

# Biologie-Klausur vom 5.6.2019 im Kurshalbjahr 2 der Einführungsphase

## Enzyme und Stoffwechsel

Kurs: EF GK-Bi Name: \_\_\_\_\_

Antworte mit exakt den gleichen Numerierungen wie in den Aufgaben vorgegeben (z.B.: II.C.)!

### Aufgabe 1: Lebewesen als offene oder geschlossene thermodynamische Systeme

- AFB I I.A. Erkläre mit Hilfe von Material 1, wie man menschliche Eizellen von offenen in geschlossene thermodynamische Systeme und wieder zurück in offene verwandelt!
- AFB II I.B. Erkläre, warum annähernde Fließgleichgewichte das lebende System Zelle vom technischen System Uhr unterscheiden!
- AFB III I.C. Entwickle eine Hypothese als Antwort auf die Frage, was angesichts des im Verlauf einiger Jahre praktisch vollständigen Austausches aller seiner Stoffe einen Menschen eigentlich ausmacht!

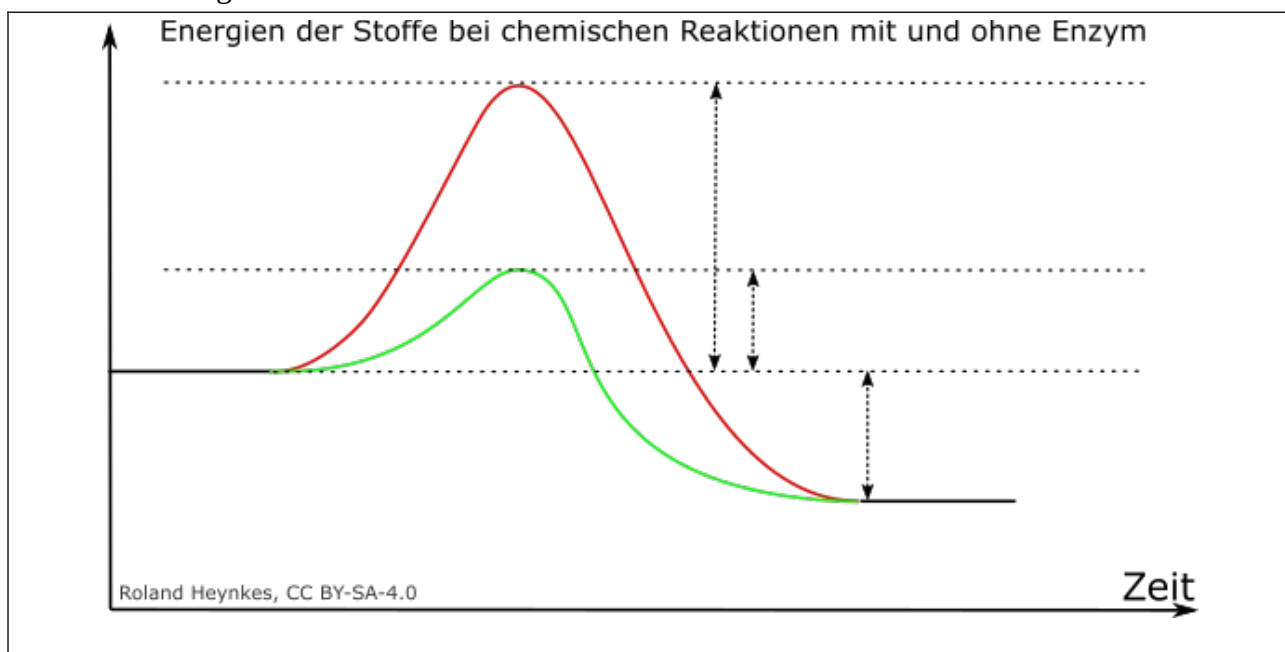
#### Material 1:

Physiker und Biologen nennen thermodynamische Systeme offen, wenn sie mit ihren Umgebungen Stoffe UND Energie austauschen können. Geschlossene thermodynamische Systeme können mit ihren Umgebungen nur Energie, aber keine Materie austauschen. Da es keine hundertprozentigen Isolierungen gibt, existieren abgeschlossene thermodynamische Systeme nur theoretisch, denn sie könnten definitionsgemäß mit ihren Umgebungen weder Materie noch Energie austauschen.

### Aufgabe 2: Aktivierungsenergie und Enzyme

- AFB I II.A. Beschrifte das Diagramm 1 in Material II!  
II.B. Skizziere und beschrifte ein Diagramm 2 mit je einer Kurve für eine exotherme und eine endotherme chemische Reaktion!  
II.C. Skizziere und beschrifte ein Diagramm 3 das zeigt, wie mit steigender Substrat-Konzentration die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion zunimmt!
- AFB II II.D. Erkläre den Verlauf der Kurve in Diagramm 3!  
II.E. Definiere die Begriffe Aktivierungsenergie und Enzym!  
II.F. Definiere die Begriffe Enzym-Substrat-Komplex, Substratspezifität und Wirkungsspezifität!  
II.G. Beschreibe Funktion und zwei Mechanismen der energetischen Kopplung!

