

Einführung in den Stoffwechsel

1. Die Chemie des Lebens ist in Stoffwechselwegen organisiert

- 1.1 Der Stoffwechsel ist die Summe aller chemischen Reaktionen, die in den Zellen eines Organismus auftreten
- 1.2 Unter Mithilfe von Enzymen verläuft der Stoffwechsel schrittweise entlang sich verzweigender Stoffwechselwege. Diese greifen wie ein Räderwerk präzise ineinander.
- 1.3 Katabole Stoffwechselwege, wie die Zellatmung, bauen komplexe Moleküle in einfachere Verbindungen ab, wobei Energie freigesetzt wird. Anabole Stoffwechselwege bauen komplexe Moleküle aus einfacheren Verbindungen auf, was Energie erfordert, die normalerweise aus dem Katabolismus stammt.

2. Organismen wandeln Energie um

- 2.1 Energie ist das Vermögen, Arbeit zu leisten, beispielsweise Materie entgegen einer Kraft zu bewegen.
- 2.2 Ein sich bewegendes Objekt hat kinetische Energie.
- 2.3 Potentielle Energie ist gespeicherte Energie, die auf der spezifischen Lage oder Struktur von Materie beruht. Chemische Energie ist potentielle Energie, die in der Molekülstruktur gespeichert ist.
- 2.4 Energie kann im Rahmen der thermodynamischen Gesetze von einer Form in eine andere umgewandelt werden.

3. Die Energieumwandlungen der Lebensprozesse gehorchen zwei Gesetzen der Thermodynamik

- 3.1 Der erste Hauptsatz der Thermodynamik, der Energieerhaltungssatz, besagt, dass Energie weder erzeugt noch zerstört werden kann.
- 3.2 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass bei jeder Energieänderung die Entropie (S) beziehungsweise die Unordnung des Universums zunimmt. Wenn die Ordnung von Materie zunimmt, ist dies das Resultat eines Prozesses, bei dem die Unordnung der Umgebung wächst.

4. Organismen leben von freier Energie, die sie ihrer Umgebung entziehen

- 4.1 Die freie Energie eines Systems ist der Energieanteil, der tatsächlich unter zellulären Bedingungen für Arbeit nutzbar gemacht werden kann - das heisst, in Abwesenheit von Temperaturgradienten.
- 4.2 Jede spontane Veränderung in einem System geht mit einer Abnahme an freier Energie einher ($-\Delta G$).
- 4.3 Eine spontane chemische Reaktion, bei der die Produkte ärmer an freier Energie sind als die Reaktanden, wird als exergonische Reaktion ($-\Delta G$) bezeichnet. Endergonische (unfreiwillige) Teilreaktionen finden dagegen nur unter Energiezufuhr aus der Umgebung statt ($+\Delta G$).
- 4.4 Im Stoffwechsel werden exergonische Prozesse benutzt, um endergonische anzutreiben. Dies wird als Energiekopplung bezeichnet.
- 4.5 Das Entfernen von Stoffwechselprodukten verhindert, dass der Stoffwechsel das Gleichgewicht erreicht. Es herrscht ein Fließgleichgewicht.

5. ATP treibt die zelluläre Arbeit an, indem es exergonische an endergonische Teilreaktionen koppelt

- 5.1 ATP (Adenosintriphosphat) dient in den Zellen als universeller biologischer Energieüberträger. Die Hydrolyse der äußeren Phosphatbindung setzt ADP (Adenosindiphosphat) und anorganisches Phosphat frei. Dies ist eine exergonische Reaktion, die folglich spontan abläuft.
- 5.2 ATP treibt in der Zelle endergonische Prozesse an, indem es Phosphatgruppen enzymatisch auf spezifische Reaktanden überträgt. Die gebildeten phosphorylierten Zwischenprodukte sind reaktiver als die Ausgangsmoleküle. Auf diese Weise können Zellen Arbeit verrichten, wie mechanische Arbeit bei der Bewegung, Transportarbeit beim Pumpen von gelösten Stoffen durch Membranen oder chemische Arbeit beim Anabolismus.
- 5.3 Die Regeneration von ATP aus ADP und Phosphat wird von katabolen Stoffwechselwegen wie der zellulären Atmung angetrieben.

