

Hessisches Kultusministerium

HESSEN



Lehrplan

Zweijährige Fachschule für Technik

FACHRICHTUNG BIOTECHNIK

BERUFLICHER LERNBEREICH

BILDUNGSLAND
Hessen 

Impressum

Lehrplan Zweijährige Fachschule für Technik
Fachrichtung Biotechnik.
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 Biotechnik	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	20
4.3	Beruflicher Lernbereich	22
4.3.1	Mathematik (Querschnitt-Lernfeld)	22
4.3.2	Projektarbeit	25
4.3.3	Lernfeld 1: Projekte mittels systematischen Projektmanagements durchführen	26
4.3.4	Lernfeld 2: Qualitätsmanagementsysteme nutzen.....	28
4.3.5	Lernfeld 3: Betriebswirtschaftliche Entscheidungen vorbereiten und treffen	31
4.3.6	Lernfeld 4: Betriebliche Daten elektronisch erfassen und verarbeiten.....	33
4.3.7	Lernfeld 5: (Querschnitt-Lernfeld) Chemische und physikalische Methoden zur Untersuchung von Stoffen anwenden.....	35
4.3.8	Lernfeld 6 (Querschnitt-Lernfeld): Den menschlichen Körper und tierische Modellorganismen anatomisch und physiologisch verstehen.....	40
4.3.9	Lernfeld 7: Biochemische Reaktionen durchführen und analysieren	41
4.3.10	Lernfeld 8: Eukaryotische Zellkulturtechnik in der Produktentwicklung einsetzen	43
4.3.11	Lernfeld 9: Pflanzen als Produktionsorganismen für Nahrungsmittel und Rohstoffe nutzen	45
4.3.12	Lernfeld 10: Moderne Therapieansätze und Diagnoseverfahren in der Medizin entwickeln	46
4.3.13	Lernfeld 11: Pharmakologische Wirkstoffe produzieren.....	48
4.3.14	Lernfeld 12: Biotechnische Produkte herstellen (Upstream Processing) ..	50
4.3.15	Lernfeld 13: Biotechnische Produkte herstellen (Downstream Processing)	51

5	Handhabung des Lehrplans	54
6	Literaturverzeichnis	56

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 Biotechnik

Mit stetig wachsenden Umsätzen, teils mit Rekordgewinnen und kontinuierlich steigenden Mitarbeiterzahlen gilt die Biotechbranche als wirtschaftliches Zugpferd und Jobmotor. Fünf der 15 erfolgreichsten forschenden und entwickelnden Unternehmen weltweit sind biotechnisch tätig. Neben industriellen Großbetrieben zählen mittelständische und familiengeführte Unternehmen sowie Start-ups zur Biotechbranche. Die Nachfrage nach gut ausgebildeten Fachkräften ist hoch.

Die Anforderungen an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind so vielfgestaltig wie die Biotechnologie an sich. Sie ist definiert als die Nutzung lebender Organismen oder ihrer Produkte zum Vorteil des Menschen, zur Herstellung eines Produkts oder zur Lösung eines Problems. Sie gilt als fachübergreifende Wissenschaft. Grundlagenfächer wie Genetik, Biochemie, Physiologie, Molekular- und Zellbiologie, Immunbiologie, Mikrobiologie, Verfahrenstechnik und Computerwissenschaften dienen als Basis für die unterschiedlichen Teilgebiete der Biotechnologie, die folgende Bereiche umfassen:

- Medizin: rote Biotechnologie: Entwicklung, Produktion und Anwendung moderner Arzneimittel
- industrielle Biotechnologie: weiße Biotechnologie: Entwicklung und Anwendung biotechnischer Produkte und Prozesse zur Behandlung von Abfall und Abwasser sowie chemische Synthese zur Gewinnung von Rohstoffen und Energie
- pflanzliche Biotechnologie: grüne Biotechnologie: Entwicklung und Einsatz von genetisch modifizierten, mit biotechnologischen Verfahren gewonnenen Pflanzen und Tieren oder Mikroorganismen

Neben Fachkompetenz sind in der digitalisierten Arbeitswelt personale und soziale Kompetenzen mehr denn je gefragt, um den Erfordernissen der Industrie 4.0 gerecht zu werden. All diese Ansprüche spiegeln sich in dem vorliegenden Curriculum der Fachschule für Biotechnik wider.

Die beruflichen Anforderungen und Weiterbildungsziele in der Fachrichtung Biotechnik lassen sich wie folgt beschreiben:

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker der Fachrichtung Biotechnik werden mit vielfältigen technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Aufgaben betraut und z. B. bei der Planung, Entwicklung und Umsetzung, beim Betrieb und bei der Evaluierung biotechnischer Produktions- und Aufbereitungsverfahren sowie für Beratungs-, Schulungs- und Vertriebsaufgaben eingesetzt. Dabei erfüllen sie häufig eine Schnittstellenfunktion als Spezialistinnen und Spezialisten in den Bereichen Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik, sodass fundierte Kenntnisse in den Naturwissenschaften und im Ingenieurwesen notwendig sind.

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

- Anwendung biotechnologisch-wissenschaftlicher (auch chemischer, biologischer, verfahrenstechnischer, nanotechnologischer, physikalischer und statistischer) Methoden
- Mitwirkung an der Suche nach biotechnologisch nutzbaren, auch gentechnisch veränderten Organismen und Biokatalysatoren sowie deren Erprobung und Weiterentwicklung
- Human-, sozial- und umweltverträgliche Übertragung im Labor entwickelter Produktions- und Aufbereitungsverfahren auf den großtechnischen Maßstab
- Überwachung und Steuerung von Bioreaktoren hinsichtlich Produktbildung, Sterilität, Mess- und Regeltechnik
- Kontrolle von Produktions- und Aufbereitungsverfahren im Rahmen der großtechnischen Gewinnung biologischer Produkte, dabei Entwicklung und Anwendung entsprechender Kontrollverfahren
- Planung und Projektierung biotechnologischer Apparaturen und Anlagen, Überwachung der Montage und Gewährleistung eines sicheren Betriebs der Anlage
- Überwachung von Produktionsabläufen, mengen- und termingerechte Planung von Material- und Arbeitseinsatz, Steuerung und Überwachung von Lager-, Auftrags- und Bestellbeständen
- Erkennen biotechnologischer Fragestellungen und Bewertung im Hinblick auf Innovation und Machbarkeit
- Beratung von Anwendern hinsichtlich der richtigen Handhabung und Pflege von Geräten und Anlagen
- Vorbereitung und Durchführung von Verhandlungen mit Kunden, Auftraggebern oder Vertretern von Institutionen und Verbänden, z. B. in Bezug auf Arzneimittel, biotechnologische Produkte und Geräte der Umwelttechnik
- Mitwirkung bei der Verfahrensentwicklung zur Entsorgung flüssiger, fester und gasförmiger Stoffe aus Haushalt, Gewerbe und Industrie
- kritische Auseinandersetzung mit mikro- und molekularbiologischen Technologien im Hinblick auf soziale und kulturelle Verträglichkeit
- Ausführung planerischer und organisatorischer Tätigkeiten im Rahmen von Führungspositionen einschließlich Personalplanung
- Realisierung von Qualitätsmanagement
- Durchführung von Kostenrechnungen
- Ausbildung und Schulung

