltsbestimmung aus Chromatogrammen, Auswahl von Trennsäulen, Detektoren,	physikalische Stoffaustauschprozesse
...optimieren Anlagen durch Inline Reaktionsverfolgung.	prozessnahe Messtechnik und Sensoren für Echtzeit-Analytik nicht invasive Messtechniken ATR-IR-Sensoren (<i>attenuated total re-</i>	Auswahl geeigneter Messsysteme stabile Analytik bei schwierigen Reaktionen in komplexen Matrices Anpassung von Analytikkomponenten mit	Prozessbeschleunigung, Energieeffizienz

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 9: DIE QUALITÄT VON STOFFEN DURCH ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGSMETHODEN SICHERN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<i>flectance</i>) Vernetzung mit Prozessleitsystem (PLS) Prozessbeschleunigung 3D-Druckverfahren und Rapid Prototyping	3D-Druckverfahren	
HINWEISE:	Für die physikalischen Bestimmungsmethoden bietet sich Laborunterricht an. Industrie 4.0: Vernetztes Management von digitalen Analysedaten		

4.3.12 Lernfeld 10: Prozesse in chemisch-technischen Anlagen überwachen und automatisieren [180-220h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 10: PROZESSE IN CHEMISCH-TECHNISCHEN ANLAGEN ÜBERWACHEN UND AUTOMATISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...führen Messungen in chemisch-technischen Anlagen durch.	Fehlerarten, Fehlerklassen, Gesamtfehler Ursachen von Messfehlern Regelwerke zu Messfehlern Messgeräte Messumgebung physikalische Messverfahren	Einstufung nach Fehlerklassen Berechnung von Gesamtfehlern Auswahl von Messgeräten Analyse von Messfehlern sowie deren Behandlung bzw. Vermeidung	wirtschaftliche und bedarfsgerechte Instrumentierung statistische Grundlagen
... setzen Sensoren für Messungen ein.	Sensoren wirtschaftliche, betriebspezifische und messtechnische Kriterien Einheitssignale Messumformer digitale Datenübertragung Feldbussysteme IP-Netze Explosionsdreieck explosionsgefährdete Zonen Gerätekatogorien Zündschutzarten Temperaturklassen ATEX-Richtlinien Kennzeichnung und Konformitätserklärung	Auswahl einschlägiger Sensoren Anpassung von Sensoren an Anlagen und Medien Konzeption von analogen oder digitalen Systemen zur Signalübertragung Auswahl von Sensoren nach den Explosionsschutzanforderungen	systematische Messfehler Sicherheit von Anlagen Unterschiede zwischen analogen und digitalen Signalen Schutz von Personal, Produkt, Anlage, und Umwelt

