



# Handreichung Berufsschule



**BIOLOGIELABORANTIN ODER  
BIOLOGIELABORANT**

## **Impressum**

**Herausgeber:** Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen (HMKB)  
Luisenplatz 10  
65185 Wiesbaden  
Telefon: 0611 368-0  
<https://kultus.hessen.de>

**Stand:** 1. Auflage, Juli 2024

## Inhaltsverzeichnis

1	Inhalt und Intentionen .....	3
2	Kompetenzkonzept zur Lernfeldergänzung .....	3
3	Grundkonzept eines kompetenzorientierten Unterrichts .....	6
3.1	Zielorientierung .....	7
3.2	Kontextualisierung .....	7
3.3	Aktivierung .....	8
3.4	Handlungssystematisches Lernen.....	8
3.5	Fachsystematisches Lernen.....	8
3.6	Alternierendes Lernen.....	8
3.7	Reflexion und Kontrolle .....	8
3.8	Fazit.....	9
4	Lernfelder (LF).....	10
4.1	Lernfeld 1: Vereinigen von Stoffen (80 Stunden).....	10
4.2	Lernfeld 2: Trennen von Stoffsystemen (80 Stunden) .....	12
4.3	Lernfeld 3: Struktur und Eigenschaften von Stoffen untersuchen (40 Stunden).....	14
4.4	Lernfeld 4: Stoffe fotometrisch und chromatografisch untersuchen (40 Stunden).....	16
4.5	Lernfeld 5: Mikrobiologische und zellkulturtechnische Arbeiten durchführen (80 Stunden).....	18
4.6	Lernfeld 6: Biochemische und molekularbiologische Arbeiten durchführen (100 Stunden).....	21
4.7	Lernfeld 7: Zoologische und pharmakologische Arbeiten durchführen (120 Stunden) .....	24
4.8	Lernfeld 8: Hämatologische und histologische Arbeiten durchführen (60 Stunden) .....	27
4.9	Lernfeld 9: Botanische und phytomedizinische Arbeiten durchführen (80 Stunden) .....	28
4.10	Lernfeld 10: Pharmakologische, toxikologische und pharmakokinetische Arbeiten durchführen (100 Stunden).....	30
4.11	Lernfeld 11: Mikrobiologische, biotechnologische und zellkulturtechnische Arbeiten durchführen (100 Stunden).....	32
4.12	Lernfeld 12: Immunologische, biochemische und diagnostische Arbeiten durchführen (60 Stunden) 34	
4.13	Lernfeld 13: Molekularbiologische Arbeiten durchführen (80 Stunden).....	36
5	Unterrichtsbeispiele .....	38
5.1	Unterrichtsbeispiel 1.....	38
5.1.1	Festlegung des zu unterrichtenden Lernfeldes .....	38
5.1.2	Problemstellung und schulisch-betrieblicher Kontext.....	39
5.1.3	Reduktion der curricularen Matrix.....	40
5.1.4	Planungsmatrix .....	42
5.1.5	Katalog der Teilaufgaben (T).....	44
5.1.6	Hinweise zur Lernortkooperation .....	44
5.2	Unterrichtsbeispiel 2.....	45
5.2.1	Festlegung des zu unterrichtenden Lernfeldes .....	45

5.2.2	Problemstellung und schulisch-betrieblicher Kontext.....	46
5.2.3	Reduktion der curricularen Matrix.....	47
5.2.4	Planungsmatrix .....	50
5.2.5	Katalog der Teilaufgaben (T).....	52
5.2.6	Hinweise zur Lernortkooperation.....	52
6	Literatur.....	53

## 1 Inhalt und Intentionen

Im Zentrum der Rahmenlehrpläne der Kultusministerkonferenz (KMK) für die dualen Ausbildungsberufe steht die Bildungsperspektive einer beruflichen Handlungskompetenz und damit einhergehend die Forderung nach kompetenzorientiertem Unterricht. Dies stellt im Vergleich zum ehemals wissensorientierten Unterricht deutlich höhere Ansprüche an die Lehrkräfte bei der Unterrichtsplanung, -konzeption und auch -umsetzung, da zusätzlich zu der weiterhin bestehenden Notwendigkeit, einschlägiges und aktuelles Fachwissen zu vermitteln, die Anforderung hinzukommt, den Wissenserwerb auch auf die Entwicklung beruflicher Handlungsfähigkeit(en) auszurichten.

Um den Kompetenzanspruch curricular zu verankern, wurden Lernfeldlehrpläne implementiert. Statt der ehemals sehr konkreten, kleinschrittigen und weitgehend kognitiven Lernziele werden nun Ziele genannt, die nicht das im Unterricht zu vermittelnde Wissen vorgeben, sondern festlegen, welche berufsbezogenen Handlungen im Lernprozess vollzogen werden sollen. Ohne direkten Bezug zu diesen Zielen führen die Lernfeldlehrpläne Inhalte an, die exemplarisch beziehungsweise optional aufgeführt werden, also ohne Verbindlichkeit genannt werden.

Das heißt, dass Lehrkräfte bei ihrer Unterrichtskonzeption dazu aufgefordert werden, ohne curriculare Vorgaben Kompetenzen zu vermitteln. Dies führt nicht nur zu einem deutlich erhöhten Arbeitsaufwand für sie, sondern zieht auch enorme Varianzen in den Unterrichtskonzeptionen nach sich. Jede Lehrperson ist gefordert, erstens individuell ein Kompetenzverständnis zu entwickeln beziehungsweise zu implizieren und zweitens auf dessen Basis den Lehrplan zur Ableitung konkreter Lernziele zu transformieren, um schließlich drittens ein adäquates methodisches Konzept zu generieren. Je nach individuellem Kompetenzverständnis und Transformationsansatz lassen sich dabei für dasselbe Lernfeld sehr unterschiedliche Lernziele (Kompetenzen) ableiten.

Zur Unterstützung beim Umgang mit der curricularen Offenheit und bei der unterrichtsbezogenen Konkretisierung des kognitiven Aspekts sowie zur Reduzierung des Planungs- und Konzeptionsaufwands auf ein handhabbares Maß bietet diese Handreichung Lehrkräften eine Ergänzung des Rahmenlehrplans der KMK.

## 2 Kompetenzkonzept zur Lernfeldergänzung

Eine im deutschsprachigen Raum anerkannte Grunddefinition von Kompetenz beruft sich auf den US-amerikanischen Sprachwissenschaftler NOAM CHOMSKY, der diese als Disposition zu einem eigenständigen variablen Handeln beschreibt (CHOMSKY 1962). 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 UND SAUTER 2017, XXI fortfolgende).

### Sozial-kommunikative Kompetenzen

Sozial-kommunikative Kompetenzen sind Dispositionen, kommunikativ und kooperativ selbstorganisiert zu handeln, sich also 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 UND 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 sowie der

---

**Biologielaborantin oder Biologielaborant**

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“ vorangegangener Ereignisse, der sozialen Erwartungen an die Gesprächspartnerinnen und -partner, der Wirkungen der Gruppenzusammensetzung (jeweils im Hinblick auf die eigene Person sowie die Kommunikationspartnerinnen und -partner), 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 und die Kommunikationspartnerinnen und -partner) 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 der 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 (gegebenenfalls unter Zuhilfenahme von Strategien der Handlungskontrolle) umzusetzen.

**Personale Kompetenzen**

Personale Kompetenzen sind Fähigkeiten, sich selbst einzuschätzen, produktive Einstellungen, Werthaltungen, Motive und Selbstbilder zu entwickeln, eigene Begabungen, Motivationen und Leistungsvorsätze zu entfalten sowie sich im Rahmen der Arbeit und außerhalb kreativ zu entwickeln und dabei 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 Leistungsbereitschaft, Sorgfalt, Flexibilität, Entscheidungsfähigkeit, Eigeninitiative, Verantwortungsfähigkeit, Zielstrebigkeit, Selbstvertrauen, Selbstständigkeit, Hilfsbereitschaft, Selbstkontrolle und Anstrengungsbereitschaft sowie strategisch-organisatorischen Komponenten wie Selbstmanagement, Selbstorganisation, Zeitmanagement und Reflexionsfähigkeit. Hier sind auch sogenannte Lernkompetenzen (MANDL UND FRIEDRICH 2005) als jene personalen Kompetenzen einzuordnen, die auf die eigenständige Organisation und Regulation des Lernens ausgerichtet sind.

**Fachlich-methodische Kompetenzen**

Fachlich-methodische Kompetenzen sind Dispositionen einer Person, bei der Lösung von sachlich-gegenständlichen Problemen geistig und physisch selbstorganisiert zu handeln, das heißt, mit fachlichen und instrumentellen Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten kreativ Probleme zu lösen sowie Wissen sinnorientiert einzuordnen und zu bewerten. Dies schließt Dispositionen ein, Tätigkeiten, Aufgaben und Lösungen methodisch selbstorganisiert zu gestalten und die Methoden darüber hinaus selbst kreativ weiterzuentwickeln. Fachlich-methodische Kompetenzen sind – im Sinne von ERPENBECK, ROSENSTIEL, GROTE UND SAUTER (2017, XXI fortfolgende) – 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.

---

**Biologielaborantin oder Biologielaborant**

Für die ersten beiden Kompetenzklassen (sozial-kommunikative und personale Kompetenzen) sieht der Lehrplan keine weitere Detaillierung vor, da die Entwicklung überfachlicher Kompetenzen deutlich anderen Gesetzmäßigkeiten unterliegt als die der fachlichen, insbesondere durch deren enge Verschränkung mit der persönlichen Entwicklung des Individuums. Eine Anregung und Unterstützung in der Entwicklung überfachlicher Kompetenzen durch den Berufsschulunterricht kann daher auch nicht entlang einer jahresplanmäßigen Umsetzung einzelner, thematisch determinierter Lernstrecken erfolgen, sondern muss vielmehr fortlaufend produktiv und dabei auch reflexiv in die Vermittlung fachlich-methodischer Kompetenzen eingebettet werden.

In der vorliegenden Handreichung 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 eigenständige Kategorien aufgegliedert wird: (a) Sachwissen, (b) Prozesswissen und (c) Reflexionswissen.

Zu (a): Sachwissen umfasst ein anwendungs- und umsetzungsunabhängiges Wissen über Dinge, Gegenstände, Geräte, Abläufe, Systeme et cetera. 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.

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 et cetera), eine Aufgabendimension (Aufgabentypus, -abfolgen et cetera) oder eine Organisationsdimension (Geschäftsprozesse, Kreisläufe et cetera). Prozesswissen ist immer Teil handlungsbezogener Systematiken und daher prozesslogisch-multizyklisch strukturiert. Es wird mit einem zielgerichteten und durch Feedback gesteuerten Tun erworben und ist damit funktionale Voraussetzung für ein eigenständiges, selbstreguliertes Handeln.

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) sowie 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 an das Prozesswissen anschließen und umgekehrt; das Reflexionswissen muss sich auf die Hintergründe des Sach- und Prozesswissens beziehen. Das heißt, dass die hier anzuführenden Wissensbestandteile nur dann kompetenzrelevant sind, wenn sie innerhalb des eingrenzenden Handlungsrahmens liegen. Teilkompetenzen sind somit das Aggregat einer beruflichen Handlung und dem korrespondierenden Wissen:

<b>Teilkompetenz</b>			
Berufliche Handlung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen

Innerhalb der einzelnen Lernfelder sind die einbezogenen Teilkompetenzen nicht zufällig angeordnet, sondern folgen einem generativen Ansatz. Das bedeutet, dass jede Teilkompetenz den Erwerb der vorausgehenden voraussetzt. Somit gelten innerhalb eines Lernfeldes alle Wissensaspekte, die in den vorausgehenden Teilkompetenzen konkretisiert wurden. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass

Kompetenzen in einer sachlogischen Abfolge aufgebaut werden; es wird jedoch vermieden, innerhalb der Wissenszuordnungen der Teilkompetenzen zunehmend Redundanzen darzustellen.

Bislang mussten Lehrkräfte, die einen kompetenzorientierten Unterricht konsequent umsetzen wollten, die vorausgehend dargestellte didaktische Transformation selbst vollziehen. Eine Differenzierung in unterschiedliche Wissensarten war dabei vermutlich eine Ausnahme, sodass sich in der Praxis aktuell unter anderem folgende Schwierigkeiten in der Umsetzung und Ausschöpfung des Kompetenzanspruchs feststellen lassen:

- Bei genereller Unterrepräsentation von Wissensaspekten beziehungsweise einer überwiegender Ausrichtung auf Prozesswissen entsteht ein aktionistischer Unterricht, in dem viel gehandelt, aber wenig verstanden wird. Anstelle von Kompetenz werden hier spezifische Handlungsfähigkeiten vermittelt.
- Eine Überrepräsentation von Sach- und Reflexionswissen entspricht einem Festhalten am beziehungsweise einer Rückkehr zum ehemaligen Fachunterricht. Anstelle von Kompetenz wird hier (träges) Wissen vermittelt.

Von einem kompetenzorientierten Unterricht kann somit nur ausgegangen werden, wenn Sach-, Prozess- und Reflexionswissen integrativ vermittelt werden. Um diesbezüglich die Vorgaben der KMK anzureichern, haben erfahrene Lehrpersonen die Lernfelder, ausgehend von den in den Rahmenlehrplänen festgeschriebenen Zielen, in die drei Wissensarten eingeteilt und diese expliziert. Damit sind für eine Umsetzung kompetenzorientierten Unterrichts die maßgeblichen curricularen Kernaspekte definiert. Lernziele im Sinne von komplexen Teilkompetenzen können so der Handreichung unmittelbar entnommen und in die weiteren Schritte der Unterrichtskonzeption übertragen werden.

### **3 Grundkonzept eines kompetenzorientierten Unterrichts**

Ausgehend von Teilkompetenzen, in denen Handlungs- und Wissensanspruch zusammenhängend expliziert sind, muss ein Unterricht entwickelt werden, der von beruflichen Teilhandlungen ausgeht (Spalte 1 der Lernfelder), dazu jeweils Handlungsräume für den Erwerb des Prozesswissens eröffnet (Spalte 3) und adäquate Zugänge und Verständnisräume für Sach- und Reflexionswissen (Spalten 2 und 4) bereithält. Somit gilt es, ausgehend von der betrieblich-beruflichen Realität komplexe Lernsituationen zu generieren, in denen ein Aggregat mehrerer beruflicher Teilhandlungen so umgesetzt werden kann, dass sich eine aufgabenbezogene Sinneinheit ergibt, die möglichst viele der jeweils adressierten Aspekte aus den drei Wissensfacetten integriert. Je nach Größe eines Lernfeldes ergibt sich eine Aufgliederung in mehrere Lernsituationen. Für deren Generierung und Gestaltung gelten die nachfolgend dargestellten Prinzipien (Abbildung 1).

