

**A 1 Johannisbeerwein**

- 1 Ein Lebensmittellabor wurde im Jahr 2006 beauftragt, ein Gutachten zur radioaktiven Belastung von Lebensmitteln zu erstellen. Bei einem Liter Johannisbeerwein des Jahrgangs 1986 wurde dabei eine Aktivität von 35 Bq gemessen. Die Aktivität von Weinen aus den Jahren nach 2000 war hingegen vernachlässigbar gering. Die erhöhte Aktivität des Weins aus dem Jahr 1986 ist auf den Reaktorunfall in Tschernobyl im Frühjahr des Jahres 1986 zurückzuführen, bei dem unter anderem große Mengen radioaktiver Cäsiumisotope freigesetzt wurden. Im Jahr 1986 betrug das Aktivitätsverhältnis der beiden radioaktiven Isotope Cs-137 und Cs-134 im Wein 1,6 : 1,0.
- 1.1 Formulieren Sie eine typische Kerngleichung für die Bildung von Cäsium-137 durch Spaltung von Uran-235 im Kernreaktor! [3 BE]
- 1.2 Beschreiben Sie das Funktionsprinzip des Geiger-Müller-Zählrohrs! [4 BE]
- 1.3 Berechnen Sie die Aktivität des Weines im Jahr 1986 als Summe der Aktivitäten der beiden Cäsiumisotope! Gehen Sie für diese Berechnung von der Annahme aus, dass die im Jahr 2006 gemessene Cäsiumaktivität des Weines ausschließlich auf die Restaktivität von Cs-137 zurückzuführen ist.  
Begründen Sie durch Rechnung, weshalb die Annahme gerechtfertigt ist, dass das Cäsiumisotop Cs-134 für die Restaktivität des Weins im Jahr 2006 nicht von Bedeutung ist!  
( $T_{1/2}(\text{Cs-134}) = 2,06 \text{ a}$ ,  $T_{1/2}(\text{Cs-137}) = 30,17 \text{ a}$ ) [9 BE]
- 1.4 Ein wesentlicher Teil der radioaktiven Gesamtbelastung des Menschen stammt von natürlich vorkommendem Radongas (Rn-222), einem  $\alpha$ -Strahler.
- 1.4.1 Erklären Sie, weshalb ein hoher Gehalt an Rn-222 in der Luft, z. B. in schlecht gelüfteten Kellern, einen Hinweis auf uranhaltiges Gestein darstellt! [3 BE]
- 1.4.2 Erläutern Sie die unterschiedliche biologische Wirkung von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung! [4 BE]
- 2 Um Johannisbeerwein herzustellen, wird zuckerhaltiger Most mit Hefe versetzt und unter Luftabschluss zur Gärung gebracht. Ein Liter eines Gäransatzes enthält 17,0 g Zucker. Nach zwei Tagen stellt man einen Zuckergehalt von 13,4 Gramm pro Liter fest.
- 2.1 Formulieren Sie die Summengleichung der alkoholischen Gärung und ermitteln Sie die Masse Alkohol, die nach zwei Tagen in einem Liter des Gäransatzes enthalten ist! Gehen Sie zur Vereinfachung davon aus, dass der Zucker in Form von Glucose vorliegt. [6 BE]
- 2.2 Bei der Untersuchung des Beerenweins findet man stets geringe Mengen Methanol. Dieser Stoff entsteht beim Abbau des Pektins, einer Gerüstsubstanz pflanzlicher Zellen. Grundbaustein des Pektins ist die Galacturonsäure. Galacturonsäure unterscheidet sich von  $\alpha$ -D-Glucose durch die Stellung der OH-Gruppe am C<sup>4</sup>-Atom und dadurch, dass die CH<sub>2</sub>OH-Gruppe durch eine Carboxygruppe ersetzt ist. Die Galacturonsäure-Einheiten sind  $\alpha$ -1,4-glykosidisch zu einem langkettigen Polysaccharid verknüpft. Von Pektin spricht man, wenn ein Teil der Galacturonsäure-Einheiten mit Methanol verestert ist.  
Formulieren Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt des Pektins! [4 BE]
- 2.3 Zur qualitativen Bestimmung der Inhaltsstoffe eines Gäransatzes wird eine Probe chromatographisch aufgetrennt. Das entwickelte Chromatogramm wird mit ammoniakalischer Silbernitratlösung besprüht und im Trockenschrank erwärmt. Von den im Gäransatz enthaltenen Substanzen Fructose, Galacturonsäure und Saccharose kann nur ein Teil auf diese Weise sichtbar gemacht werden.  
Begründen Sie die jeweilige Versuchsbeobachtung! Reaktionsgleichungen sind nicht verlangt. [7 BE]
- 
- [40 BE]

