

Einfluss des pH-Wertes auf die Enzymkatalyse

Aufgaben zur Erarbeitung des Lernstoffes:

f7 **Definiere** das pH-Optimum einer Enzym-Reaktion!

f8 **Beschreibe** Mechanismen der Enzym-Inaktivierung durch pH-Änderungen!

f9 **Erkläre** die Notwendigkeit unterschiedlicher pH-Optima unserer Enzyme!

möglicherweise neue "Fachbegriffe":

Alkalisch nennt man alles, was einen pH-Wert über 7 besitzt bzw. verursacht.

basisch = wie eine Base alkalisch reagierend

Elementarteilchen oder Fundamentarteilchen nennt man die kleinsten und deshalb unteilbaren Teilchen, aus denen unsere Welt besteht.

Hydroxylion nennt man ein einfach negativ geladenes Anion, das lediglich aus einem Sauerstoff-Atom und einem daran gebundenen Wasserstoffatom besteht.

Ionenbindung heißen auf elektrostatischer Anziehung positiv und negativ geladener Ionen beruhende chemische Bindungen.

Organ nennt man aus mehreren Geweben bestehende funktionelle Einheiten innerhalb vielzelliger Organismen".

pH-Wert heißt stark vereinfacht eine Zahl, die anzeigt, wie sauer oder basisch eine wässrige Lösung ist. Eine wässrige Lösung mit dem pH-Wert 1 ist extrem sauer. Eine neutrale wässrige Lösung hat den pH-Wert 7 und der pH-Wert 14 zeigt an, dass eine wässrige Lösung extrem alkalisch ist.

pH-Optimum eines Enzyms oder einer Enzym-Reaktion ist der pH, bei dem die Reaktionsgeschwindigkeit maximal ist.

Peptid nennen Biologe eine unverzweigte Kette aus 11-100 Aminosäuren und Chemiker eine organisch-chemische Verbindung mit mindestens einer Peptidbindung zwischen mindestens zwei Aminosäuren.

Polar nennt man in der Molekularbiologie Atomgruppen mit ungleichmäßiger Verteilung elektrischer Ladungen.

Prinzip heißt eine besonders wichtige, grundlegende bzw. fundamentale Regel, der Prinzipienreiter unter allen Umständen und normale Menschen nach Möglichkeit folgen. Prinzip nennen wir auch eine Regel, die wir in der Natur erkannt zu haben glauben. Solche Prinzipien nennen wir auch Naturgesetze, weil sich die Natur immer daran zu halten scheint. Allerdings meinen wir, dass etwas nur grundsätzlich oder im Wesentlichen zutrifft, wenn wir sagen, es sei im Prinzip oder prinzipiell richtig.

Quartärstruktur nennt man die Struktur eines Komplexes aus mehreren, mit einander verbundenen Proteinen.

Sekret nennt man das, was Drüsen oder Drüsen-artige Zellen produzieren und ausscheiden.

Struktur nennen wir in den Naturwissenschaften den räumlichen Aufbau von einem Stück Materie aus Elementarteilchen (in der Physik), Atomen oder Molekülen (Chemie), Biomolekülen (Biochemie und Molekularbiologie) oder Organellen (Zellbiologie). Struktur

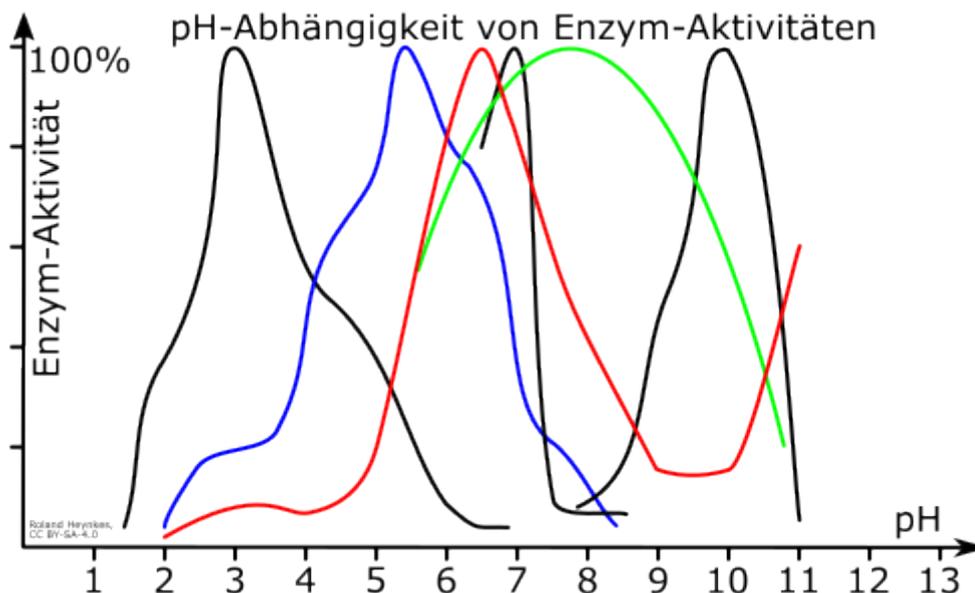
kann man auch den Aufbau eines größeren Systems nennen. Manchmal meint man damit aber auch eine nicht ebene oder nicht gleichmäßig gefärbte oder zusammen-gesetzte Oberfläche.