#### Material 2: Diagramm 1



### Aufgabe 3: Substratspezifität

AFB III III.A. Lies Material 3 und versuche zu erklären, was diese für Dich neue Information im Hinblick auf die Substratspezifität von Enzymen bedeutet!

#### Material 3:

Im Cytoplasma unserer Zellen enthalten die Ribosomen eine ribosomale RNA (28S-rRNA), die zu den sogenannten Ribozymen gehört. Das sind RNAs, die genau wie viele Proteine als Enzyme wirken. Die 28S-rRNA katalysiert während der Translation genannten Protein-Entstehung die Verknüpfung zweier Aminosäuren über eine Peptidbindung. Aufgrund dieser Funktion nennt man sie auch Peptidyltransferase.

### Aufgabe 4: Einflüsse von Temperatur und pH-Wert auf die Enzymaktivität

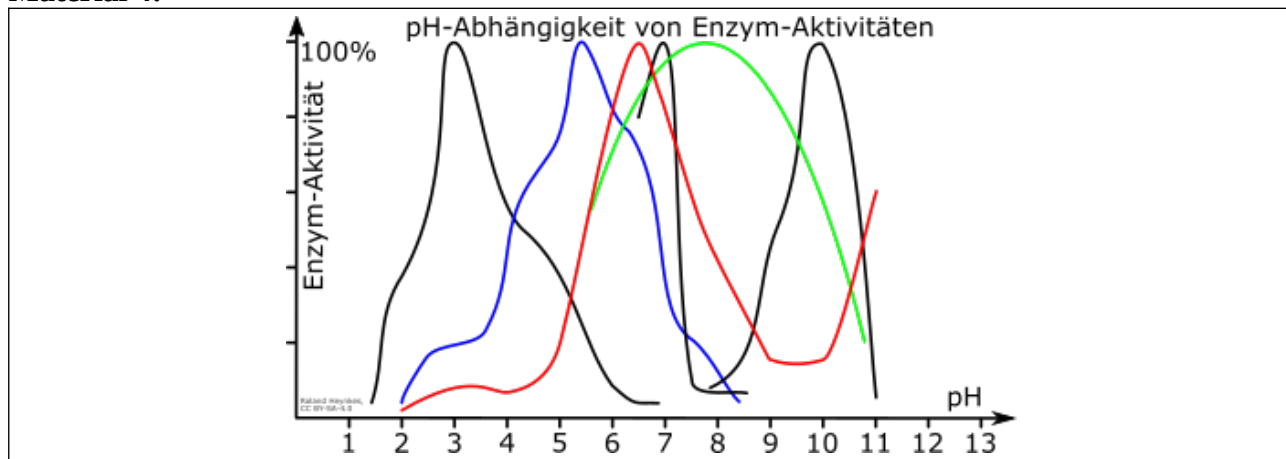
AFB I IV.A. Skizziere ein Diagramm 4 zur Darstellung der Temperaturabhängigkeit menschlicher Enzyme!

AFB II IV.B. Erkläre im Detail die Form des Kurvenverlaufs von ganz tiefen bis zu hohen und zurück zu ganz tiefen Temperaturen!

IV.C. Skizziere mit Pfeilen, welche Teile der Kurve reversibel bzw. irreversibel sind!

AFB III IV.D. Entwickle eine Hypothese zur Erklärung des Unterschieds zwischen der bei allen menschlichen Enzymen nahezu gleichen Temperaturabhängigkeit und der in Material 4 gezeigten Unterschiedlichkeit der pH-Abhängigkeiten!

#### Material 4:



### Aufgabe 5: Homöostase und die Regulation der Stoffwechselwege

AFB I V.A. Definiere die Begriffe Homöostase, Stoffwechselweg und Schlüsselenzym!

V.B. Erkläre die Notwendigkeit der Regulation unserer Stoffwechselwege!

V.C. Erkläre die Unterschiede zwischen a) reversibler und irreversibler, b) isosterischer und allosterischer, c) Aktivierung und Inhibition!

AFB II V.D. Nenne zwei Ebenen, auf denen Stoffwechselwege kurz- bzw. langfristig ausgeschaltet oder erst bei Bedarf aktiviert werden können!

V.E. Skizziere mit jeweils einer Zeichnung eine kompetitive und eine nichtkompetitive Hemmung eines Enzyms und nenne wesentliche Unterschiede!

V.F. Skizziere in Dein Diagramm 3 noch die Kurven für eine reversible und eine irreversible kompetitive Hemmung!

V.G. Erkläre den Zweck der Zellatmung!

AFB III V.H. Entwickle eine Hypothese zur Erklärung der Möglichkeit einer irreversiblen, isosterischen und nicht kompetitiven Aktivierung!

