



Kerncurriculum berufliches Gymnasium

A large, faint graphic of a DNA double helix is visible in the background, spanning most of the page area.

BIOLOGIETECHNIK
Ausgabe 2024

Impressum**Herausgeber:**

Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen (HMKB)
Luisenplatz 10
65185 Wiesbaden
Telefon: 0611 368-0
E-Mail: poststelle.hmkb@kultus.hessen.de
Internet: <https://kultus.hessen.de>

Stand:

Ausgabe 2024, Stand 01.08.2025

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	5
1 Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium	6
1.1 Ganzheitliches Lernen und Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium	6
1.2 Strukturelemente des Kerncurriculums	8
1.3 Überfachliche Kompetenzen	10
2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Schwerpunkts	14
2.1 Beitrag des Schwerpunkts zur Bildung	14
2.2 Kompetenz-Strukturmodell	15
2.3 Kompetenzbereiche	17
2.4 Strukturierung der Fachinhalte (Leitideen)	20
3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte	22
3.1 Einführende Erläuterungen	22
3.2 Bildungsstandards des Schwerpunkts	23
3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder	27
Biologietechnik.....	34
E: Die Zelle als biotechnisches Werkzeug.....	34
Q1: Biochemische Grundlagen der Biologietechnik (LK)	37
Q2: Molekularbiologische und gentechnische Grundlagen der Biologietechnik (LK)	39
Q3: Theorie der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen (LK)	42
Q4: Theorie der Biologietechnik in technischen und gesellschaftlichen Kontexten (LK).....	44
Q3: Ausgewählte Aspekte der Biologietechnik (eGK)	46
Laborpraxis Biologietechnik	49
E: Zytologische, mikrobiologische und labortechnische Arbeitsweisen.....	49
Q1: Biochemische Arbeitstechniken in der Biologietechnik (GK)	52

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Q2: Molekularbiologische und gentechnische Arbeitstechniken in der Biologietechnik (GK)	55
Q3: Praxis der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen (GK)	57
Q4: Praxis der Biologietechnik in technischen und gesellschaftlichen Kontexten (GK)	59
Technische Kommunikation und Datenverarbeitung	61
E: Technische Kommunikation und Datenverarbeitung	61

Hinweis: Anregungen zur Umsetzung des Kerncurriculums im Unterricht sowie weitere Materialien abrufbar im Internet unter: Kerncurricula | kultus.hessen.de

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Vorbemerkung

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium trat zum Schuljahr 2016/17 in Kraft und ist seither Grundlage eines kompetenzorientierten Oberstufenunterrichts zur Vorbereitung auf das hessische Landesabitur. Den Fächern Mathematik, Deutsch und den fortgeführten Fremdsprachen (Englisch, Französisch) liegen dabei die Bildungsstandards nach dem Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012 zugrunde. Den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik liegen die Bildungsstandards nach dem Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 zugrunde.

Die „politischen Vorhaben zur „Ländervereinbarung über die gemeinsame Grundstruktur des Schulwesens und die gesamtstaatliche Verantwortung der Länder in zentralen bildungspolitischen Fragen“ 15.10.2020 (Beschluss der KMK vom 15.10.2020) in Verbindung mit der „Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung“ (Beschluss der KMK vom 07.07.1972 in der Fassung vom 06.06.2024) bedingen eine Ausweitung der für das schriftliche Abitur prüfungsrelevanten Themen und Inhalte auf das Kurshalbjahr Q4, das vor den Osterferien endet.

Dies macht eine Anpassung der Kerncurricula der gymnasialen Oberstufe in allen Abiturprüfungsfächern notwendig. Die Änderungen betreffen die inhaltliche Anschlussfähigkeit der Q4 sowie gegebenenfalls notwendige Anpassungen in den vorherigen Kurshalbjahren.

1 Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium

1.1 Ganzheitliches Lernen und Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium

Das Ziel der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums ist die Allgemeine Hochschulreife, die zum Studium an einer Hochschule berechtigt und auch den Weg in eine berufliche Ausbildung ermöglicht. Lernende, die die gymnasiale Oberstufe besuchen, wollen auf die damit verbundenen Anforderungen vorbereitet sein. Erwarten können sie daher einen Unterricht, der sie dazu befähigt, Fragen nach der Gestaltung des eigenen Lebens und der Zukunft zu stellen und orientierende Antworten zu finden. Sie benötigen Lernangebote, die in sinnstiftende Zusammenhänge eingebettet sind, in einem verbindlichen Rahmen eigene Schwerpunktsetzungen ermöglichen und Raum für selbstständiges Arbeiten schaffen. Mit diesem berechtigten Anspruch geht die Verpflichtung der Lernenden einher, die gebotenen Lerngelegenheiten in eigener Verantwortung zu nutzen und mitzugestalten. Lernen wird so zu einem stetigen, nie abgeschlossenen Prozess der Selbstbildung und Selbsterziehung, getragen vom Streben nach Autonomie, Bindung und Kompetenz. In diesem Verständnis wird die Bildung und Erziehung junger Menschen nicht auf zu erreichende Standards reduziert, vielmehr kann Bildung Lernende dazu befähigen, selbstbestimmt und in sozialer Verantwortung, selbstbewusst und resilient, kritisch-reflexiv und engagiert, neugierig und forschend, kreativ und genussfähig ihr Leben zu gestalten und wirtschaftlich zu sichern.

Für die Lernenden stellen die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium ein wichtiges Bindeglied zwischen einem zunehmend selbstständigen, dennoch geleiteten Lernen in der Sekundarstufe I auf der einen Seite und dem selbstständigen und eigenverantwortlichen Weiterlernen auf der anderen Seite dar, wie es mit der Aufnahme eines Studiums oder einer beruflichen Ausbildung verbunden ist. Auf der Grundlage bereits erworbener Kompetenzen zielt der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium auf eine vertiefte Allgemeinbildung, eine allgemeine Studierfähigkeit sowie eine fachlich fundierte wissenschaftspropädeutische Bildung. Dabei gilt es in besonderem Maße, flankiert durch Angebote zur beruflichen Orientierung, die Potenziale der Jugendlichen zu entdecken und zu stärken sowie die Bereitschaft zu beständigem Weiterlernen zu wecken, damit die jungen Erwachsenen selbstbewusste, ihre Neigungen und Stärken berücksichtigende Entscheidungen über ihre individuellen Bildungs-, Berufs- und Lebenswege treffen können. So bietet der Unterricht in der Auseinandersetzung mit ethischen Fragen die zur Bildung reflektierter Werthaltungen notwendigen Impulse – den Lernenden kann so die ihnen zukommende Verantwortung für Staat, Gesellschaft und das Leben zukünftiger Generationen bewusst werden. Auf diese Weise nehmen die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium den ihnen in den §§ 2 und 3 des Hessischen Schulgesetzes (HSchG) aufgegebenen Erziehungsauftrag wahr.

Das Lernen in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium differenziert die Inhalte und die Lern- und Arbeitsweisen der Sekundarstufe I weiter aus. So zielt der Unterricht auf den Erwerb profunden Wissens sowie auf die Vertiefung beziehungsweise Erweiterung von Sprachkompetenz. Der Unterricht fördert Team- und Kommunikationsfähigkeit, lernstrategische und wissenschaftspropädeutische Fähigkeiten und Fertigkeiten, um zunehmend selbstständig lernen zu können, sowie die Fähigkeit, das eigene Denken und Handeln zu reflektieren. Ein breites, in sich gut organisiertes und vernetztes sowie in unterschiedlichen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Anwendungssituationen erprobtes Orientierungswissen hilft dabei, unterschiedliche, auch interkulturelle Horizonte des Weltverständens zu erschließen. Aus dieser Handlungsorientierung leiten sich die didaktischen Aufgaben der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums ab:

- sich aktiv und selbstständig mit bedeutsamen Gegenständen und Fragestellungen zentraler Wissensdomänen auseinanderzusetzen,
- wissenschaftlich geprägte Kenntnisse für die Bewältigung persönlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen zu nutzen,
- Inhalte und Methoden kritisch zu reflektieren und daraus folgend Erkenntnisse und Erkenntnisweisen auszuwerten und zu bewerten,
- in kommunikativen Prozessen sowohl aus der Perspektive aufgeklärter Laien als auch aus der Expertenperspektive zu agieren.

Lernende begegnen der Welt auf unterschiedliche Art und Weise. Ganzheitliche schulische Bildung eröffnet den Lernenden daher unterschiedliche Dimensionen von Erkenntnis und Verstehen. Sie reflektieren im Bildungsprozess verschiedene „Modi der Weltbegegnung und -erschließung“¹, die sich – in flexibler beziehungsweise mehrfacher Zuordnung – in den Unterrichtsfächern und deren Bezugswissenschaften wiederfinden:

- (1) eine kognitiv-instrumentelle Modellierung der Welt (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften oder Technik),
- (2) ästhetisch-expressive Begegnung und Gestaltung (Sprache/Literatur, Musik / bildende und theatrale Kunst / physische Expression)
- (3) normativ-evaluative Auseinandersetzung mit Wirtschaft und Gesellschaft (Geschichte, Politik, Ökonomie, Recht, Wirtschaft, Gesundheit und Soziales)
- (4) einen Modus, in dem „Probleme konstitutiver Rationalität“ behandelt werden und über „die Bedingungen menschlicher Erkenntnis und menschlichen In-der-Welt-Seins“ nachgedacht wird (Religion, Ethik und Philosophie).

Jeder dieser gleichrangigen Modi bietet also eine eigene Art und Weise, die Wirklichkeit zu konstituieren – aus einer jeweils besonderen Perspektive, mit den jeweils individuellen Erschließungsmustern und Erkenntnisräumen. Den Lernenden eröffnen sich dadurch Möglichkeiten für eine mehrperspektivische Betrachtung und Gestaltung von Wirklichkeit, die durch geeignete Lehr-Lern-Prozesse initiiert werden.

Die Grundstruktur der Allgemeinbildung besteht in der Verschränkung der oben genannten Sprachkompetenzen und lernstrategischen Fähigkeiten mit den vier „Modi der Weltbegegnung und -erschließung“ und gibt damit einen Orientierungsrahmen für kompetenzorientierten Unterricht auf Basis der KMK-Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife. Mit deren Erreichen dokumentieren die Lernenden, dass sie ihre Kompetenzen und fundierten Fachkenntnisse in innerfachlichen, fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen verständig nutzen können.

¹ Hier und im Folgenden adaptiert aus Jürgen Baumert: Deutschland im internationalen Bildungsvergleich, in: Nelson Killius und andere (Herausgeber), Die Zukunft der Bildung, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002, Seite 113, und Bernhard Dressler: Bildung und Differenzkompetenz, in: Österreichisches Religionspädagogisches Forum 2/2021, Seite 216.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

In der Umsetzung eines ganzheitlichen Bildungsanspruchs verbinden sich sowohl Erwartungen der Schule an die Lernenden als auch Erwartungen der Lernenden an die Schule.

Den Lehrkräften kommt daher die Aufgabe zu,

- Lernende darin zu unterstützen, sich die Welt aktiv und selbstbestimmt fortwährend lernend zu erschließen, eine Fragehaltung zu entwickeln sowie sich reflexiv und zunehmend differenziert mit den unterschiedlichen „Modi der Weltbegegnung und Welterschließung“ zu beschäftigen,
- Lernende mit Respekt, Geduld und Offenheit sowie durch Anerkennung ihrer Leistungen und förderliche Kritik darin zu unterstützen, in einer komplexen Welt mit Herausforderungen wie fortschreitender Technisierung, beschleunigtem globalen Wandel, der Notwendigkeit erhöhter Flexibilität und Mobilität und diversifizierten Formen der Lebensgestaltung angemessen umgehen zu lernen sowie im Sinne des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes (AGG) kultureller Heterogenität und weltanschaulich-religiöser Pluralität mit Offenheit und Toleranz zu begegnen,
- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Aufgabe der Lernenden ist es,

- das eigene Lernen und die Lernumgebungen aktiv mitzugestalten sowie eigene Fragen und Interessen, Fähigkeiten und Fertigkeiten bewusst einzubringen und zu mobilisieren; schulische Lernangebote als Herausforderungen zu verstehen und zu nutzen; dabei Disziplin und Durchhaltevermögen zu beweisen; sich zu engagieren und sich anzustrengen,
- Lern- und Beurteilungssituationen zum Anlass zu nehmen, ein an Kriterien orientiertes Feedback einzuholen, konstruktiv mit Kritik umzugehen, sich neue Ziele zu setzen und diese konsequent zu verfolgen,
- im Sinne des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes (AGG) kultureller Heterogenität und weltanschaulich-religiöser Pluralität mit Offenheit und Toleranz zu begegnen,
- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Die Entwicklung von Kompetenzen wird möglich, wenn Lernende sich mit komplexen und herausfordernden Aufgabenstellungen, die Problemlösen erfordern, auseinandersetzen, wenn sie dazu angeleitet werden, ihre eigenen Lernprozesse zu steuern und an der Gestaltung des Unterrichts aktiv mitzuwirken. Solchermaßen gestalteter Unterricht bietet Lernenden Arbeitsformen und Strukturen, in denen sie wissenschaftspropädeutisches und berufsbezogenes Arbeiten in realitätsnahen Kontexten erproben und erlernen können. Es bedarf der Bereitstellung einer motivierenden Lernumgebung, die neugierig macht auf die Entdeckung bisher unbekannter Wissens, in welcher die Suche nach Verständnis bestärkt und Selbstreflexion gefördert wird. Und es bedarf Formen der Instruktion, der Interaktion und Kommunikation, die Diskurs und gemeinsame Wissensaneignung, und auch das Selbststudium und die Konzentration auf das eigene Lernen ermöglichen.

1.2 Strukturelemente des Kerncurriculums

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium formuliert Bildungsziele für fachliches (Bildungsstandards) und überfachliches Lernen sowie inhaltliche Vorgaben als verbindliche Grundlage für die Prüfungen im Rahmen des Landesabiturs. Die

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Leistungserwartungen werden auf diese Weise für alle, Lehrende wie Lernende, transparent und nachvollziehbar. Das Kerncurriculum ist in mehrfacher Hinsicht anschlussfähig: Es nimmt zum einen die Vorgaben in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) und den Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) vom 18.10.2012 zu den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Deutsch und Mathematik sowie in der fortgeführten Fremdsprache (Englisch, Französisch) und vom 18.06.2020 in den naturwissenschaftlichen Fächern (Biologie, Chemie und Physik) und die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (Beschluss der KMK vom 07.07.1972 in der Fassung vom 16.03.2023) auf. Zum anderen setzt sich in Anlage und Aufbau des Kerncurriculums die Kompetenzorientierung, wie bereits im Kerncurriculum für die Sekundarstufe I umgesetzt, konsequent fort – modifiziert in Darstellungsformat und Präzisionsgrad der verbindlichen inhaltlichen Vorgaben gemäß den Anforderungen der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums und mit Blick auf die Abiturprüfung.

Das pädagogisch-didaktische Konzept des ganzheitlichen Lernens und der Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium spiegelt sich in den einzelnen Strukturelementen wider:

Überfachliche Kompetenzen (Abschnitt 1.3): Bildung, nicht nur als individueller, sondern auch sozialer Prozess fortwährender Selbstbildung und Selbsterziehung verstanden, zielt auf fachlichen und überfachlichen Kompetenzerwerb gleichermaßen. Daher sind im Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und für das berufliche Gymnasium neben den fachlichen Leistungserwartungen zunächst die wesentlichen Dimensionen und Aspekte überfachlicher Kompetenzentwicklung beschrieben.

Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Faches (Abschnitt 2): Der „Beitrag des Faches zur Bildung“ (Abschnitt 2.1) beschreibt den Bildungsanspruch und die wesentlichen Bildungsziele des Faches. Dies spiegelt sich in den Kompetenzbereichen (Abschnitt 2.2 beziehungsweise Abschnitt 2.3 in den Naturwissenschaften, in Mathematik und Informatik) und der Strukturierung der Fachinhalte (Abschnitt 2.3 beziehungsweise Abschnitt 2.4 Naturwissenschaften, Mathematik, Informatik) wider. Die didaktischen Grundlagen, durch den Bildungsbeitrag fundiert, bilden ihrerseits die Bezugsfolie für die Konkretisierung in Bildungsstandards und Unterrichtsinhalten.

Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte (Abschnitt 3): Bildungsstandards weisen die Erwartungen an das fachbezogene Können der Lernenden am Ende der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums aus (Abschnitt 3.2). Sie konkretisieren die Kompetenzbereiche und zielen grundsätzlich auf kritische Reflexionsfähigkeit sowie den Transfer beziehungsweise das Nutzen von Wissen für die Bewältigung persönlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen.²

Die Lernenden setzen sich mit geeigneten und repräsentativen Lerninhalten und Themen, deren Sachaspekten und darauf bezogenen Fragestellungen auseinander und entwickeln auf diese Weise die in den Bildungsstandards formulierten fachlichen Kompetenzen. Entsprechend gestaltete Lernarrangements zielen auf den Erwerb jeweils bestimmter Kompetenzen

² In den sieben Fächern, für die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der KMK vom 18.10.2012 für die Fächer Deutsch, Mathematik sowie die fortgeführten Fremdsprachen Englisch und Französisch und vom 18.06.2020 für die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie, Physik) vorliegen, werden diese in der Regel wörtlich übernommen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

aus in der Regel unterschiedlichen Kompetenzbereichen. Auf diese Weise können alle Bildungsstandards mehrfach und in unterschiedlichen inhaltlichen Zusammenhängen erarbeitet werden. Hieraus erklärt sich, dass Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte nicht bereits im Kerncurriculum miteinander verknüpft werden, sondern dies erst sinnvoll auf der Unterrichtsebene erfolgen kann.

Die Lerninhalte sind in unmittelbarer Nähe zu den Bildungsstandards in Form verbindlicher Themen der Kurshalbjahre, gegliedert nach Themenfeldern, ausgewiesen (Abschnitt 3.3). Hinweise zur Verbindlichkeit der Themenfelder finden sich im einleitenden Text zu Abschnitt 3.3 sowie in jedem Kurshalbjahr. Die Thematik eines Kurshalbjahres wird jeweils in einem einführenden Text skizziert und begründet. Im Sinne eines Leitgedankens stellt er die einzelnen Themenfelder in einen inhaltlichen Zusammenhang und zeigt Schwerpunktsetzungen für die Kompetenzanbahnung auf.

1.3 Überfachliche Kompetenzen

Für Lernende, die nach dem erfolgreichen Abschluss der gymnasialen Oberstufe oder des beruflichen Gymnasiums ein Studium oder eine berufliche Ausbildung beginnen und die damit verbundenen Anforderungen erfolgreich meistern wollen, kommt dem Erwerb all jener Kompetenzen, die über das rein Fachliche hinausgehen, eine fundamentale Bedeutung zu. Nur in der Verknüpfung mit personalen und sozialen Kompetenzen können sich fachliche Expertise und nicht zuletzt auch die Bereitschaft und Fähigkeit, für Demokratie und Teilhabe sowie zivilgesellschaftliches Engagement und einen verantwortungsvollen Umgang mit den natürlichen Ressourcen einzustehen, adäquat entfalten.

Daher liegt es in der Verantwortung aller Fächer, dass Lernende im fachgebundenen wie auch im projektorientiert ausgerichteten fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht ihre überfachlichen Kompetenzen weiterentwickeln können, auch im Hinblick auf eine kompetenz- und interessenorientierte sowie praxisbezogene Studien- und Berufsorientierung. Dabei kommt den Fächern Politik und Wirtschaft sowie Deutsch eine besondere Verantwortung zu, Lernangebote bereitzustellen, die den Lernenden die Möglichkeit eröffnen, ihre Interessen und Neigungen zu entdecken und die gewonnenen Informationen mit Blick auf ihre Ziele zu nutzen.

Überfachliche Kompetenzen umspannen ein weites Spektrum. Es handelt sich dabei um Fähigkeiten und Fertigkeiten genauso wie um Haltungen und Einstellungen. Mit ihnen stehen kulturelle Werkzeuge zur Verfügung, in denen sich auch normative Ansprüche widerspiegeln.

Im Folgenden werden die anzustrebenden überfachlichen Kompetenzen als sich ergänzende und ineinander greifende gleichrangige Dimensionen beschrieben, dem Prinzip „vom Individuum zur Gemeinschaft“ entsprechend:

- a) **Personale Kompetenzen:** eigenständig und verantwortlich handeln und entscheiden; selbstbewusst mit Irritationen umgehen, Dissonanzen aushalten (Ambiguitätstoleranz); widerstandsfähig mit Enttäuschungen und Rückschlägen umgehen; sich zutrauen, die eigene Person und inneres Erleben kreativ auszudrücken; divergent denken; fähig sein zu naturbezogenem sowie ästhetisch ausgerichtetem Erleben; sensibel sein für die eigene Körperlichkeit und psychische Gesundheit, eigene Bedürfnisse wahrnehmen und äußern.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Dazu gehören

emotionale Kompetenzen: den eigenen emotionalen Zustand erkennen, adressaten- und situationsadäquat ausdrücken können und damit umgehen; aversive oder belastende Emotionen bewältigen (Emotionsregulation); emotionale Selbstwirksamkeit; empathisch auf Emotionen anderer eingehen, anderen vertrauen.

Motivation/Lernbereitschaft: sich (auf etwas) einlassen; für eine Sache fiebern; sich motiviert fühlen und andere motivieren; von epistemischer Neugier geleitete Fragen formulieren; sich vertiefen, etwas herausbekommen, einer Sache/Fragestellung auf den Grund gehen; (etwas) durchhalten, etwas vollenden; eine Arbeitshaltung kultivieren (sich Arbeitsschritte vornehmen, Arbeitserfolg kontrollieren).

Lernkompetenz / wissenschaftspropädeutische Kompetenzen: eigenes Lernen reflektieren („Lernen lernen“) und selbst regulieren; Lernstrategien sowohl der Zielsetzung und Zielbindung als auch der Selbstbeobachtung (*self-monitoring*) anwenden; Probleme im Lernprozess wahrnehmen, analysieren und Lösungsstrategien entwickeln; eine positive Fehler-Kultur aufbauen; sich im Spannungsverhältnis zwischen Fremd- und Selbstbestimmung orientieren; fachliches Wissen nutzen und bewerten und dabei seine Perspektivität reflektieren, dabei verschiedene Stufen von Erkenntnis und Wissen erkennen und zwischen diesen differenzieren, auf einem entwickelten/gesteigerten Niveau abstrahieren; in Modellen denken und modellhafte Vorstellungen als solche erkennen; Verfahren und Strategien der Argumentation anwenden; Zitierweisen beherrschen.

Sprachkompetenzen (im Sinne eines erweiterten Sprachbegriffs): unterschiedliche Zeichensysteme beherrschen (*literacy*): Verkehrssprache, Fachsprache, Mathematik, Fremdsprachen, Naturwissenschaften, musisch-künstlerische Fächer, symbolisch-analoges Sprechen (wie etwa in religiösen Kontexten), Ästhetik, Informations- und Kommunikationstechnologien; sich in den unterschiedlichen Symbol- und Zeichengefügen ausdrücken und verstehen; Übersetzungsleistungen erbringen: Verständigung zwischen unterschiedlichen Sprachniveaus und Zeichensystemen ermöglichen.

b) Soziale Kompetenzen: sich verstündigen und kooperieren; Verantwortung übernehmen und Rücksichtnahme praktizieren; im Team agieren; Konflikte aushalten, austragen und konstruktiv lösen; andere Perspektiven einnehmen; von Empathie geleitet handeln; sich durchsetzen; Toleranz üben; Zivilcourage zeigen: sich einmischen und in zentralen Fragen das Miteinander betreffend Stellung beziehen.

Dazu gehören

wertbewusste Haltungen: um Kategorien wie Respekt, Gerechtigkeit, Fairness, Kostbarkeit, Eigentum und deren Stellenwert für das Miteinander wissen; ökologisch nachhaltig handeln; mit friedlicher Gesinnung im Geiste der Völkerverständigung handeln, ethische Normen sowie kulturelle und religiöse Werte kennen, reflektieren und auf dieser Grundlage eine Orientierung für das eigene Handeln gewinnen; demokratische Normen und Werthaltungen im Sinne einer historischen Weltsicht reflektieren und Rückschlüsse auf das eigene Leben in der Gemeinschaft und zum Umgang mit der Natur ziehen; selbstbestimmt urteilen und handeln.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

interkulturelle Kompetenz: Menschen aus verschiedenen soziokulturellen Kontexten und Kulturen vorurteilsfrei sowie im Handeln reflektiert und offen begegnen; sich kulturell unterschiedlich geprägter Identitäten, einschließlich der eigenen, bewusst sein; die unverletzlichen und unveräußerlichen Menschenrechte achten und sich an den wesentlichen Traditionen der Aufklärung orientieren; wechselnde kulturelle Perspektiven einnehmen, empathisch und offen das Andere erleben.

Mit Blick auf gesellschaftliche Entwicklungen und die vielfältigen damit verbundenen Herausforderungen für junge Erwachsene zielt der Erwerb fachlicher und überfachlicher Kompetenzen insbesondere auf die folgenden **drei gesellschaftlichen Dimensionen**, die von übergreifender Bedeutung sind:

Demokratie und Teilhabe / zivilgesellschaftliches Engagement: sozial handeln, politische Verantwortung übernehmen; Rechte und Pflichten in der Gesellschaft wahrnehmen; sich einmischen, mitentscheiden und mitgestalten; sich persönlich für Einzelne und/oder das Gemeinwohl engagieren (aktive Bürgerschaft); Fragen des Zusammenlebens der Geschlechter / Generationen / sozialen Gruppierungen / Kulturen reflektieren; Innovationspotenzial zur Lösung gesellschaftlicher Probleme des sozialen Miteinanders entfalten und einsetzen; entsprechende Kriterien des Wünschenswerten und Machbaren differenziert bedenken.

Nachhaltigkeit / Lernen in globalen Zusammenhängen: globale Zusammenhänge bezogen auf ökologische, soziale und ökonomische Fragestellungen wahrnehmen, analysieren und darüber urteilen; Rückschlüsse auf das eigene Handeln ziehen; sich mit den Fragen, die im Zusammenhang des wissenschaftlich-technischen Fortschritts aufgeworfen werden, auseinandersetzen; sich dem Diskurs zur nachhaltigen Entwicklung stellen, sich für nachhaltige Entwicklung engagieren.

Selbstbestimmtes Leben in der digitalisierten Welt:

Lernkompetenz: digitale Werkzeuge zur Organisation von Lernprozessen nutzen (zum Beispiel Dateiablage, zielgerechte Nutzung von Programmen, Recherche, Gestaltung, Zugriff auf Arbeitsmaterialien über das Internet beziehungsweise schulische Intranet); digitale Bearbeitungswerzeuge handhaben und zur Ergebnisdarstellung nutzen; beim Lernen digital kommunizieren und sich vernetzen (zum Beispiel über Messengerdienste, Videochats) sowie sich gegenseitig unterstützen und sich dabei gegenseitig Lern- und Lösungsstrategien erklären. Medienkompetenz ist heutzutage genauso wichtig wie Lesen, Schreiben und Rechnen. Die Digitalisierung spielt dabei eine zentrale Rolle bei der Vermittlung von digitalen Medien und bereitet die Schüler auf die sich ständig verändernde Lebenswelt vor. Die prozessbezogenen Kompetenzen umfassen Fähigkeiten wie das Strukturieren und Modellieren, Implementieren, Kommunizieren und Darstellen sowie Begründen und Bewerten. Diese Kompetenzen bilden eine Grundlage für lebenslanges Lernen und die Anpassung an den Wandel in der Digitalisierung.

Die Lernenden sollen die Funktionsweise und Struktur von Informatiksystemen verstehen, diese konstruieren können und sich mit den Wechselwirkungen zwischen Digitalisierung, Medienerziehung und Gesellschaft auseinandersetzen. Dabei stellt der Umgang mit Informatiksystemen und Digitalisierungs-Werkzeugen eine grundlegende Qualifikation für die Teilhabe an der Gesellschaft und insbesondere in der Berufswelt dar. Prozess- und inhaltsbezogene

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Kompetenzen, wie zum Beispiel Daten und ihre Spuren, Computerkompetenz, algorithmisches Problemlösen und automatisierte Prozesse sind Bestandteil des Unterrichts.

Personal/Sozial: den Einfluss von digitaler Kommunikation auf eigenes Erleben, soziale Interaktion und persönliche Erfahrungen wahrnehmen und reflektieren; damit verbundene Chancen und Risiken erkennen; Unterschiede zwischen unmittelbaren persönlichen Erfahrungen und solchen in „digitalen Welten“ identifizieren; in der mediatisierten Welt eigene Bedürfnisse wahrnehmen und Interessen vertreten; Möglichkeiten und Risiken digitaler Umgebungen in unterschiedlichen Lebensbereichen (Alltag, soziale Beziehungen, Kultur, Politik) kennen, reflektieren und berücksichtigen: zum Beispiel in sozialen Medien; Umgangsregeln bei digitaler Interaktion kennen und anwenden; Urheberrechte wahren; auch im „online-Modus“ ethisch verantwortungsvoll handeln, das heißt unter anderem einen selbstbestimmten Umgang mit sozialen Netzwerken im Spannungsfeld zwischen Wahrung der Privatsphäre und Teilhabe an einer globalisierten Öffentlichkeit praktizieren.

2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Schwerpunkts

2.1 Beitrag des Schwerpunkts zur Bildung

Biologietechnik ist ein eigenständiges Fach. Sie ist die Anwendung von Wissenschaft und Technik auf lebende Organismen, Teile von ihnen, ihre Produkte oder Modelle von ihnen.

Biologietechnik ist mehr als ein Querschnitt aus ingenieurwissenschaftlichen Fächern, wie zum Beispiel Verfahrenstechnik, und naturwissenschaftlichen Fächern, wie Chemie und Biologie, indem sie mit ihren Forschungsaktivitäten die traditionellen Grenzen der jeweiligen Fächer methodisch und inhaltlich überschreitet.

Der Unterricht im Fach Biologietechnik hat die Theorie und Praxis biotechnologischer Produktions- und Labortechnik sowie deren gesellschaftliche Voraussetzungen und Konsequenzen zum Thema. Er eröffnet den Zugang zu dem breiten Spektrum der im Life-Science-Bereich angesiedelten Ausbildungsmöglichkeiten und Berufe. Als empirische Wissenschaft entwickelt die Biologietechnik Aussagen über die Realität, indem sie aus Beobachtung(en) Theorien ableitet und diese dann wiederum durch Beobachtungen oder Experimente überprüft. Der Zirkel von Beobachtung, Frage und experimenteller Testung zur Verifikation beziehungsweise Falsifizierung macht dabei die naturwissenschaftliche Methode aus. Diesem Aspekt wird Rechnung getragen, indem im Fach Biologietechnik im laborpraktischen Grundkurs die naturwissenschaftliche Methode trainiert wird. Lernenden gelingt es dabei, gewonnene Erkenntnisse und erworbene Kompetenzen von der abstrakten Ebene im Leistungskurs auf die manuelle Ebene im laborpraktischen Grundkurs zu transferieren. Das Konzept vom theoretischen und praktischen Unterricht fördert insbesondere Kompetenzen der Teamfähigkeit und Verlässlichkeit sowie solche des kritischen und gründlichen Arbeitens. Naturwissenschaftlich-technische Bildung gehört zu den konstitutiven Bestandteilen unserer Kultur und unserer historisch gewachsenen technischen Zivilisation.

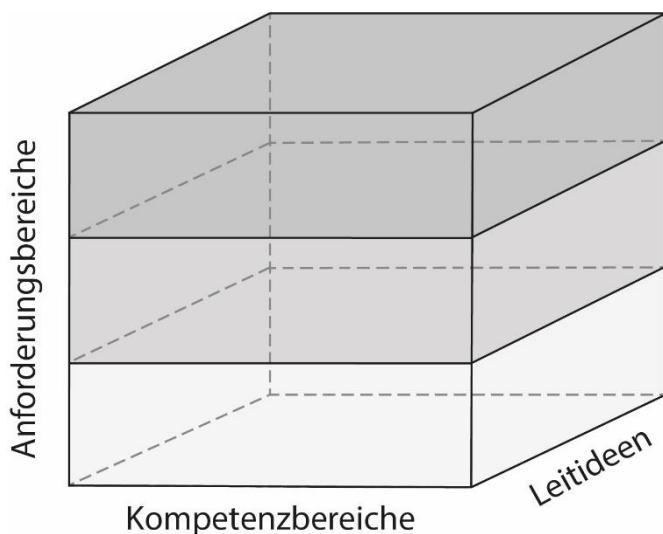
Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

2.2 Kompetenz-Strukturmodell

Das Kompetenz-Strukturmodell des beruflichen Gymnasiums ist dreidimensional aufgebaut:

1. **Kompetenzbereiche** konkretisieren die Handlungsdimensionen;
2. **Leitideen** beschreiben die inhaltlichen Dimensionen;
3. **Anforderungsbereiche** (Oberstufen- und Abiturverordnung / OAVO in der jeweils geltenden Fassung) verknüpfen Leitideen und Kompetenzbereiche. Sie beschreiben mithilfe von Operatoren die einzelnen Niveaustufen.



