

Abb. A:

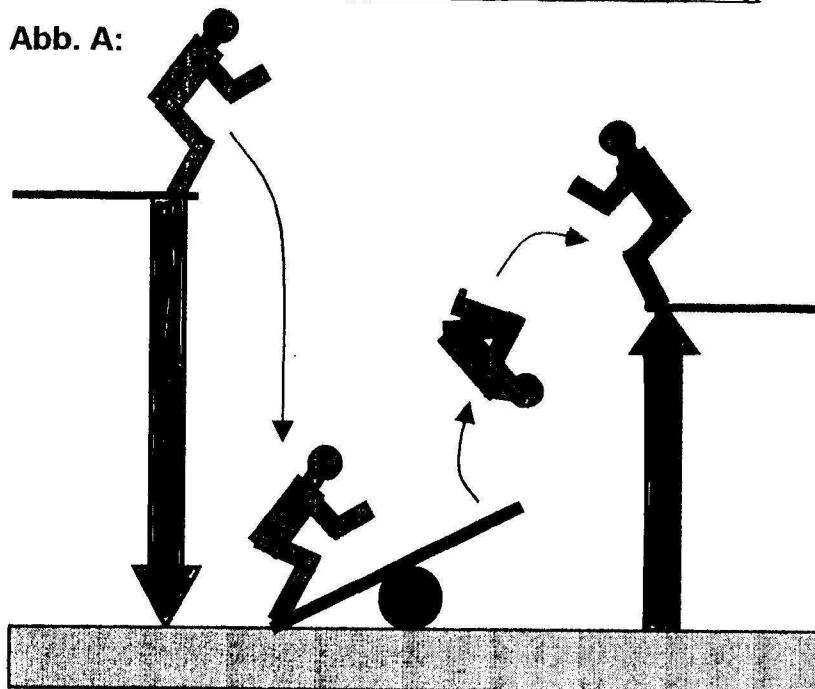


Abb. B:

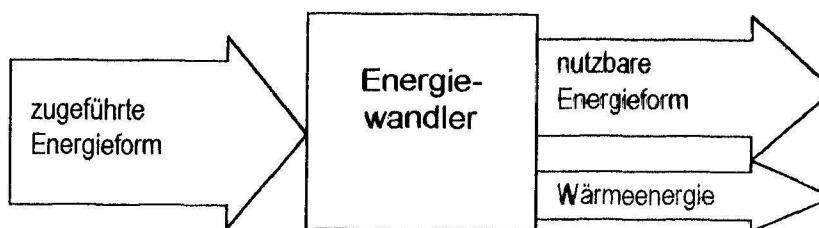
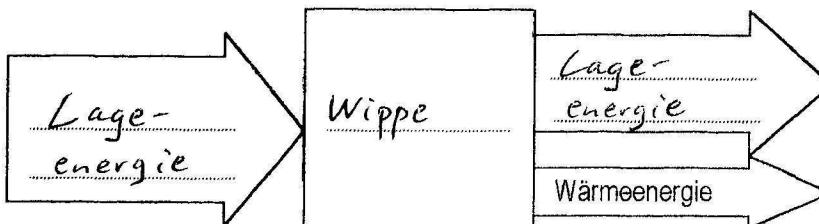


Abb. C:



## 1 Energieumwandlung und energetische Kopplung

Bei dem in Abb. A gezeigten Beispiel aus der Mechanik wird zunächst Lageenergie in Bewegungsenergie, anschließend Bewegungsenergie in Verformungsenergie, dann Verformungsenergie in Bewegungsenergie und schließlich Bewegungsenergie in Lageenergie umgewandelt. Die Wippe sorgt für den zentralen Umwandlungsschritt.

In der Summe wird Lageenergie in Lageenergie umgewandelt. Der Energieerhaltungssatz besagt, dass die zugeführte Energie gleich der Summe aus nutzbarer Energie und Wärmeenergie ist. Ergänze in Abb. C für das mechanische Beispiel die fehlenden Begriffe. Kennzeichne alle dem Energiewandler zugeführten Energien mit Rot und alle vom Energiewandler abgegebenen Energien mit Blau.

Bei Stoffwechselprozessen wird meist zunächst chemische Energie in chemische Energie umgewandelt. Nur der Energieträger ändert sich. Bei abbauenden (= Katabolen) Stoffwechselprozessen wie der Atmung oder der Gärung wird die Energie aus einem Nährstoff in ATP überführt. Aus dem universalen Energieträger ATP kann dann jede gewünschte Energieform gewonnen werden.

Bei aufbauenden (= anabolen) Stoffwechselprozessen wird dann die chemische Energie in Baustoffe überführt. Die chemische Energie im ATP kann auch wie im Fall der Fotosynthese zunächst aus Lichtenergie stammen.

In Stoffkreisläufen aber auch in einzelnen Zellen sind abbauende und aufbauende Stoffwechselprozesse miteinander gekoppelt und laufen nebeneinander ab. Voraussetzung dafür ist in der Zelle das Bauprinzip der Kompartimentierung, d. h. es existieren auf kleinstem Raum nebeneinander eine Vielzahl von Reaktionsräumen, die durch Membranen voneinander abgegrenzt werden.

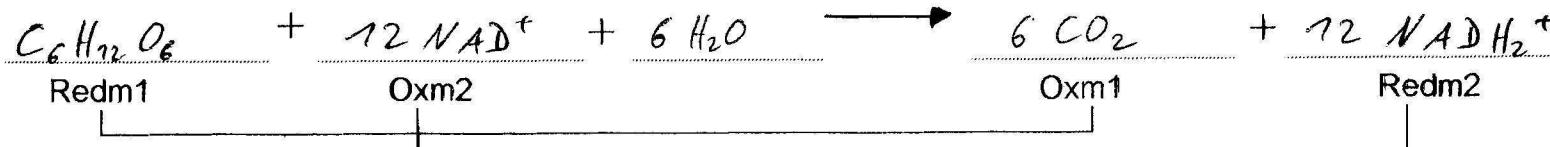
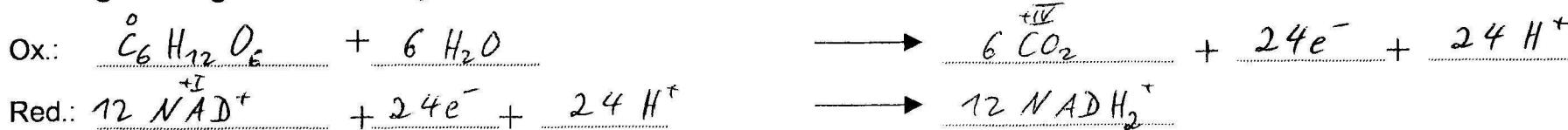
Erstelle ein beschriftetes Schema ähnlich Abb. A, das die energetische Kopplung von aufbauenden und abbauenden Vorgängen zeigt. Benutze dabei die Begriffe: Nährstoffbaustein, Sauerstoff, ATP, ADP, Phosphat, Baustoff, Baustoffbaustein

