Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Erklärung ... 2
Noch nicht zugeordente Kompetenzen: ... 2
Inhaltsbereich QP 1 – Leben und Energie ... 3
Inhaltsbereich QP 2 – Vielfalt des Lebens ... 6
Inhaltsbereich QP 3 – Lebewesen in ihrer Umwelt ... 9
Inhaltsbereich QP 4 – Informationsverarbeitung in Lebewesen ... 11
Legende und Erläuterungen sowie Hinweise zur Lesart und Verwendung von Operatoren im KC: ... 13
Vereinbarungen zu fachpraktischen Aufgaben ... 14
Mikroskopische Untersuchungen biologischer Phänomene ... 14
Qualitative und quantitative Stoffnachweise und Messungen ... 14
Untersuchungen zu Stoffwechselprozessen in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren ... 14
Liste Der Operatoren nach KC ... 15
Anforderungsbereiche und Verteilungsvorgaben in schriftlichen Klausuren sowie Vorgaben zur mündlichen Benotung und Gesamtzensur ... 17
Anforderungsbereiche ... 17
Schriftliche Arbeiten ... 17
Gesamtzensur ... 17
Zugeordnete Experimente ... 18
Experiment 1: Mikroskopieren des Querschnitts durch ein bifaziales Laubblatt ... 18
Gefährdungsbeurteilung ... 20
Experiment 2: Isolation und dünnschichtchromatografische Trennung von Blattfarbstoffen ... 21
Gefährdungsbeurteilung ... 24
Experimente 3a: Bodenanalysen ... 26
Bestimmung des Gehalts an Nitrat-Ionen im Boden ... 26
Bestimmung des Gehalts an Phosphat-Ionen im Boden ... 28
Bestimmung des pH-Werts einer Bodenlösung ... 30
Experimente 3b: Gewässeranalysen ... 31
Bestimmung des Gehalts an Nitrat-Ionen in einer Gewässerprobe ... 31
Bestimmung des Gehalts an Phosphat-Ionen in einer Gewässerprobe ... 32
Bestimmung des pH-Werts einer Gewässerprobe ... 33
Experiment 4: Abziehpräparate der Epidermis eines Blattes vom Fleißigen Lieschen (*Impatiens walleriana*) mit Spaltöffnungen ... 34
Gefährdungsbeurteilung ... 36
Experiment 5: Modellierung der HILL-Reaktion ... 37
Gefährdungsbeurteilung ... 40

Experiment 6: Nachweis von NADH + H^+ bei der Glykolyse 42
Gefährdungsbeurteilung 45
Experiment 7: pH-Wert-Untersuchungen bei Dickblattgewächsen 46
Gefährdungsbeurteilung 48

Einleitung und Erklärung

Dieses KC wurde im Wesentlichen aus dem Kerncurriculum des Landes Niedersachsens und dem zweiten Dokument „Aufgaben für das Abitur – Inhaltliche Vereinbarungen zur Gestaltung der Aufgaben“.
Die Grundidee ist die, dass alles, was in den Aufgaben des Abiturs abgefragt werden kann auch das ist, was den SuS vermittelt werden muss. Daher werden diese, den vier Inhaltskompetenzen zugeordneten Inhalte den einzelnen Halbjahren zugeordnet. Diese Inhaltskompetenzen werden in Blau dargestellt. **Nur für das erhöhte Niveau grau hinterlegt und fett.**

Diesen Formulierungen werden dann alle Kompetenzen des KC zugeordnet, so dass am Ende alle Abiturprüfungsrelevanten Themen sowie alle Kompetenzen des KC abgedeckt sind. Diese sind in normaler schwarzer Schrift dargestellt.
Fette und grau hinterlegt Passagen gelten dabei nur für das EN.

In einem weiteren Schritt werden alle „Vereinbarungen zu fachpraktischen Aufgaben“ den entsprechenden Themenbereichen zugeordnet, damit klar ist welche Experimente verbindlich mit den SuS durchgeführt werden müssen. Diese Experimentellen Bezüge werden in Rot dargestellt. Dunkelrote Passagen (mit aufgelöster Tabellenstruktur) geben zu den Experimenten dazugehörige Kompetenzen an.

Ganz rechts werden in der Tabelle noch die zugeordnete Kompetenz (Sachkompetenz, Kommunikationskompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz und Bewertungskompetenz) und die entsprechenden Seiten im Schulbuch zugeordnet (Bioskop 2021).

Hinweis zu den Experimenten:

Die verbindlichen Experimente, die am Ende des Dokumentes aufgeführt sind, sind für die Abiturjahrgänge, die das Abitur 2025 oder später ablegen NICHT MEHR verbindlich, sind aber im Moment noch als Beispiele im Dokument vorhanden.
Gegebenfalls werden diese nach Absprache in der Fachgruppe ersetzt und oder angepasst. Grundlage hierfür sind dann die „Vereinbarungen zu fachpraktischen Aufgaben“.

Noch nicht zugeordente Kompetenzen:

1.1 Leben und Energie – 1.1.1 Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen

- Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel, Stoffwechselregulation auf Enzymebene
- Stofftransport zwischen Kompartimenten

Inhaltsbereich QP 1 – Leben und Energie

1.1 Energienutzung ermöglicht die Aufrechterhaltung von Lebensprozessen.

Chemiosmotische ATP-Bildung

Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP-/ADP-System

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern Energieübertragung auf molekularer Ebene durch das ATP/ADP-System	SaKo	65
nutzen eine geeignete Darstellungsform für das Prinzip der energetischen Kopplung	KoKo	65
erläutern die Abgabe von Wärme bei der Nutzung von Energie als Energieentwertung	SaKo	174-175
unterscheiden bei der Thermogenese zwischen kausalen und funktionalen Erklärungen	KoKo	?58?

1.2 Die Oxidation von Nährstoffen stellt Energie in Zellen bereit.

Feinbau Mitochondrium

Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette

Energetisches Modell der Atmungskette

Die Lernenden...	KoBe	Buch
skizzieren die Struktur des Mitochondriums unter Berücksichtigung von Kompartimentierung und Oberflächenvergrößerung	KoKo	62,75 168-169
beschreiben Redoxreaktionen als Elektronenübertragungen	SaKo	64
führen ein Experiment zur modellhaften Veranschaulichung von Redoxreaktionen bei Stoffwechselreaktionen durch	EgKo	s. Exp 5
erläutern die Bildung von CO2, ATP sowie NADH + H+ und FADH2 beim oxidativen Abbau von Glucose	SaKo	68-75
werten Befunde zur Wirkung der Phosphofructokinase im Hinblick auf das Prinzip der Rückkopplung aus	EgKo	78-79
stellen die Stoff- und Energiebilanz der vier Teilschritte der Zellatmung strukturiert dar	KoKo	74,80-81
erläutern die Synthese von ATP anhand des chemiosmotischen Modells sowie die Bildung von Wasser bei der Atmungskette	SaKo	72-75
diskutieren Möglichkeiten und Grenzen des energetischen Modells der Atmungskette	**EgKo**	**73**

1.3 Gärung stellt Energie unter anaeroben Bedingungen bereit.

Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung

Die Lernenden...	**KoBe**	**Buch**
erläutern die ATP-Synthese beim Glucoseabbau unter anaeroben Bedingungen bei Milchsäuregärung und alkoholischer Gärung	**SaKo**	**76-77**
erläutern die Abhängigkeit der Gärung von Temperatur und Substratkonzentration auf Enzymebene	**SaKo**	**32-35 +??**
planen ein hypothesengeleitetes Experiment zur alkoholischen Gärung unter Berücksichtigung des Variablengefüges, führen dieses durch, nehmen Daten auf, werten sie aus und widerlegen oder stützen Hypothesen	**EgKo**	**s. Exp6 76-77**
erklären die Regeneration des NAD+ bei der Gärung als Angepasstheit an anaerobe Bedingungen funktional	**KoKo**	**76-77**

1.4 Fotoautotrophe Lebewesen stellen energetisch nutzbare Stoffe her.

Funktionale Angepasstheiten: Blattaufbau, Feinbau Chloroplast, Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum

Lichtsammelkomplex

Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren

Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration

Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen

Energetisches Modell der Lichtreaktionen

Fachliches Verfahren: Chromatographie

Fachliches Verfahren: Tracer-Methode

Die Lernenden...	KoBe	Buch
beschreiben die Absorption von Licht verschiedener Wellenlängen durch Blattpigmente	SaKo	142-143
führen eine Dünnschichtchromatografie zur Trennung von Fotosynthesepigmenten durch und werten das Chromatogramm aus	EgKo	s. Exp 2 140-141
leiten das Wirkungsspektrum aus den Absorptionsspektren verschiedener Pigmente ab	KoKo	142-143
skizzieren die Struktur eines Chloroplasten unter Berücksichtigung der Kompartimentierung	KoKo	138-139, 148
erläutern die ATP-Synthese der Primärreaktionen der Fotosynthese anhand des chemiosmotischen Modells.	SaKo	144-145
erläutern Fixierungs-, Reduktions- und Regenerationsphase als Teilschritte der Sekundärreaktionen	SaKo	148-149
stellen den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen auf stofflicher und energetischer Ebene schematisch dar	KoKo	146-147
erläutern die Abhängigkeiten der Fotosyntheserate von Lichtintensität, Temperatur und Kohlenstoffdioxidkonzentration	SaKo	150-151
entwickeln Fragestellungen mit Bezug auf Abhängigkeit der Fotosynthese-Rate von einem ausgewählten abiotischen Faktor, planen ein hypothesengeleitetes Experiment unter Berücksichtigung des Variablengefüges, führen dieses durch, nehmen Daten auf, werten sie auch unter Berücksichtigung von Fehlerquellen aus, widerlegen oder stützen Hypothesen und reflektieren die Grenzen der Aussagekraft der eigenen experimentellen Daten	EgKo	???
präsentieren ihre Lern- und Arbeitsergebnisse sachgerecht	KoKo	alle
leiten anhand vorliegender Daten aus einer Tracer-Untersuchung Teilschritte von Stoffwechselwegen ab.	**EgKo**	**66-67**
beschreiben energetische Anregung der Elektronen in Lichtsammelkomplexen von Fotosystemen	**SaKo**	**143**
planen ein Experiment zur Funktion von Chlorophyll als lichtsensibles Redoxpigment unter Berücksichtigung des Variablengefüges, nehmen Daten auf und werten sie unter Berücksichtigung von Redoxpotenzialen aus.	**EgKo**	**s. Exp5**
stellen das energetische Modell der Primärreaktionen schematisch dar	**KoKo**	**146**

1.5 Laubblätter grüner Pflanzen zeigen spezifische strukturelle und funktionale Angepasstheiten.

C_4-Pflanzen

Die Lernenden...	KoBe	Buch
beschreiben die Struktur eines bifazialen Laubblatts	SaKo	138
mikroskopieren und zeichnen den selbstständig angefertigten Blattquerschnitt eines bifazialen Laubblatts	EgKo	s. Exp 1
erklären Modifikationen bei Sonnen- und Schattenblättern funktional	KoKo	152-153
erläutern Struktur-Funktionsbeziehungen bei meso- und xerophytischen Laubblättern	SaKo	194-197
werten Daten zu unterschiedlichen Fotosyntheseraten in C3- und C4-Pflanzen im Hinblick auf Angepasstheiten aus	**EgKo**	**158-159**

Inhaltsbereich QP 2 – Vielfalt des Lebens

2.1 Durch spezifische Basenabfolgen in der DNA werden Informationen für die Struktur von Proteinen gespeichert und über die Proteinbiosynthese exprimiert.

Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, Transkription und Translation, semikonservative Replikation

Die Lernenden...	KoBe	Buch
beschreiben die molekulare Struktur der DNA und erläutern die komplementäre Basenpaarung durch Wasserstoffbrücken *(GIDA-Film: Molekulare Genetik, SEK II)*	SaKo	GIDA
erläutern Transkription und Translation als Realisierung von genetisch gespeicherten Informationen *(GIDA-Film: Molekulare Genetik, SEK II)*	SaKo	GIDA
leiten aus Daten die Vervielfältigung von genetisch gespeicherter Information durch semikonservative Replikation ab.	EgKo	???
erklären Proteinvielfalt durch alternatives Spleißen in der eukaryotischen Proteinbiosynthese funktional.	KoKo	102-103

2.2 Die Steuerung der Genexpression führt zur Bildung spezifischer Proteine.

Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch Methylierung, Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal

RNA-Interferenz

Modifikationen des Epigenoms: Histonmodifikation

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern die Steuerung der Genexpression durch Hormone als Transkriptionsfaktoren	SaKo	102-103, 110
leiten aus umweltbedingten Methylierungsmustern der DNA ab, dass Genexpression über Methylierung gesteuert wird.	EgKo	104-107
erläutern RNA-Interferenz als Mechanismus zur Hemmung der Genexpression	**SaKo**	**108**
erklären Genexpression durch Histonmodifikation proximat	**KoKo**	**???**

2.3 Mutationen in den Basensequenzen der DNA können zu hereditären Erkrankungen führen. Gentechnische Verfahren werden zur Diagnose und Behandlung genetisch bedingter Erkrankungen genutzt.