Der pH-Wert hat ebenfalls einen großen Einfluss auf die Aktivität vieler Enzyme. Denn außer dem Temperaturoptimum haben Enzyme auch ein pH-Optimum, bei dem die Enzymaktivität ein Maximum erreicht. Bei niedrigeren und bei höheren pH-Werten sinkt die Enzymaktivität immer weiter ab.

Abseits des pH-Optimums ist bei nicht zu stark abweichenden pH-Werten die Inaktivierung noch reversibel. Wird seine Umgebung noch saurer oder noch alkalischer, dann wird die Inaktivierung eines Enzyms zunehmend irreversibel.

Im Gegensatz zum bei all unseren Enzymen fast gleichen Temperaturoptimum sind die pH-Wert-Abhängigkeiten unserer Enzym-Aktivitäten sehr unterschiedlich.

Diagramm zur pH-Wert-Abhängigkeit von Enzym-Aktivitäten



Dieses Diagramm zeigt, wie unterschiedlich Enzyme auf den pH-Wert reagieren.

Die allermeisten Enzyme sind Proteine, und die Funktion eines Proteins hängt von seiner Tertiärstruktur, teilweise auch von seiner Quartärstruktur ab. Von den Sekundärstrukturen bis zur Quartärstruktur wird die räumliche Anordnung jeder Aminosäurekette bestimmt durch die chemischen Wechselwirkungen zwischen den sauren, basischen oder neutralen (polaren oder unpolaren) Resten ihrer Aminosäuren. Während die Van-der-Waals-Wechselwirkungen durch hohe Temperaturen destabilisiert werden, beeinflusst der pH-Wert die Ionenbindungen und Wasserstoffbrückenbindungen. Bei hohen pH-Werten entziehen die Hydroxylionen einigen schwach sauren und polaren Aminosäuren Protonen, die dann nicht mehr für Wasserstoffbrückenbindungen zur Verfügung stehen. Ändert sich der pH-Wert, dann ändert sich durch die Aufnahme oder Abgabe von Protonen durch funktionelle Gruppen von Aminosäuren auch die Verteilung der elektrischen Ladungen innerhalb eines Proteins. Dadurch können elektrostatische Bindungen oder Abstoßungen verloren gehen oder neue gebildet werden. Auch diese Effekte von pH-Wert-Änderungen verändern Form (Tertiärstruktur) und Funktion (z.B. Enzym-Aktivität) eines Proteins.

Geringe Veränderungen des pH-Wertes bewirken nur leichte oder nur bei einem kleinen Teil der Enzym-Moleküle Änderungen von Form und Funktion. Größere Änderungen des pH-Wertes ändern mehr elektrostatische Ladungen innerhalb eines Enzyms und beeinträchtigen dadurch stärker seine Form und Funktion bis hin zum Verlust von Tertiärstruktur und Sekundärstrukturen. Bei extrem sauren oder alkalischen pH-Werten können Proteine sogar in Peptide und Aminosäuren zerfallen.

Sicher könnten auch die Organe ihre Strukturen und pH-Werte an die optimalen Arbeitsbedingungen der in ihm aktiven Enzyme anpassen. So muss es möglicherweise im Magen sehr sauer sein, weil seine Enzyme die zu verdauenden Eiweiße nur zerlegen können, wenn diese Eiweiße durch die Säure aufgelockert bzw. denaturiert wurden. Noch wichtiger als die Auflockerung der Proteine könnte aber auch die Bekämpfung gefährlicher Krankheitserreger durch die Magensäure sein. Vielleicht mussten sich deshalb der Magen und seine Enzyme Pepsin und Kathepsin an niedrige pH-Werte anpassen.

Vielleicht konnten sich die Verdauungsenzyme des Dünndarms schon aufgrund ihrer Vielfalt nicht an eine extrem saure Umgebung anpassen. Möglicherweise mussten sie es aber auch nicht, weil spätestens im Dickdarm ein tiefer pH-Wert den für uns lebenswichtigen Bakterien schaden würde. Magensäure würde aber auch dem Dünndarm schaden, weil dieser sich im Gegensatz zum Magen nicht durch eine dicke Schicht Schleim schützen könnte, ohne die Aufnahme der Nährstoff-Monomere zu beeinträchtigen. Jedenfalls liegen die pH-Optima unserer Darm-Enzyme im alkalischen Bereich. Also müssen Bauchspeicheldrüse und Gallenblase stark alkalische Sekrete (Bauchspeichel und Galle) in den Zwölffingerdarm spritzen, damit die Enzyme des Dünndarms arbeiten können.