## 2.1 Glykolyse und Citratzyklus Teil 1

C-Körperschema Vervollständige die Tabelle und unterstreiche alle ATP mit Orange

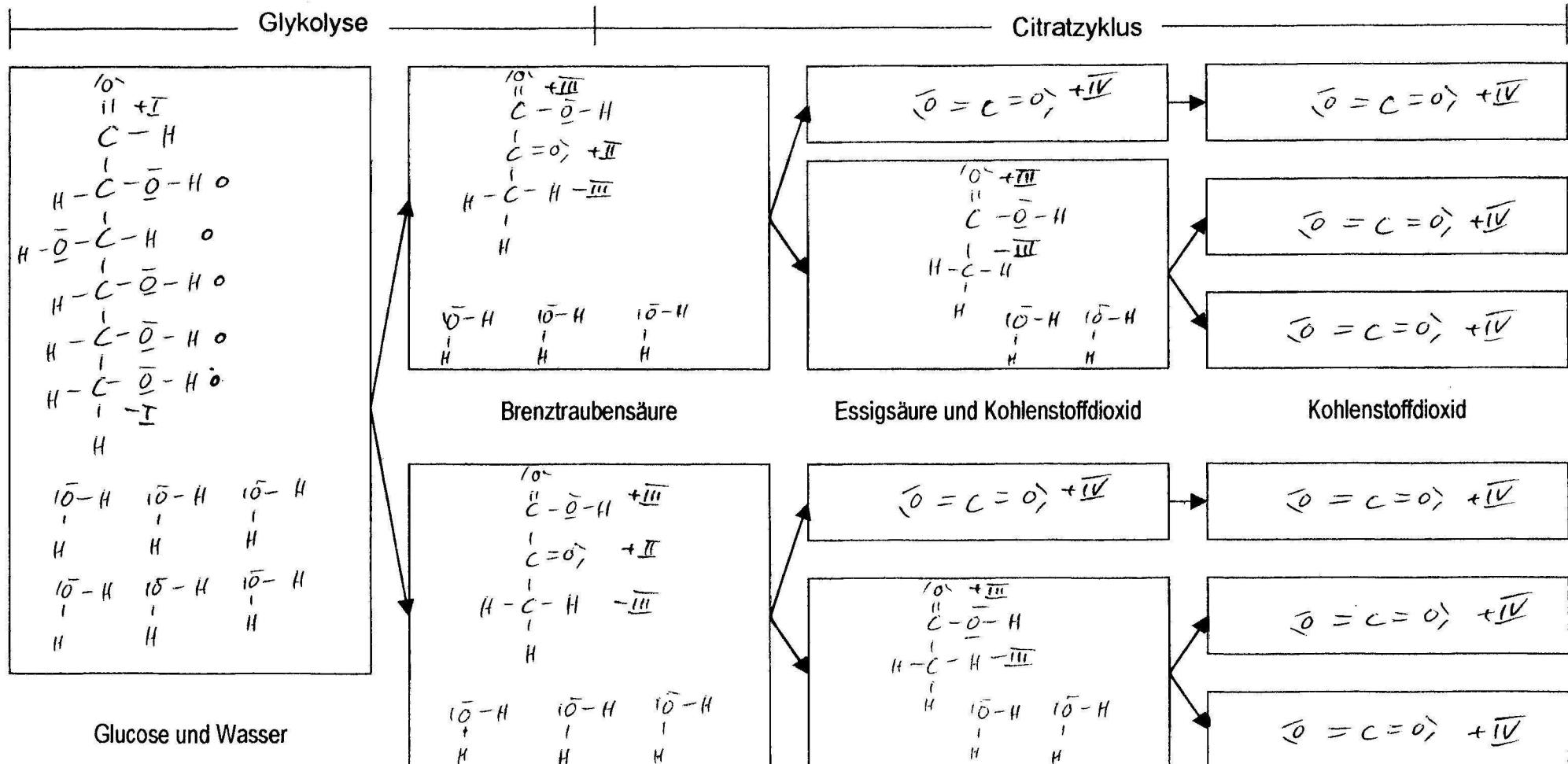
Ort in der Zelle	Teilschritt	C-Kette	Name der Verbindung	Gebildete Energieträger und Reduktionsäquivalente
Zellplasma	Glykolyse	<p style="text-align: center;"> <math>\text{C}_6 \rightarrow 2 \text{C}_3</math>  <math>2 \text{C}_3 \rightarrow 2 \text{C}_2 + 2 \text{CO}_2</math>  <math>2 \text{C}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2</math> </p>	<u>Glucose</u> <u>Brenztraubensäure</u> <u>Essigsäure</u> <u>Kohlenstoffdioxid</u> <u>Kohlenstoffdioxid</u>	<u>2 ATP</u> <u>2 NADH<sub>2</sub><sup>+</sup></u>
Mitochondrienmatrix	Citratzyklus			<u>2 ATP</u> <u>10 NADH<sub>2</sub><sup>+</sup></u>

Redoxgleichung Vervollständige mit Hilfe der Tabelle und unterstreiche alle Reduktionsmittel mit Grün, alle Oxidationsmittel mit Rot



## 2.2 Glykolyse und Citratzyklus Teil 2

**Strukturformelschema** Vervollständige die Kästchen. Gib für alle C-Atome mit Orange die Oxidationszahl an. Berechne für jeden der drei Schritte die Differenz der OZ und ermittle daraus die Zahl der abgegebenen Elektronen. Vergleiche deren Summe mit der Redoxgleichung in 2.1