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

Um diesen Verantwortungsrahmen auszufüllen, sollen staatlich geprüfte Technikerinnen und Techniker

- Probleme analysieren, strukturieren und lösen,
- Informationen selbstständig beschaffen, auswerten und strukturieren,
- fähig sein, im Team zu arbeiten, aber auch Führungsaufgaben zu übernehmen,
- sich in einer Fremdsprache berufsbezogen zu informieren und in ihr zu kommunizieren,
- sich weiterbilden.

3 Theoretische Grundlagen des Lehrplans

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

3.1 Sozial-kommunikative Kompetenzen

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

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

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

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

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

3.2 Personale Kompetenzen

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

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

3.3 Fachlich-methodische Kompetenzen

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

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

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

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

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

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

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

Teilkompetenz			
Berufliche Handlung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen

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

3.4 Zielkategorien

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

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

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

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

3.4.1 Beruflich akzentuierte Zielkategorien

Kommunizieren und Kooperieren

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

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

Darstellen und Visualisieren

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

Informieren und Strukturieren

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

Planen und Projektieren

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

Entwerfen und Entwickeln

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

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

Realisieren und Betreiben

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

Evaluieren und Optimieren

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

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

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

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

3.4.2 Mathematisch akzentuierte Zielkategorien

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

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

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

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

3.5 Taxierung der Kompetenzen in drei Stufen

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

Qualität 1 (linear-serielle Struktur):

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

Qualität 2 (zyklisch-verzweigte Struktur):

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

Qualität 3 (mehrschichtige Struktur):

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

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

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

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

3.5.1 Taxonomietabelle für beruflich akzentuierte Zielkategorien

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

3.5.2 Taxonomietabelle für mathematisch akzentuierte Zielkategorien

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

3.6 Zusammenfassung

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

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

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

4 Organisation der Kompetenzen und Kenntnisse

4.1 Lernfeldbegriff und Aufbau der Lernfeldbeschreibungen

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

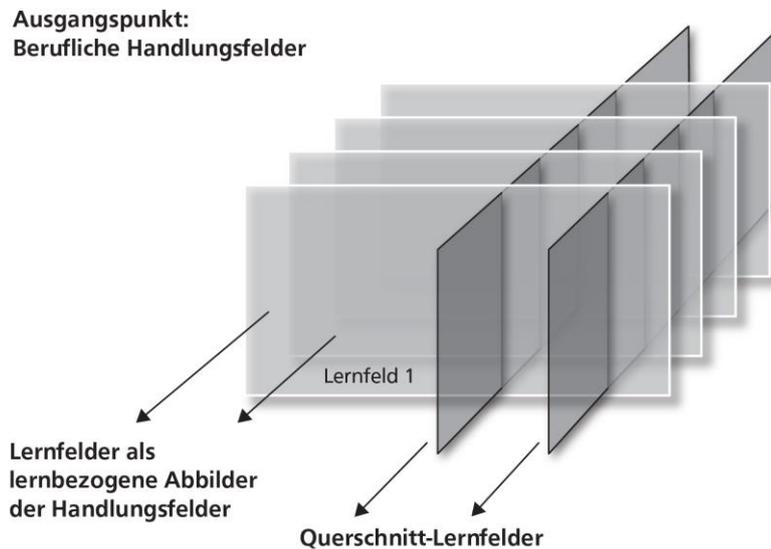


Abbildung 1: Beziehung zwischen berufsbezogenen Lernfeldern als lernbezogene Abbilder beruflicher Handlungsfelder und Querschnitt-Lernfeldern.

Berufsbezogene Lernfelder sind curriculare Teilsegmente, welche sich aus einer spezifischen didaktischen Transformation beruflicher Handlungsfelder ergeben (BADER, 2004, S. 1). Wesentlich ist hierbei, dass die für das jeweilige Berufssegment wesentlichen Tätigkeitsbereiche adressiert werden. Relevante berufliche Handlungsfelder haben Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung. Ihre didaktische Reduktion in das Format eines Lernfelds folgt dem Prinzip der Exemplarität (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 durch die Schulen frei auf die beiden Ausbildungsabschnitte verteilt werden. Die Summe der Wochenstunden im beruflichen Lernbereich muss 2000 Stunden betragen. Für alle Studierenden eines Jahrgangs muss der Stundenumfang für die individuelle Projektarbeit gleich sein.

		Unterrichtsstunden	
		1. Ausbildungs- abschnitt	2. Ausbildungs- abschnitt
Beruflicher Lernbereich			
Mathematik		200-220	
Projektarbeit			160-180
Lernfelder			
LF 1	Projekte mittels systematischen Projektmanagements durchführen	20-60	
LF 2	Qualitätsmanagementsysteme nutzen	80-120	
LF 3	Betriebswirtschaftliche Entscheidungen vorbereiten und treffen	60-100	
LF 4	Betriebliche Daten elektronisch erfassen und verarbeiten	100-140	
LF 5	Querschnitt-Lernfeld: Chemische und physikalische Methoden zur Untersuchung von Stoffen anwenden	180-220	
LF 6	Querschnitt-Lernfeld: Den menschlichen Körper und tierische Modellorganismen anatomisch und physiologisch verstehen	30-70	
LF 7	Biochemische Reaktionen durchführen und analysieren	80-120	
LF 8	Eukaryotische Zellkulturtechnik in der Produktentwicklung einsetzen	100-140	
LF 9	Pflanzen als Produktionsorganismen für Nahrungsmittel und Rohstoffe nutzen	60-100	
LF 10	Moderne Therapieansätze und Diagnoseverfahren in der Medizin entwickeln	80-140	
LF 11	Pharmakologische Wirkstoffe produzieren	120-180	
LF 12	Biotechnische Produkte herstellen (Upstream Processing)	200-240	
LF 13	Biotechnische Produkte herstellen (Downstream Processing)	200-240	

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

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 [160-180h]

Die Studierenden entscheiden sich für ein Projekt mit technischen, ökologischen, organisatorischen oder betriebs-, forschungs- und entwicklungsorientierten Schwerpunkten. Sie formulieren den Projektauftrag und die zu erreichenden Projektziele. Bei der Projektplanung, -durchführung und -bewertung sowie bei der Präsentation wenden sie kompetent die Methoden des Projektmanagements an.

