

Staatliches Seminar für Didaktik und Lehrerbildung (RS) Reutlingen

NWA – Tag 2007:
„Stoffwechsel und Energieumwandlungsprozesse“

Thema:

So funktionieren Enzyme

Erarbeitet von:

Martina Tagmann

Sibylle Hafner

Dominik Just

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen	3
1.1 Was sind Enzyme?	3
1.2 Wie funktionieren Enzyme?	4
1.3 Enzyme, für was?	6
1.4 Aktivierung und Hemmung von Enzymen	9
2. Bezug zum Bildungsplan	11
3. Praktische Umsetzungsmöglichkeiten	12
3.1 Kiwi – Quark	12
3.2 Joghurt – Herstellung	15
3.3 Käse – Produktion	16
4. Literatur	20

1. Grundlagen

1.1 Was sind Enzyme?

Der Definition nach Campbell sind Enzyme „eine Klasse von Proteinen, die als Katalysatoren dienen; chemische Agenzien, welche die Reaktionsgeschwindigkeit verändern, ohne in der Reaktion verbraucht zu werden.“¹ Der Begriff Agenzien bezeichnet wirksame Stoffe und wirkende Mittel.²

Enzyme werden auch als Fermente bezeichnet, was vom Lateinischen *fermentum* stammt.³

Klassifiziert werden Enzyme folgendermaßen:

„Enzyme werden entsprechend der von ihnen katalysierten Reaktion in sechs Enzymklassen eingeteilt:

1. *Oxidoreduktasen*, die Redoxreaktionen katalysieren.
2. *Transferasen*, die funktionelle Gruppen von einem Substrat auf ein anderes übertragen.
3. *Hydrolasen*, die Bindungen unter Einsatz von Wasser spalten.
4. *Lyasen*, auch *Synthasen* genannt, die die Spaltung oder Synthese komplexerer Produkte aus einfachen Substraten katalysieren, allerdings *ohne* Spaltung von ATP (Adenosintriphosphat)
5. *Isomerasen*, die die Umwandlung von chemischen Isomeren beschleunigen.
6. *Ligasen* oder *Synthetasen*, die die Bildung von Substanzen katalysieren, die chemisch komplexer sind als die benutzten Substrate, allerdings sind sie im Unterschied zu den Lyasen nur unter *ATP-Spaltung* enzymatisch wirksam.“⁴

Enzyme lassen sich auch aufgrund ihres Aufbaus unterscheiden. Es gibt *reine Protein-Enzyme* und *Holoenzyme*. Reine Protein-Enzyme bestehen nur aus Proteinen und das aktive Zentrum wird nur aus Aminosäureresten gebildet. Holoenzyme bestehen aus einem Proteinanteil → *Apoenzym* genannt und einem Cofaktor, einem niedermolekularen Molekül, welches kein Enzym ist.⁵

¹ Zit. CAMPBELL, 2000, S.1331

² Vgl. DUDEN FREMDWÖRTERBUCH, 2005, S.34

³ Vgl. SCHÜLERDUDEN BIOLOGIE, 2003, S. 151

⁴ Zit. <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzyme> (26.05.1007)

⁵ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzyme> (26.05.2007)

In ihrer Funktion als Katalysatoren beschleunigen sie Stoffwechselprozesse der lebenden Zellen und stellen sie auf ein Gleichgewicht ein.⁶ Dabei katalysieren sie immer ganz bestimmte Reaktionen des Stoffwechsels. Die Stoffe, die von ihnen umgesetzt werden, heißen *Substrate*. Wie schon erwähnt sind die meisten Enzyme Proteine. Einige haben aber auch noch eine niedermolekulare Nicht-Proteinverbindung an ihr Molekül gebunden, welches bei der Katalyse mitwirkt. Wenn diese Verbindung nur lose gebunden ist, wird sie als *Coenzym* bezeichnet. Ist sie dagegen so fest gebunden, sodass mit der Abtrennung eine Strukturveränderung des Enzyms einhergeht, dann bezeichnet man sie als *prosthetische Gruppe*.⁷ Dies nennt man eine kovalente Bindung.⁸ Die katalytische Funktion, welche die entscheidende ist, kommt aber immer dem Protein zu.⁹