Darstellung: / , insgesamt: von Punkten,

## Erwartungshorizont:

### Material 1:

Physiker und Biologen nennen thermodynamische Systeme offen, wenn sie mit ihren Umgebungen Stoffe UND Energie austauschen können. Geschlossene thermodynamische Systeme können mit ihren Umgebungen nur Energie, aber keine Materie austauschen. Da es keine hundertprozentigen Isolierungen gibt, existieren abgeschlossene thermodynamische Systeme nur theoretisch, denn sie könnten definitionsgemäß mit ihren Umgebungen weder Materie noch Energie austauschen.

### Aufgabe 1: Lebewesen als offene oder geschlossene thermodynamische Systeme

AFB I **I.A. Erkläre mit Hilfe von Material 1, wie man menschliche Eizellen von offenen in geschlossene thermodynamische Systeme und wieder zurück in offene verwandelt!** (4 Punkte)

- 1) Lebende Eizellen sind offene thermodynamische Systeme, weil sie mit ihren Umgebungen Stoffe und Energie austauschen.
- 2) Sie werden zu geschlossenen thermodynamischen Systemen, wenn man Eizellen in flüssigem Stickstoff einfriert,
- 3) denn dann können sie höchstens noch Energie austauschen.
- 4) Das tun sie, wenn man sie in Nährlösung wieder auftaut. Dann können sie wieder leben und sind wieder offene thermodynamische Systeme.

AFB II **I.B. Erkläre, warum annähernde Fließgleichgewichte das lebende System Zelle vom technischen System Uhr unterscheiden!** (3 Punkte)

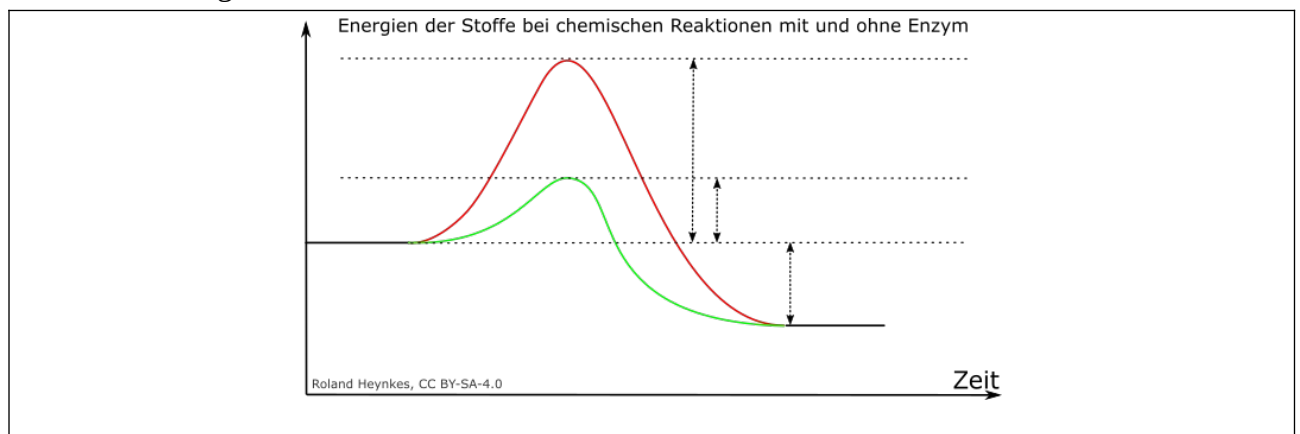
- 1) Im Gegensatz zum lebenden System Zelle **ist eine Uhr ein geschlossenes thermodynamisches System, weil es mit seiner Umwelt keine Stoffe, sondern lediglich Energie austauscht.**
- 2) Zellen erhalten ihre Homöostase auch dadurch, dass sie die **Aufnahme von Nährstoffen und Sauerstoff** ungefähr im Fließgleichgewicht halten
- 3) mit der **Ausscheidung nicht mehr brauchbarer Stoffe.**

Man kann es auch so ausdrücken, dass Zellen ungeachtet des ständigen Stoffwechsels Strukturen und Funktionen weitgehend konstant halten.

AFB III **I.C. Entwickle eine Hypothese als Antwort auf die Frage, was angesichts des im Verlauf einiger Jahre praktischen vollständigen Austausches aller seiner Stoffe einen Menschen eigentlich ausmacht!** (2 Punkte)

Da es nicht die Materie sein kann, bleiben als die Essenz eines Menschen nur sein Bauplan, epigenetische Prägungen, Mikrobiom, erworbene Strukturen wie die Knochendichten, Krankheiten und vor allem die neuronalen Verknüpfungen als Grundlage von Persönlichkeit oder Charakter, Fähigkeiten, antrainierte Bewegungsmuster, Wissen, Vorurteile. Es sind also allgemein in Strukturen gespeicherte Informationen.