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 10: PROZESSE IN CHEMISCH-TECHNISCHEN ANLAGEN ÜBERWACHEN UND AUTOMATISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... dimensionieren Aktoren für fluide Stoffe.	Stellorgane (Absperrarmaturen, Stellarmaturen, Sicherheitsarmaturen) Kv-Werte und Rohrleitungsklassen Stellantriebe (z.B. pneumatisch, hydraulisch, elektrisch, elektromagnetisch, elektromotorisch) Stellungsregler I/P Wandler	anwendungs-/anlagenspezifische Auswahl und Auslegung von Aktoren und Antrieben	Fluidik
... beachten die Richtlinien der Funktionalen Sicherheit (SIL) bei Planung und Ausführung.	gesetzliche Anforderungen Sicherheit von Maschinen Risikograph	Erstellung von Risikographen Gefährdungsbeurteilung von Maschinen	wirtschaftliche Vorteile durch prozessintegrierte Instandhaltung
... wählen eine Steuerung für eine zu realisierende Steuerungsaufgabe aus und parametrieren diese.	Aufbau und Funktionsweise von Steuerungen Peripherie, Hard- und Software zyklische Arbeitsweise Fehlersicherheit	Zusammenstellung von Automatisierungshardware	Prinzipien einer aufgaben- und zielorientierten Hardwareauswahl
... entwickeln und dokumentieren einfache Steuerungsprogramme und nehmen diese in Betrieb.	Automatisierungssoftware Programmiersprachen (z .B. FUP, SCL/ Hochsprachen) Simulationsumgebungen Bibliotheksfähigkeit Datentypen (z. B. eigene Datentypen, Rezepte) Anbindungsarten von Busteilnehmern Entwurfsmethoden für Verknüpfungssteue-	Erstellung und Konfiguration einfacher Steuerungsprogramme Umwandlung und Normierung verschiedener Datentypen Übertragung von Sensorsignalen Aufbereitung und Anpassung digitaler und analoger Sensorsignale für die Prozessverwaltung Erstellung und Verwendung bibliotheks-	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 10: PROZESSE IN CHEMISCH-TECHNISCHEN ANLAGEN ÜBERWACHEN UND AUTOMATISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	rungen sicherheitstechnische Hardwaremaßnahmen sicherheitstechnische Softwaremaßnahmen Sicherheitsschaltungen fehlersichere Steuerungen Strategien zur Fehlervermeidung	fähiger Bausteine Parametrierung, Inbetriebnahme und Wartung fehlersicherer Steuerungen	
... analysieren und planen Steuerungen, erstellen diese unter Einhaltung der Normen, setzen sie technisch um und überprüfen selbstständig ihre Funktion.	Entwurfsmethoden für Ablaufsteuerungen DIN EN 60648 / IEC 611313 GRAFCET Zustandsgraphen und Struktogramme strukturierte Programmierung	normgerechte Darstellung und programmtechnische Umsetzung von Abläufen Entwurf von Ablaufsteuerungen Auswahl der Programmiersprache Auswahl der Entwurfsmethode zielgerichtete und anwendungsbezogene Verwendung verschiedener Programmiersprachen	Softwarequalität Entwicklung von Ablaufsteuerungen unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten
... nutzen Human Machine Interfaces (HMI) zur Projektierung und Steuerung.	Visualisierungssoftware Webserverfunktionen herstellerübergreifende Kommunikationsstandards Bedien- und Beobachtungsfunktionen	Erstellung und Parametrierung benutzerfreundlicher Bedienoberflächen	Ergonomie Datenkonsistenz
... arbeiten sich in komplexe Programme ein, erfassen deren Struktur und Funktion, erkennen selbstständig Fehler, passen die Programme an und erweitern diese.	Fehleranalyse Strategien zur Fehlerbeseitigung Diagnosefunktionen	Nutzung von Strukturen aus fremden Programmen für die Fehlersuche	
... wählen Komponenten für einen Regelkreis oder eine Steuerung aus.	Wirkungsplan Signale regelungs- und steuerungstechnische	Zeichnung von Blockschaltbildern und allpoligen Schaltplänen Auswahl von Mess- und Stelleinrichtungen	Prinzip der Gegenkopplung