1. Kompetenzbereiche

- K1: Kommunizieren und Kooperieren
- K2: Analysieren und Interpretieren
- K3: Entwickeln und Modellieren
- K4: Strukturieren und Entscheiden
- K5: Reflektieren und Beurteilen

3. Anforderungsbereiche

- AFB I Reproduktion
- AFB II Reorganisation und Transfer
- AFB III Reflexion und Problemlösung

2. Leitideen

- L1: Stoff-Struktur-Funktion
- L2: Stoff- und Energieumwandlung
- L3: Information und Kommunikation
- L4: Messen und Regeln
- L5: Umwelt und Gesellschaft

Abbildung: Kompetenz-Strukturmodell (Hessische Lehrkräfteakademie 2024)

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Die fünf Kompetenzbereiche erfassen die wesentlichen Aspekte des Handelns in der jeweiligen Fachrichtung beziehungsweise in dem jeweiligen Schwerpunkt. Sie beschreiben kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zwar fachspezifisch geprägt, aber nicht an spezielle Inhalte gebunden sind. Sie können von den Lernenden allerdings nur in der aktiven Auseinandersetzung mit konkreten Fachinhalten erworben werden, weil Inhaltsbereiche in Form von Wissensaspekten und Problemlösungen untrennbar miteinander verknüpft sind. Die hier gewählten Begriffe sind zwar z. T. identisch mit einzelnen Operatoren innerhalb der Anforderungsbereiche im Zusammenhang mit der Abiturprüfung, jedoch sollen sie in Zusammenhang mit dem Kerncurriculum als allgemeine Handlungs- und Problemlösungsansätze verstanden werden.

Die fünf Leitideen reduzieren die Vielfalt inhaltlicher Zusammenhänge auf eine begrenzte Anzahl fachtypischer, grundlegender Prinzipien und strukturieren so einen systematischen Wissensaufbau. Bei aller Unterschiedlichkeit der Themen und Inhalte fassen sie wesentliche Kategorien zusammen, die als grundlegende Denkmuster im jeweiligen Unterrichtsfach immer wiederkehren. Die Leitideen erfassen die Phänomene beziehungsweise Prozesse, die aus der Perspektive der jeweiligen Fachrichtung erkennbar sind.

Drei Anforderungsbereiche erlauben eine differenzierte Beschreibung der erwarteten Kenntnisse, Fähigkeiten und Einsichten: Anforderungsbereich I umfasst in der Regel Reproduktionsleistungen, die Lernenden beschreiben Sachverhalte und wenden gelernte Arbeitstechniken in geübter Weise an. In Anforderungsbereich II werden Reorganisations- und Transferleistungen erwartet, die Lernenden wählen unter verschiedenen Bearbeitungsansätzen selbstständig aus und wenden diese auf vergleichbare neue Zusammenhänge an. Anforderungsbereich III umfasst Reflexion und Problemlösung, kreatives Erarbeiten, Anwenden und Bewerten von Lösungsansätzen in komplexeren und neuartigen Zusammenhängen.

Das Kompetenz-Strukturmodell unterstützt die Übersetzung abstrakter Bildungsziele in konkrete Aufgabenstellungen und Unterrichtsvorhaben. Die Unterscheidung in drei Dimensionen ist sowohl bei der Konstruktion neuer als auch bei der Analyse gegebener Aufgaben hilfreich. Der Erwerb von Kompetenzen geschieht gleichsam in der Verbindung der Kompetenzbereiche mit den Leitideen und den Anforderungsbereichen als Schnittpunkt im Kompetenzwürfel.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

2.3 Kompetenzbereiche

Bildungsstandards beschreiben kognitive Dispositionen für erfolgreiche und verantwortliche Denkoperationen und Handlungen, zur Bewältigung von Anforderungen in allen Fachrichtungen und Schwerpunkten des beruflichen Gymnasiums.

Die in **Kompetenzbereichen** erfassten wesentlichen Aspekte dieser Denkoperationen und Handlungen sind aber nicht an spezielle Inhalte gebunden. Sie lassen sich nicht scharf voneinander abgrenzen und durchdringen sich teilweise.

Wissenschafts- und Handlungsorientierung sind die grundlegenden Prinzipien des Arbeitens in den Fachrichtungen beziehungsweise Schwerpunkten des beruflichen Gymnasiums. Um diese Gemeinsamkeiten zu verdeutlichen, sind die Kompetenzbereiche in allen Fachrichtungen und Schwerpunkten gleichlautend bezeichnet. Die konkretisierenden Beschreibungen weisen sowohl Übereinstimmungen als auch fachspezifische Besonderheiten aus.

Die Kompetenzbereiche gehen dabei von den Kompetenzbereichen in den Kerncurricula der Sekundarstufe I und der gymnasialen Oberstufe aus und werden für das berufliche Gymnasium weiterentwickelt. Zugrunde gelegt werden die Vorgaben der Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) für die jeweilige Fachrichtung beziehungsweise den jeweiligen Schwerpunkt.

Kommunizieren und Kooperieren (K1)

Kommunikation ist der Austausch und die Vermittlung von Informationen durch mündliche, schriftliche oder symbolische Verständigung unter Verwendung der Fachsprache. Mithilfe von Zeichnungen, Texten, Tabellen, Diagrammen, Symbolen und anderen spezifischen Kennzeichnungen tauschen sich die Lernenden über Fachinhalte aus und bringen sich aktiv in Diskussionen ein. Eigene Beiträge werden unter Verwendung adäquater Medien präsentiert. Bei der Dokumentation von Problemlösungen und Projekten können sie selbstständig fachlich korrekte und gut strukturierte Texte verfassen, normgerechte Zeichnungen erstellen sowie Skizzen, Tabellen, Kennlinien oder Diagramme verwenden.

Kooperation ist eine wesentliche Voraussetzung zur Problemlösung und Projektentwicklung. Die Lernenden vereinbaren gemeinsam Ziele, verständigen sich über die Arbeitsaufteilung und Zuständigkeiten, definieren Schnittstellen und planen Termine. Sie übernehmen für den eigenen Bereich und das gesamte Projekt oder die Untersuchung Verantwortung, halten sich an Absprachen, unterstützen sich gegenseitig, arbeiten effektiv und in angemessener Atmosphäre zusammen. Auftretende Konflikte lösen sie respektvoll und sachbezogen.

In der Biologietechnik dient Kommunikation sowohl der angemessenen mündlichen und schriftlichen Verständigung unter Verwendung von Fachsprache als auch der Erschließung von Texten und Dokumenten sowie der Dokumentation von Arbeitsergebnissen, insbesondere beim Experimentalunterricht. Die Lernenden sprechen adressatengerecht über Fachinhalte und bringen sich zielführend in den Fachdiskurs ein. Die Fachsprache setzen sie in diesem Zusammenhang unter Verwendung spezifischer Symbole, Zeichen und Begriffe im fachimmanenten Formalismus ein. Das Fach Biologietechnik greift dabei die Standards der zugrundeliegenden Disziplinen Mathematik, Physik, Chemie, Biologie und Technik zielgerichtet auf.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Kooperationsfähigkeit ist Voraussetzung für gute Zusammenarbeit in den häufig wechselnden Sozialformen. Die Durchführung von komplexeren Experimenten im Fach Biologietechnik erfordert arbeitsteiliges Vorgehen durch die Lernenden. Die Lernenden vereinbaren gemeinsam Arbeitsschritte, verständigen sich über Arbeitsaufteilung und Zuständigkeiten, definieren Schnittstellen und planen den Ablauf des jeweiligen Experiments. Sie übernehmen für den eigenen Bereich und das gesamte Projekt Verantwortung, halten sich an die Absprachen, helfen sich gegenseitig und arbeiten effektiv und in sachbezogener Atmosphäre zusammen.

Analysieren und Interpretieren (K2)

Nachdem die Sachverhalte angemessen erfasst und kommuniziert sind, müssen die dahinter stehenden Zusammenhänge in einzelne Elemente zerlegt, auf der Grundlage von Kriterien untersucht und geordnet sowie die dahinter stehenden Prinzipien herausgearbeitet und verstanden werden. Dies ermöglicht, Beziehungen, Wirkungen und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Elementen zu interpretieren oder auch völlig neue Zusammenhänge zu entwickeln.

In der Biologietechnik analysieren die Lernenden die Ergebnisse von Untersuchungen mit fachgerechten Formalismen aus den Bereichen der Basisdisziplinen (zum Beispiel Rechenregeln, Stöchiometrie). Untersuchungen finden zum Beispiel auf der Ebene von Zellen, Enzymen, Transkriptionseinheiten und biotechnischen Prozessen statt. Die Lernenden interpretieren die Ergebnisse von Analysen, indem sie einen Bezug zu Modellen herstellen und mit ihren Hypothesen abgleichen. Hierbei wird auf verschiedene Datenformate zurückgegriffen (zum Beispiel Diagramme, Tabellen, mikroskopische Zeichnungen und Fotografien), um die unterschiedlichen Organisationsebenen lebender und technischer Systeme angemessen darzustellen.

Entwickeln und Modellieren (K3)

Dieser Kompetenzbereich beschreibt die Reduktion komplexer realer Verhältnisse auf vereinfachte Abbildungen, Prinzipien und wesentliche Einflussfaktoren. Hierzu gehört sowohl das Konstruieren passender Modelle als auch das Verstehen oder Bewerten vorgegebener Modelle. Typische Teilschritte des Modellierens sind das Strukturieren und Vereinfachen vorhandener Realsituationen, das Übersetzen realer Gegebenheiten in Modelle und das Interpretieren der Modellergebnisse im Hinblick auf Stimmigkeit und Angemessenheit.

Entwickeln und Modellieren erfolgt unter Anwendung spezifischer Theorien und führt zum Verständnis komplexer Sachverhalte sowie zur Entwicklung von Strukturen und Systemen, die als Ersatzsysteme fungieren und die Realität in eingeschränkter, aber dafür überschaubarer Weise abbilden. Im Modellierungsprozess entwickeln die Lernenden Modelle, die wesentliche Elemente der Problemlösung beinhalten und in Prinzipien und Systembetrachtungen zum Ausdruck kommen.

In der Biologietechnik entwickeln die Lernenden problembezogene Lösungsstrategien und Erklärungen unter Einbeziehung naturwissenschaftlicher Definitionen, Regeln, Prinzipien, Gesetzmäßigkeiten und Theorien. Sie übertragen diese ausgehend von Modellen auf konkrete

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Anwendungssituationen wie Experimente und nutzen sie als Grundlage für Prognosen (Hypothesen) zu Versuchsergebnissen. So lernen sie einen Sachverhalt von einer konkreten Ebene (Daten) auf eine abstrakte Ebene (Modell) zu übertragen.

Strukturieren und Entscheiden (K4)

Die Lernenden entscheiden sich mit Bezug auf fachliche Kriterien begründet für einen Problemlösungsansatz und implementieren festgelegte Strukturen und Prozessabläufe unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen, Regeln und Zielvorgaben in ein konkretes System.

In der Biologietechnik ist die eigenständige Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen ein zentrales Unterrichtselement. Die Lernenden strukturieren den Versuchsablauf auf der Grundlage ihrer Unterrichtserfahrungen und ihrer bereits erworbenen Fachkenntnisse. Sie entscheiden dabei über die apparativen und instrumentellen Faktoren des Experiments sowie der Messwerterfassung. Diese Vorgehensweise wird auch bei text- beziehungsweise internetbasierten Aufgabenstellungen angewendet.

Reflektieren und Beurteilen (K5)

Die Lernenden reflektieren nach vorgegebenen oder selbst gewählten Kriterien Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten, Unterschiede sowie Vor- und Nachteile von Arbeitsergebnissen. Sie stellen Problemlösungen in angemessener Weise dar. In einer Begründung sichern sie die gegebenen Aussagen oder Sachverhalte fachlich fundiert durch rational nachvollziehbare Argumente, Belege oder Beispiele ab und beurteilen ihre gefundenen Lösungsansätze.

Die kritische Reflektion geht dem Urteil über einen Sachverhalt in der Biologietechnik wie in den Naturwissenschaften insgesamt voran. Reflektiert und beurteilt werden die Grenzen von Modellen anhand von Untersuchungsergebnissen. Die Lernenden werden so motiviert, die Tauglichkeit verschiedener Theorien vor der Realität der Daten gegeneinander abzuwägen.

In der Technik, anders als in einem rein wissenschaftlichen Fach, sind gesetzliche Normen aus dem Bereich von Umwelt-, Arbeitsschutz- und Verbraucherschutz in das praktische Handeln reflektierend einzubeziehen. Die experimentelle Planung schließt in der Technik die Beurteilung der Rechtslage ein, zum Beispiel Tierschutz, Gefahrstoffrecht, Ersatzstoffprüfung, Entsorgung und oder Gefährdungsbeurteilung.

Kompetenzerwerb in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen

Fachübergreifende und fächerverbindende Lernformen ergänzen fachliches Lernen in der gymnasialen Oberstufe und im beruflichen Gymnasium und sind unverzichtbarer Bestandteil des Unterrichts (vgl. § 7 Absatz 7 OAVO). Diese Lernformen lassen sich in möglicher Bezugnahme sowohl auf andere fachrichtungs- und schwerpunktbezogene Fächer als auch auf die des allgemein bildenden Bereichs umsetzen. In diesem Zusammenhang gilt es insbesondere auch, die Kompetenzbereiche der Fächer zu verbinden und dabei zugleich die Dimensionen überfachlichen Lernens sowie die besonderen Bildungs- und Erziehungsaufgaben, erfasst in Aufgabengebieten (vgl. § 6 Absatz 4 Hochschulgesetz / HSchG), zu berücksichtigen. So kön-

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

nen Synergiemöglichkeiten ermittelt und genutzt werden. Für die Lernenden ist diese Vernetzung zugleich Voraussetzung und Bedingung dafür, Kompetenzen in vielfältigen und vielschichtigen inhaltlichen Zusammenhängen und Anforderungssituationen zu erwerben.

Damit sind zum einen Unterrichtsvorhaben gemeint, die mehrere Fächer gleichermaßen berühren und unterschiedliche Zugangsweisen der Fächer integrieren. So lassen sich zum Beispiel in Projekten – ausgehend von einer komplexen problemhaltigen Fragestellung – fachübergreifend und fächerverbindend sowie unter Bezugnahme auf die drei herausgehobenen überfachlichen Dimensionen (vgl. Abschnitt 1.3) komplexere inhaltliche Zusammenhänge und damit Bildungsstandards aus den unterschiedlichen Kompetenzbereichen der Fächer erarbeiten. Können im fachbezogenen Unterricht Themenstellungen bearbeitet werden, die – ausgehend vom Fach und einem bestimmten Themenfeld – auch andere, eher benachbarte Fächer berühren. Dies erweitert und ergänzt die jeweilige Fachperspektive und trägt damit zum vernetzten Lernen bei.

2.4 Strukturierung der Fachinhalte (Leitideen)

Die Bewältigung von anforderungsreichen Problemsituationen erfordert das permanente Zusammenspiel von Handlungen (Kompetenzbereiche) und Wissen (Leitideen). Die jeweiligen fachlichen Inhalte werden Leitideen zugeordnet, die nicht auf bestimmte Themenbereiche begrenzt sind. Diese Leitideen bilden den strukturellen Hintergrund des Unterrichts und bauen ein tragfähiges Gerüst für ein Wissensnetz auf.

Stoff-Struktur-Funktion (L1)

Biologische und biotechnische Systeme lassen sich durch die Stoffzusammensetzung, die Strukturführung und die Funktionsmerkmale weitgehend beschreiben. Dabei lassen sich die Funktionsmerkmale aus der stofflichen Zusammensetzung und der Struktur heraus deuten.

In dieser Leitidee werden die Bezüge zwischen molekularen Strukturen und den beobachteten Eigenschaften der Stoffe hergestellt. Daraus abgeleitet ergeben sich Strukturen und Funktionen biologischer Systeme. Beispielhaft seien das Molekül Lecithin und die Zellstruktur der Biomembran mit deren Funktion genannt. Analoges gilt für die Technik, wie zum Beispiel bei der Agarose-Gelelektrophorese. Das Molekül Agarose bildet eine Netzstruktur, die die Trennung von geladenen Molekülen ermöglicht (Funktion).

Stoff- und Energieumwandlung (L2)

Biologische und biotechnische Systeme sind durch eine kontinuierliche Umwandlung von Stoffen gekennzeichnet. Dabei unterscheidet man zwischen Katabolismus und Anabolismus. Die Umwandlungen von Stoffen sind mit stetigen Energieflüssen und Energieumwandlungen verknüpft.