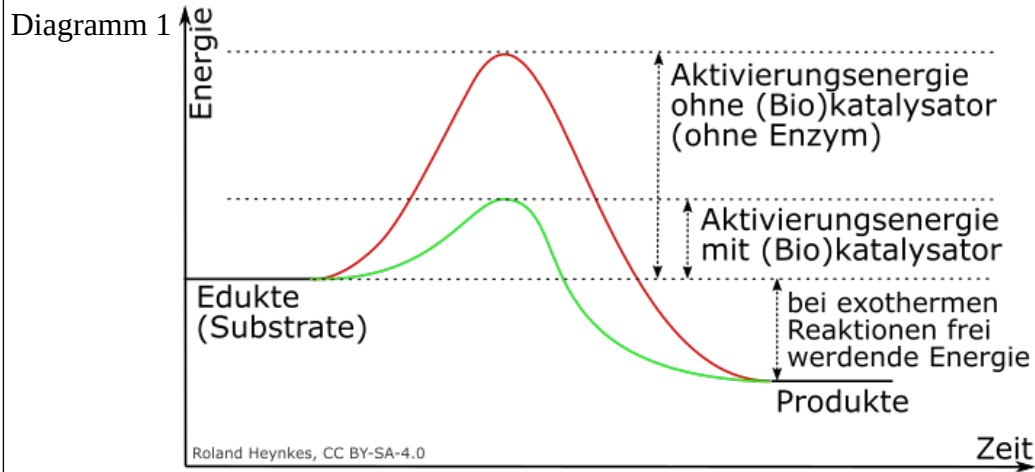
### Material 2: Diagramm 1



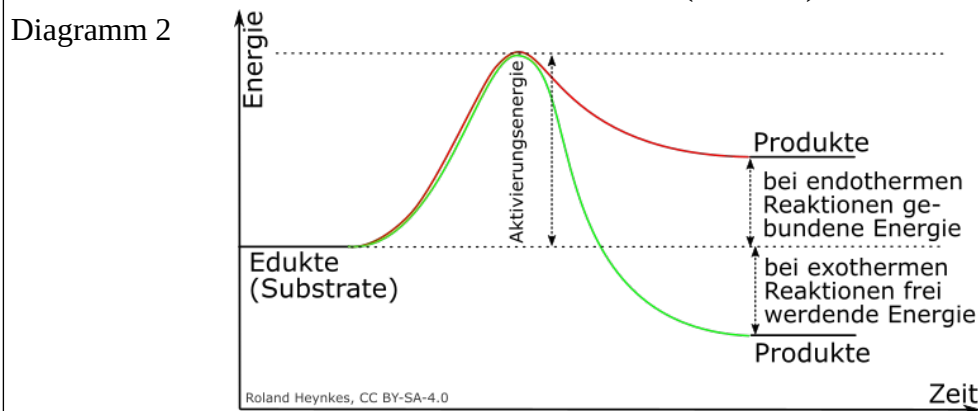
## Aufgabe 2: Aktivierungsenergie und Enzyme

AFB I

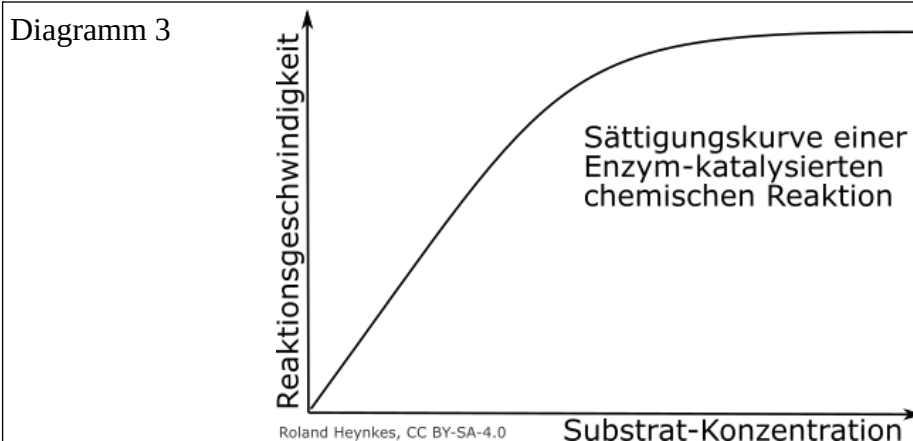
### II.A. Beschrifte das Diagramm 1 in Material 2! (6 Punkte)



### II.B. Skizziere und beschrifte ein Diagramm 2 mit je einer Kurve für eine exotherme und eine endotherme chemische Reaktion! (6 Punkte)



### II.C. Skizziere und beschrifte ein Diagramm 3 das zeigt, wie mit steigender Substrat-Konzentration die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion zunimmt! (3 Punkte)



AFB II

### II.D. Erkläre den Verlauf der Kurve in Diagramm 3! (7 Punkte)

- 1) Anfangs steigt wie bei jeder chemischen Reaktionen die Reaktionsgeschwindigkeit proportional mit der Konzentration der Substrate.
- 2) Mit zunehmender Substrat-Konzentration wird es für die Substrate aber immer unwahrscheinlicher, ein freies Enzym zu finden.
- 3) Denn immer mehr Enzyme sind dann bereits beschäftigt, weil es Zeit kostet, Substrate zu binden,
- 4) Enzym-Substrat-Komplexe zu bilden,
- 5) Substrate zu Produkten reagieren zu lassen