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 10: PROZESSE IN CHEMISCH-TECHNISCHEN ANLAGEN ÜBERWACHEN UND AUTOMATISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Grundbegriffe Merkmale von Steuerung und Regelung Regelungsarten allpolige Schaltpläne	Aufbau von einfachen Regelkreisen	
... nehmen Sprungantworten und Kennlinien von Regelstrecken auf.	Kennlinien von Regelstrecken Zeitverhalten von Regelstrecken Kenngrößen verschiedener Regelstrecken der Ordnung null bis n mit und ohne Ausgleich Regelbarkeit Sicherheitsaspekte bei der Sprungantwortaufnahme	Aufnahme von Sprungantworten und Kennlinien Bestimmung von Kenngrößen aus Sprungantworten und Kennlinien Beurteilung und Bestimmung der Regelbarkeit	
... wählen geeignete Regler aus.	Reglerarten: kontinuierliche Regler sowie Zwei- und Dreipunktregler Reglerstrukturen: P-, I-, PI-, PD- und PID-Regler Reglerkenngrößen Auswahlkriterien für Regler	Aufnahme und Auswertung von Reglersprungantworten Beurteilung des Reglereingriffs Auswahl passender Regler für vorhandene Regelstrecken	Bedeutung und Anwendung der Differential- und Integralrechnung
... parametrieren und optimieren Regler.	Störungs- und Führungsverhalten Parametrierverfahren für Regler, z. B. CHR, ZN und T-Summe Stabilität im Regelkreis Gütekriterien einer Regelung Hardware- und Softwareregler	Bedienung eines Hardware- bzw. Softwarereglers Nachoptimierung von Reglern mit empirischen Verfahren Beurteilung der Regelgüte	
... planen erweiterte und mehrschleifige Regelkreise.	Kaskade	Aufbau und Inbetriebnahme einer Kaskadenregelung	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 10: PROZESSE IN CHEMISCH-TECHNISCHEN ANLAGEN ÜBERWACHEN UND AUTOMATISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Störgrößenaufschaltung Verhältnisregelung Split-Range-Regelung	Verbesserung der Regelgüte durch eine Störgrößenaufschaltung Auswahl von Hilfsregelgrößen	
... nutzen Simulationen zur Inbetriebnahme von Regelkreisen.	Simulationssoftware Verfahren zur Modellbildung Plausibilitätsbetrachtung	Simulation von realen Regelkreisen Übertragung von Simulationsergebnissen auf reale Anlagen Anwendung und Einsatz von Simulationssoftware	Übertragbarkeit von Simulationsergebnissen in die Realität
... arbeiten mit Prozessautomatisierungs- bzw. Leitsystemen.	Aufbau und Funktionen von Leitsystemen Sicherheitskonzepte Bedienkonzepte Steuerungs- und Regelkonzepte Redundanz R&I-Fließbilder PLT-Stellenpläne und -blätter übergeordnete Systeme, z. B. MES gültige Normen und Richtlinien	Erstellung von R&I-Fließbildern sowie von PLT-Stellenplänen (EMSR-Stellenplänen) und PLT-Blättern Dokumentation der Schnittstellen mit übergeordneten Systemen, z. B. MES	Aufgabenkategorien der Leittechnik Automatisierungspyramide
... projektieren Leitsystemhardware.	Anzeige- und Bedienkomponenten Prozessperipherie Bussysteme Sicherheitseinrichtungen Kommunikation mit übergeordneten Systemen	Hardwarekonfiguration Einbindung der Prozessperipherie	Echtzeitfähigkeit Zuverlässigkeit
... konfigurieren Leitsystemsoftware.	Konfigurationsebene der Leitsystemsoftware Bibliotheksbausteine	Softwarekonfiguration Konfiguration von Steuerungen und Rege-	Boole'sche Algebra digitale Repräsentation von Daten

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 10: PROZESSE IN CHEMISCH-TECHNISCHEN ANLAGEN ÜBERWACHEN UND AUTOMATISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Softwareregler Ablaufsteuerungen Rezepte Alarmhierarchie Animationsarten	lungen Konfiguration des Alarmsystems Visualisierung von Prozessabbildern	Prinzipien zur Verbesserung der Änderbarkeit (Softwarequalität) Bediensicherheit Ergonomie
... betreiben Leitsysteme.	Funktionen der Bedienebene einer Leitsystemsoftware Datenbanken	Umgang mit der Bedienebene einer Leitsystemsoftware Aufzeichnung von Daten Datenanalyse	relationales Datenbankmodell Möglichkeiten und Risiken von Fernwartung und Webdiagnose in der industriellen Prozesstechnik
HINWEISE:	Sensoren und Aktoren werden immer intelligenter. Die zunehmende Vernetzung und die dadurch mögliche Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit sowie die angestrebte Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten, löst die als Industrie 4.0 bezeichnete nächste industrielle Revolution aus. Diese wird derzeit noch schwer abschätzbare Folgen für die Leittechnik und das hier aufgeführte Lernfeld haben. In der konkreten Ausgestaltung des Unterrichts muss auf den aktuellen Stand der Technik eingegangen werden. Im Rahmen von Laborunterricht können die Kompetenzen in den Bereichen Messsensoren, Regelung und Steuerung vertieft werden. Industrie 4.0: Siehe Text oberhalb. Dieses LF leistet den Hauptbeitrag der Qualifizierung bezüglich der Industrie 4.0 des Lehrplans.		