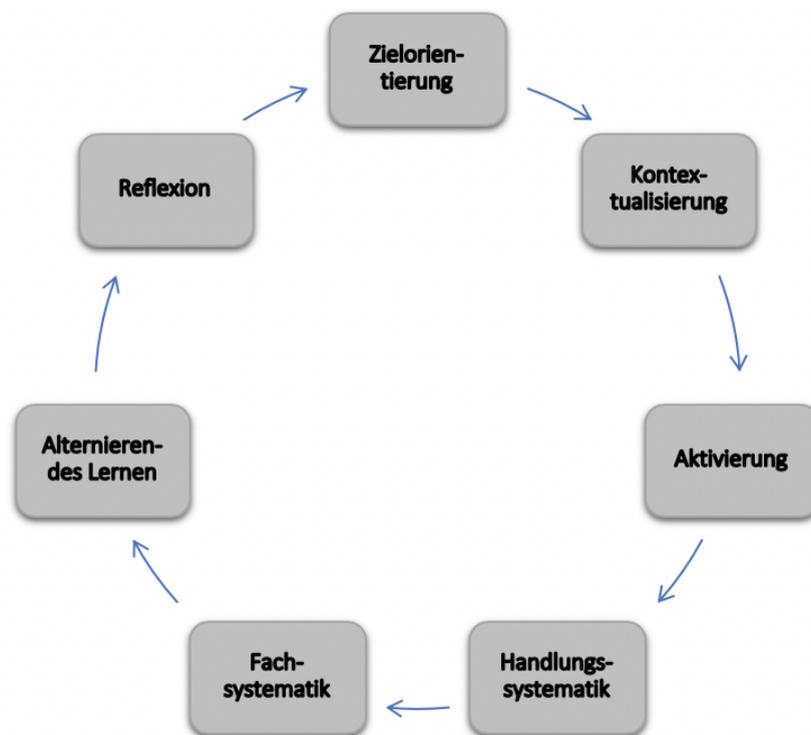


Abbildung 1: Prinzipien für einen kompetenzorientierten Unterricht

### 3.1 Zielorientierung

Mit dem vollständigen Curriculum nach ROBINSOHN wurde der Aspekt der Zielorientierung in das deutsche (Berufs-)Bildungssystem aufgenommen. Im Hinblick auf ein Curriculum, das Kompetenzen als Lernziele intendiert, aber Handlungen formuliert, wird dem Aspekt der Zielorientierung nur eingeschränkt Rechnung getragen, denn nicht die Handlung ist das Lernziel, sondern das, was den Einzelnen zur Handlung befähigt. Im vorliegenden Ansatz sind dies die den Zielhandlungen zugeordneten Wissensaspekte. Ein Lernziel muss sich somit auf das Aggregat aus einem Lehrplanziel und dem diesem zugeordneten Wissen beziehen. Es sollte möglichst so formuliert werden, dass sein Erreichen feststellbar und bewertbar ist.

### 3.2 Kontextualisierung

Der Erwerb beruflicher Kompetenzen erfordert eine Antizipation, eventuell eine Fiktionalisierung und ebenso eine (bedingte) Realisierung beruflicher Handlungen sowie damit einhergehend authentische Handlungskontexte. Dies meint zum einen die konkrete Lernumgebung (räumlich, maschinell, infrastrukturell, kommunikativ und so weiter) und zum anderen deren Prozesse und Aufgabenstellungen. Beruflicher Unterricht ist in dem Maße kontextualisiert, in dem die Lernenden ein betriebliches Szenario wahrnehmen und sich darauf einlassen. Kontextualisierung entsteht somit nicht durch das Betrachten betrieblicher Gegenstände oder die Nutzung audiovisueller Medien, aber umgekehrt auch nicht durch den Versuch, betriebliche Abläufe und Prozesse (zum Beispiel Geschäftsabschlüsse mit Kunden) unmittelbar in der Unterrichtspraxis nachzustellen, sondern wird durch eine anspruchsvolle Lernsituation aufgebaut, in der berufliches Handeln unter schulischen Bedingungen nachvollzogen wird. Hierbei können lernortkooperative Szenarien förderlich sein, wenn schulischer und betrieblicher Lernraum im Rahmen komplexer Projekte korrespondieren und einen Gesamtkontext bilden.

### 3.3 Aktivierung

Als konstruktiver Prozess erfordert Lernen in jedem Fall Eigenaktivität der Lernenden. Die Wirksamkeit des kompetenzorientierten Unterrichts hängt unmittelbar davon ab, wie gut es gelingt, ein selbstorganisiertes und -reguliertes Lernen zu inszenieren. Dies bedingt medial und instruktiv gut vorbereitete Lernumgebungen, die für individuelle Entwicklungsstände anschlussfähig sind, unterschiedliche Lernwege erlauben und die unmittelbare Wahrnehmung und Handhabung von Lernhemmnissen beziehungsweise -problemen ermöglichen.

### 3.4 Handlungssystematisches Lernen

Folgt ein Lernprozess einer beruflichen Aufgabe oder einer beruflichen Tätigkeit, liegt diesem eine sogenannte Handlungssystematik zugrunde. Das heißt, dass alles, was hier gelernt wird, in Zusammenhang mit dem Handlungsvollzug steht, sich somit also spezifisch und funktional darstellt. Unabhängig von den Bezugsräumen und Qualitäten des dabei erworbenen Wissens wird dieses in einer Zusammenhangslogik erworben, die zum einen unmittelbar sinnstiftend (und damit motivierend) wirkt und zum anderen eine nachfolgende Reproduktion der Handlung ermöglicht.

### 3.5 Fachsystematisches Lernen

Ist ein Lernprozess in die Systematik eines spezifischen Fach- oder Wissenschaftsbereichs eingebettet, liegt diesem eine sogenannte Fachsystematik zugrunde. Dies bedeutet, dass alles, was hier gelernt wird, in einen fachlichen Gesamtzusammenhang eingeordnet ist, sich somit allgemein und objektiv darstellt. Unabhängig von den potenziellen Anwendungsräumen wird Wissen dabei also in einer Zusammenhangslogik erworben, die Anschlüsse an explizite Vorwissensbestände ermöglicht und eine übergreifende Systematisierung der theoretischen Kenntnisse vermittelt.

### 3.6 Alternierendes Lernen

Kompetenzerwerb erfolgt nicht durch reines Handlungslernen (im Sinne des handlungssystematischen Lernens) und ebenso wenig durch reinen Wissenserwerb (im Sinne des fachsystematischen Lernens). Beides ist erforderlich und stellt so beruflichen Unterricht vor die Herausforderung einer sinnvollen und gleichermaßen praktikablen Integration. Um ein handlungsbezogenes Verstehen oder ein wissensbasiertes Handeln beziehungsweise kognitiv reflektierte Problemlösungen zu ermöglichen, ist ein Alternieren zwischen zwei unterschiedlichen Lernprozessen erforderlich. Der eine folgt einer Handlungs-, der andere einer Fachsystematik. Diese beiden Paradigmen ergänzen sich und führen erst in einem sinnvollen Wechsel zu einem kompetenzorientierten Unterricht. Je nach Thema, Entwicklungsstand der Lernenden und Gesamtkontext ergeben sich dabei Sequenzen, die für die Lernenden eine Integration von Denken und Tun gewährleisten. Es ist nicht zielführend, ausschließlich sehr kurze oder überlange Lernstrecken in einem Lernparadigma zu absolvieren.

### 3.7 Reflexion und Kontrolle

Kompetenzerwerb erfordert vielfältige adäquate Rückmeldungen. Von daher muss ein kompetenzorientierter Unterricht Reflexionen sowohl über die Lernhandlungen als auch über den Wissenserwerb beinhalten. Handlungsrückmeldungen sind funktional; sie zeigen den Lernenden, ob ein Teilschritt oder eine Gesamtaufgabe richtig umgesetzt wurde beziehungsweise was dabei (noch) falsch gemacht wurde und geben Informationen über Folgen und mögliche Verbesserungen. Daher sind sie unmittelbar in die Lernhandlungsprozesse einzuplanen. Wissensrückmeldungen sind analytisch; sie zeigen den Lernenden, ob sie einen Sachzusammenhang verstanden haben und verdeutlichen ihnen darüber hinaus, ob sie

beispielsweise fachtechnische Hintergründe oder dessen mathematische Bezüge erfasst haben. Sie informieren darüber, was richtig und was falsch ist und was noch zu klären wäre, um die Wissensziele zu erreichen. Daher sind sie generell am Ende einer sachlogischen Sequenz einzuplanen.

Kontrollen ersetzen keinesfalls Reflexionen, sondern geben diesen einen normativen Bezug im Hinblick auf eine leistungsorientierte Berufs- und Arbeitswelt. Sie sollten also nicht mit Reflexionen vertauscht oder verwechselt werden. Sie finden seltener im Sinne bewerteter Reflexionen statt, mit der Intention, den Lernenden im Hinblick auf eine äußere Norm zu vermitteln, wo sie fachlich stehen. Sie erfordern eine faire Diagnostik und müssen generell in Bezug zu den vorgeschriebenen Prüfungen stehen.

### **3.8 Fazit**

Neben den skizzierten Aspekten ließen sich hier noch weitere Erfolgsfaktoren für einen kompetenzorientierten Unterricht anführen. Ebenso wäre es möglich, die dargestellten Orientierungspunkte ausführlicher zu begründen und zu erläutern. Dies würde jedoch den gesetzten Rahmen überschreiten und möglicherweise auch auf Kosten didaktisch-methodischer Freiräume gehen, die innerhalb der hier gesetzten Eckpunkte erhalten bleiben. Kompetenzorientierter Unterricht ist letztlich nicht mehr, aber auch nicht weniger als ein beruflicher Unterricht, der Handeln und Verstehen so integriert, dass die Lernenden Dispositionen entwickeln, die sie zu flexiblen und selbstständigen Expertinnen und Experten machen. Um dies zu erreichen, müssen Kompetenzen als Lernziele gesetzt werden, in denen Handlungs- und Wissensaspekte korrespondieren (3.1). Der Unterricht ist in einen möglichst authentischen Berufskontext einzubetten (3.2). Über eine die Lernenden aktivierende Gesamtplanung (3.3) müssen handlungssystematische (3.4) und fachsystematische Lernwege (3.5) so zusammengestellt werden, dass sie von den Lernenden alternierend (3.6) erschlossen werden können. Schließlich sind alle Lernwege so auszustatten, dass die Lernenden möglichst gut wahrnehmen können, was sie erreicht haben und was nicht (3.7). Welche einzelnen Methoden, Medien und Materialien dabei eingesetzt werden, ist ebenso offengehalten wie die möglichen Sozial- oder Interaktionsformen. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass hier – wie für jeden realen Unterricht – eine Annäherung an die gesetzten Prämissen gilt, ein Optimum aber nie erreicht werden kann. Umgekehrt ist jedoch auch festzustellen, dass ein beruflicher Unterricht, der einen der festgelegten Orientierungspunkte völlig ausspart, absehbar kaum kompetenzorientiert wirken kann.

## 4 Lernfelder (LF)

### 4.1 Lernfeld 1: Vereinigen von Stoffen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	VEREINIGEN VON STOFFEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können Stoffgemische herstellen und wählen für die gestellte Aufgabe geeignete Laborgeräte aus.	Masse, Volumen, Stoffmenge, Dichte Volumenmessgeräte Waagen Stoffe und Stoffsysteme Lösemittel unterschiedlicher Polarität Gefahrstoffe Persönliche Schutzausrüstung	Berechnungen und Umrechnungen mit Systemè-International-D'Unités(SI)-Einheiten Berechnung von Dichte, Masse, Volumen und Stoffmenge Anwendung von Vorschriften zu Arbeits-Brand- und Umweltschutz	Gefahrstoffverordnungen (GefStoffV) Unfallverhütungsvorschriften (UVV) Sicherheitsdatenblätter Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS) Deutsches Gefahrstoff-Informationssystem Schule (D-GISS) Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) Anforderungen an eine fachgerechte Entsorgung der verwendeten Chemikalien
... berechnen und kontrollieren die Zusammensetzung von Stoffgemischen. Sie stellen Reaktionsgleichungen auf und berechnen die Massenverhältnisse.	Gehaltsgrößen Chemische Formelsprache Grundlagen der Stöchiometrie Säuren Basen Salze Neutralisation Pondus Hydrogenii Wert (pH-Wert)	Berechnung von Massen-, Volumen- und Stoffmengenkonzentrationen sowie von Massen-, Volumen- und Stoffmengenanteil Aufstellung von Summen-, Halbstruktur-Skelett- und Strukturformeln Anwendung von Indizes und Koeffizienten Erstellung von stöchiometrisch korrekten Reaktionsgleichungen Vergleich von Säuren und Basen nach Arrhenius, Brönsted und Lewis Berechnung des pH-Wertes	Funktion der Gesetze zur Erhaltung der Masse und der konstanten Proportionen Titrations als maßanalytisches Verfahren der quantitativen Chemie Kontrolle von pH-Wert Wirkungsspektren von Puffersystemen
... nutzen unterschiedliche Informationsquellen, fertigen Protokolle an, stellen Messwerte anschaulich dar und	Projektarbeit Protokollführung	Recherche in Fachliteratur und Internet	Gute Herstellungspraxis (GMP) Gute Laborpraxis (GLP)

Die Auszubildenden ...	VEREINIGEN VON STOFFEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
planen einfache Arbeitsabläufe unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und terminlicher Vorgaben.	Plausibilität Textverarbeitung Tabellenkalkulation Diagramme	Erstellung von Protokollen und Präsentationen Anwenden von Textverarbeitungs-, Tabellenkalkulations- und Präsentationsprogrammen Verarbeitung und Speicherung von Daten Berechnung geometrischer und arithmetischer Verdünnungsreihen	Standard Operating Procedure (SOP)
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Die Inhalte von Lernfeld 1 und Lernfeld 3 weisen teilweise Überschneidungen auf. Beide Lernfelder können daher möglicherweise von einer Lehrkraft oder in enger Absprache mit der anderen Lehrkraft unterrichtet werden. Es existieren Überschneidungen in Lernfeldern 1, 2 und 7. In der schulischen Praxis haben sich ebenfalls enge inhaltliche Absprachen der unterrichtenden Lehrkräfte bewährt.		

