MERKBLATT · BIOLOGIE

Enzyme

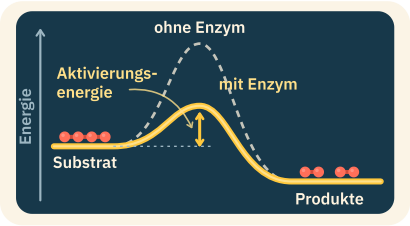
Warum frische Ananas Wackelpudding nicht fest werden lässt

KLASSE 9/10 UND OBERSTUFE

WORUM GEHT'S · **1 VERSTEHEN**

Frische Ananas lässt Wackelpudding flüssig, denn ihr Enzym Bromelain zerschneidet die Eiweißketten der Gelatine. Enzyme sind Biokatalysatoren: Sie beschleunigen Reaktionen und werden dabei nicht verbraucht.

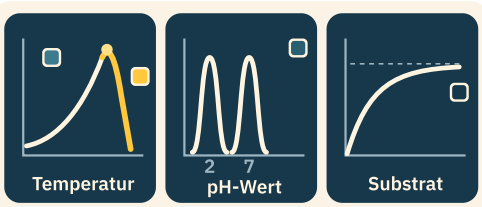
Enzyme senken den Energieberg



- **Substrat:** der Stoff, an dem ein Enzym arbeitet, beim Bromelain die Eiweißkette
- **Produkt:** was bei der Reaktion herauskommt, hier die Bruchstücke der Kette
- **Aktivierungsenergie:** die Energie, die eine Reaktion braucht, um über den Berg zu kommen

Stell dir den Weg einer Reaktion als Landschaft vor. Links im Tal liegt die Eiweißkette, rechts tiefer liegen ihre Bruchstücke, dazwischen steht ein Berg. Das Enzym senkt den Berg, Start und Ziel bleiben gleich hoch. Fast alle Enzyme sind selbst Proteine, also gefaltete Ketten aus Aminosäuren.

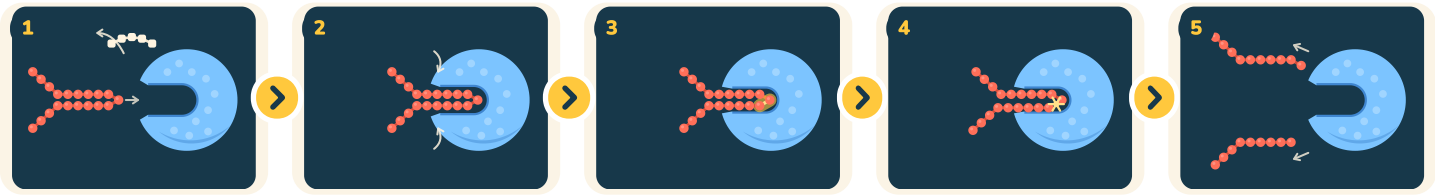
Was die Enzymaktivität beeinflusst



- **Temperatur** Bis zum Optimum heißt wärmer schneller: 10 °C mehr, etwa 2- bis 3-mal so schnell (RGT-Regel).
- **Über dem Optimum** Das Enzym denaturiert, die Aktivität fällt steil ab. Das ist meist nicht umkehrbar.
- **pH-Wert** Jedes Enzym hat ein pH-Optimum, Pepsin im Magen um pH 2, Amylase im Speichel um pH 7. Weicht der pH-Wert ab, ändern sich Ladungen im Enzym, das aktive Zentrum verformt sich. Bei starker Abweichung denaturiert es.
- **Substratmenge** Mehr Substrat heißt schneller, bis alle Enzyme besetzt sind. Dann sind sie gesättigt.

Der Ablauf: ein Enzym bei der Arbeit

SCHEMATISCH: ENZYM ALS FORM MIT TASCHE, KETTE ALS PERLEN, NICHT MASSSTÄBLICH



Erkennen

Nur Passendes

Nur das passende Substrat passt in das aktive Zentrum.

Stärke und Fett prallen bei Bromelain ab. Das heißt Substratspezifität.

ERKENNST DU AN
Ein falsches Molekül prallt ab.

Andocken

Ab in die Tasche

Die Eiweißkette dockt im aktiven Zentrum an.

Das Zentrum schmiegt sich um die Kette, beide bilden den Enzym-Substrat-Komplex.

ERKENNST DU AN
Die Kette sitzt im aktiven Zentrum.

Festhalten

Der Berg sinkt

Das Enzym hält die Kette so fest, dass eine Bindung leichter bricht.

So senkt es die Aktivierungsenergie.

ERKENNST DU AN
Eine Bindung ist gespannt.

Spalten

Schnipp

Die Bindung bricht, aus der Kette werden zwei Stücke.

Bromelain katalysiert nur diese Reaktion. Das heißt Wirkungsspezifität.

ERKENNST DU AN
Die Kette ist in zwei Stücke zerbrochen.

Loslassen

Tasche wieder frei

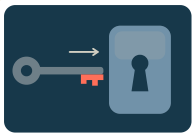
Die Produkte lösen sich, das aktive Zentrum ist wieder frei.

