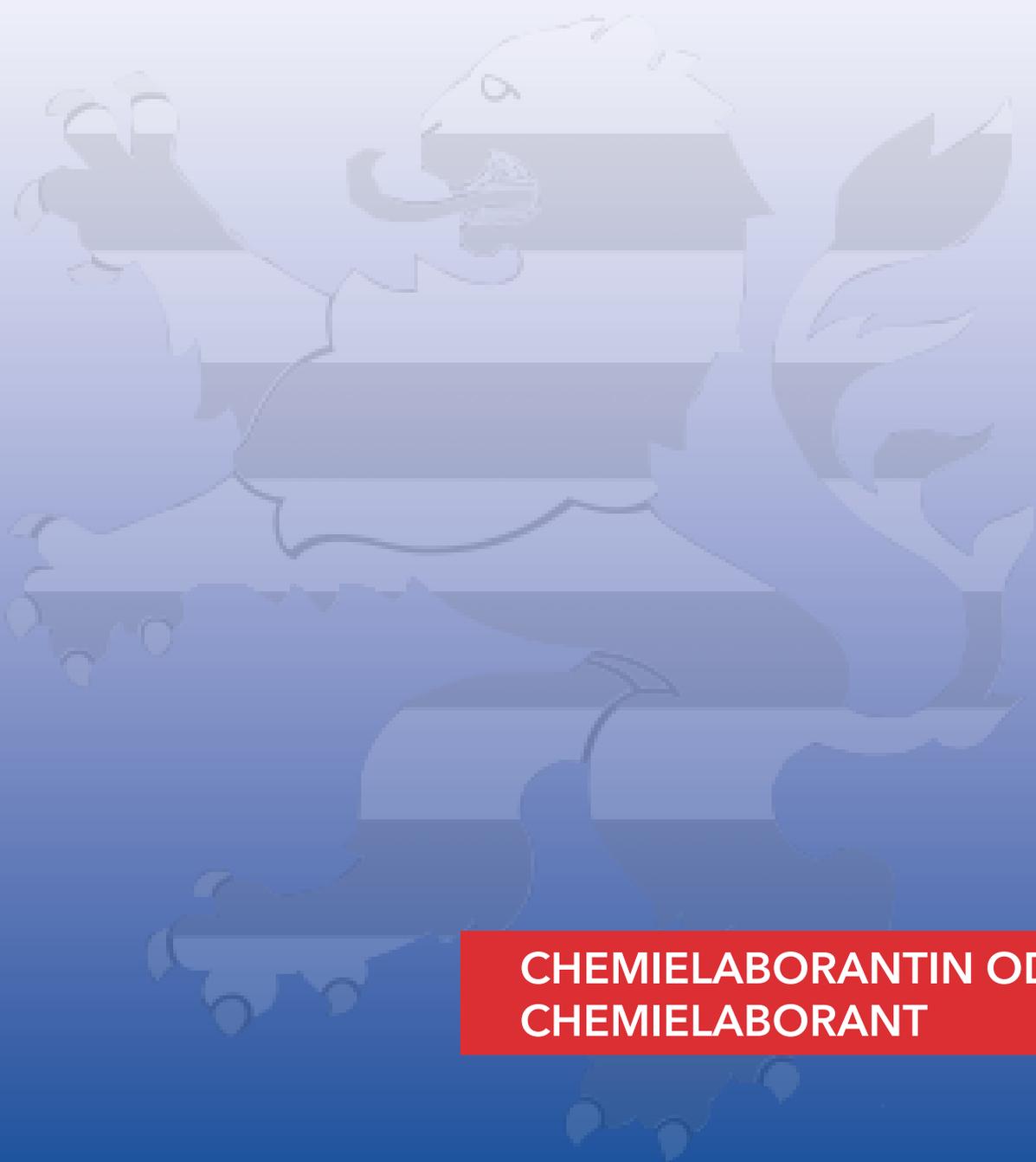




Handreichung Berufsschule



**CHEMIELABORANTIN ODER
CHEMIELABORANT**

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).....	16
4.4	Lernfeld 4: Stoffe fotometrisch und chromatografisch untersuchen (40 Stunden).....	18
4.5	Lernfeld 5: Durchführung Präparativer Arbeiten (80 Stunden).....	21
4.6	Lernfeld 6a: Präparate unterschiedlicher Stoffklassen synthetisieren (100 Stunden).....	23
4.7	Lernfeld 6b: Aromatische Präparate synthetisieren (40 Stunden).....	26
4.8	Lernfeld 7: Volumetrische und gravimetrische Analysen durchführen (80 Stunden)	28
4.9	Lernfeld 8: Chromatografische Analysen durchführen (60 Stunden)	30
4.10	Lernfeld 9: Spektroskopische Analysen durchführen (80 Stunden)	33
4.11	Lernfeld 10: Strukturaufklärung organischer Verbindungen durchführen (80 Stunden).....	35
4.12	Lernfeld 11: Synthesetechniken anwenden (80 Stunden)	38
4.13	Lernfeld 13: Werkstoffeigenschaften bestimmen (60 Stunden)	40
4.14	Lernfeld 15: Stoffe elektrochemisch untersuchen (60 Stunden)	41
4.15	Lernfeld 16: Umweltbezogene Arbeitstechniken anwenden (60 Stunden).....	43
4.16	Lernfeld 20: Elektrotechnische Arbeiten durchführen (80 Stunden).....	45
5	Unterrichtsbeispiele	46
5.1	Unterrichtsbeispiel 1.....	46
5.1.1	Festlegung des zu unterrichtenden Lernfeldes.....	46
5.1.2	Problemstellung und schulisch-betrieblicher Kontext.....	47
5.1.3	Reduktion der curricularen Matrix.....	48
5.1.4	Planungsmatrix	50
5.1.5	Katalog der Teilaufgaben (T).....	52
5.1.6	Hinweise zur Lernortkooperation.....	52
5.2	Unterrichtsbeispiel 2.....	53

5.2.1	Festlegung des zu unterrichtenden Lernfeldes.....	53
5.2.2	Problemstellung und schulisch-betrieblicher Kontext.....	54
5.2.3	Reduktion der curricularen Matrix.....	55
5.2.4	Planungsmatrix	57
5.2.5	Katalog der Teilaufgaben (T).....	60
5.2.6	Hinweise zur Lernortkooperation.....	60
6	Literatur.....	61

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

Chemielaborantin oder Chemielaborant

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.

Chemielaborantin oder Chemielaborant

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:

Teilkompetenz			
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 überwiegenden 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).

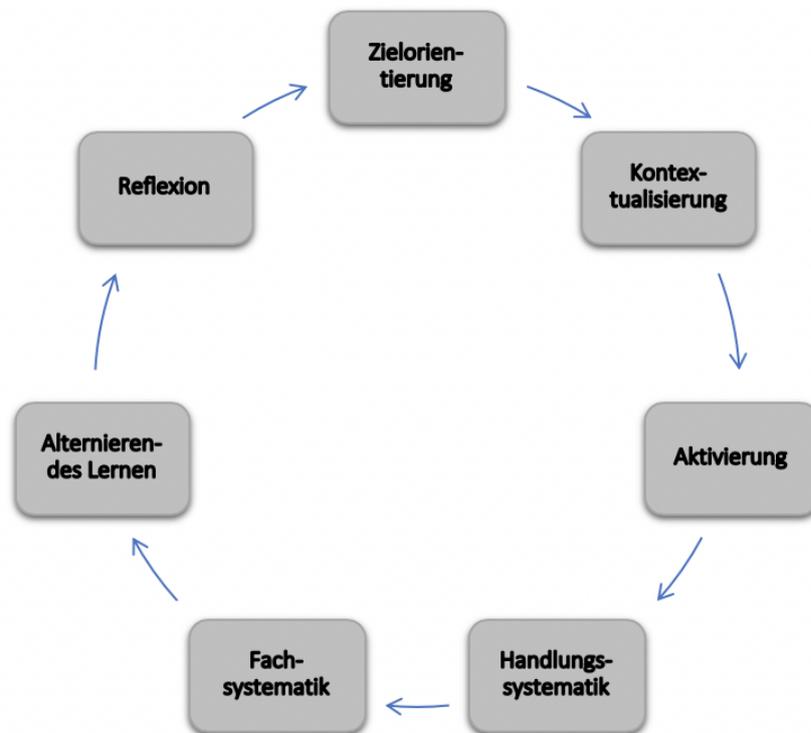


Abbildung 1: Prinzipien für einen kompetenzorientierten Unterricht

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	Bewertung von Gefährdungspotentialen mithilfe von: <ul style="list-style-type: none"> Gefahrstoffverordnungen (GefStoffV) Unfallverhütungsvorschriften (UVV) Sicherheitsdatenblättern Globally Harmonised System (GHS) Deutsche Gefahrstoff-Informationssystem Schule (D-GISS) Ergreifung von geeigneten Maßnahmen zum Schutz der Umwelt 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 Potential des Wasserstoffs 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	Anwendung 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-Wert Einschätzung der Wirkungsspektren von Puffersystemen
... nutzen unterschiedliche Informationsquellen, fertigen Protokolle an,	Projektarbeit	Recherche in Fachliteratur und Internet	Anwendung der Grundlagen des Qualitätsmanagements:

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	VEREINIGEN VON STOFFEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
stellen Messwerte anschaulich dar und planen einfache Arbeitsabläufe unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und terminlicher Vorgaben.	Protokollführung Plausibilität Textverarbeitung Tabellenkalkulation Diagramme	Erstellung von Protokollen und Präsentationen Anwendung von Textverarbeitungs-, Tabellenkalkulations- und Präsentationsprogrammen Verarbeitung und Speicherung von Daten Statistische Auswertungen: Berechnung geometrischer und arithmetischer Verdünnungsreihen	<ul style="list-style-type: none"> • Good Manufacturing Practice (GMP) • Gute Laborpraxis (GLP) • Standard Operating Procedure (SOP)
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Die Inhalte von Lernfeld 1 und Lernfeld 13 weisen teilweise Überschneidungen auf. Beide Lernfelder sollten deshalb von einer Lehrkraft oder in enger Absprache mit der jeweils anderen Lehrkraft unterrichtet werden. Es existieren Überschneidungen mit Lernfeld 1, Lernfeld 2 und Lernfeld 7. Hier haben sich ebenfalls enge Absprachen mit den unterrichtenden Lehrkräften bewährt.		

4.2 Lernfeld 2: Trennen von Stoffsystemen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	TRENKEN VON STOFFSYSTEMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... ordnen den Gemengen entsprechend die unterschiedlichen Stoffeigenschaften zu.	<p>Materie in der Chemie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reinstoffe • Elemente • Verbindungen • Gemenge • Gemische <p>Physikalische Unterscheidungskriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Farbe • Geruch • Siedetemperatur • Schmelztemperatur • Dichte <p>Maßbegriffe von Gemischen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Masse • Volumen • Dichte • Löslichkeit <p>Umrechnungen der Maßbegriffe</p> <p>Disperse Systeme</p> <p>Disperse Phase</p> <p>Dispersionsmittel</p> <p>Bezeichnungen für homogene/heterogene Gemische</p> <p>Aggregatzustände</p> <p>Massenanteil</p>	<p>Untersuchung der unterschiedlichen Aggregatzustände, beispielsweise Oberflächenbeschaffenheit, Kristallform, Einheitlichkeit/Uneinheitlichkeit</p> <p>Unterscheidung in homogene und heterogene Stoffgemische, Emulgatoren</p> <p>Berechnungen der Zusammensetzung von Stoffgemischen</p>	<p>Unterscheidung von chemischen und physikalischen Eigenschaften und deren Auswirkungen auf verschiedene Prozesse</p> <p>Auswahl geeigneter Prozesse aufgrund der chemischen und physikalischen Struktur der Analyten</p>
... ordnen geeignete Trennverfahren den unterschiedlichen Stoffeigenschaften zu.	<p>Sortieren</p> <p>Klassieren</p>	<p>Einteilung von Stoffgemischen</p> <p>Charakterisierung von Stoffgemischen</p>	<p>Anwendung physikalischer Prinzipien zur Auswahl einer geeigneten Methode</p>

Die Auszubildenden ...	TRENNEN VON STOFFSYSTEMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Filtrieren Dekantieren Sedimentieren Zentrifugieren Entstaubung Lösen Homogenisierung, Suspendieren Kristallisation Eindampfen Magnetsortieren Windsichten Aufschlämmen Dialyse Sieben Trocknung	Trennung von fest/festen, fest/flüssigen und fest/gasförmigen Gemischen Anwendung der Gauß'schen Normalverteilung	Bewertung von mechanischer Verfahrenstechnik in Bezug auf die Trennung von Stoffgemischen
... wählen Apparate aus und legen Arbeitsschritte fest.	Zentrifugalkraft Rotoren und ihre Größen Siebanlage und Aufbau (Band und Satz) Zyklon Aufbau und Nutzen einer Soxhlet-Extraktionsapparatur Enthärtetes, entsalztes, (bi-)destilliertes Wasser	Funktionsweise einer Zentrifuge und Berechnung der Zentrifugalkraft Funktionsweise eines Siebes beziehungsweise einer Siebanlage Funktionsweise eines Zyklons zur Trennung von feuchtem und trockenem Material Trennung mittels Scheidetrichter aufgrund unterschiedlicher Löslichkeiten/Polaritäten Handhabung eines Scheidetrichters Trennung mittels einer Soxhlet-Extraktionsapparatur Aus- und Bewertung der Ergebnisse – Mehrfachbestimmung, Standardabweichung, Mittelwert, Meridian, Grubbs-Test	Auswahl geeigneter Gerätschaften aufgrund entsprechender Stoffeigenschaften zur Trennung Anwendung ökologisch und ökonomisch begründet, zum Beispiel Trinkwassergewinnung bezüglich Energieeinsatz und Wasserverbrauch Statistikkenntnisse