Zahl der abgegebenen Elektronen: 4

4

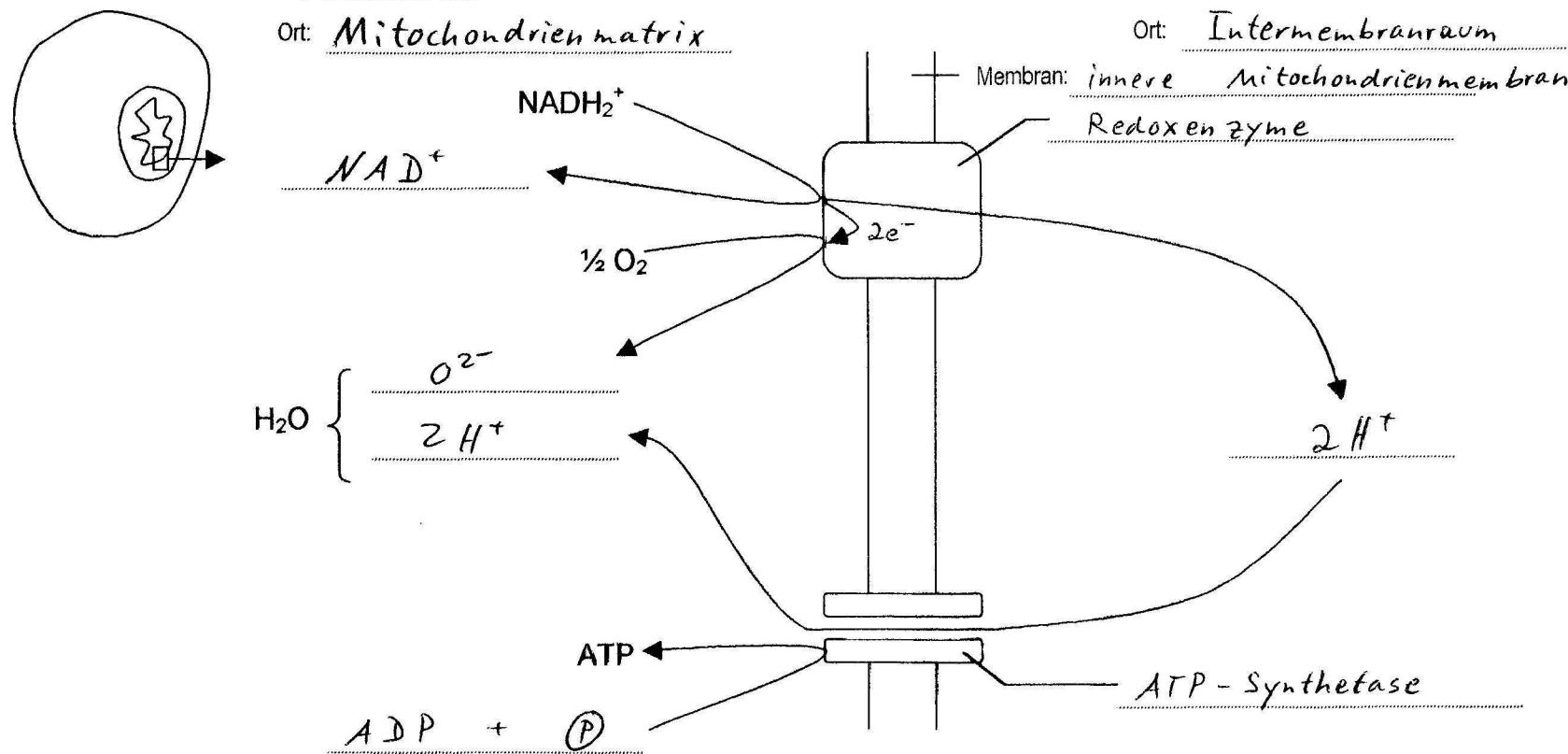
16

Zahl der abgegebenen Protonen: 4

4

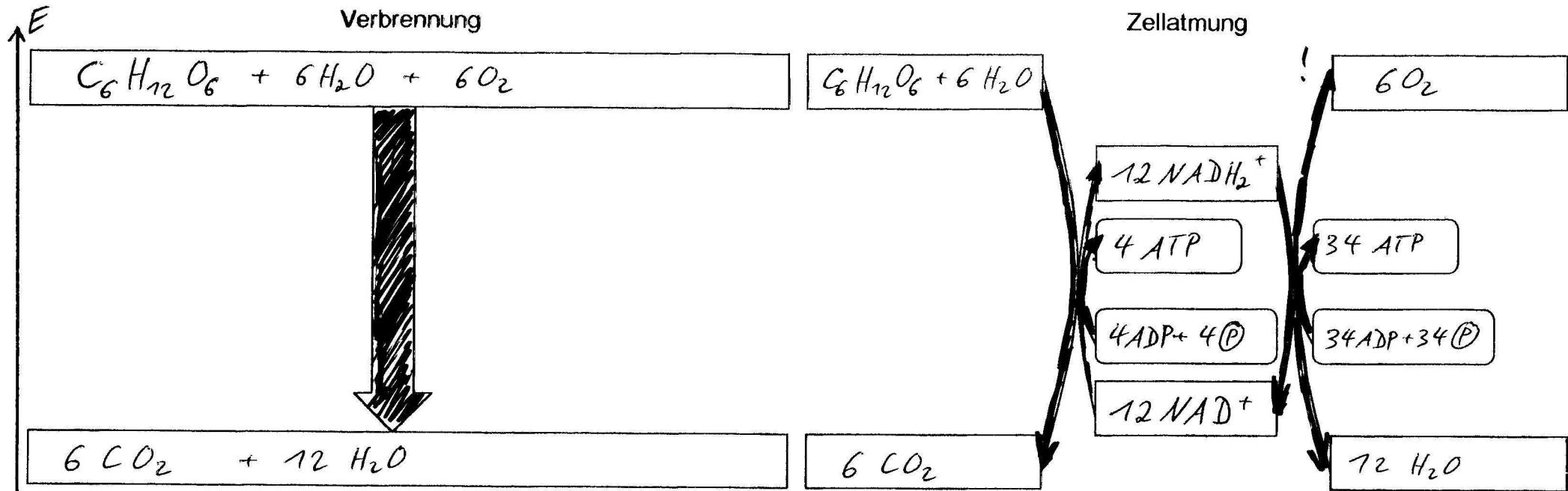
16

**Membranvorgänge** Vervollständige die Skizze. Gib alle Ausgangs- und Endstoffe an. Kennzeichne ATP mit Orange. Schraffierte die Membran mit Orange, die Proteine mit Rot.



**Redoxgleichung** Vervollständige mit Hilfe der Skizze und unterstreiche alle Reduktionsmittel mit Grün, alle Oxidationsmittel mit Rot



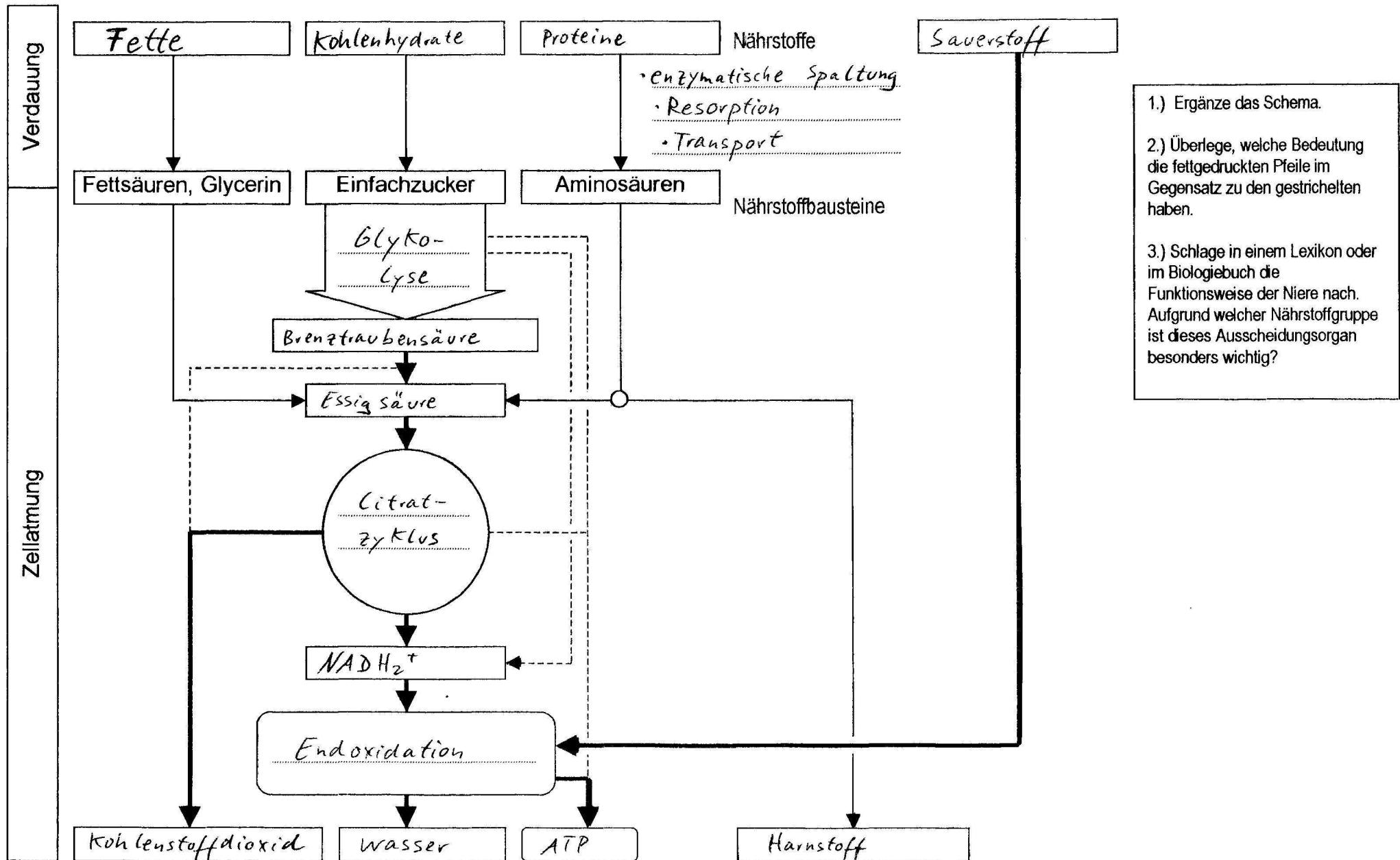


Die Reaktionsenergie wird in einem Schritt in Form von Wärme frei.  
 Die Reaktion läuft erst bei sehr hohen Temperaturen ab.

Die Teilschritte sind voneinander räumlich getrennt:  
 Dieses Bau- und Funktionsprinzip entspricht dem einer Batterie:  
 Die Teilschritte sind über die Reduktionsäquivalente miteinander gekoppelt.

Jeder Teilschritt läuft in mehreren Einzelschritten ab.  
 Die Teilschritte sind mit der Synthese von ATP gekoppelt.  
 Alle Reaktionen laufen schon bei niedrigen Temperaturen ab,  
 da sie durch Enzyme katalysiert werden.  
 Daraus lassen sich bei der Energiegewinnung zwei Grundprinzipien ableiten:

- 1.) Räumliche Trennung
- 2.) Energetische Kopplung



## 3.1 alkoholische Gärung

## Versuch

Durchführung: In einem geschlossenen Gefäß wird etwas Hefe in eine Zucker-Lösung gegeben.

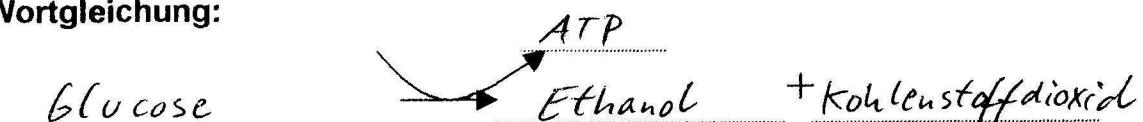
Beobachtung: (1) ein farbloses Gas entsteht, das eine wässrige Calciumhydroxid-Lösung trübt.