Zu Beginn analysieren sie die Problemstellungen und strukturieren die Arbeitsaufgaben. Bei der Erarbeitung praxismgerechter Lösungen berücksichtigen sie Fach- und Projektbezüge bzw. fachübergreifende Zusammenhänge. Darüber hinaus legen sie den Personal- und Produktionsmittelbedarf fest. Dabei beachten sie ökologische und ökonomische Aspekte hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Energie- und Rohstoffeinsatzes, der Entsorgung und Wiederverwertung sowie der Arbeitsergonomie und -sicherheit. Sie entwickeln Maßnahmen zur Qualitätssicherung und beziehen vertragsrechtliche Aspekte hinsichtlich der Haftung und Gewährleistung ein.

Die Studierenden organisieren sich in Projektteams, delegieren die Verantwortlichkeiten an die Teammitglieder und legen einen Terminplan für die Projektphasen fest. Sie zeigen bei der Projektdurchführung Technologie- und Systemverständnis, Engagement und Kreativität sowie Bereitschaft zur Verantwortungsübernahme. Zudem pflegen sie Kommunikation und Kooperation. Sie dokumentieren den Projektverlauf und die Projektergebnisse fortlaufend und entwickeln ggf. Alternativen. Zur Beseitigung von Störungen ergreifen sie geeignete Korrekturmaßnahmen.

In der Abschlussphase des Projekts bewerten die Studierenden die Messwerte, die Ergebnisse und den Arbeitsprozess, dokumentieren die verwendeten Quellen und zeigen Verbesserungspotenziale auf. Dazu erstellen sie einen Abschlussbericht und evaluieren ihre Arbeit im Team.

In einer Abschlusspräsentation stellen die Studierenden in ihren jeweiligen Projektteams das gesamte Projekt in allen Teilbereichen vor.

4.3.3 Lernfeld 1: Projekte mittels systematischen Projektmanagements durchführen [20-60h]

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 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 Risiken und Chancen, Maßnahmen zur Risikoverminderung Unternehmens- und Projektorganisationsformen, Rollen im Projekt Lasten- und Pflichtenheft, Projektauftrag, Projekthandbuch Projektstrukturplan, Arbeitspakete Ablauf- und Terminplan Einsatzmittel-, Kapazitäts- und Kostenplan	Phasenplanung Beurteilung eines Projektes auf Machbarkeit Projektumfeldanalyse Risikoanalyse Aufstellung einer Projektorganisation Erstellung eines Projektauftrages Erstellung eines Projektstrukturplans Durchführung einer Ablauf- und Terminplanung Erstellung einer Einsatzmittel- und Kostenplanung	Prinzip der Ergebnisorientierung Prinzip der personalisierten Verantwortungen
... realisieren das Projekt.	Kosten- und Termintrendanalyse Berichtswesen Projektsteuerung	Stakeholdermanagement Risikomanagement Überwachung und Steuerung der Projektrealisierung	Prinzip des rechtzeitigen Handelns

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF1: PROJEKTE MITTELS SYSTEMATISCHEN PROJEKTMANAGEMENTS DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
		Erstellung, Pflege, und Kommunikation der Projektdokumentation	
... schließen ein Projekt ab.	Übergabeprotokoll Endabnahme	Abschluss der Projektdokumentation Projektübergabe und Abschlusspräsentation Projektreflexion Lessons Learned	PM-Regelkreis
HINWEISE:	<p>Die Erstellung eines Gantt-Diagramms, z. B. in 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 soll betont werden.</p> <p>Industrie 4.0: Das Prinzip der Ablaufdigitalisierung wird reflektiert.</p>		

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: 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	EMAS und Umweltmanagementsystem 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, Berichterstattung über Prüfungen und Archivierung	Bewertung der Gefahren für Mensch und Umwelt Erstellung einer Dokumentation	Labor-Informations- und Managementsysteme (LIMS) Kostenmanagement

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF2: QUALITÄTSMANAGEMENTSYSTEME NUTZEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... 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 insbesondere 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 Verfahren zur Bewertung und Reflexion des eigenen Handelns
... wenden einschlägige Werkzeuge und Methoden der Qualitätssicherung und von QMS an.	Elementaren QM-Werkzeuge (z. B. Fehlersammelliste, Histogramm, Qualitätsregelkarten (QRK), Pareto-Diagramm, Korrelationsdiagramm, Brainstorming, Ursache-Wirkungsdiagramm)	Anwendung von Fehler- und Schwachstellenanalysen	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 Maschinen- und Prozessfähigkeit Lieferantenbewertung	Erhebung und Auswertung von Daten Bildung von aussagekräftigen Kennziffern Durchführung von Prozessregelungen mithilfe von QRK	Bedeutung von Fehlervermeidungsstrategien für die unternehmerische Praxis

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF2: QUALITÄTSMANAGEMENTSYSTEME NUTZEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... 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 Evaluierungen
... erstellen Prüfpläne.	Prüfpläne und -protokolle Prüfmittelfähigkeit Prüfmittelüberwachung Planungsschritte zur Erstellung eines Prüfplans 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 [60-100h]

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 für ein Unternehmen Wahl der Rechtsform einer Unternehmung	Shareholder Value vs. Stakeholderansatz
... planen den Bedarf an Roh-, Hilfs- und Betriebsmitteln und beschaffen diese in Kooperation mit der Einkaufsabteilung.	Beschaffungsstrategien Bedarfsplanung (ABC-, 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 Plan- und Prozesskostenrechnung	Ermittlung von Zuschlagssätzen (Betriebsabrechnungsbogen I) 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 Gewinnverwendung bei unterschiedlichen Rechtsformen	Aufbereitung von Bilanzen und deren Auswertung aufgrund von Kennzahlen	deutsche und internationale Kennzahlensysteme
HINWEISE:	Die Absolventinnen und Absolventen der Fachschule streben Positionen des mittleren Managements an. Um diese ausfüllen zu können, ist es notwendig, dass sie neben chemisch-technischen auch betriebswirtschaftliche Kompetenzen aufweisen. Dieser Notwendigkeit wird im vorliegenden Lernfeld Rechnung getragen. 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.			