<p>6) und die Produkte aus den aktiven Zentren der Enzyme zu entfernen.</p> <p>7) Man nennt diesen Kurvenverlauf Sättigungs-Effekt oder Sättigungskurve.</p> <p><b>II.E. Definiere die Begriffe Aktivierungsenergie und Enzym! (17 Punkte)</b></p> <p>1) Aktivierungsenergie nennt man ganz allgemein die Energiemenge, die erforderlich ist, um die Energie eines Teilchens oder mehrerer Teilchen auf ein höheres Niveau zu heben, auf dem das Teilchen dann zu ihm vorher nicht möglichen Aktivitäten fähig ist.</p> <p>2-6) Im Zusammenhang mit chemischen Reaktionen meint man mit Aktivierungsenergie die <b>Energiemenge</b>, die man Ausgangsstoffen (<b>Edukten</b>) zuführen muss, damit eine bestimmte chemische <b>Reaktion in nennenswertem Umfang überhaupt beginnen</b> und die Endprodukte (Produkte) bilden kann. Da sie zuerst zugeführt werden muss, wirkt sie wie eine <b>Barriere</b>, die ein spontanes Ablaufen einer chemischen Reaktion verhindert. Deshalb kann man die <b>Aktivierungsenergie auch als Hürde</b> und die Höhe der Aktivierungsenergie als die Höhe des zu überwindenden Hindernisses betrachten.</p> <p>1-11) Enzyme oder <b>Biokatalysatoren</b> nennt man <b>von Lebewesen</b> hergestellte <b>Katalysatoren</b>, die <b>chemische Reaktionen beschleunigen</b> und <b>lenken</b>, weil sie die sonst für das Erreichen energiereicher Übergangszustände erforderlichen <b>Aktivierungsenergien reduzieren</b>, indem sie selbst oder ihre Cofaktoren <b>vorübergehend</b> mit ihren <b>Substraten chemisch reagieren</b>, sodass <b>von mehreren möglichen Zwischenprodukten nur eines</b> entsteht, welches anschließend <b>zu nur einem Produkt weiterreagiert</b>, wobei das <b>Enzym in seinen ursprünglichen Zustand zurückkehrt</b>.</p> <p><b>II.F. Definiere die Begriffe Enzym-Substrat-Komplex, Substratspezifität und Wirkungsspezifität! (7 Punkte)</b></p> <p>1) Enzym-Substrat-Komplex nennt man die vorübergehende Verbindung eines Enzyms mit seinem Substrat.</p> <p>2-6) Substratspezifität nennt man die Eigenschaft der meisten Enzyme, dem <b>Schlüssel-Schloss-Prinzip</b> entsprechend <b>nur ein Substrat</b> oder <b>wenige sehr ähnliche</b> an ihren <b>aktiven Zentren zu binden</b> und <b>reagieren</b> zu lassen.</p> <p>7) Wirkungsspezifität heißt die Eigenschaft der Enzyme, <b>von mehreren dem Substrat möglichen nur eine ganz bestimmte chemische Reaktion</b> zu beschleunigen.</p> <p><b>II.G. Beschreibe Funktion und zwei Mechanismen der energetischen Kopplung! (4 Punkte)</b></p> <p>Die energetische Kopplung <b>ermöglicht das Ablaufen energetisch ungünstiger chemischer Reaktionen</b>, indem diese <b>mit energetisch günstigen verknüpft</b> werden. Das kann durch <b>direkte Übertragung von Energie</b> erfolgen oder <b>durch die Übertragung energiereicher chemischer Bindungen</b>.</p>
---

### Material 3:

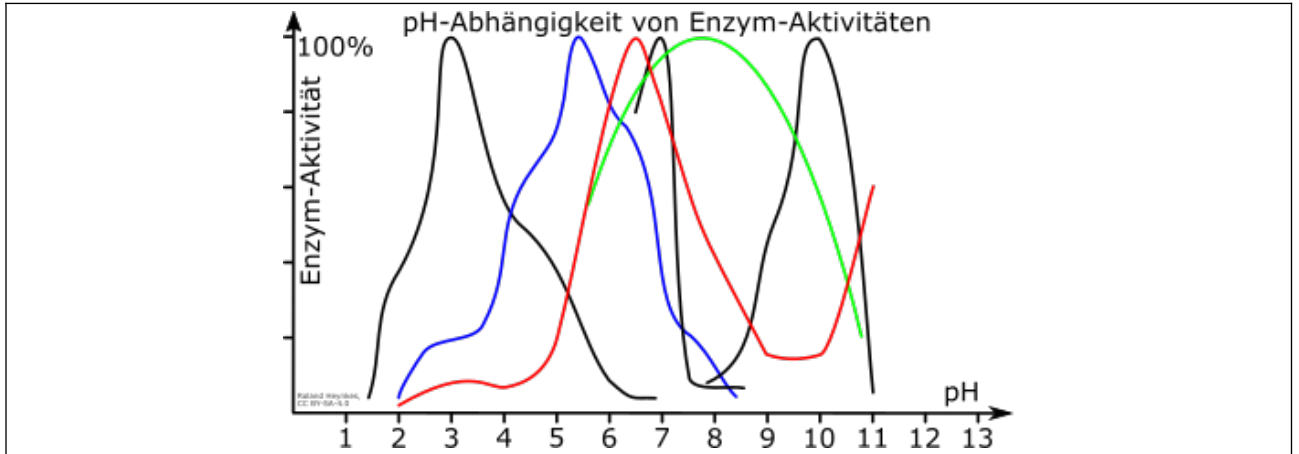
Im Cytoplasma unserer Zellen enthalten die Ribosomen eine ribosomale RNA (28S-rRNA), die zu den sogenannten Ribozymen gehört. Das sind RNAs, die genau wie viele Proteine als Enzyme wirken. Die 28S-rRNA katalysiert während der Translation genannten Protein-Entstehung die Verknüpfung zweier Aminosäuren über eine Peptidbindung. Aufgrund dieser Funktion nennt man sie auch Peptidyltransferase.