(2) Geruch nach Alkohol

(3) Wachstum und Vermehrung der Hefe

Folgerung: (1) Kohlenstoffdioxid entsteht  
 (2) Ethanol entsteht  
 (3) Die Hefe hat auch ohne Sauerstoff Energie gewonnen

## Wortgleichung:



## C-Körperschema Vervollständige die Tabelle und unterstreiche alle ATP mit Orange

Ort in der Zelle	Teilschritt	C-Kette	Name der Verbindung	Gebildete Energieträger und Reduktionsäquivalente
Zellplasma	Glykolyse	$\text{C}_6$ $\downarrow$ $2 \text{ C}_3$ $\downarrow$ $2 \text{ C}_2 + 2 \text{ CO}_2$ $\downarrow$ $2 \text{ C}_2 + 2 \text{ CO}_2$	<u>Glucose</u>  <u>Brenztraubensäure</u>  <u>Acetaldehyd</u> <u>Kohlenstoffdioxid</u>  <u>Ethanol</u> <u>Kohlenstoffdioxid</u>	$2 \text{ ATP}$ $2 \text{ NADH}_2^+$
	$\text{CO}_2$ -Abspaltung			
	Reduktions-schritt			$- 2 \text{ NADH}_2^+$

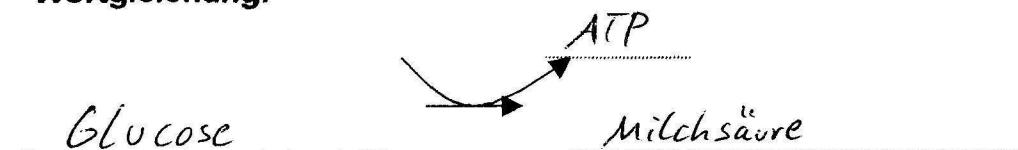
3.2 Milchsäure Gärung**Versuch**

Durchführung: Eine schwere Hantel wird mehrfach auf- und ab bewegt.

Beobachtung: (1) Muskel schwollt auch nach Erschlaffen zunächst stark an.

(2) Schnelle Ermüdung des Muskels.

Folgerung: (1) Es wird mehr Blut in den Muskel gepumpt, als abfließen kann. Es herrscht daher Sauerstoffmangel.  
 (2) Der ATP-Speicher ist schnell leer. Die ATP-Neubildung verläuft bei Sauerstoffmangel sehr schlecht. Außerdem stört die entstandene Milchsäure die Koordination.

**Wortgleichung:****C-Körperschema** Vervollständige die Tabelle und unterstreiche alle ATP mit Orange

Ort in der Zelle	Teilschritt	C-Kette	Name der Verbindung	Gebildete Energieträger und Reduktionsäquivalente
Zellplasma	Glykolyse	$\text{C}_6$ $\downarrow$ $2 \text{ C}_3$	<u>Glucose</u>  <u>Brenztraubensäure</u>	$2 \text{ ATP}$ $2 \text{ NADH}_2^+$
	Reduktions-schritt	$2 \text{ C}_3$	<u>Milchsäure</u>	$- 2 \text{ NADH}_2^+$

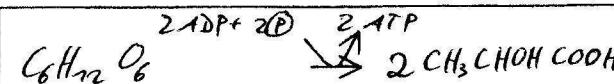
	Gärung		Zellatmung
	Alkoholische Gärung	Milchsäure Gärung	
Findet eine Glykolyse statt?	ja	ja	ja
Wird zunächst Glucose abgebaut?	ja	ja	ja
Findet eine Kopplung mit der ATP-Synthese statt?	ja	ja	ja
Dient Sauerstoff als Oxidationsmittel?	nein	nein	ja
Wie viel ATP wird pro Glucosemolekül gebildet?	2	2	38
Wird Kohlenstoffdioxid gebildet?	ja	nein	ja

**Bruttogleichungen:**

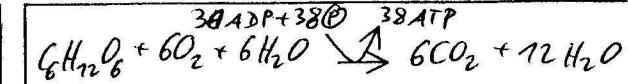
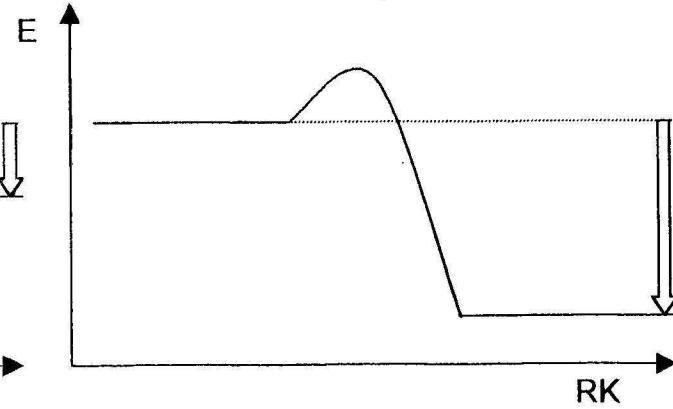
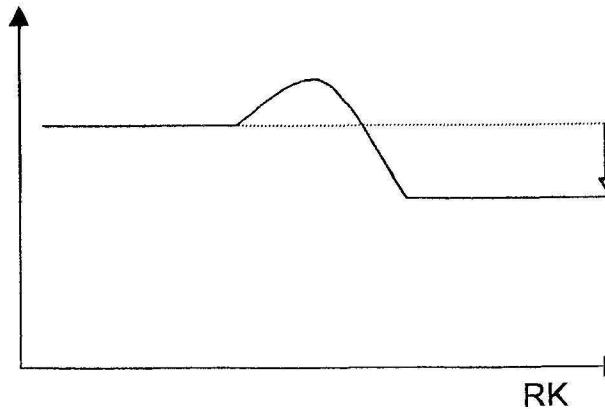
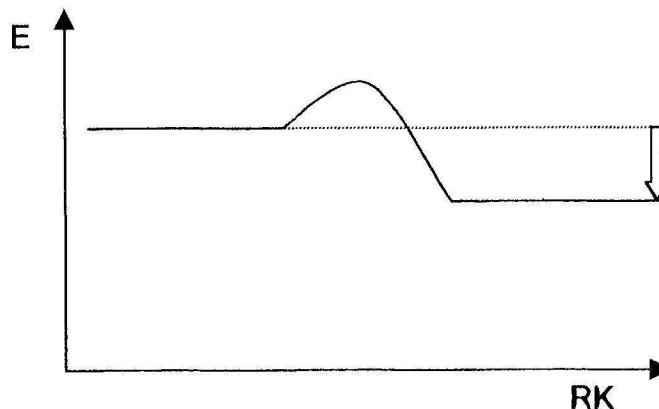
Alkoholische Gärung