Genmutationen

Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie

Fachliches Verfahren: Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, gentechnisch veränderte Organismen, Gentherapeutische Verfahren

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern Genmutationen und ihre Auswirkungen auf Zell-, Organ- und Organismus-Ebene	SaKo	?114?
beschreiben ein gentherapeutisches Verfahren zum Austausch von DNA-Sequenzen	SaKo	???
leiten aus Familienstammbäumen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens hereditärer Erkrankungen ab	KoKo	???
bewerten bioethische Aspekte eines Gentests in der genetischen Beratung auch unter Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen, bilden sich kriteriengeleitet Meinungen, treffen Entscheidungen und reflektieren Entscheidungen. *Bioskop: Film: Gentests für Babys (3:56)*	BeKo	???

2.4 Der fehlgesteuerte Zellzyklus kann zur Bildung von Krebszellen führen.

Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin

Die Lernenden...	**KoBe**	**Buch**
beschreiben die Entstehung von Krebs als unkontrollierte Teilungen und Wachstum von Zellen	**SaKo**	**114-115**
werten Forschungsbefunde zur Beeinflussung des Zellzyklus durch mutierte oder epigenetisch modifizierte Onkogene und Anti-Onkogene beziehungsweise ihrer Genprodukte aus	**EgKo**	**112-113**
recherchieren zu einem Verfahren der personalisierten Krebsmedizin und wählen passende Quellen aus	**KoKo**	**Internet**

2.5 Abgestufte Ähnlichkeiten von Organismen dienen als Belege für die Rekonstruktion der gemeinsamen Abstammung.

Stammbäume: ursprüngliche und abgeleitete Merkmale

Belege für die Evolution: molekularbiologische Homologien

Fachliches Verfahren: PCR

Fachliches Verfahren: Gelelektrophorese

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern die molekularen Vorgänge bei PCR und Gelelektrophorese	SaKo	372
deuten Aminosäure- und DNA-Sequenzen als molekularbiologische Homologien für phylogenetische Verwandtschaft	EgKo	370 +371
erstellen und interpretieren Stammbäume auf der Grundlage von ursprünglichen und abgeleiteten Merkmalen zur Darstellung von phylogenetischer Verwandtschaft ***Seitenzahlen**: 358, 359, 364, 365, 370, 371, 374, 375, 378, 379, 424,4 25, 428, 429, 430-437*	KoKo	***Seiten s. Text links***

2.6 Genetische Variabilität innerhalb von Populationen ändert sich von Generation zu Generation. Evolution führt über die Bildung neuer Arten zu Biodiversität.

Grundlegende Prinzipien der Evolution: Rekombination, Mutation, Selektion, Verwandtschaft, Variation, Fitness, Isolation, Drift, Artbildung, Biodiversität, Koevolution, populationsgenetischer Artbegriff

Synthetische Evolutionstheorie, Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern das Zusammenwirken von Rekombination, Mutation, genetischer Variabilität und phänotypischer Variation, reproduktive Fitness, Isolation und Drift bei Selektion und Artbildung[1] **Seitenzahlen**: 386– 389 +392- 393 +396-407	SaKo	***Seiten s. Text links***
beschreiben den populationsgenetischen Artbegriff	SaKo	386
simulieren evolutive Prozesse und diskutieren Möglichkeiten und Grenzen des Modells	EgKo	???
grenzen die synthetische Evolutionstheorie von nichtwissenschaftlichen Vorstellungen ab	KoKo	380,386 + ???
erklären Koevolution ultimat und vermeiden dabei finale Begründungen	KoKo	381,410, 406-409

[1] *(Artbildung Wie gründlich? Allopatrisch? Wahrscheinlich ja, wegen Isolation! Sympatrisch? Adaptive Radiation?)*

2.7 Das Verhalten eines Individuums beeinflusst seine Überlebenswahrscheinlichkeit und reproduktive Fitness.

Adaptiver Wert von Verhalten: reproduktive Fitness, Kosten-Nutzen-Analyse

Sozialverhalten bei Primaten[2]: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten, reproduktive Fitness

Die Lernenden...	KoBe	Buch
analysieren Kosten und Nutzen von Verhaltensweisen hinsichtlich ihrer Konsequenzen für die reproduktive Fitness	SaKo	412-415
erklären Verhaltensweisen aus ultimater und proximater Sicht und vermeiden finale Aussagen	KoKo	410-411
erläutern exogene und endogene Ursachen für das Sozialverhalten von Primaten	**SaKo**	
beobachten und dokumentieren geschlechtsspezifische Verhaltensweisen von Primaten und leiten deren adaptiven Wert ab	**EgKo**	**416-417**
erklären Maximierung der reproduktiven Fitness anhand von Paarungssystemen bei Primaten funktional	**KoKo**	**416-417**

2.8 Biologische und kulturelle Evolution führten zum Auftreten des rezenten Menschen.

Evolution des Menschen: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen

Kulturelle Evolution: Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung

Die Lernenden...	**KoBe**	**Buch**
vergleichen Hypothesen zum evolutiven Ursprung und zur Ausbreitung des rezenten Menschen.	**SaKo**	**434-437**
rekonstruieren einen Stammbaum der menschlichen Evolution auf Basis ausgewählter morphologischer Merkmale	**EgKo**	**426-433**
prüfen Fossilfunde hinsichtlich ihrer Aussagekraft bei der Rekonstruktion von phylogenetischer Verwandtschaft des Menschen.	**KoKo**	**430-433**
beurteilen den Einfluss der kulturellen Evolution anhand von Sprach- und Werkzeuggebrauch auf die menschliche Evolution	**BeKo**	**433-439**

[2] Alle unter „Sozialverhalten bei Primaten“ genannten Inhalte werden im Unterricht an selbst gewählten Beispielen erarbeitet. Entsprechend werden für die Bearbeitung der Poolaufgaben keine Kenntnisse zu bestimmten Beispielen vorausgesetzt. 6

Der genannte Inhalt wird im Unterricht an selbst gewählten Beispielen erarbeitet. Entsprechend werden für die Bearbeitung der Poolaufgaben keine Kenntnisse zu bestimmten Beispielen vorausgesetzt.

Inhaltsbereich QP 3 – Lebewesen in ihrer Umwelt

3.1 Wechselbeziehungen zwischen Organismen und Lebensraum bilden Ökosysteme. Biodiversität dient der Beschreibung des Zustands von Ökosystemen.

Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren

Einfluss abiotischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven, ökologische Potenz

Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen

Ökologische Nische

Fachliches Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal

Fachliches Verfahren: Quantitative Erfassung von Arten in einem Areal

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern das Ökosystem als Beziehungsgefüge zwischen Biotop und Biozönose unter Einbeziehung der spezifischen biotischen und abiotischen Faktoren. **Seitenzahlen**: Immer das erste Kapitel des jeweiligen Ökosystems (z.B. S.250 Ökosys. Wiese)	SaKo	S. linke Seite
stellen die ökologische Nische als Beziehungsgefüge zwischen einer Art und ihrer Umwelt mithilfe einer geeigneten Darstellungsform dar	KoKo	204-205
erläutern inter- und intraspezifische Konkurrenz, Räuber-Beute-Beziehung, Parasitismus und Symbiose als Wechselbeziehungen zwischen Organismen an konkreten Beispielen.	SaKo	202-207
wenden labor- und freilandbiologische Geräte und Techniken zur qualitativen und quantitativen Erfassung von Arten in einem Areal sachgerecht an.	EgKo	S. Exp.3
interpretieren die Ergebnisse freilandbiologischer Untersuchungen und leiten Aussagen zur Biodiversität ab.	KoKo	294-295
vergleichen unter Bezug auf biotische und abiotische Faktoren physiologische und ökologische Potenz	SaKo	186-189
werten Ökogramme im Hinblick auf interspezifische Konkurrenz aus	EgKo	187, 207
planen ein Experiment zur Toleranz von Organismen gegenüber einem ausgewählten abiotischen Faktor und führen es unter Berücksichtigung des Variablengefüges durch, nehmen quantitative Daten auf und werten sie aus	EgKo	S. Exp.3
präsentieren die erhobenen Daten zur Toleranz von Organismen gegenüber einem abiotischen Faktor mithilfe einer geeigneten Darstellungsform	KoKo	186-189

3.2 Die Rückwirkungen zwischen Individuenanzahl und Umweltbedingungen regulieren das Populationswachstum in Ökosystemen.

Fortpflanzungsstrategien: R- und K-Strategien

Idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum

Die Lernenden...	**KoBe**	**Buch**
erläutern exponentielle und logistische Entwicklungen von Populationen vor dem Hintergrund von Regulation in Ökosystemen	**SaKo**	**210-215**
erklären r- und K-Fortpflanzungsstrategien funktional	**KoKo**	**412**

3.3 Die Wechselwirkungen in Ökosystemen lassen sich mithilfe von Stoff- und Energieflüssen beschreiben.

Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf, Nahrungsnetz

Stickstoffkreislauf

Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt

Ökologischer Fußabdruck

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern Biomassetransfer und Energienutzung in Nahrungsketten und -netzen.	SaKo	224-231
erläutern Stoffflüsse in Ökosystemen der Biosphäre anhand des Kohlenstoffkreislaufs	SaKo	286-287
diskutieren evidenzbasiert zu den Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts auf den Stofffluss in einer Nahrungskette	KoKo	231, 284-285
wählen Daten zu einer hormonartig wirkenden Substanz in einer Nahrungskette aus und erschließen dazu Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen	KoKo	???
entwickeln auf Basis des ökologischen Fußabdrucks Handlungsoptionen in alltagsrelevanten Entscheidungssituationen zur Kohlenstoffdioxidbilanz und wägen sie ab	**BeKo**	**288?**
erläutern mikrobielle Stickstoff-Fixierung, Nitrifikation, Denitrifikation und Ammonifikation durch Mikroorganismen als Chemosynthese.	**SaKo**	**234**
stellen einen Stickstoffkreislauf auf molekularer Ebene unter Berücksichtigung von Produzenten, Konsumenten und Destruenten schematisch dar.	**KoKo**	**234**

3.4 Die anthropogene Nutzung verändert die Stabilität von Ökosystemen. Eine nachhaltige Nutzung von Ressourcen kann unter Berücksichtigung der Regene-rationsfähigkeit von Ökosystemen erreicht werden.

Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts

Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern die Nutzung von Ressourcen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung unter Berücksichtigung von Biodiversität.	SaKo	288
reflektieren kurz- und langfristige sowie lokale und globale Folgen einer Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahme und bewerten deren Auswirkungen im Hinblick auf Nachhaltigkeit aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive	BeKo	278-290

Inhaltsbereich QP 4 – Informationsverarbeitung in Lebewesen

4.1. Reize lösen in Sinneszellen Erregung aus. Nervenzellen übertragen elektrisch und chemisch codierte Information.

Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Erregungsleitung

Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, Stoffeinwirkung an Synapsen, neuromuskuläre Synapse

Fachliches Verfahren: Potenzialmessungen

Rezeptorpotenzial

Primäre und sekundäre Sinneszelle

Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation

Die Lernenden...	KoBe	Buch
skizzieren die Struktur eines Neurons schematisch	KoKo	300
erläutern die Entstehung und Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials auch unter Berücksichtigung des Prinzips des Fließgleichgewichts sowie den Ablauf des Aktionspotenzials	SaKo	302-303 304 - 305
leiten aus Potenzialmessungen Ionenströme an Axonen ab.	EgKo	304
erläutern die Codierung von Information bei der Übertragung von Erregung zwischen Nervenzellen sowie Nerven- und Muskelzellen an cholinergen Synapsen.	SaKo	308
recherchieren zu neuronalen Störungen durch Stoffeinwirkungen an Synapsen und wählen passende Quellen aus.	KoKo	314-315
simulieren kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung am Axon und diskutieren Möglichkeiten und Grenzen des Modells. (Modellversuche bei Marco)	EgKo	306 - 307
beschreiben die molekularen Vorgänge an einer hemmenden Synapse.	EgKo	312-313
interpretieren Daten zur neuronalen Verrechnung, indem sie aus ihnen räumliche und zeitliche Summation ableiten.	SaKo	312-313 +322
erläutern die Bildung von Rezeptorpotenzialen an primären sowie sekundären Sinneszellen als Folge von Signaltransduktion	SaKo	318-321 +326-327 +351

4.2 Das Zusammenspiel von neuronaler und hormoneller Informationsübertragung ermöglicht Kommunikation zwischen Zellen.

Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung

Zelluläre Prozesse des Lernens

Störungen des neuronalen Systems

Fachliches Verfahren: Neurophysiologische Verfahren

Die Lernenden...	KoBe	Buch
erläutern die chemische Informationsübertragung durch Peptid- und Steroidhormone, die aus Drüsenzellen in das Blut sezerniert werden und Reaktionen in anderen Zellen bewirken.	SaKo	348-349
leiten aus komplexen Darstellungsformen die Verknüpfung neuronaler und hormoneller Informationsübertragung ab.	KoKo	346-347 +352-353
erläutern neuronale Plastizität als Umbau zellulärer Strukturen des Gehirns beim Lernen.	SaKo	344-345

Legende und Erläuterungen sowie Hinweise zur Lesart und Verwendung von Operatoren im KC:

Kompetenzen

SaKo Sachkompetenz:
beschreiben, vergleichen, analysieren und Erläutern sind immer der Sachkompetenz zugeordnet

EgKo Erkenntnisgewinn-Kompetenz:
planen, durchführen, beobachten, dokumentieren, auswerten, anwenden, deuten, diskutieren, rekonstruieren und simulieren sind immer der Erkenntnisgewinnkompetenz zugeordnet
Experimente sind immer der Erkenntnisgewinnkompetenz zugeordnet.

KoKo Kommunikationskompetenz:
Skizzieren, darstellen, erstellen, interpretieren, erklären, prüfen, präsentieren, eine geeignete Darstellungsform nutzen, auswählen, recherchieren, diskutieren und abgrenzen sind immer der Kommunikationskompetenz zugeordnet

BeKo Bewertungskompetenz:
bewerten, beurteilen, Meinung bilden, Handlungsoptionen entwickeln, abwägen, Entscheidungen treffen und reflektieren sind immer der Bewertungskompetenz zugeordnet

Ableiten ist mal der Erkenntnisgewinnkompetenz, mal der Kommunikationskompetenz zugeordnet.

Vereinbarungen zu fachpraktischen Aufgaben

Zur Bearbeitung materialgebundener Aufgaben mit fachpraktischem Anteil sollen Prüflinge über grundlegende laborpraktische Kenntnisse und Fertigkeiten hinaus insbesondere über die folgenden Kompetenzen verfügen. Für jede Kompetenz wird ein inhaltlicher Bezug zu den Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife hergestellt.

Mikroskopische Untersuchungen biologischer Phänomene

- Anfertigen von mikroskopischen Präparaten z. B. von Blattquerschnitten oder Epidermisabzugspräparaten (Kap. 2.6.1, Abschnitt „Aufbauender Stoffwechsel“, Inhalt „Blattaufbau“)
- Färben von Präparaten (Kap. 2.6.1, Abschnitt „Aufbauender Stoffwechsel“, Inhalt „Blattaufbau“)
- Zeichnen mikroskopischer Bilder (Kap. 2.6.1, Abschnitt „Aufbauender Stoffwechsel“, Inhalt „Blattaufbau“)
- Analysieren der osmotischen Wirksamkeit verschiedener Lösungen auf pflanzliche Gewebe (Kap. 2.6.1, Abschnitt „Grundlegenden Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen“, Inhalt „Stofftransport zwischen Kompartimenten“)

Qualitative und quantitative Stoffnachweise und Messungen

- Nachweisen von Assimilaten (Kap. 2.6.1, Abschnitt „Aufbauender Stoffwechsel“)
- Nachweisen von Blattfarbstoffen durch Chromatografie (Kap. 2.6.1, Abschnitt „Fachliche Verfahren“, Inhalt „Chromatografie“)
- Erfassen abiotischer Umweltfaktoren durch geeignete Indikatoren oder Messsensoren, z. B. Bestimmung von pH-Wert oder Nitratgehalt (Kap. 2.6.3, Abschnitt „Fachliche Verfahren“, Inhalt „Erfassung ökologischer Faktoren“)

Untersuchungen zu Stoffwechselprozessen in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren

- Ermitteln der Enzymaktivität (Kap. 2.6.1, Abschnitt „Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen“)
- Ermitteln der Fotosyntheserate (Kap. 2.6.1, Abschnitt „Aufbauender Stoffwechsel“)
- Ermitteln der Gärungsrate (nur erhöhtes Anforderungsniveau; Kap. 2.6.1, Abschnitt „Aufbauender Stoffwechsel“)

Liste Der Operatoren nach KC

Operator	**Erläuterung**
ableiten	auf der Grundlage von Erkenntnissen oder Daten sachgerechte Schlüsse ziehen
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenwerte angeben
analysieren	wichtige Bestandteile, Eigenschaften oder Zusammenhänge auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten *Chemie zusätzlich:* einen Sachverhalt experimentell prüfen
anwenden	*einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen*
aufbauen eines Experiments	*Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren*
aufstellen, formulieren *(Biologie und Chemie)*	chemische Formeln, Gleichungen, Reaktionsgleichungen (Wort- oder Formelgleichungen), Reaktionsmechanismen entwickeln
Hypothesen aufstellen	eine Vermutung über einen unbekannten Sachverhalt formulieren, die fachlich fundiert begründet wird
angeben, nennen	Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben
auswerten	Beobachtungen, Daten, Einzelergebnisse oder Informationen in einen Zusammenhang stellen und daraus Schlussfolgerungen ziehen
begründen	Gründe oder Argumente für eine Vorgehensweise oder einen Sachverhalt nachvollziehbar darstellen
berechnen	die Berechnung ist ausgehend von einem Ansatz darzustellen
beschreiben	Beobachtungen, Strukturen, Sachverhalte, Methoden, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren
bestätigen	die Gültigkeit einer Aussage (z.B. einer Hypothese, einer Modellvorstellung, eines Naturgesetzes) zu einem Experiment, zu vorliegenden Daten oder zu Schlussfolgerungen feststellen
beurteilen	das zu fällende Sachurteil ist mit Hilfe fachlicher Kriterien zu begründen
bewerten	einen Sachverhalt vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Werte und Normen einschätzen und dadurch zu einem Werturteil gelangen
darstellen	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren, auch mithilfe von Zeichnungen und Tabellen
dokumentieren (in Zusammenhang mit dem GTR/CAS)	*Bei Verwendung eines elektronischen Rechners den Lösungsweg nachvollziehbar darstellen*
durchführen eines Experiments	*an einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen oder eine Experimentieranleitung umsetzen*
diskutieren, *erörtern*	Argumente zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen
entwickeln	*Sachverhalte und Methoden zielgerichtet miteinander verknüpfen: eine Hypothese, eine Skizze, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen*
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich machen, indem man ihn auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführt

erläutern	einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen
ermitteln	ein Ergebnis oder einen Zusammenhang rechnerisch, grafisch oder experimentell bestimmen
herleiten	mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten einen Zusammenhang zwischen chemischen bzw. physikalischen Größen herstellen
interpretieren, deuten	naturwissenschaftliche Ergebnisse, Beschreibungen und Annahmen vor dem Hintergrund einer Fragestellung oder Hypothese in einen nachvollziehbaren Zusammenhang bringen
ordnen, *zuordnen*	Begriffe oder Gegenstände auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen
planen	*zu einem vorgegebenen Problem (auch experimentelle) Lösungswege entwickeln und dokumentieren*
protokollieren	*Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten zeichnerisch bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben*
prüfen, überprüfen	*Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken*
skizzieren	Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Ergebnisse übersichtlich grafisch darstellen
untersuchen	Sachverhalte oder Phänomene mithilfe fachspezifischer Arbeitsweisen erschließen
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede kriteriengeleitet herausarbeiten
zeichnen	Objekte grafisch exakt darstellen
zusammenfassen	*das Wesentliche in konzentrierter Form herausstellen*

Die kursiv dargestellten Operatoren kommen im KC vor aber nicht in der (Bundes-) einheitlichen Operatorenliste für das schriftliche Abitur

Anforderungsbereiche und Verteilungsvorgaben in schriftlichen Klausuren sowie Vorgaben zur mündlichen Benotung und Gesamtzensur

Anforderungsbereiche

Durch **Anforderungsbereiche** (AFB) wird der kognitive Anspruch von Aufgaben hinsichtlich der für ihre erfolgreiche Lösung erforderlichen Performanz bezeichnet:

• AFB I umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.

• AFB II umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.

• AFB III umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Lernenden selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

Schriftliche Arbeiten

In Testaufgaben liegt der Schwerpunkt im Anforderungsbereich II. Darüber hinaus sind die Anforderungsbereiche I und III in einem angemessenen Verhältnis zu berücksichtigen, wobei Anforderungsbereich I stärker als III gewichtet werden sollte. Der Anforderungsbereich lässt sich nicht anhand des gewählten Operators ableiten.

Gesamtzensur

Zur Ermittlung der Gesamtzensur sind die Ergebnisse der schriftlichen Arbeiten und die Bewertung der Mitarbeit im Unterricht heranzuziehen. Der Anteil der schriftlichen Leistungen darf ein Drittel an der Gesamtzensur nicht unterschreiten und 50 Prozent nicht überschreiten.

Zugeordnete Experimente

Experiment 1: Mikroskopieren des Querschnitts durch ein bifaziales Laubblatt

Zeitaufwand:

Durchführung: 80 Minuten für das Präparieren und Skizzieren

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:

Laubblatt des Spitzahorns (*Acer platanoides*) und ein weiteres Blatt einer anderen Art, frische Mohrrübe

Chemikalien:

Leitungswasser

Geräte:

1 Becherglas (100 mL)	1 Rasierklinge	1 Rasierklingenhalter
1 Objektträger	1 Deckgläschen	1 Pasteurpipette
1 Pinzette	1 Küchenmesser	1 Präpariernadel
Küchenpapier	1 Mikroskop	1 Schneidebrett

Durchführung:

1. Schneiden Sie die Mohrrübe mit dem Küchenmesser der Länge nach bis zur Hälfte ein.
2. Klemmen Sie das jeweilige Blatt mit dem Blattstiel nach unten in die gespaltene Mohrrübe ein.
3. Schneiden Sie den Querschnitt nahe der stabilen Mittelrippe.
4. Erzeugen Sie mit der Rasierklinge einen möglichst dünnen und geraden Schnitt an der Oberfläche. Schneiden Sie dazu die Mohrrübe mit dem eingeklemmten Blatt in hauchdünne Scheiben. Setzen Sie dazu die Klinge ganz knapp unterhalb der Schnittfläche an und ziehen Sie diese dann langsam schräg nach oben.
5. Geben Sie einen Tropfen Wasser auf den Objektträger.
6. Übertragen Sie den Schnitt mithilfe der Präpariernadel in den Wassertropfen und legen Sie dann ein Deckgläschen vorsichtig darauf.
7. Mikroskopieren Sie das Präparat bei einer geeigneten Vergrößerung.

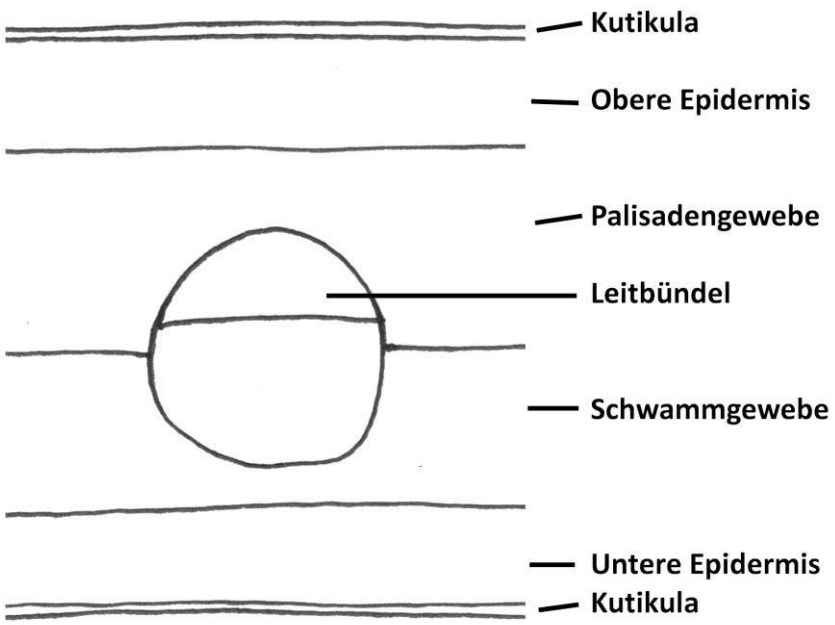
Aufgaben:

1. Fertigen Sie zunächst bei geringer Vergrößerung eine Übersichtsskizze an, welche die Verteilung der unterschiedlichen Gewebe und deren Schichtdicke wiedergibt.
2. Fertigen Sie bei großer Vergrößerung je eine Detailskizze von wenigen Zellen im Zellverband aus den jeweiligen Geweben an.