Bis jetzt sind rund 3000 Enzyme bekannt.¹⁰

Gekennzeichnet werden Enzyme durch die Endung *-ase*.¹¹

1.2 Wie funktionieren Enzyme?

Enzyme als Katalysatoren

„Ein Katalysator verändert die Reaktionsrate, ohne selbst in der Reaktion verbraucht zu werden.“¹² Das bedeutet, dass ein Enzym eine katalysierte Reaktion beschleunigt. Organische Stoffe können durch Anwesenheit von Sauerstoff verbrannt werden (zu Kohlenstoffdioxid und Wasser), sie sind jedoch bei natürlicher Umgebungstemperatur stabil, da sonst keine Lebewesen existieren könnten. Diese Verbindungen werden als *metastabil* bezeichnet, da die Stoffe erst mit Sauerstoff reagieren, wenn ein bestimmter Energiebetrag zugeführt wird. Dieser wird als *Aktivierungsenergie* bezeichnet.¹³ Diese Aktivierungsenergie wird zum Aufbrechen von Bindungen der Moleküle der Reaktionspartner benötigt. Ein Enzym erhöht dabei die Reaktionsgeschwindigkeit indem es die Aktivierungsenergie herabsetzt und somit die Barriere, welche zum Ablauf der Reaktion überwunden werden muss, erniedrigt. Dabei können Enzyme jedoch nur solche Reaktionen beschleunigen, welche sowieso ablaufen würden.¹⁴ Der Katalysator, also das Enzym, steht nach der Umsetzung der Substrate wieder zu Verfügung, da er unverändert aus der Reaktion hervorgeht. Das bedeutet, dass schon geringe Mengen des Katalysators große Substratmengen umwandeln können.

⁶ Vgl. SCHÜLERDUDEN BIOLOGIE, 2003, S. 151

⁷ Vgl. SCHÜLERDUDEN BIOLOGIE, 2003, S. 151

⁸ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzyme> (26.05.2007)

⁹ Vgl. LINDER BIOLOGIE, 1998, S.121

¹⁰ Vgl. SCHÜLERDUDEN BIOLOGIE, 2003, S. 151

¹¹ Vgl. LINDER BIOLOGIE, 1998, S.121

¹² Zit. CAMPBELL, 2000, S.105

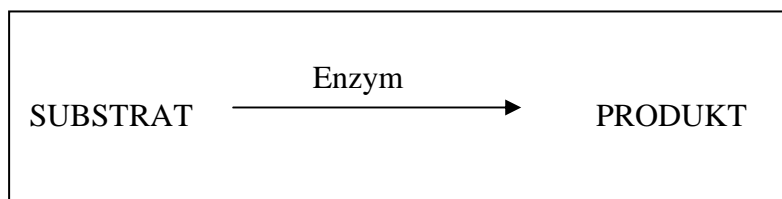
¹³ Vgl. LINDER BIOLOGIE, 1998, S.121f

¹⁴ Vgl. CAMPBELL, 2000, S.105f

Enzyme sind zudem Katalysatoren die temperaturempfindlich sind, da oberhalb von 50°C die Proteindenaturierung einsetzt. Jedes Enzym hat auch ein *pH-Optimum*, bei dem es die höchste Aktivität aufweist.¹⁵

Substratspezifität & Wirkungsspezifität / Reaktionsspezifität

Enzyme sind hochspezifisch. Sie können nur mit einer begrenzten Anzahl von Substraten reagieren → *substratspezifisch*.¹⁶ Der Begriff *Substrat* bezeichnet den Reaktand auf den das Enzym einwirkt. Das Enzym bindet dabei den Reaktand (oder die Reaktanden) und dabei wird am Enzym das Substrat in das Produkt verwandelt. Dies geschieht aufgrund der katalytischen Wirkung des Enzyms. Dies lässt sich so veranschaulichen:



Dabei können Enzyme ihre Substrate sehr genau unterscheiden. Auch zum Beispiel von deren Isomeren. Jeder Enzymtyp katalysiert auch nur eine ganz bestimmte Reaktion → *reaktionsspezifisch* oder *wirkungsspezifisch*. Da es sich bei Enzymen um Makromoleküle handelt, welche eine dreidimensionale Konformation aufweisen, beruht die Spezifität auf der Gestalt des Enzyms.