**A 2 Pökelsalz**

- 1 Pökeln ist ein altbewährtes Verfahren zur Konservierung von Fleisch durch Einsalzen. Pökelsalz ist ein Gemisch aus Kochsalz und Natriumnitrit. Da Natriumnitrit mit gesundheitlichen Risiken behaftet ist, gilt folgender Grenzwert bzw. folgende Ernährungsempfehlung:
- a) In 1 kg Rohschinken dürfen maximal 250 mg Natriumnitrit enthalten sein.
  - b) Ein Mensch sollte täglich pro Kilogramm Körpergewicht maximal 0,1 mg Natriumnitrit aufnehmen.
- Für die quantitative Nitrit-Bestimmung können verschiedene Verfahren verwendet werden.

- 1.1 Die titrimetrische Analyse des Pökelsalzes beruht auf der Oxidation des Natriumnitrits zu Natriumnitrat. Hierzu werden 20 g Pökelsalz in einen Messkolben (400 ml) gegeben und der Kolben mit destilliertem Wasser bis zur Eichmarke aufgefüllt. Von der entstandenen Lösung werden 20 ml entnommen, mit Schwefelsäure versetzt und anschließend mit Kaliumpermanganat-Lösung der Konzentration  $c(\text{KMnO}_4) = 0,0020 \text{ mol/l}$  titriert. Bis zum Farbumschlag werden 10,2 ml der Maßlösung verbraucht. Stellen Sie die Redoxgleichung für die bei der Titration ablaufende Reaktion auf und berechnen Sie den Massenanteil an Natriumnitrit im Pökelsalz! [11 BE]

- 1.2 Der Natriumnitrit-Gehalt von Nahrungsmitteln kann auch fotometrisch bestimmt werden. Dazu wird eine Probenlösung mit Reagenzien versetzt, die in Gegenwart von Nitrit zu einem rot-violetten Farbstoff führen. Bei 540 nm wird dann die Extinktion der Lösung gemessen.

- 1.2.1 Legen Sie unter Mitverwendung einer Skizze die Funktionsweise eines Fotometers dar! [4 BE]

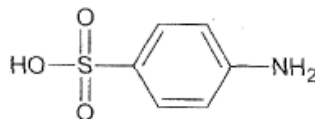
- 1.2.2 Um die Natriumnitrit-Konzentration im Rohschinken zu ermitteln, werden zunächst die Extinktionen von Lösungen bekannter Nitrit-Konzentrationen gemessen:

Massenkonzentration $\beta(\text{NaNO}_2)$ in mg/l	Extinktion
0,1	0,05
0,3	0,15
0,5	0,25
0,7	0,34

Dann wird aus 5 g des zu untersuchenden Schinkens das Natriumnitrit in 1l Wasser extrahiert. Dabei gehen 90 % des Natriumnitrits in die wässrige Phase über. Die entstandene Lösung zeigt nach Zusatz der Reagenzien eine Extinktion von  $E = 0,23$ .

Ermitteln Sie nachvollziehbar den Massenanteil an Natriumnitrit im untersuchten Schinken! Zeigen Sie auf, ob der Grenzwert für Natriumnitrit eingehalten wurde und wie viel von diesem Schinken ein 70 kg schwerer Mensch täglich höchstens essen sollte! [7 BE]

- 2 Nitrit reagiert mit Sulfanilsäure, Anilin und Salzsäure zu einem Farbstoff.



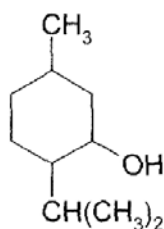
Sulfanilsäure

- 2.1 Formulieren Sie für die wesentlichen Schritte der Bildung des Farbstoffes die Strukturformelgleichungen! [5 BE]
- 2.2 Erläutern Sie mit Hilfe mesomerer Grenzstrukturformeln den Zusammenhang zwischen Molekülbau und Farbigekeit des Produktes aus 2.1! [6 BE]
- 2.3 Ein Ausgangsstoff für die Herstellung dieser Farbstoffklasse ist Nitrobenzol. Formulieren Sie den Mechanismus der Nitrierung von Benzol unter Mitverwendung von Strukturformeln! [7 BE]

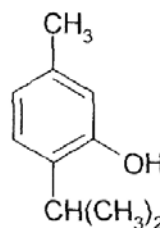
[40 BE]

**B 1 Sauerstoffhaltige organische Verbindungen**

- 1 Menthol, der Hauptbestandteil des Pfefferminzöls, wird z. B. als Aroma bei der Kaugummiherstellung eingesetzt. Menthol kann aus Thymol hergestellt werden.