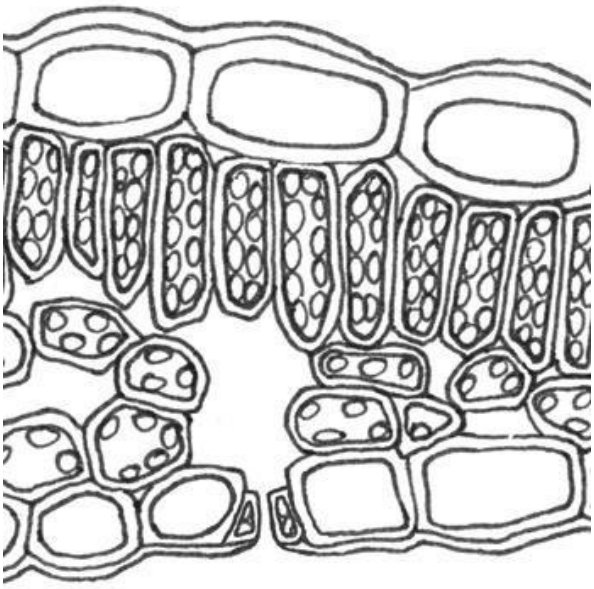
Hinweise:

Vor dem Anfertigen des Schnitts eine gerade Schnittfläche an der Möhre mit Blatt herstellen. Die Rasierklinge flach, mit Daumendruck, unter Spannung auf die Schnittfläche drücken. Aus dem Handgelenk mit leichter Drehbewegung zum Körper hin schneiden. Besonders geeignet sind flexible Rasierklingenhalter, z. B. aus Silikon. Die Verwendung von selbstgebauten Werkzeugen ist grundsätzlich nicht erlaubt.

Ergebnis:



1. Übersichtsskizze des Blattquerschnitts eines Spitzahorns (*Acer platanoides*)



2. Detailskizze des Blattquerschnitts eines Spitzahorns (*Acer platanoides*) (Schattenblatt)

Erstellt durch: Zentralabiturkommission Biologie 2019

Gefährdungsbeurteilung

Einstufung der Stoffe

Stoff	Signalwort	Piktogra nme	H-Sätze und EUH-Sätze	P-Sätze	WGK	Tätigkeitsbeschränkung
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.	Gezielte Tätigkeit	Risikogruppe	Schutzstufe	Toxische / sensibilisierende Wirkung
Spitzahorn (*Acer platanoides*), Laubblätter	-- -	- --	---	---

Substitution von Gefahrstoffen

Nicht erforderlich

Liste der H-Sätze	Liste der P-Sätze
---	---

Gefahren

Gefahr	Ja	Nein
Gefahren durch Einatmen		X
Gefahren durch Hautkontakt		X
Brandgefahr		X
Explosionsgefahr		X

Sonstige Gefahren/Hinweise:
Reinigung der Hände nach Versuchsdurchführung! Verletzungsgefahr durch Rasierklingen

Entsorgung

Die Pflanzenreste werden in den Restmüll gegeben. Die Rasierklingen werden gesammelt und in einen gesonderten Behälter gegeben (Vermeidung von Schnittverletzungen).

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung

DGUV Informa-tion 213-098 (01.02.2019)	Schutzbrille	Schutzhandschuhe	Abzug-maßnahmen	geschlossenes System	Lüftungsmaßnahmen	Brandschutzmaßnahmen	**Weitere Maßnahmen:** ---
X							

_____ _____

(Schule) (Datum, Unterschrift Fachlehrer/Fachlehrerin)

Experiment 2: Isolation und dünnschichtchromatografische Trennung von Blattfarbstoffen

Zeitaufwand:

Vorbereitung: 10 min zum Ansetzen der Lösungen

Durchführung: 45 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:

Grüne Blätter der Petersilie (*Petroselinum crispum* (MILL) FUSS), frisches oder gefriergetrocknetes Material (Bezugsquelle: z. B. Lebensmittelhandel, Gemüse- bzw. Gewürzabteilung)

Chemikalien:

Aceton

Petrolether (Petroleumbenzin, möglichst Siedebereich 100-140 °C)

Propan-2-ol (Isopropanol)

Demineralisiertes Wasser

Calciumcarbonat

Gereinigter Sand

Geräte:

Schere	Erlenmeyerkolben (50 mL oder 100 mL)	Kieselgelplatte für die Dünnschichtchromatografie (Synonym: Silikagelplatte, DC-Platte)
Mörser und Pistill	Messzylinder (50 mL und 100 mL)	Trennkammer mit Deckel
Spatel	Messpipette (2 mL)	Glaskapillare (10 µL)
Trichter	Aluminiumfolie	stumpfe Pinzette
Faltenfilter	Lineal	Bleistift
Blockschälchen		

Vorbereitung: Herstellung des Laufmittels

Petroleumbenzin (möglichst Siedebereich 100-140 °C), Propan-2-ol und demineralisiertes Wasser im Volumenverhältnis 100 : 10 : 0,25. Hinweis: Demineralisiertes Wasser zuerst in Propan-2-ol geben.

Durchführung:

a) Herstellen des Blattextraktes

1. Zerkleinern Sie etwa 5 g Blätter frischer Petersilie grob mit einer Schere oder verwenden Sie 2 g Blätter bereits zerkleinerter gefriergetrockneter Petersilie.
2. Geben Sie das zerkleinerte Blattmaterial in einen Mörser.
3. Geben Sie weniger als eine Spatelspitze Sand, eine Spatelspitze Calciumcarbonat sowie 20 mL Aceton hinzu.
4. Zerreiben Sie die Blätter kräftig, bis der Blattextrakt dunkelgrün gefärbt ist.
5. Filtrieren Sie den Blattextrakt durch einen Faltenfilter in einen 50 mL- oder 100 mL-Erlenmeyerkolben.

Hinweise: Im Winter kann auch Efeugrün genutzt werden. Bei gefrorenen Proben (Petersilie oder Spinat) sollte das Wasser aus der aufgetauten Probe gründlich ausgedrückt werden. Abhängig vom Pflanzenmaterial sind nicht immer alle 7 Banden zu sehen; um alle 7 Banden zu erzielen, kann eine Mischung aus frischem und gefriergetrocknetem Material sinnvoll sein.

Die Farbstoffe sind licht-, sauerstoff- und temperaturempfindlich. Wenn der Extrakt nicht sofort weiterverwendet werden soll, ist der Erlenmeyerkolben zu verschließen, mit Aluminiumfolie zu umwickeln und im Kühlschrank aufzubewahren.
Für den Umgang mit Aceton gilt lt. Empfehlung der MAK-Kommission ein AGW von 500 ml/m³ bzw. 1200 mg/m³. Bei Lüftungsmaßnahmen und kurzfristigem Einsatz geringer Mengen ist ein Atemschutz daher nicht erforderlich.

b) Durchführung der Dünnschichtchromatografie (DC)

1. Füllen Sie das Laufmittel in die Trennkammer. Verschließen Sie die Trennkammer.
2. Zeichnen Sie am unteren Rand der DC-Platte mit Bleistift eine Startlinie, ohne die Beschichtung zu beschädigen oder diese mit den Fingern zu berühren. Die Startlinie muss so weit vom Plattenrand entfernt sein, dass sie sich oberhalb des Laufmittels befindet, wenn die DC-Platte im Laufmittel steht.
3. Füllen Sie einige Milliliter des Blattextrakts in das Blockschälchen. Tragen Sie mithilfe der Glaskapillare in der Höhe der Startlinie auf einen Punkt Blattextrakt auf. Lassen Sie den aufgetragenen Blattextrakt trocknen und tragen Sie danach auf denselben Punkt erneut Blattextrakt auf. Wiederholen Sie diesen Vorgang so lange, bis ein farbintensiver Blattextrakt-Auftrag entstanden ist.
4. Stellen Sie die DC-Platte mit dem aufgetragenen Blattextrakt vorsichtig mit der Pinzette in die Kammer und verschließen Sie diese umgehend. Lassen Sie das Gefäß erschütterungsfrei stehen, bis das Laufmittel fast den oberen Rand der Platte erreicht hat.

Hinweise: Der sich auf der DC-Platte befindende Blattextrakt darf nicht in das Laufmittel eintauchen. Die Menge des Laufmittels bemisst sich an der Größe der verwendeten DC-Platte sowie der Größe der Kammer.

5. Nehmen Sie die DC-Platte mit der Pinzette aus der Kammer heraus, kurz bevor das Laufmittel das Ende der DC-Platte erreicht hat. Fotografieren Sie die DC-Platte mit dem Bandenmuster möglichst bevor diese getrocknet ist.
6. Lassen Sie die DC-Platte trocknen und umranden Sie die einzelnen Banden mit Bleistift. Notieren Sie sich die Farbe jeder einzelnen Bande.

Hinweis: Startlinie nur knapp über der Laufmittelfüllhöhe anordnen, um die gesamte Höhe der DC-Platte zur Auftrennung zu nutzen.

Ergebnis: Am Ende des Laufes liegen die Farbstoffe in sieben Banden mit zum Teil unterschiedlicher Färbung vor (siehe Abbildung).

Deutung:

Die polaren Moleküle des Lösungsmittelgemischs zeigen eine star-1 gelb ke Wechselwirkung mit den polaren Gruppen des Trägermaterials. Die unpolaren Moleküle des Lösungsmittelgemischs zeigen eine geringe Wechselwirkung mit den polaren Gruppen des Trägermate- rials. Die Auftrennung der Blattfarbstoffe erfolgt durch das in den Kapillar- räumen der Trägersubstanz (Kieselgel) hochsteigende Laufmittel. Die unpolaren Moleküle des Petroleumbenzins bewegen sich dabei schneller als die polaren Moleküle von Propan-2-ol und Wasser. Stoffe des Farbstoffgemisches mit unpolaren Molekülen, die sich im

Petroleumbenzin gut lösen, zeigen daher nach einer bestimmten 2 grau Zeit eine weitere Laufstrecke als die Farbstoffe mit polaren Moleküle-
len, die sich im Lösungsmittel mit den polaren Molekülen lösen. 3 blaugrün Dadurch entstehen die einzelnen Banden.

Den einzelnen Banden können die folgenden Farbstoffe zugeordnet 4 grasgrün werden. 1: Carotin; 2: Chlorophyll-Abbauprodukte; 3 Chlorophyll a; 5 orangegelb
4: Chlorophyll b; 5: Lutein; 6: Violaxanthin, 7: Neoxanthin.
6 gelb

7 gelb

Zusammengestellt und verändert aus:

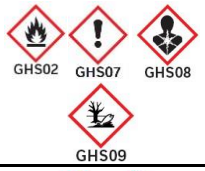
Wild, A.: Pflanzenphysiologische Versuche in der Schule. Quelle & Meyer, Wiebelsheim 1999, S. 172-174, 181-183.

Zentralabiturkommission 2019: DC-Platte der dünnschichtchromatografischen Auftrennung des Blattextraktes von Petersilie.