Die Auszubildenden ...	TRENKEN VON STOFFSYSTEMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... setzen Energieträger rationell ein.	Temperatur: <ul style="list-style-type: none"> • Heiz- und Kühlbäder • Material und Steuerung Skalen: <ul style="list-style-type: none"> • Celsius • Kelvin • Fahrenheit • Reamur Schmelzdiagramme Siedediagramme Wärme: <ul style="list-style-type: none"> • Wärme und Wärmemengen • Schmelzwärme • Verdampfungswärme Druck: <ul style="list-style-type: none"> • Normaldruck • Vakuum • Überdruck 	Anwendungen von Heiz- und Kühlbädern Umrechnungen der Temperaturskalen, Wärmemengenberechnungen Aufbau von Destillations- und Rektifikationsapparaturen sowie deren Anwendung Aufbau und Durchführung einer Gefriertrocknung, Autoklav Auswirkung der Schmelzpunkterniedrigung und Siedepunkterhöhung Beschreibung der Temperaturabhängigkeit des Dampfdruckes Auswertung graphischer Dampfdruckkurven und Siedediagrammen	Sinnvolles Einsetzen von Energie unter Einbezug der Energieverbrauchskosten Einbezug der zu trennenden Bestandteile zur Auswahl geeigneter Methoden zur thermischen Trennung

Die Auszubildenden ...	TRENKEN VON STOFFSYSTEMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... wenden die entsprechenden Vorschriften, Bestimmungen und Regeln der Arbeitssicherheit, des Gesundheits- und Umweltschutzes an.	Belastung von Luft und Wasser Gesetze zum Umweltschutz Verschiedene Gütesiegel Abluft- und Abwasserreinigung Arbeitsschutzgesetze – für Mütter und allgemein Persönliche Schutzausrüstung (PSA) Umgang mit Gefahrstoffen, Arbeitsschutz Grundzüge des Umweltrechts Tabellen, Diagramme, Nomogramme, gedruckte und elektronische Informationsquellen	Anwendungen des Umwelt- und Arbeitsschutzes im täglichen Leben sowie am Arbeitsplatz unter Einbezug der Beurteilung von Tabellen und Diagrammen	Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) Andere (aktuelle) Gesetze, die die Allgemeinheit und allgemeine Bestimmungen betreffen
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Um Überschneidungen zu vermeiden, erfolgt die Gestaltung der Unterrichtsinhalte in Bezug auf Stoffgemische, Arbeitsschutz und Umweltschutz in enger Abstimmung mit den unterrichtenden Lehrkräften der Unterrichtsinhalte aus Lernfeld 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 Aufbau und Ordnungsprinzip des Periodensystems der Elemente (PSE): <ul style="list-style-type: none"> • Elektronegativität • Atom- und Ionenradien • Ionisierungsenergie Verwendung von Informationen des PSE und deren Anwendung auf chemische Bindungen, Kräfte und Verbindung: <ul style="list-style-type: none"> • Ionenbindung • Elektronenpaarbindung (polar und unpolar) • Metallbindung • Komplexbindung • Wasserstoffbrückenbindung • Dipol-Dipol-Kräfte • Van-der-Waals-Kräfte 	Erfassung der Beziehungen zwischen Elektronen, Protonen, Neutronen mithilfe der Atommodelle von Dalton, Rutherford und Bohr sowie dem Orbitalmodell Anwendung der Regeln der International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)-Nomenklatur sowie gängiger Trivialnamen auf Verbindungen, Salze und Komplexe	Unterscheidung zwischen Bindungen und Kräften Schlussfolgerungen aus Position der Elemente im PSE auf resultierende Bindungsarten und Verbindungen Kenntnisse und Anwendung gültiger Terminologie
...nutzen Reaktionsgleichungen zur Beschreibung chemischer Reaktionen und erkennen Redoxprozesse.	Chemische Formelsprache Reaktionsgleichungen Chemische Reaktionen Oxidation, Reduktion	Anwendung von Formelkoeffizienten Erstellung von Summenformeln Aufstellung und stöchiometrischer Ausgleich von allgemeinen Reaktionsgleichungen Zuordnung von Oxidationszahlen Zuordnung von Elektronenübergängen	Gesetze zur Erhaltung der Masse, der konstanten und multiplen Proportionen

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	STRUKTUR UND EIGENSCHAFTEN VON STOFFEN UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
		Erarbeitung von Redoxreaktionen mithilfe von Teilgleichungen sowie der Oxidationszahlen-Methode	
...unterscheiden zwischen chemischen und physikalischen Eigenschaften.	Reinstoffe Mischungen (homogene/heterogene) Löslichkeit Lösemittel	Unterscheidung zwischen chemischen und physikalischen Eigenschaften und Vorgängen	
...ordnen organische Moleküle den entsprechenden Stoffklassen zu.	Homologe Reihe der Alkane, Alkene und Alkine Erkennen funktioneller Gruppen und entsprechende Zuordnung von Stoffklassen der organischen Chemie	Erstellung von Summen-, Halbstruktur-, Skelett- und Strukturformeln Benennung von organischen Verbindungen durch Anwendung der Nomenklatur-Regeln nach IUPAC sowie mittels gültiger Trivialnamen Anwendung von Kriterien der Isomerie	Ableitung der physikalischen und chemischen Eigenschaften und des Reaktionsverhaltens von Molekülen aufgrund des Molekülbaus
...beschreiben grundlegende Reaktionen und Reaktionsmechanismen von organischen Molekülen.	Radikalische Substitution Nukleophile Substitution Elektrophile Addition	Analyse von allgemeinen Grundlagen organischer Reaktionen und Anwendung der Reaktionsprinzipien auf Reaktionsmechanismen	Anwendung der Prinzipien der induktiven Effekte, der Polarität und der Mesomerie
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 jeweils anderen Lehrkraft unterrichtet werden. Es existieren ebenso Überschneidungen mit Lernfeld 6a. Hier haben sich enge Absprachen zwischen den unterrichtenden Lehrkräften ebenfalls bewährt. Das Erarbeiten fachlicher Inhalte in einer Fremdsprache findet vorzugsweise im entsprechenden Fachunterricht „Englisch“ statt. Hierzu eignen sich die Inhalte aller unterrichteten Lernfelder.		

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, Welle-Teilchen-Dualismus, Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Wellenlänge, Frequenz, Energie, Planck'sches Wirkungsquantum, Beugung, Interferenzen</p> <p>Elektromagnetische Strahlung in ihren Erscheinungsformen</p> <p>Sonnenstrahlen, Farbwahrnehmung, additive und subtraktive Farbmischung, Komplementärfarben</p> <p>Poly- und monochromatisches Licht, Dispersion, Prismen, optische Gitter</p> <p>Lichtbrechung, Lot, Brechungsgesetze, Brechungsindex, Totalreflektion, Refraktion</p> <p>Transmission, Extinktion, Absorption, Reflektion, Bouguer-Lambert-Beersches-Gesetz</p> <p>Bauteile eines Fotometers, wie Blenden, Linsen, Chopper, Fotomultiplier, Detektoren, optische Sensoren</p> <p>Kalibriergeraden</p> <p>Linear polarisiertes Licht, Nicol'sches Prisma, Polarimetrie¹</p>	<p>Anwendung der Kenntnisse über elektromagnetische Strahlung in ihren Erscheinungsformen sowie den verschiedenen Strahlungsarten und deren Eigenschaften</p> <p>Verständnis über die Anwendung der Formelzusammenhänge, Einheiten und deren Berechnungen</p> <p>Anwendung und Funktion von Monochromatoren</p> <p>Verwendung und Funktion von Refraktometern (speziell Abbe) mit Bestimmung des Brechungsindex</p> <p>Funktionsweise der einzelnen Bauteile eines Fotometers</p> <p>Fotometrische Gehaltsbestimmung von Lösungen mit Probenvorbereitung (inklusive Blindprobe) und Wahl der geeigneten Wellenlänge</p> <p>Erstellung und Auswertung von Kalibrierreihen</p> <p>Anwendung von Polarimetern</p>	<p>Gefahrenabschätzung der verschiedenen Strahlungsarten</p> <p>Nutzung der Kenntnisse über die Vor- und Nachteile von Ein- und Zweistrahlphotometern</p> <p>Anwendungsbezogene Auswahl des geeigneten Analysegerätes und -verfahrens</p> <p>Anwendungsbezogener Umgang mit den Analyseergebnissen</p> <p>Anwendung von Kalibrierstrategien</p> <p>Bezugsherstellung zu Komplexen und deren unterschiedlichen Farben</p> <p>Einschätzung der Absorption von Lösungen aufgrund ihrer Farbe</p> <p>Messung relevanter physikalischer Stoffeigenschaften</p> <p>Kalibrierung von Messgeräten</p> <p>Gehaltsbestimmung mithilfe gemessener physikalischer Stoffeigenschaften</p>
<p>... setzen Rechner zur Messwertaufnahme, -auswertung und -präsentation ein.</p> <p>... kennen Regeln der Datensicherung und des Datenschutzes.</p>	<p>Dokumentation in Form von chemischen Versuchsprotokollen</p> <p>Messwertaufnahme, -auswertung</p> <p>Diagrammerstellung</p>	<p>Aufbau von Grundlagen der Elektronischen Datenverarbeitung (EDV) (Excel, Word, PowerPoint)</p> <p>Verarbeitung und Speicherung von Daten</p> <p>Statistische Auswertungen</p>	<p>Good Manufacturing Practice (GMP)</p> <p>Good Laboratory Practice (GLP)</p> <p>Standard Operation Procedures (SOP)</p>

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	STOFFE FOTOMETRISCH UND CHROMATOGRAPHISCH UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können Stoffe mittels chromatografischer Verfahren trennen und identifizieren und sie kennen die physikalisch-chemischen und gerätetechnischen Grundlagen der Chromatografie.	Adsorption/Desorption Polarität Elutionsmittel, elutrope Reihe Stationäre und mobile Phasen Lösungs-/Verteilungsgleichgewichte, Trennmechanismen Papierchromatografie Dünnschichtchromatografie ² Säulenchromatografie Entwicklung und Sichtbarmachung von Chromatogrammen	Verwendung und Variation von Stoffen (Lösungsmittel/Analyten) in Abhängigkeit von ihrer Hydrophilie, Hydrophobie, Lipophilie und Lipophobie Durchführung von Dünnschichtchromatografie (DC) Anwendung von Kombinationen der verschiedenen Analysemethoden Situationsentsprechendes Einsetzen von Chromatografiemethoden zur jeweiligen Analyse/Aufreinigung	Herstellen und Anwenden der Zusammenhänge von Synthese und Analyse
	Viskosität ³ , Newtonsche und nicht-Newtonsche Fluide (Thixotropie und Rheopexie) Oberflächenspannung	Bestimmung der Viskosität mittels Kugelfall- und Ostwald-Viskosimeter Bestimmung der Oberflächenspannung mittels Stalagmometer und Abreißmethode	Anwendungsbezogene Auswahl des geeigneten Analysegerätes Anwendungsbezogener Umgang mit den Analyseergebnissen
... erstellen Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen und wenden die Regeln der Arbeitssicherheit begründet an.	Persönliche Schutzausrüstung (PSA) Situative Gefahrenanalyse bei der Laborarbeit für Mensch und Umwelt Betriebsanweisungen	Nutzung der PSA Sach- und fachgerechter Umgang mit Chemikalien Umgang mit Chemikalienabfällen, wie Neutralisation und Sammlung von Abfällen in unterschiedlichen Abfallbehältern	Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) Unfallverhütungsvorschriften (UVV) Sicherheitsdatenblätter Globally Harmonised System (GHS) Deutsche Gefahrstoff-Informationssystem Schule (D-GISS)
... bearbeiten Aufgaben im Team. ... gleichen gesetzte Ziele mit den Ergebnissen ab und stellen diese vor.	Teamarbeit, Arbeitsteilung, Aufgabenverteilung Versuchsplanung und -umsetzung	Planung und Durchführung einer Projektarbeit, die das Sachwissen des Lernfeldes beinhaltet Erstellung von Präsentationen und Hausarbeiten inklusive entsprechender Recherche	Teambuilding-Maßnahmen sowie selbstorganisiertes Lernen zur Schulung der Reflexionsfähigkeit bezüglich Aufteilung, Strategie, Methode und Analyseverfahren
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Das Lernfeld 4 bietet die Grundlage für das Lernfeld 8 und Lernfeld 9 – dort kann auf verschiedene Inhalte aus Lernfeld 4 zurückgegriffen werden.		