## 4.2 Lernfeld 2: Trennen von Stoffsystemen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	TRENKEN VON STOFFSYSTEMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... ordnen den Gemengen entsprechend den unterschiedlichen Stoffeigenschaften geeignete Trennverfahren zu. Sie wählen Apparate aus und legen Arbeitsschritte fest.	<p>Maßbegriffe von Gemischen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masse</li> <li>• Volumen</li> <li>• Dichte</li> <li>• Löslichkeit</li> <li>• Konzentration</li> </ul> <p>Berufsbezogene Berechnungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammensetzung von Stoffgemischen</li> <li>• Mischungsrechnungen</li> <li>• Verdünnungsreihen</li> </ul> <p>Homogene und heterogene Stoffgemische Disperses System; disperse Phase + Dispersionsmittel Aggregatzustände Ideale Gase</p>	<p>Durchführung mechanischer Trennverfahren Durchführung thermischer Trennverfahren Durchführung physikalisch-chemischer Trennverfahren Anwendung und Berechnungen der Gasgesetze</p>	<p>Dichtegradientenzentrifugation Tellerzentrifuge Wasseraufbereitung (enthärtetes, entsalztes, destilliertes Wasser; Wasser für Injektionszwecke (WFI)) Soxhlet-Apparatur Phasendiagramm von Wasser und Kohlenstoffdioxid</p>
... setzen Energieträger rationell ein.	<p>Temperatur Skalen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Celsius</li> <li>• Kelvin</li> </ul> <p>Wärme Latente Wärme Schmelzwärme Verdampfungswärme Dampfdruck</p>	<p>Berechnungen von Wärmemengen und Energieverbrauchskosten Aufbau und Durchführung einer Gefriertrocknung Auswertung von graphischer Dampfdruckkurven</p>	<p>Wirtschaftlichkeit im Labor Schmelzpunkterniedrigung Siedepunkterhöhung Temperaturabhängigkeit des Dampfdruckes Energie-Temperatur-Diagramm</p>
... wenden die entsprechenden Vorschriften, Bestimmungen und Regeln der Arbeitssicherheit, des Gesundheits- und Umweltschutzes an.	<p>Verwendung persönlicher Schutzausrüstung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzbrille</li> <li>• Schutzkittel</li> <li>• Handschuhe</li> </ul>	<p>Anwendung von Vorschriften zu Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz</p>	<p>Gefahrstoffverordnungen (GefStoffV) Unfallverhütungsvorschriften (UVV) Sicherheitsdatenblätter</p>

Die Auszubildenden ...	TRENKEN VON STOFFSYSTEMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzschuhe</li> </ul>		
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Um Überschneidungen zu vermeiden, erfolgt zu den Themengebieten Stoffgemische, Arbeitsschutz und Umweltschutz eine Abstimmung mit den unterrichtenden Lehrkräften des Lernfeldes 1.		

### 4.3 Lernfeld 3: Struktur und Eigenschaften von Stoffen untersuchen (40 Stunden)

Die Auszubildenden ...	STRUKTUR UND EIGENSCHAFTEN VON STOFFEN UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... leiten charakteristische Stoffeigenschaften aus Elementeigenschaften und Bindungsarten ab.	Atombau Periodensystem der Elemente Metalle, Nichtmetalle Chemische Bindungen und Kräfte Nomenklatur von Verbindungen	Erkennung von Beziehungen zwischen Elektronen, Protonen, Neutronen mithilfe der Atommodelle von Dalton, Rutherford, Bohr und dem Orbitalmodell Aufbau und Ordnungsprinzip des Periodensystems der Elemente (PSE) Unterscheidung und Beurteilung von chemischen Bindungsarten Anwendung von Regeln für die Benennung von Salzen	Zusammenhang zwischen Position der Elemente im PSE und Bindungsart Zusammenhang zwischen Bindungen und Kräften Regeln der Internationalen Union für reine und angewandte Chemie (IUPAC)
... nutzen Reaktionsgleichungen zur Beschreibung chemischer Reaktionen und erkennen Redoxprozesse.	Chemische Formelsprache Reaktionsgleichungen Chemische Reaktionen Oxidation, Reduktion	Anwendung von Formelkoeffizienten Erstellen von Summenformeln Aufstellung und stöchiometrischer Ausgleich von allgemeinen Reaktionsgleichungen Zuordnung von Oxidationszahlen und Elektronenübergängen Bearbeitung von Redoxreaktionen mithilfe von Teilgleichungen beziehungsweise nach der Methode der Oxidationszahlen	Gesetze von der Erhaltung der Masse, der konstanten und multiplen Proportionen
... unterscheiden zwischen chemischen und physikalischen Eigenschaften.	Reinstoffe Stoffgemische (homogen/heterogen) Lösemittel	Unterscheidung zwischen chemischen und physikalischen Eigenschaften	Gefahrstoffverordnungen (GefStoffV) Unfallverhütungsvorschriften (UVV) Sicherheitsdatenblätter Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS) Deutsches Gefahrstoff-Informationssystem Schule (D-GISS) Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)

Die Auszubildenden ...	STRUKTUR UND EIGENSCHAFTEN VON STOFFEN UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
			Fachgerechte Entsorgung von Chemikalien
... ordnen organische Moleküle den entsprechenden Stoffklassen zu.	Homologe Reihe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkane</li> <li>• Alkene</li> <li>• Alkine</li> </ul> Funktionelle Gruppen der organischen Chemie	Anwendung der gültigen Nomenklatur (Trivial und IUPAC) Formulierung von Strukturformeln Unterscheidung Isomerien Zuordnung von Stoffklassen der organischen Chemie Ableitung des Molekülbaus aus physikalischen und chemischen Eigenschaften und Reaktionsverhalten von Molekülen	
... beschreiben grundlegende Reaktionen und Reaktionsmechanismen von organischen Molekülen.	Radikalische Substitution Addition und Eliminierung Veresterung	Analyse von allgemeinen Grundlagen organischer Reaktionen und Anwendung der Reaktionsprinzipien	Polarität Mesomerie
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Die Inhalte des Lernfeldes 1 und Lernfeldes 3 weisen teilweise Überschneidungen auf. Daher ist eine enge inhaltliche Abstimmung der unterrichtenden Lehrkräfte erforderlich. Es existieren auch Überschneidungen mit den Lernfeldern 1, 2 und 4. Hier haben sich ebenfalls enge Absprachen zwischen den unterrichtenden Lehrkräften bewährt.		

#### 4.4 Lernfeld 4: Stoffe fotometrisch und chromatografisch untersuchen (40 Stunden)

Die Auszubildenden ...	STOFFE FOTOMETRISCH UND CHROMATOGRAFISCH UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können fotometrische Gehaltsbestimmungen durchführen und kennen die optischen und apparativen Grundlagen der Fotometrie.	<p>Licht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Wellenlänge</li> <li>• Frequenz</li> <li>• Spektrum der elektromagnetischen Wellen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Infrarot (IR)</li> <li>○ Spektrum (VIS)</li> <li>○ Ultraviolett (UV)</li> </ul> </li> <li>• Farben und Wellenlängengrenzen VIS-Bereich</li> <li>• Poly- und monochromatisches Licht</li> <li>• Dispersion</li> <li>• Prismen, optische Gitter</li> <li>• Lichtbrechung</li> <li>• Brechungsgesetze</li> <li>• Brechungsindex</li> <li>• Totalreflektion</li> <li>• Transmission</li> </ul>	<p>Definition elektromagnetischer Strahlung in ihren Erscheinungsformen</p> <p>Beschreibung verschiedener Strahlungsarten und deren Eigenschaften</p> <p>Anwendung von Formeln, Einheiten und Durchführen entsprechender Berechnungen</p> <p>Aufbau von Ein- und Zweistrahlphotometern</p> <p>Erläuterung der Funktion und Anwendungsbereiche von Monochromatoren</p> <p>Beschreibung der Funktionsweise einzelner Bauteile eines Fotometers</p> <p>Bestimmung des Gehalts von Lösungen mittels Fotometrie mit Probenvorbereitung (inklusive Blindprobe) und Wahl der geeigneten Wellenlänge</p> <p>Erstellung und Auswertung von Kalibrierreihen</p>	<p>Gefahrenabschätzung verschiedener Strahlungsarten</p> <p>Vor- und Nachteile von Ein- und Zweistrahlphotometern</p> <p>Anforderungen an Analysegeräte und -verfahren</p> <p>Zusammenhang zwischen Farbe und Absorption von Lösungen</p> <p>Kalibrierung</p> <p>Gehaltsbestimmung</p>
... setzen Rechner zur Messwertaufnahme, -auswertung und -präsentation ein. Sie kennen Regeln der Datensicherung und des Datenschutzes.	<p>Protokollführung</p> <p>Messwertaufnahme, -auswertung</p> <p>Erstellen von Diagrammen</p>	<p>Umgang mit Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung (EDV)</p> <p>Verarbeitung und Speicherung von Daten</p>	<p>Gute Herstellungspraxis (GMP)</p> <p>Gute Laborpraxis (GLP)</p> <p>Standard Operating Procedure (SOP)</p>
... können Stoffe mittels chromatografischer Verfahren trennen und identifizieren und sie kennen die physikalisch-chemischen und gerätetechnischen Grundlagen der Chromatografie.	<p>Adsorption/Desorption</p> <p>Polarität</p> <p>Elutionsmittel, elutrope Reihe</p> <p>Stationäre und mobile Phasen</p>	<p>Verwendung der Lösungsmittel/Analyten in Abhängigkeit von ihrer Hydrophilie, Hydrophobie, Lipophilie und Lipophobie</p>	

Die Auszubildenden ...	STOFFE FOTOMETRISCH UND CHROMATOGRAPHISCH UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<p>Lösungs-/Verteilungsgleichgewichte, Trennmechanismen</p> <p>Papierchromatographie</p> <p>Dünnschichtchromatographie</p> <p>Säulenchromatographie (Molekülsieb- und Ionenaustauschchromatographie)</p> <p>Gaschromatographie (GC) und Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)</p> <p>Entwicklung und Sichtbarmachung von Chromatogrammen</p>	<p>Erläuterung der chemischen Reaktionen und physikalischen Abläufe bei Ninhydrin-Nachweis (Aminosäuren), UV-Detektion</p> <p>Beschreibung der Vorgehensweisen bei einer Dünnschichtchromatographie (DC) (Schneiden, Beschriften, Kammersättigung, Probenauftrag, Laufzeit, R<sub>f</sub>-Wert-Bestimmung)</p> <p>Beschreibung und Anwenden der verschiedenen Analysemethoden</p>	
... erstellen Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen und wenden die Regeln der Arbeitssicherheit begründet an.	<p>Persönliche Schutzausrüstung (PSA)</p> <p>Umgang mit Chemikalien</p> <p>Betriebsanweisungen</p>	<p>Sach- und fachgerechter Umgang mit Chemikalien</p> <p>Umgang mit Chemikalienabfällen, wie Neutralisation und Sammlung von Abfällen in unterschiedlichen Abfallbehältern</p>	<p>Gefahrstoffverordnungen (GefStoffV)</p> <p>Unfallverhütungsvorschriften (UVV)</p> <p>Sicherheitsdatenblätter</p> <p>Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS)</p> <p>Deutsches Gefahrstoff-Informationssystem Schule (D-GISS)</p> <p>Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)</p>
... bearbeiten Aufgaben im Team. Sie gleichen gesetzte Ziele mit den Ergebnissen ab und stellen diese vor.	<p>Teamarbeit</p> <p>Arbeitsteilung</p> <p>Aufgabenverteilung</p> <p>Versuchsplanung und -umsetzung</p>	<p>Erstellung von Präsentationen und Hausarbeiten</p> <p>Recherchieren in Fachliteratur</p> <p>Beurteilung von Projektarbeiten, zum Beispiel in einer Plakatausstellung</p>	<p>Einüben und Erproben von kommunikativen Grundlagen</p> <p>Entwicklung von Kritikfähigkeit und Teamfähigkeit bei kontroversen Diskussionen</p>
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	<p>Die Inhalte des Lernfeldes 1 und Lernfeldes 4 weisen teilweise Überschneidungen auf. Daher ist eine enge inhaltliche Abstimmung der unterrichtenden Lehrkräfte erforderlich.</p> <p>Es existieren auch Überschneidungen mit dem Lernfeld 7 und gegebenenfalls mit dem Fach Deutsch. Hier haben sich ebenfalls enge Absprachen zwischen den unterrichtenden Lehrkräften bewährt.</p>		

**4.5 Lernfeld 5: Mikrobiologische und zellkulturtechnische Arbeiten durchführen (80 Stunden)**

Die Auszubildenden ...	MIKROBIOLOGISCHE UND ZELLKULTURTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... sollen in der Lage sein, Zellen zu isolieren.	Mikroskop Zellen	Unterscheidung in Funktionalität und Verwendung von Lichtmikroskop und Elektronenmikroskop Berechnung der Vergrößerung, Optimierung von Kontrast, Ausleuchtung, Auflösungsvermögen Anwendung und Funktion von verschiedenen lichtmikroskopischen Verfahren, zum Beispiel: Erkennbarkeit von Zellorganellen im Licht- und Elektronenmikroskop Vergleich von eukaryontischen Zellen Erforschung des Modellorganismus Hefe Beachtung von Mitose, Meiose, Zellzyklus, Nekrose und Apoptose für eukaryotische Organismen	Aufbau von Lichtmikroskop und Elektronenmikroskop Wellennatur von Licht und Elektronen Abbesche Formel Köhler Numerische Apertur Auflösung Merkmale des Lebens Reiche der Biologie Unterschiede pflanzliche und tierische Zellen sowie Unterscheidung Prokaryonten und Eukaryonten Aufgaben und Aufbau der eukaryontischen Zellorganellen im Überblick Endosymbiontentheorie Funktion und Bau von Membranen, inklusive Zellkontakte, Zytoskelett, extrazelluläre Matrix, Transportmechanismen DNA-Aufbau und Replikation, Chromosomenbau, Proteinbiosynthese
...sollen in der Lage sein, Mikroorganismen zu isolieren.	Nachweise von Mikroorganismen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bakterien</li> <li>• Pilze</li> <li>• Viren</li> </ul>	Klassifizierung von Bakterien anhand von Morphologie Klassifizierung von Bakterien anhand des Zellwandaufbaus Klassifizierung von Bakterien anhand von Beweglichkeit Umgang mit Pilzen und Bakterien im Labor, Impftechniken	Bakterien Archebakterien Bau der Prokaryoten Allgemeiner Aufbau von Pilzen Bedeutung der Hefen Definition, Klassifizierung, Aufbau, genetisches Material von Viren