4.3.6 Lernfeld 4: Betriebliche Daten elektronisch erfassen und verarbeiten [100-140h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF4: BETRIEBLICHE DATEN ELEKTRONISCH ERFASSEN UND VERARBEITEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... dokumentieren Arbeitsprozesse und Ergebnisse unter Berücksichtigung der Digitalisierung	Standardsoftware zur Textverarbeitung Datenbanken Datenschutz und -sicherheit Backup und Archivierung Kooperatives Arbeiten und Versionskontrolle	Strukturierung von Inhalten und Erstellung von digitalen Dokumenten	Argumentations- und Erklärungsstrukturen
... präsentieren Arbeitsprozesse und Ergebnisse nachvollziehbar und strukturiert	Standardsoftware zur Präsentation, Visualisierung und Animation, Erstellung von Kostenkalkulationen, Spezialsoftware chemischer Strukturen und technischer Vorgänge	Darstellung von Informationen Umgang mit Bildrechten und andere Urheberrechten	Aufbau multimedialer IT-Systeme technischer Grundlagen von Mediendaten und deren Bearbeitung zielgruppenadäquate Gestaltung
... erfassen, analysieren und werten Messdaten aus unter Berücksichtigung der Automatisierung durch EDV-Einsatz	Standardsoftware (Tabellenkalkulation) statistische Auswertung mit einer Spezialsoftware Data-Science und Data-Mining automatisierte Messdatenauswertung (Scriptsprachen) Tools zur Unterstützung bei mathematischen Fragestellungen	Auswahl geeigneter Methoden Beschreibung von Systemen durch Daten und Modelle	Grenzen- und Fehler von Messdaten Simulationen und Auswertungen realistisch abschätzen
...recherchieren in digitalen Medien und in der Fachliteratur	technische Datenbanken geeignete Medien und Fachliteratur	Zusammenführung der Teilinformationen zu umfassenden kohärenten Erklärungen	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF4: BETRIEBLICHE DATEN ELEKTRONISCH ERFASSEN UND VERARBEITEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... planen und entwerfen Experimente zur Lösung von Problemstellungen.	systematische Planung von Versuchen (design of experiments) Simulationsansätze zur Abschätzung biochemischer Eigenschaften	Durchführung von Experimenten und Simulationen Systematische Fehlersuche (Trouble Shooting)	
... arbeiten mit sich erneuernden und neuen IT-Systemen am Arbeitsplatz und nehmen Teil an deren Kaufentscheidungen.	Grundaufbau von IT- Systemen	Auswahl geeigneter Komponenten Erstellung von Anforderungsspezifikationen	IT-Lösungen Industrie 4.0
HINWEISE:	Industrie 4.0: Die Technikerinnen und Techniker erfassen Messdaten mithilfe von EDV-Einsatz und werten diese aus. Am Arbeitsplatz verwenden sie sich erneuernde und neue IT-Systeme und nehmen an Kaufentscheidungen für solche Systeme teil. Zudem reflektieren sie IT-Lösungen.		

4.3.7 Lernfeld 5: (Querschnitt-Lernfeld) Chemische und physikalische Methoden zur Untersuchung von Stoffen anwenden [180-220h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF5: CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG VON STOFFEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... leiten aus den Elementeigenschaften und Bindungsarten Stoffeigenschaften ab.	Atombau, Isotope Periodensystem der Elemente Bindungsarten Radioaktivität Zusammenhang zwischen chemischen Eigenschaften und Stoffzusammensetzung Gefährdung durch radioaktive Stoffe im Labor	Verwendung von und Umgang mit radioaktiven Stoffe	Elektronegativität Polarität Oktettregel Molekülorbitale
... 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, z.B. im Zusammenhang mit Reaktionsabläufen im Stoffwechsel.	Energie, Entropie, Enthalpie Standardbildungsenthalpie Satz von Hess, Gibbs-Helmholtz-Gleichung	Berechnung thermodynamischer und kinetischer Reaktionsparameter	Zusammenspiel der unterschiedlichen Einflussgrößen

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF5: CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG VON STOFFEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... beurteilen die Säure-Base-Eigenschaften von Verbindungen, z. B. um Puffer für Zellkulturmedien anzusetzen.	Säure-Base-Konzepte pH, pOH, pKs, pKB Indikatoren Messverfahren Ostwaldsches Verdünnungsgesetz 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 Redoxreaktionen, z. B. im Zusammenhang mit oxidativen Abbauprozessen im Stoffwechsel.	Oxidationszahlen Oxidationsprozesse Reduktionsprozesse	Aufstellung von Redoxgleichungen	Redoxpotenziale Elektronenübergänge
... ordnen organische Moleküle den jeweiligen Stoffklassen zu, z.B. im Zusammenhang mit biochemisch relevanten Stoffen und typischen Laborchemikalien.	Funktionelle Gruppen Stoffklassen der organischen Chemie	Ableitung von Strukturformeln Anwendung der Regeln zur IUPAC-Nomenklatur	Ableitung chemischer und physikalischer Eigenschaften aufgrund des Molekülbaus
... beschreiben die Reaktionsmechanismen organischer Reaktionen, z.B. um die Mechanismen auf komplexe biochemische Reaktionen zu übertragen.	radikalische Substitution elektrophile Addition nucleophile Substitution nucleophile Addition aromatische Substitution regioselektivität	Analyse von Reaktionsmechanismen Herleitung von Reaktionsmechanismen Bestimmung von Reaktionsprodukten	Positiver und negativer induktiver Effekt Mesomerie Polarität