Milchsäure Gärung



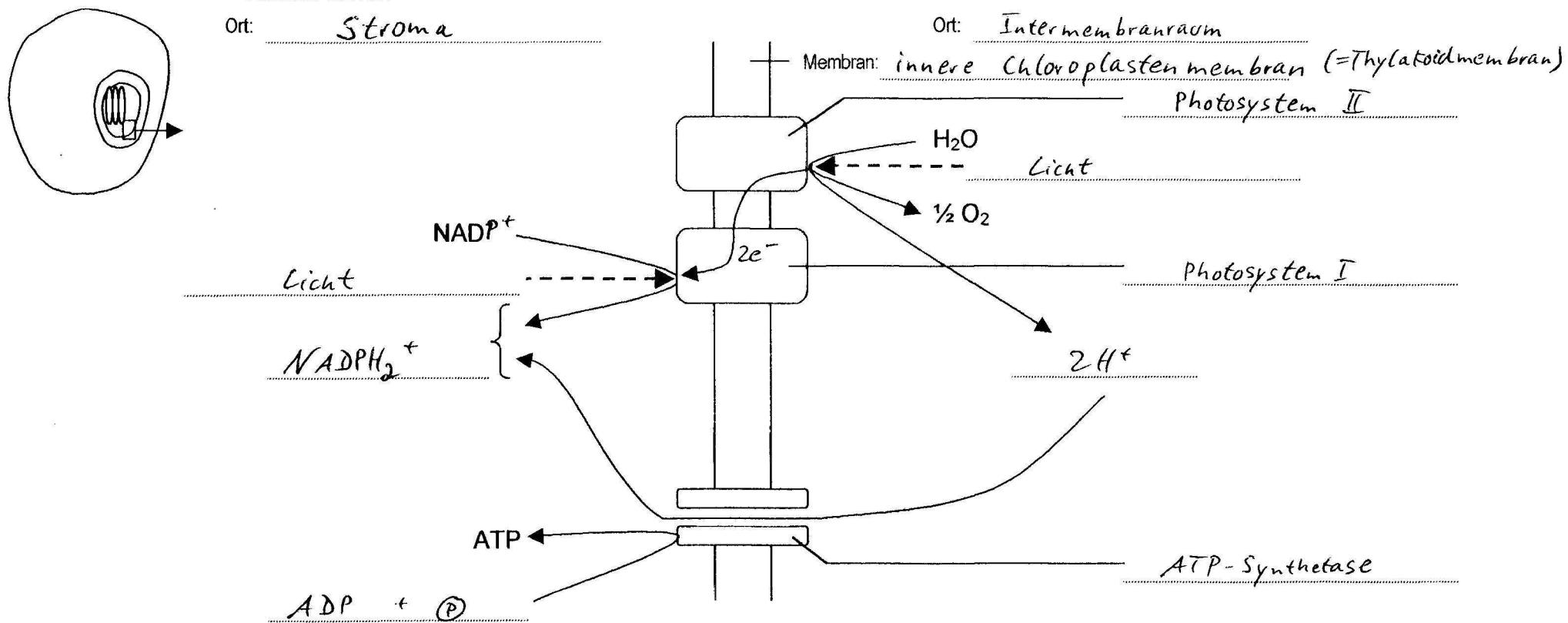
Zellatmung

**Energiediagramme:**

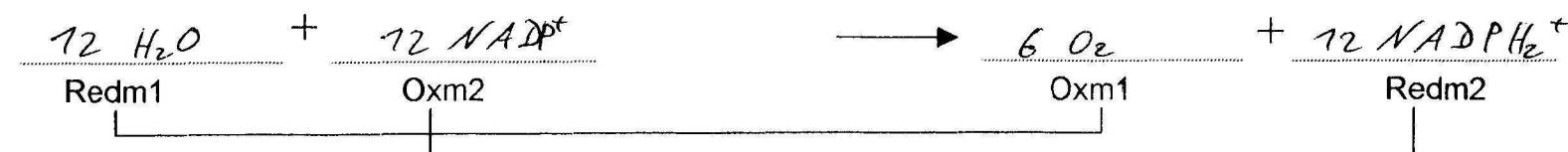
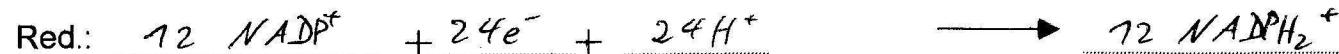
- Begründe mit Hilfe der Energiediagramme, warum bei der Verbrennung von Ethanol Energie frei wird.
- Vergleiche die Strukturformeln eines idealisierten Kohlenhydrats und Sauerstoff mit denen von Kohlenstoffdioxid und Wasser bezüglich der Bindungspolaritäten und somit des Energiegehalts (niedrig bei hoher Bindungsenergie, bei polarer Atombindung)

## 4.1 Lichtreaktion

**Membranvorgänge** Vervollständige die Skizze. Gib alle Ausgangs- und Endstoffe an. Kennzeichne ATP mit Orange. Schraffierte die Membran mit Orange, die Proteine mit Rot.

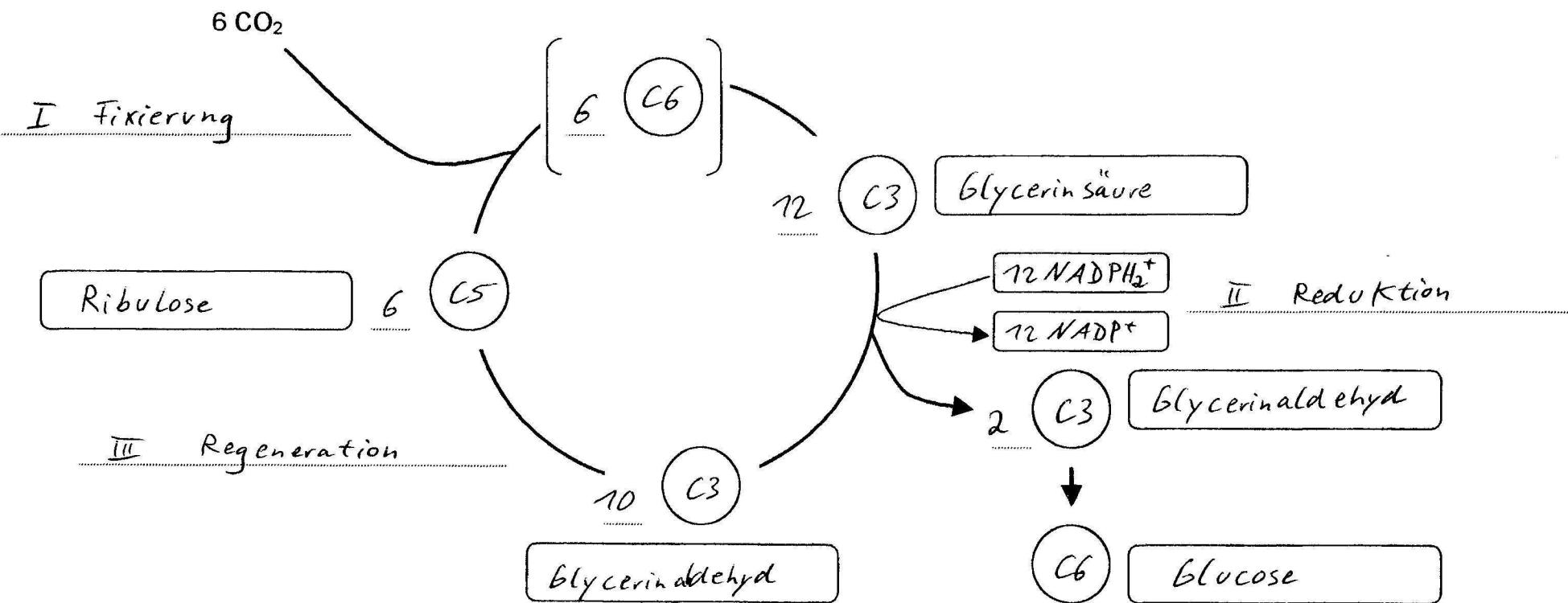


**Redoxgleichung** Vervollständige mit Hilfe der Skizze und unterstreiche alle Reduktionsmittel mit Grün, alle Oxidationsmittel mit Rot



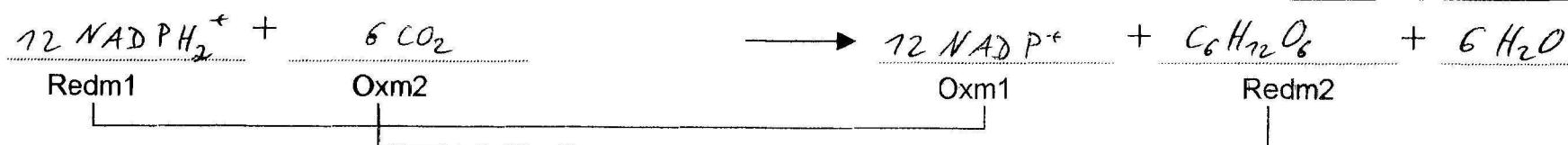
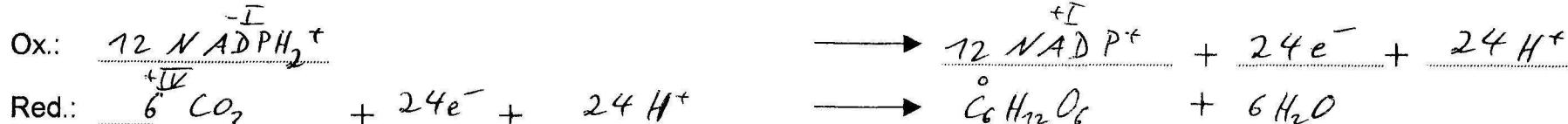
## C-Körperschema des Calvin Zyklus

Vervollständige den Zyklus: Die Namen der Teilschritte auf die gestrichelten Linien und die Namen der Zwischenprodukte in die Kästchen