Die Auszubildenden ...	MIKROBIOLOGISCHE UND ZELLKULTURTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
		Bekämpfung von Viren	
...können biologisches Material sachgerecht entsorgen.	Desinfektion Sterilisation Biologische Sicherheitsstufen	Benennung und Durchführung von Sterilen Arbeitstechniken Unterscheidung chemischer und physikalischer Verfahren Charakterisierung der Risikogruppen Beschreibung von Tätigkeiten und Sicherheitsvorkehrungen der Sicherheitsstufen Stufen S1-S4 Entsorgen von potenziell infektiösem Material	Sterilisations- und Desinfektionsverfahren Biostoffverordnung
...beschreiben den Verlauf von Infektionskrankheiten.	Infektionskrankheiten, Infektionsabwehr	Beschreibung biochemischer Differenzierungsmöglichkeiten Beschreibung ausgewählter Infektionskrankheiten Klassifizierung in verschiedene Sicherheitsstufen	Infektionsschutzgesetz
...erklären biotechnologische Verfahren.	Tierische Zellkulturen Impf- und Kulturtechniken Verdünnungsreihen Wachstumskurven statistische Auswertung Biotechnologische Verfahren Grundbestandteile eines Zellkulturmediums Adhärente- und Suspensionskulturen Kontaminationen Zellzahlbestimmungsverfahren in tierischen und mikrobiellen Kulturen	Handhabung der Ausstattung eines Zellkulturlabors Durchführung einer Wachstumskurve, inklusive Keimzahlbestimmung	Sicherheitsvorschriften zum Beispiel im Umgang mit flüssigem Stickstoff Beurteilung der Biotechnologie von Wachstumskurven: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phasenbenennung</li> <li>• Generationszeit</li> <li>• Teilungsrate</li> </ul>
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Im Lernfeld 1, Lernfeld 2 oder Lernfeld 7 können arithmetisches/geometrisches, gewichtetes Mittel und Verdünnungsreihen inklusive Mittelwerte und Standardabweichung (zum Beispiel Wachstumskurven), Lernfeld 9 (Pilze) und Lernfeld 12 (Hybridomazellen,		

Die Auszubildenden ...	MIKROBIOLOGISCHE UND ZELLKULTURTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Infektionsabwehr) behandelt werden. Lerninhalte zum Infektionsschutzgesetz und Erkrankungen können möglicherweise fächerübergreifend unterrichtet werden. Hier haben sich enge Absprachen zwischen den unterrichtenden Lehrkräften bewährt.		

#### 4.6 Lernfeld 6: Biochemische und molekularbiologische Arbeiten durchführen (100 Stunden)

Die Auszubildenden ...	BIOCHEMISCHE UND MOLEKULARBIOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
...können Stoffe aus biologischem Material isolieren, auftrennen und nachweisen.	<p>Lipide:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einteilung</li> <li>• Biologische Bedeutung</li> <li>• Fettsäuren</li> <li>• Reaktionen</li> <li>• Stoffwechsel</li> <li>• Kennzahlen von Fetten</li> </ul>	<p>Unterscheidung hydrolysierbare und nicht-hydrolysierbare Lipide sowie gesättigte und ungesättigte Fettsäuren</p> <p>Beschreibung des Biomembranaufbaus, der Struktur der Phospholipide, Steroidhormone und Wachse</p> <p>Zuordnung von Veresterung und Verseifung, Fetthärtung und <math>\beta</math>-Oxidation</p> <p>Durchführung quantitativer Analysen der Lipide mithilfe der Jodzahl und Verseifungszahl</p>	<p>Zusammenhang biochemischer Vorgänge auf molekularer und zellulärer Ebene, zum Beispiel gesunde Ernährung</p> <p>Charakterisierung, Identifikation und biochemische Analyse der Fette</p>
...können Stoffe aus biologischem Material isolieren, auftrennen und nachweisen.	<p>Kohlenhydrate:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einteilung und Nomenklatur</li> <li>• Stoffwechsel</li> <li>• Nachweismethoden</li> </ul>	<p>Einteilung der Kohlenhydrate in Aldosen und Ketosen und Triosen bis Hexosen, Mono-, Di-, Polysaccharide</p> <p>Darstellung und Erläuterung der Fischer-Projektion</p> <p>Unterscheidung in Anomere und Enantiomere</p> <p>Darstellung der Glykosidischen Bindung</p> <p>Erläuterung von Fotosynthese, Zellatmung und Gärung im Überblick und Formulieren der Brutto-Reaktionsgleichungen</p> <p>Durchführung quantitativer Analysen der Kohlenhydrate mit Fehling-Reaktion, Iod-Stärke-Reaktion und Bestimmung der optischen Aktivität mittels Polarimetrie</p>	<p>Zusammenhang biochemischer Vorgänge auf molekularer und zellulärer Ebene, zum Beispiel Kohlenhydrate als Energielieferanten</p>
...können Stoffe aus biologischem Material isolieren, auftrennen und nachweisen.	<p>Proteine:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologische Funktionen</li> <li>• Aminosäuren</li> <li>• Proteinstrukturen</li> </ul>	<p>Benennung der Struktur-, Motor-, Signalproteine, Immunglobuline mit Beispielen</p> <p>Formulierung der Peptidbindung</p>	<p>Zusammenhang biochemischer Vorgänge auf molekularer und zellulärer Ebene, zum Beispiel Proteinbiosynthese</p>

Die Auszubildenden ...	BIOCHEMISCHE UND MOLEKULARBIOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffwechsel</li> <li>Nachweismethoden</li> </ul>	Erkennen von Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur Unterscheiden von Lipoproteinen und Glykoproteinen Erklären des Proteinabbaus über Lysosomen und Proteasomen Unterscheidung von Transaminierung und oxidativer Desaminierung Beschreibung des Harnstoff-Zyklus im Überblick Durchführung quantitativer Analysen der Proteine mit Biuret-Reaktion sowie Aminosäuren mit Ninhydrin-Reaktion	Charakterisierung, Identifikation und biochemische Analyse der Eiweiße
...können Stoffe aus biologischem Material isolieren, auftrennen und nachweisen.	Enzyme: <ul style="list-style-type: none"> <li>Katalyse</li> <li>Hemmung Enzymaktivität</li> </ul>	Benennung der Enzymeigenschaften Einteilung in die sechs Enzymklassen Erläutern von Energieprofil einer enzymkatalysierten Reaktion Untersuchung kompetitiver, allosterischer und unkompetitiver Hemmung	Zusammenhang biochemischer Vorgänge auf molekularer und zellulärer Ebene, zum Beispiel Verdauungsenzyme Beurteilung von Enzymdefekten Kontrolle von Schwermetallvergiftungen
...können Stoffe aus biologischem Material isolieren, auftrennen und nachweisen.	Vitamine	Einteilung in fett- und wasserlösliche Vitamine Benennung der Vitamine als Nahrungsbestandteil Klassifizierung der Vitaminfunktion im Stoffwechselgeschehen	Zusammenhang biochemischer Vorgänge auf molekularer und zellulärer Ebene, zum Beispiel Bedeutung der Vitamine als Cofaktoren Bedeutung eines Ernährungskonzeptes zur gesunden Ernährung
...können Stoffe aus biologischem Material isolieren, auftrennen und nachweisen.	Zentrifugation, Dialyse, Ausfällung	Durchführung mechanischer, physikalischer und chemischer Trennverfahren an Biomolekülen	Anwendung der Trennverfahren im Labor, zum Beispiel Blutanalyse
... nutzen unterschiedliche – auch fremdsprachliche – Informationsquellen und Arbeitsanleitungen.	Informationsquellen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Nachschlagewerke, Lexika</li> </ul>	Recherchieren in Fachliteratur und im Internet	Einüben fremdsprachiger Lese-, Schreib- und Kommunikationsfähigkeiten

Die Auszubildenden ...	BIOCHEMISCHE UND MOLEKULARBIOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internet-Recherche</li> <li>• Glossare</li> <li>• Fachliteratur</li> </ul>	Erarbeitung von Sachtexten Erstellung von Präsentationen und Hausarbeiten	
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Es besteht eine enge Verknüpfung/Überschneidung mit den Inhalten aus Lernfeld 2 (Zentrifugation, Dialyse, Ausfällung), Lernfeld 5 (Nucleinsäuren, Replikation, Proteinbiosynthese), Lernfeld 7 (Hormone und Vitamine), Lernfeld 9 (Assimilation-Fotosynthese), Lernfeld 7 und Lernfeld 10 (Statistik) und Lernfeld 12 (Elektrophorese, Blottingverfahren). Interne Absprachen der unterrichtenden Lehrkräfte, auch im Englischunterricht, sind erforderlich.		

#### 4.7 Lernfeld 7: Zoologische und pharmakologische Arbeiten durchführen (120 Stunden)

Die Auszubildenden ...	ZOOLOGISCHE UND PHARMAKOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können Versuchstiere, insbesondere Nagetiere, tierschutzgerecht versorgen.	<p>Haltungsbedingungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventionelle Tierhaltung</li> <li>• Barrierentierhaltung</li> <li>• Individually-Ventilated-Cage- (IVC) und Filtertop-Käfige</li> <li>• Isolatoren</li> <li>• Stoffwechsellkäfige</li> </ul> <p>Hygienestatus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SPF (Specific-Pathogen-Free)-Tiere</li> <li>• Gnotobioten</li> <li>• Konventionelle Tiere</li> <li>• Sentinel-Tiere</li> </ul> <p>Zoologische Systematik</p> <p>Blutkreislaufsystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau und Funktion des Herzens</li> <li>• Herzzyklus</li> </ul> <p>Atmungssysteme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegender Bau von Atmungsorganen</li> </ul> <p>Verdauungs- und Ausscheidungssystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau, Physiologie und Funktion der Nieren, Leber, Pankreas</li> <li>• Renin-Angiotensin-Aldosteron-System</li> </ul> <p>Bewegungs- und Stützsytstem</p> <p>Fortpflanzungsapparat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Genitalapparate beider Geschlechter</li> <li>• Spermio-genese, Oogenese</li> </ul> <p>Nervensystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruhepotential und Aktionspotential</li> </ul>	<p>Erläuterung der Anwendungsgebiete und Vor- und Nachteile verschiedener Haltungsbedingungen und Hygienestufen</p> <p>Analyse verschiedener Faktoren der Einflussnahme auf die Haltungsbedingungen</p> <p>Kennzeichnung von Tieren</p> <p>Erläuterung der Erregungsweiterleitung des Herzens</p> <p>Durchführung von Organisolierung und -sektion an Nagetieren</p> <p>Erläuterung von Gasaustausch und Gastransport</p> <p>Erläuterung der Funktion von Nephronen, und der Primär- sowie Sekundärharnbereitung</p> <p>Erläuterung der Verdauung und Resorption der wichtigsten biochemischen Stoffgruppen</p> <p>Erläuterung der Funktionsweise der Muskelkontraktion unter Berücksichtigung des Muskelaufbaus</p> <p>Unterscheidung der verschiedenen Stadien der Keimesentwicklung</p> <p>Unterscheidung des zentralen Nervensystems und peripheres Nervensystem</p> <p>Unterscheidung somatisches und vegetatives Nervensystem</p>	<p>Tierschutzgesetz</p> <p>Tierschutz-Versuchstierverordnung</p> <p>Gesellschaft für Versuchstierkunde</p> <p>Gesundheitszeugnis</p> <p>Herztöne</p> <p>Pharmakologische Beeinflussung des Herzens und Atmungssystem, Verdauungs-Ausscheidungssystem und Nervensystem</p> <p>Alternativen zur Organtransplantation, wie zum Beispiel 3D-Druck oder Xenotransplantation</p> <p>Unterscheidung von geschlossenem versus offenem Blutkreislaufsystem</p>

Die Auszubildenden ...	ZOOLOGISCHE UND PHARMAKOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hirnteile – Bau und Funktion im Überblick</li> <li>Aufbau Rückenmark</li> </ul> Hormonsystem		
... können Tierversuche nach Maßgabe des Tierschutzrechts durchführen.	Applikationsmethoden Narkose: <ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeinanästhesie</li> <li>Lokalanästhesie</li> <li>Injektion- und Inhalationsanästhesie</li> <li>Infiltrations-, Leitungs- und Oberflächenanästhesie</li> </ul> Tötungsmethoden: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kopfschlag</li> <li>Dekapitation, Zervikale Dislokation</li> <li>Inhalation von CO<sub>2</sub></li> <li>Inhalation flüchtiger Inhalationsanästhetika</li> </ul> Zuchtmethoden: In-, Aus-, Hybridzucht	Unterscheidung zwischen enteraler und parenteraler Applikation Berufsspezifische Berechnung zur Applikation von Narkoselösungen Gewinnung von Blutproben Unterscheidung verschiedener Narkosemöglichkeiten Erkennung und Beschreibung der Narkosestadien Überprüfung der Reflexe Überwachung der Narkose Unterscheidung von Tötungsarten bei den einzelnen Versuchstierarten Unterscheidung verschiedener Verpaarungsmethoden Kongene und koisogene Zucht	Bewerten der Vor- und Nachteile der verschiedenen Applikationsmethoden auf die Pharmakokinetik von Wirkstoffen Tierschutzgerechte und Tötungsmethoden in Bezug auf den Heterosis Effekt
... führen Untersuchungen unter Berücksichtigung ethischer Aspekte durch.	Ethische Grundlagen 3-R-Prinzip Ersatz- und Ergänzungsmethoden zum Tierversuch	Vor- und Nachteile der Durchführung von Tierversuchen Erläuterung von Möglichkeiten und Grenzen von Ersatz- und Ergänzungsmethoden	Tierschutzgerechte Versorgung Vor- und Nachteile weiterer Ergänzungsmethoden, wie zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> <li>ATC-Methode (Acute Toxic Class)</li> <li>MAT-Test (Monozyten-Aktivierungstest)</li> <li>Toxizitätsprüfung von Gewässer durch Wasserflöhe</li> </ul>
... werten die Versuchsergebnisse statistisch aus.	Statistische Auswertung Lage- und Streuungsmaß	Erstellung von Diagrammen Berechnung charakteristischer Kennwerte	Bedeutung von Statistik-Funktionen des Taschenrechners

Biologielaborantin oder Biologielaborant

Die Auszubildenden ...	ZOOLOGISCHE UND PHARMAKOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Lineare Regression Grundbegriffe statistischer Testverfahren: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein- und zweiseitige Fragestellungen</li> <li>• Signifikanzniveau</li> <li>• Testwerte</li> <li>• Nullhypothese und Alternativhypothese</li> <li>• Freiheitsgrade</li> </ul> F-Test t-Test Chi-Quadrat-Test Grubbs-Ausreißertest	Statistische Verteilungen Bestimmung der Regressionsgeraden	Bewertung von Versuchsergebnissen anhand statistischer Parameter
... führen Dokumentationen nach geltenden Qualitätsregularien durch.	Dokumentation	Erstellung von Dokumentationen im regulierten Umfeld	Anforderungen aus Regularien der Good Manufacturing Practice (GMP), Good Laboratory Practice (GLP) und Standard Operation Procedure (SOP) kennen und daraus den Umgang mit Dokumentationen ableiten
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Die Möglichkeit, kooperative Lernformen einzusetzen, besteht bei der Betrachtung ethischer Aspekte zum Beispiel im Fach Religion/Ethik. Die Erläuterung des physiologischen Aufbaus inklusive Sektion kann auch ohne Einsatz von Versuchstieren an einzelnen Organen im Unterricht erläutert werden. Hierzu eignen sich zur Präparation Herz, Niere und Lunge. Lerninhalte zum Hormonsystem können nach Absprache mit den unterrichtenden Lehrkräften auch im Lernfeld 6, zum Nervensystem auch in Lernfeld 8, unterrichtet werden. Lerninhalte zu ethischen Aspekten von Tierversuchen können im berufsbezogenen Religionsunterricht vermittelt werden.		