Die Stoff- und Energieumwandlung erfordert die thermodynamische Beschreibung und Deutung biochemischer, zellulärer und technischer Systeme. Beispielhaft seien die thermodynamische Steuerung enzymatischer Reaktionen wie auch der Polymerasekettenreaktion (PCR) genannt. Die Leitidee L2 steht als Mittler zwischen den Leitideen L1 Stoff-Struktur-Funktion und L4 Messen und Regeln.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Information und Kommunikation (L3)

In biologischen und biotechnischen Systemen finden permanent Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Weitergabe von Informationen statt.

Diese Leitidee richtet den Blick auf Informationen auf molekularer Ebene und deren Einbindung in zelluläre Strukturen. Beispielhaft seien die Genexpression und die Proteinbiosynthese oder die Signaltransduktion genannt.

Für technische Anwendungen kommen die Risikobewertung von Gefahrstoffen, sowie spezifische Konventionen und Normen in der Fachsprache, beim Führen von Versuchsprotokollen und Laborheften hinzu.

Messen und Regeln (L4)

Biologische und biotechnische Systeme sind durch ständig fließende Gleichgewichte von Stoff und Energie charakterisiert. Diese werden durch Messen und Regeln, also mithilfe von Sensoren und Effektoren, eingestellt und angepasst.

Beispielhaft seien allosterische Enzyme genannt. Sie messen die Stoffkonzentrationen regulierender Effektormoleküle und setzen sie in Reaktionsgeschwindigkeiten des Substrates um. Sie regeln somit Reaktionen und verändern Stoffwechselwege und deren konkurrierende Gleichgewichtslagen. Analoges gilt zum Beispiel für die Regelung eines Bioreaktors.

Umwelt und Gesellschaft (L5)

Die Fachrichtungen und Schwerpunkte des beruflichen Gymnasiums sind eingebunden in das komplexe Netzwerk des gesellschaftlichen Bezugsrahmens. Bei kritischer Reflexion fachrichtungs- und / oder schwerpunktbezogener Sachzusammenhänge sind auch politische, ethische, gesellschaftliche, soziale, ökologische und ökonomische Einflussfaktoren zu berücksichtigen, um nachhaltiges, verantwortungsvolles und ressourcenorientiertes Handeln zu ermöglichen.

Biologietechnik als Life Science ist ein Wirtschaftsfaktor und damit im Spannungsfeld von Gesellschaft und Umwelt zu verorten. Sie bewegt sich eingebettet in die Gesellschaft im Kontext von Natur- und Artenschutz auf der einen und Arbeitsschutz auf der anderen Seite. Für die Arbeit im Labor sind diese Wechselbeziehungen des Faches mit den Bereichen Umwelt und Gesellschaft in einem staatlich vorgegebenen Rechtsrahmen konkretisiert. Beispielhaft seien hier die Sicherheitsbelehrung im Unterricht, das Führen des Laborheftes und die Erstellung einer exemplarischen Betriebsanweisung genannt. Weitere wichtige gesetzliche Grundlagen sind die Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung GefStoffV), die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung BioStoffV), das Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz GenTG) und die Verordnung über die Sicherheitsstufen und Sicherheitsmaßnahmen bei gentechnischen Arbeiten in gentechnischen Anlagen (Gentechnik-Sicherheitsverordnung GenTSV).

3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte

3.1 Einführende Erläuterungen

Nachfolgend werden die mit Abschluss des beruflichen Gymnasiums erwarteten fachlichen Kompetenzen in der jeweiligen Fachrichtung beziehungsweise dem jeweiligen Schwerpunkt in Form von Bildungsstandards, gegliedert nach Kompetenzbereichen (Abschnitt 3.2), sowie die verbindlichen Unterrichtsinhalte (Abschnitt 3.3), thematisch strukturiert in Kurshalbjahre und Themenfelder, aufgeführt. Kurshalbjahre und Themenfelder sind durch verbindlich zu bearbeitende inhaltliche Aspekte konkretisiert und durch ergänzende Erläuterungen didaktisch fokussiert.

Im Unterricht werden Bildungsstandards und Themenfelder so zusammengeführt, dass die Lernenden in unterschiedlichen inhaltlichen Kontexten die Bildungsstandards – je nach Schwerpunktsetzung – erarbeiten können. Mit wachsenden Anforderungen an die Komplexität der Zusammenhänge und kognitiven Operationen entwickeln sie in entsprechend gestalteten Lernumgebungen ihre fachlichen Kompetenzen weiter.

Die Themenfelder bieten die Möglichkeit – im Rahmen der Unterrichtsplanung didaktisch-methodisch aufbereitet – jeweils in thematische Einheiten umgesetzt zu werden. Zugleich lassen sich inhaltliche Aspekte der Themenfelder, die innerhalb eines Kurshalbjahres vielfältig miteinander verschränkt sind und je nach Kontext auch aufeinander aufbauen können, themenfeldübergreifend in einen unterrichtlichen Zusammenhang stellen.

Themenfelder und inhaltliche Aspekte sind über die Kurshalbjahre hinweg so angeordnet, dass im Verlauf der Lernzeit – auch Kurshalbjahre übergreifend – immer wieder Bezüge zwischen den Themenfeldern hergestellt werden können. In diesem Zusammenhang bieten die Leitideen (vgl. ausführliche Darstellung in Abschnitt 2.4) Orientierungshilfen, um fachliches Wissen zu strukturieren, anschlussfähig zu machen und zu vernetzen.

Die Bildungsstandards sind nach Anforderungsbereichen differenziert. In den Kurshalbjahren der Qualifikationsphase setzen sich die Lernenden mit den Fachinhalten des Leistungskurses sowie den Fachinhalten des Grundkurses auseinander. Die jeweils fachbezogenen Anforderungen, die an Lernende in Leistungs- und Grundkurs gestellt werden, unterscheiden sich wie folgt: „Grundkurse vermitteln grundlegende wissenschaftspropädeutische Kenntnisse und Einsichten in Stoffgebiete und Methoden, Leistungskurse exemplarisch vertieftes wissenschaftspropädeutisches Verständnis und erweiterte Kenntnisse.“ (§ 8 Absatz 2 OAVO).

Im Unterricht ist ein Lernen in Kontexten anzustreben. Kontextuelles Lernen bedeutet, dass Fragestellungen aus der Praxis der Forschung, gesellschaftliche, technische und ökonomische Fragestellungen und solche aus der Lebenswelt der Lernenden den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden. Geeignete Kontexte beschreiben Situationen mit Problemen, deren Relevanz für die Lernenden erkennbar ist und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

3.2 Bildungsstandards des Schwerpunkts

Kompetenzbereich: Kommunizieren und Kooperieren (K1)

Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K1.1** ■ fachliche Sachverhalte unter Verwendung der Fach- und Symbolsprache aus den Bereichen Mathematik, Physik, Chemie, Biologie und Technik beschreiben,
- K1.2** ■ die Unterrichtsinhalte in einem Fachheft unter Verwendung von Fachsprache und Fachformalismen zusammenfassen,
- K1.3** ■ im Laborunterricht ein Laborheft führen.

Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K1.4** ■ Sachverhalte in verschiedenen symbolischen Formalismen der Fachsprache lesen und darstellen (zum Beispiel Reaktionsgleichungen, Dreisatz, Diagramme, Datentabellen),
- K1.5** ■ die Durchführung und Beobachtung von Experimenten detailgenau, zeichnerisch und fachsprachlich im Versuchsprotokoll korrekt in einem Laborheft dokumentieren, auswerten und deuten,
- K1.6** ■ Arbeitsprozesse arbeitsteilig strukturieren.

Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K1.7** ■ eine Datendokumentation papiergestützt mit elektronischen Plattformen gestalten,
- K1.8** ■ die Arbeitsabläufe in arbeitsteiligen Prozessen bewerten.

Kompetenzbereich: Analysieren und Interpretieren (K2)

Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K2.1** ■ die Aussagen eines Fachtextes, eines Diagrammes, einer Fachskizze oder die Ergebnisse eines Experiments beschreiben, in Fachsymbolik darstellen und zusammenfassen,
- K2.2** ■ Daten aus einer Untersuchung einem fachgemäßen Bezugssystem zuordnen,

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

- K2.3** ■ zelluläre und biomolekulare Strukturen und Eigenschaften benennen und beschreiben,

- K2.4** ■ Stoffwechselketten in Summengleichungen zusammenfassen.

Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K2.5** ■ Ergebnisse biochemischer, molekularbiologischer und mikrobiologischer Untersuchungen auswerten und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Integrationsebenen herleiten,

- K2.6** ■ Eigenschaften biologischer Systeme anhand der Molekül- und Zellstruktur vergleichen und begründen,

- K2.7** ■ Datenreihen und Einzelergebnisse eines Versuches auswerten.

Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K2.8** ■ die Qualität von Informationen und Daten und diese beeinflussende Faktoren identifizieren sowie deren mögliche Auswirkungen diskutieren,

- K2.9** ■ geeignete Methoden zur Datenbearbeitung und -verarbeitung bestimmen und diese Vorgehensweise begründen,

- K2.10** ■ die aus der Interpretation von Informationen und Daten gewonnenen Schlüsse mithilfe existierender Modellvorstellungen überprüfen.

Kompetenzbereich: Entwickeln und Modellieren (K3)

Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K3.1** ■ für Experimente die geeigneten Laborgeräte auswählen,

- K3.2** ■ zur Darstellung experimenteller Daten geeignete Darstellungsformen (zum Beispiel Tabellen, Diagramme, Skizzen, Fließschemata, Texte) auswählen sowie diese umsetzen und ineinander überführen,

- K3.3** ■ grundlegende physikalische, chemische und biologische Modelle beschreiben,

- K3.4** ■ grundlegende Vorgänge des Stoffwechsels, der Molekularbiologie, der Gentechnik und der Immunbiologie beschreiben.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K3.5** ■ physikalische, chemische und biologische Sachverhalte auf biotechnische Systeme übertragen,
- K3.6** ■ ein Modell datengestützt weiter entwickeln,
- K3.7** ■ zu einer vorgegebenen Problemstellung mit einem bekannten Modell eine Hypothese entwickeln,
- K3.8** ■ gegebene Informationen oder Daten mithilfe eines vorhandenen Modells oder einer Theorie deuten.

Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K3.9** ■ zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranleitung entwerfen,
- K3.10** ■ aus gegebenen Informationen ein erweitertes Modell entwickeln,
- K3.11** ■ Deutungen von biotechnischen Sachverhalten über geeignete Modelle begründen,
- K3.12** ■ Laborversuche zur Testung einer Hypothese entwickeln.

Kompetenzbereich: Strukturieren und Entscheiden (K4)

Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K4.1** ■ Vorschriften zur Durchführung von Experimenten in planmäßiges praktisches Handeln im Labor überführen,
- K4.2** ■ Informationen aus verschiedenen fachbezogenen Quellen strukturiert auswählen und zusammenfassen,
- K4.3** ■ Arbeitsanweisungen in ein Fließschema überführen.

Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K4.4** ■ alternative experimentelle Verfahren vergleichen, bewerten und auswählen,
- K4.5** ■ Modellstrukturen aus gegebenen Informationen oder Daten ableiten,
- K4.6** ■ gegebene Informationen in eine fachbezogene Lösungsstruktur einordnen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K4.7** ■ die charakteristische Struktur bekannter Modellvorstellungen zur Deutung von Befunden in einem neuen Themenfeld nutzen,
- K4.8** ■ alternative Untersuchungsmethoden im Hinblick auf ihre Eignung bewerten, um Hypothesen zu verifizieren beziehungsweise zu falsifizieren,
- K4.9** ■ gesetzliche Rahmenbedingungen in experimentelles Arbeiten implementieren,
- K4.10** ■ Hypothesen anhand von Daten überprüfen.

Kompetenzbereich: Reflektieren und Beurteilen (K5)

Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K5.1** ■ die Gefahren von Stoffen benennen und Gefahr- und Biostoffe korrekt handhaben beziehungsweise entsorgen,
- K5.2** ■ Betriebsanweisungen für Laborgeräte, Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe korrekt anwenden.

Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K5.3** ■ die Ergebnisse ihrer Versuche anhand der Durchführung und der Datenqualität kritisch überprüfen,
- K5.4** ■ eine Versuchsmethode im Hinblick auf eine veränderte Aufgabenstellung optimieren.

Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K5.5** ■ Gefährdungen durch Gefahr- und Biostoffe sowie Laborgeräte aufgrund von Sicherheitsdatenblättern und Betriebsanweisungen erkennen und bei experimentellem Arbeiten berücksichtigen,
- K5.6** ■ Erkenntnisse aus Untersuchungen mit Modellorganismen auf andere biologische und technische Systeme übertragen und beurteilen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder

Dem Unterricht in der **Einführungsphase** kommt mit Blick auf den Übergang in die Qualifikationsphase eine Brückenfunktion zu.

Eine Besonderheit des beruflichen Gymnasiums ist seine Organisation nach beruflichen Fachrichtungen und Schwerpunkten, die bereits zu Beginn der Oberstufe einen Leistungskurs festlegt. Mit Eintritt in diese Schulform belegen die Lernenden neben den allgemein bildenden Fächern neue fachrichtungs- und schwerpunktbezogene Unterrichtsfächer, die den Fächerkanon der Sekundarstufe I erweitern. Einerseits erhalten Lernende so die Möglichkeit, das in der Sekundarstufe I erworbene Wissen und Können zu festigen und zu vertiefen beziehungsweise zu erweitern (Kompensation). Auf diese Weise kann es ihnen gelingen, Neigungen und Stärken zu identifizieren, um auf die Wahl eines allgemein bildenden Leistungskurses und der allgemein bildenden Grundkurse entsprechend vorbereitet zu sein.

Andererseits beginnen sie mit dem Eintritt in das berufliche Gymnasium neu mit fachrichtungs- und schwerpunktbezogenen Fächern, in denen sie ohne schulisches Vorwissen an das systematische wissenschaftspropädeutische Arbeiten herangeführt werden. Damit wird eine solide Ausgangsbasis geschaffen, um in der Qualifikationsphase erfolgreich zu lernen. Die Themenfelder der Einführungsphase sind dementsprechend ausgewählt und bilden die Basis für die Qualifikationsphase.

In der **Qualifikationsphase** erwerben die Lernenden sowohl im Unterricht der jeweiligen fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Fächer als auch in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen eine solide Wissensbasis und wenden ihr Wissen bei der Lösung zunehmend anspruchsvoller und komplexer Frage- und Problemstellungen an. Dabei erschließen sie Zusammenhänge zwischen Wissensbereichen und erlernen Methoden und Strategien zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien. Der Unterricht in der Qualifikationsphase zielt auf selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen und Arbeiten sowie auf die Weiterentwicklung der Kommunikationsfähigkeit; der Erwerb einer angemessenen Fachsprache ermöglicht die Teilhabe am fachbezogenen Diskurs. Durch die Wahl von Grundkursen und einem Leistungskurs in den allgemein bildenden Fächern haben die Lernenden die Möglichkeit, auf unterschiedlichen Anspruchsebenen zu lernen und ein individuelles Leistungsprofil zu entwickeln. Darüber hinaus können sie durch die Entscheidung für eine bestimmte Fachrichtung oder einen bestimmten Schwerpunkt innerhalb des Kanons der fachrichtungs- und schwerpunktbezogenen Fächer relevante Kompetenzen erlangen. Dementsprechend beschreiben die Bildungsstandards und die verbindlichen Themenfelder die Leistungserwartungen für das Erreichen der allgemeinen Hochschulreife.

Verbindliche Regelungen zur Bearbeitung der Themenfelder**Einführungsphase**

In der Einführungsphase Themenfelder verbindlich festgelegt (vgl. Kurshalbjahresthemen). Die „zum Beispiel“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder nicht aus fachlichen Erfordernissen ableiten lässt, kann die Reihenfolge frei gewählt werden. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind je Kurshalbjahr etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – in der Regel entspricht dies circa zwölf Unterrichtswochen – vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen, zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder vollumfänglich oder teilweise zu bearbeiten.

Qualifikationsphase

In den Kurshalbjahren Q1-3 sind die Themenfelder 1 und 2 verbindliche Grundlage des Unterrichts. Durch Erlass wird ein weiteres Themenfeld in zwei dieser drei Kurshalbjahre sowie ein Themenfeld im Kurshalbjahr Q4 verbindlich festgelegt, insgesamt gelten also neun verbindliche Themenfelder für die schriftlichen Abiturprüfungen. Ergänzend können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb dieser Themenfelder ausgewiesen werden. Die „zum Beispiel“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder nicht aus fachlichen Erfordernissen ableitet, kann die Reihenfolge frei gewählt werden. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – in Q1-3 in der Regel zwölf Unterrichtswochen und in der Q4 in der Regel vier Unterrichtswochen – vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen oder zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder zu bearbeiten.

