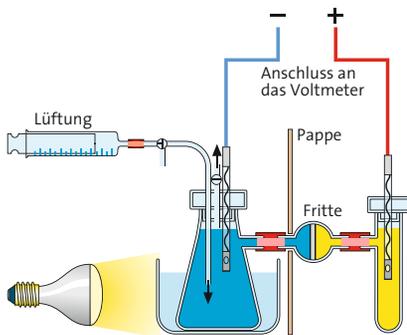
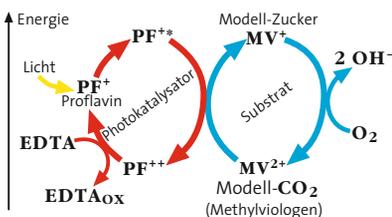


B1 Das PBB-Experiment (V3). **A:** Erläutern Sie, woran man erkennt, dass hier mindestens ein Stoff „im Kreis läuft“. **A:** Benennen Sie die Energieform, die diesen Kreislauf antreibt.



B2 Potenzialmessung beim PBB-Experiment (V5). (Hinweise: a) Die Platin-Elektrode der bestrahlten Lösung wird mit dem Minuspol des Messgeräts verbunden; b) die nicht bestrahlte Vergleichslösung wird mit einer Pappe abgedunkelt. c) Eine einfachere Anordnung mit Schnappdeckelgläsern ist unter Chemie 2000+ Online zu finden.)



B3 Reaktionsschema zum PBB-Experiment. (Hinweis: PF^{++} ist der elektronisch angeregte Zustand von PF^+ . Er bildet sich, wenn PF^+ einen Lichtquant geeigneter Energie absorbiert.)

Stoffkreisläufe im Reagenzglas

Hinweis: In neueren Varianten des Experiments wurde Methylviologen durch nicht giftiges Ethylviologen ersetzt.

Modellexperiment: Photo-Blue-Bottle PBB

LV1 Stammlösungen: Die Lösungen I bis III werden hergestellt. Das Lösemittel ist jeweils Wasser. I: 2,8 g EDTA-Dinatriumsalz* (Ethylendiamintetraessigsäure-Dinatriumsalz) in 100 mL Lösung ($c = 7,5 \cdot 10^{-2}$ mol/L); II: 386 mg Methylviologen* (1,1'-Dimethyl-4,4'-bipyridiniumdichlorid) in 10 mL Lösung ($c = 1,5 \cdot 10^{-1}$ mol/L); III: 15,5 mg Proflavin-Hemisulfat* (Diaminacridin-Hemisulfat) in 100 mL Lösung ($c = 3 \cdot 10^{-4}$ mol/L). Diese Lösungen sind im Dunkeln über mehrere Monate haltbar. (Hinweis: Methylviologen ist giftig. Nach dem Hantieren mit Methylviologen sind die Geräte und die Hände gründlich mit Wasser zu spülen.)

LV2 PBB-Lösung: Aus den drei Stammlösungen (LV1) wird die PBB-Lösung für V3 bis V5 mit folgender Zusammensetzung hergestellt: 35 mL I + 10 mL II + 50 mL III + 380 mL dest. Wasser. Diese Lösung ist im Dunkeln mehrere Wochen haltbar.

V3 PBB im Reagenzglas: Halten Sie ein halbvoll mit PBB-Lösung gefülltes und verschlossenes Rggl. ca. 40 s lang in den Strahlengang eines Diaprojektors¹ und beobachten Sie die Farbe (B1). Entfernen Sie das Rggl. aus dem Strahlengang und beobachten Sie die Farbe ca. 30 s lang weiter. Schütteln Sie dann die Lösung kräftig. Beobachten Sie und wiederholen Sie die Bestrahlung und das Schütteln einige Male.

V4 PBB im Stehkolben: Untersuchen Sie die Änderung des Gasvolumens beim PBB-Versuch in einem Stehkolben ($V = 250$ mL) mit aufgesetztem U-förmig gebogenen Glasrohr mit Sperrflüssigkeit. Führen Sie darin mit ca. 80 mL PBB-Lösung 2 bis 3 Reaktionszyklen durch, indem Sie jeweils auf dem Tageslichtprojektor¹ bestrahlen und dann schütteln. Stellen Sie das veränderte Gasvolumen erst dann fest, wenn das System auf die Ausgangstemperatur abgekühlt ist.

V5 PBB-Potenzialmessung: Bauen Sie eine elektrochemische Messvorrichtung aus zwei Halbzellen, die über einen Fritte verbunden sind, auf (B2). Messen und notieren Sie die Spannungsänderung in dieser Vorrichtung a) während der Belichtung der linken Halbzelle bis zur vollständigen Blaufärbung, b) weitere ca. 30 s lang nach dem Ausschalten der Lampe und c) bei der Belüftung der blauen Lösung bis zur Gelbfärbung.

Auswertung

- Beschreiben Sie die Beobachtungen aus V3 und beantworten Sie die beiden Fragen zu B1.
- Untersuchen Sie mit Farbfiltern, welche Farben des Lichts beim PBB-Experiment wirksam sind.
- Begründen Sie, warum die blaue Farbe bei V3 und V4 durch Schütteln entfernt werden kann, bei V5 dagegen nur durch Belüftung.
- Die Verbindung EDTA wird bei diesem Experiment als „Opfer-Donor“ bezeichnet. Erklären Sie, wofür das EDTA „geopfert“ wird.
- Vergleichen Sie die Änderungen der elektrischen Spannung in V5 mit a) dem Laden und Entladen eines Akkus und b) den Energieänderungen bei der Photosynthese (S. 125) und Atmung (S. 127). Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

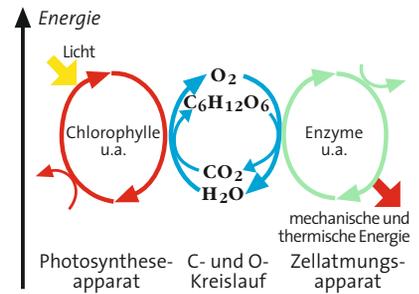
¹ Alle Bestrahlungen können auch mit Sonnenlicht durchgeführt werden.



