

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Inhaltsbereich QP 1 – Leben und Energie .....  | 2  |
| Inhaltsbereich QP 2 – Vielfalt des Lebens .....  | 4  |
| Inhaltsbereich QP 3 – Lebewesen in ihrer Umwelt.....   | 6  |
| Inhaltsbereich QP 4 – Informationsverarbeitung in Lebewesen.....   | 8  |
| Legende und Erläuterungen sowie Hinweise zur Lesart und Verwendung von Operatoren im KC:.....  | 9  |
| Kompetenzen .....  | 9  |
| Liste Der Operatoren nach KC.....  | 10 |
| Anforderungsbereiche und Verteilungsvorgaben in schriftlichen Klausuren sowie Vorgaben zur mündlichen Benotung und Gesamtzensur.....     | 12 |
| Anforderungsbereiche.....  | 12 |
| Schriftliche Arbeiten.....   | 12 |
| Gesamtzensur.....  | 12 |
| Zugeordnete Experimente.....   | 13 |
| Experiment 1: Mikroskopieren des Querschnitts durch ein bifaziales Laubblatt .....   | 13 |
| <i>Gefährdungsbeurteilung</i> .....  | 15 |
| Experiment 2: Isolation und dünnschichtchromatografische Trennung von Blattfarbstoffen .....   | 16 |
| <i>Gefährdungsbeurteilung</i> .....  | 19 |
| Experimente 3a: Bodenanalysen.....   | 21 |
| Bestimmung des Gehalts an Nitrat-Ionen im Boden.....   | 21 |
| Bestimmung des Gehalts an Phosphat-Ionen im Boden .....  | 23 |
| Bestimmung des pH-Werts einer Bodenlösung .....  | 25 |
| Experimente 3b: Gewässeranalysen .....   | 26 |
| Bestimmung des Gehalts an Nitrat-Ionen in einer Gewässerprobe.....   | 26 |
| Bestimmung des Gehalts an Phosphat-Ionen in einer Gewässerprobe.....   | 27 |
| Bestimmung des pH-Werts einer Gewässerprobe.....   | 28 |
| Experiment 4: Abziehpräparate der Epidermis eines Blattes vom Fleißigen Lieschen ( <i>Impatiens walleriana</i> ) mit Spaltöffnungen..... | 29 |
| <i>Gefährdungsbeurteilung</i> .....  | 31 |
| Experiment 5: Modellierung der HILL-Reaktion.....  | 32 |
| <i>Gefährdungsbeurteilung</i> .....  | 35 |
| Experiment 6: Nachweis von NADH + H <sup>+</sup> bei der Glykolyse .....   | 37 |
| <i>Gefährdungsbeurteilung</i> .....  | 40 |
| Experiment 7: pH-Wert-Untersuchungen bei Dickblattgewächsen.....   | 41 |
| <i>Gefährdungsbeurteilung</i> .....  | 43 |

## Inhaltsbereich QP 1 – Leben und Energie

### 1.1 Energienutzung ermöglicht die Aufrechterhaltung von Lebensprozessen.

| 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.

| Die Lernenden...  | KoBe        | Buch                     |
|---|-------------|--------------------------|
| skizzieren die Struktur des Mitochondriums unter Berücksichtigung von Kompartimentierung und Oberflächenvergrößerung                | KoKo        | 62,75<br>168-169         |
| beschreiben Redoxreaktionen als Elektronenübertragungen   | SaKo        | 64                       |
| führen ein Experiment zur modellhaften Veranschaulichung von Redoxreaktionen bei Stoffwechselreaktionen durch                       | EgKo        | <a href="#">s. Exp 5</a> |
| erläutern die Bildung von CO <sub>2</sub> , ATP sowie NADH + H <sup>+</sup> und FADH <sub>2</sub> beim oxidativen Abbau von Glucose | SaKo        | 68-75                    |
| werten Befunde zur Wirkung der Phosphofruktokinase 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                    |
| <b>diskutieren Möglichkeiten und Grenzen des energetischen Modells der Atmungskette</b>   | <b>EgKo</b> | <b>73</b>                |

### 1.3 Gärung stellt Energie unter anaeroben Bedingungen bereit.

| 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 Enzyme Ebene   | SaKo | 32-35<br>+??                     |
| 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 | <a href="#">s. Exp6</a><br>76-77 |
| erklären die Regeneration des NAD <sup>+</sup> bei der Gärung als Anpasstheit an anaerobe Bedingungen funktional  | KoKo | 76-77                            |