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF5: CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG VON STOFFEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... beeinflussen das Gleichgewicht organischer Reaktionen, z.B. um die Bedeutung der Konzentrationsverhältnisse in enzymatischen Reaktionen abzuschätzen.	Chemisches Gleichgewicht Massenwirkungsgesetz	Berechnung der Geschwindigkeitskonstante von Gleichgewichtsreaktionen	Faktoren der Beeinflussung chemischer Gleichgewichte
... bestimmen Konzentrationen mittels Elektromagnetischer Strahlung.	<p>Elektromagnetische Strahlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wellenlänge • Frequenz • Energie • Wechselwirkung mit Materie <p>Fotometrie, Nephelometrie, Turbidimetrie</p> <p>Absorption, Transmission, Extinktion, Schichtdicke, molarer dekadischer Extinktionskoeffizient</p> <p>Strahlengang im Fotometer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lichtquellen • Monochromatoren • Wechselwirkung Licht-Probe • Detektoren <p>Lumineszenz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluoreszenz • Phosphoreszenz 	<p>Fotometrische Konzentrationsbestimmung</p> <p>Nephelometrische Konzentrationsbestimmung</p> <p>Turbidimetrische Konzentrationsbestimmung</p>	<p>Bouguer-Lambert-Beersches Gesetz</p> <p>Modellvorstellungen des Lichts</p> <p>Strahlenmodell</p> <p>Wellenmodell</p> <p>Teilchenmodell</p> <p>Welle-Teilchen-Dualismus</p> <p>Energieformen und -wandlung</p>

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF5: CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG VON STOFFEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... untersuchen mikroskopische Strukturen.	<p>Strahlengang und Bauteile im Lichtmikroskop, Bildentstehung in optischen Linsensystemen</p> <p>Vergrößerung</p> <p>numerische Apertur</p> <p>Immersionmikroskopie</p> <p>Färbereagenzien</p> <p>Hellfeld- und Dunkelfeldmikroskopie</p> <p>Auflicht- und Durchlichtmikroskopie</p> <p>Abbildende und rasternde Mikroskopieverfahren</p>	lichtmikroskopische Untersuchung	<p>Snelliussches Brechungsgesetz</p> <p>Abbe-Limit</p> <p>STED-Mikroskopie</p> <p>Rasterelektronenmikroskopie</p>
... trennen Substanzgemische chromatografisch.	<p>chromatografisches Prinzip, Elugramm</p> <p>chromatografische Kenngrößen</p> <p>chromatografische Verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GC • HPLC • GPC / SEC • IC <p>jeweils typische stationäre und mobile Phasen</p> <p>Detektoren</p>	Optimierung einer chromatografischen Trennung durch Ermittlung der optimalen Fließgeschwindigkeit	Van-Deemter-Gleichung

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF5: CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG VON STOFFEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... führen elektrophoretische Auftrennungen durch.	Aufbau einer Gelelektrophorese Blotting-Techniken Detektion, Quantifizierung	Proteintrennung mittels SDS-PAGE	

4.3.8 Lernfeld 6 (Querschnitt-Lernfeld): Den menschlichen Körper und tierische Modellorganismen anatomisch und physiologisch verstehen [30-70h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF6: DEN MENSCHLICHEN KÖRPER UND TIERISCHE MODELLORGANSIMEN ANATOMISCH UND PHYSIOLOGISCH VERSTEHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... wenden Wissen über den Aufbau des menschlichen Körpers an z.B. in der Wirkstoffentwicklung.	Aufbau der Zelle Gewebe Organe Organsysteme	Gewebekultivierung	Zusammenhang zwischen den Organisationsebenen
... nutzen anatomische und physiologische und pathologische Zusammenhänge von ausgewählten Organen und Organsystemen z. B. in der Wirkstoffentwicklung.	Nervensystem, Herz-Kreislauf-System (Herz, Blutgefäße) Respiratorisches System Blutsystem Immunsystem Verdauungssystem sowie deren Krankheiten	Organisolierung und -sektion Anwendung von Diagnoseverfahren	Steuerungssysteme des menschlichen Körpers Versorgung des menschlichen Körpers
HINWEISE:	Anatomie und Physiologie von Zellen und Organsystemen stellen die Grundlage für die Lernfelder 'Eukaryotische Zellkulturtechnik in der Produktentwicklung einsetzen', 'Moderne Therapieansätze und Diagnoseverfahren in der Medizin entwickeln' und 'Pharmakologische Wirkstoffe produzieren' dar. Es kann sowohl begleitend als auch vorbereitend auf die oben genannten Lernfelder unterrichtet werden. Industrie 4.0: Verwendung medizinischer Apps mit Augmented Reality Anwendungen zur Übersicht der Organsysteme, digitale kooperative Arbeitsmethoden (z. B. Portfolio)		

4.3.9 Lernfeld 7: Biochemische Reaktionen durchführen und analysieren [80-120h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF7: BIOCHEMISCHE REAKTIONEN DURCHFÜHREN UND ANALYSIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... führen biochemische Experimente zu Stoffwechselprozessen des Kohlenhydratstoffwechsels durch.	Nomenklatur, Aufbau und Eigenschaften von Monomeren, Dimeren und Polymeren Chiralität Analyseverfahren Funktionen von Kohlenhydraten im Organismus Energiestoffwechsel Baustoffwechsel	Nachweis von Kohlenhydraten Aufbereitung von Analyseergebnissen	funktionelle Bedeutung struktureller Eigenschaften von Kohlenhydraten Einflussnahme auf Stoffwechselprozesse Abweichungen in Stoffwechselprozessen und ihre Folgen
... analysieren Aufbau und Funktionen von Aminosäuren, Peptiden und Proteinen.	Aminosäuren Peptidbindung Proteinstruktur Proteinfaltung Reinigungs- und Analyseverfahren Verfahren zur Funktionsanalyse	Bestimmung des Proteingehaltes Aufreinigung von Proteinen Strukturaufklärung von Proteinen Aufbereitung von Analyseergebnissen	funktionelle Bedeutung struktureller Eigenschaften von Proteinen Grenzen und Potenziale moderner Analyseverfahren von Proteinen
... führen biochemische Experimente zu Funktionen der Lipide durch	Klassifizierung, Nomenklatur und Aufbau Lipidhormone Speicherlipide Membranlipide Lipidstoffwechsel	Analyse der Lipidzusammensetzung Bestimmung des Hormonstatus von Steroidhormonen	funktionelle Bedeutung struktureller Eigenschaften von Lipiden Grenzen und Potenziale moderner Analyseverfahren von Lipiden
... führen Experimente zur Durchlässigkeit von biologischen Membranen durch.	Membranaufbau Kanalproteine aktive und passive Transportprozesse	Analyse von Transportvorgängen an einer Membran Beeinflussung der Membranpermeabilität	künstliche Membranen und ihre Eigenschaften