Die Region, an die das Substrat gebunden wird, wird als *aktives Zentrum* bezeichnet und ist eine Tasche oder Spalte auf der Enzymoberfläche. Das aktive Zentrum wird nur von einigen Aminosäure – Seitenketten gebildet. Der restliche Proteinkomplex schützt und stabilisiert das aktive Zentrum. Die Passgenauigkeit zwischen der Form des aktiven Zentrums und des Substrats, macht hier die Spezifität aus.

Bindet sich nun ein Substrat an das aktive Zentrum, so entsteht ein so genannter *Enzym-Substrat-Komplex*.¹⁷ Dieses Prinzip wird als Schlüssel-Schloss-Prinzip bezeichnet, da das Substrat wie ein Schlüssel in das dazugehörige Schloss (aktives Zentrum) passt.¹⁸ Dabei wird das Substrat durch Wasserstoffbrücken und Ionenbindungen am aktiven Zentrum gehalten.

¹⁵ Vgl. LINDER BIOLOGIE, 1998, S.121f

¹⁶ Vgl. SCHÜLERDUDEN BIOLOGIE, 2003, S. 151

¹⁷ Vgl. CAMPBELL, 2000, S.107f

¹⁸ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzyme> (26.05.2007)

Die Aminosäure – Seitenketten katalysieren die Umwandlung von Substrat zu Produkt, welches dann das aktive Zentrum verlässt. Somit ist das Enzym wieder frei für neue Substratmoleküle. Enzyme gehen dabei unverändert (wie alle Katalysatoren) aus der Reaktion hervor.¹⁹

1.3 Enzyme – für was?

Wenn man den Begriff „Enzyme“ hört, denkt man vermutlich zuerst an die Verdauung, aber auch an anderen Stellen des Stoffwechsels spielen Enzyme eine zentrale Rolle. Zu nennen wären hier zum Beispiel die Photosynthese, der Citrat-Zyklus oder die Glycolyse, aber auch bei der Vervielfältigung der DNA, also bei Transkription, Translation und DNA-Replikation sind Enzyme beteiligt.

Doch damit ist noch lange nicht alles genannt. Auch zur Reizaufnahme und -weitergabe werden Enzyme benötigt und auch für das Immunsystem sind sie von zentraler Bedeutung.

Abgesehen vom Vorkommen in Organismen, werden Enzyme gezielt gewonnen bzw. hergestellt, um sie in Industrie und Medizin zu nutzen. So wird zur Herstellung von Käse Labferment (Chymosin) aus den Mägen von Kälbern gewonnen²⁰ oder es werden mikrobielle Labpräparate eingesetzt, da diese preisgünstiger sind als Lab aus Kälbermägen.²¹ Des Weiteren kommen Enzyme bei der Klärung von Obstsaften (Pectinasen) und als Weichmacher von Fleisch (Proteasen) verwendet. Bei der Herstellung von Wein werden Enzyme (Pektinasen, Glucanasen, Cellulasen, Laccase) zur besseren Extraktion von Aromen und Farbstoffen eingesetzt. Der Einsatz von Enzymen beim Brauen von Bier ist nach dem deutschen Reinheitsgebot allerdings verboten.

Bei der Herstellung von Brot und Backwaren werden Enzyme genutzt um die Teigeigenschaften und somit die Verarbeitungsfähigkeit zu verbessern. Außerdem werden durch Enzyme die Haltbarkeit, das Volumen und die Krustenstabilität beeinflusst.