Das Enzym ist unverändert und packt die nächste Kette.

ERKENNST DU AN
Die Stücke treiben davon.

Ohne Enzym hält eine einzelne Bindung einer Eiweißkette in Wasser im Schnitt Hunderte von Jahren.

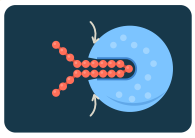
Zwei Modelle für das aktive Zentrum



Starr wie ein Schloss

Schlüssel-Schloss-Modell

Nach Emil Fischer (1894) passt nur ein Schlüssel ins Schloss, so wie nur passende Substrate ins aktive Zentrum. Das erklärt die Substratspezifität. Aber ein Schloss ist starr, der Schlüssel bleibt heil, und ein Schloss senkt keinen Berg.



Passt sich an

Induzierte Passform

Nach Daniel Koshland (1958) ist das aktive Zentrum beweglich. Es schmiegt sich erst beim Andocken um das Substrat, wie ein Handschuh um die Hand. Auch das ist ein Modell, aber ein genaueres.

Drei Fehler, die du nicht machst

1

✗ ~~„Enzyme werden bei der Reaktion verbraucht.“~~

✓ Ein Enzym geht unverändert aus der Reaktion hervor und kann immer wieder arbeiten. Darum reichen wenige Stücke Ananas für eine Schüssel.

2

✗ ~~„Enzyme liefern die Energie für die Reaktion.“~~

✓ Enzyme bringen keine Energie mit, sie senken die Aktivierungsenergie. Am Ende wird gleich viel Energie frei wie ohne Enzym.

3

✗ ~~„Je wärmer es ist, desto schneller arbeitet ein Enzym.“~~

✓ Das gilt nur bis zum Temperaturoptimum. Darüber verliert das Enzym seine Form, es denaturiert, und die Aktivität fällt steil ab.

Prüfungsaufgaben

KLASSE 9/10

Vier Schälchen Gelatine stehen über Nacht im Kühlschrank: mit frischer Ananas, mit Dosenananas, mit aufgekochter frischer Ananas und nur mit Wasser. Am Morgen ist nur eines flüssig. Erkläre, warum.

✓ MUSTERLÖSUNG IN DREI TEILEN

1 **Gelatine:** Gelatine ist ein Eiweiß. Ihre Ketten bilden beim Abkühlen ein Netz, das das Wasser festhält.

2 **Bromelain:** Frische Ananas enthält das Enzym Bromelain, das die Eiweißketten zerschneidet. Die Ketten werden zu kurz für ein festes Netz, dieses Schälchen bleibt flüssig.

3 **Hitze:** In der Dosenananas und der aufgekochten Ananas ist das Enzym durch Hitze denaturiert. Sein aktives Zentrum hat die Form verloren, es schneidet nicht mehr. Beide werden fest wie das Schälchen mit Wasser, die Kontrolle: Gelatine allein wird fest.

OBERSTUFE

Die Enzymaktivität steigt mit der Temperatur flach an, erreicht einen Gipfel und fällt dann steil ab. Erläutere den Verlauf und begründe, warum sie nach starkem Erhitzen beim Abkühlen nicht zurückkehrt.

erläutern mit Fachwissen nachvollziehbar erklären

begründen auf Ursachen und Regeln zurückführen

✓ MUSTERLÖSUNG IN VIER TEILEN

1 **Anstieg:** Wird es wärmer, stoßen Enzym und Substrat häufiger zusammen, und mehr Teilchen überwinden die Aktivierungsenergie. So entstehen mehr Enzym-Substrat-Komplexe pro Zeit.

2 **Optimum:** Wärme beschleunigt, beginnende Denaturierung bremst. Hier ist die Aktivität am höchsten.

3 **Abfall:** Darüber brechen schwache Bindungen wie Wasserstoffbrücken, die die Faltung halten. Das Enzym denaturiert, sein aktives Zentrum verliert die Form.

4 **Abkühlen:** Die Kette faltet sich falsch oder verklumpt. Ihre Form kehrt nicht zurück, das ist irreversibel.

DAS WICHTIGSTE IN DREI SÄTZEN

1 **Enzyme senken die Aktivierungsenergie einer Reaktion, sie liefern aber keine Energie. Sie gehen unverändert aus der Reaktion hervor und können immer wieder arbeiten.**

2 **Ein Enzym setzt nur Substrate um, die in sein aktives Zentrum passen, wie ein Schlüssel ins Schloss.**

3 **Wärme macht Enzyme bis zu ihrem Temperaturoptimum schneller. Darüber denaturieren sie, und ihre Aktivität fällt steil ab.**

VIDEO, QUIZ UND TRANSKRIPT, KOSTENLOS

achtmalklug.de/biologie/enzyme/

Kostenlos. Frei für Schule, Unterricht und Lernen, Logo und URL bleiben drauf. Doppelt faktengeprüft. Fehler gefunden? kontakt@achtmalklug.de

achtmalklug