Bedeutung der fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Leistungskurse

Die fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Leistungskurse führen einerseits in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe und Strukturen ein. Sie machen dabei wesentliche Arbeits- und Fachmethoden sowie Darstellungsformen bewusst und erfahrbar. Andererseits richten sie sich auf Inhalte, Modelle, Theorien und Arbeitsweisen, so dass die Komplexität und die Differenziertheit der Fachrichtung beziehungsweise des Schwerpunkts deutlich werden. Der Unterricht ist auf eine Beherrschung der Arbeits- und Fachmethoden, deren selbstständige Anwendung, Übertragung und Reflexion sowie auf ein exemplarisch vertieftes wissenschaftspropädeutisches Arbeiten ausgerichtet.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Bedeutung der fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Grundkurse

Bei den fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Grundkursen können zwei grundlegende Typen unterschieden werden.

Die einen – wie im vorliegenden Schwerpunkt das Fach Laborpraxis Biologietechnik – verstärken und vertiefen das berufsbezogene Kompetenzprofil des Leistungskurses, indem neben der Wissenschaftspropädeutik Anwendungsbezug und Praxisorientierung betont werden.

Die anderen erweitern das berufsbezogene Kompetenzprofil indem sie eigenständige, für die berufliche Fachrichtung beziehungsweise den beruflichen Schwerpunkt bedeutsame Fächer abbilden.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Übersicht über die Themen der Kurshalbjahre und die Themenfelder

Biologietechnik stellt mithilfe lebender Systeme Produkte her. Die Biologietechnik bedient sich dazu unter anderem folgender vier biologischer Werkzeuge: Zellen, Enzyme, Transkriptions-einheiten und monoklonaler Antikörper. Aufbau und Schwerpunkte des Unterrichts sind dem Ziel verpflichtet, dass die Lernenden ein Verständnis der biologischen Grundlagen dieser Werkzeuge gewinnen können und über Fertigkeiten verfügen, sie technisch anzuwenden.

Einführungsphase (E1/E2)

Biologietechnik		Laborpraxis Biologietechnik	Technische Kommunikation und Datenverarbeitung
E	Die Zelle als biotechnisches Werkzeug	Zytologische, mikrobiologische und labortechnische Arbeitsweisen	Technische Kommunikation und Datenverarbeitung
	E.1 Labortechnik	E.1 Grundlagen der Labor-praxis	E.1 Laborheft und Protokoll-führung
	E.2 Biomoleküle charakteri-sieren und analysieren	E.2 Herstellen und Untersu-chen von Lösungen	E.2 Technisches Rechnen
	E.3 Struktur und Funktion von Zellen	E.3 Stoffeigenschaften von Biomolekülen	E.3 Messwerterfassung, Auswertung und Daten-verarbeitung
	E.4 Allgemeine Grundlagen der Mikrobiologie	E.4 Mikroskopische Präpa-rate anfertigen, zeich-nen und beschriften	E.4 Statistische Auswertung von Messdaten/ Prozessgrößen
	E.5 Kern- und Zellteilung	E.5 Mikrobiologische Arbeitstechniken I	E.5 Betriebsanleitung für ein Kleinlaborgerät
	E.6 Embryonalentwicklung	E.6 Zellkulturtechniken	
	E.7 Säure-Base-Haushalt in biologischen Systemen		
	verbindlich: Themenfelder E.1 bis E.5	verbindlich: Themenfelder E.1 bis E.5	verbindlich: Themenfelder E.1 bis E.4

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Qualifikationsphase (Q1/Q2)

Biologietechnik (LK)		Laborpraxis Biologietechnik (GK)
Q1	Biochemische Grundlagen der Biologietechnik	Biochemische Arbeitstechniken in der Biologietechnik
	Q1.1 Grundlagen der Enzymologie, Grundlagen des Gärungsstoffwechsels	Q1.1 Qualitative und quantitative Untersuchungen der Eigenschaften und Wirkungsweisen von Enzymen
	Q1.2 Enzymologische Messverfahren	Q1.2 Grundlagen der Fotometrie und quantitative Bestimmungen
	Q1.3 Biochemie des Stoffwechsels der Fette	Q1.3 Grundlagen der Stofftrennung von Zellinhaltsstoffen
	Q1.4 Bau und Funktion von Proteinen	Q1.4 Gärungsstoffwechsel
		Q1.5 Eigenschaften von Aminosäuren
	verbindlich: Themenfelder Q1.1 und Q1.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q1.3 bis Q1.4, durch Erlass festgelegt;	verbindlich: Themenfelder Q1.1 bis Q1.3

Biologietechnik (LK)		Laborpraxis Biologietechnik (GK)
Q2	Molekularbiologische und gentechnische Grundlagen der Biologietechnik	Molekularbiologische und gentechnische Arbeitstechniken in der Biologietechnik
	Q2.1 Molekularbiologische Grundlagen	Q2.1 DNA-Isolierung und DNA-Nachweis
	Q2.2 Gentechnische Grundoperationen I	Q2.2 Methoden der Nukleinsäureanalytik
	Q2.3 Analytik von Nukleinsäuren	Q2.3 Transformation und Selektion
	Q2.4 Humangenetische Untersuchungen	Q2.4 Polymerase Kettenreaktion
	Q2.5 Regulationsmechanismen eukaryotischer Genome	Q2.5 Genregulation bei Bakterien
		Q2.6 Methoden der klassischen Genetik
	verbindlich: Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q2.3 bis Q2.5 durch Erlass festgelegt	verbindlich: Themenfelder Q2.1 bis Q2.3 sowie ein weiteres, ausgewählt durch die Lehrkraft

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

Qualifikationsphase (Q3/Q4)

Biologietechnik (LK)		Laborpraxis Biologietechnik (GK)	Biologietechnik (eGK)
Q3	Theorie der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen	Praxis der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen	Ausgewählte Aspekte der Biologietechnik
	Q3.1 Gentechnische Grundoperationen II und Verfahren	Q3.1 Präparation von technischen Protei- nen und Enzymen	Q3.1 Infektionsbiologie mit Mikroorganismen
	Q3.2 Immunbiologische Grundlagen und abgeleitete techni- sche Verfahren	Q3.2 Herstellung klassi- scher und aktueller biotechnischer Pro- dukte mit Isolation oder Reinigung und Charakterisierung	Q3.2 Evolutionsmechanis- men in Biologie, Medizin und Technik
	Q3.3 Transgene Tiere	Q3.3 Immunbiologische Verfahren und Pro- dukte	Q3.3 Methoden der Tier- und Pflanzenzüchtung
	Q3.4 Transgene Pflanzen	Q3.4 Mikrobiologische Arbeitstechniken II	Q3.4 Neurophysiologie
	Q3.5 Stammzell- und Klonierungstechnik	Q3.5 Experimente zur Fotosynthese	Q3.5 Ökologische Zusammenhänge
			Q3.6 Fotosynthese und Pflanzenphysiologie
	verbindlich: Themenfelder Q3.1 und Q3.2 sowie gegebenenfalls ein weite- res Themenfeld aus den Themenfel- dern Q3.3 bis Q3.5, durch Erlass festgelegt	verbindlich: Themenfelder Q3.1 bis Q3.3	verbindlich: zwei Themenfelder aus Q3.1 bis Q3.6, ausgewählt durch die Lehrkraft.

Biologietechnik (LK)		Laborpraxis Biologietechnik (GK)
Q4	Theorie der Biologietechnik in techni- schen und gesellschaftlichen Kontexten	Praxis der Biologietechnik in technischen und gesellschaftlichen Kontexten
	Q4.1 Bioverfahrenstechnik	Q4.1 Bioverfahrenstechnik
	Q4.2 Umwelttechnik	Q4.2 Umwelttechnik
	Q4.3 Medizintechnik	Q4.3 Medizintechnik

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Biologietechnik

	Q4.4 Biochemie des Stoffwechsels der Kohlenhydrate	Q4.4 Arbeitsschutz
		Q4.5 Verbraucherschutz
	verbindlich: ein Themenfeld aus Q4.1 bis Q4.4 durch Erlass festgelegt; innerhalb dieses Themenfeldes können Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden. Ein weiteres Themenfeld wird durch die Lehrkraft ausgewählt.	verbindlich: zwei Themenfelder aus Q4.1 bis Q4.5, ausgewählt durch die Lehrkraft

Biologietechnik

E: Die Zelle als biotechnisches Werkzeug

Die Lernenden erfahren, dass Zellen als biotechnologische Werkzeuge dienen. Dieser Kurs ist mit dem Kurs Laborpraxis Biologietechnik in der E1 / E2 verknüpft.

Die labortechnische Einführung legt die Grundlagen für die Arbeit im biotechnisch eingerichteten Labor und vermittelt erste Begriffe der Fachsprache. Die Lernenden erwerben durch das Analysieren und Charakterisieren von Biomolekülen die Fähigkeit, Eigenschaften wesentlicher Stoffgruppen aus der Formelsprache auszulesen. Qualitative Untersuchungsmethoden zu Naturstoffeigenschaften werden erlernt, die Basis für das Verständnis von Enzym- und Antikörpereigenschaften wird gelegt. Die Befähigung zum Charakterisieren und Analysieren von Biomolekülen bildet gleichzeitig eine Brücke zur Basiswissenschaft Chemie. Sie bildet für die Lernenden häufig einen Impuls zur Berufswahlentscheidung und ist für die Labortätigkeit im Life-Science-Bereich und in den Assistenzberufen unerlässlich.

Die Lernenden erwerben die Befähigung, die Zellstruktur mit den Stoffeigenschaften zu verknüpfen. Sie gewinnen grundlegende Kenntnisse als Voraussetzung für mikrobiologisches und zytologisches Arbeiten sowie für die Arbeit mit der Bioreaktortechnik. Die Membrantransportphänomene legen die Grundlage für den Stofftransport sowie die Energiegewinnung und Signalweiterleitung an Membranen. Die Struktur und Funktion von Zellen bilden insofern ein Fundament im naturwissenschaftlichen Arbeitsfeld. Die Lernenden erwerben die Fähigkeit, von der ihnen bisher bekannten makroskopischen Dimension aus nun auch die mikroskopische Dimension zu betrachten.

Die Grundlagen der Mikrobiologie vertiefen den Blick in die mikroskopische Dimension in Verknüpfung mit der Makroebene. Die Lernenden setzen sich zum Beispiel mit den Besonderheiten der Anatomie und Physiologie von Bakterien und Viren auseinander. Zudem wird die Basis der Zellkulturtechnik, der Gentechnik, der Verfahrenstechnik und der Bioreaktortechnik gelegt. Durch das Erlernen von Techniken wie zum Beispiel sterilem Arbeiten, dem Umgang mit Zellkulturen und Hygienemaßnahmen werden sich die Lernenden der Einbettung der mikrobiologischen Verfahren in ein laborbezogenes Arbeitsumfeld und standardisierter Handlungsabläufe bewusst.

Die Entwicklungsbiologie bildet die Grundlage für weiterführende Themen und Techniken wie zum Beispiel Stammzelltechnik, Schwangerschaft und Entwicklung, vergleichende Anatomie und Reproduktionsbiologie und -technik. Sie befähigt die Lernenden zum Verständnis von zellulären Regulationsmechanismen und verfahrenstechnischen Abläufen. Gleichzeitig bildet sie die Grundlage für die Zelldifferenzierung in der Immunbiologie und bei der Immunreaktion.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurses sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Information und Kommunikation (L3) sowie Messen und Regeln (L4).

verbindlich:Themenfelder E.1 bis E.5

Inhalte und erläuternde Hinweise**E.1 Labortechnik**

- Gerätekunde
 - Arbeitsgefäße, Messgefäße, Aufbewahrungsgefäße, Maßanalytik und exemplarisch Fehlerbetrachtung und Kalibrierung, Kolben, Kühler, Kolonnen, Schliffgefäße, Thermometer, Heiz- und Kühlsysteme, Zentrifugen, Rühr-/Mischgefäße, Aräometer
 - Bau und Funktion des Lichtmikroskops inkl. Theorie der Bildentstehung

E.2 Biomoleküle charakterisieren und analysieren

- Stoffeigenschaften biologisch bedeutsamer Naturstoffe (Wasser, Alkohole, Kohlenhydrate, Fette und Phospholipide, Proteine, Nukleinsäuren), hydrophile und lipophile Eigenschaften, Brennwerte von Naturstoffen
- Aufbau der Kohlenhydrate und Proteine aus den Monomeren und Ableitung der physikalischen Stoffeigenschaften aus der Struktur

E.3 Struktur und Funktion von Zellen

- pflanzliche und tierische Zelle im lichtmikroskopischen Bild
 - eukaryotische Zellen und Zellorganellen
- Bau und Funktion des Elektronenmikroskops
 - Bau und Funktion des Transmissions- und Rasterelektronenmikroskops (TEM und REM)
- Zellstrukturen und Funktionen
 - Zellorganellen, Zytoskelett
- Bau und Funktion von Biomembranen
 - Modell SINGER / NICOLSON, Lecithin, Membrantransport, Endo- und Exozytosen (zum Beispiel Vesikel und Neurotransmitter)
- Stofftransport, Energiegewinnung und Kommunikationsvorgänge auf der Ebene von Zellen
 - Diffusion und Osmose, Diffusionsgeschwindigkeit und osmotischer Druck (zum Beispiel enthalpie- und entropiegesteuerte Vorgänge an der Mitochondrienmembran), Ionenpumpen (zum Beispiel beim Neuron), Quantifizierung (zum Beispiel erstes FICK'sches Gesetz)

E.4 Allgemeine Grundlagen der Mikrobiologie

- phylogenetischer Stammbaum des Lebens und biotechnisch relevante Beispiele und Modelloorganismen
- Strukturvergleich von prokaryotischen Zellen mit Viren und Eukaryoten
- exponentielles Wachstum von Bakterien, Wachstumsfaktoren

E.5 Kern- und Zellteilung

- Struktur und Funktion von Chromatid-Chromosomen
- Vorgang der Mitose
- Vorgang der Meiose

E.6 Embryonalentwicklung

- von der Zygote bis zum Neuralrohr
- vom Embryo zum Fötus

E.7 Säure-Base-Haushalt in biologischen Systemen

- biologische Funktion von Säuren und Basen
- biologische und technische Puffersysteme, zum Beispiel Blutpuffer, Phosphatpuffer
- Indikatoren

Q1: Biochemische Grundlagen der Biologietechnik (LK)

Die Lernenden erfahren, dass Enzyme ebenso wie Zellen biotechnologische Werkzeuge sind. Dieser Kurs ist mit dem Kurs Laborpraxis Biologietechnik Q1 verknüpft. Die Grundlagen der Thermodynamik und Enzymologie ermöglichen es den Lernenden, ihr Wissen in den inhaltlichen Bereichen der Stoff-, Energie- und Signalflüsse entlang der Biomembranen und in biologischen Organisationsebenen (Organellen, Zellen, und Organismen) auszubauen. Erste analytische Messverfahren versetzen die Lernenden in die Lage, Informationen und Daten in zellulären und molekularen Dimensionen erfassen zu können.