Durch Enzyme wird bei Süßwaren, wie Marzipan das Auskristallisieren verhindert oder es werden Pralinenfüllungen nachträglich verflüssigt.²²

„In Deutschland benötigen Lebensmittel-Enzyme keine Zulassung. Sie werden auch nicht auf der Zutatenliste aufgeführt.“²³

¹⁹ Vgl. CAMPBELL, 2000, S.107f

²⁰ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzym> (26.05.2007)

²¹ Vgl. WARD, 1994, S.213

²² Vgl. <http://www.transgen.de/gentechnik/enzyme/> (26.05.2007)

²³ Zit. <http://www.transgen.de/gentechnik/enzyme/> (26.05.2007)

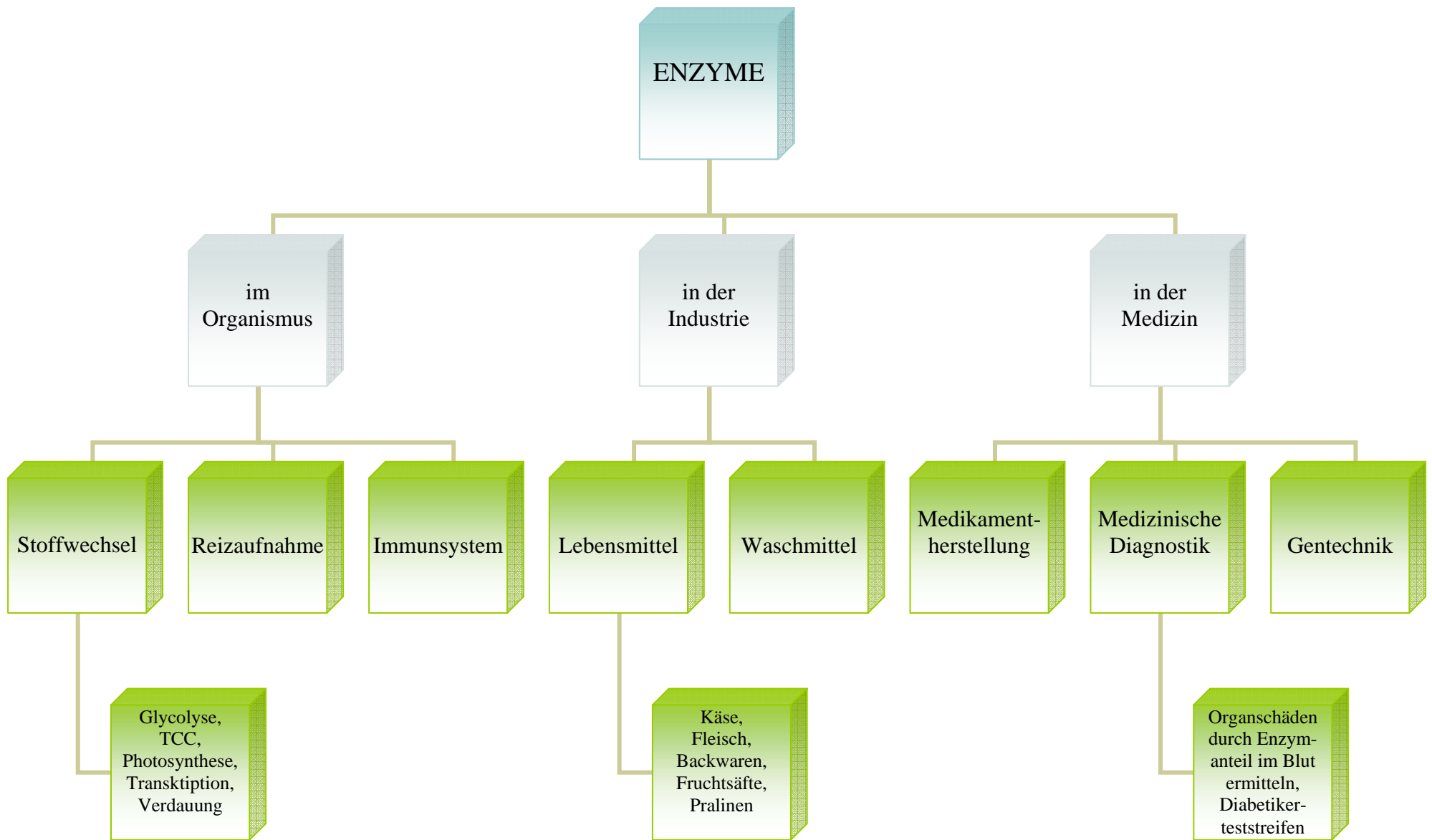
In der Waschmittelindustrie werden Enzyme zum Abbau von Eiweißresten (Proteasen) verwendet. Dabei sind hitzestabile Enzyme von Bedeutung. Diese werden aus thermophilen Prokaryoten gewonnen.²⁴