### 1.4 Fotoautotrophe Lebewesen stellen energetisch nutzbare Stoffe her.

| Die Lernenden...  | KoBe | Buch                                |
|---|------|-------------------------------------|
| beschreiben die Absorption von Licht verschiedener Wellenlängen durch Blattpigmente   | SaKo | 142-143                             |
| <b>führen eine Dünnschichtchromatografie zur Trennung von Fotosynthesepigmenten durch und werten das Chromatogramm aus</b>  | EgKo | <a href="#">S. Exp 2</a><br>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                             |
| <b>erläutern die Abhängigkeiten der Fotosyntheserate von Lichtintensität, Temperatur und Kohlenstoffdioxidkonzentration</b>   | SaKo | 150-151                             |
| <b>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</b> | EgKo | ???                                 |
| präsentieren ihre Lern- und Arbeitsergebnisse sachgerecht   | KoKo | alle                                |
| <b>leiten anhand vorliegender Daten aus einer Tracer-Untersuchung Teilschritte von Stoffwechselwegen ab.</b>  | EgKo | 66-67                               |
| <b>beschreiben energetische Anregung der Elektronen in Lichtsammelkomplexen von Fotosystemen</b>  | SaKo | 143                                 |
| <b>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.</b>   | EgKo | <a href="#">S. Exp5</a>             |
| <b>stellen das energetische Modell der Primärreaktionen schematisch dar</b>   | KoKo | 146                                 |

### 1.5 Laubblätter grüner Pflanzen zeigen spezifische strukturelle und funktionale Anpassungen.

| Die Lernenden...  | KoBe | Buch                     |
|---|------|--------------------------|
| <b>beschreiben die Struktur eines bifazialen Laubblatts</b>   | SaKo | 138                      |
| <b>mikroskopieren und zeichnen den selbstständig angefertigten Blattquerschnitt eines bifazialen Laubblatts</b>   | EgKo | <a href="#">S. Exp 1</a> |
| erklären Modifikationen bei Sonnen- und Schattenblättern funktional   | KoKo | 152-153                  |
| erläutern Struktur-Funktionsbeziehungen bei meso- und xerophytischen Laubblättern                                 | SaKo | 194-197                  |
| <b>werten Daten zu unterschiedlichen Fotosyntheseraten in C3- und C4-Pflanzen im Hinblick auf Anpassungen aus</b> | 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.

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

### 2.2 Die Steuerung der Genexpression führt zur Bildung spezifischer Proteine.

| 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      |
| <b>erläutern RNA-Interferenz als Mechanismus zur Hemmung der Genexpression</b>                                   | <b>SaKo</b> | <b>108</b>   |
| <b>erklären Genexpression durch Histonmodifikation proximat</b>  | <b>KoKo</b> | <b>???</b>   |

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

| 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 Familienstambäumen 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.<br><i>Bioskop: Film: Gentests für Babys (3:56)</i> | BeKo | ???   |

### 2.4 Der fehlgesteuerte Zellzyklus kann zur Bildung von Krebszellen führen.

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

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

|   |      |                                     |
|---|------|-------------------------------------|
| 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<br>+371                         |
| erstellen und interpretieren Stammbäume auf der Grundlage von ursprünglichen und abgeleiteten Merkmalen zur Darstellung von phylogenetischer Verwandtschaft<br><b>Seitenzahlen:</b> 358, 359, 364, 365, 370, 371, 374, 375, 378, 379, 424,4 25, 428, 429, 430-437 | KoKo | <b>Seiten<br/>s. Text<br/>links</b> |

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

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

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

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

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

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

<sup>1</sup> (Artbildung Wie gründlich? Allopatrisch? Wahrscheinlich ja, wegen Isolation! Sympatrisch? Adaptive Radiation?)

## Inhaltsbereich QP 3 – Lebewesen in ihrer Umwelt

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

| Die Lernenden...  | KoBe         | Buch                                |
|---|--------------|-------------------------------------|
| erläutern das Ökosystem als Beziehungsgefüge zwischen Biotop und Biozönose unter Einbeziehung der spezifischen biotischen und abiotischen Faktoren.<br><b>Seitenzahlen:</b> 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.<br>interpretieren die Ergebnisse freilandbiologischer Untersuchungen und leiten Aussagen zur Biodiversität ab.   | EgKo<br>KoKo | <a href="#">S. Exp.3</a><br>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<br>präsentieren die erhobenen Daten zur Toleranz von Organismen gegenüber einem abiotischen Faktor mithilfe einer geeigneten Darstellungsform | EgKo<br>KoKo | <a href="#">S. Exp.3</a><br>186-189 |

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

| 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.

| 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 Regenerationsfähigkeit von Ökosystemen erreicht werden.**

| 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.