4.3.13 Lernfeld 11: Reaktoren für die diskontinuierliche und die kontinuierliche Produktherstellung beurteilen, planen und betreiben [80-160h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 11: REAKTOREN FÜR DIE DISKONTINUIERLICHE UND KONTINUIERLICHE PRODUKTERSTELLUNG BEURTEILEN, PLANEN UND BETREIBEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... planen Reaktoren auf der Grundlage thermodynamischer Gesetze.	ideale und reale Gasgesetze Zustandsänderungen Hauptsätze der Thermodynamik	Berechnung von Drücken, Temperaturen und Volumina mithilfe des idealen und eines realen Gasgesetzes Anwendung des Phasendiagramms unter Berücksichtigung von Phasenübergängen Berechnung von Reaktionsenthalpien	Grenzen des idealen Gasgesetzes, Notwendigkeit der Berechnung nach realen Bedingungen Luftverflüssigung
... berechnen Umsätze und Ausbeute gegebener Reaktionen.	Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichtskonstante chemisches Gleichgewicht Prinzip von Le Chatelier (Prinzip des kleinsten Zwangs)	Berechnungen der Konzentrationsverhältnisse Verschiebung des Gleichgewichtes zur Umsatzerhöhung	Thermodynamik
... wählen Reaktoren und legen diese aus..	Reaktortypen Betriebsformen Randbedingungen bei der Auswahl eines geeigneten Reaktors Umsatz, Selektivität und Ausbeute von Reaktoren experimentelle Daten Reaktionsordnung	Auswahl eines geeigneten Reaktors Berechnung der Reaktorleistung rechnerische oder grafische Auswertung experimenteller Daten Bestimmung der Reaktionsordnung Berechnungen der Reaktionsgeschwindigkeit nach Arrhenius Berechnung des erforderlichen Reaktorvolumens	chemische Kinetik

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 11: REAKTOREN FÜR DIE DISKONTINUIERLICHE UND KONTINUIERLICHE PRODUKTHERSTELLUNG BEURTEILEN, PLANEN UND BETREIBEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Reaktionsgeschwindigkeit nach Arrhenius Reaktionskinetik überschlägige Reaktorauslegung Reaktorvolumina		

4.3.14 Lernfeld 12: Biotechnische Prozesse analysieren, projektieren und durchführen [80-140h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 12: BIOTECHNISCHE PROZESSE ANALYSIEREN, PROJEKTIEREN UND DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... führen Sicherheitsüberprüfungen des Arbeitsumfeldes durch.	Augendusche Körperdusche elektrische Geräte zur Sicherheitsprüfung Produktionsanlagen HessGISS	Anwendung der Augendusche Anwendung der Körperdusche Sicheres Arbeiten	Erste Hilfe
... stellen Produkte mit nicht gentechnisch veränderten Organismen (Non-GVOs) her.	Non-GVOs (Produktionsstämme) Prokaryot, Eukaryot Nährmedien Gärung (alkoholisch) Zellzahlbestimmung Lebend- und Todzellbestimmung Iodprobe Stammwürze	Herstellung eines Nährmediums Produktion mit Non-GVOs Ethanolproduktion	GVOs Trends in der Biotechnologie Crabtree-Effekt Pasteur-Effekt Gramfärbung
... führen eine Polymerase-Kettenreaktion (<i>polymerase chain reaction</i> , PCR) durch und interpretieren die Ergebnisse.	PCR Transkription Gelelektrophorese Agarose-Gelelektrophorese Marker	Durchführung einer PCR Trennung von DNA-Fragmenten mittels eines Agarosegels Interpretation des Bandenmusters auf einem Agarosegel	genetischer Fingerabdruck
... setzen Enzyme zielgerichtet ein.	Funktion von Enzymen Proteasen Amylasen Tenside Proteine	Proteinspaltung Stärkespaltung Analyse, Interpretation und Präsentation von Spaltungsexperimenten	Peptidbindung Ester glykosidische Bindung intermolekulare Kräfte Waschmittel