Die Auszubildenden ...	STOFFE FOTOMETRISCH UND CHROMATOGRAPHISCH UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<p>¹Es empfiehlt sich, das Thema Polarimetrie nochmals in Lernfeld 6a aufzugreifen, wenn rechts- und linksdrehende Substanzen bekannt sind.</p> <p>²Es wird empfohlen, dieses Thema erst zu unterrichten, nachdem im Unterricht zu Lernfeld 3 und Lernfeld 6a die organischen Grundlagen und das entsprechende Verständnis dafür gelegt sind. Ist dies abgehandelt, so bildet es die Grundlage für Lernfeld 8 (High Performance Liquid Chromatography (HPLC)/Gaschromatografie (GC)).</p> <p>Die Themen ³Viskosimetrie und Oberflächenspannung sind Bestandteil der Industrie- und Handelskammer-Prüfung. So erscheint dieses Lernfeld geeignet, die entsprechenden Techniken im Unterricht zu behandeln.</p>		

4.5 Lernfeld 5: Durchführung Präparativer Arbeiten (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	DURCHFÜHRUNG PRÄPARATIVER ARBEITEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... nutzen Reaktionsgleichungen zur Beschreibung chemischer Reaktionen.	Reaktionsgleichungen Reaktionsbedingungen Berechnungen von Ansatz, Umsatz und Ausbeute von reinen und unreinen Feststoffen und Gasen Katalysatoren	Aufstellung und stöchiometrischer Ausgleich von Reaktionsgleichungen Berechnung einzusetzender und zu erwartender Stoffmengen in Reaktionen Analyse von Reaktionsparametern Berechnung von Reaktionen mit Gasen mit dem idealen Gasgesetz und der allgemeinen Zustandsgleichung	Anwendung der Gesetze zur Erhaltung der Masse, der konstanten und multiplen Proportionen Anwendung der Gasgesetze Grenzen des idealen Gasgesetzes
... können Lösungsrechnen im Laboralltag anwenden.	Herstellung von Lösungen für die Laborpraxis: <ul style="list-style-type: none"> • Lösung aus zwei Lösungen unterschiedlicher Konzentration • Lösung durch Zugabe von Lösemittel (Verdünnung) • Zugabe von Reinstoff zu einer Lösung (Aufkonzentration) Entzug von Lösemittel	Gehaltsberechnungen von Lösungen durch Anwendung der Mischungsgleichung sowie des Mischungskreuzes	Anwendung in der alltäglichen Laborpraxis zur Herstellung von Lösungen verschiedener Gehalte und Konzentrationen
... beurteilen Reaktionsabläufe anhand thermodynamischer und kinetischer Daten.	Energie Entropie Enthalpie Satz von Hess Gibbs-Helmholtz-Gleichung	Berechnung thermodynamischer und kinetischer Reaktionsparameter	Bewertung von Einfluss und Zusammenwirkung verschiedener Kenngrößen
... berechnen chemische Gleichgewichtsreaktionen sowie deren Beeinflussung durch Variation der Reaktionsbedingungen.	Massenwirkungsgesetz Chemisches Gleichgewicht Prinzip des kleinsten Zwangs	Berechnung der Geschwindigkeitskonstanten von Gleichgewichtsreaktionen	Variation und Zusammenwirkung von Faktoren bei der Beeinflussung chemischer Gleichgewichte
... wenden die Prinzipien von Gleichgewichtsreaktionen auf großtechnische Verfahren an.	Haber-Bosch-Synthese Ostwald-Verfahren Doppelkontakt-Verfahren	Veränderungen der Reaktionsbedingungen von Gleichgewichtsreaktionen zur Umsatzerhöhung	Anwendung chemischer Prinzipien und Grundlagen auf industrielle Prozesse

Die Auszubildenden ...	DURCHFÜHRUNG PRÄPARATIVER ARBEITEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Das Erarbeiten fachlicher Inhalte in einer Fremdsprache findet vorzugsweise im entsprechenden Fachunterricht „Englisch“ statt. Hierzu eignen sich die Inhalte aller unterrichteten Lernfelder. Es existieren Überschneidungen mit Lernfeld 1, Lernfeld 2 und Lernfeld 3. Hier sind enge Absprachen der unterrichtenden Lehrkräfte empfehlenswert.		

4.6 Lernfeld 6a: Präparate unterschiedlicher Stoffklassen synthetisieren (100 Stunden)

Die Auszubildenden ...	PRÄPARATE UNTERSCHIEDLICHER STOFFKLASSEN SYNTHETISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können anorganische und organische Präparate nach verschiedenen Reaktionstypen herstellen.	Van-der-Waals-Kräfte Wasserstoffbrückenbindungen Polarität und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen Positiver und negativer induktiver Effekt Markovnikov-Regel Mesomerie Radikale und Radikalstabilität Cracking, Reforming Oxidation, Reduktion Radikalische Substitution Nucleophile Substitution Elektrophile Addition Eliminierung Nucleophile Addition Grignard-Reaktionen Beckmann-Umlagerung Aldolreaktion Acetalbildung	Anwendung der Grundlagen über zwischenmolekulare Wechselwirkungen und Effekte zur Aufstellung von Reaktionsmechanismen Analyse von Reaktionsmechanismen Bestimmung von Reaktionsprodukten aufgrund von Kenntnissen über das Reaktionsverhalten und die Reaktionstypen bei anorganischen und organischen Stoffen	Umkehrung der erworbenen Kenntnisse zur Durchführung von Retrosynthesen
... stellen die Reaktionsgleichungen auf und erklären den Zusammenhang zwischen der Struktur der Reaktanden, dem Reaktionsmechanismus und dem Reaktionsergebnis.	Sonderstellung des Kohlenstoffs Hybridisierung Modifikationen des Kohlenstoffs Kohlenstoffkreislauf Primäre, sekundäre, tertiäre und quartäre C-Atome Oxidationszahlen in der Organischen Chemie (OC) Cahn-Ingold-Prelog (CIP)-Nomenklatur IUPAC-Nomenklatur	Anwendung der Kenntnisse über funktionelle Gruppen und Stoffklassen aliphatischer organischer Verbindungen zur Aufstellung und stöchiometrischem Ausgleich von Reaktionsgleichungen Ableitung von Strukturformeln durch Anwendung der Sachkenntnisse, unter anderem für die Schutzgruppenchemie	Ableitung chemischer und physikalischer Eigenschaften aufgrund des Molekülbaus und Auswirkung auf das Reaktionsverhalten

Die Auszubildenden ...	PRÄPARATE UNTERSCHIEDLICHER STOFFKLASSEN SYNTHETISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Lewis- und Skelettschreibweise, Keilformel C14-Methode Atmung und Photosynthese Erdöl und Erdölverarbeitung Homologe Reihen Isomerien Mesomerie wie zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> • Alkane • Alkene • Alkine • Halogenalkane • Alkohole • Aldehyde • Ketone • Carbonsäuren • Ester 		
... planen den Arbeitsablauf, wählen Edukte aus, variieren die Reaktionsbedingungen, steuern die Reaktion und berechnen Ansätze und Ausbeute.	Reaktionsgleichungen Ansatz Umsatz Ausbeute Reaktionsbedingungen Katalysatoren Gesetze zur Erhaltung der Masse	Berechnung einzusetzender und zu erwartender Stoffmengen in Reaktionen Analyse von Reaktionsparametern Auswirkung von chemischen Gleichgewichten auf Reaktionen Anwendung der Regeln zur Aufbereitung und Charakterisierung der Produkte	Berücksichtigung von Gleichgewichtsreaktionen, Reaktionsgeschwindigkeit und Aktivierungsenergie bei Reaktionen zur Reaktionssteuerung
... kennen bei ausgewählten Produkten die Umsetzung der Synthese in den großtechnischen Maßstab.	Erdölraffination Entschwefelung, Hydrofining, Claus-Verfahren Synthesegas-Erzeugung Pyrolyse, (Hydro-)Cracking, Reforming	Anwendung von Kenntnissen über Reaktionsapparaturen und Reaktionen im großtechnischen Maßstab Nutzung von Kenntnissen über großtechnisches Verfahren	Sensibilisierung für die Bedeutung der Erdöl- und Großindustrie

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	PRÄPARATE UNTERSCHIEDLICHER STOFFKLASSEN SYNTHETISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Hydrierung Dehydrierung Ethanol- und Ethenherstellung		
... nutzen unterschiedliche Datenquellen – auch fremdsprachliche – um sich über die Möglichkeiten der Herstellung eines Präparates zu informieren.	Datenbanken im Netz Bibliotheken Digitale und analoge Informationsquellen Fremdsprachlicher Wortschatz (insbesondere in englischer Sprache)	Recherche von unterschiedlichen Methoden, um ein Produkt zu synthetisieren (nach unterschiedlichen Versuchsvorschriften) Analyse von Versuchsvorschriften Übersetzung von Versuchsvorschriften Versuchsplanung und -umsetzung	Treffen von begründeten Entscheidungen für die Auswahl einer bestimmten Herstellungsmethode
... setzen unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorschriften zum Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz Apparaturen für die Synthesen ein.	Persönliche Schutzausrüstung (PSA) Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) Unfallverhütungsvorschriften (UVV) Sicherheitsdatenblätter, Globally Harmonised System (GHS) Umweltschutz, sachgerechte Entsorgung, D-GISS Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) Betriebsanweisungen Verschiedene Reaktionsapparaturen Umgang mit Chemikalien	Erkennung von Gefahren für Mensch und Umwelt Einsatz von verschiedenen Apparaturen unter Berücksichtigung der Umweltaspekte	Sensibilisierung für den Einsatz entsprechender Reaktionsapparaturen unter Anwendung der Kenntnisse über Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz
... dokumentieren den Arbeitsablauf, beurteilen und präsentieren die Arbeitsergebnisse, kennen Maßnahmen der Qualitätssicherung und beachten die Regeln von Good Manufacturing Practice (GMP)	Chemische Versuchsprotokolle Versuchsvorschriften	Planung und Durchführung einer Projektarbeit, die das Sachwissen des Lernfeldes beinhaltet Erstellung von Präsentationen, Hausarbeiten und Versuchsprotokollen inklusive entsprechender Recherche	Auswertung der Projektarbeit unter Berücksichtigung von Kriterien zur Qualitätssicherung, Good Manufacturing Practice (GMP) und zur Festigung der Reflexionsfähigkeit bezüglich Strategie, Methode und Analyseverfahren
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Der Inhalt knüpft an Lernfeld 3 an und wird erweitert durch den Unterricht zur Aromatenchemie in Lernfeld 6b. Die weitere Vertiefung findet im Unterricht zu Lernfeld 11 statt.		

4.7 Lernfeld 6b: Aromatische Präparate synthetisieren (40 Stunden)

Die Auszubildenden ...	AROMATISCHE PRÄPARATE SYNTHETISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... sollen Benzol als einen der wichtigsten Rohstoffe der chemischen Industrie kennen und als Grundstoff für die Synthese zahlreicher organischer Grundchemikalien, Kunststoffe, Synthesefasern, Arzneimittel und Farbstoffe deuten.	<p>Nomenklatur (unter anderem Benzyl-/Phenyl) – trivial und IUPAC</p> <p>Wichtige Benzolderivate wie Nitrobenzol, Aminobenzol, Benzolsulfonsäure, Halogenbenzole, Alkylbenzole und Acylbenzole</p> <p>Aromatische Farbstoffe (unter anderem Sudanrot, Phenolphthalein)</p> <p>Arzneimittel, (unter anderem Paracetamol, Aspirin)</p> <p>Monomere für Kunststoffe (unter anderem Styrol)</p> <p>Polymerisationen (radikalisch/ionisch/additiv, Addition/Kondensation)</p>	<p>Anwendung von Kenntnissen über funktionelle Gruppen und deren Benennung als Substituenten am Benzol</p> <p>Erstellung von Strukturformeln und strukturierter Nomenklatur der verschiedenen Benzolderivate</p> <p>Ableiten und Erfassen von Zusammenhängen zwischen funktioneller Gruppe und Nomenklatur</p>	<p>Sensibilisierung für die Bedeutung der Rohstoff- und Arzneimittelindustrie</p> <p>Bedeutung der Kunststoffe und Farbstoffe in Chemie und Alltag</p> <p>Vertiefung und Erweiterung der Kenntnisse aus Lernfeld 3</p>
... nennen und erläutern Möglichkeiten, wie aromatische Substanzen hergestellt, aufgearbeitet und gereinigt werden.	<p>Aromatizität, Mesomerie und Mesomeriestabilisierung</p> <p>Elektrophile Erstsitution wie zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chlorierung • Friedel-Crafts-Alkylierung/Acylierung • Nitrierung • Aminierung • Sulfonierung • Diazotierung • Sandmeyer-Reaktion <p>Versuchsvorschriften</p>	<p>Anwendung der Sonnenlicht-Siedehitze-Seitenketten-(SSS)-Regel und der Kern-Kälte-Katalysator-(KKK)-Regel auf Reaktionen</p> <p>Vorschriftenanalyse – Anwenden der Kenntnisse über Aufarbeitungsmethoden und Charakterisierung der Produkte</p> <p>Berechnung der einzusetzenden und zu erwartenden Stoffmengen in Reaktionen</p> <p>Berücksichtigung von Gleichgewichtsreaktionen, Reaktionsgeschwindigkeit und Aktivierungsenergie</p>	<p>Verständnis über die Auswirkungen der Reaktionsbedingungen auf chemische Reaktionen am Benzol zur Reaktionsbeeinflussung und -steuerung sowie zur Aufarbeitung von Substanzen</p> <p>Einsatz geeigneter Reaktionsapparaturen für die jeweilige Reaktion</p>
... formulieren aromatische Verbindungen mithilfe des Reaktionstypus der Substitution.	<p>Elektrophile Substitution</p> <p>Erst- und Zweit-Substitution</p>	<p>Aufzeichnung und Benennung von Verbindungen auf Benzolbasis</p>	<p>Erkennen der Auswirkungen der Substituenten auf die Reaktionen</p>