Zur Herstellung von Medikamenten kommen ebenso Enzyme zum Einsatz, um nur einige Beispiele zu nennen. Außerdem arbeitet die medizinische Diagnostik mit Enzymen und kann so Krankheiten feststellen bzw. zum Beispiel den Blutzuckergehalt ermitteln, was mit Hilfe der Diabetikerteststreifen Gang und Gäbe ist.²⁵

Dieses vielfältige Vorkommen und der verbreitete Einsatz von Enzymen, lassen sich in folgender Grafik übersichtlicher darstellen:

²⁴ Vgl. LINDER BIOLOGIE, 1998, S.125

²⁵ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzym> (26.05.2007)



1.4 Aktivierung und Hemmung von Enzymen

Die Wirkung von Enzymen findet nicht unkontrolliert statt, sondern wird vom Stoffwechsel reguliert. Im Kreislauf des Körpers befinden sich Stoffe, die durch Verbindung mit einem Enzym, dessen Aktivität regulieren – sie werden *Effektoren* genannt.

Der Aufbau eines Enzyms sieht zwei Stellen vor, an denen sich solch eine Regulation vollziehen kann.

Sie besitzen außer dem aktiven Zentrum (*katalytisches Zentrum*) eine zweite „Andockstelle“, an der Hemmstoffe und Aktivatoren ansetzen können. Diese wird *allosterisches Zentrum* genannt²⁶.

Abhängig vom Zentrum, an dem angedockt wird, unterscheidet man die verschiedenen Arten der enzymatischen Hemmung.²⁷

Greift ein Hemmstoff am aktiven Zentrum des Enzyms an und tritt mit dessen spezifischem Substrat in Konkurrenz, so nennt man diesen Vorgang *kompetitive Hemmung*.

In diesem Fall ist die Blockade des katalytischen Zentrums reversibel, da der Hemmstoff nicht fest gebunden ist und durch ein Substrat abgelöst werden kann.²⁸

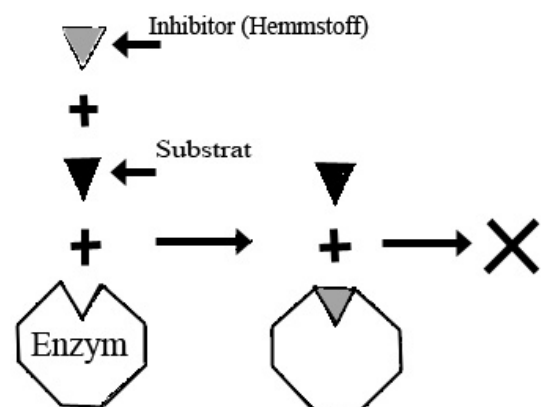
Ganz anders sieht der Fall aus, wenn z. B. Schwermetall – Ionen am Enzym andocken. Binden diese an ein Enzym, ist dieser Vorgang irreversibel und das Enzym fällt größtenteils aus dem Stoffwechsel aus – diese Verbindung bewirkt eine sogenannte *nicht kompetitive Hemmung*.²⁹ Inhibitoren

(Hemmstoffe) dieser Beschaffenheit docken an einer beliebigen Stelle des Enzyms an und verändern dadurch dessen Gestalt. Infolgedessen kann das Enzym zwar noch Substrate binden, aber nur sehr langsam verarbeiten. Da sich Schwermetall – Ionen mit sehr vielen Enzymen verbinden, sind sie giftig für den Körper.

