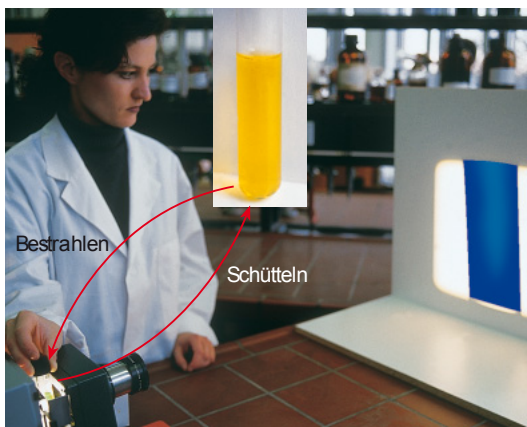
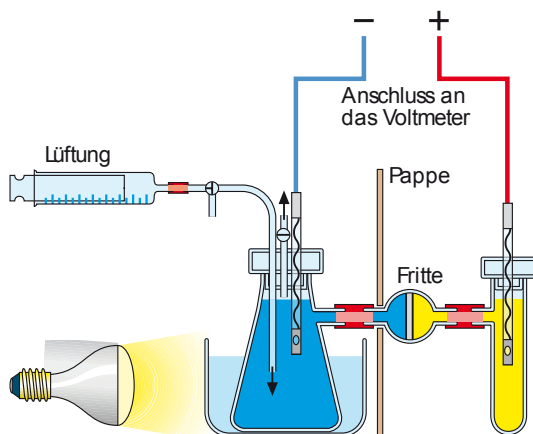


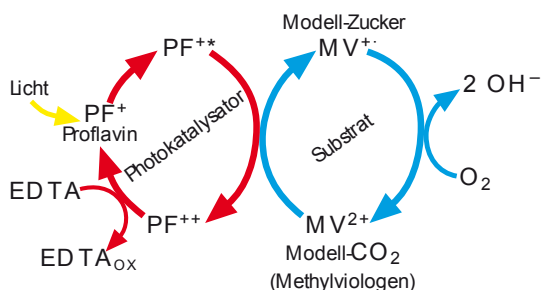


B1 Das PBB-Experiment (V3). A: Woran erkennt man, dass hier mindestens ein Stoff „im Kreis läuft“?

A: Welche Energieform treibt diesen Stoffkreislauf an?



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) Vergleiche einfachere Anordnung mit Schnappdeckelgläsern unter Chemie 2000+ Online.)



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

Photosynthese und Atmung im Reagenzglas?

Modellexperiment: Photo-Blue-Bottle PBB

LV1 Stammlösungen: Die Lösungen I bis III werden hergestellt. Das Lösemitel ist jeweils Wasser. I: 2,8 g EDTA*-Dinatriumsalz (Ethyldiamintetraessigsäure-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. Beobachtung? 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 Spannungsänderung² in dieser Vorrichtung a) während der Belichtung der linken Halbzelle bis zur vollständigen Blaufärbung, b) noch ca. 30 s lang nach dem Ausschalten der Lampe² und c) bei der Belüftung der blauen Lösung bis zur Gelbfärbung.

Auswertung

- Beschreiben Sie die Beobachtungen aus V3 und beantworten Sie die beiden Fragen aus B1.
- Untersuchen Sie mit Farbfiltren, welche Farben des Lichts beim PBB-Experiment wirksam sind.
- Erläutern Sie die in B3 angegebenen Reaktionszyklen des Methylviologens und Proflavins als Redoxreaktionen. Was wird jeweils oxidiert und reduziert und was fungiert jeweils als Oxidations- bzw. Reduktionsmittel? (Hinweis: Unter der Internet-Adresse www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de finden Sie in der Rubrik Unterricht auch Animationen zum Photo-Blue-Bottle Experiment.)
- Warum kann die blaue Farbe bei V3 und V4 durch Schütteln entfernt werden, bei V5 jedoch nur durch Belüftung?
- Die Verbindung EDTA wird bei diesem Experiment als „Opfer-Donor“ bezeichnet. Wofür wird das EDTA geopfert?

¹ Alle Bestrahlungen können statt mit künstlichen Lichtquellen auch mit Sonnenlicht durchgeführt werden.

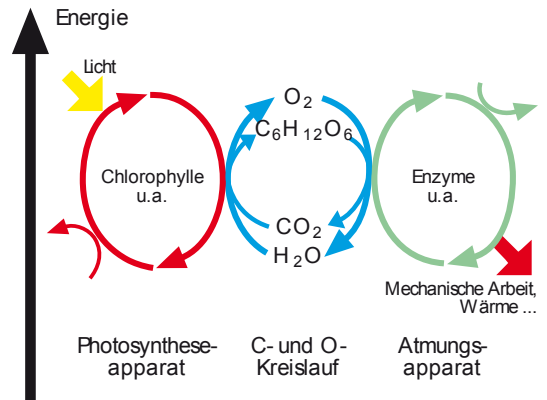
² Obwohl eine Spannung von bis zu 300 mV gemessen wird, kann kein Elektromotor angetrieben werden, weil die im PBB-Experiment umgesetzten Stoffmengen zu gering sind. Die für den Antrieb nötige Stromstärke kommt daher nicht zustande.

Modellexperiment und Wirklichkeit

Um komplexe Vorgänge in der Natur und in der Technik besser zu verstehen, können sogenannte Modellexperimente nützlich sein. Darin werden bestimmte wesentliche Merkmale eines realen Prozesses in einem einfacheren System, eben dem Modellexperiment, abgebildet.

Das *Photo-Blue-Bottle* Experiment (V3 bis V5) ist ein Modell für den vollständigen Kreislauf des Kohlenstoffs bei der Photosynthese und Atmung. 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 Atmungsapparat in der Zelle bestehen jeweils aus einer Vielzahl von Stoffen, das Blatt und die Zelle sind offene Systeme



B4 Das biochemische 1x1. A: Warum ist dies die Grundlage allen Lebens auf der Erde?

Modellexperiment: Photo-Blue-Bottle	Natürliche Prozesse: Photosynthese – Atmung
Stoffkreisläufe – Methylviologen-Kreislauf ($MV^{2+} \rightarrow MV^+ \rightarrow MV^{2+}$) – Kreislauf des zyklisch arbeitenden Photokatalysators Proflavin (PF^+) – vgl. B3	Stoffkreisläufe – Kohlenstoff-Kreislauf ($CO_2 \rightarrow C_m(H_2O)_n \rightarrow CO_2$) – Kreisläufe der zyklisch arbeitenden Photokatalysatoren (Chlorophylle u. a.)
Energieumwandlung – 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.	Energieumwandlung – Lichtenergie wird chemisch umgewandelt, gespeichert und als andere Energieform verfügbar. – Für die Photosynthese sind farbige Photokatalysatoren (Chlorophylle u. a.) notwendig. – Die Reaktionen laufen in wässriger Lösung und an Membranoberflächen ab.
Reaktionstypen – Der Kreislauf des Methylviologens setzt sich aus einer energiebenötigenden 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.	Reaktionstypen – Der Kreislauf des Kohlenstoffs setzt sich aus einer energiebenötigenden 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 – Nach der Lichtabsorption folgen (in mehreren Schritten) Elektronenübertragungen.

B5 Vergleich Modellexperiment – Wirklichkeit. A: Nennen und erklären Sie einige Unterschiede.