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	AROMATISCHE PRÄPARATE SYNTHETISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
<p>... stellen die dazugehörigen Reaktionsgleichungen auf und kennen die dazugehörigen Reaktionsmechanismen.</p> <p>... berechnen Ansatz und Ausbeute.</p>	<p>Positiver und negativer mesomerer Effekt Positiver und negativer induktiver Effekt Hyperkonjugation Substituenten 1. und 2. Ordnung Stellungen am Benzol (ortho/meta/para) Nomenklaturmöglichkeiten (2-,3-, 4-/ortho, meta, para/trivial/IUPAC) Reaktionsgleichungen Ansatz, Umsatz, Ausbeute Reaktionsbedingungen, Katalysatoren</p>	<p>Darstellung von Verbindungen auf Benzolbasis Darstellung von Reaktionsmechanismen unter Anwendung der Kenntnisse über mesomere Effekte und Einfluss der verschiedenen Substituenten Aufstellung und stöchiometrischer Ausgleich von Reaktionsgleichungen</p>	<p>Ableiten von Mechanismen aufgrund von Substituenten Einflüssen</p>
<p>... setzen unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorschriften zum Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz Apparaturen für die Synthesen ein.</p>	<p>Umgang mit Chemikalien auf Benzolbasis Gefahren für Mensch und Umwelt Betriebsanweisungen Verschiedene Reaktionsapparaturen</p>	<p>Syntheseplanung unter Anwendung von Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), Unfallverhütungsvorschriften (UVV), Sicherheitsdatenblättern, Globally Harmonised System (GHS), Umweltschutz, sachgerechter Entsorgung sowie Registrierung und Evaluation</p>	<p>Sensibilisierung für den Einsatz entsprechender Reaktionsapparaturen unter Anwendung der Kenntnisse über Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz</p>
<p>... dokumentieren den Arbeitsablauf, beurteilen und präsentieren die Arbeitsergebnisse.</p>	<p>Chemische Versuchsprotokolle Versuchsvorschriften</p>	<p>Erstellung von Versuchsprotokollen und Präsentationen, zum Beispiel innerhalb einer Projektarbeit, die Planung, Durchführung und Recherche beinhaltet</p>	<p>Auswertung der Projektarbeit zur Festigung der Reflexionsfähigkeit bezüglich Strategie, Methode und Analyseverfahren</p>
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Das Lernfeld schließt an Lernfeld 6a an und wird im Unterricht zu Lernfeld 11 vertieft.		

4.8 Lernfeld 7: Volumetrische und gravimetrische Analysen durchführen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	VOLUMETRISCHE UND GRAVIMETRISCHE ANALYSEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... beurteilen die Säure-Base Eigenschaften von Verbindungen.	Säure-Base-Konzepte pH-/pOH-Wert pK _S -/pK _B -Wert Puffersysteme Indikatoren	Messung von pH-Werten Berechnung von starken und schwachen Säuren und Laugen Berechnung der Zusammensetzung von Puffersystemen Einsatz von optischen Indikatoren gemäß ihrer Umschlagsbereiche	Einstellung von pH-Werten Einschätzung vom Wirkungsspektrum von Puffersystemen Acidität/Basizität von Stoffen aufgrund des Molekülbaus
... lernen Laborgeräte und unterschiedliche Methoden der Volumetrie zur quantitativen Probenbestimmung kennen.	Titrationen: <ul style="list-style-type: none"> • Neutralisationstitrationen • Komplextometrische Titrationen • Fällungstitrationen • Redoxstittationen 	Handhabung von Volumenmessgeräten (Pipetten, Büretten) Anwendung unterschiedlicher Pipettierhilfen Anwendung verschiedener Titrationstechniken zur Probenanalyse mithilfe optischer Indikatoren	Durchführung von Titrations als maßanalytisches Verfahren der quantitativen Chemie
... können die Stoffmenge einer Probe durch Bestimmung der Masse mittels Auswaage bestimmen.	Gravimetrie: <ul style="list-style-type: none"> • Fällungsanalyse • Elektrogravimetrie • Thermogravimetrie (Kunststoffanalyse, Feuchtebestimmung) 	Ausführung von Fällungsanalysen mittels Fällungsmittel Berechnung der Analyse unter Beachtung von Fällungsform und Wägeform Anwendung von Grundkenntnissen der Elektrochemie bei Metallanalysen (Spannungsreihe der Metalle, Standardelektrodenpotentiale, Redoxpotentiale) Thermische Analyse von Kunststoffen	Anwendung quantitativer Gewichtsanalyse mithilfe verschiedener Verfahren
... lernen Indikationsverfahren bei speziellen Titrations kennen.	Konduktometrie Potentiometrie	Anwendung von Mess-Elektroden (Leitfähigkeitsmessung, Glaselektroden) zur quantitativen Probenbestimmung bei Titrations mit problematischem Umschlagspunkt (Trübung, Fällung, starker Färbung)	Anwendung von physikalischem Grundwissen

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	VOLUMETRISCHE UND GRAVIMETRISCHE ANALYSEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können Stoffproben korrekt entnehmen und für die entsprechende Analysenmethode vor- und aufbereiten.	Probennahme Probenvorbereitung Probenaufschluss	Korrekte Anwendung im Umgang mit Stoffproben in der qualitativen und quantitativen Analytik	
... nutzen unterschiedliche Informationsquellen, fertigen Protokolle an, stellen Messwerte anschaulich dar.	Projektarbeit Protokollführung Plausibilität Textverarbeitung Tabellenkalkulation Computergestützte Messwertaufnahme Diagramme	Anwenden von Textverarbeitungs-, Tabellenkalkulations- und Präsentationsprogrammen Verarbeitung und Speicherung von Daten Statistische Auswertungen: Berechnung geometrischer und arithmetischer Verdünnungsreihen	Anwendung der Grundlagen des Qualitätsmanagements: <ul style="list-style-type: none"> • Good Manufacturing Practice (GMP) • Good Laboratory Practice (GLP) • Standard Operating Procedure (SOP)
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Das Erarbeiten fachlicher Inhalte in einer Fremdsprache findet vorzugsweise im entsprechenden Fachunterricht „Englisch“ statt. Hierzu eignen sich die Inhalte aller unterrichteten Lernfelder. Es existieren Überschneidungen mit dem Lernfeld 1, mit dem Lernfeld 2 und mit dem Lernfeld 3. Hier sind enge Absprachen der unterrichtenden Lehrkräfte empfehlenswert.		

4.9 Lernfeld 8: Chromatografische Analysen durchführen (60 Stunden)

Die Auszubildenden ...	CHROMATOGRAPHISCHE ANALYSEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... können Stoffe mit chromatografischen Methoden qualitativ und quantitativ bestimmen und präparativ reinigen.	Adsorption/Desorption Verteilung, Verteilungsgleichgewichte, Nernst'scher Verteilungssatz Elutrope Reihe Polaritäten Quantität/Qualität Vergleichssubstanzen Wiederfindungsrate	Einpunktkalibrierung, auch unter Anwendung von Kenntnissen über internen und externen Standard sowie Standardaddition Erstellung von Geradengleichungen Mehrpunktkalibrierung mittels linearer Regression	Strukturaufklärung und Identifikation von Peaks Bewerten verschiedener Kalibriermethoden Qualitative und Quantitative Analyse eines Analyten
... kennen den Aufbau und die Funktionsweise chromatografischer Analysegeräte und wählen für eine Bestimmung eine chromatografische Methode aus und können diese optimieren.	Gaschromatografe (GC) Aufbau eines Gaschromatografen Mobile Phasen in der GC Säulenarten wie zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> • (porous-layer-open-tubular-column (PLOT) • support-coated-open-tubular-column (SCOT) • wall-coated-open-tubular-column (WCOT) Säulenofen (isotherm, Gradient) Detektoren wie zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> • (Wärmeleitfähigkeitsdetektor (WLD) • Flammenionisationsdetektor (FID) • Elektroneneinfang-Detektor (electron capture detector) (ECD) Probenaufgabe (Make-up-Gas, direkte Probenaufgabe, Split-/Splitlos-Injektion)	Optimierung der gaschromatischen Methoden für eine saubere qualitative und quantitative Trennung Anwendungen der GC Optimierung der HPLC-Methoden für eine saubere qualitative und quantitative Trennung Anwendungen der HPLC Vergleich der Trennleistung und Geschwindigkeit mit der konventionellen Flüssigkeitschromatografie Durchführung von chromatografischen Läufen unter Anwendung der Kenntnisse über Aufbau und Funktionsweise von HPLC- und GC-Geräten Vergleich und Anwendung unterschiedlicher Chromatografiemethoden Optimierung chromatografischer Läufe unter Einbezug der Van-Deemter-Gleichung	Anwendungsbezogene Auswahl des geeigneten Analysegerätes und -verfahrens: <ul style="list-style-type: none"> • Befähigung zum Einsatz der geeigneten Chromatografiemethode • Befähigung zur eigenständigen Analyse eines Analyten Die einzelnen Funktionsweisen eines Analysengerätes kennen und handhaben sowie auswerten können: <ul style="list-style-type: none"> • Bedienung und Wartung von GC- und HPLC-Geräten • Austausch von Bauteilen zur optimalen Analyse

Die Auszubildenden ...	CHROMATOGRAPHISCHE ANALYSEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<p>Dosierschleifen, Kaltaufgabe, Headspace-, Purge-Trap-Technik, Pyrolyse, solid phase microextraction (SPME)</p> <p>High Performance Liquid Chromatography (HPLC)</p> <p>Anforderung an die Probe</p> <p>Geräteaufbau</p> <p>Druck (Entgasung, Pumpen)</p> <p>Injektion (Septum, Dosierschleifen/Mehr-Wege-Ventile)</p> <p>Detektorkenngrößen wie zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linearität • Empfindlichkeit • Detektionsgrenze, Unstetigkeit, Rauschen, Drift Selektivität) <p>Tailingfaktor, Bodenzahl, Bodenhöhe, Säulenlänge</p> <p>Eddy-/Streudiffusion, Längs-/Longitudinaldiffusion, Massentransfer/Stoffaustausch</p>		
... stellen von den zu untersuchenden Stoffen messbereite Lösungen her, nehmen Chromatogramme auf und werten diese aus.	<p>Probenanforderungen</p> <p>Probenvorbereitung</p> <p>Verdünnungsreihen</p> <p>Aufkonzentrierung</p> <p>Lösen</p> <p>Chromatografische Kenngrößen (Area, Totzeit, Brutto- und Nettoretentionszeit, Peakhöhe und -breite, Überlagerungen, Peakreinheitstests, Auflösung</p>	<p>Berechnung von Verdünnungen</p> <p>Anwenden der Kenntnisse über chromatografische Kenngrößen zur Auswertung von Chromatogrammen</p> <p>Erstellung von Kalibriergeraden</p> <p>Berechnung und Anwenden der chromatografischen Kenngrößen</p>	<p>Befähigung zur selbständigen Analyse unter Einbezug der Kenntnisse über Vorbereitungstechniken und Auswertungsmöglichkeiten</p> <p>Anwenden von Kalibrierstrategien</p> <p>Bestimmung der Peakreinheit und Identifizierung der Peaks</p>

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	CHROMATOGRAPHISCHE ANALYSEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Trennleistung, Trennfaktor, Tailingfaktor, Verteilungskoeffizient Phasenverhältnis, Kapazitätsfaktor Auflösung, Bodenzahl, Bodenhöhe, Säulenlänge) Wiederfindungsrate		
... werten die Analyse aus, bewerten und dokumentieren die Ergebnisse.	Elektronische und manuelle Auswertung von Analyseergebnissen Software Dokumentation Peaks, Peakformen (Fronting/Tailing)	Anwenden der Regeln für qualitative und quantitative Analyse Anwenden von Analysesoftware Kopplung mit anderen Spektroskopiemethoden	Sensibilisierung für Analysetechniken Anwendung der Kenntnisse über Kopplung mit anderen Spektroskopiemethoden, unter anderem zur Bestimmung der Peakreinheit und Identifizierung der Peaks Anwendungsbezogener Umgang mit den Analyseergebnissen
... erläutern das Prinzip der Elektrophorese.	Trennprinzip der Elektrophorese	Anwendungen auf DNA- und Protein-Analytik	Biochemiebezogene Analysemethoden
... wenden Maßnahmen der Qualitätssicherung an und beachten die Regeln der GLP.	Sicherheitsprüfungen Standardisierungsverfahren Archivierungs- und Bestellungssysteme Standardabweichung Mittelwert Grubbs-Test	Anwenden von Dokumentationsverfahren Durchführung von Qualitätskontrollen Erstellen und Anwenden von SOP's Anwendung von Ausreißertests	Qualitätssicherung, GLP
... beachten die Regeln der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes.	Wiederverwertung und Verminderung von Lösemitteln, Einsatz ungefährlicher Lösemittel	Polaritäten- und einsatzgemäßer Vergleich und Gebrauch von Eluenten	Sensibilisierung für den ökologischen und ökonomischen Gebrauch von Chemikalien/Eluenten
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Dieses Lernfeld baut auf dem Chromatografie-Teil des Lernfeldes 4 auf.		