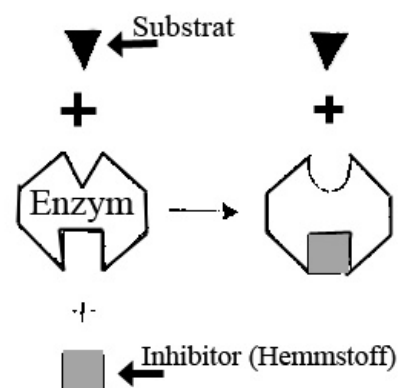
Neben der Kompetitiven- bzw. nicht kompetitiven Hemmung, gibt es noch die *allosterische Hemmung*.³⁰

Wie der Name schon sagt, geht sie vom *allosterischen Zentrum* aus³¹.

Kompetitive Hemmung:



Allosterische Hemmung:



²⁶ Vgl. CAMPBELL, S.111

²⁷ Vgl. LINDER, S.124f

²⁸ Vgl. CAMPBELL, S. 110f

²⁹ Vgl. LINDER, S. 124f

³⁰ Vgl. LINDER, S.124f

³¹ Vgl. CAMPBELL, S. 111f

Ein spezifischer Inhibitor (Hemmstoff) dockt am allosterischen Zentrum eines Enzyms an und geht mit diesem eine Bindung ein.

Durch die Verbindung initiiert, ändert das Enzym seinen Aufbau und somit auch die Beschaffenheit des katalytischen Zentrums.

Diese Veränderung macht es den Substraten unmöglich, sich an das Enzym zu binden – das Enzym ist gehemmt.

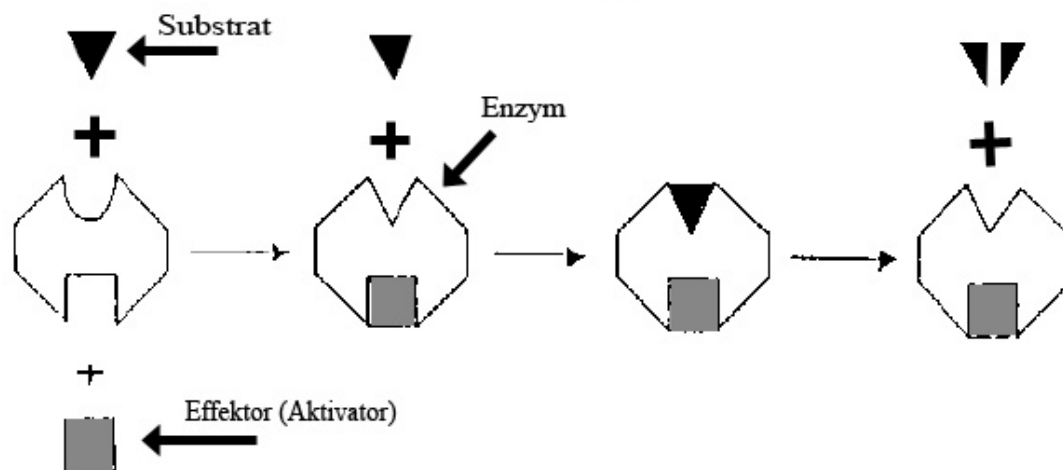
Die Hemmung von Enzymen ist kein negativer Effekt, der Nervengiften o. Ähnlichem zuzuordnen wäre, sondern ein notwendiger Mechanismus des Stoffwechsels.

Das allosterische Zentrum dient darum nicht nur dazu, Hemmstoffe anzudocken. Viele Enzyme werden durch Verbindungen mit sogenannten Aktivatoren aktiviert – steigern also ihren Substratumsatz.

Die allosterische Aktivierung stellt das Gegenstück zur allosterischen Hemmung dar. Beide sind ein wichtiger Bestandteil der Regulation innerhalb des menschlichen Stoffwechsels.

Auf der nachstehenden Grafik ist dies noch einmal verdeutlicht:

Allosterische Aktivierung:



Bei der Zellatmung spielen z. B. Enzyme eine Rolle, die durch ATP (Adenosintriphosphat) gehemmt, aber von ADP (Adenosindiphosphat) aktiviert werden. Der Stoffwechsel regeneriert ATP aus ADP. Wenn nicht genug ATP produziert wird, überwiegt das ADP und setzt sich öfter am entsprechenden Enzym an – folglich wird die ATP-Produktion angekurbelt. Ist genug ATP vorhanden, hemmt es die Produktion wiederum. So reguliert sich der Stoffwechsel aufgrund der Hemmung bzw. Aktivierung von Enzymen.