Die Enzymologie bereitet den Weg zur Verortung der Genexpression in der Zelle. Die Regulation der Enzyme legt die Grundlage für die Regulation der Transkriptionseinheiten. Indem sich die Lernenden mit Phänomenen der Biochemie des Stoffwechsels befassen, erlangen sie die Befähigung, die Zellebene mit der Molekülebene und den Energieflüssen zu verknüpfen. Die Enzymologie beschreibt Messen, Regeln und Gleichgewichtseinstellung auf zellulärer Ebene. Sie bildet die Brücke zu den Basiswissenschaften Chemie und Physik in lebenden Systemen. In der Auseinandersetzung mit der molekularen Ebene lebender Systeme erarbeiten die Lernenden ein prinzipielles Verständnis von Stoffwechselerkrankungen sowie deren Diagnostik und Therapie. Das Thema knüpft an ihre Erfahrungen aus den Bereichen Körper, Ernährung und Sport an.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Information und Kommunikation (L3) sowie Messen und Regeln (L4).

verbindlich:

Themenfelder Q1.1 und Q1.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres aus den Themenfeldern Q1.3 bis Q1.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

Inhalte und erläuternde Hinweise

Q1.1 Grundlagen der Enzymologie, Grundlagen des Gärungsstoffwechsels

- Grundzüge der Reaktionskinetik (Reaktionsgeschwindigkeit, Aktivierungsenergie, dynamisches Gleichgewicht von Hin- und Rückreaktion)
- Grundlagen der Proteinstruktur
 - Bau- und Funktion von Aminosäuren
 - Peptide, Proteine: Bau (Primär- bis Quartärstruktur) und Funktion, zum Beispiel bei Ionenkanälen, Enzymen, Peptidhormonen, Rezeptoren oder Transkriptionsfaktoren

- Nomenklatur und Systematik von Enzymen
- Enzyme als Akteure des katabolen und anabolen Stoffwechsels, Aktivierungsenergie und Reaktionsgeschwindigkeit, Substrat- und Wirkungsspezifität, Schlüssel-Schloss-Modell der Enzymwirkung, aktives Zentrum und Substrataffinität
- pH- und Temperaturabhängigkeiten
- Regulation von Enzymen (kompetitive, nichtkompetitive Hemmung, allosterische Eigenschaften)
- Cofaktoren: typische Coenzyme, exemplarische prosthetische Gruppen
- ATP-Gewinnung und Phosphorylierung von Molekülen, Oxidation und Reduktion von wesentlichen funktionellen Gruppen
- Überblick über die Reaktionsschritte der Glykolyse mit wesentlichen Enzymen, Edukten und Produkten in Strukturformeln
- Bilanzgleichung der Glykolyse
- alkoholische Gärung, Milch- und Essigsäuregärung mit wesentlichen Enzymen, Reaktionsschritte in Strukturformeln
- Bilanzgleichung der alkoholischen Gärung

Q1.2 Enzymologische Messverfahren

- theoretische Grundlagen der Fotometrie, LAMBERT-BEER'sches Gesetz, Aufbau des Fotometers, Absorptionsspektren, Konzentrationsbestimmung
- physikalisch-chemische Grundlagen von Absorptionsspektren, zum Beispiel Chlorophyll, Carotinoide
- Grundlagen der logarithmischen Darstellung und Auswertung der Daten zur Reaktionskinetik nach MICHAELIS-MENTEN, zum Beispiel für die Urease
-

Q1.3 Biochemie des Stoffwechsels der Fette

- Struktur und Eigenschaften von Fettsäuren, Glycerin und Fetten
- Bedeutung der Fettzellen und der Fettmoleküle für den Stoffwechsel, β -Oxidation
- Schutzfunktion durch Fetteinlagerungen im Gewebe

Q1.4 Bau und Funktion von Proteinen

- Struktur globulärer Proteine, zum Beispiel im Hämoglobin-Molekül
- Funktion von Proteinen: zum Beispiel allosterische Eigenschaften von zum Beispiel Hämoglobin, Sauerstoffsättigung und Sauerstofftransport im Blut, Kohlenstoffmonoxidbindung

Q2: Molekularbiologische und gentechnische Grundlagen der Biogietechnik (LK)

Die Lernenden erfahren, dass Transkriptionseinheiten ebenso wie Enzyme und Zellen biotechnologische Werkzeuge sind. Dieser Kurs ist mit dem Kurs Laborpraxis Biogietechnik Q2 verknüpft.

Der Kurs legt die molekularbiologischen Grundlagen für die Gentechnik. Die Lernenden können die Rolle der Genexpression und der Genregulation für den Stoffwechsel und die Zelldifferenzierung ausdrücken. Die Grundlage für das Verständnis gentechnisch veränderter Organismen wird gelegt. Die Molekülkomponenten einer Transkriptionseinheit zeigen die Brücke von Stoff, Struktur und Funktion auf molekularer Ebene, während die Transkriptionseinheit auf zellulärer Ebene die Reihe von Messen, Regeln und Gleichgewicht aufzeigt. Ebenso bildet die Molekularbiologie zusammen mit der Entwicklungsbiologie den Rahmen zum Verständnis von Erbgängen sowie von diagnostischen und therapeutischen Verfahren auf den Gebieten der Fertilität und der Humangenetik. Gentechnischen Grundoperationen und Techniken zur Analyse der Nukleinsäuren sind essentielle Verfahren der Forschung. Der Kurs legt die Basis zum Verständnis der Antikörpervielfalt.

Zudem werden Grundlagen für die Humangenetik sowie für die moderne Humanpathologie und die Arzneimittelforschung gelegt. Die Auseinandersetzung mit den Kursinhalten ermöglicht es den Lernenden, ihr Wissen in der Onkologie, der Strahlentoxikologie und weiteren Teilbereichen der Bioanalytik auszubauen.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Information und Kommunikation (L3), Messen und Regeln (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres aus den Themenfeldern Q2.3 bis Q2.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

Inhalte und erläuternde Hinweise

Q2.1 Molekularbiologische Grundlagen

- chemischer Aufbau der DNA
 - Nukleotide, Nukleoside, Nukleinsäuren, Phosphodiesterbindungen 5'-3', Basenpaarung, Doppelhelix, Vorkommen in Pro- und Eukaryoten sowie in Viren, Strukturierung in Chromatiden und Chromosomen, Genmutationen
 - Mutationstypen (Punktmutation, Chromosomenmutation)

- Auswirkungen auf die Genexpression
- chemischer Aufbau der RNA
 - mRNA, tRNA, rRNA, Vorkommen in Pro- und Eukaryoten sowie in Viren
- Replikation
 - RNA-Primer, Richtung der Kettenverlängerungen, Strangnamen- und Funktionen, DNA-Polymerase und ihre Reaktionen
- Transkription
 - Initiation, Elongation, Termination, mRNA-Polymerase und ihre Reaktionen, mRNA-Processing bei Eukaryoten
- genetischer Code
 - Basentriplets, Start-Stopp-Codons, Redundanz, Code-Sonne
- Translation
 - ribosomaler Komplex, die tRNA als Mittlerin zwischen Aminoacyl-tRNA-Transferasen und Ribosom, das Anticodon, die Polypeptidsynthese, das Protein-Processing im endoplasmatischen Retikulum (ER) und Golgi-Apparat
- Genomorganisation und Genregulation bei Prokaryoten und Viren, einschließlich Bakteriophagen
 - Transkriptionseinheiten, Operon -Modell für Substratinduktion und Produkthemmung, Struktur der Plasmide
 - Rekombination bei Bakterien, Konjugation, Funktion der Plasmide als Vektoren von Transkriptionseinheiten, Transfektion
 - Transduktion, Replikation und Expression eines viralen Genoms, lytischer und lysogener Zyklus, retrovirale Infektion, reverse Transkriptase

Q2.2 Gentechnische Grundoperationen I

- Restriktionsendonukleasen
 - biologische und technische Funktion
- Gelelektrophorese
 - Trennung im elektrischen Feld, Funktion der Agarose
- DNA vervielfältigen: Polymerase-Kettenreaktion nach Mullis (PCR)
 - PCR-Ansatz mit Primer, 4 dNTPs, Taq-Polymerase, PCR-Maschine, PCR-Zyklus Prozesssteuerung über Temperatur
- DNA lesen: Sequenzierung mit der Didesoxymethode (Kettenabbruchsynthese) nach SANGER und COULSON im Vierpfverfahren (Polyacrylamidgel) sowie Verfahren in Sequenziierautomaten
 - Auslesen von Gelbildern und zum Beispiel Auslesen von einfachen Elektropherogrammen
- DNA schreiben: Geneditionsverfahren, CRISPR-CAS

Q2.3 Analytik von Nukleinsäuren

- Restriktionsanalytik, zum Beispiel Restriktionsfragmentlängenpolymorphismus-Analyse (RFLP-Analyse), forensische Diagnostik, Vaterschaftstest
- Synthese und Einsatz von Gensonden
- Nachweis von einzelsträngiger DNA (Southern Blot) oder von mRNA (Northern Blot)

Q2.4 Humangenetische Untersuchungen

- vom Genotyp zum Phänotyp als Genwirkbeziehung
- Dominanz und Rezessivität als Genwirkbeziehungen
- Erbgänge und Erbganganalysen: autosomal und x-chromosomal

Q2.5 Regulationsmechanismen eukaryotischer Genome

- Transkriptionseinheiten, Transkriptionsfaktoren, Enhancer, Hormoninduktion der Transkription zum Beispiel durch ein Steroidhormon oder ein Peptidhormon mit Signaltransduktion
- Epigenetische Genregulation durch DNA-Methylierung, Histon-Modifikation

Q3: Theorie der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen (LK)

Die Lernenden erfahren die Grundlagen des Zusammenwirkens von Enzymen, Transkriptions-einheiten, monoklonalen Antikörpern und Zellen als biotechnologische Werkzeuge. Dieser Kurs ist mit dem Kurs Laborpraxis Biologietechnik Q3 verknüpft.

Der Kurs greift auf die Inhalte von E, Q1 und Q2 zurück und bereitet auf die Anforderungsfelder der Biologietechnik in Q4 vor. Er vermittelt die wichtigen technischen Anwendungen der Molekularbiologie und baut auf die Grundlagen der Gentechnik auf. Zudem legt er eine Basis für die Verfahren der Herstellung gentechnischer Produkte im Bioreaktor sowie mittels gentechnisch veränderter Tiere und Pflanzen. Die Lernenden übertragen die biologischen Konzepte von Messen, Regeln und Gleichgewicht sowie von Information, Kommunikation sowie Stoff- und Energieumwandlung auf die technische Makroebene. In der unterrichtlichen Arbeit werden hierbei die gentechnischen Methoden mit den Anwendungen der Immunbiologie sowie der Stammzell- und Klonierungstechnik verknüpft. Zentral ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung und Produktion monoklonaler Antikörper für Therapie und Diagnostik.

Die Lernenden setzen sich mit weiteren Grundlagen zum Verständnis der modernen Pharmakologie und der Entwicklung und Herstellung von Arzneimitteln (zum Beispiel therapeutischen Humanpeptiden, therapeutischen Antikörpern) und Diagnostika (Immundiagnostik) auseinander. Erweitert wird das Spektrum durch den Bereich der präparativen Biologietechnik (zum Beispiel Affinitätschromatografie).

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Stoff- und Energieumwandlungen (L2), Information und Kommunikation (L3), Messen und Regeln (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

Themenfelder Q3.1 und Q3.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres aus den Themenfeldern Q3.3 bis Q3.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden. Ein weiteres Themenfeld wird durch die Lehrkraft ausgewählt.

Inhalte und erläuternde Hinweise

Q3.1 Gentechnische Grundoperationen II und Verfahren

- DNA übertragen: Vektorsysteme und Transformationstechniken
- Rolle von Plasmiden und Viren, auch Retroviren, als Vektoren, Transformationstechniken und Rekombinanten-Selektion, Funktion von Antibiotika bei der Selektion, Marker- und Resistenzgene

- Standardverfahren zur Erzeugung eines genveränderten Organismus, in einem prokaryotischen System oder in einem eukaryotischen Zellsystem
 - Isolation der mRNA, cDNA, Aufbau und Herstellung eines technischen Vektors, Gentransfer und Selektion, Klonierung
- Standardverfahren zur Herstellung eines gentechnisch hergestellten Proteins mit den Teilschritten „scale-up“ im Bioreaktor (einschließlich Wachstumsphasen einer Bakterienkultur), Prozesssteuerung, Zellaufschluss, Proteinreinigung, Protein „processing“ an Beispielen rekombinanter Peptide zum Beispiel Insulin
- Rechtsrahmen (Gentechnikgesetz, Gentechnik-Sicherheitsverordnung)

Q3.2 Immunbiologische Grundlagen und abgeleitete technische Verfahren

- Aufbau und Spezifika von Immunglobulinen, unspezifisches und spezifisches Immunsystem, humorale und zelluläre Komponenten, das humane Leukozytenadhäsionsystem/Haupthistokompatibilitätskomplex (HLA/MHC)
- Aktive und passive Immunisierung, Impfstoffe
- technische Immunglobuline
 - Herstellung monoklonaler und rekombinanter Antikörper (Hybridomtechnik)
- Anwendung therapeutischer und diagnostischer Antikörper
 - „Enzyme-linked Immunosorbent Assay“ (ELISA) und Western Blot/Immunoblot, Affinitätschromatografie

Q3.3 Transgene Tiere

- Standardverfahren zur Herstellung eines transgenen Tieres, zum Beispiel Vorkeiminjektionsmethode
- Rechtsrahmen zur Herstellung transgener Tiere

Q3.4 Transgene Pflanzen

- Standardverfahren zur Herstellung einer transgenen Pflanze mit Agrobacterium tumefaciens
- Rechtsrahmen zur Herstellung transgener Pflanzen

Q3.5 Stammzell- und Klonierungstechnik

- embryonale und adulte Stammzellen, toti- und pluripotente Stammzellen, induzierte pluripotente Stammzellen
- therapeutisches und reproduktives Klonen
- Rechtsrahmen

Q4: Theorie der Biologietechnik in technischen und gesellschaftlichen Kontexten (LK)

Die Lernenden erfahren an exemplarischen Anwendungen das Zusammenwirken von Enzymen, Transkriptionseinheiten, monoklonalen Antikörpern und Zellen als biotechnologische Werkzeuge. Dieser Kurs ist mit dem Kurs Laborpraxis Biologietechnik Q4 verknüpft.

Die Lernenden setzen sich exemplarisch mit einzelnen Anwendungsfeldern der Biologietechnik auseinander und erarbeiten an ihnen die Einbettung der theoretischen Inhalte in ihren jeweiligen technischen und gesellschaftlichen Bezugsrahmen. Hierbei werden Inhalte der Kurse E – Q3 wie auch anderer Naturwissenschaften anwendungsbezogen integriert. Die Konzepte von Messen, Regeln, Gleichgewicht sowie Information und Kommunikation können themenabhängig auf der technischen Ebene gezeigt werden. Die Lernenden stellen Bezüge zu gesellschaftlichen Kontexten, insbesondere dem Rechtsrahmen her, in dem sich Forschung, Entwicklung und Produktion bewegen.

Der Kurs berührt die Kontexte von Umwelt, Recht, Arbeitsschutz und Verbraucherschutz. Erste Einblicke in biotechnische Ingenieurberufe und die Medizintechnik werden gegeben.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff- und Energieumwandlungen (L2), Information und Kommunikation (L3), Messen und Regeln (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

Ein Themenfeld aus Q4.1 bis Q4.4 durch Erlass festgelegt; innerhalb dieses Themenfeldes können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden. Ein weiteres Themenfeld wird durch die Lehrkraft ausgewählt.

Inhalte und erläuternde Hinweise**Q4.1 Bioverfahrenstechnik**

- Stoff- und Wärmetransport im Bioreaktor, Reaktortypen, Betriebsweisen
- „scale-up“
- „upstream“- und downstream-processing“ (Fermentation, Aufbereitung)
- technische Mikroorganismen, technische Enzyme
- Rechtsrahmen

Q4.2 Umwelttechnik

- Wasserkreislauf der Erde
 - Wasserbelastung
 - Methoden der Wasser- und Abwasseranalytik, Methoden der Abwasserreinigung (aerob, anaerob)
 - Wasseraufbereitung (Enteisenung, Entmanganung, Denitrifikation)
- Luft
 - Luftbelastung/Luftschadstoffe/Smog
 - Methoden der Luftanalytik, Methoden der Abluftreinigung (Biofilter, Biowäscher)
- Umweltrecht
 - EU-Richtlinien, nationale Regelungen

Q4.3 Medizintechnik

- Reproduktionstechnik beim Menschen
 - In-vitro-Fertilisation, Embryonentransfer, Rechtsrahmen
 - Präimplantationstechnik
- gentherapeutische Heilmethoden
 - transgene Zellen, Gewebe und Organe
 - therapeutisches Klonen
- embryonale und adulte Stammzellen
- genetische Beratung

Q4.4 Biochemie des Stoffwechsels der Kohlenhydrate

- Überblick über die Reaktionsschritte der Glykolyse, oxidativer Decarboxylierung, Zitratzyklus, Atmungskette mit Chemiosmose, mit wesentlichen Enzymen, Edukten und Produkten in Strukturformeln
- ergänzend ATP-Gewinnung und Phosphorylierung von Molekülen, Oxidation und Reduktion von wesentlichen funktionellen Gruppen, Atmungskette und oxidative Phosphorylierung
- Bilanzgleichungen der Zellatmung in Summenformeln

Q3: Ausgewählte Aspekte der Biologietechnik (eGK)

Der ergänzende Grundkurs bietet die Möglichkeit, ausgewählte Themenfelder aus dem Bereich der Basiswissenschaft Biologie, die in Anwendungsbezügen zur Biologietechnik stehen, zu vertiefen. Es können Schwerpunkte zur Infektionsbiologie, zu Evolutionsmechanismen, zur Reproduktionsbiologie, zur Neurophysiologie, zur Ökologie sowie zur Pflanzenphysiologie ausgewählt werden.