4.10 Lernfeld 9: Spektroskopische Analysen durchführen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	SPEKTROSKOPISCHE ANALYSEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... wählen für eine analytische Fragestellung das geeignete Analyseverfahren, das geeignete Verfahren zur Probenahme, Probenkonservierung und Probenaufbewahrung aus.	<p>Überblick: UV/VIS-Spektroskopie und Atomabsorptionsspektroskopie</p> <p>Atomemissionsspektroskopie (AAS/AES/ICP-OES)</p> <p>Linienpektrum</p> <p>Bandenspektrum</p> <p>Kontinuierliches Spektrum</p> <p>Bouguer-Lambert-Beersches-Gesetz</p> <p>Relativmethode</p> <p>Probengefäße</p> <p>Probenverjüngung, Aliquotierung, Verdünnungsreihen</p> <p>Aufschlusstechniken: Schmelzaufschluss, nasschemisch, Trockenveraschung, Verbrennungsverfahren, Mikrowellen</p> <p>Systematische Fehler</p> <p>Interner Standard (Kalibrierung)</p>	<p>Unterscheidung von Analysetechniken</p> <p>Interpretation des Wasserstoffspektrums (Balmer-Serie)</p> <p>Interpretation von Kombinationsspektren mehrerer Quantenzahlen bei Molekülen (zum Beispiel Kombination der Schwingungsquantenzahl mit der Rotationsquantenzahl in der Infrarotspektroskopie (IR-Spektroskopie))</p> <p>Interpretation des Schwarzkörperspektrums, Planck-Kurve</p> <p>Anwendung des Bouguer-Lambert-Beersches-Gesetzes</p> <p>Durchführung/Besprechung von Probenvorbereitungen</p> <p>Beurteilung der Stabilität von Proben</p>	<p>Syntheseverfolgung durch spektroskopische Methoden</p> <p>Wiederholung der Grundlagen von Lernfeld 4</p> <p>Wissen um die Bedeutung und die Problematik von Fehlerquellen in der Probenahme, Konservierung und Lagerung.</p> <p>Erstellung von Kalibrierstrategien beziehungsweise Verdünnungsstrategien, auch unter Berücksichtigung von Matrixeinflüssen</p>
<p>... können die Messparameter spektroskopischer Verfahren einstellen und optimieren.</p> <p>... interpretieren Spektren.</p>	<p>UV/VIS-Spektroskopie:</p> <p>Elektronenübergänge im Molekül</p> <p>Chromophore, Auxochrome</p> <p>Allgemeiner Aufbau eines Spektrometers (Quelle, Monochromator, Detektor, Diodenarray)</p> <p>Allgemeiner Geräteaufbau, Strahlungsquellen, Atomisatoren, Detektoren (Hohlkathodenlampe, Brenner mit Brenngasen, Monochromator)</p> <p>Absorption</p> <p>Emission</p>	<p>Beschreibung der Bauteile mit ihren Funktionen im UV/VIS-Spektrometer</p> <p>Unterscheidung von Absorption und Emission</p> <p>Zinkquantifizierung in Trinkwasser</p> <p>Unterscheidung zwischen AAS und AES</p> <p>Bedeutung für die qualitative/quantitative Analyse</p>	<p>Analysen von Nucleinsäuren und Proteinen</p> <p>Auswertung spektroskopischer Messergebnisse</p> <p>Qualitative und quantitative Bestimmung von Metallen im Trinkwasser</p>

Die Auszubildenden ...	SPEKTROSKOPISCHE ANALYSEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	<p>Linienpektrum von Atomen Resonanzanregung, Resonanzlinie Standardadditionsverfahren AES: Allgemeiner Geräteaufbau, Flammenphotometrie, Plasma-AES Röntgenfluoreszenz: Allgemeiner Geräteaufbau Anregungsmechanismus durch Röntgenquanten (Primärstrahlung/ Sekundärstrahlung), Abhängigkeit der Fluoreszenzausbeute von der Ordnungszahl</p>		
... planen den Ablauf einer Analyse von der Probenahme bis zur Validierung der Analysenergebnisse unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und terminlicher Aspekte.	Rückstellproben	Vergleich spektroskopischer Methoden Fehlerquellen bei der Probenahme und Lagerung	Abwägung von Vor- und Nachteilen bei der Wahl der Analysemethoden Qualitätsmanagement
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	<p>Dieses Lernfeld beinhaltet Sachwissen aus Lernfeld 4 und sollte im 3. Lehrjahr unterrichtet werden. In diesem Lernfeld werden die Inhalte der Pflichtqualifikation Analytische Chemie und der Wahlqualifikation Nummer (Nr.) 6 der Abschlussprüfung, Teil 2, behandelt. Die Punkte Probenahmeverfahren, Probenkonservierung, Probenaufbewahrung, Probenvorbereitung können situationsabhängig in den Betrieben behandelt werden, da Kühlung, saubere Gefäße et cetera stark von der Art der Proben abhängen.</p>		

4.11 Lernfeld 10: Strukturaufklärung organischer Verbindungen durchführen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	STRUKTURAUFKLÄRUNG ORGANISCHER VERBINDUNGEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
<p>... wählen für eine analytische Fragestellung das geeignete Analyseverfahren aus.</p> <p>... können die Messparameter der angewandten Verfahren einstellen und optimieren.</p> <p>... interpretieren Spektren.</p> <p>... können Kopplungstechniken anwenden.</p>	<p>Infrarotspektroskopie</p> <p>Messprinzipien von IR-Geräten (Wellenlängenbereiche, Wellenzahl, Frequenz, Dipolmoment)</p> <p>Schwingungsarten (Valenzschwingung, Deformationsschwingung)</p> <p>Schwingungsbanden von Alkanen, Alkenen, Alkinen, Alkanolen, Aminen, Alkanonen, Alkanalen (Doppelhöcker), Aromaten</p> <p>Ausschlussverfahren (Ester und Ether)</p> <p>Radiofrequenzsender, Sender- und Empfängerspule, rotierendes Probenröhrchen</p> <p>Magnetfeld</p> <p>Signalerzeugung</p> <p>Magnetische Eigenschaften von Kernen (NMR aktive Substanzen)</p> <p>Chemische Verschiebung (δ)</p> <p>Heteroatome, Ringstromeffekt</p> <p>Doppelbindungsäquivalenten</p> <p>Tetramethylsilan (TMS), Spektrendarstellung, Abschirmung, Entschirmung</p> <p>Tiefeld-/Hochfeldverschiebung, Resonanzfrequenz</p> <p>Shift-, FT-Geräte</p> <p>Kopplungskonstante J</p> <p>Signalaufspaltung</p> <p>Pascalsches Dreieck</p>	<p>Beschreibung des Aufbaus von IR- und FTIR-Geräten</p> <p>Probenvorbereitung zur Aufnahme von IR-Spektren</p> <p>Einteilung der Molekülschwingungen</p> <p>Spektrenauswertung von H₂O, CO₂, H-Valenzschwingungen (aliphatisch, aromatisch Gruppen), Dreifachbindungen und Doppelbindungen</p> <p>Aufbau eines NMR-Gerätes</p> <p>Berechnung von Delta</p> <p>Berechnung von Doppelbindungsäquivalenten</p> <p>Auswertung von ¹H-NMR- und ¹³C-NMR-Spektren einfacher Moleküle</p> <p>Ortung der Lage von Signalen der Aromate, Aldehyde, Säuren in ¹H-NMR-Spektren</p> <p>Auswertung von Massenspektren</p>	<p>Aufnahmen von IR-Spektren</p> <p>Interpretation der Lage von Schwingungen verschiedener Stoffklassen in IR-Spektren (Alkane, Alkene, Alkine, Alkanole, Amine, Alkanone, Alkanale (Doppelhöcker), Aromaten, Auss) für die Charakterisierung</p> <p>Qualitative und quantitative Auswertung von IR- und FTIR-Spektren</p> <p>Strukturbestimmung mittels NMR-Spektren</p> <p>Qualitative und Quantitative Bestimmung von homogenen Substanzen und Gemischen</p> <p>Aufnahme eines Massenspektrum</p>

Die Auszubildenden ...	STRUKTURAUFKLÄRUNG ORGANISCHER VERBINDUNGEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Kopplungskonstante Integral Chemische Verschiebung funktioneller Gruppen Ionisationsverfahren: Elektronenstoß (EI), chemische Ionisation (CI), Fast Atom Bombardment (FAB), Matrix unterstützte Laser Desorption (MALDI, Elektrosprayionisation (ESI) Magnetfeld, Detektor Massenspektrometer (MS): Quadropol, Flugzeit (TOF), Ionenfallen (Ion-Trap) Ablenkung im Magnetfeld Isotopenmuster Fragmentierung, Fragmentierungsmuster: <ul style="list-style-type: none"> • Physikalische Grundlagen • Apparativer Aufbau • Anwendungsbereich • Probenvorbereitung • Spektren • Spektreninterpretation 		
... planen den Ablauf einer Analyse von der Probenahme bis zur Validierung der Analysenergebnisse unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und terminlicher Aspekte.	Fachgerechte Lagerung und Entsorgung von Proben Arbeitsanweisungen	Erstellung und Handhabung von Standard Operating Procedures (SOPs)	Qualitätskontrolle in der Produktion von Chemikalien Strukturaufklärung auf Basis der Interpretation von IR-, MS-, und ¹ H-NMR-Spektren
... können Stoffe und Proben für automatisierte Analysensysteme vorbereiten und über den Einsatz von	Probenvorbereitung Autosampler	Anwendung von SOPs	Automatisierung der Umweltanalytik Quantitative Auswertung spektroskopischer Messergebnisse

Die Auszubildenden ...	STRUKTURAUFKLÄRUNG ORGANISCHER VERBINDUNGEN DURCHFÜHREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
Laborinformations- und Labormanagementsystemen Auskunft geben.			
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	<p>Dieses Lernfeld beinhaltet Sachwissen aus Lernfeld 4 und sollte im 3. Lehrjahr unterrichtet werden. In diesem Lernfeld werden die Inhalte der Pflichtqualifikation Analytische Chemie und der Wahlqualifikation Nummer (Nr.) 6 der Abschlussprüfung, Teil 2, behandelt.</p> <p>Die Punkte „automatische Analysensysteme, Laborinformationssysteme, Labormanagementsysteme“ können von den Ausbildungsbetrieben in einen stärkeren Fokus genommen werden.</p>		

4.12 Lernfeld 11: Synthesetechniken anwenden (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	SYNTHESETECHNIKEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
<p>... stellen Reaktionsgleichungen geplanter Synthesen, auch mehrstufiger, auf und berechnen Ansatz und Ausbeute.</p> <p>... nennen und erläutern Synthesemöglichkeiten für die Herstellung eines Präparates.</p> <p>... kennen den Zusammenhang zwischen Reaktionsbedingungen und Reaktionsablauf und nennen Möglichkeiten der Reaktionsführung, um die jeweiligen Reaktionsbedingungen zu optimieren.</p> <p>... bewerten diese Synthesemöglichkeiten unter Einbeziehung ökologischer und ökonomischer Aspekte hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bei der labortechnischen Realisierung.</p> <p>... nennen und erläutern Möglichkeiten, wie Ausgangsstoffe, Zwischen- und Endprodukte auf Einhaltung der Spezifikation zu prüfen sind.</p>	<p>Nucleophile Substitution (S_N)</p> <p>Stereoisomerie: Enantiomere, Diastereomere, Racemat, Fischer-Projektion (D-/L-Nomenklatur), CIP-Regel (Absolute Konfiguration)</p> <p>Nucleophile Addition: Acetal (Halbacetal), Imine, (Halbimin; Halbaminal), Cyanhydrin, Hydrazon, Oxim</p> <p>Geleichgewichtsreaktionen</p> <p>Katalysator</p> <p>Kunststoffe: Aufbau (Monomere, Homopolymere, Copolymere, Strukturelemente), Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere, Taktizität</p> <p>Polymerisation</p> <p>Polyaddition</p> <p>Polykondensation</p> <p>Beckmann-Umlagerung</p> <p>1,4-Addition</p> <p>Kohlenhydrate: Aldosen, Ketosen, Mono-, Oligo-, Polysaccharide (Glykosidische-Bindung)</p> <p>Haworth-Formel (Pyranosen, Furanosen)</p> <p>Mutarotation: Anomere Kohlenstoff</p> <p>Reduzierende Zucker</p> <p>Aminosäuren (codierende, essentielle), L-Aminosäuren, Zwitterionen (pI-Wert)</p> <p>Proteine/Peptide (Primär-, Sekundär-, Tertiär-, Quartärstruktur)</p>	<p>Vergleich vom S_N1- und S_N2-Reaktionmechanismus</p> <p>Acetalbildung zum Schutz von Carbonylgruppen</p> <p>Darstellung des Reaktionsmechanismus zur Synthese von Iminen, Enaminen, Hydrazonen und Oximen mit Benennung der Zwischenprodukte und Produkte</p> <p>Herstellung von Cyanhydrinen aus Carbonylverbindungen und Hydrolyse zu alpha-Hydroxycarbonsäuren</p> <p>Herstellung und Verwendung von Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, Tetrafluorethen</p> <p>Herstellung von Polyurethanen</p> <p>Herstellung von Polyestern und Polymamiden</p> <p>Herstellung von Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymeren (ABS)</p> <p>Vorkommen von Zuckern in der Nahrung</p> <p>Nachweis von reduzierenden Zuckern</p> <p>Bestimmung der Nettoladung eines Peptids für die Chromatografie</p> <p>Planung einer Peptidsynthese</p>	<p>Vorhersagen über die Ausbeute von Reaktionsprodukten bei S_N-Reaktionen zur Ausbeuteoptimierung</p> <p>Anwendung von Reaktionen und Synthesen: Finkelstein-Reaktion</p> <p>Hock-Verfahren (Cumolhydroperoxid-Verfahren)</p> <p>Paracetamol-Synthese</p> <p>Ibuprofen-Synthese</p> <p>Perlon-Herstellung über ϵ-Caprolactam</p> <p>Strecker-Synthese</p>