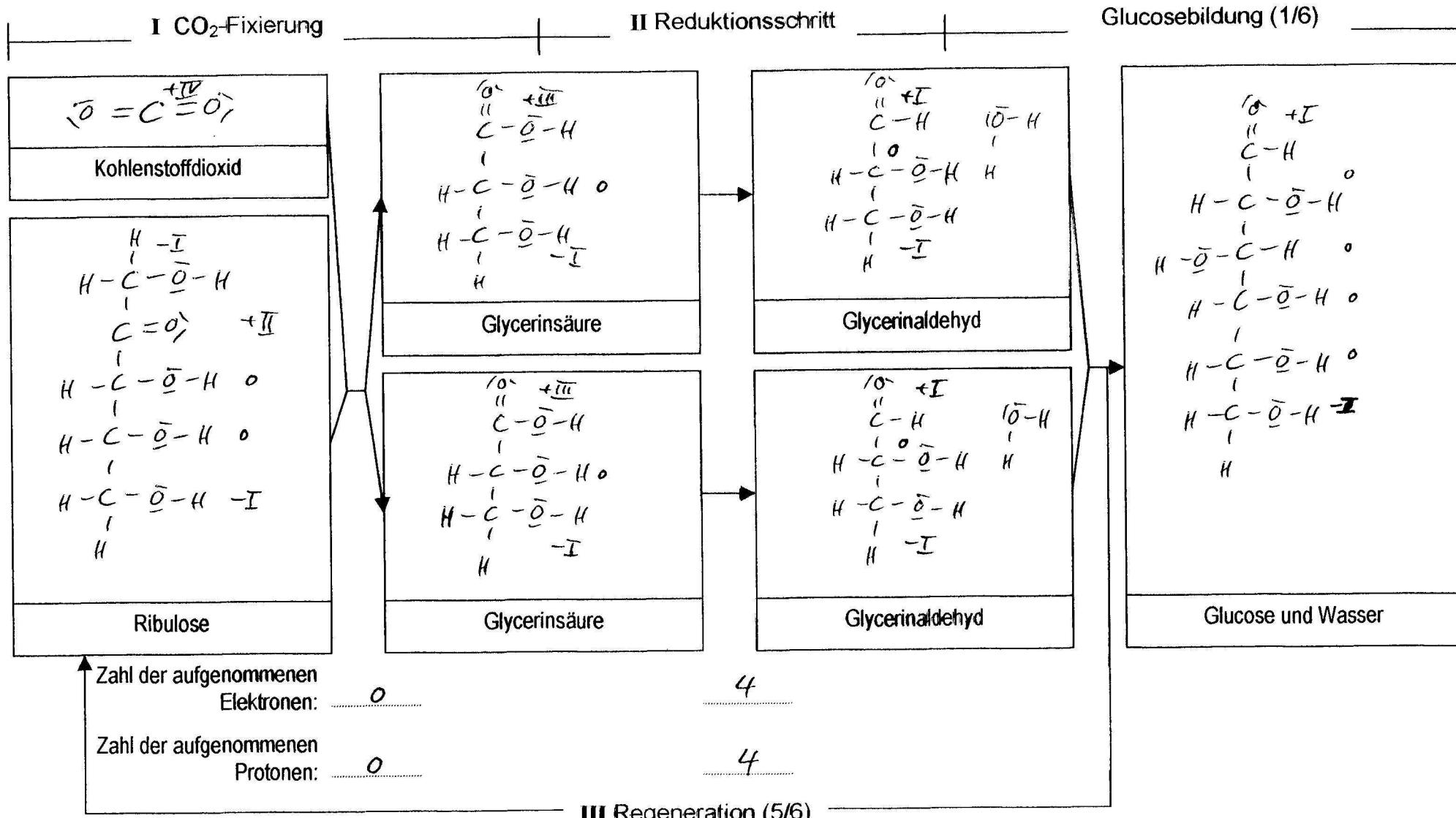
## Redoxgleichung

Vervollständige mit Hilfe der Tabelle und unterstreiche alle Reduktionsmittel mit Grün, alle Oxidationsmittel mit Rot

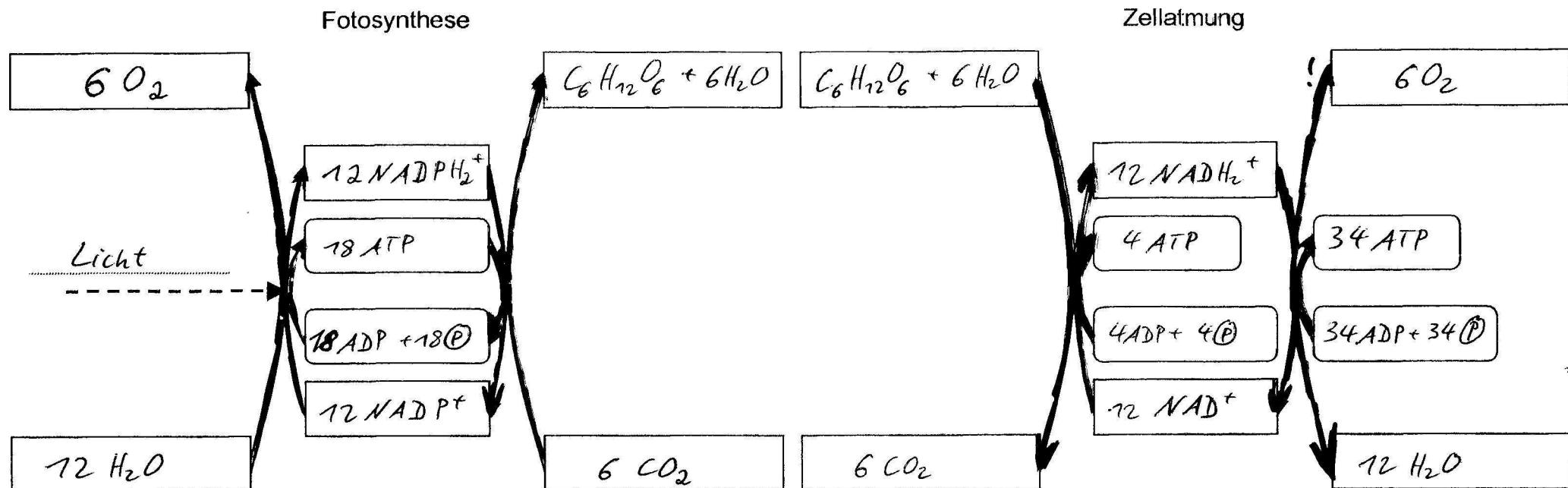


4.3 Dunkelreaktion Teil 2

**Strukturformelschema** Vervollständige die Kästchen. Gib für alle C-Atome mit Orange die Oxidationszahl an. Berechne für jeden der ersten zwei Schritte die Differenz der OZ und ermittle daraus die Zahl der aufgenommenen Elektronen. Vergleiche deren Summe mit der Redoxgleichung in 4.1



## 4. Vergleich von Fotosynthese und Zellatmung



1.) Kennzeichne alle endothermen Reaktionen mit Blau, alle exothermen mit Rot. 2.) Unterstreich alle ATP mit Orange. 3.) Schraffi alle Felder in denen Oxidationsmittel stehen mit Rot, alle mit Reduktionsmitteln Grün. 4.) Überlege, welche Energieformen bei jedem Schritt ineinander umgewandelt werden und welcher Reaktionstyp (nach übertragenem Teilchen) hier auftritt.

## Teilschritte:

Lichtreaktion

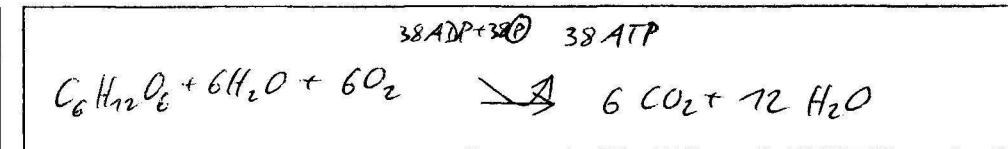
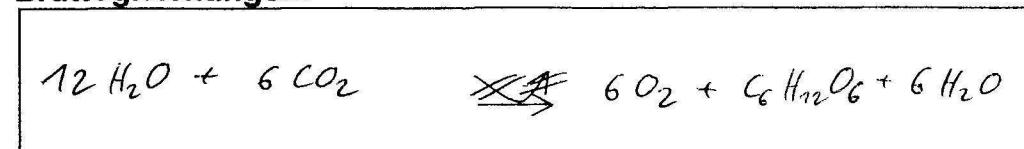
Dunkelreaktion