| Die Lernenden...  | KoBe | Buch                        |
|---|------|-----------------------------|
| skizzieren die Struktur eines Neurons schematisch   | KoKo | 300                         |
| erläutern<br>die Entstehung und Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials auch unter Berücksichtigung des Prinzips des Fließgleichgewichts<br><br>sowie den Ablauf des Aktionspotenzials | SaKo | 302-303<br><br>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<br>+322             |
| erläutern die Bildung von Rezeptorpotenzialen an primären sowie sekundären Sinneszellen als Folge von Signaltransduktion  | SaKo | 318-321<br>+326-327<br>+351 |

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

| 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<br>+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:

**Fette und grau hinterlegt Passagen gelten nur für das EN.**

Rote Passagen stellen Experimente dar

Dunkelrote Passagen (mit aufgelöster Tabellenstruktur) geben zu den Experimenten dazugehörige Kompetenzen an

### 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.

## 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<br><i>Chemie zusätzlich:</i> 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<br>( <i>Biologie und Chemie</i> ) | chemische Formeln, Gleichungen, Reaktionsgleichungen (Wort- oder Formelgleichungen), Reaktionsmechanismen entwickeln  |
| Hypothesen aufstellen                                     | eine Vermutung über einen unbekanntem 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  |

## 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.

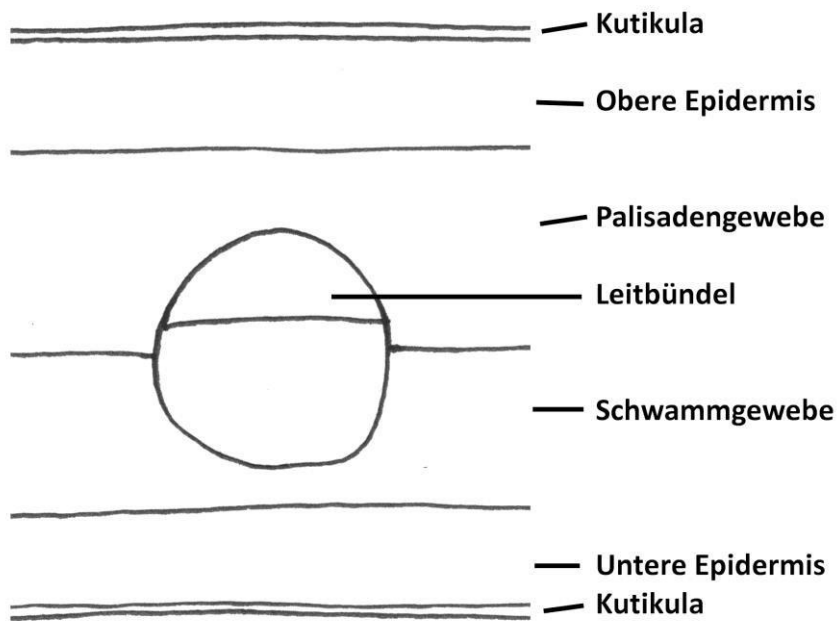
#### Aufgaben:

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.

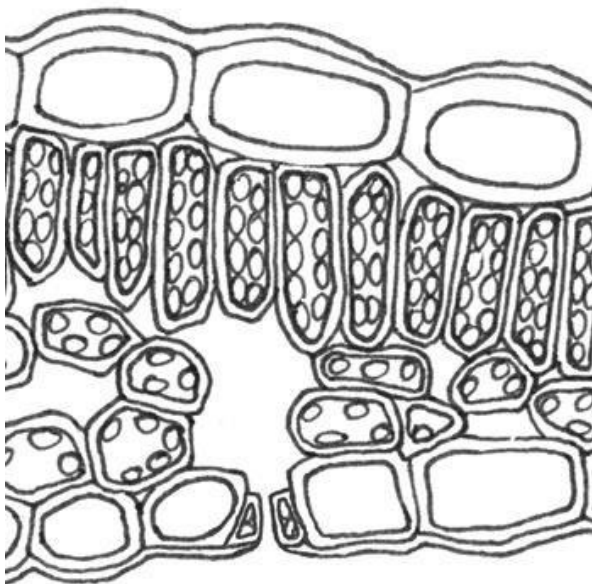
#### Hinweise:

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)