6. Enzyme beschleunigen Stoffwechselreaktionen, indem sie Energiebarrieren herabsetzen

- 6.1 Enzyme, bei denen es sich meist um Proteine handelt, sind biologische Katalysatoren.
- 6.2 Enzyme ermöglichen es Molekülen, im Stoffwechsel zu reagieren, indem sie die Aktivierungsenergie (EA) herabsetzen, so dass Bindungen bei den Körpertemperaturen der Organismen gespalten werden können.

7. Enzyme sind substratspezifisch: Eine nähere Betrachtung

- 7.1 Jedes Enzym hat ein typisch geformtes aktives Zentrum, das ihm seine Spezifität bei der Einwirkung auf sein spezielles Substratmolekül (den Reaktand) verleiht (Substratspezifität). Es katalysiert nur eine ganz bestimmte Reaktion (Reaktionsspezifität).
- 7.2 Die Bindung von Substrat an ein aktives Zentrum führt zu einer Konformationsänderung des Enzyms.

8. Das aktive Zentrum ist die katalytisch wirksame Region eines Enzyms

- 8.1 Das aktive Zentrum eines Enzyms kann die Aktivierungsenergie auf verschiedene Weisen herabsetzen: indem es eine genau passende Tasche für die Substrate zur Verfügung stellt und sie dadurch in der richtigen Orientierung zusammenbringt, indem es sich so an das Substrat bindet, dass dessen relevante Bindungen geschwächt werden und indem es eine geeignete Mikroumgebung bietet.

9. Das chemische und physikalische Milieu einer Zelle beeinflusst die Enzymaktivität: Eine nähere Betrachtung

- 9.1 Als Proteine reagieren Enzyme sehr empfindlich auf ihre Umweltbedingungen, die ihre dreidimensionale Struktur beeinflussen. Jedes Enzym hat ein Temperaturoptimum und einen optimalen pH-Wert, bei denen es die höchste Aktivität zeigt.

9.2 Cofaktoren sind nichtproteinische Ionen oder Moleküle, die für die Funktion vieler Enzyme von Bedeutung sind. Oft handelt es sich dabei um ein koordinativ gebundenes Metallion. Wenn der Cofaktor organisch ist, wird er auch als Coenzym beziehungsweise Cosubstrat bezeichnet.

9.3 Enzyminhibitoren reduzieren selektiv die Enzymfunktion. Viele kompetitive Inhibitoren sind dem Substrat strukturell ähnlich und können an dessen Stelle am aktiven Zentrum binden. Ein nichtkompetitiver Inhibitor bindet an eine vom aktiven Zentrum verschiedene Stelle des Enzyms, verändert dessen Gestalt und stört so seine Funktion.

9.4 Wechselwirkungen zwischen räumlich getrennten Regionen eines Proteins bezeichnet man als allosterisch. Viele Enzyme, vor allem solche aus zwei oder mehr Untereinheiten, verändern ihre Gestalt und damit ihre Aktivität, wenn ein allosterischer Effektor, entweder ein Aktivator oder ein Inhibitor, sich an ein spezifisches allosterisches Zentrum bindet. Oft werden allosterische Wechselwirkungen durch große Veränderungen der Quartärstruktur vermittelt. Von Kooperativität spricht man, wenn die Bindung eines Substrats an eine Untereinheit des Enzyms die Substrataffinität der anderen Untereinheiten beeinflusst.

10. Die Ordnung des Stoffwechsels resultiert aus den Regulationssystemen und der strukturellen Organisation der Zelle

- 10.1 Ein verbreiteter Mechanismus zur Stoffwechselregulierung ist die Feedback-Hemmung (negative Rückkopplung), in der das Produkt eines Stoffwechselweges ein früheres Enzym dieses Weges hemmt.
- 10.2 Membranen teilen die Zelle in Stoffwechselkompartimente (Organellen) auf.