

- die **fünf Aufgaben von Proteinen** sind bekannt?
- Sie können ein allgemeines Beispiel für das **Schlüssel-Schloss-Prinzip** hinmalen mit einem Enzym, einem aktiven Zentrum und einem passenden neben einem unpassenden Substrat?
- Sie können die **Verklumpung von roten Blutkörperchen** einer Blutgruppe A durch Antikörper gegen "A" darstellen, die an die Rezeptoren "A" auf zwei Blutkörperchen andocken?

Dann geht's los: Ein **Versuch**, der die Arbeit eines Enzyms sichtbar macht

Das Enzym "**Katalase**" spaltet Wasserstoff-Peroxid in Wasser und Sauerstoff. Das sieht man: Es entsteht weißer Schaum da, wo zuvor die farblose Flüssigkeit "30-prozentiges Wasserstoff-Peroxid" war. Der Schaum entsteht durch die Gasblasen mit neu gebildetem Sauerstoff.

Die Reaktionsgleichung lautet: $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

Wasserstoff-Peroxid ist für Zellen giftig. Wenn wir die Haare damit weiß färben, rettet uns die Haut. Wichtig ist bei jedem Kontakt mit Wasserstoff-Peroxid, dass man mit viel Wasser nachspült.

Sicherheit

Tragen Sie **Schutzbrillen**. Augen sind durch Wasserstoff-Peroxid gefährdet. An den Waschbecken des Chemisaals sind **Augenduschen**, falls das Zeug jemandem ins Auge gelangt.

Tragen Sie einen **Labormantel**, wenn Sie Kleidung tragen, die geschont werden soll. Wasserstoff-Peroxid erzeugt auf bunter Kleidung weiße Flecken.

Versuchsablauf

Auf dem Lehrerpult liegen zwei rohe und zwei gekochte Kartoffeln plus einige Küchenmesser. Wer will, holt sich

- eine Einweg-Pipette
- zwei Papiertücher. Ein Papiertuch dient als Unterlage, eines zum Wegwischen von Flüssigkeit.

Schneiden Sie sich von einer frischen und einer gekochten Kartoffel je eine Scheibe ab.

Wenn alle soweit ausgestattet auf ihren Plätzen sitzen, trägt der Lehrer in Labormantel, mit Schutzbrille und Einweg-Handschuhen ein Gefäß mit Wasserstoff-Peroxid herum.

Holen Sie sich mit der Pipette einige Tropfen davon.

Geben Sie je einen Tropfen auf ihre frische und auf ihre gekochte Kartoffel-Scheibe.

Wenn Sie mehr "Show" haben wollen, können Sie sich auf eigene Gefahr nochmals einige Tropfen Wasserstoff-Peroxid vom Lehrer geben lassen. Das ganze ist keine Explosion, geschieht lautlos und klein. Also wir sind hier in Biologie und nicht in Chemie :-)

Vergleichen Sie den Ablauf auf der rohen und der gekochten Kartoffel. Bei zu langer Lagerung oder zu intensiver UV-Bestrahlung (gegen Auskeimen) kann auch eine scheinbar frische Kartoffel chemisch schon tot sein. Dann brechen wir den Versuch zügig ab und schauen uns an:

"Wirkung des Enzyms Katalase in Kartoffeln" <https://www.youtube.com/watch?v=aTLOU-zV1L0>

Versuchsansatz: 2 Tropfen verdünnte Wasserstoffperoxidlösung auf Kartoffelscheiben:

- A) Kartoffelscheibe B) gefrorene Kartoffelscheibe C) Scheibe mit Abdruck einer glühenden Münze
- D) Scheibe mit wenig Kupfersulfat

"Katalase" ist das Enzym mit der schnellsten "**Wechselzahl**": Es kann 6.000.000 Wasserstoff-Peroxid-Moleküle in einer Sekunde spalten.

Fast alle Enzyme können 1000 und mehr Substrat-Moleküle pro Sekunde chemisch bearbeiten. Das liegt an der Kleinheit der Räume: Atome sind so winzig, dass Ortswechsel kaum Zeit benötigen.

Ein Enzym verbraucht sich nicht, wenn es eine chemische Reaktion herbeiführt. Diese Regel gilt für alle Katalysatoren.

Das, was ein Enzym chemisch verändern kann, ist ein **Substrat**. Für unsere Katalase im Versuch gibt es das Substrat "Wasserstoff-Peroxid".

Enzyme sind substratspezifisch: Sie führen nur bei bestimmten Stoffen, oft nur genau bei einem Stoff eine chemische Reaktion herbei.

Beispiel: Wenn wir verdauen, ist für die **Verdauungsenzyme** im Magen und Darm unsere Nahrung das Substrat. Es gibt dort drei Enzymgruppen, die auf die drei Haupt-Nahrungs-Gruppen losgehen:

Pepsin hat als Substrat **Proteine**

Lipase hat als Substrat **Fette**

Amylase hat als Substrat **Kohlenhydrate**

Enzyme sind wirkungsspezifisch: Das gleiche Substrat kann von zwei verschiedenen Enzymen in zwei unterschiedliche Richtungen chemisch bearbeitet werden.

Beispiel: Das Substrat "**Glycose**" wird vom einen Enzym (Stärkesynthase) **zu Stärke-Molekülen** aufgebaut. Von einem anderen Enzym (Aldolase) kann Glucose **in zwei Teile gespalten** werden. ... Sie brauchen sich die zwei Enzym-Namen hier nicht zu merken. Sie sollen ohne Enzymnamen ein Beispiel für "Wirkungsspezifität zweier verschiedener Enzyme beim selben Substrat" beschreiben können.

Enzyme sind Katalysatoren, „Biokatalysatoren“.

Enzyme senken die Aktivierungsenergie einer Reaktion. Die Aktivierungsenergie ist eine energetische Hürde. Sie hindert einen Stoff daran, chemisch zu einem anderen Stoff zu reagieren, zu dem er eigentlich durchaus reagieren kann - wäre da nicht die Hürde.

Bei gleichwarmen Lebewesen - Säugetieren und Vögeln - ermöglichen die Enzyme eine optimale chemische Arbeit im Körper bei etwa 37 Grad Celsius. Schon ab 41 Grad Celsius laufen die chemischen Reaktionen so unpassend verschieden schnell ab, dass der Körper sterben kann. Für die Arbeitsgeschwindigkeit von Enzymen zwischen 0 und 40 Grad Celsius gilt die **RGT-Regel**. Ohne Enzyme würde in unserem Körper bis 40 Grad Celsius keine chemische Reaktion ablaufen.

Wir zeichnen ein **Reaktions-Energie-Diagramm** für eine exotherme chemische Reaktion, die bei Zimmertemperatur eigentlich nicht stattfindet - aber durch ein Enzym z.B. bei Körpertemperatur 37 Grad C dann knapp doch abläuft. y-Achse = Energie in Joule, x-Achse = Zeit in Sekunden

Wir zeichnen das **Diagramm der RGT-Regel** „Pro 10 Grad Temperatur-Erhöhung verdoppelt sich die Reaktionsgeschwindigkeit bei Lebewesen zwischen 0 und 40 Grad Celsius“. y-Achse = Reaktionsgeschwindigkeit, x-Achse = Temperatur in Grad Celsius