## Gefährdungsbeurteilung

### Einstufung der Stoffe

| Stoff   | Signalwort                | Piktogramme         | H-Sätze und EUH-Sätze | P-Sätze                                     | WGK | Tätigkeitsbeschränkung |
|---|---------------------------|---------------------|-----------------------|---|-----|------------------------|
| ---   | ---                       | ---                 | ---                   | ---   | --- | ---                    |
| ---   | ---                       | ---                 | ---                   | ---   | --- | ---                    |
| ---   | ---                       | ---                 | ---                   | ---   | --- | ---                    |
| <b>Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.</b>  |                           |                     |                       |   |     |                        |
|   | <b>Gezielte Tätigkeit</b> | <b>Risikogruppe</b> | <b>Schutzstufe</b>    | <b>Toxische / sensibilisierende Wirkung</b> |     |                        |
| Spitzahorn ( <i>Acer platanoides</i> ), 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!<br>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 Information 213-098 (01.02.2019) |  Schutzbrille |  Schutzhandschuhe |  Abzugmaßnahmen |  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/m<sup>3</sup> bzw. 1200 mg/m<sup>3</sup>. 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 starke Wechselwirkung mit den polaren Gruppen des Trägermaterials. Die unpolaren Moleküle des Lösungsmittelgemischs zeigen eine geringe Wechselwirkung mit den polaren Gruppen des Trägermaterials. Die Auftrennung der Blattfarbstoffe erfolgt durch das in den Kapillarräumen 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 Zeit eine weitere Laufstrecke als die Farbstoffe mit polaren Molekülen, die sich im Lösungsmittel mit den polaren Molekülen lösen. Dadurch entstehen die einzelnen Banden.

Den einzelnen Banden können die folgenden Farbstoffe zugeordnet werden. 1: Carotin; 2: Chlorophyll-Abbauprodukte; 3 Chlorophyll a; 4 orangegelb; 5: Chlorophyll b; 6: Lutein; 7: 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 dünnenschichtchromatografische Trennung von Blattfarbstoffen

Gefährdungsbeurteilung

Einstufung der Stoffe

| Stoff   | Signalwort                | Piktogramme   | H-Sätze und EUH-Sätze                                    | P-Sätze  | WGK | Tätigkeitsbeschränkung |
|---|---------------------------|---|--|--|-----|------------------------|
| Aceton (Propanon)   | Gefahr                    |  <br>GHS02 GHS07  | H225, H319<br>H336<br>EUH066                             | P210, P240,<br>P403+P233,<br>P305+P351+P338          | 1   | S4K                    |
| Petrolether (Petroleumbenzin)   | Gefahr                    |   <br><br>GHS02 GHS07 GHS08 GHS09 | H225,<br>H304,<br>H315,<br>H336,<br>H373, H411,<br>H361f | P201, P210, P331,<br>P501,<br>P301+P310<br>P370+P378 | 1   | S4K w<br>ESP           |
| Propan-2-ol   | Gefahr                    |  <br>GHS02 GHS07  | H225, H319,<br>H336                                      | P210, P233, P240,<br>P403+P235,<br>P305+P351+P338    | 1   | S4K                    |
| Calciumcarbonat   | ---                       | ---   | ---  | ---  | --- | +                      |
| <b>Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.</b>                    |                           |   |  |  |     |                        |
|   | <b>Gezielte Tätigkeit</b> | <b>Risikogruppe</b>   | <b>Schutzstufe</b>                                       | <b>Toxische / sensibilisierende Wirkung</b>          |     |                        |
| Petersilie (Blätter)<br>( <i>Petroselinum crispum</i><br>(MILL) FUSS) | ---                       | ---   | ---  | ---  | --- |                        |

Substitution von Gefahrstoffen

Nicht erforderlich

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

*Gefahren*





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

| Sonstige Gefahren/Hinweise:                                  |
|--|
| Kontakt mit Augen vermeiden.<br>Lüftungsmaßnahmen ergreifen. |

**Entsorgung**

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

*Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung*

| DGUV Information 213-098 (01.02.2019) |  Schutzbrille |  Schutzhandschuhe |  Abzugmaßnahmen |  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 ( $c(\text{CaCl}_2) = 0,0125 \text{ mol/L}$ )

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 Nitrat-Test-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  $\omega$  (Milligramm Nitrat in einem Gramm Boden) lässt sich aus der Massenkonzentration  $\beta$  der Messlösung näherungsweise nach der im Folgenden dargestellten Formel bestimmen. Der Verdünnungseffekt der Calciumchloridlösung wird durch den Faktor 1/250 berücksichtigt.

$$\omega_{(\text{Boden})}(\text{NO}_3^-) [\text{mg/g}] = \beta_{(\text{Messlösung})} [\text{mg/L}] : 250 [\text{g/L}]$$

### Beispiel:

Gemessene Nitrat-Massenkonzentration in der Messlösung  $\beta_{(\text{Messlösung})} (\text{NO}_3^-) = 125 [\text{mg/L}]$

$$\rightarrow \omega_{(\text{Boden})}(\text{NO}_3^-) = 0,5 [\text{mg/g}]$$

**Hinweis zum Rechenweg:**

Boden der Masse  $m_{(\text{Boden})} = 25 \text{ g}$  enthält eine Nitrat-Masse von  $m_{(\text{Boden})}(\text{NO}_3^-) = x \text{ mg}$ .