### Aufgabe 3: Substratspezifität (3 Punkte)

- AFB III III.A Lies Material III und versuche zu erklären, was diese für Dich neue Information im Hinblick auf die Substratspezifität von Enzymen bedeutet!
- Das aus RNA (28S-rRNA) bestehende Enzym hilft beim Aufbau von Proteinen, indem es 20 unterschiedliche Aminosäuren als Substrate akzeptiert und zu langen Aminosäureketten (Peptiden) verknüpft.
- Im Hinblick auf die Substratspezifität bedeutet das:

- 1) Weil unsere Proteine aus 20 verschiedenen Aminosäuren bestehen, muss die Peptidyltransferase 20 unterschiedliche Aminosäuren als Substrate akzeptieren.
- 2) Das bedeutet eine Einschränkung der Substratspezifität.
- 3) Die ist notwendig, weil wir nicht für jede mögliche Kombination von zwei Aminosäuren ( $20 \times 20 = 400$ ) ein eigenes Enzym haben können.
- 4) Um so unterschiedliche Aminosäuren als Substrate akzeptieren zu können, muss die 28S-rRNA die verschiedenen Aminosäuren genau da binden, wo sie alle gleich sind. Und sie wird dabei unterstützt durch die tRNAs, welche die jeweils gerade benötigte Aminosäure anreichen.