#### 4.8 Lernfeld 8: Hämatologische und histologische Arbeiten durchführen (60 Stunden)

Die Auszubildenden ...	HÄMATOLOGISCHE UND HISTOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können Blutbestandteile identifizieren.	Blutbestandteile Blutbild Blutgruppen Blutgerinnung	Unterscheidung von Plasma, Serum, Plasmaproteinen, zellulären Bestandteilen Technische Ausführung und Berechnung von Blut Umsetzung eines Agglutinationsschemas der Blutgruppensysteme Benennung der Rolle von Calcium, Plasminogen, Plasmin, Fibrinogen, Fibrin, Prothrombin, Thrombin, Thrombokinase, und Antikoagulantien (in vivo / in vitro) Erfassung der Vorgänge der Fibrinolyse	Beurteilung von Erkrankungen Verständnis von Blutgruppen Rhesus- (Un)Verträglichkeit Bewerten der Symptomatik von: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bluterkrankheit (zum Beispiel Faktor VIII)</li> <li>• weißem/rotem Thrombus</li> </ul>
... können tierisches und pflanzliches Gewebe identifizieren und den entsprechenden Organen zuordnen.	Tierische Gewebearten Pflanzliche Gewebearten Histologische Techniken Mikroskopische Organidentifikation	Benennung der Merkmale und Herkunft der tierischen Gewebe aus den verschiedenen Keimblättern Unterscheidung der Epithelien nach Bau, Zellschichtung und Funktion Unterscheidung von und Gemeinsamkeiten in Bau und Funktion der Binde- und Stützgewebe Erkennen der Merkmale von Muskelgewebe Bau des Neurons Durchführen einer Fehleranalyse und Fehlerbehebung der Präparation Interpretierung von histologischen Präparaten	Aufbau von Stammzellen und induzierte pluripotente Stammzellen Zusammenhang zwischen Kontraktionsfähigkeit und Synchronisation von Herzmuskelzellen in der Zellkultur Bedeutung von Funktion und Aufbau der Blut-Hirn-Schranke Bewertung von pathologischen Veränderungen im Gewebe, zum Beispiel Herzinfarkt
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Pflanzliche Gewebe werden in Lernfeld 9 beschrieben und immunologische Grundlagen in Lernfeld 12; demzufolge können Stundenverteilungen vorgenommen werden. Dokumentation wird in Lernfeld 7 besprochen.		

#### 4.9 Lernfeld 9: Botanische und phytomedizinische Arbeiten durchführen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	BOTANISCHE UND PHYTOMEDIZINISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... sind in der Lage, Pflanzen systematisch einzuordnen.	Anatomie der Kormophyten Anatomie der Pilze	Benennung der Bestandteile einer Pflanzenzelle und deren Funktionen Zuordnung und Charakterisierung der Pflanzenorgane Nennung von Pflanzenmetamorphosen und Beschreibung der jeweiligen Anpassungen Beschreibung und Analyse histologischer Präparate Charakterisierung von Aspergillus, Candida, Mucor, Penicillium und Saccharomyces Aufzeigen makroskopischer und mikroskopischer Merkmale	Vergleich und Bewertung von Tier- und Pflanzenzellen Analogien und Homologien bei Pflanzen Einsatz von Pflanzenzellen und Pilzzellen in der Biotechnologie Bedeutung von Pilzen als Krankheitserreger
... können Sprosspflanzen generativ und vegetativ vermehren.	Kulturbedingungen und Vermehrung der Kormophyten Kulturbedingungen und Vermehrung der Pilze	Zuordnung in Monokotyledonen, Dikotyledonen Unterscheidung von vegetativer und generativer Vermehrung Beschreiben der doppelten Befruchtung Erläuterung der Keimung und Keimungsbedingungen Beschreiben der Fruchtbildung Einteilung in Haupt- und Nebenfruchtformen	Bewertung der Nutzung von Pflanzen und Pilzen in der grünen Biotechnologie und Gentechnik
... ordnen gentechnische Verfahren in die Pflanzenproduktion und den Pflanzenschutz ein.	Integrierter Pflanzenschutz Ökologie	Charakterisierung der Grundlagen zum biologischen, gentechnischen, chemischen und mechanischen Pflanzenschutz	Verfahren zur Verbesserung gewünschter Eigenschaften, zum Beispiel frostresistenter

## Biologielaborantin oder Biologielaborant

Die Auszubildenden ...	BOTANISCHE UND PHYTOMEDIZINISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
		Erläuterung von Sortenauswahl, Anbauflächen, Fruchtfolge, Düngung und Resistenz Definieren von Eutrophierung, Fischtoxizität, Bienentoxizität und Bodenanreicherung	Nutzpflanzen oder Entwicklung von Schädlingsresistenzen
... führen pflanzenphysiologische Untersuchungen durch.	Pflanzenphysiologie	Beschreibung des Wasser- und Assimilat-Transportes Benennung relevanter Mikro- und Makroelemente Beschreibung von Mangelerscheinungen Unterscheidung von Transpiration, Guttation und Evaporation Verknüpfung von Fotosynthese und Zellatmung mit relevanten zellulären Strukturen Unterscheidung von Phytohormonen hinsichtlich ihrer Wirkung	Bewerten von Wachstumsbedingungen und Kulturbedingungen von Pflanzen- und Pilzzellen
... gruppieren Pflanzenschädlinge und -krankheitserreger ein und stellen Pflanzenschäden fest.	Pflanzenschäden und Schadbilder	Erkennung und Benennung der Schadbilder an Pflanzen Zuordnung der jeweiligen möglichen Schaderreger	Bewerten von Bekämpfungsschwelle beziehungsweise Schadschwelle
... prüfen Wirkstoffe auf Wirksamkeit und Umweltverträglichkeit und protokollieren diese.	Wirkungsweise und Umwelteinflüsse von <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fungiziden</li> <li>• Insektiziden</li> <li>• Herbiziden</li> </ul>	Gegenüberstellung der jeweiligen Wirkungsweise von Umwelteinflüssen	Entsorgung von Pflanzenschutzmitteln Gesetzliche Vorgaben von Sperrfristen
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	In Lernfeld 9 werden auch Inhalte aus Lernfeld 6 (Stoffwechsel: Fotosynthese und Zellatmung) behandelt beziehungsweise vertieft.		

#### 4.10 Lernfeld 10: Pharmakologische, toxikologische und pharmakokinetische Arbeiten durchführen (100 Stunden)

Die Auszubildenden ...	PHARMAKOLOGISCHE, TOXIKOLOGISCHE UND PHARMAKOKINETISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... planen pharmakologische, toxikologische und pharmakokinetische Versuche.	Wirkstoffe Wirkstoffe testen	Beschreibung inklusive Erläuterung der einzelnen Parameter des LADME-Modells (Liberation, Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion) Definition und Beschreibung von Stoffgruppen und deren pharmakologischer Wirkungen	Bedeutung der biologischen Halbwertszeit unterschiedlicher Wirkstoffe Zusammenhang zwischen Applikation und Bioverfügbarkeit Bedeutung der Verteilungsräume bei Wirkstoffen
	Dosis-Wirkungskurve	Erläuterung des Zusammenhangs zwischen Applikationsart auf Freisetzung und Resorptionsgeschwindigkeit Bedeutung und Nutzen der therapeutischen Breite Berufsspezifische Berechnungen und graphische Darstellung zur biologischen Halbwertszeit, Dosisberechnung und Wirkungsberechnung	
	Antagonist-Synergist	Unterscheidung zwischen Agonist und Antagonist	
	Phasen der Entwicklung von Pharmaka	Differenzierung der klinischen Phasen I bis IV Definition von Placebo Unterscheidung zwischen verschiedenen Studiendesigns	Zusammenhang zwischen Entwicklung, Patentierung und Wirtschaftlichkeit

Die Auszubildenden ...	PHARMAKOLOGISCHE, TOXIKOLOGISCHE UND PHARMAKOKINETISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können Versuche auf der Grundlage geltender gesetzlicher Bestimmungen und der GLP durchführen und dokumentieren.	Gute Laborpraxis (GLP) Dokumentieren Auswerten Präsentieren	Anwendung von Dokumentationskriterien	Sensibilisierung der Bedeutung einer lückenlosen Dokumentation und Auswirkungen der Folgen einer Dokumentenfälschung
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Es sind enge Absprachen mit den unterrichtenden Lehrkräften der Lernfelder 6,7 und 12 notwendig. Besprechungen zur Entstehung von Arzneimittelpreisen und Preisentwicklung sind im Unterricht Politik und Wirtschaft möglich.		

#### 4.11 Lernfeld 11: Mikrobiologische, biotechnologische und zellkulturtechnische Arbeiten durchführen (100 Stunden)

Die Auszubildenden ...	MIKROBIOLOGISCHE, BIOTECHNOLOGISCHE UND ZELLKULTURTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN]		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... legen Kulturen von eukaryotischen und prokaryotischen Zellen an.	Antibiotika Antibiotikatests Resistenz von Mikroorganismen	Gruppierung nach Substanzgruppen und Wirkorten Berechnung von Hemmhöfen Erläuterung von Resistenzmechanismen, Resistenzentstehung und Resistenzübertragung	Anforderungen von Sterilisation und Desinfektion Beurteilung der nicht zweckmäßigen Anwendung (Tiermast, Gentechnik) von Antibiotika
... führen an Zellen Untersuchungen durch und dokumentieren die Ergebnisse.	Primärkulturen Untersuchungen von Zellkulturen Spezielle mikroskopische Verfahren	Erstellung von Primär-/Sekundär- und Subkulturen Durchführung verschiedener Zellkulturmethoden Durchführung der Zellzählung und Vitalitätstests Durchführung von Untersuchungen mittels Inversmikroskop, Phasenkontrastmikroskopie, Fluoreszenzmikroskopie mit 4',6-diamidino-2-phenylindole (DAPI), Red fluorescent protein (RFP), Green fluorescent protein (GFP)	
... planen biotechnologische Prozesse, können biotechnologische Prozesse durchführen.	Biotechnologische Prozesse Spezielle Stoffwechselforgänge Fermentation Aufbau, Funktion und Vergleich verschiedener Bioreaktortypen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Airlift-Bioreaktor</li> <li>• Satz-Reaktor</li> <li>• Rührkessel-Bioreaktor</li> <li>• Festbett-Bioreaktor</li> <li>• Plug-Flow-Reaktor</li> <li>• Single-use-Reaktor</li> </ul>	Definition von Biotechnologie Unterscheidung der Produktgewinnung zwischen Primär- und Sekundärmetabolismus Beschreibung des Wachstumsverhaltens von Mikroorganismen Berufsbezogene Berechnungen zur Wachstumskinetik Erstellung einer Wachstumskurve inklusive Idiophase, Trophophase Differenzierung von Upstream-Prozessen	Anwendungsgebiete der Biotechnologie (grün, blau, rot, gelb, weiß, grau) Bedeutung Diauxie und Crabtree-Effekt am Beispiel der Hefe

## Biologielaborantin oder Biologielaborant

Die Auszubildenden ...	MIKROBIOLOGISCHE, BIOTECHNOLOGISCHE UND ZELLKULTURTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN]		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rührertypen</li> <li>• Benennung von Scale-up Kriterien</li> </ul> Durchführung biotechnologischer Prozesse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batch-Verfahren</li> <li>• Fed Batch-Verfahren</li> <li>• Kontinuierliche Verfahren (Chemostat und Turbidostat)</li> </ul> Stoffumsetzung mit freien und immobilisierten Zellen, mit immobilisierten Enzymen	Vergleich verschiedener Bioreaktoren in Bezug auf deren Anwendungsgebiete	
... können Fermentationsprodukte aufarbeiten.	Aufarbeitung von Fermentationsprodukten Zellabtrennung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zentrifugation</li> <li>• Tellerseparator</li> </ul> Produktkonzentrierung und –reinigung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrodialyse</li> <li>• Umkehrosmose</li> <li>• Chromatographische Verfahren</li> <li>• Lösemittlextraktion, Fällung, Aussalzen, Kristallisation, Sprühtrocknen von Proteinen</li> </ul> Entsorgung von biologisch kontaminiertem Material	Unterscheidung chemischer, physikalischer, mechanischer Möglichkeiten des Zellaufschlusses Berufsspezifische Berechnungen zum Tellerseparator und Rührwerkskugelmühle Optimierung der Produktausbeute Umgang mit biologisch kontaminiertem Material im Labormaßstab	Lagerung von Proteinen Herstellung von Antikörperfragmenten und rekombinanter Proteine Molekularbiologische Methoden zur Aufreinigung von Proteinen Kontrolle großtechnischer Entsorgung
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Bei der Betrachtung biotechnologischer Prozesse eignet sich ein Vergleich biotechnologischer Prozesse mit chemisch-technischen Prozessen anhand ausgewählter Beispiele in Bezug auf Umweltschutz. Aufgrund der Überschneidungen von Themen (Chromatographie, Stoffwechsel, Zellkultur) ist eine enge Absprache zwischen den unterrichtenden Lehrkräften der Inhalte zu Lernfeld 4, Lernfeld 6, Lernfeld 9 und Lernfeld 12 notwendig.		