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	SYNTHESETECHNIKEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Pepetidsynthese (Schutzgruppen: N-, C-Terminus)		
<p>... planen unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorschriften zum Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz den Aufbau geeigneter Apparaturen.</p> <p>... dokumentieren den Arbeitsablauf und präsentieren die Ergebnisse.</p>	<p>Laugen und Säuren</p> <p>Apparaturen</p> <p>Triglyceride (gesättigte und ungesättigte Fettsäuren)</p> <p>Verseifung</p> <p>Verseifungszahl</p> <p>Tenside (Kernseife, Schmierseife)</p>	<p>Sachgerechter Umgang mit Laugen und Säuren</p> <p>Erstellung einer Laborvorschrift zur Bestimmung der Verseifungszahl eines Fetts</p> <p>Bestimmung der Verseifungszahl eines Fetts (Lipids)</p> <p>Präsentation von Laborvorschrift</p>	<p>Reinheitsprüfung eines Fetts für die Qualitätskontrolle</p>
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Der Unterricht zu Lernfeld 11 vertieft die Inhalte von Lernfeld 3, Lernfeld 6a und Lernfeld 6b mit einem starken Fokus auf die Organische Chemie. In diesem Lernfeld werden die Inhalte zur Pflichtqualifikation Analytische Chemie und zur Wahlqualifikation Nummer (Nr.) 1 der Abschlussprüfung, Teil 2, behandelt.		

4.13 Lernfeld 13: Werkstoffeigenschaften bestimmen (60 Stunden)

Die Auszubildenden ...	WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN BESTIMMEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... erklären Zusammenhänge zwischen Eigenschaften der Werkstoffe und deren Herstellung.	Metalle/Legierungen (Eisenmetalle: Gusseisen und legierte Stähle; Nicht-Eisen-Metalle) Verbundwerkstoffe, Polymerwerkstoffe Kristallgittertypen, Metallgefüge, Eisen-Kohlenstoff-Diagramm Werkstoffzerstörung: Thermische und mechanische Zerstörung (Verschleiß, Ermüdung, Kavitation, Überbeanspruchung), chemische und elektrochemische Zerstörung (Korrosion)	Nutzung von Werkstoffen in der Verarbeitung und Lagerung Umgang mit Zustandsdiagrammen Auswahl von Werkstoffen	Einteilung der Werkstoffe nach Gebrauchseigenschaften: Strukturwerkstoffe und Funktionswerkstoffe Wirtschaftliche Bedeutung von Werkstoffen und Hilfsstoffen Korrosionsschutz
... bestimmen die Eigenschaften von Werkstoffen und Hilfsstoffen. ... beschreiben die physikalisch-chemischen Grundlagen der Bestimmungsverfahren. ... erklären die Bedeutung der Prüfergebnisse für die Anwendung der Werk- und Hilfsstoffe.	Viskosität, nicht-newtonisches Fließverhalten (Viskoelastizität: Thixotropie, Rheopexie, Weissenberg-Effekt) Rheologie: Kapillarviskosimeter, Kugelfallviskosimeter, Rotationsviskosimeter Spannungs-Dehnungs-Diagramm Härteprüfung Ätzverfahren Ultraschallprüfung Magnetpulverprüfung Wirbelstrommessung Elektronenmikroskop Durchstrahlungsprüfung Röntgenmikroanalyse (EDX)	Besprechung von Fließkurven Auswertung von Messergebnissen Interpretation von Spannungs-Dehnungs-Diagrammen Beurteilung von Bruchflächen Präsentationen zu zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen	Bedeutung in der weiterverarbeitenden Produktion (Rührkesselreaktoren, Rührern) Wartung Qualitätskontrolle
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Der Unterricht zu diesem Lernfeld knüpft an den Unterricht zu Lernfeld 3 an. Dieses Lernfeld sollte erst im 4. Ausbildungsjahr unterrichtet werden.		

4.14 Lernfeld 15: Stoffe elektrochemisch untersuchen (60 Stunden)

Die Auszubildenden ...	STOFFE ELEKTROCHEMISCH UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
<p>... erkennen elektrochemische Reaktionen.</p> <p>... stellen die zugehörigen Reaktionsgleichungen auf.</p>	<p>Strom, Spannung, elektrischer Widerstand, Elementarladung, elektrische Ladung</p> <p>Galvanische Prozesse: Elektrode, Elektrolyt, galvanisches Element</p> <p>Daniell-Element, elektrochemische Spannungsreihe, Redoxpotential</p> <p>Edle und unedle Metalle</p> <p>Elektrodenvorgänge</p> <p>Normalpotential Potential</p> <p>Bezugselektrode (Standardwasserstoffelektrode)</p> <p>Elektrochemische Spannungsreihe</p> <p>Abscheidungspotential, Zersetzungsspannung, Polarisation, Überspannung</p> <p>Nernst-Gleichung</p> <p>Elektrolyse: Zersetzungsspannung, Abscheidungspotential</p> <p>Polarisationsspannung, Überspannung</p> <p>Faraday Gesetze: Ladungsmenge, Äquivalentmasse</p> <p>Chlor-Alkali-Elektrolyse: Membranverfahren, Amalganverfahren, Diaphragmaverfahren, Sauerstoffverzehrkatode</p> <p>Wasserelektrolyse</p>	<p>Berechnung einer elektrischen Ladung</p> <p>Berechnung von Potentialdifferenzen</p> <p>Vorhersagen von Redoxreaktionsabläufen</p> <p>Berechnung von Potentialen mit der Nernst-Gleichung</p> <p>Aufbau einer Elektrolysezelle</p> <p>Berechnung der Zersetzungsspannung und Polarisationsspannung mithilfe der Nernst-Gleichung</p> <p>Berechnung einer Ladungsmenge, zum Beispiel Abscheidung von Kupfer aus einer Kupfersulfatlösung</p> <p>Skizzierung von Elektrolyseverfahren</p> <p>Umgang mit Elektrolyseverfahren im ökologischen und ökonomischen Kontext</p> <p>Herstellung von Wasserstoff</p>	<p>Bestimmung des Löslichkeitsprodukts von Salzen</p> <p>Beurteilung von Korrosionsabläufen</p> <p>Bewerten die Verwendung von Elektroden in der Elektrolyse</p> <p>Umgang mit galvanisierten Labormaterialien</p> <p>Wissen um die Bedeutung zur alternativen Energiegewinnung für wirtschaftliche Zwecke</p>
<p>... kennen die Möglichkeit zur Gewinnung, Speicherung und Anwendung elektrischer Energie bei chemischen Prozessen.</p>	<p>Konzentrationszellen/Primärelemente: Zink-Luft-Batterie, Zink-Quecksilber-Batterie, Zink-Silberoxid-Batterie, Zink-Kohle, Alkali-Mangan, Nickel-Metallhydrid</p>	<p>Präsentationen der Funktion und Verwendung von Primärelementen, Sekundärelementen und Brennstoffzellen</p>	<p>Verantwortungsvoller Umgang mit elektrischen Speichermedien</p>

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	STOFFE ELEKTROCHEMISCH UNTERSUCHEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Sekundärelemente: Bleiakкумулятор, Lithium-Ionen-Akkumulator Brennstoffzellen: Kraft-Wärme-Kopplung		
... führen Analysen mit elektrochemischer Indikation durch.	Elektrochemische Maßanalyse, Indikationsmethoden: Leitfähigkeit, Konduktometrie, Potentiometrie, Amperometrie, Voltammetrie, Polarografie, Coulometrie, Elektrogravimetrie	Präsentationen über Anwendung und Funktion elektrochemischer Analyseverfahren	Beurteilung von Vor- und Nachteilen von Indikationsmethoden für anstehende Laboranalysen
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Der Unterricht zu diesem Lernfeld greift auf die Grundlagen aus Lernfeld 3 und Lernfeld 7 zurück. Es bietet sich an, dieses Lernfeld im 3. Lehrjahr zu unterrichten. In diesem Lernfeld werden die Inhalte zur Pflichtqualifikation Analytische Chemie für die Abschlussprüfung, Teil 2, behandelt.		

4.15 Lernfeld 16: Umweltbezogene Arbeitstechniken anwenden (60 Stunden)

Die Auszubildenden ...	UMWELTBEZOGENE ARBEITSTECHNIKEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... wählen Probenahmeverfahren nach Spezifität, Repräsentativität und Substratbeschaffenheit aus.	<p>Grundgesamtheit</p> <p>Stichproben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einzelprobe • Mischprobe • Sammelprobe <p>Probenahmegeräte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spaten • Löffel • Stechlanze <p>Inline-Probennehmer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schöpfbecher • Stechheber • Tauchbehälter • Vakuum-Probensammler <p>Kolbenprober</p> <p>Headspace-Gläschen</p> <p>Diffusionssammler</p> <p>Gasprüfrohrrchen</p> <p>Impinger</p> <p>Probenkonservierung</p> <p>Probentransport</p>	<p>Überwachung eines chemischen Produktionsprozesses</p> <p>Erstellung eines Probenahmeprotokolls</p> <p>Auswahl von Probenahmegeräten für Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe (Luft-, Wasser- und Bodenanalytik)</p>	<p>Sensibilisierung für die Bedeutung von Proben</p> <p>Qualität der Probenahme</p> <p>Qualitätssicherung</p>
<p>... bestimmen auf Grundlage der gewonnenen Proben die Größe von Emissions- und Immissionswerten nach normierten Vorschriften.</p> <p>... werten die Ergebnisse mithilfe gültiger Regelwerke aus.</p>	<p>Emission (Primärschadstoffe)</p> <p>Transmission (Sekundärschadstoffe)</p> <p>Immission</p> <p>Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)</p> <p>Arbeitsschutzgesetz</p> <p>Gefahrenstoffverordnung (GefStoffV)</p>	<p>Recherche zu Gehaltsgrößen und Kenngrößen von Umweltparametern</p>	<p>Umgang und Einordnung von Umweltgesetzen</p>

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Die Auszubildenden ...	UMWELTBEZOGENE ARBEITSTECHNIKEN ANWENDEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
	Trinkwasserverordnung Wassergefährdungsklassen Chemischer-Sauerstoff-Bedarf (CSB)		
... schlagen geeignete Maßnahmen zur Schonung der Umwelt vor.	Struktur des Umweltrechts Kläranlagen Rauchgasentschwefelung Recycling Umweltrelevanz großtechnischer Verfahren (zum Beispiel Haber-Bosch-Verfahren, Ostwald-Verfahren, Aluminiumgewinnung, Schwefelsäureherstellung, Hochofenprozess)	Umgang zur Reinhaltung von Luft und Wasser Recherche über Abfallentsorgung großtechnisch relevanter Verfahren	Auswirkungen großtechnischer Verfahren auf die Umwelt, wie zum Beispiel Haber-Bosch-Verfahren, Ostwald-Verfahren, Aluminiumgewinnung, Doppelkontaktverfahren, Hochofenprozess Bedeutung einer Kreislaufwirtschaft
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Dieses Lernfeld sollte erst im 4. Ausbildungsjahr unterrichtet werden.		