**Material 4:**



**Aufgabe 4:** Einflüsse von Temperatur und pH-Wert auf die Enzymaktivität

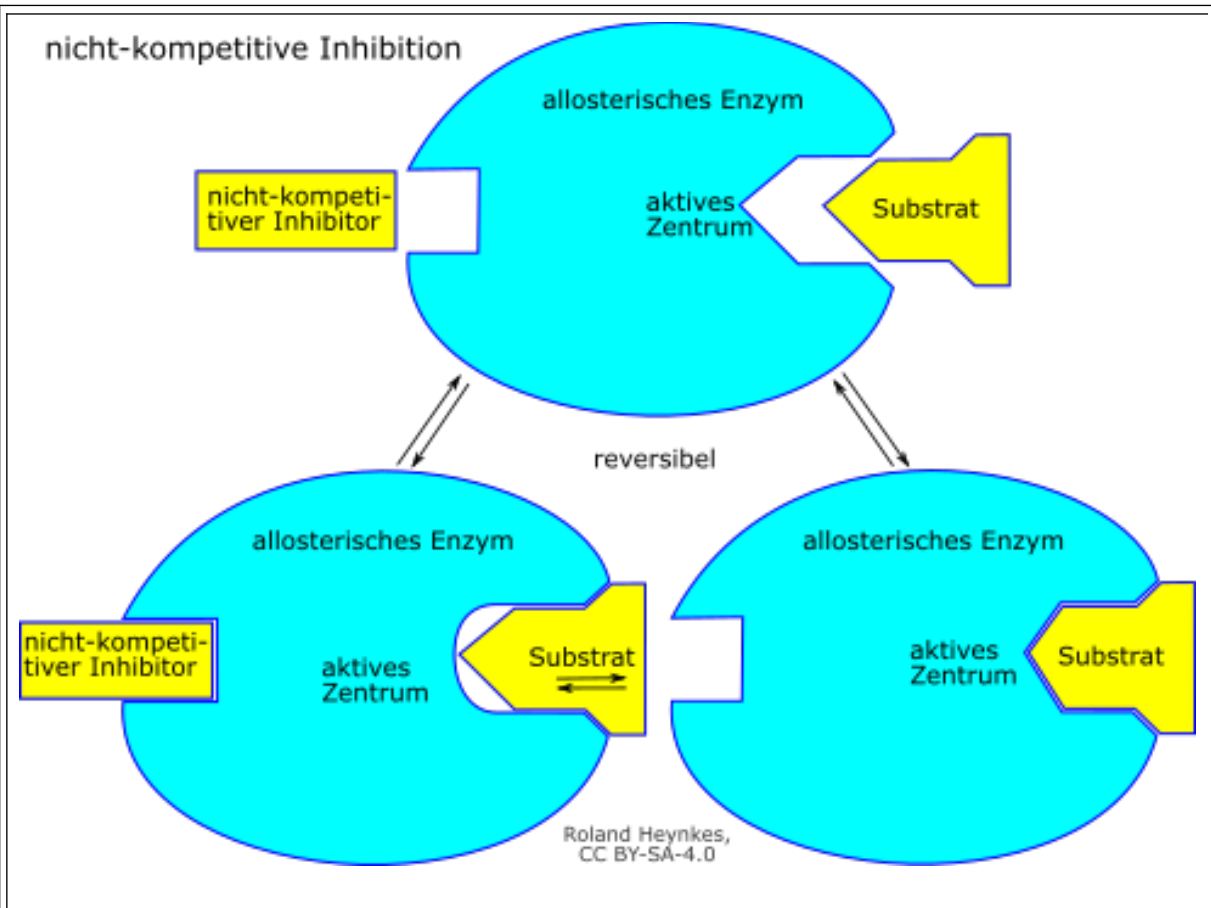
<p>AFB I</p>	<p>IV.A. Skizziere ein Diagramm 4 zur Darstellung der Temperaturabhängigkeit menschlicher Enzyme!</p> <div data-bbox="368 846 1567 1384" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>Diagramm 4</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Roland Heynkes, CC BY-SA-4.0</p> </div>
<p>AFB II</p>	<p>IV.B. Erkläre im Detail die Form des Kurvenverlaufs von ganz tiefen bis zu hohen und zurück zu ganz tiefen Temperaturen!</p> <p>Bei tiefen Temperaturen bewegen sich die Substrate nur langsam und das Enzym wird starr. Das macht die Reaktion sehr langsam. Erwärmung lässt die Reaktionsgeschwindigkeit der chemischen Reaktion nach der Temperatur-Reaktionsgeschwindigkeit-Regel immer schneller zunehmen. Deswegen hängt die Kurve durch. Kurz vor Erreichen des Temperaturoptimums steigt der Reaktionsgeschwindigkeit immer langsamer an, weil zwar die Substrate immer schneller kommen und sich die Produkte immer schneller entfernen, aber das Enzym durch die Wärmebewegung seiner Atome immer mehr die Struktur verliert. Oberhalb des Temperaturoptimums stabilisieren sich die Sekundärstrukturen noch eine Weile gegenseitig. Lösen sich aber die ersten Bindungen doch, dann folgen die übrigen immer schneller. Das Enzym denaturiert und verliert mit seiner Form auch die Funktion. Senkt man dann die Temperatur wieder ab, dann bleiben die allermeisten Enzyme inaktiv, weil sie in ihre funktionelle Form nicht mehr finden.</p> <p>IV.C. Skizziere mit Pfeilen, welche Teile der Kurve reversibel bzw. irreversibel sind!</p>
<p>AFB III</p>	<p>IV.D. Entwickle eine Hypothese zur Erklärung des Unterschieds zwischen der bei allen menschlichen Enzymen nahezu gleichen Temperaturabhängigkeit und der in Material 4 gezeigten Unterschiedlichkeit der pH-Abhängigkeiten!</p> <p>Während die Körpertemperatur im menschlichen Körper überall nahezu gleich ist, haben</p>

wir für unsere Enzyme Milieus mit sehr unterschiedlichen pH-Werten, an die sich die Enzyme anpassen mussten.

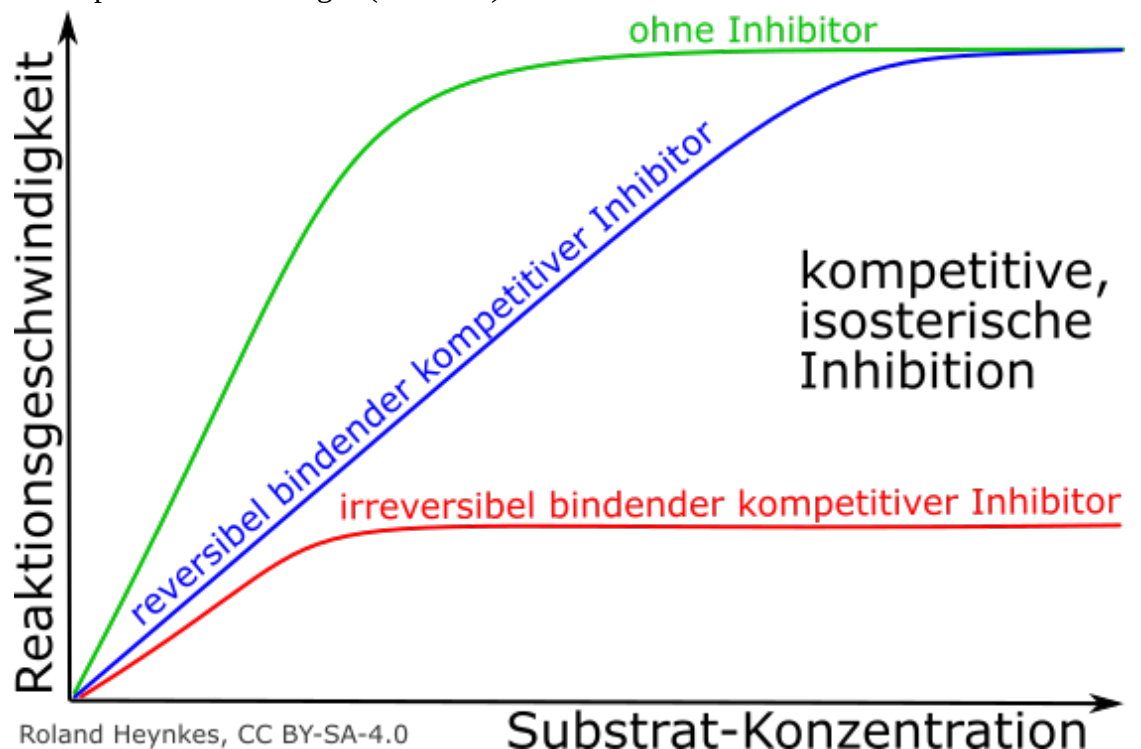
### Aufgabe 5: Homöostase und die Regulation der Stoffwechselwege