Die Infektionsbiologie vertieft die Mikrobiologie im Hinblick auf ihre medizinisch-technischen Anwendungen und verknüpft sie mit der Immunbiologie. Evolutionsmechanismen erweitern die Mikrobiologie ebenfalls im Hinblick auf medizinische Problemstellungen, aber auch auf die Pflanzen- und Tierzucht sowie auf moderne Produktentwicklungsstrategien wie die kombinatorische Synthese oder das Hochdurchsatz-Screening von Wirkstoffen. Die Reproduktionsbiologie erweitert die Zellbiologie und Genetik um humanbiologische, medizinische und züchterische Anwendungen und vertieft die Stammzelltechnik. Eine Erweiterung auf die Transplantationsmedizin ist möglich. Die Neurophysiologie erweitert die Zellbiologie um humanbiologische, medizinische und technische Anwendungen. Die Ökologie erweitert die Verfahrenstechnik um breit gefächerte Aspekte des Natur-, Luft- und Gewässerschutzes in technischer wie rechtlicher Hinsicht. Die Pflanzenphysiologie erweitert die Biochemie um anabole Stoffwechselwege und legt Grundlagen für die grüne Biologietechnik. Die Lernenden können biotechnische Methoden auf neue Gebiete übertragen, indem sie sich mit allen Themen des ergänzenden Grundkurses auseinandersetzen.

Der ergänzende Grundkurs vermittelt je nach Themenwahl vertiefende Einblicke in Spezialdisziplinen der Biologietechnik sowie der Medizin. Die Lernenden befinden sich während der Q3 in einer besonderen Auswahlphase für ihre spätere tertiäre Ausbildung. Dieser Kurs kann einem Bedürfnis nach vertiefter Orientierung in „Life-Science“-Berufen entsprechen. Die Lernenden erwerben hier die Fähigkeit, aktuelle gesellschaftliche Debatten aufzugreifen, diese mit Expertenwissen zu substanziieren und so faktenbasiert zu bewerten.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Stoff- und Energieumwandlungen (L2), Information und Kommunikation (L3), Messen und Regeln (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

zwei Themenfelder aus Q3.1 bis Q3.6, ausgewählt durch die Lehrkraft

Inhalte und erläuternde Hinweise

Q3.1 Infektionsbiologie mit Mikroorganismen

- infektiöse Systeme, z. B Viren, Bakterien, Protozoen, Pilze, Parasiten, klinisch bedeutsame Infektionskrankheiten
 - Symptome
 - Übertragungswege
- Umgang mit Infektionskrankheiten
 - Prävention (Impfung, Hygiene, Desinfektion, Quarantäne)
 - Diagnose und Therapie (Antibiotika, Antimykotika, Virostatika)
- Epidemiologie: zum Beispiel Prävalenz, Inzidenz, Risiko, Reproduktionsdynamik, Endemie, Epidemie, Pandemie

Q3.2 Evolutionsmechanismen in Biologie, Medizin und Technik

- Evolution in der Technik
 - zum Beispiel Kraftwagen, Mobiltelefone, Prozessortechnik, Strahltriebwerke, DNA-Sequenziermaschinen
- Evolution auf molekularer Ebene (zum Beispiel Enzyme, Rezeptoren, Viren)
- Evolution in der Infektiologie, Resistzenzen, Krankenhauskeime
 - zum Beispiel Evolution in der belebten Natur
 - zum Beispiel Tumorevolution
 - zum Beispiel „High-Throughput-Screening“ und kombinatorische Synthese als technische Evolutionsstrategien in der Medizin
 - zum Beispiel Tier- und Pflanzenzüchtung
 - zum Beispiel randomisierte Mutagenese in der Pflanzenzüchtung
 - zum Beispiel genetische Algorithmen

Q3.3 Methoden der Tier- und Pflanzenzüchtung

- reproduktives Klonen
- Anwendungen in Forschung, Züchtung, Landwirtschaft und Medizin
 - zum Beispiel transgene Tiere, Chimären, Xenotransplantation, Gene Pharming
 - zum Beispiel Hybridtechnik in der Pflanzenzucht
 - zum Beispiel Ppropfen, Suspensions- und Kalluskulturen, Haploidenkultur

Q3.4 Neurophysiologie

- Aufbau des Neurons
 - Ruhe- und Aktionspotential
 - Diffusion, Osmose und Polarisation entlang der Neuronmembran, Signalrichtung, feld-abhängige Proteinstrukturveränderung und Signalschaltung an Ionenkanälen, energetische Bedeutung der Na^+ / K^+ -ATPase
- Synapse
 - Diffusionskontrolle, postsynaptische Polarisation
 - Rechenoperationen am Axonhügel, Analog- / Digitalwandlung

Q3.5 Ökologische Zusammenhänge

- Grundlagen der Ökologie
 - Ökofaktoren, Stoffkreisläufe, Trophien
- Verfahren des Naturschutzes
 - zum Beispiel Wasserschutz, Luftschutz, Bodenschutz, Lärmschutz, Strahlenschutz, Entsorgungswirtschaft
 - zum Beispiel DNA-Barcoding im Natur- und Artenschutz
 - Rechtsrahmen

Q3.6 Fotosynthese und Pflanzenphysiologie

- Fotosynthese grüner Pflanzen im Überblick (Licht- und Dunkelreaktion), Bau und Funktion der Pflanze, des Blattes und des Chloroplasten, Zuordnung der Faktoren Licht, Wasser und Kohlenstoffdioxid zur Anatomie
- Chlorophyll: Molekülstruktur und Funktion
- Grundgleichung der Photosynthese und Teilgleichungen der Licht- und Dunkelreaktion
- Z-Schema der Fotosynthese mit den Fotosystemen und der Elektronentransportkette, Chemieosmose, ATP-Synthase, CALVIN-Zyklus
- Analogien zu den Vorgängen an der Mitochondrienmembran

Laborpraxis Biologietechnik

E: Zytologische, mikrobiologische und labortechnische Arbeitsweisen

Dieser Kurs thematisiert die Möglichkeit, Zellen als biotechnologisches Werkzeug zu nutzen. Der Laborkurs ist mit dem Leistungskurs E1 / E2 thematisch verknüpft.

Die labortechnische Einführung macht die Lernenden mit dem Verhalten am Laborarbeitsplatz und dem zugrunde liegenden rechtlichen Rahmen vertraut. Sie können im Rahmen von technischer Information und Kommunikation Protokolle verfassen, ein Laborheft führen sowie erste labortechnische Grundoperationen mit einfachen Laborgeräten ausführen. Sie können die eigene Arbeitsqualität kontrollieren und das einfache Fachrechnen etwa beim Herstellen von Lösungen anwenden. Die Lernenden analysieren und beschreiben einfache physikalisch-chemische Eigenschaften von Naturstoffen, inklusive erster Nachweismethoden und deuten diese Stoffeigenschaften aus der Molekülstruktur. Sie wenden Regeln für das kooperative Arbeiten in Teamstrukturen an und erfahren deren Bedeutung für das Gelingen der praktischen Arbeit.

Die Lernenden können das Mikroskop als erstes komplexes Großgerät mit physikalisch-optischer Konstruktion bedienen und lernen die Bedeutung des Aufbaus für die Funktion kennen. Mit der Technik des mikroskopischen Zeichnens erwerben sie zugleich auch Kenntnisse über den ähnlichen Aufbau tierischer und pflanzlicher Zellen und Gewebe. Die Lernenden können erstmals auf der Milli- und Mikro-Ebene sichtbare Strukturen zeichnerisch darstellen. Das mikroskopische Arbeiten beinhaltet auch Konzepte wie Sicherheit am Arbeitsplatz, Hygiene und gute Laborpraxis (GLP), die zugleich die Grundlagen für gentechnisches Arbeiten legen. Die Lernenden trainieren den planmäßigen Umgang mit einfachen Laborgeräten in strukturierter Arbeitsabfolge und erwerben die Fähigkeit, Beobachtungen und Daten formgerecht zu protokollieren.

Die Lernenden können die Grundregeln des Arbeitsschutzes und des Gefahrstoffumgangs anwenden und erfahren das Labor als ersten Arbeitsplatz. Sie erwerben erste Fähigkeiten, den gesetzlichen Rahmen am Arbeitsplatz in das eigene Handeln zu integrieren. Voraussetzungen für die Ausübung eines Assistenzberufs im wissenschaftlichen Bereich werden vermittelt. Die Lernenden schulen ihr analytisches Denken und können zwischen den kognitiven Schritten des Beobachtens, Bewertens und Dokumentierens unterscheiden, die als separate Arbeitsschritte erfahren und angewendet werden. Einfache zellbiologische und biochemische Methoden werden erworben. Naturstoffe aus dem eigenen Lebensbereich werden erstmals der Abstraktion zugeführt. Indem die Lernenden ein Laborheft führen, erwerben sie Methoden der einfachen Dokumentation.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Stoff- und Energieumwandlungen (L2), Information und Kommunikation (L3), Messen und Regeln (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

Themenfelder E.1 bis E.5

Inhalte und erläuternde Hinweise

E.1 Grundlagen der Laborpraxis

- Sicherheit im Labor, Gefahrstoffe
 - Sicherheitsdatenblätter, Betriebsanweisung / Laborordnung, Gefahrenpiktogramme
Gefahrstoffkataster, Entsorgung
- labortechnische Grundoperationen
 - Handhabung Bunsenbrenner
 - Handhabung Waagen
 - Handhabung Maßgefäß, Pipetten
 - pH-Papier, Handhabung pH-Meter
- Trennverfahren
 - mechanisch, thermisch, Verteilung

E.2 Herstellen und Untersuchen von Lösungen

- Gravimetrie
- Dichtebestimmung
- Genauigkeit von Volumenmessgeräten
- Berechnung und Ansatz von Maßlösungen (Dichte m/V ; Stoffmengenkonzentration n/V)
- Berechnung und Ansatz von Verdünnungsreihen (Mischungskreuz)
- Überprüfung von Verdünnungsreihen (zum Beispiel Leitfähigkeitsmessung)
- Ansatz nach Vorschrift und Überprüfung von Puffern

E.3 Stoffeigenschaften von Biomolekülen

- physikalisch-chemische Eigenschaften von Wasser, Alkoholen, Kohlenhydraten, Fetten, Proteinen und Nukleinsäuren
- Lösungs- und Mischverhalten von Biomolekülen

E.4 Mikroskopische Präparate anfertigen, zeichnen und beschriften

- Aufbau und Handhabung des Lichtmikroskops
- Herstellung und Färbung einfacher mikroskopischer Präparate
- regelgerechte Anfertigung mikroskopischer Zeichnungen von Protozoen, tierischen und pflanzlichen Zellen und Geweben sowie Mitosestadien
- Diffusion und Osmose am Beispiel der Plasmolyse

E.5 Mikrobiologische Arbeitstechniken I

- Hygienemaßnahmen, Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen
- Herstellen von Flüssig- und Festmedien
- steriles Arbeiten, der Autoklav und das Autoklavieren, Platten gießen, Abkleben, Impfen, Bebrüten, Entsorgen
- Verdünnen und Plattieren, zum Beispiel mit Hefen
- Zellzahlbestimmung, zum Beispiel mit Ausstrichmethoden
- Färbung, zum Beispiel durch Methylenblaufärbung

E.6 Zellkulturtechniken

- zum Beispiel Kalluskulturen (Karotte, Usambaraveilchen)
- zum Beispiel lichtmikroskopische Untersuchung der Konfluenz und der Zelldifferenzierung
- zum Beispiel Ablösen adhärenter Zellen mit Enzymen
- zum Beispiel Nährmedienwechsel
- zum Beispiel Zellaussaat
- zum Beispiel Toxizitätstests
- zum Beispiel Färbung von Zellkern und Zytoskelett oder Fluoreszenzmikroskopie
- zum Beispiel Zellkulturflaschentechnik

Q1: Biochemische Arbeitstechniken in der Biogietechnik (GK)

Dieser Kurs thematisiert die Möglichkeit, Enzyme und Zellen als biotechnologische Werkzeuge zu nutzen. Er ist mit dem Leistungskurs Q1 thematisch verknüpft.

Die Lernenden können erstmals exemplarisch mit physikalischen Methoden auf der Makroebene Beobachtungen von Vorgängen auf der molekularen Ebene im Nanobereich erfassen. So können sie die Brücke zwischen dem Messen von Substratkonzentrationen auf der analytischen Ebene und der Funktionsebene der Enzyme bilden. Konzepte der Energetik und des chemischen Gleichgewichts werden bei der Enzymcharakterisierung zusammengeführt.

Die Lernenden setzen sich mit dem Fotometer und seiner physikalisch-optischen Konstruktion auseinander. Sie können die Grundlagen der Fotometrie auf die Bedienung des Gerätes übertragen und erwerben analoge und digitale Rechenzugänge zur analytischen Gehaltsbestimmung.

Verschiedene Methoden der Stofftrennung von Naturstoffen aus komplexen biologischen Matrizen werden angewandt, insbesondere Methoden zur Nutzung von Verteilungsgleichgewichten. Diese Stofftrennungsmethoden führen zu Verfahren der Präparation und der Analytik. Methoden der Fermentation bereiten auf die Arbeitsweisen von Bioreaktoren vor und dienen als Modelle für katabole Stoffwechselvorgänge mit unmittelbarem biotechnischem Bezug. Die Lernenden können aus der Molekülstruktur Stoffeigenschaften prognostizieren. Bei der Charakterisierung von Enzymen und der Fermentation machen sich die Lernenden mit den Prinzipien von Stoff- und Energieumwandlung vertraut. Sie können erste biotechnische Produkte herstellen und dabei praktische Erfahrungen mit dem Prinzip der Steuerung von Fließgleichgewichten machen. Zusätzlich können sie anabole Stoffwechselschritte in pflanzlichen Modellen nachvollziehen.

Im Umgang mit anspruchsvollen Analytikgeräten erfahren die Lernenden die Verwendung von Zellen und Enzymen als Werkzeuge in Labor, Technik und Alltag durch eigene Handhabung und praktische Auseinandersetzung. Durch den apparativen Einsatz erlernen und festigen sie die Struktur analytischer Handlungsabläufe vor dem Hintergrund eines achtsamen Umgangs mit den Prinzipien des Arbeitsschutzes und der Gefahrstoffverordnung. Gleichzeitig wird der interdisziplinäre Charakter laboranalytischer Verfahren durch die modellgestützte Auswertung ihrer Beobachtung und die rechnerische Modellierung von Datensätzen in Programm Routinen für die Lernenden direkt nachvollziehbar.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Information und Kommunikation (L3) sowie Messen und Regeln (L4).

verbindlich:

Themenfelder Q1.1 bis Q1.3

Inhalte und erläuternde Hinweise

Q1.1 Qualitative und quantitative Untersuchungen der Eigenschaften und Wirkungsweisen von Enzymen

- Katalysefunktion in biologischen Systemen (qualitative Untersuchungen zum Beispiel der Speichelamylase)
- Temperaturabhängigkeit der enzymatischen Reaktion (qualitative Untersuchung zum Beispiel Speichelamylase)
- pH-Abhängigkeit der enzymatischen Reaktion
- qualitative Untersuchungen zur Hemmung der enzymatischen Reaktion (auch unter Verwendung von Blind-, Vergleichs- und Analysenproben)
- Zeit- und Substratabhängigkeit von Enzymen (zum Beispiel Urease mit Leitfähigkeitsmessung)
- quantitative Charakterisierung eines Enzyms (zum Beispiel Reaktionsgeschwindigkeit, K_M -Wert der Urease)

Q1.2 Grundlagen der Fotometrie und quantitative Bestimmungen

- Aufbau eines Fotometers, Grundlagen von Extinktion und Transmission
 - visuelles (VIS) fotometrisches Absorptionsspektrum von Pflanzenfarbstoffen (zum Beispiel Chlorophyll, β-Carotin, Black-Carrot-Extrakt)
 - Herstellen einer Absorptions-Kalibriergeraden eines Naturstoffs und Inhaltsbestimmung einer Probe durch Ultraviolett-(UV)-Messung und / oder VIS- Lichtmessung
- quantitative Charakterisierung eines Enzyms durch Fotometrie (zum Beispiel Alkoholdehydrogenase)

Q1.3 Grundlagen der Stofftrennung von Zellinhaltsstoffen

- Verteilungstrennungen
 - Flüssig-Flüssigextraktion eines Naturstoffs, zum Beispiel β-Carotin
 - Dünnschichtchromatografie von Naturstoffen (zum Beispiel von Blattfarbstoffen, Nukleobasen mit UV-Nachweis, Zuckern) und Bestimmung des Retentionsfaktors (Rf-Wert)
 - zum Beispiel Destillation eines Stoffgemischs
 - zum Beispiel Fällung eines Naturstoffs (Albumin mit Ammoniumchlorid, Labfällung von Casein, Molkeaussalzung)
 - zum Beispiel Isolierung von Glykogen aus der Leber

Q1.4 Gärungsstoffwechsel

- Gasvolumenmessung bei Hefen, zum Beispiel mit Einhornröhrchen, Gärflaschen oder Standzylindern mit Druckmessköpfen
- Temperatur- und Substratabhängigkeit der Gärung bei Hefen
- zum Beispiel Sauerstoffabhängigkeit der Gärung von Hefen (Gasvolumenmessung oder Kohlendioxidadsorption)
- zum Beispiel fotometrische Alkoholdehydrogenasemessung
- zum Beispiel pH-Messung bei Milchsäure- oder Essigsäurebakterienkulturen

Q1.5 Eigenschaften von Aminosäuren

- Aminosäurenachweise
- Aminosäuretrennung mittels Dünnschichtchromatografie (DC)
- zum Beispiel Nachweis der alkalischen Eigenschaft der Aminogruppe bei Aminosäuren
- zum Beispiel saurer Abbau oder Proteaseabbau von Albumin
- zum Beispiel isoelektrische Fokussierung

Q2: Molekularbiologische und gentechnische Arbeitstechniken in der Biologietechnik (GK)

Dieser Kurs thematisiert die Möglichkeit, Enzyme, Transkriptionseinheiten und Zellen als biotechnologische Werkzeuge zu nutzen. Er ist thematisch mit dem Leistungskurs Q2 verknüpft.