Modellexperiment zum Kreislauf Photosynthese – Zellatmung

Um komplexe Vorgänge in der Natur und in der Technik besser verstehen zu können, nutzt man Modellexperimente. In einem Modellexperiment werden bestimmte wesentliche Merkmale eines realen Prozesses in einem einfacheren System wiedergegeben. So demonstriert beispielsweise der Blue-Bottle-Versuch (vgl. S. 134) die Funktion eines Elektronenvermittlers (Methylenblau) bei der Oxidation von Glucose mit Sauerstoff.

Das Photo-Blue-Bottle-Experiment (V3 bis V5) ist ein Modell für den vollständigen Kreislauf der Kohlenstoff-Atome bei der Photosynthese und Zellatmung. In einer von sichtbarem Licht angetriebenen Reaktion wird ein farbloses Edukt (Methylviologen-Dikation MV^{2+}) zu einem blauen Produkt (Methylviologen-Monokation MV^+) reduziert. Dieses wird anschließend mit Sauerstoff aus dem Gasraum wieder zum Ausgangsstoff zurück oxidiert. Bei der Reduktion und Blaufärbung der Lösung wird ähnlich wie bei der Photosynthese Licht in chemische Bindungsenergie umgewandelt und gespeichert. Bei der Oxidation und Rückfärbung nach Gelb wird diese Energie wieder verfügbar. Die Gemeinsamkeiten zwischen Experiment und Wirklichkeit betreffen nicht nur die gekoppelten Stoffkreisläufe, sondern auch die Energieumwandlung und die beteiligten Reaktionstypen (B5). Ein Modellexperiment ist aber *kein vollständiges* Abbild der Wirklichkeit. Im Gegensatz zum PBB-Experiment ist in der Natur der Kohlenstoff-Kreislauf an den Sauerstoff-Kreislauf gekoppelt (B4). Der Photosyntheseapparat im Blatt und der Zellatmungsapparat in der Zelle bestehen jeweils aus eine Vielzahl von Stoffen, das Blatt und die Zelle sind offene Systeme.



B4 Photosynthese und Zellatmung sind das „biochemische Einmaleins“ auf unserem Planeten. **A:** Erläutern Sie, warum dies die Grundlage allen Lebens auf der Erde ist.

Aufgaben

A1 Nennen Sie je zwei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Blue-Bottle-Experiment (S. 134) und dem Photo-Blue-Bottle-Experiment.

A2 Suchen Sie in diesem Buch zwei Modellexperimente für technische Prozesse und erläutern Sie sie.

A3 Erläutern Sie, wozu a) ein Modellexperiment und b) ein Atommodell dient.

Modellexperiment: Photo-Blue-Bottle	Natürliche Prozesse: Photosynthese – Zellatmung
<p>Stoffkreisläufe</p> <ul style="list-style-type: none"> – Methylviologen-Kreislauf ($MV^{2+} \rightarrow MV^+ \rightarrow MV^{2+}$) – Kreislauf des zyklisch arbeitenden Photokatalysators Proflavin (PF^+) – vgl. B3 <p>Energieumwandlung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lichtenergie wird chemisch umgewandelt, gespeichert und als andere Energieform verfügbar. – Für die Lichtreaktion ist ein farbiger Photokatalysator (Proflavin) notwendig. – Die Reaktionen laufen in wässriger Lösung und an der Phasengrenze flüssig-gasförmig ab. <p>Reaktionstypen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Der Kreislauf des Methylviologens setzt sich aus einer energiebedürftigen Reduktion ($\Delta G > 0$) und einer energieliefernden Oxidation ($\Delta G < 0$) mit Sauerstoff zusammen. – Der Kreislauf beginnt mit der Absorption von (blauem) Licht – vgl. V4. – Der Lichtabsorption folgt eine Elektronenübertragung – vgl. B3. 	<p>Stoffkreisläufe</p> <ul style="list-style-type: none"> – Kreislauf der Kohlenstoff-Atome ($CO_2 \rightarrow C_m(H_2O)_n \rightarrow CO_2$) – Kreisläufe der zyklisch arbeitenden Photokatalysatoren (Chlorophylle u.a.) <p>Energieumwandlung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lichtenergie wird chemisch umgewandelt, gespeichert und in anderer Energieform verfügbar. – Für die Photosynthese sind farbige Photokatalysatoren (Chlorophylle u.a.) notwendig. – Die Reaktionen laufen in wässriger Lösung und an Membranoberflächen ab. <p>Reaktionstypen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Der Kreislauf der Kohlenstoff-Atome setzt sich aus einer energiebedürftigen Reduktion ($\Delta G > 0$) und einer energieliefernden Oxidation ($\Delta G < 0$) mit Sauerstoff zusammen. – Der Kreislauf beginnt mit der Absorption von (blauem und rotem) Licht – vgl. S. 124. – Nach der Lichtabsorption folgen (in mehreren Schritten) Elektronenübertragungen.

B5 Vergleich Modellexperiment – Wirklichkeit. **A:** Nennen und erläutern Sie die Gemeinsamkeiten und Unterschiede.