Menthol

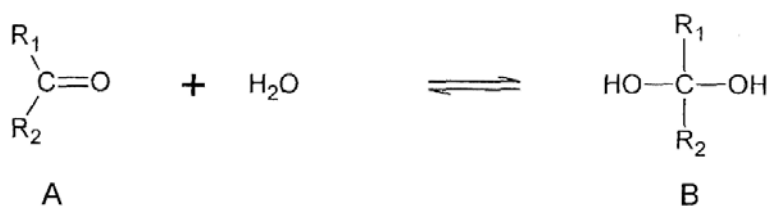


Thymol

- 1.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Synthese von Menthol aus Thymol! [2 BE]
- 1.2 Menthol und Thymol lösen sich nur schlecht in Wasser. Geben Sie an, bei welcher der beiden Verbindungen die Löslichkeit durch Zugabe von Natronlauge deutlich erhöht werden kann, und begründen Sie Ihre Aussage ausführlich! [6 BE]
- 1.3 Menthol wird mit einer angesäuerten Kaliumdichromat-Lösung versetzt und erwärmt. Erklären Sie die Versuchsbeobachtung und stellen Sie für den ablaufenden Vorgang die Redoxgleichung mit Teilgleichungen auf! [6 BE]
- 1.4 Beim Erhitzen von Menthol ( $M(\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}) = 156 \text{ g/mol}$ ) in Gegenwart von konzentrierter Schwefelsäure können über eine gemeinsame Zwischenstufe mehrere verschiedene Produkte entstehen. Eines der entstehenden Endprodukte (A) hat die molare Masse  $M(\text{A}) = 294 \text{ g/mol}$ , ein anderes (B) die molare Masse  $M(\text{B}) = 138 \text{ g/mol}$ .
- 1.4.1 Erstellen Sie die Strukturformel für die gemeinsame Zwischenstufe und formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung der beiden Reaktionsprodukte A und B! [6 BE]
- 1.4.2 Beschreiben Sie ein Experiment, mit dem die Produkte A und B unterschieden werden können! Gleichungen sind hierbei nicht verlangt. [3 BE]
- 2 Sauerstoffhaltige organische Verbindungen unterscheiden sich zum Teil erheblich in ihren physikalischen Eigenschaften.
- 2.1 Erklären Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die unterschiedlichen Siedetemperaturen ( $\vartheta_b$ ) folgender organischer Stoffe: [6 BE]

Stoff	Molekülmasse in u	Siedetemperatur $\vartheta_b$ in °C
Butanon	72	80
2-Methylbut-2-en	70	38
Butan-1-ol	74	118

- 2.2 In obiger Tabelle ist Butanon, eine Carbonylverbindung, enthalten. Carbonylverbindungen neigen in wässriger Lösung in unterschiedlichem Maße dazu, in einer Gleichgewichtsreaktion Wasser zu addieren:



$-R_1$	$-R_2$	Anteil von B im Gleichgewicht
-H	-H	nahe 100%
-H	$-\text{CH}_3$	58%
$-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_3$	nahe 0%

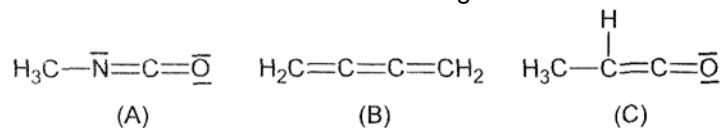
Erklären Sie die unterschiedliche Lage der jeweiligen chemischen Gleichgewichte! [5 BE]

- 2.3 Bei Zusatz eines Radikalbildners zu 2-Methylbut-2-en kann eine makromolekulare Substanz gebildet werden. Bisweilen entstehen hierbei auch kleinere Einheiten. Formulieren Sie die einzelnen Schritte zur Bildung eines stabilen Moleküls, für das drei Einheiten des 2-Methylbut-2-ens benötigt werden! [6 BE]

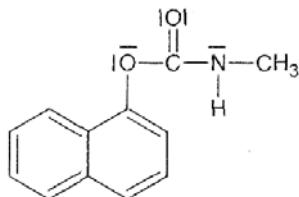
[40 BE]

**B 2 Funktionelle Gruppen und ihr Einfluss auf die Eigenschaften organischer Verbindungen**

- 1 In der Nacht vom 2. auf den 3. Dezember 1984 kam es in Bhopal, Indien, zu einem folgenschweren Unfall. Bei diesem Unglück strömte aus einem Lagertank Methylisocyanat (A) aus. Diese Verbindung diente als Ausgangsstoff zur Herstellung des Insektizids Carbaryl. Sie zeigt strukturelle Ähnlichkeiten mit den beiden Verbindungen B und C.