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

$$\begin{aligned}\beta_{(\text{Messlösung})}(\text{NO}_3^-) &= x \text{ mg}/0,1\text{L} \\ &= 10x \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Dieser Wert wird mit dem Testkit direkt gemessen.

Um nun von der mit dem Testkit gemessenen Nitrat-Massenkonzentration  $\beta_{(\text{Messlösung})}(\text{NO}_3^-)$  auf den Nitrat-Massenanteil im Boden  $\omega_{(\text{Boden})}(\text{NO}_3^-)$  zu schließen, muss der Messwert  $\beta_{(\text{Messlösung})}(\text{NO}_3^-)$  mit dem Volumen der Messlösung  $V_{(\text{Messlösung})} = V_{(\text{Lösung})}$  multipliziert werden und durch die Masse des eingewogenen Bodens  $m_{(\text{Boden})}$  geteilt werden.

$$\begin{aligned}\omega_{(\text{Boden})}(\text{NO}_3^-) &= \beta_{(\text{Messlösung})}(\text{NO}_3^-) * V_{(\text{Lösung})} : \\ m_{(\text{Boden})} &\text{ für die obigen Angaben also } \omega \\ (\text{Boden})(\text{NO}_3^-) &= \beta_{(\text{Messlösung})}(\text{NO}_3^-) * 0,1 \text{ L} : 25 \text{ g}\end{aligned}$$

Ansetzen der Calciumchlorid-Lösung ( $c(\text{CaCl}_2) = 0,0125 \text{ mol/L}$ ):

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  $\omega$  (Milligramm Phosphat in einem Gramm Boden) lässt sich aus der Phosphat-Massenkonzentration  $\beta$  der Messlösung näherungsweise nach der im Folgenden dargestellten Formel bestimmen. Der Verdünnungseffekt des Leitungswassers wird durch den Faktor 1/20 berücksichtigt.

$$\omega_{(\text{Boden})}(\text{PO}_{43--}) [\text{mg/g}] = \beta_{(\text{Messlösung})} (\text{PO}_{43-}) [\text{mg/L}] : 20 [\text{g/L}]$$

Beispiel:

Gemessene Phosphatkonzentration in der Messlösung  $\beta_{(\text{Messlösung})}(\text{PO}_4^{3-}) = 40$

[mg/L]  $\omega_{(\text{Boden})}(\text{PO}_4^{3-}) = 2$  [mg/g]

Hinweis zum Rechenweg:

Boden der Masse  $m_{(\text{Boden})} = 10$  g enthält eine Phosphat-Masse von  $m_{(\text{Boden})}(\text{PO}_4^{3-}) = x$  mg.

Diese Masse wird im Leitungswasser mit dem Volumen  $V_{(\text{Wasser})} = 0,05\text{L}$  aufgenommen

Daraus ergibt sich eine Phosphat-Massenkonzentration von

$$\begin{aligned}\beta_{(\text{Messlösung})}(\text{PO}_4^{3-}) &= x \text{ mg}/0,05\text{L} \\ &= 20x \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Dieser Wert wird mit dem Testkit direkt gemessen.

Um nun von der mit dem Testkit gemessenen Phosphat-Massenkonzentration  $\beta_{(\text{Messlösung})}(\text{PO}_4^{3-})$  auf den

Phosphat-Massenanteil im Boden  $\omega_{(\text{Boden})}(\text{PO}_4^{3-})$  zu schließen, muss der Messwert  $\beta_{(\text{Messlösung})}(\text{PO}_4^{3-})$  mit dem Volumen der Messlösung  $V_{(\text{Messlösung})} = V_{(\text{Wasser})}$  multipliziert werden und durch die Masse des eingewogenen Bodens  $m_{(\text{Boden})}$  geteilt werden.

$$\begin{aligned}\omega_{(\text{Boden})}(\text{PO}_4^{3-}) &= \beta_{(\text{Messlösung})}(\text{PO}_4^{3-}) * V_{(\text{Wasser})} : \\ m_{(\text{Boden})} &\text{ für die obigen Angaben also } \omega \\ \omega_{(\text{Boden})}(\text{PO}_4^{3-}) &= \beta_{(\text{Messlösung})}(\text{PO}_4^{3-}) * 0,05 \text{ L} : 1 \text{ g}\end{aligned}$$

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)  $\approx$  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 eignen 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 Phosphat-Test-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  $c(\text{H}_3\text{O}^+)$  nach  $(c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-\text{pH}} [\text{mol/L}])$  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   |                  |