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF7: BIOCHEMISCHE REAKTIONEN DURCHFÜHREN UND ANALYSIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... bestimmen kinetische Daten enzymatischer Reaktionen.	Aktivierungsenergie und Reaktionsgeschwindigkeit Enzymklassen Michaelis-Menten-Kinetik andere kinetische Modelle	Analyse biochemischer Reaktionsschritte Messung kinetischer Daten Berechnung und Bewertung kinetischer Parameter	Mechanismen der enzymatischen Wirkung
... beeinflussen enzymatische Reaktionen.	Spezifität enzymatischer Reaktionen Typen der Enzymbeeinflussung Temperatur pH-Wert Hemmstoffe und Aktivatoren	Bestimmung von Einflussgrößen auf kinetische Daten Analyse kinetischer Daten	Einfluss von Hemmstoffen und Aktivatoren auf die Enzymaktivität komplexe Regulationsmechanismen
... nutzen Enzyme als Hilfsmittel in Labor und Technik.	Enzymatische Nachweisverfahren Immobilisieren von Enzymen Anforderungen an technisch genutzte Enzyme	Anwendung enzymatischer Nachweisverfahren im Labor	Eignung von Enzymen für konkrete Prozesse
HINWEISE:	<p>Aufgrund der großen Bedeutung von Nukleinsäuren und ihrer Manipulation in der Biotechnologie wird diese Stoffgruppe im entsprechenden Lernfeld verortet.</p> <p>Industrie 4.0: Nutzung weltweiter bioinformatischer Informationssysteme (z.B. PDBe, UniProt, NCBI, wwPBD)</p> <p>Einbindung von Augmented Reality System zur 3D-Darstellung molekularer Strukturen im Raum</p>		

4.3.10 Lernfeld 8: Eukaryotische Zellkulturtechnik in der Produktentwicklung einsetzen [100-140h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF8: EUKARYOTISCHE ZELLKULTURTECHNIK IN DER PRODUKTENTWICKLUNG EINSETZEN:		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...untersuchen die solitäre eukaryotische Zelle.	Mikroskopie Aufbau eukaryotischer Zellen Differentialblutbild	Untersuchung solitärer Zellen im Mikroskop Mikroskopische Untersuchung von Zellen im Gewebeverband	Zell-Zell-Kontakte histologische Charakteristika
...untersuchen die Funktionen der eukaryotischen Zelle.	Organellen und ihre Funktion Osmose Diffusion Transportmechanismen	Untersuchung zellphysiologischer Abläufe und Zusammenhänge	Stoffwechselphysiologie
...recherchieren die Rahmenbedingungen für ein Zellkulturtechniklabor.	GLP (Gute Laborpraxis) Laboreinrichtung Regelwerke	Zusammenstellung aktueller Zellkulturlabor-Technik	Arbeitssicherheit Konzepte zur Kontaminations-vermeidung
...gewinnen Zellen für die in-vitro-Kultur.	Primärzellen Zelllinien Stammzellen iinduzierte pluripotente Stammzellen (iPS)	Präparation von Geweben Anlegen einer Primärkultur	Ersatz für Tierversuche
...kultivieren, überwachen und erhalten Zellen.	Medien Kulturgefäße physiologische Parameter Kryokonservierung Zellzählung Mycoplasmen Antibiotika in der Zellkultur	Passage und Subkultur von Zellen Umgang mit Zellkulturen (dauerhafter Erhalt gesunder Zellpopulation) Vitalitätserhalt Parameterüberwachung	Analyseverfahren Durchflusscytometrie Fluoreszenz in-situ Hybridisierung (FISH)

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF8: EUKARYOTISCHE ZELLKULTURTECHNIK IN DER PRODUKTENTWICKLUNG EINSETZEN:		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...verändern Zellen.	Immortalisierung Transformation Transfektion Hybridomatechnik Klonierung	Herstellung biotechnologisch relevanter Zelllinien	industrielle Einsatzmöglichkeiten Zukunftsperspektiven

4.3.11 Lernfeld 9: Pflanzen als Produktionsorganismen für Nahrungsmittel und Rohstoffe nutzen [60-100h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF9: PFLANZEN ALS PRODUKTIONSORGANISMEN FÜR NAHRUNGSMITTEL UND ROHSTOFFE NUTZEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
....kultivieren Pflanzen und Pflanzenzellen.	Besonderheiten der Pflanzenzelle Aufbau des Kormophyten Funktion von Pflanzenorganen	Vergleich verschiedener Zelltypen	
... nutzen Pflanzen zur Biomasseproduktion.	Nutzpflanzen Pflanzenzellkulturen Bedingungen des Pflanzenanbaus	Biomassenproduktion Pflanzenanbau	
....analysieren die Entstehung von Pflanzenkrankheiten.	natürliche Abwehrmechanismen Übertragungswege von Phytopathogenen Schadbilder	Interpretation von Schadbildern	Ökologie
... setzen Pestizide ein.	Pestizidwirkstoffgruppen	Nutzung von Pestiziden	Ökologie
... nutzen Pflanzen zur Rohstoffproduktion.	Sekundäre Pflanzenstoffe Rohstoffextraktion Beispiele für Gentechnik an Pflanzen	Herstellung pflanzlicher Arzneimittel Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen	Chancen und Risiken gentechnisch veränderter Pflanzen
HINWEISE:	Beispiele für gentechnisch veränderte Pflanzen können in Kombination mit dem Lernfeld „Biotechnische Produkte herstellen (Upstream processing)“ vorgestellt werden.		