AFB I	<p>V.A. Definiere die Begriffe Homöostase, Stoffwechselweg und Schlüsselenzym! Die Stabilisierung der Faktoren des inneren Milieus eines Lebewesens durch aktive Regulation nennt man Homöostase. Stoffwechselweg nennt man eine Abfolge mehrerer enzymatisch katalysierter chemischer Reaktionen durch eine Reihe von Enzymen. Schlüsselenzym nennt man ein in seiner Aktivität reguliertes Enzym am Anfang eines Stoffwechselweges.</p> <p>V.B. Erkläre die Notwendigkeit der Regulation unserer Stoffwechselwege! Würden unsere Stoffwechselwege nicht reguliert, dann würden Energie und Material für die Produktion überflüssiger oder sogar schädlicher Zwischenprodukte verschwendet. Außerdem wären dann alle Zellen gleich.</p> <p>V.C. Erkläre die Unterschiede zwischen a) reversibler und irreversibler, b) isosterischer und allosterischer, c) Aktivierung und Inhibition! Reversibel heißt im Gegensatz zu irreversibel umkehrbar oder rücknehmbar. Isosterisch heißt am selben Ort, allosterisch an einem anderen Ort. Aktivierung steigert die Reaktionsgeschwindigkeit, Inhibition bewirkt das Gegenteil.</p>
AFB II	<p>V.D. Nenne zwei Ebenen, auf denen Stoffwechselwege kurz- bzw. langfristig ausgeschaltet oder erst bei Bedarf aktiviert werden können! Stoffwechselwege werden längerfristig reguliert, indem beispielsweise durch Substratinduktion oder Endprodukthemmung die Gene für die Enzyme aktiviert oder blockiert werden. Kurzfristig wird die Aktivität der Enzyme durch Effektoren reguliert.</p> <p>V.E. Skizziere mit jeweils einer Zeichnung eine kompetitive und eine nichtkompetitive Hemmung eines Enzyms und nenne wesentliche Unterschiede!</p> <div data-bbox="204 1236 1406 1512"><p>Nur bei der kompetitiven Hemmung wird die Bindung des Substrates durch den Inhibitor gestört. Nichtkompetitive Inhibitoren behindern stattdessen die Katalyse der chemischen Reaktion. Normalerweise binden kompetitive Inhibitoren am aktiven Zentrum, nichtkompetitive Inhibitoren hingegen an einem allosterischen Zentrum. Im Gegensatz zu nichtkompetitiven Inhibitoren kann die Wirkung eines kompetitiven Inhibitors durch ein großes Überangebot an Substraten nahezu aufgehoben werden.</p></div>





V.F. Skizziere in Dein Diagramm 3 noch die Kurven für eine reversible und eine irreversible kompetitive Hemmung! (2 Punkte)



V.G. Erkläre den Zweck der Zellatmung!

Die Zellatmung dient dazu, die während der Fotosynthese in chemischen Bindungen gespeicherte chemische Energie aus in die Zelle transportierten energiereichen Molekülen wie Glucose durch Oxidation mit Sauerstoff herauszuholen, indem die Glucose oder ähnlich energiereiche Moleküle schrittweise in Wasser und Kohlenstoffdioxid zerlegt werden.

AFB III

V.H. Entwickle eine Hypothese zur Erklärung der Möglichkeit einer irreversiblen,

isosterischen und nicht kompetitiven Aktivierung!

Ein Ion oder kleines Molekül könnte kovalent im aktiven Zentrum so binden, dass es die Bindung der Substrate nicht stört, gleichzeitig aber die Form des Enzyms dauerhaft so verändert, dass es schneller arbeitet.

Darstellung: / , insgesamt: von Punkten