Experiment: Isolation und dünnschichtchromatografische Trennung von Blattfarbstoffen

Gefährdungsbeurteilung

Einstufung der Stoffe

Stoff	Signalwort	Piktogramme	H-Sätze und EUH-Sätze	P-Sätze	WGK	Tätigkeitsbeschränkung
Aceton (Propanon)	Gefahr		H225, H319 H336 EUH066	P210, P240, P403+P233, P305+P351+P338	1	S4K
Petrolether (Petroleumbenzin)	Gefahr		H225, H304, H315, H336, H373, H411, H361f	P201, P210, P331, P501, P301+P310 P370+P378	1	S4K w ESP
Propan-2-ol	Gefahr		H225, H319, H336	P210, P233, P240, P403+P235, P305+P351+P338	1	S4K
Calciumcarbonat	---	---	---	---	---	+

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.	Gezielte Tätigkeit	Risikogruppe	Schutzstufe	Toxische / sensibilisierende Wirkung
Petersilie (Blätter) (*Petroselinum crispum* (MILL) FUSS)	---	---	---	---

Substitution von Gefahrstoffen

Nicht erforderlich

Liste der H-Sätze	Liste der P-Sätze
H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. H304 Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein. H315: Verursacht Hautreizungen. H319: Verursacht schwere Augenreizung. H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen. H373: Kann die Organe schädigen. H411: Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung. H361f: Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. EUH066: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.	P201: Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen. P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen. P233: Behälter dicht verschlossen halten. P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden. P331: KEIN Erbrechen herbeiführen. P501: Dem Behälter „halogenfreie organische Verbindungen“ zuführen. P301 + P310 BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen. P370 + P378 Bei Brand: Löschdecke oder Feuerlöscher zum Löschen verwenden. P433 + P233: Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren. P403 + P235: Kühl an einem gut belüfteten Ort aufbewahren. P305 + P351 + P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Gefahren

Gefahr	Ja	Nein
Gefahren durch Einatmen	X	
Gefahren durch Hautkontakt	X	
Brandgefahr	X	
Explosionsgefahr		X

Sonstige Gefahren/Hinweise:
Kontakt mit Augen vermeiden. Lüftungsmaßnahmen ergreifen.

Entsorgung

Reste von Petrolether und Propan-2-ol in den Behälter für halogenfreie organische Verbindungen geben.

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung

DGUV Informa-tion 213-098 (01.02.2019)	Schutzbrille	Schutzhandschuhe	Abzug-maßnahmen	geschlossenes System	Lüftungsmaßnahmen	Brandschutzmaßnahmen	**Weitere Maßnahmen:**
X	X		X		X	X	

_____ _____

(Schule) (Datum, Unterschrift Fachlehrer/Fachlehrerin)

Haftungsausschluss: Alle Angaben wurden sorgfältig geprüft, dennoch übernehmen die Autoren und das Nds. Kultusministerium keine Haftung für etwaige Folgen aus den hier beschriebenen Experimenten und den vorgeschlagenen Maßnahmen. Jede Lehrerin und jeder Lehrer ist für die Übernahmen und Änderung der Gefährdungsbeurteilung selbst verantwortlich.

Experimente 3a: Bodenanalysen

Bestimmung des Gehalts an Nitrat-Ionen im Boden

Zeitaufwand:

Vorbereitung: 10 min zum Ansetzen der Lösungen
Durchführung: 10 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u.a.:

Ca. 100 g frische Bodenprobe, z. B. Gartenerde

Chemikalien:

Calciumchlorid-Lösung ($c(CaCl_2)$ = 0,0125 mol/L)

Test-Kit zur kolorimetrischen Nitrat-Bestimmung

Geräte:

Waage (d = 0,1 g)	Kunststoffflasche mit Schraubverschluss (250 mL)
Filterpapier	kleines Becherglas (100 mL)
Trichter	Spatel
Messzylinder (100 mL)	

Hinweise: Geräte vor Benutzung mit destilliertem Wasser spülen. Alter der im Test-Kit vorliegenden Chemikalien überprüfen, da kolorimetrische Ergebnisse verfälscht werden können.

Vorbereitung der Messlösung:

Wiegen Sie mithilfe der Waage 25 g frische Bodenprobe ab. Geben Sie die Probe in eine Kunststoffflasche und füllen Sie die Flasche mit 100 mL Calciumchlorid-Lösung auf. Verschließen Sie die Flasche und schütteln Sie sie für drei Minuten. Filtrieren Sie den Inhalt der Flasche und fangen Sie die Flüssigkeit (d. h. die Messlösung) im Becherglas auf.

Durchführung:

Messen Sie die Massenkonzentration des Nitrats der Messlösung entsprechend der Anleitung des Nitrattest-Kits.

Ergebnis:

Durch den Farbvergleich mit der Farbskala des Testkits lässt sich die Massenkonzentration des Nitrats der Messlösung bestimmen.

Deutung:

Die im Boden leicht beweglichen Nitrat-Ionen lösen sich im Leitungswasser. Ihr Massenanteil ω (Milligramm Nitrat in einem Gramm Boden) lässt sich aus der Massenkonzentration β der Messlösung näherungsweise nach der im Folgenden dargestellten Formel bestimmen. Der Verdünnungseffekt der Calciumchloridlösung wird durch den Faktor 1/250 berücksichtigt.

$\omega_{(Boden)}(NO_3^-)$ [mg/g] = $\beta_{(Messlösung)}$ [mg/L] : 250 [g/L]

<u>Beispiel:</u>

Gemessene Nitrat-Massenkonzentration in der Messlösung $\beta_{(Messlösung)}(NO_3^-)$ = 125 [mg/L]

→ $\omega_{(Boden)}(NO_3^-)$ =0,5 [mg/g]

Hinweis zum Rechenweg:

Boden der Masse $m_{(Boden)}$ = 25 g enthält eine Nitrat-Masse von $m_{(Boden)}(NO_3^-)$ = x mg.

Diese Masse wird in der Calciumchlorid-Lösung mit dem Volumen $V_{(Lösung)}$ = 0,1 L aufgenommen
Daraus ergibt sich eine Nitrat-Massenkonzentration von

$\beta_{(Messlösung)}$ (NO_3^-) = x mg/0,1L

= 10x mg/L

Dieser Wert wird mit dem Testkit direkt gemessen.

Um nun von der mit dem Testkit gemessenen Nitrat-Massenkonzentration $\beta_{(Messlösung)}$ (NO_3^-) auf den Nitrat-Massenanteil im Boden $\omega_{(Boden)}(NO_3^-)$ zu schließen, muss der Messwert $\beta_{(Messlösung)}$ (NO_3^-) mit dem Volumen der Messlösung $V_{(Messlösung)} = V_{(Lösung)}$ multipliziert werden und durch die Masse des eingewogenen Bodens $m_{(Boden)}$ geteilt werden.

$\omega_{(Boden)}(NO_3^-) = \beta_{(Messlösung)}$ (NO_3^-) * $V_{(Lösung)}$:
$m_{(Boden)}$ für die obigen Angaben also $\omega_{(Boden)}(NO_3^-) = \beta_{(Messlösung)}$ (NO_3^-) * 0,1 L : 25 g

Ansetzen der Calciumchlorid-Lösung ($c(CaCl_2)$ = 0,0125 mol/L):

Wiegen Sie 1,8 g Calciumchlorid-Dihydrat ab und füllen Sie mit destilliertem Wasser auf 1 L auf.

Verändert aus:

Schlichting, E. et al.: Bodenkundliches Praktikum, Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin 1995, S. 129.

Bestimmung des Gehalts an Phosphat-Ionen im Boden

Zeitaufwand:

Vorbereitung: 10 min zum Ansetzen der Lösungen
Durchführung: 5 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:

Ca. 10 g frische Bodenprobe, z. B. Gartenerde

Chemikalien:

Leitungswasser

Destilliertes Wasser

Test-Kit zur kolorimetrischen Phosphat Bestimmung

Geräte:

Waage (d = 0,1 g)	Kunststoffflasche mit Schraubverschluss (250 mL)
Filterpapier	kleines Becherglas (100 mL)
Trichter	Spatel
Messzylinder (100 mL)	

Hinweis: Alle Gefäße vor Versuchsbeginn mit destilliertem Wasser spülen. Alter der im Test-Kit vorliegenden Chemikalien überprüfen, da kolorimetrische Ergebnisse verfälscht werden können.

Vorbereitung der Messlösung:

Wiegen Sie mithilfe der Waage 1 g frische Bodenprobe ab. Geben Sie die Probe in die Kunststoffflasche und füllen Sie die Flasche mit 50 mL Leitungswasser auf. Verschließen Sie die Flasche und schütteln Sie sie für drei Minuten. Filtrieren Sie den Inhalt der Flasche und fangen Sie die Flüssigkeit (d. h. die Messlösung) im Becherglas auf.

Durchführung:

Messen Sie die Phosphat-Massenkonzentration der Messlösung entsprechend der Anleitung des Phosphattest-Kits.

Ergebnis:

Durch den Farbvergleich mit der Farbskala des Test-Kits lässt sich die Phosphat-Massenkonzentration der Messlösung bestimmen.

Deutung:

Die im Boden leicht beweglichen Phosphat-Ionen lösen sich im Leitungswasser. Ihr Massenanteil ω (Milligramm Phosphat in einem Gramm Boden) lässt sich aus der Phosphat-Massenkonzentration β der Messlösung näherungsweise nach der im Folgenden dargestellten Formel bestimmen. Der Verdünnungseffekt des Leitungswassers wird durch den Faktor 1/20 berücksichtigt.

$$\omega_{(Boden)}(PO_4^{3-}) \text{ [mg/g]} = \beta_{(Messlösung)}(PO_4^{3-}) \text{ [mg/L]} : 20 \text{ [g/L]}$$

Beispiel:

Gemessene Phosphatkonzentration in der Messlösung $\beta_{(Messlösung)}$ (PO_4^{3-}) = 40 [mg/L] $\omega_{(Boden)}(PO_{43-})$ =2 [mg/g]

Hinweis zum Rechenweg:

Boden der Masse $m_{(Boden)}$ = 10 g enthält eine Phosphat-Masse von $m_{(Boden)}(PO_4^{3-})$ = x mg.

Diese Masse wird im Leitungswasser mit dem Volumen $V_{(Wasser)}$ = 0,05L aufgenommen
Daraus ergibt sich eine Phosphat-Massenkonzentration von

$\beta_{(Messlösung)}$ (PO_{43-}) = x mg/0,05L

= 20x mg/L

Dieser Wert wird mit dem Testkit direkt gemessen.

Um nun von der mit dem Testkit gemessenen Phosphat-Massenkonzentration $\beta_{(Messlösung)}$ (PO_4^{3-}) auf den

Phosphat-Massenanteil im Boden $\omega_{(Boden)}(PO_4^{3-})$ zu schließen, muss der Messwert $\beta_{(Messlösung)}$ (PO_4^{3-}) mit dem Volumen der Messlösung $V_{(Messlösung)} = V_{(Wasser)}$ multipliziert werden und durch die Masse des eingewogenen Bodens $m_{(Boden)}$ geteilt werden.

$\omega_{(Boden)}(PO_4^{3-}) = \beta_{(Messlösung)}$ (PO_4^{3-}) * $V_{(Wasser)}$:
$m_{(Boden)}$ für die obigen Angaben also $\omega_{(Boden)}(PO_{43-}) = \beta_{(Messlösung)}$ (PO_{43-}) * 0,05 L : 1 g

Verändert aus:
Schlichting, E. et al.: Bodenkundliches Praktikum, Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin 1995, S. 129.

Bestimmung des pH-Werts einer Bodenlösung

Zeitaufwand:

Vorbereitung: 10 min zum Ansetzen der Lösungen
Durchführung: 2 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.: ca. 100 g frische Bodenprobe, z. B. Gartenerde

Chemikalien:

Leitungswasser

Geräte:

pH-Messgerät	Kunststoffflasche mit Schraubverschluss (250 mL)
Waage (d = 0,1 g)	Spatel
Messzylinder (100 mL)	

Vorbereitung der Messlösung:

Wiegen Sie mithilfe der Waage 20 g frische Bodenprobe ab. Geben Sie die Probe in eine Kunststoffflasche und füllen Sie die Flasche mit 50 mL Leitungswasser auf. Verschließen Sie die Flasche und schütteln Sie sie für drei Minuten. Lassen Sie die Kunststoffflasche für weitere drei Minuten ruhig stehen.

Durchführung:

Messen Sie direkt in der Kunststoffflasche mithilfe eines pH-Messgeräts den pH-Wert der Messlösung.

Ergebnis:

Je nach Bodenprobe zeigt das pH-Messgerät für die Messlösung einen pH-Wert zwischen 3,5 und 7,2.

Deutung:

Die im Boden beweglichen und die an der festen Bodenmatrix adsorbierten Oxonium-Ionen lösen sich im Leitungswasser. Der pH-Wert der Messlösung entspricht näherungsweise dem der Bodenlösung: pH

(Messlösung) ≈ pH (Bodenlösung).

Der Verdünnungseffekt durch das Leitungswasser bleibt hier unberücksichtigt. Vergleichbar sind nur die pH-Werte, die nach dem gleichen Verfahren gewonnen werden.