4.3.12 Lernfeld 10: Moderne Therapieansätze und Diagnoseverfahren in der Medizin entwickeln [80-140h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF10: MODERNE THERAPIEANSÄTZE UND DIAGNOSEVERFAHREN IN DER MEDIZIN ENTWICKELN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...untersuchen das Zusammenspiel zwischen Menschen und Mikroorganismen.	Bakterienklassifizierung Kultivierungstechniken für Bakterien molekularbiologische Nachweisverfahren	Anwendung von Nachweisverfahren für Bakterien.	Mikrobiom Darmtransplantation
...entwickeln moderne Therapieansätze bei bakteriellen Infektionskrankheiten.	Mikroorganismen Aufbau der prokaryotischen Zelle Angriffspunkte für therapeutische Ansätze	Entwicklung mikrobiomschonender, schnell abbaubarer Wirkstoffe. Anwendung alternativer Therapien gegen Bakterien	Einfluss von Antibiotika auf das Mikrobiom.
... nutzen Bakterien als Produktionsorganismen für therapeutische Zwecke.	Stoffwechselprozesse	Auswahl von Mikroorganismen zur Wirkstoffproduktion	Trends in der Biotechnologie synthetische Biologie
... beziehen die Bedeutung der Genomevolution im medizinischen Kontext ein.	Aufbau des Genoms Transponierbare Elemente	Untersuchung des Einflusses transponierbarer Elemente in Bezug auf Krankheiten.	Genome-Editing-Verfahren Ethische und rechtliche Aspekte dieser Verfahren
...weisen die genetischen Grundlagen monogenetischer und polygenetischer Krankheiten nach.	monogenetische und polygenetische Krankheiten medizinische Diagnostik	Entwicklung von genetischer Diagnostik und Therapien monogenetische und polygenetische Krankheiten Anwendung molekularer Verfahren zur Genomuntersuchung.	zukünftige Therapieansätze komplette Genomsequenzierung des Menschen Präimplantationsdiagnostik (PID) Pränataldiagnostik Gendiagnostikgesetz Ethische und rechtliche Veränderungen

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...		LF10: MODERNE THERAPIEANSÄTZE UND DIAGNOSEVERFAHREN IN DER MEDIZIN ENTWICKELN		
		Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...identifizieren die Grundlagen multifaktorieller Krankheiten und ordnen diesen biotechnologische Therapieansätze zu.		Herz-Kreislauf-System Entstehung von Bluthochdruck und Herz-Kreislauf-Erkrankungen Anatomie und Physiologie von Herz und Lunge Diabetes	Entwicklung aktueller molekularer Nachweisverfahren multifaktorieller Krankheiten	Insulinherstellung Alternativen zur Organtransplantation: 3D-Druck Organzüchtungen in Zellkulturen Epigenetik
...untersuchen den genetischen Einfluss bei Krebserkrankungen.		Zellzyklus Gewebetypen molekulare Grundlagen der Krebsentstehung	Anwendung aktueller Diagnoseverfahren und Therapien bei Krebserkrankungen. Entwicklung individueller Medikamente.	Liquid Biopsy Immuntherapie personalisierte Medizin
HINWEISE:	<p>Die Stundenzahl kann von der Durchführung von praktischen Versuchen im Rahmen von Laborunterrichteines abhängig sein. Empfehlung: Mit Laborunterricht beliefe sich die Stundenzahl auf 140 Stunden, ohne Laborunterricht auf 80 Stunden.</p> <p>Das Lernfeld soll aktuelle und zukünftige Entwicklungen der medizinischen Diagnostik und Therapien aufgreifen. Ein Beispiel für Genome-Editing-Verfahren ist derzeit das CRISPR-Cas-Verfahren.</p> <p>Industrie 4.0: Nutzung bioinformatischer Plattformen und Datenbanken, Verwendung moderner Labortechnik, Verwendung und Anfertigung digitaler Geräte- und Versuchsbeschreibungen (App basiert und Augmented Reality), Ausarbeitung eines digitalen Laborbuches.</p>			

4.3.13 Lernfeld 11: Pharmakologische Wirkstoffe produzieren [120-180h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF11: PHARMAKOLOGISCHE WIRKSTOFFE PRODUZIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... berücksichtigen die gesetzlichen Grundlagen bei der Herstellung von Medikamenten.	Arzneimittelgesetz Gute Herstellungspraxis (GMP) Arzneimittel- und Wirkstoffherstellungsverordnung (AMWHV) Kontrollbehörden Arzneimittelentwicklung	Interpretation und Anwendung von Gesetzestexten auf konkrete Produktionsprozesse	Aufsichtsbehörden Schadensersatzpflichten internationale Zuständigkeiten Zulassungsverfahren
... untersuchen die Wirkung unterschiedlicher Dosierungen von Wirkstoffen auf den Organismus.	Weg des Wirkstoffs durch den Körper: <ul style="list-style-type: none"> • Pharmakokinetik • Pharmakodynamik • Blut-Hirn-Schranke • Metabolisierung • enterohepatischer Kreislauf 	Bestimmung von letaler und wirksamer Dosis Entwicklung und Anpassung von Therapien	Sinn des Tierversuchs Probleme der Arzneimittelentwicklung Probleme der Arzneimitteltherapie mit mehreren Wirkstoffen
... wirken an der galenischen Entwicklung von Arzneimitteln mit.	Galenik Bioverfügbarkeit Applikationsarten Resorption von Arzneistoffen pharmazeutische Phase	Herstellung eines Arzneimittels	Therapeutische Systeme
... nutzen das Spektrum biotechnologisch herstellbarer Wirkstoffe.	Wirkstoffgruppen Wirkungsmechanismen Arzneimittelgruppen / Rote Liste	Anwendung von Arzneimittelgruppen Einsatz der Roten Liste Übertragung von Wirkmechanismen auf andere Arzneimittelgruppen	Nebenwirkungen und Kontraindikationen

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF11: PHARMAKOLOGISCHE WIRKSTOFFE PRODUZIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... entwickeln Wirkstoffen zur Virusbekämpfung.	Virusaufbau Virusreplikation Impfstoffe, Seren Antiviralia (Chemotherapie gegen Viren)	Anzucht von Viren Testung von Substanzen an Zellkulturen	
... wenden Maßnahmen des Infektionsschutzes im Labor an.	Infektionskrankheiten, z. B.: Grippe, Hepatitis, HIV, Herpes	Zuordnung viraler Erkrankungen und Ableitung geeigneter Schutzmaßnahmen	Übertragbarkeit der Bekämpfungsmethoden gegen bestimmte Erreger auf neu entstandene oder problematische Keime
... wirken an der Weiterentwicklung antiinfektiver Wirkstoffe mit.	Antiinfektiva (besonders Antibiotika) Resistenzen	Entwicklung neuer Antibiotika	multiresistenter Erreger
... stellen Immuntherapeutika auf biotechnologischem Weg her.	Murine und humane monoklonale Antikörper Impfstoffe Immunglobuline RNA-Impfstoffe Hybridoma- Methode Phagen-Display-Methode Baculovirus-Expressions-System	Anwendung aktueller Herstellungsverfahren Herstellung von Grippeimpfstoffen	
... bewerten den Einfluss von Wirkstoffen auf Zellen und Organsysteme.	Prävention Indikation Kontraindikation Gentherapie	Begleitung der Wirkstoffentwicklung in den klinischen Phasen Bewertung der Notwendigkeit von Tierversuchen vs Alternativmethoden	Risiken und Grenzen der Pharmakotherapie
HINWEISE:	Industrie 4.0: In der Entwicklung neuer Wirk- und Impfstoffe werden virtuelle Simulationen genutzt. Der Trend zur individuellen Pharmakotherapie wird gezeigt, u. a. am Beispiel der Gentherapie.		