Im Unterricht werden Methoden der DNA-Präparation und DNA-Analytik erprobt. Damit erwerben die Lernenden die Fähigkeit, experimentell mit Stoffproben im Mikro- und Nanobereich umzugehen. Sie machen Erfahrungen im Umgang mit Enzymen als molekulare Werkzeuge der DNA-Analytik. Einfache Methoden des Gentransfers, der Transformation und der Selektion werden beherrscht. Die Lernenden beobachten gezielte Veränderungen auf molekularer Ebene im Phänotyp der Prokaryoten. Sie induzieren Prozesse der Genregulation an Einzellern und können diese durch Beobachtungen nachvollziehen. Die maschinelle Vervielfältigung von DNA-Sequenzen wird erlernt. Bei der Genexpression wird das Zusammenspiel der Elemente einer Transkriptionseinheit auch im Sinne von Messen und Regeln in biologischen Systemen experimentell nachvollzogen. Die Transkriptionseinheit wird als biotechnisches Werkzeug mit der Ableitung der Funktion aus der Struktur und der Struktur aus dem Stoff laborpraktisch erschlossen. Die Transkriptionseinheit ist auch als Informations- und Kommunikationseinheit erfahrbar. Die Pflege eines einfachen Modellorganismus wird praktiziert und einfache Experimente werden durchgeführt.

Die Lernenden erstellen theoriegestützt Versuchspläne und eignen sich das modellbasierte Auswerten von Beobachtungen und das Prozessieren von Daten an. Aufgabenstellungen können in kleine Arbeitsschritte zergliedert und arbeitsteilig durchgeführt werden. Die Lernenden wenden die Grundregeln des Arbeitsschutzes und des Gefahrstoffumgangs an und lernen das Gentechnikgesetz und Tierschutzbestimmungen kennen.

Mikrobiologische und molekularbiologische Methoden werden für biotechnische Zwecke kombiniert. Grundlegende Techniken der Gentechnik sowie der Klonierung legen die Basis für weiterführende Methoden in Ausbildung und Studium. Zudem werden die Grundlagen für selbstständiges Arbeiten in Arbeitsgruppen in Laboratorien gelegt.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Information und Kommunikation (L3), sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

Themenfelder Q2.1 bis Q2.3 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern Q2.4 bis Q2.6, ausgewählt durch die Lehrkraft

Inhalte und erläuternde Hinweise

Q2.1 DNA-Isolierung und DNA-Nachweis

- DNA aus biologischen Matrizen und physikalisch-chemische Charakterisierung
 - zum Beispiel Fällung in Alkohol, Säurenachweis, Ammoniaknachweis
 - zum Beispiel Abbau von Thymus-DNA durch Pankreas-DNAsen

Q2.2 Methoden der Nukleinsäureanalytik

- zum Beispiel Isolation eines Plasmids,
- Restriktion eines Plasmids, zum Beispiel pUC
- Gelelektrophorese eines Plasmids und Längenbestimmung

Q2.3 Transformation und Selektion

- Einbau eines Genfragments in ein Plasmid im Rahmen der gültigen Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU)
- Transformation eines Prokaryoten im Rahmen der gültigen Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU)
- Selektion eines transformierten Prokaryoten

Q2.4 Polymerase-Kettenreaktion

- Amplifizierung eines Genabschnitts
 - Restriktion, zum Beispiel eines Plasmids oder eines Lambda-Fragments, PCR, Nachweis durch Gelelektrophorese

Q2.5 Genregulation bei Bakterien

- zum Beispiel Experimente zum lac-operon bei verschiedenen Substraten
- zum Beispiel Transfektion
- zum Beispiel Konjugation

Q2.6 Methoden der klassischen Genetik

- zum Beispiel Haltung von Drosophila species als Modellorganismus, phänotypische Charakterisierung von Drosophila-Stämmen unter der Stereolupe, Geschlechtsbestimmung, Kreuzung von Mutanten, Erbganganalysen, Nachweis des Stoffwechselblocks zur Augenfarbe (chromatografisch)
- Grundzüge des Tierschutzrechts
- zum Beispiel Chromosomencharakterisierung
 - Mitosestadien, Riesenchromosomenisolierung, Karyogramme

Q3: Praxis der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen (GK)

Dieser Kurs thematisiert die Möglichkeiten, Enzyme ebenso wie Transkriptionseinheiten, monoklonale Antikörper und Zellen kombiniert als biotechnologische Werkzeuge zu nutzen. Er ist mit dem Leistungskurs Q3 thematisch verknüpft.

Zellbiologische, mikrobiologische und molekularbiologische Methoden werden vertiefend kombiniert und durch verfahrenstechnische und laboranalytische Konzepte erweitert. Die Lernenden erkunden monoklonale Antikörper in ihrer Funktion als biotechnisch-analytisches Werkzeug und wenden neue Konzepte wie Antibiose und Hygiene laborpraktisch an.

Die Lernenden wenden ihre Kenntnisse zur Analytik, Präparation, Verfahrens- und Prozesstechnik auf verschiedene instrumentelle Verfahren im Labor an und kombinieren diese. Sie können exemplarisch ein biotechnisches Produkt im Labormaßstab herstellen und den Prozess der Produktion dokumentieren. Sie erstellen theoriegestützt Versuchspläne und vertiefen das modellgestützte Auswerten von Beobachtungen und das Prozessieren von Daten.

Bioreaktoren und fermentative biotechnische Verfahren wie zum Beispiel Bierbrauen und Käseherstellung bilden dazu eine technologische Erweiterung, in der die Lernenden exemplarisch die Anwendung thermodynamischer und enzymologischer Prinzipien nachvollziehen.

Das Arbeiten an einem gesetzlich regulierten Arbeitsplatz wird geübt. Das Regelwerk wird im Konzept der guten Laborpraxis (GLP) zusammengeführt. Die Lernenden wenden dabei die Grundregeln des Arbeitsschutzes, des Gentechnikgesetzes und des Gefahrstoffumgangs an.

Somit wird auch laborpraktisch auf weiterführende Ausbildungs- und Studiengänge im gesamten Life-Science-Bereich vorbereitet.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Stoff- und Energieumwandlungen (L2), Information und Kommunikation (L3), Messen und Regeln (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

Themenfelder Q3.1 bis Q3.3

Inhalte und erläuternde Hinweise

Q3.1 Präparation von technischen Proteinen und Enzymen

- Zellaufschluss, zum Beispiel Buchner Experiment
- fotometrischer Protein nachweis
 - zum Beispiel Biuret, Lowry, Bradford, Messung der E_{280}
- Proteinaufreinigung und Trennung
 - zum Beispiel Gelelektrophorese und Fällung

Q3.2 Herstellung klassischer und aktueller biotechnischer Produkte mit Isolation oder Reinigung und Charakterisierung

- Herstellung eines mikrobiologischen Fermentationsprodukts beziehungsweise eines enzymatisch hergestellten Produkts (zum Beispiel Bier, Wein, Käse)
- Prozesssteuerung mit physikalischen und chemischen Methoden, Messverfahren und Sensorik, Prozessdokumentation

Q3.3 Immunbiologische Verfahren und Produkte

- technische Antikörper
 - zum Beispiel ELISA, analytischer Teststreifen
- Serologie
 - zum Beispiel Blutausstrich (Fertigpräparat), Differenzialblutbild (Fertigpräparat)

Q3.4 Mikrobiologische Arbeitstechniken II

- Selektiv- und Differenzierungsmedien
- Färbe techniken zum Beispiel Zellwandfärbungen
- zum Beispiel Wachstumshemmung (Hemmhöfe mit Antiseptika, Knoblauch)

Q3.5 Experimente zur Fotosynthese

- zum Beispiel lichtmikroskopische Betrachtung von Chloroplasten
- zum Beispiel quantitative Bestimmung der Sauerstoffreduktion
- zum Beispiel Versuche zur Lichtanregung von Chlorophyll in Extrakten
- zum Beispiel Versuche an isolierten Chloroplasten / Thylakoiden
- zum Beispiel Versuche am Blatt
- zum Beispiel Wachstumsversuche an der Pflanze

Q4: Praxis der Biogietechnik in technischen und gesellschaftlichen Kontexten (GK)

Dieser Kurs thematisiert die Möglichkeit, Enzyme ebenso wie Transkriptionseinheiten, monoklonale Antikörper und Zellen als biotechnologische Werkzeuge in Anwendungsbezügen zu nutzen. Eine thematische Verknüpfung mit dem Leistungskurs Q4 sowie mit dem ergänzenden Grundkurs Q3 ist möglich.

Anwendungsorientierte Disziplinen der Biogietechnik werden von den Lernenden exemplarisch erschlossen. Hierbei werden jeweils einzelne Bereiche aus anderen Disziplinen (zum Beispiel Ökologie, Medizin, Arbeits- und Verbraucherschutz, Ingenieurwesen) mit den Inhalten der Biogietechnik in praktischen Beispielen kombiniert. Dabei steht im Grundkurs die Herstellung eines konkreten exemplarischen Ergebnisses, das heißt eines Produkts, durch die Lernenden im Zentrum.

Zellbiologische, mikrobiologische, molekularbiologische und biochemische Methoden werden mit Methoden aus Disziplinen außerhalb der Biogietechnik kombiniert. Die Lernenden erschließen sich exemplarisch Einblicke in ausdifferenzierte Spezialausbildungen und Studiengänge.

Das Arbeiten an einem gesetzlich regulierten Arbeitsplatz wird geübt. Das Regelwerk wird im Konzept der guten Laborpraxis (GLP) zusammengeführt. Die Lernenden wenden dabei die Grundregeln des Arbeitsschutzes, des Gentechnikgesetzes und des Gefahrstoffumgangs an.

Somit wird auch laborpraktisch auf weiterführende Ausbildungs- und Studiengänge im gesamten Life-Science-Bereich vorbereitet.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Struktur-Funktion (L1), Stoff- und Energieumwandlungen (L2), Information und Kommunikation (L3), Messen und Regeln (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

zwei Themenfelder aus Q4.1 bis Q4.5, ausgewählt durch die Lehrkraft

Inhalte und erläuternde Hinweise**Q4.1 Bioverfahrenstechnik**

- zum Beispiel Betrieb eines Bioreaktors / Fermenters, Betrieb eines Biogasreaktors

Q4.2 Umwelttechnik

- zum Beispiel Wasseranalytik, Abwasserreinigung, Bodenuntersuchung
- zum Beispiel Durchführung einer Validierung

Q4.3 Medizintechnik

- zum Beispiel Entwicklung eines medizintechnischen Produkts
- zum Beispiel Durchführung einer Validierung

Q4.4 Arbeitsschutz

- zum Beispiel Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung
- zum Beispiel Erstellung einer Ersatzstoffprüfung
- zum Beispiel Erstellung einer Betriebsanweisung für ein labortechnisches Großgerät (im Unterschied zur Erstellung einer Betriebsanweisung für ein Kleingerät im Grundkurs der E-Phase)

Q4.5 Verbraucherschutz

- zum Beispiel Extraktion oder Synthese, Charakterisierung und Prüfung eines Wirk- oder Hilfsstoffs
- zum Beispiel Herstellung einer Filmtablette als Ansichtsmuster
- zum Beispiel Erstellung einer Herstell- und Prüfvorschrift
- zum Beispiel Erstellung einer Deklaration zu einem Arznei- oder Lebensmittel

Technische Kommunikation und Datenverarbeitung

E: Technische Kommunikation und Datenverarbeitung

Die Lernenden erwerben eine Reihe von Grundfertigkeiten der formalisierten Kommunikation, Datengewinnung und Datenbehandlung, die im allgemein bildenden Mathematikunterricht in dieser Form nicht vorgesehen sind. Diese Formalismen ergeben sich aus dem Wechselspiel von experimenteller Datengewinnung, modellgestützter Datenprozessierung und datengesteuertem Erkenntnisgewinn. Die Lernenden beurteilen datengestützte Experimente anhand rechnerischer Verfahren im Hinblick auf Nachprüfbarkeit, Reproduzierbarkeit, Zuverlässigkeit und Qualitätssicherung. Dieser Fähigkeitskanon macht die Lernenden innerhalb und außerhalb von Wissenschaft und Technik kommunikationsfähig und legt Grundlagen für die Qualifikationsphase.

Die Instrumente der formalisierten Heftführung, die Experimentplanung, die Datenprotokollierung und die Auswertung bilden die konkrete Basis von Information und Kommunikation. Hinzu kommen rechnerische Grundoperationen samt grafischer Darstellung, ergänzt durch grundlegende Formalismen aus Physik, Chemie, Biologie und Technik.

Sowohl im Rahmen der betrieblichen als auch der universitären Ausbildung sind die Fertigkeiten des naturwissenschaftlichen Fachrechnens sowie die der Datenbehandlung unabdingbar.

Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Information und Kommunikation (L3), Messen und Regeln (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L5).

verbindlich:

Themenfelder E.1 bis E.4

Inhalte und erläuternde Hinweise

E.1 Laborheft und Protokollführung

- Laborheftstruktur und Heftführung
 - Unterrichtsmitschriften, Versuchsmitschrift, Datenerfassung
- wissenschaftliches Versuchsprotokoll
 - Struktur und Regeln (Vollständigkeit, Exaktheit, Reproduzierbarkeit, Fachsprache, Regeln für Abbildungen, Tabellen und Diagramme)

E.2 Technisches Rechnen

- Größen, Einheiten und Zahlen in den Naturwissenschaften
 - SI-Basiseinheiten nach DIN 1310 sowie einige abgeleitete Größen und Einheiten
- Rechnen mit Einheiten und Größen sowie Einheiten in Diagrammen und Tabellen
- Rechnen mit Proportionalbeziehungen
 - Rechenregeln/Dreisatz
 - Umrechnung zwischen verschiedenen Stoff- und Konzentrationsmaßen, Dichtebestimmung, Mischungskreuz
- Rechnen mit Exponenten
 - Rechenregeln, Anwendung bei Verdünnungen
 - Rechnen mit Logarithmusfunktionen, Exponentialfunktionen und injektiven Funktionen
- Reaktionsgleichungen und ihre stöchiometrische Auswertung
 - Summengleichungen mit biologischen Beispielen

E.3 Messwerterfassung, Auswertung und Datenverarbeitung

- Tabellen und Diagramme
 - Messwerttabellen auf Papier
 - Messwerttabellen mit einem Tabellenkalkulationsprogramm
 - Erstellen von Diagrammen aus Datenreihen, Diagramm- und Skalierungsregeln, Diagramme von linearen und exponentiellen Datenreihen, Diagramme auf Millimeterpapier und auf Papier mit logarithmischer Skalierung

E.4 Statistische Auswertung von Messdaten/Prozessgrößen

- Fehler
 - systematische und zufällige Messfehler, Fehlerfortpflanzung
- Genauigkeit von Messwerten und Daten
 - Präzision, Richtigkeit
- statistische Kennwerte
 - Minimum, Maximum, Mittelwert, Median, Standardabweichung

E.5 Betriebsanleitung für ein Kleinlaborgerät

- Aufbau einer Betriebsanleitung
- Festlegung von Kriterien
- Erstellung einer Betriebsanleitung

HESSEN



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