Verändert aus:

Schlichting, E. et al.: Bodenkundliches Praktikum, Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin 1995, S. 131.

Experimente 3b: Gewässeranalysen

Bestimmung des Gehalts an Nitrat-Ionen in einer Gewässerprobe

Zeitaufwand:

Vorbereitung: 2 min zum Ansetzen der Lösungen
Durchführung: 5 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:

Ca. 200 mL Gewässerprobe

Chemikalien:

Test-Kit zur kolorimetrischen Nitrat-Bestimmung

Geräte: kleines
Becherglas (200 mL)
Pasteurpipette

Durchführung:

Messen Sie den Nitratgehalt der Gewässerprobe entsprechend der Anleitung des Nitrattest-Kits.

Ergebnis:

Durch den Farbvergleich mit der Farbskala des Testkits lässt sich der Nitratgehalt der Gewässerprobe bestimmen

Deutung:

Die Deutung erfolgt durch Vergleich des Nitratgehalts der Gewässerprobe mit Referenzwerten.

Hinweis zum Testkit: Zur kolorimetrischen Nitratbestimmung eigenen sich viele Schnelltestverfahren, die z. B. aus dem Aquarienhandel bezogen werden können.

Erstellt durch: Zentralabiturkommission Biologie, 2019.

Bestimmung des Gehalts an Phosphat-Ionen in einer Gewässerprobe

Zeitaufwand:
Vorbereitung: 2 min zum Ansetzen der Lösungen
Durchführung: 5 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u.a.:
Ca. 200 mL Gewässerprobe

Chemikalien:
Test-Kit zur kolorimetrischen Phosphat-Bestimmung

Geräte: kleines
Becherglas (200 mL)
Pasteurpipette

Durchführung:
Messen Sie den Phosphatgehalt der Gewässerprobe entsprechend der Anleitung des Phosphattest-Kits.

Ergebnis:
Durch den Farbvergleich mit der Farbskala des Testkits lässt sich der Phosphatgehalt der Gewässerprobe bestimmen

Deutung:
Die Deutung erfolgt durch Vergleich des Phosphatgehalts der Gewässerprobe mit Referenzwerten.

Hinweis zum Testkit: Zur kolorimetrischen Phosphatbestimmung eignen sich viele Schnelltestverfahren, die z. B. aus dem Aquarienhandel bezogen werden können.

Erstellt durch: Zentralabiturkommission Biologie, 2019.

Bestimmung des pH-Werts einer Gewässerprobe

Zeitaufwand:
Durchführung: 1 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:
Ca. 200 mL Gewässerprobe

Chemikalien:
keine

Geräte:
Becherglas (200 mL)
pH-Messgerät

Durchführung:
Halten Sie das pH-Messgerät in die Gewässerprobe, bis sich der Messwert nicht mehr ändert.

Ergebnis:
Der pH-Wert kann abgelesen werden.

Deutung:
Der pH-Wert lässt sich direkt ablesen und die Konzentration der Oxonium-Ionen $c(H_3O^+)$ nach ($c(H_3O^+) = 10^{-pH}$ [mol/L]) bestimmen.

Erstellt durch: Zentralabiturkommission Biologie, 2019.

Experiment 4: Abziehpräparate der Epidermis eines Blattes vom Fleißigen Lieschen (*Impatiens walleriana*) mit Spaltöffnungen

Zeitaufwand:

Vorbereitung: 5 Minuten
Durchführung: 80 Minuten für das Präparieren und Skizzieren

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:

Laubblatt vom Fleißigen Lieschen (*Impatiens walleriana*)

Chemikalien:

Leitungswasser

Geräte:

kleines Becherglas (100 mL)	1 Küchenmesser	Objektträger
Deckgläschen	Pasteurpipette	Pinzette (spitz)
Präpariernadel	Küchenpapier	

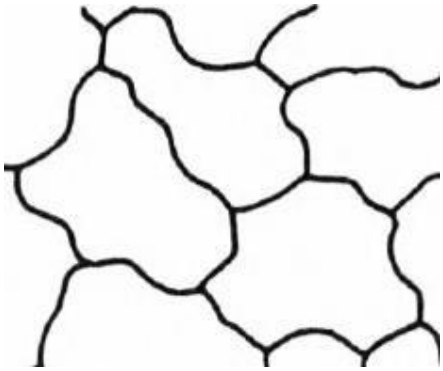
Durchführung:

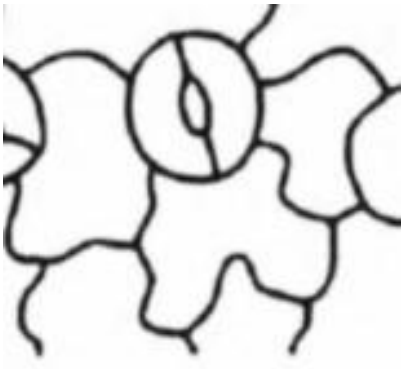
1. Trennen Sie ein Blatt von der Pflanze ab.
2. Ritzen Sie mit Hilfe eines Küchenmessers ein Quadrat in die Blattunterseite.
3. Greifen Sie mit der spitzen Pinzette eine Ecke des Quadrats und ziehen Sie vorsichtig die Epidermis ab.
4. Geben Sie einen Tropfen Wasser auf den Objektträger.
5. Übertragen Sie das Präparat mithilfe der Präpariernadel so in den Wassertropfen, dass die Blattunterseite nach oben zeigt.
6. Legen Sie dann ein Deckgläschen vorsichtig darauf.
7. Mikroskopieren Sie das Präparat bei einer geeigneten Vergrößerung.
8. Verfahren Sie entsprechend der Schritte 2 bis 7 mit der Blattoberseite.

Aufgabe:

Fertigen Sie bei großer Vergrößerung je eine Detailskizze von der Blattoberseite und der Blattunterseite des Fleißigen Lieschens an. Die Detailskizze soll jeweils drei Zellen im Zellverband und auf der Blattunterseite zusätzlich einen Spaltöffnungsapparat zeigen. Die angrenzenden Epidermiszellen sollen nur angedeutet werden.

Ergebnis:





a **b**

Ausschnitt aus der Epidermis des Fleißigen Lieschens (*Impatiens walleriana*) a) Blattoberseite, Epidermiszellen b) Blattunterseite, Epidermiszellen mit Spaltöffnungsapparat

Verändert aus:

Wild, A.: Pflanzenphysiologische Versuche in der Schule. Quelle und Meyer Verlag, Wiebelsheim 1999, S. 146, 147.

Experiment: Abziehpräparat der Epidermis eines Blattes vom Fleißigen Lieschen (*Impatiens walleriana*) mit Spaltöffnungen

Gefährdungsbeurteilung

Einstufung der Stoffe

Stoff	Signalwort	Piktogra nme	H-Sätze und EUH-Sätze	P-Sätze	WGK	Tätigkeitsbeschränkung
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.	Gezielte Tätigkeit	Risikogruppe	Schutzstufe	Toxische / sensibilisierende Wirkung
Fleißiges Lieschen (*Impatiens walleriana*), Laubblätter	-- -	- --	---	---

Substitution von Gefahrstoffen

Nicht erforderlich

Liste der H-Sätze	Liste der P-Sätze
---	---

Gefahren

Gefahr	Ja	Nein
Gefahren durch Einatmen		X
Gefahren durch Hautkontakt		X
Brandgefahr		X
Explosionsgefahr		X

Sonstige Gefahren/Hinweise:
Reinigung der Hände nach Versuchsdurchführung! Verletzungsgefahr durch Küchenmesser

Entsorgung

Die Pflanzenreste werden in den Restmüll gegeben. Die Rasierklingen werden gesammelt und in einen gesonderten Behälter gegeben (Vermeidung von Schnittverletzungen).

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung

DGUV Informa-tion 213-098 (01.02.2019)	Schutzbrille	Schutzhandschuhe	Abzug-maßnahmen	geschlossenes System	Lüftungsmaßnahmen	Brandschutzmaßnahmen	**Weitere Maßnahmen:** ---
X							

_____ _____

(Schule) (Datum, Unterschrift Fachlehrer/Fachlehrerin)

Experiment 5: Modellierung der HILL-Reaktion

In Chloroplasten werden unter Lichteinstrahlung Wassermoleküle chemisch gespalten. Dabei entstehen Sauerstoffmoleküle (HILL-Reaktion). Die bei dieser Redoxreaktion ebenfalls freiwerdenden Elektronen und Wasserstoffionen werden letztlich von $NADP^+$ aufgenommen. ROBERT HILL modellierte diese Reaktion mit isolierten Chloroplasten und verwendete einen künstlichen Elektronenakzeptor. Für den unterrichtlichen Einsatz eignet sich dazu eine Lösung von Rotem Blutlaugensalz, welches dabei zu Gelbem Blutlaugensalz reduziert (Bild 1).

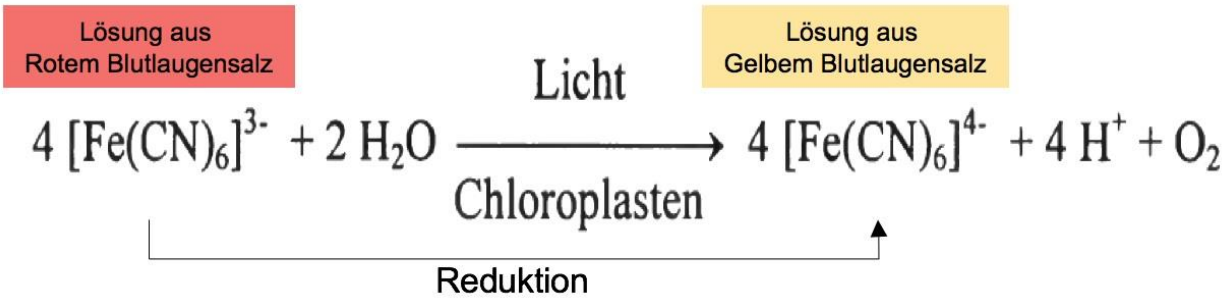


Bild 1: Künstlicher Elektronenakzeptor – in isolierten Chloroplasten werden fotolytisch Wassermoleküle gespalten. Die dabei freiwerdenden Elektronen werden auf Hexacyanoferrat(III)-Ionen übertragen.

Die entstehende Lösung des Gelben Blutlaugensalzes reagiert mit Eisen(III)-chlorid bei einem Molverhältnis von 1 : 1 zu löslichem bzw. bei einem Überschuss an Eisen(III)-Ionen zu unlöslichem *Berliner Blau* (Bild 2) – und lässt sich anhand dieser charakteristischen Färbung nachweisen.

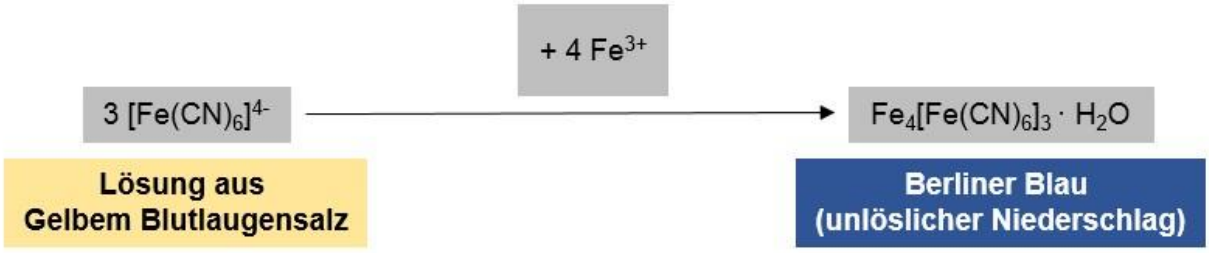


Bild 2: Nachweis von Hexacyanoferrat(III)-Ionen durch Bildung von Berliner Blau (Summenformeln hier vereinfacht dargestellt)

Hinweis:
Einigen Schülerinnen und Schülern sind aus dem Chemieunterricht Rotes Blutlaugensalz als Nachweisreagenz für Eisen(II)Ionen beziehungsweise Gelbes Blutlaugensalz als Nachweisreagenz für Eisen(III)-Ionen bekannt. Hier dient nun das Eisen(III)-chlorid als Nachweisreagenz für Gelbes Blutlaugensalz. Diese Umkehrung ist gegebenenfalls zu thematisieren.

Die fotolytische Wasserspaltung (HILL-Reaktion) kann mithilfe von Hexacyanoferrat(III)-Ionen des Roten Blutlaugensalzes als künstliche Elektronenakzeptoren durch das folgende Modellexperiment veranschaulicht werden.