- 1.1 Methylisocyanat (A) neigt zu Additionsreaktionen mit Hydroxyverbindungen. Ein mögliches Additionsprodukt ist Carbaryl:



Carbaryl

- Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für diese Additionsreaktion! [2 BE]
- 1.2 Beschreiben Sie den räumlichen Bau von Verbindung B unter Mitverwendung einer beschrifteten Orbitalskizze! [8 BE]
- 1.3 Acrolein (Propenal) ist zu Verbindung C isomer. Erläutern Sie unter Mitverwendung der Strukturformel des Acroleins den hier vorliegenden Isomerietyp! [3 BE]
- 1.4 Acrolein wird der Fehlingprobe unterzogen. Beschreiben Sie das Experiment und erläutern Sie die Versuchsbeobachtungen anhand einer Reaktionsgleichung mit Teilgleichungen! Geben Sie auch die Strukturformel des organischen Produkts an! [7 BE]
- 1.5 Substanz C addiert sehr leicht Ethanol unter Bildung von Propansäureethylester (Ethylpropanoat). Der Ester ist eine sehr schwache Brönsted-Säure, da seine korrespondierende Base (ein Carbanion) mesomeriestabilisiert ist. Erläutern Sie unter Mitverwendung mesomerer Grenzstrukturformeln der jeweiligen korrespondierenden Basen, weshalb die Acidität des Propansäureethylesters geringer ist als die der Propansäure! [8 BE]

- 2 Glycerin ist ein Ausgangsstoff für Kunststoffsynthesen.

- 2.1 Mit Benzol-1,4-diisocyanat reagiert Glycerin in einer Polyaddition. Geben Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt des entstehenden Polyaddukts an, erläutern Sie sein Verhalten beim Erhitzen und ordnen Sie es einer Kunststoffklasse zu! [6 BE]
- 2.2 Glycerin kann auch mit Terephthalsäure (Benzol-1,4-dicarbonsäure) zu einem Kunststoff umgesetzt werden. Gefäße aus diesem Kunststoff eignen sich nicht zur Aufbewahrung von Salzsäure. Formulieren Sie den Mechanismus für die Reaktion, die bei der Zersetzung des Kunststoffs mit Säure abläuft! Für die Erklärung unwichtige Molekül abschnitte können in geeigneter Weise abgekürzt werden. [6 BE]

---

[40 BE]

**C 1 Proteine**

- 1 Die Hydrolyse von Harnstoff zu Ammoniak und Kohlenstoffdioxid wird durch das Enzym Urease katalysiert. Die Produkte reagieren mit Wasser unter Bildung von Ionen. In zwei Versuchsreihen (A und B) werden gleiche Volumina unterschiedlich konzentrierter Harnstofflösungen jeweils mit der gleichen Stoffmenge Urease vermischt. In Versuchsreihe B wird vor der Zugabe der Urease in allen Harnstofflösungen jeweils die gleiche Menge eines Stoffes X gelöst. Das Volumen ändert sich dabei nicht. Die Leitfähigkeit der Lösungen nach jeweils 3 Minuten Reaktionszeit ist in folgenden Tabellen dargestellt:

Versuchsreihe A:

$C_0$ (Harnstoff) [mmol/l]	4,0	8,0	12	16	20	24	30
Leitfähigkeit nach 3 min [mS]	4,0	7,0	9,2	10,2	10,7	11	11

Versuchsreihe B (mit Stoff X):

$C_0$ (Harnstoff) [mmol/l]	4,0	10	16	22	28	36	40
Leitfähigkeit nach 3 min [mS]	2,0	5,2	7,9	9,5	10,5	11	11