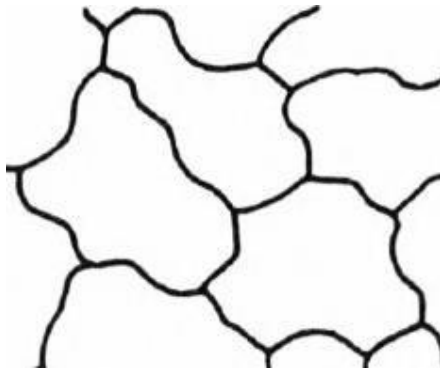
### Durchführung:

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                | Piktogramme         | H-Sätze und EUH-Sätze | P-Sätze                                     | WGK | Tätigkeitsbeschränkung |
|---|---------------------------|---------------------|-----------------------|---|-----|------------------------|
| ---   | ---                       | ---                 | ---                   | ---   | --- | ---                    |
| ---   | ---                       | ---                 | ---                   | ---   | --- | ---                    |
| ---   | ---                       | ---                 | ---                   | ---   | --- | ---                    |
| <b>Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.</b>              |                           |                     |                       |   |     |                        |
|   | <b>Gezielte Tätigkeit</b> | <b>Risikogruppe</b> | <b>Schutzstufe</b>    | <b>Toxische / sensibilisierende Wirkung</b> |     |                        |
| Fleißiges Lieschen ( <i>Impatiens walleriana</i> ), Laubblätter | --<br>-                   | -<br>--             |                       | ---   | --- |                        |

*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!<br>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 Information 213-098 (01.02.2019) | Schutzbrille | Schutzhandschuhe | Abzugmaßnahmen | 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  $\text{NADP}^+$  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).

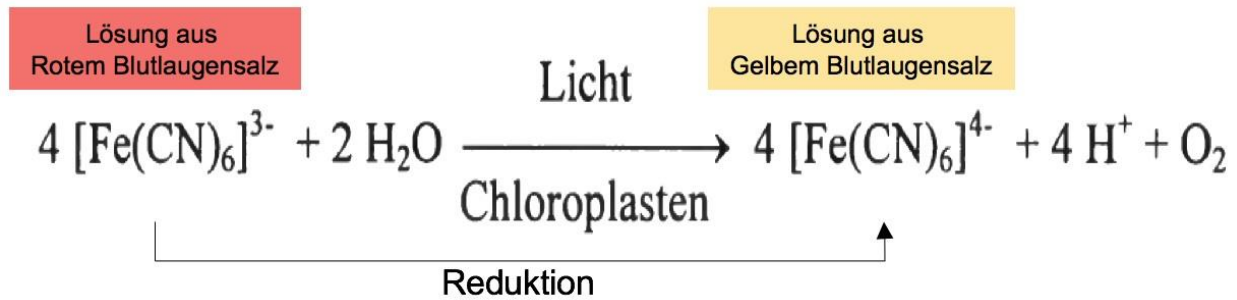


Bild 1: Künstlicher Elektronenakzeptor – in isolierten Chloroplasten werden fotolytisch Wassermoleküle gespalten. Die dabei freiwerdenden Elektronen werden auf Hexacyanoferrat(III)-Ionen übertragen.

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.

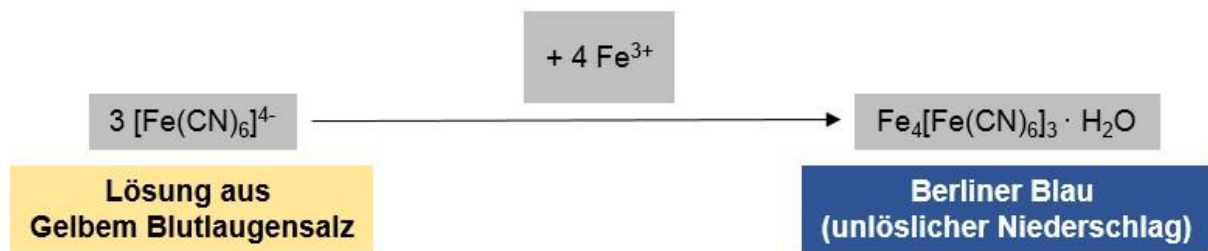


Bild 2: Nachweis von Hexacyanoferrat(III)-Ionen durch Bildung von Berliner Blau (Summenformeln hier vereinfacht dargestellt)