Glykolyse

Endoxidation

Citratzyklus

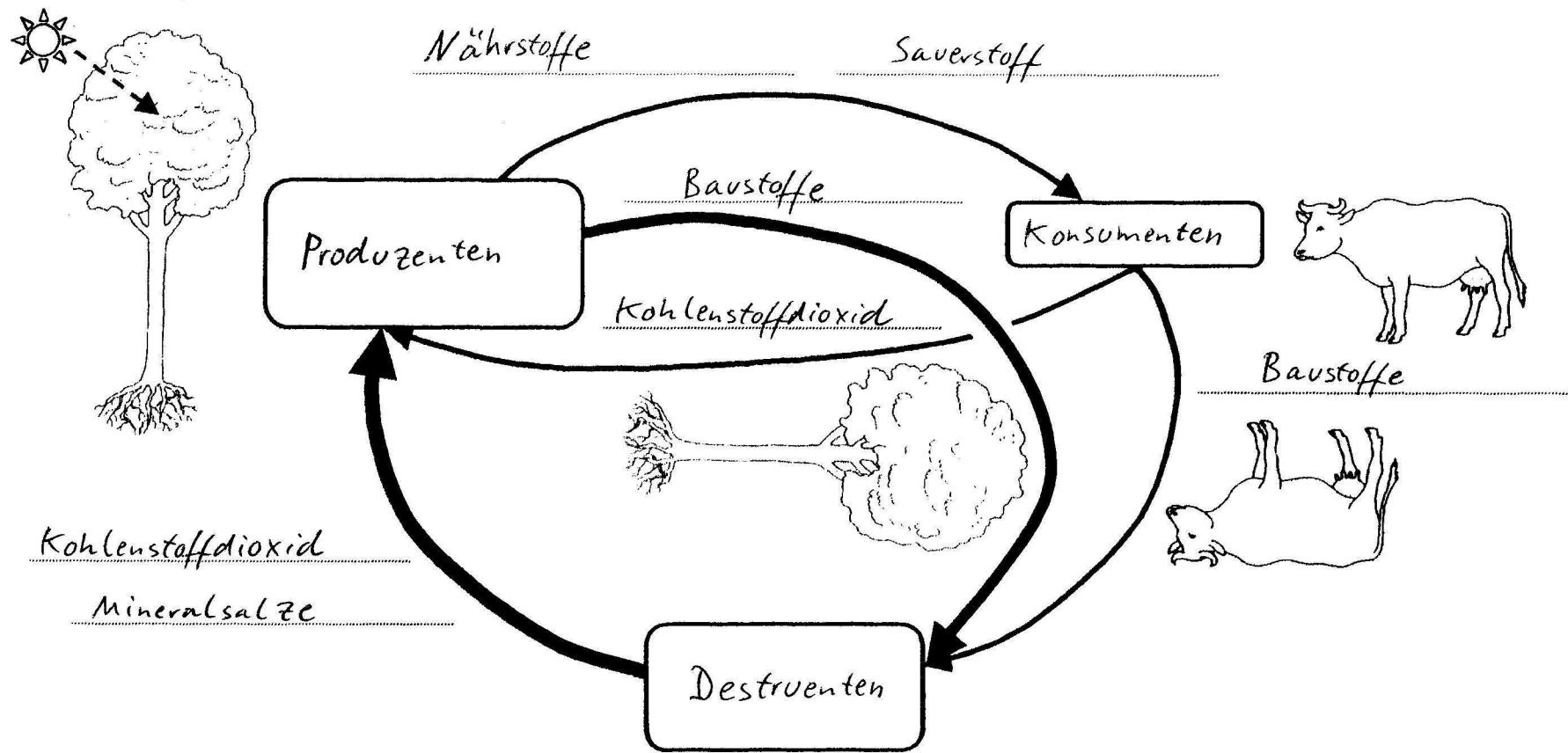
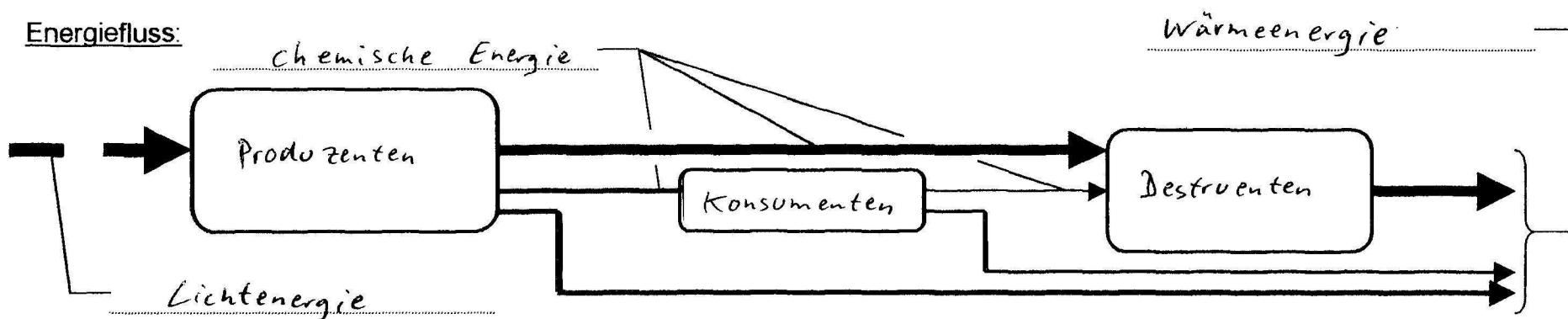
## Bruttogleichungen:

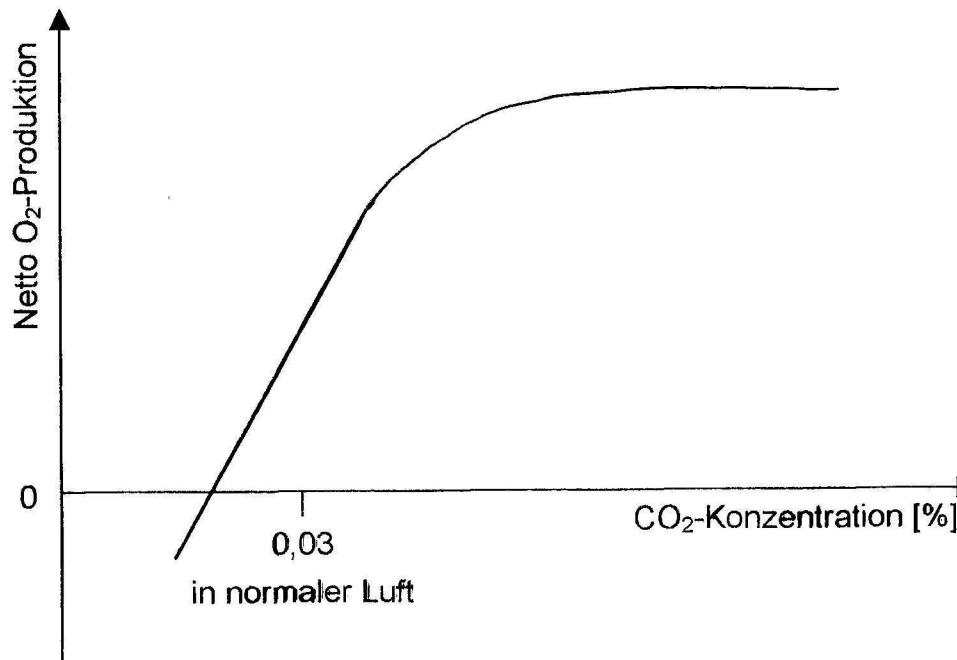


## Ziel:

- Traubenzuckergewinnung als Nähr- und Baustoff

- ATP-Gewinnung als Energieträger

Energiefluss:

4.6 Einfluss der CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Temperatur

- 1.) Trage den Kurvenverlauf ein. Gib die Art des Anstiegs im Bereich von normaler Luft an.

Linear  $\Rightarrow$  limitierender Faktor

- 2.) Begründe die Lage des Schnittpunkts der Kurve mit der x-Achse.

nicht bei  $x = 0$ , da die Pflanze atmet: Brutto O<sub>2</sub>-Produktion = Netto O<sub>2</sub>-Produktion + |O<sub>2</sub>-Verbrauch|

- 3.) Begründe anhand der einzelnen Kurvenabschnitte, welcher Gesamtkurventyp hier vorliegt.