- 1.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Hydrolyse von Harnstoff ( $H_2N-CO-NH_2$ ) und die Reaktionen der Produkte mit Wasser! [5 BE]
- 1.2 Stellen Sie anhand der Messergebnisse der beiden Versuchsreihen die Abhängigkeit der Urease-Aktivität von der Harnstoffkonzentration graphisch dar und ermitteln Sie aus Ihrer Darstellung die Werte der Michaelis-Konstanten  $K_M(A)$  und  $K_M(B)$ !  
Leiten Sie aus dem Diagramm und den Werten der Michaelis-Konstanten ab, welchen Einfluss der zugesetzte Stoff X in Versuchsreihe B auf die Enzymreaktion hat und erläutern Sie die Wirkungsweise des Stoffes X mit Hilfe des Schlüssel-Schloss-Modells! [11 BE]
- 1.3 In einer weiteren Versuchsreihe (C) wird die Leitfähigkeit des Versuchsansatzes kontinuierlich gemessen. Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird die wässrige Lösung eines Stoffes Z zugesetzt. Die Messergebnisse sind in nach folgender Graphik dargestellt:

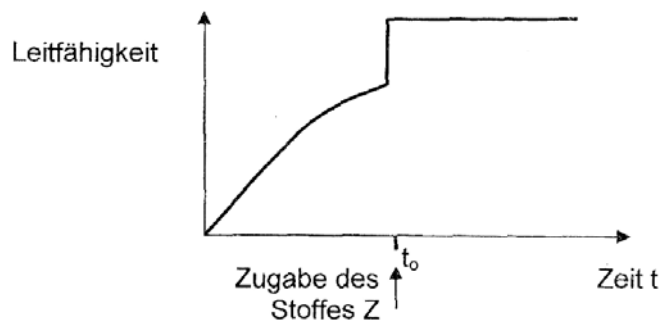


Diagramm zu Versuchsreihe C

Erläutern Sie den Kurvenverlauf und geben sie in diesem Zusammenhang an, um welche Art von Stoff es sich bei Z handeln könnte! [8 BE]

- 2 1867 beschrieb Martius die Synthese des nach ihm benannten Wollfarbstoffs Martiusgelb. Ein Ausschnitt aus der Primärstruktur des Keratins, dem Hauptbestandteil der Wolle, ist durch folgende Sequenz gekennzeichnet: ... -Gly-Lys-Ser-...  
Gly: Glycin (Aminoethansäure); Lys: Lysin (2,6-Diaminohexansäure); Ser: Serin (2-Amino-3-hydroxypropansäure).
- 2.1 „Alle Aminosäuren im Keratinmolekül liegen in der L-Konfiguration vor.“  
Stellen Sie die drei oben angegebenen natürlichen Aminosäuren in der Fischer-Projektion dar und leiten Sie daraus ab, weshalb diese Aussage streng genommen nicht zutrifft! [5 BE]
- 2.2 Die Farbstoffmoleküle protonieren Stickstoffatome im Keratin der Wolle und werden durch ionische Wechselwirkungen an die Faser gebunden.  
Erläutern Sie unter Mitverwendung der Strukturformel des angegebenen Keratinausschnitts, wo dies bevorzugt geschieht! [7 BE]
- 2.3 Nach der Behandlung eines Peptids mit dem Enzym Trypsin wurden zwei, nach der Behandlung dieses Peptids mit Chymotrypsin wurden drei Fragmente isoliert.  
Leiten Sie aus den Spaltstücken die Primärstruktur des Peptids ab! [4 BE]

Enthaltene Fragmente bei Spaltung durch Trypsin	Enthaltene Fragmente bei Spaltung durch Chymotrypsin
Gly-Gly-Gly-Trp-Gly-Lys	Thr-Tyr
Thr-TyrVal-Lys	Val-Lys-Gly-Gly-Gly-Trp
	Gly-Lys

---

[40 BE]

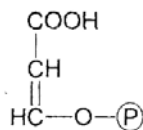
**C2 Biomoleküle und Stoffwechsel**

- 1 Omega-3-Fettsäuren sind essentielle ungesättigte Fettsäuren. Die Positionsangabe „3“ bedeutet, dass sich die erste Doppelbindung vom Methylende aus gezählt zwischen dem C<sup>3</sup>- und dem C<sup>4</sup>-Atom befindet.