#### 4.12 Lernfeld 12: Immunologische, biochemische und diagnostische Arbeiten durchführen (60 Stunden)

Die Auszubildenden ...	IMMUNOLOGISCHE, BIOCHEMISCHE UND DIAGNOSTISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... planen die Gewinnung und Identifizierung von biologischem Material. Sie führen damit qualitative und quantitative Analysen durch.	<p>Grundlagen der Immunologie Antigen-Antikörper-Reaktionen Immunassays:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ELISA/Sandwich-ELISA (indirekt, direkt, kompetitiv)</li> <li>• Radioimmunassay (RIA)</li> <li>• KBR (Aktivierungswege, Abläufe, Resultate)</li> <li>• Hämagglutinationshemmtest (HHT)</li> <li>• Neutralisationstest, Heidelberger-Kendall-Kurve, Immundiffusionstest (Ouchterlony)</li> </ul> <p>Elektrophorese:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sodiumdodecylsulfat-Polyacrylamid-Gel-Elektrophorese (SDS-PAGE)</li> <li>• Isoelektrische Fokussierung (IEF)</li> <li>• 2-dimensionale Polyacrylamid-Gelelektrophorese (2D-PAGE)</li> <li>• Kontinuierliche/diskontinuierliche polyacrylamid-Gelelektrophorese (PAGE)</li> </ul> <p>Blottingverfahren Enzymaktivitäten Elektrolyt- und Substratkonzentrationen</p>	<p>Definition von Präzipitation, Agglutination, Neutralisation Erkennung von unspezifischer/spezifischer und zellulärer/humoraler Immunabwehr Recherche über Autoimmunkrankheiten Skizzierung der Impfstoffentwicklung Erläutern von Allergien Unterscheidung von mono- und polyklonalen Antikörpern Beschreibung wichtiger immunologischer Tests Durchführung von Northern-, Southern- und Western-Blot</p>	<p>Zusammenhang der Antigen-Antikörper-Reaktionen verstehen, interpretieren und darstellen Auswirkungen allergischer Reaktionen auf den Organismus einschätzen Vor- und Nachteile monoklonaler Antikörper in verschiedenen Einsatzgebieten Bedeutung der Immunassays in der Laborroutine und im großtechnischen Produktionsprozess Elektrophorese, Western-Blots im Downstream-Processing des biotechnologischen Produktionsprozesses</p>
... bestimmen Krankheitserreger serologisch. Sie sind befähigt, Parasitenbefall nachzuweisen, Parasiten zu differenzieren und Wirkstoffe zu testen.	<p>Grundbegriffe der Parasitologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Endo-/Ektoparasiten</li> <li>• Temporäre/stationäre Parasiten</li> <li>• Wirt-Parasit-Beziehung</li> </ul>	<p>Definition wichtiger Grundbegriffe Bestimmung und systematische Zuordnung von Parasiten</p>	<p>Beurteilen und Bewerten serologischer Untersuchungsergebnisse Ableiten epidemiologisch wichtiger Maßnahmen</p>

## Biologielaborantin oder Biologielaborant

Die Auszubildenden ...	IMMUNOLOGISCHE, BIOCHEMISCHE UND DIAGNOSTISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lebenszyklen</li> <li>Übertragungswege</li> </ul>		
... können Stoffe und Proben für automatisierte Analysensysteme vorbereiten.	Automatische Analysensysteme	Nutzung betriebsspezifischer Analysensysteme	Betriebsspezifische Analysensysteme in der Diagnostik, zum Beispiel Fotometer, Blottingverfahren, Sequenzierung
... können über den Einsatz von Laborinformations- und Labormanagementsystemen Auskunft geben.	Laborinformations-, Labormanagementsysteme	Auseinandersetzen mit betriebsspezifischen Computer- und Datenerfassungssystemen	Beurteilung und Kontrolle der erfassten Daten
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Es existieren Überschneidungen mit den Inhalten zu Lernfeld 6 und Lernfeld 13 (Enzyme, Elektrophorese), Lernfeld 8 (Grundlagen Immunologie) sowie Lernfeld 10 (Arzneistoffentwicklung). Hier haben sich enge Absprachen mit den unterrichtenden Lehrkräften bewährt.		

## 4.13 Lernfeld 13: Molekularbiologische Arbeiten durchführen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	MOLEKULARBIOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... sind in der Lage, gentechnologische und molekularbiologische Arbeiten auf der Grundlage geltender gesetzlicher Vorgaben zu planen und durchzuführen.	<p>Gentechnikgesetz Grundlagen der Molekularbiologie Genregulation Prokaryoten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operon-Modell (Lactose, Tryptophan)</li> <li>• Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR/Cas)</li> </ul> <p>Genregulation Eukaryoten Regulationsebenen während der Proteinbiosynthese und im Cytoplasma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hormonabhängige Regulation</li> <li>• Kondensationszustand der DNA</li> <li>• Acetylierungs-/Methylierungszustand der DNA</li> <li>• Rearrangement von DNA</li> <li>• Transkriptionsfaktoren (cis + trans-Elemente) Silencer, Enhancer</li> <li>• RNA-Editing</li> <li>• Processing (Splicing, Capping, Polyadenylierung)</li> <li>• Transportkontrolle der RNA aus dem Zellkern</li> <li>• Abbaukontrolle der RNA im Cytoplasma</li> <li>• Translationskontrolle</li> </ul> <p>Nukleinsäure – Isolationstechniken Klassische Isolation genomischer DNA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkoholfällung</li> <li>• Säulenchromatographie</li> </ul>	<p>Risikoeinstufung von Organismen und Tätigkeiten Anwendung prokaryotischer Genregulation Erkennen der Prinzipien der Endprodukthemmung und Substratinduktion Dokumentation epigenetischer und genregulatorischer Prozesse und gentherapeutischer Anwendungen Bestimmung und Berechnung des Nukleinsäure-Gehaltes einer Probe und der Verunreinigung durch Proteine Planung des allgemeinen Ablaufs einer Klonierung Erläuterung einer klassischen DNA-Sequenzierung nach Sanger-Coulson Vergleich und Anwendung von Next-Generation-Sequenzierung</p>	<p>Bestandteile eines gentechnischen Labors Umgang mit GVO Gentechnikgesetz Gentechnik-Sicherheitsverordnung Biostoffverordnung Gefahrgutverordnung Bedeutung von CRISPR/Cas für Forschung und Entwicklung Immunabwehr der Bakterien, zum Beispiel Restriktionsenzyme Epigenetik Isolation von Biomolekülen mithilfe von Magnetperlen Inaktivierung von DNAsen und RNAsen Persönliche Schutzausrüstung im Umgang mit Farbstoffen Vor- und Nachteile verschiedener Klonierungssysteme Selektion nach Klonierung Genetischer Fingerabdruck (Forensik, Vaterschaftstest) Optimierung der Sequenzierung</p>

Die Auszubildenden ...	MOLEKULARBIOLOGISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Nukleinsäure – Nachweisverfahren durch Farbstoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethidiumbromid,</li> <li>• SYBR-Green,</li> <li>• DAPI (4',6-Diamidin-2-phenylindol)</li> </ul> Fotometrische Bestimmung Klonierung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restriktion, inklusive Verdau-Berechnung und Plasmidkartenberechnungen</li> <li>• Ligation</li> <li>• Transformation/Transfektion</li> <li>• Selektion</li> </ul> Polymerase-chain-reaction (PCR) Sequenzierung		
... können dabei nach Originalliteratur arbeiten.	Fachsprache Englisch	Durchführung von Fachgesprächen und Erfassung von Arbeitsanleitungen in englischer Sprache.	Einordnung von Begriffen in die Fachsystematik
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Gesetzliche Vorgaben (Gentechnikgesetz, Embryonenschutzgesetz) können auch im Religionsunterricht behandelt werden, Grundlagen der Molekularbiologie werden in Lernfeld 5 behandelt, Blotting-Verfahren und Grundlagen der Gelelektrophorese inklusive Auswertung des Gels werden in Lernfeld 12 behandelt; eine Auslagerung von Lerninhalten in den Englischunterricht ist möglich.		

## 5 Unterrichtsbeispiele

### 5.1 Unterrichtsbeispiel 1

#### 5.1.1 Festlegung des zu unterrichtenden Lernfeldes

<b>Lernfeld 1: Vereinigen von Stoffen</b>	<b>1. Ausbildungsjahr</b> <b>Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<b>Zielformulierung:</b> Die Schülerinnen und Schüler können Stoffgemische herstellen, berechnen deren Zusammensetzung und kontrollieren diese. Sie stellen Reaktionsgleichungen auf und berechnen die Volumen- und Massenverhältnisse. Sie wählen für die gestellte Aufgabe geeignete Laborgeräte aus, nutzen unterschiedliche Informationsquellen, fertigen Protokolle an und stellen Messwerte anschaulich dar. Sie planen einfache Arbeitsabläufe unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und terminlicher Vorgaben.	
<b>Inhalte:</b> Masse, Volumen, Stoffmenge, Dichte, Volumenmessgeräte, Waagen Stoffe, Stoffsysteme Lösemittel unterschiedlicher Polarität Gehaltsgrößen berechnen Chemische Formelsprache Grundlagen der Stöchiometrie Säuren, Basen, Salze Neutralisation, pH-Wert Umgang mit Gefahrstoffen, Informationen über Stoffe, persönliche Schutzausrüstung Protokollführung, Plausibilität, Tabellen, Diagramme Textverarbeitung, Tabellenkalkulation	

## 5.1.2 Problemstellung und schulisch-betrieblicher Kontext

Wissenschaftliche Forschung und Analytik sind wichtige Einsatzgebiete von Laborantinnen und Laboranten. In diesem Zusammenhang spielt die Berechnung, Messung und Interpretation des pH-Wertes eine wichtige Rolle bei Experimenten und Analysen. Der pH-Wert ist eine Maßeinheit, die den sauren, neutralen oder basischen Charakter einer Lösung beschreibt. Dieser Wert gibt die Wasserstoffionenkonzentration einer Lösung an. Laborantinnen und Laboranten müssen in der Lage sein, den pH-Wert einer Probe genau zu bestimmen beziehungsweise zu berechnen, da viele chemische Prozesse und Reaktionen stark von der Wasserstoffionenkonzentration beeinflusst werden. So kann der richtige pH-Wert ein entscheidender Faktor sein, ob eine chemische Reaktion die erwartete Ausbeute erreicht oder Anlagenteile beziehungsweise Laborgeräte durch einen Syntheseansatz nicht über Gebühr beansprucht werden.

Aber auch im Bereich der Umweltbelastung spielt der pH-Wert eine wichtige Rolle. In vielen industriellen Prozessen ist die Kontrolle des pH-Wertes entscheidend. Beispielsweise können saure oder alkalische Abwässer schwerwiegende Umweltauswirkungen haben. Das Einhalten eines angemessenen pH-Wertes ist entscheidend, um sicherzustellen, dass Abwässer keine schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt haben.

### Lernsituation „Neutralisation eines Abwassers“

Für die Reinigung industrieller Herstellungsanlagen soll eine saure Reinigungslösung verwendet werden. Das Reinigungsprotokoll zeigt eine vollständige Entfernung verunreinigter Anlagenteile mittels einer Lösung, die vorwiegend Salzsäure enthält und in der Wassergefährdungsklasse 1 einzuordnen ist. Das Abwasser der Reinigung wird in einem skalierten Auffangbehälter, der maximal 10 m<sup>3</sup> fasst, gesammelt. Hierbei liegt die Stoffmengenkonzentration der Salzsäure in der Regel zwischen 0,05 und 0,1 M. Nach erfolgter Reinigung muss die Reinigungslösung fachgerecht entsorgt werden. Um schwerwiegende Umweltauswirkungen zu vermeiden, kann die Reinigungslösung nicht ohne weiteres über das Abwasser entsorgt werden.

Da die Reinigungslösung erst mit einem neutralen pH-Wert relativ unproblematisch weiter entsorgt werden kann, erhalten die Laborantinnen und Laboranten den Auftrag, das Abwasser zu neutralisieren. Der pH-Wert der Lösung liegt bei 1,3 und umfasst ein Volumen von 1,5 m<sup>3</sup>. Unter Verwendung von festem Natriumhydroxid soll das Abwasser neutralisiert werden. Hierzu muss die benötigte Menge an Natriumhydroxid vorherberechnet werden. Aus Sicherheitsgründen ist vor dem Entleeren des Auffangbehälters der pH-Wert der neutralisierten Lösung zur Kontrolle erneut zu messen.

Hierbei erfolgt die Überprüfung und Durchführung einer fachgerechten Entsorgung der Reinigungslösung durch die Laborantinnen und Laboranten.

**Im Folgenden sind in der curricularen Matrix des jeweiligen Lernfeldes die für das vorliegende Unterrichtsbeispiel relevanten beruflichen Handlungen und Inhalte gelb markiert.**

## 5.1.3 Reduktion der curricularen Matrix

Die Auszubildenden ...	VEREINIGEN VON STOFFEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können Stoffgemische herstellen und wählen für die gestellte Aufgabe geeignete Laborgeräte aus.	Masse, Volumen, Stoffmenge, Dichte Volumenmessgeräte Waagen Stoffe und Stoffsysteme Lösemittel unterschiedlicher Polarität Gefahrstoffe Persönliche Schutzausrüstung	Berechnungen und Umrechnungen mit SI-Einheiten Berechnung von Dichte, Masse, Volumen und Stoffmenge Anwendung von Vorschriften zu Arbeits- Brand- und Umweltschutz	Bewertung von Gefährdungspotentialen mithilfe von: Gefahrstoffverordnungen (GefStoffV) Unfallverhütungsvorschriften (UVV) Sicherheitsdatenblättern GHS D-GISS, REACH Geeignete Maßnahmen zum Schutz der Umwelt ergreifen Fachgerechte Entsorgung der verwendeten Chemikalien
... berechnen und kontrollieren die Zusammensetzung von Stoffgemischen. Sie stellen Reaktionsgleichungen auf und berechnen die Massenverhältnisse.	Gehaltsgrößen Chemische Formelsprache Grundlagen der Stöchiometrie Säuren Basen Salze Pondus Hydrogenii Wert (pH-Wert)	Berechnung von Massen-, Volumen- und Stoffmengenkonzentrationen sowie von Massen-, Volumen- und Stoffmengenanteil Aufstellung von Summen-, Halbstruktur-Skelett- und Strukturformeln Anwendung von Indizes und Koeffizienten Erstellung von stöchiometrisch korrekten Reaktionsgleichungen Vergleich Säure-/Base-Definitionen nach Arrhenius, Brönsted und Lewis pH-Wert-Berechnung starker Säuren und Laugen	Anwenden der Gesetze zur Erhaltung der Masse und der konstanten Proportionen Umsatz- und Ausbeute-Berechnung chemischer Reaktionen Durchführung von Titrations als maßanalytisches Verfahren der quantitativen Chemie Einstellung von pH-Werten Einschätzung der Wirkungsspektren von Puffersystemen
... nutzen unterschiedliche Informationsquellen, fertigen Protokolle an, stellen Messwerte anschaulich dar und planen einfache Arbeitsabläufe unter	Projektarbeit Protokollführung Plausibilität Textverarbeitung	Recherche in Fachliteratur und Internet Erstellung von Protokollen und Präsentationen	Anwendung der Grundlagen des Qualitätsmanagements: GMP, GLP, SOP.