### 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 ( $FeCl_3 \cdot 6 H_2O$ ),

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 setzen 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                | Piktogramme  | 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                    | <br>GHS05 GHS07 | H290, H302, H315, H317, H318 | P280, P302+P352, P305+P351+P338             | --- | S4K                    |
| <b>Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.</b>               |                           |  |                              |   |     |                        |
|  | <b>Gezielte Tätigkeit</b> | <b>Risikogruppe</b>  | <b>Schutzstufe</b>           | <b>Toxische / sensibilisierende Wirkung</b> |     |                        |
| Petersilie (Blätter) ( <i>Petroselinum crispum</i> (MILL.) FUSS) | ---                       | ---  | ---                          | ---   |     |                        |

#### Substitution von Gefahrstoffen

Nicht erforderlich

| Liste der H-Sätze   | Liste der P-Sätze   |
|---|---|
| H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.<br>H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.<br>H315: Verursacht Hautreizungen.<br>H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.<br>H318: Verursacht schwere Augenschäden.<br>H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung. | P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.<br>P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.<br>P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.<br>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 |



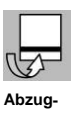



#### Entsorgung

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 Information<br>213-098<br>(01.02.2019) | <br>Schutzbrille | <br>Schutzhandschuhe | <br>Abzug-<br>maßnahmen | <br>geschlossenes<br>System | <br>Lüftungsmaßnahmen | <br>Brandschutzmaßnahmen | Weitere<br>Maßnahmen:<br><br>Schutzkleidung<br>empfohlen |
|---|---|---|--|--|--|---|--|
| X   | X   | X   |  |  |  |   |  |

(Schule) (Datum, Unterschrift Fachlehrer/Fachlehrerin)

## Experiment 6: Nachweis von $\text{NADH} + \text{H}^+$ bei der Glykolyse

In der Glykolyse wird Glucose unter ATP-Gewinn zu Brenztraubensäure oxidiert. Dabei werden Wasserstoff-Ionen und Elektronen auf  $\text{NAD}^+$  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 ATP-Ausbeute kommen. Nach der Glykolyse wird Brenztraubensäure dabei zu Ethanal und schließlich zu Ethanol reduziert (Bild 1). Das bei der Glykolyse entstehende  $\text{NADH} + \text{H}^+$  überträgt Elektronen und Wasserstoffionen auf Ethanal-Moleküle. Dadurch steht erneut  $\text{NAD}^+$  als Akzeptor für Wasserstoffionen und Elektronen zur Verfügung. Auf diese Weise kann die Gärung kontinuierlich ablaufen.

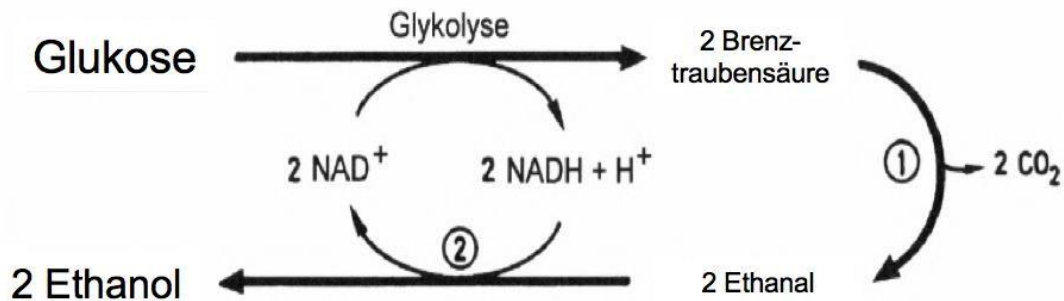


Bild 1: Shuttlebetrieb im Stoffwechsel – das  $\text{NAD}^+/\text{NADH} + \text{H}^+$ -System bei der alkoholischen Gärung.

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

Dieser indirekte Nachweis erfolgt mithilfe eines Farbstoffes, dessen Moleküle leichter Elektronen und Wasserstoffionen aufnehmen als  $\text{NAD}^+$ . 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 ( $\text{DCPIPH}_2$ ) überführt, entsteht eine farblose Lösung (Bild 2).