4.3.14 Lernfeld 12: Biotechnische Produkte herstellen (Upstream Processing) [200-240h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF12: BIOTECHNISCHE PRODUKTE HERSTELLEN (UPSTREAM PROCESSING)		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...planen die Herstellung biotechnischer Produkte.	Kultivierung bzw. Ernährung von Prokaryoten und Eukaryoten browserbasierte Datenbanken Vektoren	Auswahl geeigneter Organismen für einen biotechnologischen Prozess Konzeption geeigneter Vektoren Anwendung von DNA-Modifikationssoftware	spezifische Stammsammlungsdatenbanken Genomevolution
... bereiten die Produktion von biotechnischen Produkten im Labor vor.	DNA/RNA Aufbau Sequenzierungsmethoden DNA/RNA Vervielfältigungstechnologien	Isolation von Nukleinsäuren Amplifikation von DNA	neue Methoden der DNA-Sequenzierung Nukleinsäuresynthese-Automaten
... stellen biotechnische Produkte im Labormaßstab her.	Replikation Transkription Translation Genaufbau/Genregulation Genetischer Code Expressionssysteme Proteinaufbau	Klonierung Expression von Genen Steuerung der Proteinsynthese Isolation von (rekombinanten) Proteinen	Epigenetik Gene- Editing RNA-Interferenz
... beachten die rechtlichen Rahmenbedingungen bei der Herstellung biotechnischer Produkte.	Gentechnikgesetz und die dazugehörigen Verordnungen	Sicherheitsbewertung Dokumentation der Arbeiten	digitale Möglichkeiten der Dokumentation
HINWEISE:	Es empfiehlt sich, das Lernfeld in Form von Laborunterricht zu begleiten. Industrie 4.0: Datenbanken ermöglichen die Auswertung großer Datenmengen, wie sie die Sequenzierung bedingt. Die Dokumentation der Arbeiten erfordert die Gewährleistung von Datensicherheit. DNA-Veränderungen werden virtuell simuliert.		

4.3.15 Lernfeld 13: Biotechnische Produkte herstellen (Downstream Processing) [200-240h]

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF13: BIOTECHNISCHE PRODUKTE HERSTELLEN (DOWNSTREAM-PROCESSING)		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... führen Sicherheitsüberprüfungen des Arbeitsumfeldes durch.	Augendusche Körperdusche elektrische Geräte Produktionsanlagen HessGISS	Anwendung der Augendusche Anwendung der Körperdusche sicherer Umgang in Praktikumsräumen	Erste Hilfe
... produzieren mit nicht gentechnisch veränderten Organismen (non GVO).	Non- GVO (Produktionsstämme) Prokaryot/Eukaryot Nährmedien Gärung (alkoholisch) Zellzahlbestimmung Lebend-/Todzellbestimmung Jodprobe Stammwürze	Herstellung eines Nährmedium Produktion mit Non- GVO Ethanolproduktion	GVO Crabtree-Effekt Pasteur-Effekt Gram- Färbung
... setzen Enzyme ein.	Funktion von Enzymen Amylasen Alkoholdehydrogenase (ADH)	Stärkespaltung Bestimmung der Ethanolkonzentration mittels eines Enzymassays	Glykosidische Bindung Funktion eines Spektrometers Lambert- Beersches Gesetz
... ermitteln Produktionsparameter eines Bioreaktors.	Sauerstofftransportkoeffizient (K_{La} -Wert) Wärmedurchgangskoeffizient (k_W -Wert) Ausgasungsmethode Begasungsrate Wachstumsrate (μ) optische Dichte	Erstellung einer Wachstumskurve Bestimmung spezifischer Produktionsparameter	

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF13: BIOTECHNISCHE PRODUKTE HERSTELLEN (DOWNSTREAM-PROCESSING)		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... produzieren in einem Bioreaktor.	Bioreaktortypen (Gärsäul-; Airlift-; Rührkessel-; Wave-; Single-use-Reaktor) Rührer (Strömungsarten) Begaser Viskosität Rührerleistung (Reynoldszahl; Newton-Kennzahl) Batch- /Fed-Batch- /Kontinuierlicher-Prozess Konzentration/Zeit-Diagramme Bilanzierung	Expression von Biomolekülen	Produktion in Pflanzen Biosimilars
... isolieren Expressionsprodukte von Mikroorganismen.	Tellerzentrifuge Dead-End-Filtration /Cross-Flow-Filtration Fällung (Hofmeister-Serie) Zellaufschluss (Homogenisator; Kugelmühle) Pufferlösungen Proteasen	Zellzerstörung Separation von Expressionsprodukten	Hydrozyklon Trommelfilter
... reinigen biotechnologische Produkte.	Chromatographische Methoden Ausbeuteberechnung Protein-tags bakterielle Einschlusskörper (<i>Inclusion bodies</i>) Proteinfaltung	Reinigung von Proteinrohextrakten Auswertung der Proteinreinigung	Lagerung von Proteinen Herstellung von Antikörperfragmenten rekombinante Proteine

Die staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker ...	LF13: BIOTECHNISCHE PRODUKTE HERSTELLEN (DOWNSTREAM-PROCESSING)		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
HINWEISE:	<p>Zur Vermittlung der in diesem Lernfeld aufgeführten Kompetenzen sind Laborversuche zu empfehlen.</p> <p>Für die Produktion mit Non-GVOs bietet sich die Bierherstellung mit <i>Saccharomyces cerevisiae</i> an.</p> <p>Die Ethanolkonzentration kann mit der ADH, die zuvor aus Hefe isoliert wurde, bestimmt werden.</p> <p>Als Beispiel für die gentechnische Produktion bietet sich die Herstellung von Insulin, Somatostatin oder Streptavidin (Produktion in IBs) an.</p>		

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.