Die Auszubildenden ...	VEREINIGEN VON STOFFEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
Berücksichtigung wirtschaftlicher und terminlicher Vorgaben.	Tabellenkalkulation Diagramme	Anwenden von Textverarbeitungs-, Tabellenkalkulations- und Präsentationsprogrammen Verarbeitung und Speicherung von Daten Statistische Auswertungen: Berechnung geometrischer und arithmetischer Verdünnungsreihen	
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Die Inhalte von Lernfeld 1 und Lernfeld 3 weisen teilweise Überschneidungen auf. Beide Lernfelder sollten deshalb von einer Lehrkraft oder in enger Absprache mit der anderen Lehrkraft unterrichtet werden. Es existieren Überschneidungen mit den Lernfeldern 1, 2 und 7. Hier haben sich ebenfalls enge Absprachen zwischen den unterrichtenden Lehrkräften bewährt.		

## 5.1.4 Planungsmatrix

## Lernsituation „Neutralisation eines Abwassers“

Schritt	Intention	Adressiertes Wissen	Berufliche Aufgaben (BA)		
			Lernaktivitäten und Lernprodukte	Medien/Materialien (M)/ Teilaufgaben (T)	Reflexions- und Kontrollelemente
1	Sicherer Umgang mit starken Säuren und Basen	Sachwissen (SW): Gefahrenstoffe; persönliche Schutzausrüstung Prozesswissen (PW): Anwendung von Vorschriften zu Arbeits- und Umweltschutz Reflexionswissen (RW): Bewertung von Gefährdungspotentialen mithilfe von Sicherheitsdatenblättern, GHS und D-GISS; geeignete Maßnahmen zum Schutz der Umwelt ergreifen; fachgerechte Entsorgung der verwendeten Chemikalien	BA 1: Sicherer Umgang im Labor		
			Erkennung und Beurteilung von Sicherheitsaspekten im Labor	M1: Arbeitsauftrag M2: Sicherheitsdatenblätter M3: Internet-Zugang zu D-GISS T1: Sicherheitsrecherche zu den verwendeten Chemikalien T2: Sicherheitsbewertung der einzusetzenden Chemikalien	Die Lernenden besprechen im Plenum die Sicherheitsrisiken und die daraus resultierenden Vorkehrungen. Sie treffen die notwendigen Maßnahmen bei Unfällen.
2	Wissen um Zusammenhang des pH-Wertes und der Protonenkonzentration	SW: Gehaltsgrößen; Säuren; Basen PW: Berechnung von Massen- und Stoffmengenkonzentration; Vergleich Säure-/Base-Definitionen nach Arrhenius und Brönsted; pH-Wert-Berechnung starker Säuren und Laugen	BA 2: Berechnung der Protonenkonzentration anhand eines vorgegeben pH-Wertes		
			Identifizierung von Säuren und Basen Umrechnung von pH-Werten in Protonenkonzentrationen	M4: Informationsmaterial zu Säuren und Basen M5: Lösungsblatt zu Umrechnungsaufgaben T3: Aufgaben zu Umrechnungen T4: Berechnung der gesuchten Protonenkonzentration	Die Lernenden kontrollieren ihre Lösungen anhand des Lösungsblatts M5. Sie präsentieren ihre Teilergebnisse der bearbeiteten Lernsituation im Plenum.
3	Anwendung von Umsatz- und Ausbeuteberechnung	SW: Neutralisation PW: Aufstellung von Summenformeln; Erstellung von stöchiometrisch korrekten Reaktionsgleichungen RW: Anwendung der Gesetze zur Erhaltung der Massen und der konstanten Proportionen; Umsatz-	BA 3: Berechnung der benötigten Laugenmenge		
			Umgang beim Aufstellen von Reaktionsgleichungen für die Neutralisation Berechnung der Menge und Masse von Natriumhydroxid	M6: Informations- und Arbeitsblatt zur Neutralisation T5: Erstellung von Reaktionsgleichungen zur Neutralisation	Die Lernenden besprechen und kontrollieren ihre Lösungen im Plenum.

Schritt	Intention	Adressiertes Wissen	Berufliche Aufgaben (BA)		
			Lernaktivitäten und Lernprodukte	Medien/Materialien (M)/ Teilaufgaben (T)	Reflexions- und Kontrollelemente
		und Ausbeute-Berechnung chemischer Reaktionen; Einstellung von pH-Werten	Masse des benötigten Natriumhydroxids für die Neutralisation	T6: Berechnung der benötigten Masse an Natriumhydroxid für die Neutralisation	
4	Kontrolle und Reflexion der bearbeiteten Lernsituation	SW: Protokollführung PW: Erstellen von Protokollen und Präsentationen	BA 4: Präsentieren von Arbeitsergebnissen		
			Erstellung des Arbeitsprotokolls	T7: Erstellung eines Protokolls zur theoretischen Durchführung der Lernsituation T8: Präsentation des Versuchsprotokolls	Die Lernenden präsentieren ihre Protokolle und diskutieren sie im Plenum

### 5.1.5 Katalog der Teilaufgaben (T)

- T1: Sicherheitsrecherche zu den verwendeten Chemikalien
- T2: Sicherheitsbewertung der einzusetzenden Chemikalien
- T3: Aufgaben zu Umrechnungen
- T4: Berechnung der gesuchten Protonenkonzentration
- T5: Erstellung von Reaktionsgleichungen zur Neutralisation
- T6: Berechnung der benötigten Masse an Natriumhydroxid für die Neutralisation
- T7: Erstellung eines Protokolls zur theoretischen Durchführung der Lernsituation
- T8: Präsentation des Versuchsprotokolls

### 5.1.6 Hinweise zur Lernortkooperation

Neben der Vermittlung von fachlichen Inhalten zum richtigen Umgang mit Säuren und Basen lag im Fokus dieser Lernsituation, die Lernenden für den verantwortungsvollen Umgang mit Laborchemikalien zu sensibilisieren. Die Besichtigung einer örtlichen Kläranlage beziehungsweise der Abwasseraufbereitung und Entsorgung in einem Industriepark würde hierbei eine starke Unterstützung darstellen. Hierbei würden die Betreiber anschaulich aufzeigen können, mit welchen Schwierigkeiten sie bei der Abwasserreinigung umzugehen haben und welche Voraussetzungen geschaffen werden müssen, bevor man ein Abwasser weiter aufbereiten kann.

## 5.2 Unterrichtsbeispiel 2

### 5.2.1 Festlegung des zu unterrichtenden Lernfeldes

<b>Lernfeld 11: Mikrobiologische, biotechnologische und zellkulturtechnische Arbeiten durchführen</b>	<b>3. Ausbildungsjahr</b> <b>Zeitrichtwert: 100 Stunden</b>
<b>Zielformulierung:</b> <p>Die Schülerinnen und Schüler legen Kulturen von eukaryontischen und prokaryotischen Zellen an, führen an ihnen Untersuchungen durch und dokumentieren die Ergebnisse. Sie planen biotechnologische Prozesse, können diese durchführen und die Fermentationsprodukte aufarbeiten.</p>	
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Antibiotika, Antibiotikatests</li> <li>Resistenz von Mikroorganismen</li> <li>Spezielle Stoffwechselfvorgänge</li> <li>Primärkulturen</li> <li>Untersuchungen von Zellkulturen</li> <li>Spezielle mikroskopische Verfahren</li> <li>Biotechnologische Prozesse</li> <li>Fermentation</li> <li>Aufarbeitung von Fermentationsprodukten</li> <li>Entsorgung von biologisch kontaminiertem Material</li> </ul>	

## 5.2.2 Problemstellung und schulisch-betrieblicher Kontext

Die Ausbildung von Biologielaborantinnen und Biologielaboranten spielt eine zentrale Rolle in der Gewährleistung einer sicheren und effektiven Laborpraxis. Ein besonders relevantes Thema, das in diesem Zusammenhang behandelt wird, ist die Problematik rund um Antibiotika. Diese Wahl ist nicht nur inhaltlich sinnvoll, sondern auch im beruflichen Kontext von großer Bedeutung.

Die steigende Resistenz gegen Antibiotika ist zu einer globalen Gesundheitskrise geworden. Die übermäßige Verwendung von Antibiotika in der Medizin, Landwirtschaft und Tierhaltung hat zu einer Zunahme resistenter Bakterien geführt. Diese Resistenz gefährdet nicht nur die Wirksamkeit von Antibiotika, sondern auch die Fähigkeit, Infektionskrankheiten erfolgreich zu behandeln. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, dass angehende Biologielaborantinnen und Biologielaboranten ein umfassendes Verständnis für Antibiotika und dessen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt und einen sicheren Umgang mit Antibiotika im Labor und im Privaten entwickeln.

Die Lernsituation soll Praxisnähe vermitteln. Die Auszubildenden sollen die Möglichkeit haben, die Anwendung von Antibiotika in realen Laborumgebungen zu verstehen. Das Verständnis der Dosierung, Wirkungsweise und möglichen Nebenwirkungen ist entscheidend, um zukünftige Laborexperthen mit einem praxisnahen und anwendbaren Wissen auszustatten.

Der sachgemäße Umgang mit Antibiotika ist essenziell für die Sicherheit im Labor. Die Auszubildenden müssen lernen, wie man diese Substanzen sicher handhabt, um sich selbst, ihre Kolleginnen und Kollegen und die Umwelt vor potenziellen Gefahren zu schützen. Deshalb sind im Kontext der Lernsituation Umwelt- und Arbeitsschutz, Umgang mit persönlicher Schutzausrüstung, verantwortungsvoller Einsatz von Antibiotika in Forschungsprojekten, Medizin und Tierhaltung sowie Berechnungen und Auswertungen zu berücksichtigen. Ein bewusster Umgang mit Antibiotika ist notwendig, um die Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit zu minimieren. Hier nehmen Biologielaborantinnen und Biologielaboranten eine Schlüsselrolle ein.

Das Thema Antibiotika ist nicht nur auf die Biologie beschränkt. Es erfordert ein Verständnis für mikrobiologische, chemische, medizinische und pharmakologische Aspekte. Durch die Integration dieses Themas in den Unterricht fördert man eine interdisziplinäre Herangehensweise, die für die zukünftige berufliche Praxis unerlässlich ist.

Grundlegende Kenntnisse über Bakterien und mikrobiologische Tätigkeiten im sterilen Umfeld wurden im Lernfeld 5 vermittelt.

### **Lernsituation: „Erstellen und Interpretation eines Antibiogramms“**

Die Ergebnisse des Zentrallabors eines Universitätskrankenhauses, das in einem Schnelltest einer Patientenprobe einen multiresistenten Keim gefunden hat, sollen unabhängig überprüft werden.

Dazu soll das Resistenzverhalten des Keims gegenüber Antibiotika in einem geeigneten Antibiogramm analysiert werden. Weiterhin soll dem leitenden Stationsarzt eine medikamentöse Therapie und eine entsprechende Patientenberatung empfohlen werden.

**Im Folgenden sind in der curricularen Matrix des jeweiligen Lernfeldes die für das vorliegende Unterrichtsbeispiel relevanten beruflichen Handlungen und Inhalte gelb markiert.**

5.2.3 Reduktion der curricularen Matrix

Die Auszubildenden ...	MIKROBIOLOGISCHE, BIOTECHNOLOGISCHE UND ZELLKULTURTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... legen Kulturen von eukaryotischen und prokaryotischen Zellen an.	<p>Antibiotika</p> <p>Antibiotikatests</p> <p>Resistenz von Mikroorganismen</p>	<p>Gruppierung nach Substanzgruppen und Wirkorten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\beta</math>-Lactame</li> <li>• Sulfonamide</li> <li>• Tetracycline</li> <li>• Chinolone</li> <li>• Glykopeptide</li> <li>• Polypeptid-Antibiotika</li> <li>• Durchführung von</li> <li>• Plättchentest</li> <li>• Röhrentest</li> <li>• Strichtest</li> <li>• Epsilon-Test</li> <li>• Lochtest</li> </ul> <p>Berechnung von Hemmhöfen</p> <p>Erläuterung von Resistenzmechanismen, Resistenzentstehung und Resistenzübertragung</p>	<p>Definition von Sterilisation und Desinfektion</p> <p>Benennung von Antibiotika im weiteren Sinne, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antimykotika</li> <li>• Antihelminthika</li> <li>• Antiinfektiva</li> </ul> <p>Bedeutung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MHK (Minimale Hemmkonzentration)</li> <li>• MBK (Minimale bakterizide Konzentration)</li> </ul> <p>Beurteilung der nicht zweckmäßigen Anwendung (Tiermast, Gentechnik) von Antibiotika</p> <p>Beurteilung der Bedeutung von Reserveantibiotika (MRSA als Beispielorganismus)</p>
... führen an Zellen Untersuchungen durch und dokumentieren die Ergebnisse.	<p>Primärkulturen</p> <p>Untersuchungen von Zellkulturen</p> <p>Spezielle mikroskopische Verfahren</p>	<p>Erstellung von Primär-/Sekundär- und Subkulturen</p> <p>Durchführung verschiedener Zellkulturmethoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stammhaltung</li> <li>• Kryokonservierung</li> <li>• Kultivierung</li> <li>• Handling von Kulturgefäßen</li> <li>• Passagieren</li> </ul>	<p>Bedeutung der Zelllinien:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CHO</li> <li>• HeLa</li> <li>• BHK</li> <li>• Induzierte pluripotente Stammzellen</li> </ul> <p>Ableitung der Begriffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suspensions-/ adhärente Kultur</li> <li>• Hayflick Limit</li> <li>• Fetales Kälberserum und Pferdeserum</li> </ul>