4.16 Lernfeld 20: Elektrotechnische Arbeiten durchführen (80 Stunden)

Die Auszubildenden ...	ELEKTROTECHNISCHE ARBEITEN DURCHFÜHRE		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... erklären Messverfahren und Untersuchungsverfahren.	Ladung Stromstärke Spannung Elektrischer Widerstand Kirchhoff'sche Gesetze Ohmsches Gesetz	Messung des elektrischen Stroms und der Spannung Definition des ohmschen Widerstandes Berechnen des elektrischen Widerstandes	Schaltung von Messgeräten im Stromkreis
... können Schaltpläne lesen. ... berechnen elektronische Grundsaltungen.	Funktionssymbole (Schaltzeichen) Halbleiterbauelemente (Diode, Transistor, Operationsverstärker) Grundsaltungen (Spannungsteiler, Brückenschaltung (Wheatstone-Brücke), Gleichrichtung, Spannungsstabilisierung, Signalverstärkung)	Erstellung von Schaltkreisen Berechnungen bei Reihenschaltung und Parallelschaltungen Ermittlung einer Widerstandsgröße über eine Brückenschaltung	Tieferes Verständnis der potentiometrischen Maßanalyse (Lernfeld 15)
... berechnen die Grundgröße des Wechselstromkreises und können diese messen. ... führen Berechnungen zu Filterschaltungen durch.	Effektivwert Lade-, Entladefunktion von Kondensatoren Filterschaltung: Hochpassfilter, Tiefpassfilter, Bandpassfilter	Skizzierung des Effektivwerts einer Wechselspannung Berechnung der Leistung eines Wechselstroms Berechnung der Kapazität von Kondensatoren Berechnungen an Filterschaltungen	Sensibilisierung für die Gefahren und Wirkungen des elektrischen Stroms
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Dieses Lernfeld sollte erst im 4. Ausbildungsjahr unterrichtet werden.		

5 Unterrichtsbeispiele

5.1 Unterrichtsbeispiel 1

5.1.1 Festlegung des zu unterrichtenden Lernfeldes

Lernfeld 1: Vereinigen von Stoffen	1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden
Zielformulierung: 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.	
Inhalte: 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 spielen 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 Synthesansatz nicht über Gebühr beansprucht werden.

Aber auch im Bereich der Umweltbelastung spielt der pH-Wert eine wichtige Rolle. Bei 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 Kubikmeter (m^3) fasst, gesammelt. Hierbei liegt die Stoffmengenkonzentration der Salzsäure in der Regel zwischen 0,05 und 0,1 M (molare Konzentration). 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 $1,5 \text{ m}^3$. 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 Ergreifung geeigneter Maßnahmen zum Schutz der Umwelt 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, 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, Brønsted 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 Berücksichtigung wirtschaftlicher und terminlicher Vorgaben.	Projektarbeit Protokollführung Plausibilität Textverarbeitung Tabellenkalkulation Diagramme	Recherche in Fachliteratur und Internet Erstellung von Protokollen und Präsentationen Anwenden von Textverarbeitungs-, Tabellenkalkulations- und Präsentationsprogrammen	Anwendung der Grundlagen des Qualitätsmanagements: GMP, GLP, SOP

Die Auszubildenden ...	VEREINIGEN VON STOFFEN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
		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 jeweils anderen Lehrkraft unterrichtet werden. Es existieren Überschneidungen mit Lernfeld 1, Lernfeld 2 und Lernfeld 7. Hier haben sich ebenfalls enge Absprachen mit 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; Ergreifung geeigneter Maßnahmen zum Schutz der Umwelt; 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-Werts 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-Werts		
			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 aus der Lernsituation im Plenum
3	Anwendung von Umsatz- und Ausbeuteberechnung	SW: Neutralisation PW: Aufstellung von Summenformeln; Erstellung von stöchiometrisch korrekten Reaktionsgleichungen	BA 3: Berechnung der benötigten Laugenmenge		
			Umgang beim Aufstellen von Reaktionsgleichungen für die Neutralisation	M6: Informations- und Arbeitsblatt zur Neutralisation	Die Lernenden besprechen und kontrollieren ihre Lösungen im Plenum.

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Schritt	Intention	Adressiertes Wissen	Berufliche Aufgaben (BA)		
			Lernaktivitäten und Lernprodukte	Medien/Materialien (M)/ Teilaufgaben (T)	Reflexions- und Kontrollelemente
		RW: Anwendung der Gesetze zur Erhaltung der Massen und der konstanten Proportionen; Umsatz- und Ausbeute-Berechnung chemischer Reaktionen; Einstellung von pH-Werten	Berechnung der Menge und Masse von Natriumhydroxid Masse des benötigten Natriumhydroxids für die Neutralisation	T5: Erstellung von Reaktionsgleichungen zur 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 steht 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. Die Betreiber könnten anschaulich aufzeigen, mit welchen Schwierigkeiten sie bei der Abwasserreinigung zu kämpfen 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

Lernfeld 6b: Aromatische Präparate synthetisieren	2. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 40 Stunden
Zielformulierung: <p>Die Schülerinnen und Schüler sollen Benzol als einen der wichtigsten Rohstoffe der chemischen Industrie kennen und als Grundstoff für die Synthese zahlreicher organischer Grundchemikalien, Kunststoffe, Synthefasern, Arzneimittel und Farbstoffe deuten. Sie nennen und erläutern Möglichkeiten, wie aromatische Substanzen hergestellt, aufgearbeitet und gereinigt werden.</p> <p>Sie formulieren aromatische Verbindungen mithilfe des Reaktionstypus der Substitution. Sie stellen die dazugehörigen Reaktionsgleichungen auf und kennen die dazugehörigen Reaktionsmechanismen. Sie berechnen Ansatz und Ausbeute.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler setzen unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorschriften zum Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz Apparaturen für die Synthesen ein.</p> <p>Sie dokumentieren den Arbeitsablauf, beurteilen und präsentieren die Arbeitsergebnisse.</p>	
Inhalte: Aromatizität, Mesomerie und Mesomeriestabilisierung Elektrophile Erst- und Mehrfachsubstitution Funktionelle Gruppen Nomenklatur Wichtige Benzolderivate wie Nitrobenzol, Benzolsulfonsäure, Halogenbenzole, Alkylbenzole und Acylbenzole Reaktionsapparaturen	

5.2.2 Problemstellung und schulisch-betrieblicher Kontext

Die Synthese von organischen Verbindungen sowohl in der Theorie als auch in der Praxis ist ein essenzieller Bestandteil dieses Berufes. Dazu gehören allerdings nicht nur die Herstellung an sich, sondern auch vorbereitende sowie nachbereitende Tätigkeiten.

Diese Inhalte finden sich in den Lernfeldern 6a und 6b wieder. Im Lernfeld 6a ist beispielsweise vorgesehen, die Lernenden dahingehend zu schulen, dass sie „anorganische und organische Präparate nach verschiedenen Reaktionstypen herstellen“ können, wobei sie deutsch- und fremdsprachliche Datenquellen zu Rate ziehen sollen (vergleiche Rahmenlehrplan Chemielaborantin/Chemielaborant, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.01.2000 in der Fassung vom 13.12.2019, Seite 14). Im Weiteren sollen sie den Zusammenhang zwischen Reaktionsgleichungen, Struktur der Edukte, dem Reaktionsmechanismus und dem Reaktionsergebnis herstellen und dabei in der Lage sein, den Reaktionsablauf so zu steuern, dass sie zu einem guten Ergebnis kommen. Dabei sollen sie die entsprechenden Apparaturen aufbauen, aber auch ihren Arbeitsablauf dokumentieren und präsentieren können. Beschriebenes soll außerdem auf aromatische Präparate angewendet werden, was in Lernfeld 6b verankert ist (vergleiche Rahmenlehrplan Chemielaborantin/Chemielaborant, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.01.2000 in der Fassung vom 13.12.2019, Seite 15). In Lernfeld 6b werden somit die in Lernfeld 6a gewonnenen Kenntnisse wiederholt und vertieft sowie um das Thema Chemie der aromatischen Verbindungen erweitert. Der Unterricht zu Lernfeld 11 wiederholt, erweitert und vertieft dann im 3. Ausbildungsjahr nochmals die erworbenen Fähigkeiten.

In Bezug auf die Synthese eines Stoffes sind im Weiteren Umweltschutz, Arbeitsschutz, Persönliche Schutzausrüstung sowie die Berechnung der benötigten Chemikalien von Bedeutung.

Lernsituation „Synthese organischer Verbindungen auf Benzolbasis“

Im Rahmen der Arbeit in einem organisch präparativen Bereich sollen verschiedene organische Verbindungen auf Benzolbasis mittels einer 2-3-Stufensynthese hergestellt und charakterisiert werden. Dabei sind die Lerninhalte bis zum Endprodukt selbst zu erarbeiten.

Diese konkrete Lernsituation ist darauf ausgelegt, die praktischen Arbeiten tatsächlich auszuführen, sodass sie handlungsorientiert und vollständig vollzogen werden. Etwas abgewandelt lässt sich diese Lernsituation aber auch rein theoretisch durchführen.

Hinweis:

Diese Einheit kann sowohl am Anfang des Lernfeldes als Einstieg dienen als auch am Ende des Lernfeldes behandelt werden, um das Gelernte zu wiederholen.

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 ...	AROMATISCHE PRÄPARATE SYNTHETISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
... sollen Benzol als einen der wichtigsten Rohstoffe der chemischen Industrie kennen und als Grundstoff für die Synthese zahlreicher organischer Grundchemikalien, Kunststoffe, Synthesefasern, Arzneimittel und Farbstoffe deuten.	<p>Nomenklatur (unter anderem Benzyl-/Phenyl) – trivial und IUPAC</p> <p>Wichtige Benzolderivate wie Nitrobenzol, Aminobenzol, Benzolsulfonsäure, Halogenbenzole, Alkylbenzole und Acylbenzole</p> <p>Aromatische Farbstoffe (unter anderem Sudanrot, Phenolphthalein)</p> <p>Arzneimittel (unter anderem Paracetamol, Aspirin)</p> <p>Monomere für Kunststoffe (unter anderem Styrol)</p> <p>Polymerisationen (radikalisch/ionisch/additiv, Addition/Kondensation)</p>	<p>Anwendung von Kenntnissen über funktionelle Gruppen und deren Benennung als Substituenten am Benzol</p> <p>Erstellung von Strukturformeln und strukturierter Nomenklatur der verschiedenen Benzolderivate</p> <p>Ableiten und Erfassen von Zusammenhängen zwischen funktioneller Gruppe und Nomenklatur</p>	<p>Sensibilisierung für die Bedeutung der Rohstoff- und Arzneimittelindustrie</p> <p>Bedeutung der Kunststoffe und Farbstoffe in Chemie und Alltag</p> <p>Vertiefung und Erweiterung der Kenntnisse aus Lernfeld 3</p>
... nennen und erläutern Möglichkeiten, wie aromatische Substanzen hergestellt, aufgearbeitet und gereinigt werden.	<p>Aromatizität, Mesomerie und Mesomeriestabilisierung</p> <p>Elektrophile Erstsitution (unter anderem Chlorierung, Friedel-Crafts-Alkylierung/Acylierung, Nitrierung, Aminierung, Sulfonierung, Diazotierung, Sandmeyer-Reaktion, Azokupplung, Canizzaro-Reaktion)</p> <p>Versuchsvorschriften</p>	<p>Anwendung der Sonnenlicht-Siedehitze-Seitenketten- (SSS)- und der Kern-Kälte-Katalysator- (KKK)-Regel auf Reaktionen</p> <p>Vorschriftenanalyse – Anwenden der Kenntnisse über Aufarbeitungsmethoden (Extraktion, Umkristallisieren, Destillieren) und Charakterisierung der Produkte</p> <p>Berechnung einzusetzender und zu erwartender Stoffmengen in Reaktionen</p> <p>Analyse von Reaktionsparametern</p> <p>Berücksichtigung von Gleichgewichtsreaktionen,</p>	<p>Verständnis über die Auswirkungen der Reaktionsbedingungen auf chemische Reaktionen am Benzol zur Reaktionsbeeinflussung und -steuerung sowie zur Aufarbeitung von Substanzen</p> <p>Einsatz geeigneter Reaktionsapparaturen für die jeweilige Reaktion</p>