Fettsäure	Linolensäure Octadeca-9,12- diensäure 18:2	Linolensäure Octadeca-9,12,15- triensäure 18:3	Ölsäure Octadeca-9- ensäure 18:1	Timnodonsäure Eicosa-5,8,11,14,17- pentaensäure 20:5	Cervonsäure Docosa- 4,7,10,13,16,19- hexaensäure 22:6
Schmelz- temperatur [°C]	- 5	- 11	16	- 54	- 44,5
Distelöl	75	0	<10	0	0
Sonnen- blumenöl	65	0	<10	0	0
Walnussöl	62	9	<10	0	0
Sesamöl	59	13	<10	0	0
Sojaöl	57	8	<10	0	0
Weizenkeimöl	56	7	15	0	0
Leinöl	13	53	20	0	0
Rapsöl	22	9	60	0	0
Olivenöl	10	0	76	0	0
Lebertran	6	1	51	10	10
Fischöl	17	0	28	18	12

Fettsäuren: Schmelztemperaturen und Vorkommen (Massenprozent) in verschiedenen Fetten. Die Angabe 18:2 bedeutet, dass das Fettsäure-Molekül 18 C-Atome und 2 Doppelbindungen enthält.

- 1.1 Erläutern Sie mit Hilfe der Tabelle, welche Nahrungsmittel zur Therapie eines Mangels an Omega-3-Fettsäuren besonders empfohlen werden können! [4 BE]
- 1.2 Vergleichen Sie die Schmelztemperaturen von Ölsäure und Cervonsäure und begründen Sie die Unterschiede aus dem Molekülbau! [7 BE]
- 1.3 Aus Fettsäuren und Glycerin kann der Emulgator E 471 hergestellt werden, ein Monoacylglycerin. Emulgatoren verhindern die Entmischung von Öl-Wasser-Gemischen. Erläutern Sie unter Mitverwendung der Strukturformel eines Monoacylglycerins von Linolsäure diese Emulgatorwirkung! [6 BE]
- 2 Steinbrechgewächse leben auf Felsen und sind an extreme Temperaturen und Trockenheit angepasst. Um die Wasserverluste bei der Aufnahme von Kohlenstoffdioxid zur Photosynthese zu minimieren, öffnen die Pflanzen ihre Spaltöffnungen nur nachts und speichern das aufgenommene Kohlenstoffdioxid durch eine Reaktion mit Phosphoenolbrenztraubensäure.



Phosphoenolbrenztraubensäure

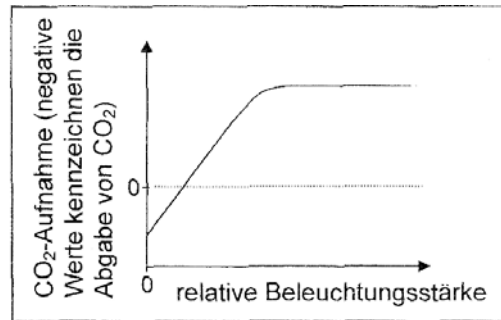
- 2.1 Die Phosphoenolbrenztraubensäure entsteht in der Glykolyse. Stellen Sie die Summgleichung der Glykolyse mit Strukturformeln auf und legen Sie die Bedeutung dieses Reaktionsweges im Rahmen des anaeroben Glucoseabbaus dar! Für Cofaktoren können die üblichen Kurzschreibweisen verwendet werden. [5 BE]

2.2 Phosphoenolbrenztraubensäure reagiert mit Kohlenstoffdioxid unter Abspaltung von Phosphat zu Oxallessigsäure (2-Ketobutandisäure). Diese wird enzymatisch zur Äpfelsäure (2-Hydroxybutandisäure) umgesetzt. In dieser Form speichert die Pflanze das aufgenommene Kohlenstoffdioxid und setzt es während des Tages durch die oxidative Decarboxylierung (Abspaltung von Kohlenstoffdioxid) der Äpfelsäure unter Bildung von Brenztraubensäure wieder frei.

2.2.1 Formulieren Sie die zugehörigen Strukturformelgleichungen! Als Reduktionsmittel ist NADPH/H<sup>+</sup> zu verwenden. [6 BE]

2.2.2 Wird die oben genannte Reaktion von Oxallessigsäure zu Äpfelsäure im Labor ohne Einsatz von Enzymen durchgeführt, so entsteht eine optisch inaktive Lösung. Die enzymatisch katalysierte Umsetzung liefert dagegen eine optisch aktive Lösung. Erläutern Sie diesen Sachverhalt! [6 BE]

2.3 Nebenstehende Abbildung zeigt die CO<sub>2</sub>-Aufnahme einer grünen, nicht an Trockenheit angepassten Pflanze in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke. Erläutern Sie den Kurvenverlauf!



[40 BE]