Zeitaufwand:

Vorbereitung: 20 min zum Ansetzen der Lösungen
Durchführung: 40 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:

Blätter der Petersilie (*Petroselinum crispum* (MILL) FUSS), frisches Material (Bezugsquelle: z.B. Lebensmittelhandel)

Chemikalien:

Kaliumhexacyanoferrat(III) ($K_3[Fe(CN)_6]$, Rotes Blutlaugensalz),

Kaliumhexacyanoferrat(II) ($K_4[Fe(CN)_6]$, Gelbes Blutlaugensalz),

Eisen(III)-chlorid Hexahydrat ($FeCl_3 \bullet 6\ H_2O$),

Demineralisiertes Wasser

Geräte:

Mörser und Pistill	kleines Becherglas (100 mL)	2 Reagenzgläser
Schere	Messzylinder (50 mL)	Reagenzglasständer
Faltenfilter	Spatel	Messpipette (2 mL)
Trichter	Waage	3 Pasteurpipetten
Glaspetrischalenhälfte auf weißem Untergrund	Aluminiumfolie	Lichtquelle für Fotosyntheseversuche
3 Messkolben (100 mL)	3 Stopfen	

Vorbereitung der Lösungen:

a) 1%-ige Lösung von Rotem Blutlaugensalz:

Wiegen Sie mithilfe der Waage 1 g Rotes Blutlaugensalz ab. Geben Sie das Salz in einen Messkolben (100 mL) und füllen Sie den Messkolben mit demineralisiertem Wasser auf 100 mL auf. Schütteln Sie den verschlossenen Messkolben, bis sich das gesamte Salz gelöst hat.

b) 1%-ige Lösung von Gelbem Blutlaugensalz:

Wiegen Sie mithilfe der Waage 1 mg Gelbes Blutlaugensalz ab. Geben Sie das Salz in einen Messkolben (100 mL) und füllen Sie den Messkolben mit demineralisiertem Wasser auf 100 mL auf. Schütteln Sie den verschlossenen Messkolben, bis sich das gesamte Salz gelöst hat.

c) 0,1%-ige Lösung von Eisen(III)-chlorid Hexahydrat:

Wiegen Sie mithilfe der Waage 0,1 g Eisen(III)-chlorid Hexahydrat ab. Geben Sie das Salz in einen Messkolben (100 mL) und füllen Sie den Messkolben mit demineralisiertem Wasser auf 100 mL auf. Schütteln Sie den verschlossenen Messkolben, bis sich das gesamte Salz gelöst hat.

Hinweis: Die angesetzten Lösungen reichen für die gesamte Lerngruppe aus. Reste der angesetzten Lösungen können verschlossen aufbewahrt und für künftige Experimente verwendet werden.

Durchführung:

1. Stellen Sie die Petersilie über Nacht kühl und dunkel.
2. Zerkleinern Sie etwa 2 g Blätter grob mit einer Schere.
3. Geben Sie diese in einen Mörser.
4. Fügen Sie etwa 20 mL demineralisiertes Wasser hinzu.
5. Zerreiben Sie die Blätter kräftig, bis das Blattextrakt dunkelgrün gefärbt ist.
6. Verteilen Sie das Blattextrakt auf 2 Reagenzgläser, von denen eines sofort vollständig mit Alufolie umhüllt und abgedeckt ist (Lichtschutz).
7. Geben Sie nach 5 Minuten in beide Ansätze je 10 Tropfen der Lösung von Rotem Blutlaugensalz.
8. Belichten Sie die Ansätze anschließend für etwa 15 Minuten in 30 cm Entfernung von der Lichtquelle. 9. Nach Beendigung der Belichtung pipettieren Sie von jedem Ansatz 3 Tropfen auf eine Glaspetrischalenhälfte und setzten Sie jeweils drei Tropfen Eisen(III)-chlorid-Lösung hinzu.

10. Stellen Sie zum Vergleich außerdem einen positiven und einen negativen Kontrollansatz mit Gelbem beziehungsweise Rotem Blutlaugensalz her.

Ergebnis:

Bei dem belichteten Ansatz sowie bei der Lösung des Gelben Blutlaugensalzes (Positivprobe) zeigen sich charakteristische Blaufärbungen.

Bei der Dunkelkontrolle bleibt die Blaufärbung aus. Es kann jedoch vereinzelt eine leichte, jedoch im Vergleich zum belichteten Ansatz wesentlich schwächere Blaufärbung auftreten.

Die Negativkontrolle (Lösung aus Rotem Blutlaugensalz) zeigt keine Blaufärbung.

Deutung:

Die deutliche Blaufärbung des belichteten Ansatzes lässt darauf schließen, dass hier das zugesetzte Rote zum Gelben Blutlaugensalz reduziert wird. Die aus der Fotolyse des Wassers stammenden Elektronen werden dabei von den Anionen des Roten Blutlaugensalzes aus der Elektronentransportkette entnommen. Das entstehende Gelbe Blutlaugensalz führt in Anwesenheit der Eisen(III)-Ionen dann zur Bildung von Berliner Blau (vgl. positiver Kontrollansatz).

Der abgedunkelte Ansatz zeigt keine Blaufärbung, weil die Fotolyse des Wassers unterbunden wird. Die Reduktion von Rotem Blutlaugensalz und die anschließende Bildung von Berliner Blau sind somit nicht möglich. Der Befund gleicht somit dem des negativen Kontrollansatzes.

Eine vereinzelt auftretende schwache Blaufärbung bei der Dunkelkontrolle lässt unterschiedliche Deutungen zu. Der Nachweis ist außerordentlich empfindlich. Bereits geringe Mengen von Gelbem Blutlaugensalz führen in Gegenwart von Eisen(III)-Ionen zu einer erkennbaren Blaufärbung. Diese können auf unterschiedliche Ursachen zurückgeführt werden:

- Verunreinigungen: Das Rote Blutlaugensalz kann durch unsachgemäßes Arbeiten geringe Spuren von Gelbem Blutlaugensalz enthalten.
- Unvollständiger Lichtabschluss: Möglicherweise kann nicht durchgehend ein vollständiger Lichtabschluss gewährleistet werden, so dass in sehr geringen Mengen eine durch Fotolyse verursachte Reduktion von Rotem Blutlaugensalz stattfindet.

Modellierung der HILL-Reaktion

Gefährdungsbeurteilung

Tätigkeitsbeschreibung

s. beigefügte Beschreibung der Versuchsdurchführung

Einstufung der Stoffe

Stoff	Signalwort	Piktogra nme	H-Sätze und EUH-Sätze	P-Sätze	WGK	Tätigkeitsbeschränkung
Kaliumhexacyanoferrat (II)	---	---	H 412	P 273	2	+
Kaliumhexacyanoferrat (III)	---	---	H 412	P 273	2	+
Eisen-(III)-chlorid-6hydrat	Gefahr		H290, H302, H315, H317, H318	P280, P302+P352, P305+P351+P338	---	S4K

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.	Gezielte Tätigkeit	Risikogruppe	Schutzstufe	Toxische / sensibilisierende Wirkung
Petersilie (Blätter) (*Petroselinum crispum* (MILL) FUSS)	---	---	---	---

Substitution von Gefahrstoffen

Nicht erforderlich

Liste der H-Sätze	Liste der P-Sätze
H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H315: Verursacht Hautreizungen. H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen. H318: Verursacht schwere Augenschäden. H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.	P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden. P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen. P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen. P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Gefahren

Gefahr	Ja	Nein
Gefahren durch Einatmen		X
Gefahren durch Hautkontakt	X	
Brandgefahr		X
Explosionsgefahr		X

Sonstige Gefahren/Hinweise:
Augenschäden bei Kontakt mit Eisen-(III)-chlorid-6-hydrat

Entsorgung

Kaliumhexacyanoferrat (II) und (III): In den Behälter für saure u. alkalische Abfälle/Schwermetallsalzlösungen geben.
Kaliumhexacyanoferrat (II) und (III) (Lösungen 1%ig): Neutralisieren und in den Ausguss geben.
Eisen-(III)-chlorid-6-hydrat: In den Behälter für saure u. alkalische Abfälle/Schwermetallsalzlösungen geben. Eisen-(III)-chlorid-6-hydrat (Lösung 0,1%ig): Neutralisieren und in den Ausguss geben.

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung

DGUV Informa-tion 213-098 (01.02.2019)	Schutzbrille	Schutzhandschuhe	Abzug-maßnahmen	geschlossenes System	Lüftungsmaßnahmen	Brandschutzmaßnahmen	**Weitere Maßnahmen:** Schutzkleidung empfohlen
X	X	X					

_____ _____

(Schule) (Datum, Unterschrift Fachlehrer/Fachlehrerin)

Experiment 6: Nachweis von NADH + H^+ bei der Glykolyse

In der Glykolyse wird Glucose unter ATP-Gewinn zu Brenztraubensäure oxidiert. Dabei werden Wasserstoff-Ionen und Elektronen auf NAD^+ übertragen und nachfolgend in der aeroben Endoxidation schrittweise auf Sauerstoffmoleküle übertragen. Die Brenztraubensäure wird vollständig zu Kohlenstoffdioxid und Wasser oxidiert.

Unter anaeroben Bedingungen kann es hingegen zur alkoholischen Gärung mit verminderter ATPAusbeute kommen. Nach der Glykolyse wird Brenztraubensäure dabei zu Ethanal und schließlich zu Ethanol reduziert (Bild 1). Das bei der Glykolyse entstehende NADH + H^+ überträgt Elektronen und Wasserstoffionen auf Ethanal-Moleküle. Dadurch steht erneut NAD^+ als Akzeptor für Wasserstoffionen und Elektronen zur Verfügung. Auf diese Weise kann die Gärung kontinuierlich ablaufen.

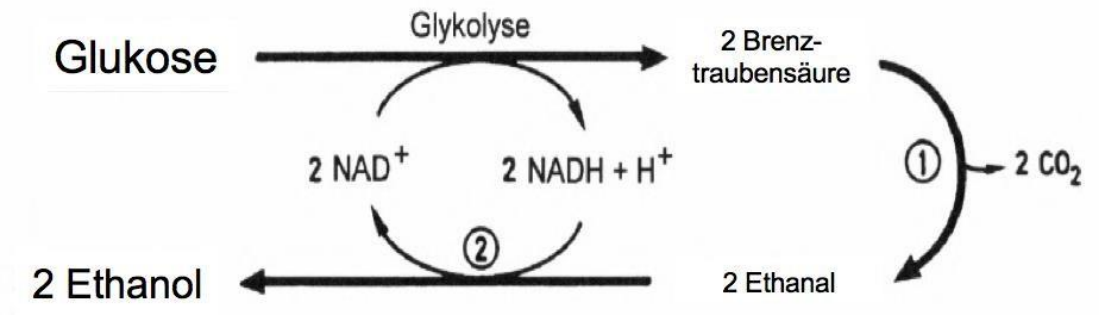


Bild 1: Shuttlebetrieb im Stoffwechsel – das NAD^+/NADH + H^+-System bei der alkoholischen Gärung.

Unter Luftabschluss gewinnen Hefezellen ATP durch alkoholische Gärung. Dieser Vorgang ist im Schülerexperiment leicht zugänglich. Mit dem folgenden Experiment lässt sich die Bildung von NADH + H^+ bei der Glykolyse nachweisen.

Dieser indirekte Nachweis erfolgt mithilfe eines Farbstoffes, dessen Moleküle leichter Elektronen und Wasserstoffionen aufnehmen als NAD^+. Es handelt sich um 2,6-Dichlorphenolindophenol (DCPIP). Löst man DCPIP in Wasser, entsteht eine blau-violett gefärbte Lösung. Werden die DCPIP-Moleküle durch

Elektronenaufnahme in ihre reduzierte Form ($DCPIPH_2$) überführt, entsteht eine farblose Lösung (Bild 2).