Die Auszubildenden ...	AROMATISCHE PRÄPARATE SYNTHETISIEREN		
	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
		Reaktionsgeschwindigkeit und Aktivierungsenergie	
<p>... formulieren aromatische Verbindungen mithilfe des Reaktionstypus der Substitution.</p> <p>... stellen die dazugehörigen Reaktionsgleichungen auf und kennen die dazugehörigen Reaktionsmechanismen.</p> <p>... berechnen Ansatz und Ausbeute.</p>	<p>Elektrophile Substitution</p> <p>Erst- und Zweit-Substitution</p> <p>Positiver und negativer mesomerer Effekt</p> <p>Positiver und negativer induktiver Effekt</p> <p>Hyperkonjugation</p> <p>Substituenten 1. und 2. Ordnung</p> <p>Stellungen am Benzol (ortho/meta/para)</p> <p>Nomenklaturmöglichkeiten (2-,3- 4- / ortho, meta, para / trivial/IUPAC)</p> <p>Reaktionsgleichungen</p> <p>Ansatz, Umsatz, Ausbeute</p> <p>Reaktionsbedingungen, Katalysatoren</p>	<p>Aufzeichnung und Benennung von Verbindungen auf Benzolbasis</p> <p>Darstellung von Verbindungen auf Benzolbasis</p> <p>Darstellung von Reaktionsmechanismen unter Anwendung der Kenntnisse über mesomere Effekte und Einfluss der verschiedenen Substituenten</p> <p>Aufstellung und stöchiometrischer Ausgleich von Reaktionsgleichungen</p>	<p>Erkennen der Auswirkungen der Substituenten auf die Reaktionen</p> <p>Ableiten von Mechanismen aufgrund von Substituenteneinflüssen</p>
<p>... setzen unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorschriften zum Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz Apparaturen für die Synthesen ein.</p>	<p>Umgang mit Chemikalien auf Benzolbasis</p> <p>Gefahren für Mensch und Umwelt</p> <p>Betriebsanweisungen</p> <p>Verschiedene Reaktionsapparaturen</p>	<p>Syntheseplanung unter Anwendung von Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), Unfallverhütungsvorschriften (UVV), Sicherheitsdatenblättern, Globally Harmonised System (GHS), Umweltschutz, sachgerechter Entsorgung D-GISS sowie Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)</p>	<p>Sensibilisierung für den Einsatz entsprechender Reaktionsapparaturen unter Anwendung der Kenntnisse über Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz</p>
<p>... dokumentieren den Arbeitsablauf, beurteilen und präsentieren die Arbeitsergebnisse.</p>	<p>Chemische Versuchsprotokolle</p> <p>Versuchsvorschriften</p>	<p>Erstellung von Versuchsprotokollen und Präsentationen, zum Beispiel innerhalb einer Projektarbeit, die Planung, Durchführung und Recherche beinhaltet</p>	<p>Auswertung der Projektarbeit zur Festigung der Reflexionsfähigkeit bezüglich Strategie, Methode und Analyseverfahren</p>
UMSETZUNGSEMPFEHLUNG/HINWEIS	Die Lernsituation schließt inhaltlich an Lernfeld 6a an; darüber hinaus werden die relevanten beruflichen Handlungen und Inhalte im Rahmen des Lernfelds 11 vertieft.		

5.2.4 Planungsmatrix

Lernsituation „Synthese organischer Verbindungen auf Benzolbasis“

Schritt	Intention	Adressiertes Wissen	Berufliche Aufgaben (BA)		
			Lernaktivitäten und Lernprodukte	Medien/Materialien (M)/ Teilaufgaben (T)	Reflexions- und Kontrollelemente
1	Informieren – Informationsbeschaffung	<p>Sachwissen (SW): Aufzeichnung und Benennung von Verbindungen auf Benzolbasis, Nomenklatur (unter anderem Benzyl-/Phenyl) – trivial und IUPAC</p> <p>Wichtige Benzolderivate wie Nitrobenzol, Aminobenzol, Benzolsulfonsäure, Halogenbenzole, Alkylbenzole und Acylbenzole</p> <p>Arzneimittel</p> <p>Aromatizität, Mesomerie und Mesomeriestabilisierung</p> <p>Prozesswissen (PW): Anwendung von Kenntnissen über funktionelle Gruppen und deren Benennung als Substituenten am Benzol</p> <p>Erstellung von Strukturformeln und strukturierter Nomenklatur der verschiedenen Benzolderivate</p> <p>Reflexionswissen (RW): Vertiefung und Erweiterung der Kenntnisse aus Lernfeld 3</p>	BA 1: Recherche zur Synthese einer Verbindung inklusive Nomenklaturen und Strukturen		
			<p>Abstecken der Rahmenbedingungen, Besprechung der Lernsituation</p> <p>Auswahl der Produkte, Gruppeneinteilung</p> <p>Erster Austausch über die Verbindungen und deren Nomenklatur sowie über mögliche Synthesewege, Literaturrecherche im Beilstein, im Netz und in Fachbüchern bezüglich Syntheseweg</p>	<p>M1: Infoblatt mit Lernsituation und Anforderungen</p> <p>M2: Verschiedene Verbindungen</p> <p>M3: Infoblatt und/oder Kurzvortrag/Präsentation „Beilsteinrecherche“</p> <p>M4: Fachbücher</p> <p>M5: Computer (PC) oder Tablet/Smartphone mit Internetzugang</p> <p>M6: Programmzugang zu Beilstein</p> <p>T1: Informieren über die verschiedenen Präparate, deren Grundstoffe, Reaktionsverhalten und mögliche Synthesewege</p> <p>T2: Gefährdungsbeurteilung der einzelnen möglicherweise einzusetzenden Chemikalien, Reaktionswege und Apparaturen</p>	<p>Besprechung der Lösungsansätze in Kleingruppen</p>
2	Planen – Planung und Koordinierung der vorbereitenden Arbeitsschritte	<p>SW: Versuchsvorschriften</p> <p>Umgang mit Chemikalien auf Benzolbasis, Gefahren für Mensch und Umwelt</p> <p>Betriebsanweisungen</p>	BA 2: Strukturierte Planung einer Synthese inklusive Gefährdungsbeurteilung		
			<p>Strukturierung des Arbeitsablaufes</p> <p>Recherche</p>	<p>M7: Verschiedene Versuchsvorschriften</p> <p>M8: Sicherheitsdatenblätter</p>	<p>Besprechung der To-Do-Listen im Plenum –</p>

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Schritt	Intention	Adressiertes Wissen	Berufliche Aufgaben (BA)		
			Lernaktivitäten und Lernprodukte	Medien/Materialien (M)/ Teilaufgaben (T)	Reflexions- und Kontrollelemente
		PW: Sicherheitsdatenblätter, Globally Harmonised System (GHS), Umweltschutz, sachgerechte Entsorgung, D-GISS RW: Sensibilisierung für den Einsatz entsprechender Reaktionsapparaturen unter Anwendung der Kenntnisse über Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz	Gefährdungsbeurteilung Betriebsanweisungen Arbeitssicherheit	M9: Betriebsanweisungen T3: Erstellen einer chronologischen To-do-Liste der einzelnen Arbeitsschritte zur Versuchsvorbereitung T4: Erstellen eines Zeitplanes T5: Gefährdungsbeurteilung der möglichen Chemikalien und Gerätschaften	Diskussionen und Ergänzungen
3	Entscheiden – Entscheidung für eine Vorgehensweise	SW: Elektrophile Substitution Erst- und Zweit-Substitution Positiver und negativer mesomerer und induktiver Effekt Hyperkonjugation Substituenten 1. und 2. Ordnung Stellungen am Benzol (ortho/meta/para) Reaktionsgleichungen Verschiedene Reaktionsapparaturen Analyse von Reaktionsparametern PW: Syntheseplanung Anwendung der Sonnenlicht-Siedehitze-Seitenketten- (SSS)- und der Kern-Kälte-Katalysator- (KKK)-Regel auf Reaktionen Vorschriftenanalyse RW: Verständnis über die Auswirkungen der Reaktionsbedingungen auf chemische Reaktionen am Benzol zur Reaktionsbeeinflussung und -steuerung sowie zur Aufarbeitung von Substanzen	BA 3: Vorschriftenanalyse und konkrete mechanistische Vorbereitung einer Synthese		
			Besprechung der Synthesewege, Entscheidung für einen Syntheseweg Konkrete Syntheseplanung	T6: Auswahl einer geeigneten Versuchsvorschrift T7: Konkrete Syntheseplanung mit Auswahl der geeigneten Chemikalien und Apparaturen T8: Vorschriftenanalyse zur Verknüpfung von Reaktionsbedingungen und Reaktionssteuerung	Besprechung der Lösungsansätze in Kleingruppen und zur Rückversicherung mit der Lehrkraft

Chemielaborantin oder Chemielaborant

Schritt	Intention	Adressiertes Wissen	Berufliche Aufgaben (BA)		
			Lernaktivitäten und Lernprodukte	Medien/Materialien (M)/ Teilaufgaben (T)	Reflexions- und Kontrollelemente
		Einsatz geeigneter Reaktionsapparaturen für die jeweilige Reaktion			
4	Ausführen – Ausführung der Arbeiten (Praktische Herstellung und Charakterisierung)	<p>SW: Berechnung einzusetzender und zu erwartender Stoffmengen in Reaktionen, Ansatz, Umsatz, Ausbeute Reaktionsbedingungen, Katalysatoren</p> <p>PW: Darstellung von Reaktionsmechanismen unter Anwendung der Kenntnisse über mesomere Effekte und Einfluss der verschiedenen Substituenten, Aufstellung und stöchiometrischer Ausgleich von Reaktionsgleichungen, Darstellung von Verbindungen auf Benzolbasis Anwenden der Kenntnisse über Aufarbeitungsmethoden (Extraktion, Umkristallisieren, Destillieren) und Charakterisierung der Produkte</p> <p>RW: Erkennen der Auswirkungen der Substituenten auf die Reaktionen</p>	BA 4: Durchführung einer organischen Synthese		
			<p>Erstellen der Reaktionsgleichungen und -mechanismen</p> <p>Ansatzberechnung</p> <p>Aufbau der Apparatur</p> <p>Bereitstellung und Umgang mit Chemikalien</p> <p>Durchführung der Reaktion</p> <p>Aufarbeitung</p> <p>Entsorgung</p> <p>Charakterisierung der (Zwischen-)Produkte</p>	<p>M7: Labor</p> <p>T9: Erstellung der Reaktionsgleichungen und -mechanismen mit Rückbezug auf die Struktur der Chemikalien</p> <p>T10: Ansatzberechnung unter Berücksichtigung des Umsatzes und der gewünschten Ausbeute</p> <p>T11: Vollständige Durchführung der organischen Synthese bis hin zur Charakterisierung</p> <p>T12: Ausbeuteberechnung</p>	Aufsicht durch Lehrkräfte
5	Kontrollieren und Präsentieren – Kontrolle des Prozesses und Präsentation der Arbeitsergebnisse	<p>SW: Chemische Versuchsprotokolle Versuchsvorschriften</p> <p>PW: Erstellung von Versuchsprotokollen und Präsentationen, zum Beispiel innerhalb einer Projektarbeit, die Planung, Durchführung und Recherche beinhaltet</p> <p>RW: Auswertung der Projektarbeit zur Festigung der Reflexionsfähigkeit bezüglich Strategie, Methode und Analyseverfahren</p>	BA 5: Erstellen eines chemischen Versuchsprotokolls sowie einer Präsentation über den gesamten Prozess		
			<p>Versuchsprotokoll schreiben</p> <p>Präsentation vorbereiten</p> <p>Vorstellung der Arbeitsergebnisse</p>	<p>M8: PC mit PowerPoint zur Erstellung der Präsentationen und Protokolle</p> <p>M9: Infoblatt Versuchsprotokolle</p> <p>T13: Erstellen eines chemischen Versuchsprotokolls</p> <p>T14: Präsentation der Arbeitsergebnisse</p>	<p>Vorstellung der Arbeitsergebnisse im Plenum</p> <p>Reflexion durch Gruppe und Lehrkraft</p>

5.2.5 Katalog der Teilaufgaben (T)

- T1: Informieren über die verschiedenen Präparate, deren Grundstoffe, Reaktionsverhalten und mögliche Synthesewege
- T2: Gefährdungsbeurteilung der einzelnen möglicherweise einzusetzenden Chemikalien, Reaktionswege und Apparaturen
- T3: Erstellen einer chronologischen To-Do-Liste der einzelnen Arbeitsschritte zur Versuchsvorbereitung
- T4: Erstellen eines Zeitplanes
- T5: Gefährdungsbeurteilung der möglichen Chemikalien und Gerätschaften
- T6: Auswahl einer geeigneten Versuchsvorschrift
- T7: Konkrete Syntheseplanung mit Auswahl der geeigneten Chemikalien und Apparaturen
- T8: Vorschriftenanalyse zur Verknüpfung von Reaktionsbedingungen und Reaktionssteuerung
- T9: Erstellung der Reaktionsgleichungen und -mechanismen mit Rückbezug auf die Struktur der Chemikalien
- T10: Ansatzberechnung unter Berücksichtigung des Umsatzes und der gewünschten Ausbeute
- T11: Vollständige Durchführung der organischen Synthese bis hin zur Charakterisierung
- T12: Ausbeuteberechnung
- T13: Erstellen eines chemischen Versuchsprotokolls
- T14: Präsentation der Arbeitsergebnisse

5.2.6 Hinweise zur Lernortkooperation

In der dualen Berufsausbildung haben die verschiedenen Ausbildungsbetriebe und die Berufsschule den gemeinsamen Bildungsauftrag, die berufliche Handlungsfähigkeit zu vermitteln (vergleiche § 2 Abs. 2 des Berufsbildungsgesetzes [BBiG] in der aktuellen Fassung).

Je besser die Kooperation der verschiedenen Lernorte organisiert ist, desto stärker sind die Synergieeffekte.

Die beschriebene Lernsituation orientiert sich an einer umfassenden Handlungskompetenz und unterstützt so die berufliche Handlungsfähigkeit. In solchen Lernsituationen werden neben den beruflichen Fähigkeiten weitere Kompetenzen entwickelt, die in Beruf und Alltag wichtig sind, zum Beispiel die Bereitschaft, im sozialen und ökologischen Bereich Verantwortung zu übernehmen.

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>