Die Auszubildenden ...	MIKROBIOLOGISCHE, BIOTECHNOLOGISCHE UND ZELLKULTURTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
		<p>Durchführung der Zellzählung und Vitalitätstests anhand folgender Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zählverfahren (FACS)</li> <li>• Vitalitätstest: XTT, LDH</li> <li>• PET-Test als Toxizitätstest</li> <li>• Mykoplasmenachweis mittels PCR und ELISA</li> <li>• Makroskopische und mikroskopische Kontrolle (Konfluenz, Zellform und Fremdorganismen)</li> </ul> <p>Durchführung von Untersuchungen mittels Inversmikroskop, Phasenkontrastmikroskopie, Fluoreszenzmikroskopie mit DAPI, RFP, GFP</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitogene</li> <li>• Feeder-Zellen</li> <li>• Edge-Effekt</li> <li>• Detachment</li> <li>• Basal-/Minimal-/komplexes-/definiertes Medium</li> <li>• Kreuzkontaminationen</li> <li>• Limiting dilution cloning</li> <li>• Stammzellen</li> </ul> <p>Immortalisierte Zellen</p>
... planen biotechnologische Prozesse und können biotechnologische Prozesse durchführen.	<p>Biotechnologische Prozesse Spezielle Stoffwechselfvorgänge Fermentation Aufbau und Funktion verschiedener Bioreaktortypen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Airlift-Bioreaktor</li> <li>• Satz-Reaktor</li> <li>• Rührkessel-Bioreaktor</li> <li>• Festbett-Bioreaktor</li> <li>• Plug-Flow-Reaktor</li> <li>• Single-use-Reaktor</li> <li>• Rührertypen</li> <li>• Benennung von Scale-up Kriterien</li> </ul> <p>Durchführung biotechnologischer Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batch-Verfahren</li> </ul>	<p>Definition Biotechnologie Unterscheidung der Produktgewinnung zwischen Primär- und Sekundärmetabolismus Beschreibung des Wachstumsverhaltens von Mikroorganismen Erstellung einer Wachstumskurve inklusive Idiophase, Trophophase Differenzierung von Upstream-Prozessen Vergleich der verschiedenen Bioreaktoren in Bezug auf deren Anwendungsgebiete Skizzierung des zeitlichen Verlaufs von Volumen, Substrat-, Produkt- und Zellkonzentration</p>	<p>Einordnung verschiedener Anwendungsgebiete der Biotechnologie (grün, blau, rot, gelb, weiß, grau) Betrachtung der Essigsäureherstellung und Ethanolherstellung Bewertung der Vorteile des Metabolic Engineering Erläuterung der Bedeutung von Diauxie und Crabtree-Effekt am Beispiel der Hefe Berufsbezogene Berechnungen zur Wachstumskinetik Optimierung von Wachstumsprozessen Anwendung von Mess- und Regeltechnik am Fermenter, zum Beispiel Beschreibung des Einflusses der Begasungsrate und</p>

## Biologielaborantin oder Biologielaborant

Die Auszubildenden ...	MIKROBIOLOGISCHE, BIOTECHNOLOGISCHE UND ZELLKULTURTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fed Batch-Verfahren</li> <li>• Kontinuierliche Verfahren (Chemostat und Turbidostat)</li> </ul> Stoffumsetzung mit freien (emers/submers) und immobilisierten Zellen und Enzymen		Auswahl verschiedener Rührer auf die Fermentation Anwendung von Microcarriern Analyse der Vor- und Nachteile verschiedener biotechnologischer Prozesse
... können Fermentationsprodukte aufarbeiten.	Aufarbeitung von Fermentationsprodukten Zellabtrennung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zentrifugation</li> <li>• Tellerseparator</li> <li>• Produktkonzentrierung und -reinigung</li> <li>• Elektrodialyse</li> <li>• Umkehrosmose</li> <li>• Chromatographische Verfahren</li> <li>• Lösemittlextraktion, Fällung, Aussalzen, Kristallisation, Sprühtrocknen von Proteinen</li> </ul> Entsorgung von biologisch kontaminiertem Material	Unterscheidung chemischer, physikalischer, mechanischer Möglichkeiten des Zellaufschlusses: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rührwerkskugelmühle</li> <li>• Hochdruckhomogenisator</li> <li>• Enzymatischer Verdau</li> <li>• Ultraschall</li> </ul> Optimierung der Produktausbeute Umgang mit biologisch kontaminiertem Material im Labormaßstab	Bedeutung von Downstream-Prozessen Berufsspezifische Berechnungen zum Tellerseparator und Rührwerkskugelmühle Aufarbeitung von Einschlusskörpern (Inclusion bodies) Lagerung von Proteinen Herstellung von Antikörperfragmenten Herstellung rekombinanter Proteine Nutzung moderner molekularbiologischer Methoden zur Aufreinigung von Proteinen, wie das His-Tag- oder SAV-Biotin-System Kontrolle großtechnischer Entsorgung, Umweltbelastung
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Bei der Betrachtung biotechnologischer Prozesse eignet sich ein Vergleich biotechnologischer Prozesse mit chemisch-technischen Prozessen anhand ausgewählter Beispiele in Bezug auf Umweltschutz. Aufgrund der Überschneidungen von Themen (Chromatographie, Stoffwechsel, Zellkultur) ist eine enge Absprache mit den unterrichtenden Lehrkräften der Inhalte des Lernfeldes 4, Lernfeldes 6, Lernfeldes 9 und Lernfeldes 12 notwendig.		

## 5.2.4 Planungsmatrix

## Lernsituation „Erstellen und Interpretation eines Antibiotogramms“

Schritt	Intention	Adressiertes Wissen	Berufliche Aufgaben (BA)		
			Lernaktivitäten und Lernprodukte	Medien/Materialien (M)/ Teilaufgaben (T)	Reflexions- und Kontrollelemente
1	Vermittlung von Mechanismen zur Hemmung und Abtötung von Bakterien	Sachwissen (SW): Antibiotika Prozesswissen (PW): Gruppierung der Antibiotika nach Substanzgruppen und Wirkorten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\beta</math>-Lactame</li> <li>• Sulfonamide</li> <li>• Tetracycline</li> <li>• Chinolone</li> <li>• Glykopeptide</li> <li>• Polypeptid-Antibiotika</li> </ul> Reflexionswissen (RW): Definition von Sterilisation und Desinfektion	BA 1: Auseinandersetzung mit den Mechanismen zur Hemmung und Abtötung von Bakterien		
			Aufführen bisher bekannter Tätigkeiten zur Sterilisation und Desinfektion und Ableiten einer allgemein gültigen Definition Zuordnen verschiedener Antibiotikaklassen zu deren Wirkmechanismen in Bakterien	T1: Definieren von Mechanismen zur Desinfektion und Sterilisation M1: Kommunikationsmethoden zum Austausch in Kleingruppen M2: Recherche in Literatur und Internet T2: Kennenlernen von Wirkmechanismen verschiedener Antibiotikagruppen M3: Arbeitsteilige Lektüre der gängigen Fachliteratur (zum Beispiel Informationsblatt) M4: Analyse im Gruppengespräch und visuelle Zuordnung der Wirkorte in Bakterien	Die Lernenden vergleichen die verschiedenen Definitionen zu Sterilisation und Desinfektion im Gespräch und mit der Literatur. Die Lerngruppen visualisieren ihre Ergebnisse und erläutern diese im Plenum. Die Lernenden erstellen eine Liste mit allen wichtigen Informationen.
2	Erstellen eines Arbeitsablaufes zur Durchführung eines Antibiotogramms und dessen Auswertung	SW: Antibiotikatests PW: Durchführung von <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plättchentest</li> <li>• Röhrchentest</li> <li>• Strichtest</li> <li>• Epsilon-Test</li> <li>• Lochtest</li> </ul> Berechnung von Hemmhöfen RW:	BA 2: Erstellen eines Arbeitsablaufes zur Durchführung und Auswertung eines Antibiotogramms für das Zentrallabor		
			Erstellen einer Übersicht verschiedener Antibiotikatests, deren experimentelle Durchführung, inklusive Beachtung der sicherheitsrelevanten Maßnahmen und Auswertung	T3: Zusammentragen bisher bekannter Antibiotikatests und deren Durchführung M5: Unterrichtsgespräch im Plenum, visuelle Darstellung und Ergänzung durch die Lehrkraft M6: Unterrichtsfilme T4: Erstellung eines Arbeitsablaufes T5: Auswertung (grafisch) des Antibiotogramms	Die Lernenden notieren alle relevanten Antibiotikatests, deren Durchführung und jeweilige Auswertung. Die Lernenden entwerfen ein Fließdiagramm mit allen relevanten Arbeitsschritten, vergleichen diese und besprechen im Plenum den sicheren Umgang mit Antibiotika im Labor.

## Biologielaborantin oder Biologielaborant

Schritt	Intention	Adressiertes Wissen	Berufliche Aufgaben (BA)		
			Lernaktivitäten und Lernprodukte	Medien/Materialien (M)/ Teilaufgaben (T)	Reflexions- und Kontrollelemente
		Bedeutung von <ul style="list-style-type: none"> <li>MHK (Minimale Hemmkonzentration)</li> <li>MBK (Minimale bakterizide Konzentration)</li> </ul>		M7: Abbildung eines fertigen Antibiogramms eines Agar-Diffusionstests M8: Halblogarithmisches Papier	Die Lernenden messen Hemmhöhe aus, bestimmen die Minimale Hemmkonzentration (MHK) mit Hilfe von halblogarithmischem Papier und interpretieren das Ergebnis in der Gruppe.
3	Dokumentation der Ergebnisse für die Laborleiterin oder den Laborleiter und Empfehlung für die Auftraggeberin oder den Auftraggeber	SW: Resistenz von Mikroorganismen PW: Erläuterung von Resistenzmechanismen, Resistenzentstehung und Resistenzübertragung RW: Beurteilung der nicht zweckmäßigen Anwendung (Tiermast, Gentechnik) von Antibiotika, Beurteilung der Bedeutung von Reserveantibiotika (MRSA als Beispielorganismus)	BA 3: Dokumentation der Ergebnisse für die Laborleiterin oder den Laborleiter und Empfehlung einer medikamentösen Therapie sowie eine entsprechende Patientenberatung für die leitende Stationsärztin oder den leitenden Stationsarzt  Informieren über Resistenzmechanismen, Ursachen der Resistenzentstehung sowie Resistenzübertragung und Bedeutung von Antibiotika Anwendung der erlernten Fähigkeiten und Fertigkeiten auf den vorliegenden Fall: Analysieren der Keimeigenschaften Berechnen der MHK des Keimes mit verschiedenen Antibiotika Auswahl eines geeigneten Antibiotikums Ableiten von Anwendungen für die Stationsärztin oder den Stationsarzt	T6: Erstellung einer tabellarischen Übersicht M9: Informationsmaterial (Arbeitsblätter) T7: Analysieren der vorliegenden Ergebnisse M10: Arbeitsblatt (Name des Keims, visuelle Ergebnisse unterschiedlich wirksamer Antibiotika) T8: Auswählen eines geeigneten Antibiotikums M11: Liste der Antibiotika und deren Wirkmechanismen (siehe T2) T9: Formulierung einer Verhaltensempfehlung für die Patientin oder den Patienten zum Umgang (Anwendung, Dosierung, Einnahmedauer) mit einem Antibiotikum zur Vermeidung der Resistenzentstehung M12: digitales Briefpapier	Die Lernenden erstellen, gegebenenfalls als Hausaufgabe, eine tabellarische Übersicht mit allen relevanten Begriffen zur Resistenz. Die Besprechung der Arbeitsergebnisse erfolgt im Plenum. Die Lernenden werten in Gruppenarbeit das Arbeitsblatt M10 aus und formulieren ein Ergebnisprotokoll sowie ein Empfehlungsschreiben für die Stationsärztin oder den Stationsarzt.

### 5.2.5 Katalog der Teilaufgaben (T)

- T1: Definieren von Mechanismen zur Desinfektion und Sterilisation
- T2: Kennenlernen von Wirkmechanismen verschiedener Antibiotikagruppen
- T3: Zusammentragen bisher bekannter Antibiotikatests und deren Durchführung
- T4: Erstellung eines Arbeitsablaufes
- T5: Auswertung (grafisch) des Antibiogramms
- T6: Erstellung einer tabellarischen Übersicht
- T7: Analysieren der vorliegenden Ergebnisse
- T8: Auswählen eines geeigneten Antibiotikums
- T9: Formulierung einer Verhaltensempfehlung für die Patientin oder den Patienten zum Umgang (Anwendung, Dosierung, Einnahmedauer) mit einem Antibiotikum zur Vermeidung der Resistenzentstehung

### 5.2.6 Hinweise zur Lernortkooperation

In einigen Ausbildungsbetrieben und unabhängigen Laboren werden routinemäßig Proben hinsichtlich der Bakterien-Belastung analysiert. Hierzu gehören zum Beispiel Labore zur Gewässeruntersuchung, Landesinstitute zur Seuchenbekämpfung und Zentrallabore in Krankenhäusern. Nach Möglichkeit können mit den Auszubildenden Exkursionen dorthin vorbereitet und durchgeführt werden. So erhalten die Lernenden Einblicke in mögliche zukünftige Berufs- und Tätigkeitsfelder.

## 6 Literatur

Bader, R.: Lernfelder gestalten. bwp@ Spezial. (2004) 1.

Chomsky, N.: Explanatory Models in Linguistics. In: Nagel, E.; Suppes, P.; Tarski, A. (Herausgebende): Logic, Methodology, and Philosophy of Science. Stanford 1962. Seite 528-550.

Erpenbeck, J.; Rosenstiel, L.; Grote, S.; Sauter, W.: Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, Verstehen und Bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart 2017.

Euler, D.; Reemtsma-Theis, M.: Sozialkompetenzen? Über die Klärung einer didaktischen Zielkategorie. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. 95 (1999) 2. Seite 168-198.

Klafki, W.: Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In: Roth, H.; Blumenthal, A. (Herausgebende): Grundlegende Aufsätze aus der Zeitschrift Die Deutsche Schule. Hannover 1964. Seite 5-34.

Lerch, S.: Selbstkompetenz – eine neue Kategorie zur eigens gesollten Optimierung? Theoretische Analyse und empirische Befunde. In: REPORT. 36 (2013) 1. Seite 25-34.

Mandl, H.; Friedrich H. F. (Herausgebende): Handbuch Lernstrategien. Göttingen 2005.

Tenberg, R.: Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen. Theorie und Praxis der Technikdidaktik. Stuttgart 2011.

HESSEN



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