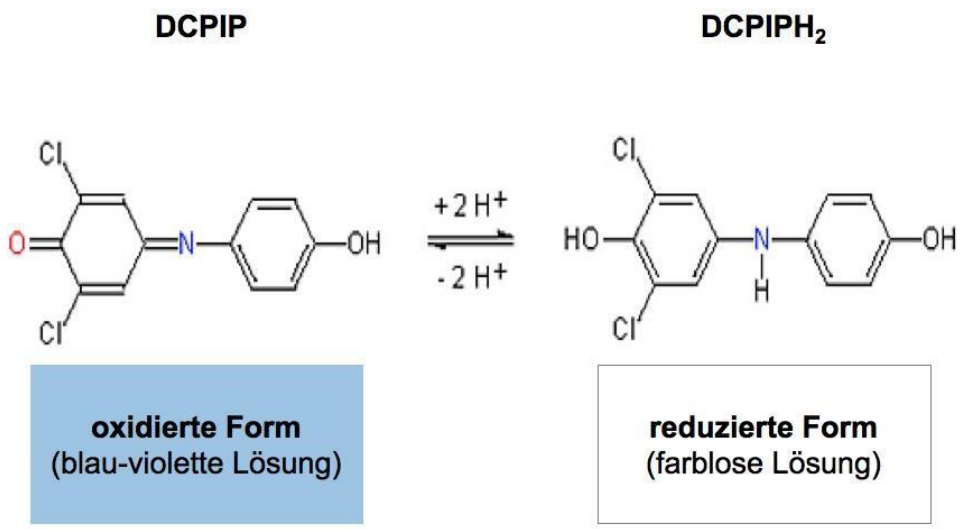


Bild 2: Wässrige Lösungen von DCPIP (oxidierte Form) sind blau-violett. Da die reduzierte Form eine farblose Lösung bildet, kann DCPIP als Redoxindikator verwendet werden.

Zeitaufwand:
Vorbereitung: 20 min zum Ansetzen der Lösungen
Durchführung: 10 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:
Frischhefe oder Trockenhefe (*Saccharomyces cerevisiae*)

Chemikalien:
8 %-ige Saccharose-Lösung (Rohrzucker-Lösung),

2,6-Dichlorphenolindophenol (DCPIP)

Demineralisiertes Wasser

Ascorbinsäure

Geräte:

Messkolben (500 mL)	Erlenmeyerkolben (100 mL) mit Stopfen	Spatel
Stativ	2 Stativklemmen	Wasserbad (35 °C)
Messzylinder (50 mL)	Waage	3 Reagenzgläser
Reagenzglasständer	3 Messpipetten (5 mL)	1 Stopfen
Waage	Trichter	

Vorbereitung der Lösung:
8 %-ige Lösung von Saccharose (Rohrzucker):
Wiegen Sie mithilfe der Waage 40 g Saccharose ab. Geben Sie die Saccharose in einen Messkolben (500 mL) und füllen Sie den Messkolben mit demineralisiertem Wasser auf 500 mL auf. Schütteln Sie den verschlossenen Messkolben, bis sich die gesamte Saccharose gelöst hat.

Hinweis: Die angesetzte Lösung reicht für neun Versuchsdurchführungen aus.

Durchführung:

1. Füllen Sie 50 mL Rohrzucker-Lösung in den Erlenmeyerkolben.
2. Fügen Sie zu der Zucker-Lösung eine kleine Spatelspitze DCPIP hinzu.
3. Lösen Sie darin 2,5 g Frisch- bzw. 0,7 g Trockenhefe.
4. Befestigen Sie den Erlenmeyerkolben an einem Stativ.
5. Stellen Sie den Ansatz in das Wasserbad, bis eine deutliche Gärungsaktivität (CO_2-Bildung) erkennbar wird.
6. Stellen Sie außerdem drei Kontrollansätze her (verwenden Sie hierfür Reagenzgläser, die ebenfalls in das Wasserbad gestellt werden):
   - 6.1 Versuchsansatz ohne Zucker (3 mL)
   - 6.2 Versuchsansatz ohne Trockenhefe (3 mL)
   - 6.3 Demineralisiertes Wasser (3 mL), Spatelspitze DCPIP, Spatelspitze Ascorbinsäure (Positivkontrolle: Ascorbinsäure illustriert die Reaktion von Reduktionsmitteln wie z. B. NADH auf DCPIP)

Ergebnis:

Nach kurzer Zeit liegt im Hauptansatz eine farblose Lösung vor. Die Lösungen der beiden Kontrollansätze

(6.1 und 6.2) weisen weiterhin die blau-violette Färbung auf. Im dritten Kontrollansatz (6.3) liegt ebenfalls eine farblose Lösung vor.

Deutung:

Die Bildung von Kohlenstoffdioxid im Hauptansatz bestätigt, dass Glykolyse und Gärung in den Hefezellen stattfinden (vgl. Bild 1 und Versuchsdurchführung).

Die DCPIP-Moleküle übernehmen die aus der Glykolyse stammenden Elektronen und Wasserstoffionen von NADH + H^+, noch bevor die Reduktion des Ethanals zu Ethanol stattfinden kann (vgl. Bild 1). Diese Reduktion von DCPIP zu $DCPIPH_2$ ist daran zu erkennen, dass die blau-violette Lösung analog zur Positivkontrolle (Ansatz 6.3) farblos wird.

Die beiden Kontrollansätze (6.1 und 6.2) stützen diese Folgerung: Bei alleiniger Anwesenheit von HefeZellen beziehungsweise Zucker entsteht kein NADH + H^+, auch das Vorhandensein anderer Reduktionsmittel kann ausgeschlossen werden.

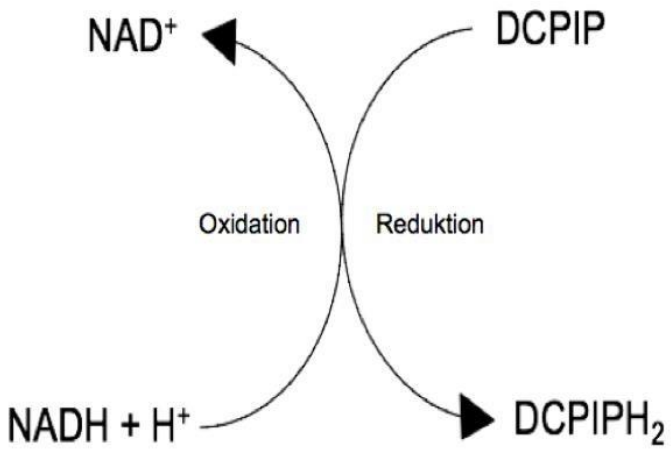


Bild 3: Redoxschema für die zugrundeliegende Nachweisreaktion.

Experiment: Nachweis von NADH + H^+ bei der Glykolyse

Gefährdungsbeurteilung

Tätigkeitsbeschreibung

s. beigefügte Beschreibung der Versuchsdurchführung

Einstufung der Stoffe

Stoff	Signalwort	Piktogra nme	H-Sätze und EUH-Sätze	P-Sätze	WGK	Tätigkeitsbeschränkung
2,6-Dichlorphenolindophenol, Natriumsalz, Dihydrat	---	---	---	---	3	+
Saccharose	---	---	---	---	---	+

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.	Gezielte Tätigkeit	Risikogruppe	Schutzstufe	Toxische / sensibilisierende Wirkung
Hefe (*Saccharomyces cerevisiae*)	Ja	1	1	nein

Substitution von Gefahrstoffen

Nicht erforderlich

Liste der H-Sätze	Liste der P-Sätze
---	---

Gefahren

Gefahr	Ja	Nein
Gefahren durch Einatmen		X
Gefahren durch Hautkontakt		X
Brandgefahr		X
Explosionsgefahr		X

Sonstige Gefahren/Hinweise:

Entsorgung

Lösungen werden in den Ausguss geben. Stoffreste von DCPIP werden in den Behälter für feste organische Abfälle gegeben. Saccharosereste werden in den Hausmüll entsorgt.

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung

DGUV Informa-tion 213-098 (01.02.2019)	Schutzbrille	Schutzhandschuhe	Abzug-maßnahmen	geschlossenes System	Lüftungsmaßnahmen	Brandschutzmaßnahmen	Weitere Maßnahmen: ---
X	X						

_____ _____

(Schule) (Datum, Unterschrift Fachlehrer/Fachlehrerin)

Experiment 7: pH-Wert-Untersuchungen bei Dickblattgewächsen

Zeitaufwand:
Vorbereitung: 10 min + 24 h Inkubation der Blattpaare
Durchführung: 20 min

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.:
2 Pflanzen des Brutblattes *(Kalanchoe daigremontianum)* (Bezugsquelle: z.B. Schulbiologiezentren)

Chemikalien: keine

Geräte:

Knoblauchpresse	Lichtquelle für Fotosyntheseversuche
Schere	2 Bechergläser (100 mL)
2 Bechergläser (25 mL)	pH-Messgerät

Vorbereitung:
Halten Sie zwei Pflanzen für 24 Stunden unter folgenden Bedingungen:

Pflanze 1: Raumtemperatur, dunkel.

Pflanze 2: Raumtemperatur, belichtet.

Durchführung:
1. Schneiden Sie nach 24 Stunden von jeder Pflanze je einen Spross mit drei etwa gleich großen Blättern ab.
2. Pressen Sie jeweils die Blätter mit einer Knoblauchpresse aus. Bestimmen Sie für jede der beiden Pflanzen den pH-Wert des Presssaftes. Um die pH-Werte der Presssäfte der verschiedenen Ansätze dabei nicht zu verfälschen, sollte die Knoblauchpresse nach jedem Pressvorgang gründlich ausgespült und abgetrocknet werden.

Ergebnis:
Pflanze 1 (dunkel, Raumtemperatur): pH-Wert etwa 4,5

Pflanze 2 (belichtet, Raumtemperatur): pH-Wert etwa 5,3

Belichtung hat einen Einfluss auf den pH-Wert des rausgepressten Blattsaftes: Lichtentzug führt zum Ansäuern, Belichtung zum gegenteiligen Effekt.

Hinweis: Die pH-Werte variieren abhängig vom Ausgangswert.

Deutung:
Der Vergleich beider Pflanzen belegt eine Abhängigkeit des pH-Wertes des Pflanzenpressaftes von der Beleuchtungsintensität. Daraus lässt sich auf einen diurnalen Säurerhythmus schließen. Es handelt sich daher um eine CAM-Pflanze. Demnach lassen sich die einzelnen Befunde wie folgt deuten:

Pflanze 1:
Durch die geöffneten Spaltöffnungen wird Kohlenstoffdioxid aufgenommen und durch PEP-Carboxylase an Phosphoenolpyruvat (PEP) gebunden. Der vergleichsweise niedrige pH-Wert ist auf wässrig gelöste Äpfelsäure zurückzuführen, welche über Zwischenprodukte entsteht.

Pflanze 2:
Die Spaltöffnungen bleiben geschlossen. Äpfelsäure wird über Zwischenprodukte zu Kohlenstoffdioxid und PEP umgesetzt. Dies erklärt den im Vergleich zu Befund 1 erhöhten pH-Wert.

Hinweise: *Kalanchoe daigremontianum* ist auf einer (teil)sonnigen Fensterbank bei Zimmertemperatur leicht zu halten. Kakteenerde verwenden, Staunässe vermeiden.

Darauf achten, das pH-Messgerät zu kalibrieren. Alternativ pH-Papier mit feiner Abstufung einsetzen (pH 4-7).

LED-Lampen für die Belichtung über Nacht verwenden.

Erstellt durch: Zentralabiturkommission Biologie 2019

Experiment: pH-Wert-Untersuchungen bei Dickblattgewächsen

Gefährdungsbeurteilung

Tätigkeitsbeschreibung

s. beigefügte Beschreibung der Versuchsdurchführung

Einstufung der Stoffe

Stoff	Signalwort	Piktogra nme	H-Sätze und EUH-Sätze	P-Sätze	WGK	Tätigkeitsbeschränkung
---	---	---	---	---	---	---

Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.	Gezielte Tätigkeit	Risikogruppe	Schutzstufe	Toxische / sensibilisierende Wirkung
Pflanzen des Brutblatte (*Bryophyllum claigre montianum*)	---	---	---	---

Substitution von Gefahrstoffen

Nicht erforderlich

Liste der H-Sätze	Liste der P-Sätze
---	---

Gefahren

Gefahr	Ja	Nein
Gefahren durch Einatmen		X
Gefahren durch Hautkontakt		X
Brandgefahr		X
Explosionsgefahr		X

Sonstige Gefahren/Hinweise:

Entsorgung

Lösungen in den Ausguss geben.
Blattreste in den Hausmüll geben.

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung

DGUV Informa-tion 213-098 (01.02.2019)	Schutzbrille	Schutzhandschuhe	Abzug-maßnahmen	geschlossenes System	Lüftungsmaßnahmen	Brandschutzmaßnahmen	Weitere Maßnahmen: ---
X							

_____ _____

(Schule) (Datum, Unterschrift Fachlehrer/Fachlehrerin)