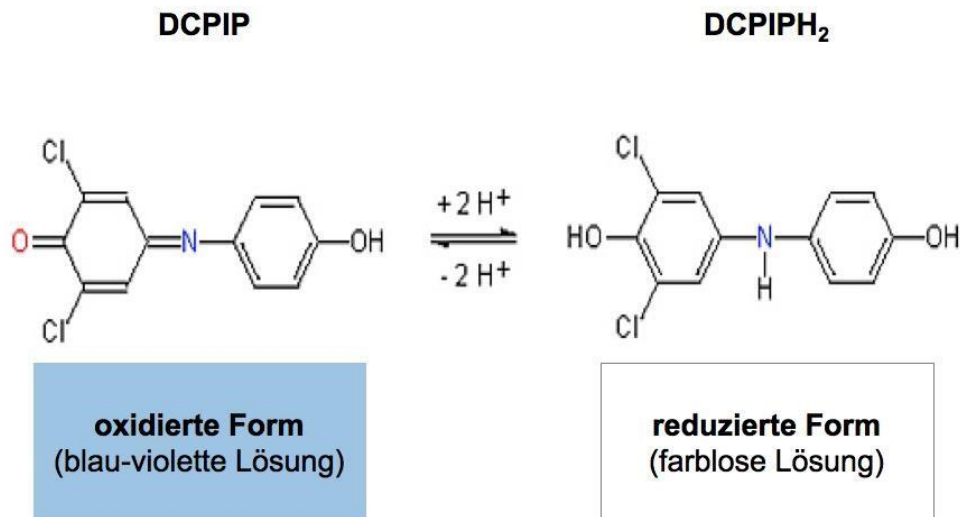


Bild 2: Wässrige Lösungen von DCPIP (oxidierte Form) sind blau-violett. Da die reduzierte Form eine farblose Lösung bildet, kann DCPIP als Redoxindikator verwendet werden.

### 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 Stativklammern                      | 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 ( $\text{CO}_2$ -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  $\text{NADH} + \text{H}^+$ , noch bevor die Reduktion des Ethanal zu Ethanol stattfinden kann (vgl. Bild 1). Diese Reduktion von DCPIP zu  $\text{DCPIPH}_2$  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  $\text{NADH} + \text{H}^+$ , auch das Vorhandensein anderer Reduktionsmittel kann ausgeschlossen werden.

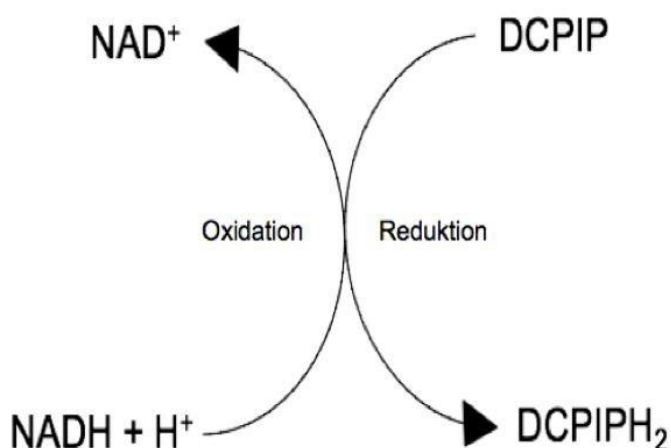


Bild 3: Redoxschema für die zugrundeliegende Nachweisreaktion.

Experiment: Nachweis von NADH + H<sup>+</sup> bei der Glykolyse

*Gefährdungsbeurteilung*

**Tätigkeitsbeschreibung**

s. beigefügte Beschreibung der Versuchsdurchführung

*Einstufung der Stoffe*

| Stoff  | Signalwort | Piktogramme | H-Sätze und EUH-Sätze | P-Sätze | WGK  | Tätigkeitsbeschränkung |
|--|------------|-------------|-----------------------|---------|------|------------------------|
| 2,6-Dichlorphenolindophenol, Natriumsalz, Dihydrat | ---        | ---         | ---                   | ---     | 3    | +                      |
| Saccharose   | ---        | ---         | ---                   | ---     | ---  | +                      |
| <b>Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.</b> |            |             |                       |         |      |                        |
| Hefe ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )           | Ja         | 1           | 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 Information 213-098 (01.02.2019) |  Schutzbrille |  Schutzhandschuhe |  Abzugmaßnahmen |  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 Pflanzenpresssaftes 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 | Piktogramme | H-Sätze und EUH-Sätze | P-Sätze | WGK | Tätigkeitsbeschränkung |
|--|------------|-------------|-----------------------|---------|-----|------------------------|
| ---  | ---        | ---         | ---                   | ---     | --- | ---                    |
| <b>Biologische Arbeitsstoffe, Lebewesen, u. a.</b>               |            |             |                       |         |     |                        |
| Pflanzen des Brutblatte ( <i>Bryophyllum claigre montianum</i> ) | ---        | ---         | ---                   | ---     | --- | ---                    |

*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 Information 213-098 (01.02.2019) |  Schutzbrille |  Schutzhandschuhe |  Abzugmaßnahmen |  geschlossenes System |  Lüftungsmaßnahmen |  Brandschutzmaßnahmen | Weitere Maßnahmen: |
|---------------------------------------|--|--|--|--|---|--|--------------------|
| X                                     |  |  |  |  |   |  | ---                |

(Schule) (Datum, Unterschrift Fachlehrer/Fachlehrerin)