Linear + logistisch

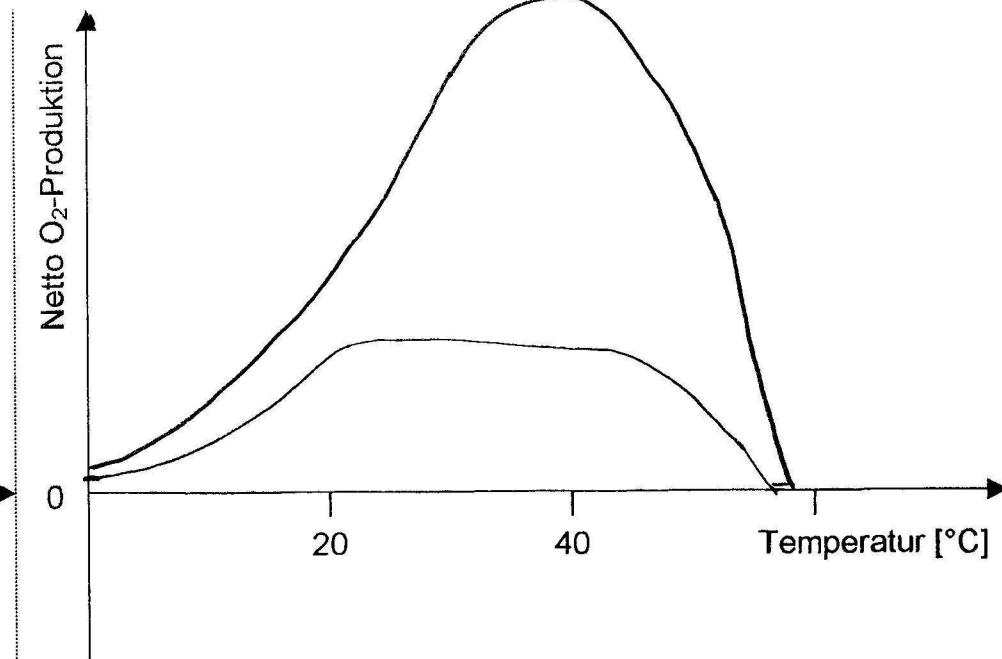
ergibt Sättigungs-Kurve

- 4.) Gib den Teilschritt an, für den die CO<sub>2</sub>-Konzentration entscheidend ist.

Für welchen Reaktionstyp in Lebewesen ist dieser ein Beispiel?

Calvin-Zyklus  $\Rightarrow$  enzymatisch

## 4 Fotosynthese



- 1.) Trage den Kurvenverlauf für Schwachlicht in Blau und für Starklicht in Orange ein. Gib für beide Kurven die Art des Anstiegs im Bereich von etwa 15°C an.

exponentiell (erl. linear bei schwachlicht)

- 2.) Nenne und erläutere die Gesetzmäßigkeit, die sich aus diesem Anstieg ergibt.

RGT-Regel: Temperaturerhöhung um 10°C führt zu einer Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit (Abfall durch Denaturierung)

- 3.) Welche Schlussfolgerung zum Ablauf der Fotosynthese ergibt sich aus der Existenz zweier Kurven?

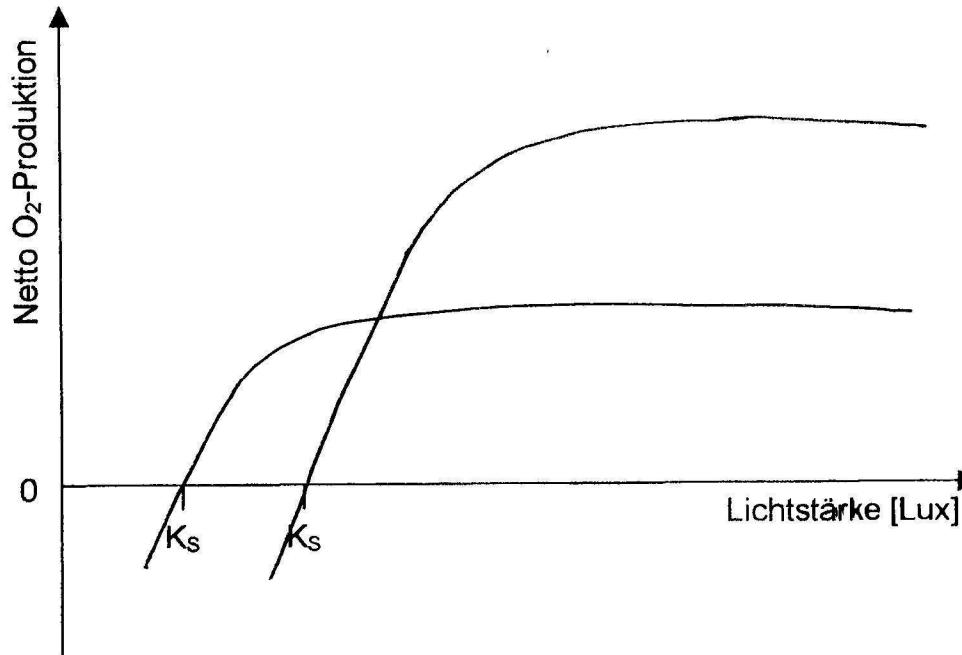
bei schwachlicht Engpass bei der photochemischen Lichtreaktion

- 4.) Schlage die Begriffe „Primärreaktion“ und „Sekundärreaktion“ nach.

Warum sind sie irreführend?

Primär = Dunkelr., Sek. = lichtr., Ablauf umgekehrt

4.7 Einfluss des Lichts: Intensität und Wellenlänge



- 1.) Trage den Kurvenverlauf für eine Sonnenpflanze in Orange und für eine Schattenpflanze in Blau ein. Gib je eine Beispieldpflanze an.

Klee

Bohnen

- 2.) Begründe die Lage des jeweiligen Kompensationspunktes (K<sub>s</sub>).

die Schattenpflanze erreicht bereits bei geringerer Lichtstärke ihren K<sub>s</sub>

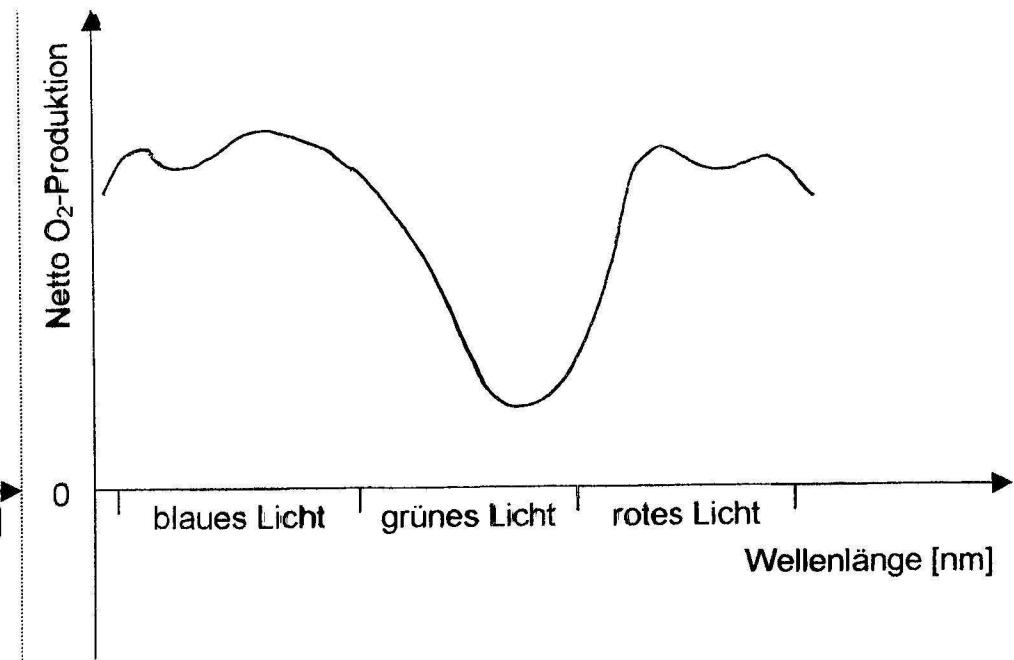
- 3.) Begründe für beide Kurven die Lage des jeweiligen Maximums.

die Sonnenpflanze erreicht ein höheres Maximum, allerdings erst bei höherer Lichtstärke

- 4.) Begründe anhand der einzelnen Kurvenabschnitte, welcher Gesamtkurventyp hier bei beiden Kurven vorliegt.

linear + logistisch ergibt Sättigungskurve

4 Fotosynthese



- 1.) Trage den Kurvenverlauf für das Absorptionsspektrum ein.

- 2.) Welches Licht wird absorbiert, wenn alle Wellenlängen eingestrahlt werden?

blaues Licht, rotes Licht

- 3.) Welches Licht wird reflektiert, wenn alle Wellenlängen eingestrahlt werden?

grünes Licht

- 4.) Welche Farbstoffe sind in den Chloroplasten enthalten? Schlage deren einzelne Absorptionsspektren nach und überlege, warum es mehrere sind.

Chlorophyll a, Chlorophyll b

- 5.) Begründe, warum Herbstlaub oft rot erscheint.

beide Chlorophylle werden abgebaut.

Carotinoide (in der Vakuole) absorbieren

blaues und grünes Licht und reflektieren rotes Licht