Produktionstechnik

Fachschule für Technik

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 12: BIOTECHNISCHE PROZESSE ANALYSIEREN, PROJEKTIEREN UND DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Kohlenhydrate Lipide		
... bestimmen die spezifische Wachstumsrate (μ) eines Mikroorganismus.	Wachstumsrate Optische Dichte Konzentrationsbestimmung von Mikroorganismen	Erstellung einer Wachstumskurve Ermittlung von Wachstumsraten	Bilanzierung
... planen und überprüfen die Herstellung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO).	DNA Transkription Translation Code-Sonne Vektoren/Plasmide, Restriktionsenzyme Operon-Modell (Substratinduktion, Endproduktrepression) Stempel-Methode Blau-Weiß-Selektion	Planung von GVOs Bewertung der Planungsergebnisse zur Herstellung von GVOs	Zellbank Fachgebiete in der Biotechnologie: rote, grüne, graue, weiße und blaue Biotechnologie Codonverwendung (<i>Codon usage</i>)
... überprüfen die Produktion unter Verwendung eines Mikroorganismus.	Fermenter Batch-, Fed-Batch- und kontinuierlicher Prozess Konzentrations-Zeit-Diagramme	Überprüfung von Produktionsstrategien Bewertung von Produktionsstrategien	Diabetes Insulinproduktion Gentechnikgesetz (GenTG)
... überprüfen die Reinigung von Produkten aus der Biotechnik.	Zellernte Zellaufschluss Proteinfaltung Proteinreinigung (Chromatographie)	Überprüfung von Reinigungsstrategien Bewertung von Reinigungsstrategien	medizinische Wirkstoffe Anwendungen von biotechnischen Produkten
HINWEISE:	Als Modellsysteme für nicht gentechnisch veränderte Organismen (Non-GVOs) lassen sich <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Escherichia coli</i> (K12) und <i>Vibrio natriegens</i>		

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 12: BIOTECHNISCHE PROZESSE ANALYSIEREN, PROJEKTIEREN UND DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	verwenden. Für die Produktion mit Non-GVOs bietet sich die Bierherstellung mit <i>Saccharomyces cerevisiae</i> an. Als Beispiel für die gentechnische Produktion empfiehlt sich die Herstellung von Insulin und Somatostatin..		

4.3.15 Lernfeld 13: Anlagen für chemisch-technische Prozesse planen [160-200h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 13: ANLAGEN FÜR CHEMISCH-TECHNISCHE PROZESSE PLANEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... interpretieren und erstellen grafischer Darstellungen verfahrenstechnischer Anlagen.	Bestandteile verfahrenstechnischer Anlagen Regelwerke zur Darstellung von Fließbildern Funktionen von Software zur Darstellung verfahrenstechnischer Anlagen	Erstellung eines Fließbilds mit fachspezifischer Software	
... planen Anlagen zur Förderung flüssiger Medien.	Kennzeichnung Rohrleitungssysteme Armaturen strömungstechnische Vorgänge Bauarten von Pumpen Reihen- und Parallelschaltung von Pumpen und Rohrleitungen Förderhöhe Druckverluste Verbindungen Fachsoftware	Dimensionierung von Rohrleitungen, Auswahl von Pumpen und Förderelementen	Prinzipien der Strömungslehre Instandhaltung
... wählen Werkstoffe zum Anlagenbau aus.	physikalische Werkstoffanforderung Werkstoffeigenschaften Werkstoffprüfung Benennung nach Norm Stähle, Polymere, Glas und Verbundwerkstoffe Datenbanken für Werkstoffe Recherchestrategien 3D-Druckverfahren, Rapid-Prototyping	Werkstoffrecherche in Datenbanken	Materialwissenschaft

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF 13: ANLAGEN FÜR CHEMISCH-TECHNISCHE PROZESSE PLANEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... vermeiden bzw. begrenzen die Korrosion in verfahrenstechnischen Anlagen.	Korrosion Korrosionsarten und -größen Maßnahmen zum Korrosionsschutz Datenbanken für Korrosion (Dechema Corrosion Handbook) Recherchestrategien	Auswahl korrosionsfester Verbindungen Auswahl von Maßnahmen zum Korrosionsschutz Werkstoffrecherche in Datenbanken	Sicherheit und Wirtschaftlichkeit
... berücksichtigen die Wärmeübertragung bei chemisch-technischen oder physikalischen Prozessen.	Wärmemenge Wärmeaustausch Stromführung Apparate Bauformen Wärmeträger	Berechnung des Wärmeaustauschs Auswahl der Bauform	Plausibilität
... legen Wärmeaustauscher aus und optimieren diese.	Wärmedurchgangskoeffizient Wärmedurchgangs- und Wärmeübergangskoeffizienten Wärme- und Massenstrom Kostenaufwand Wärmedämmung Fachsoftware	überschlägige Auslegung Optimierung von Wärmeaustauschprozessen	Energieeffizienz
HINWEISE:	In diesem Lernfeld sind die Auswahl und der Betrieb von Reaktoren nicht enthalten. Industrie 4.0: intelligente Instandhaltung Einsatz von CAD bei der Anlagenplanung		

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.