Enzyme, die sich über das allosterische Zentrum regulieren, werden allosterische Enzyme genannt.³²

³² Vgl. CAMPBELL, S. 111f

2. Bezug zum Bildungsplan

Grundsätzlich lässt sich das Thema Enzyme im Bildungsplan den Bereichen „den eigenen Körper verstehen“ und „die Prinzipien des Lebendigen verstehen“ zuordnen. Natürlich können durch die Erarbeitung dieses Themenkomplexes, je nach Umsetzung, verschiedenste Kompetenzen im Bereich Denk- und Arbeitsweisen mit einbezogen werden. Zu nennen wäre hier zum Beispiel die Planung, Durchführung und Ergebnisdokumentation von Versuchen, aber auch das Sammeln, Aufbereiten und Präsentieren von Sachinformationen und Vieles mehr.

Thematisch könnte das Thema Enzyme in den Bereich „vom Rohstoff zum Produkt“ eingebunden werden.³³

Ergänzend könnte dann auch ein Lerngang z.B. in eine Käserei stattfinden, was sich vor allem dann anbieten würde, wenn sich die Schule in der Nähe einer solchen befindet, wie dies zum Beispiel in Riedlingen der Fall ist.

³³Vgl. www.bildung-staerkt-menschen.de (26.05.2007)

3. Praktische Umsetzungsmöglichkeiten

3.1 Kiwi-Quark



Um die Tätigkeit von Enzymen eindrücklich erfahrbar zu machen eignet sich der folgende Versuch mit Kiwis und Quark.

Material:

Quark (gekühlt und ungekühlt),
Milch (gekühlt und ungekühlt),
Kiwi (gekühlt und erhitzt),
Zucker

Vorbereitung:

Herstellen von zwei Quarkspeisen: Eine Quarkspeise wird aus dem gekühlten Quark, der gekühlten Milch und Zucker hergestellt. Die zweite Quarkspeise wird ebenso gemacht, mit dem Unterschied, dass hierfür die ungekühlten Zutaten verwendet werden.

Vorbereitung von drei Schüsselchen:

Diese müssen entsprechend der nachfolgenden Versuche markiert werden.

- gekühlter Quark & gekühlte Kiwi
- ungekühlter Quark & gekühlte Kiwi
- ungekühlter Quark & erhitzte Kiwi

Versuchsgänge:

Teilversuch 1:

Hierfür wird ein Teil der **gekühlten** Quarkspeise in die erste der beschrifteten Schüsselchen gefüllt und mit einem Teil der pürierten Kiwi vermischt.

Anschließend muss sofort der Geschmack an einer kleinen Menge getestet und auf einer zuvor angefertigten Tabelle eingetragen werden.

Wichtig: Schüsselchen anschließend in den Kühlschrank stellen.

Drei weitere Geschmacksproben werden nach jeweils 10 Minuten genommen und die Veränderung im Geschmack wird in der Tabelle dokumentiert.

Teilversuch 2:

Hierfür wird ein Teil der **ungekühlten** Quarkspeise in die zweite der beschrifteten Schüsselchen gefüllt und mit einem Teil der pürierten Kiwi vermischt.

Anschließend muss wiederum sofort der Geschmack an einer kleinen Menge getestet und auf der zuvor angefertigten Tabelle eingetragen werden.

Wichtig: Schüsselchen nicht kühl stellen.

Drei weitere Geschmacksproben werden nach jeweils 10 Minuten genommen und die Veränderung im Geschmack in der Tabelle dokumentiert.

Teilversuch 3:

Hierfür wird ein Teil der **ungekühlten** Quarkspeise in die dritte der beschrifteten Schüsselchen gefüllt und mit einem Teil der **erhitzten** pürierten Kiwi vermischt.

Anschließend muss wiederum sofort der Geschmack an einer kleinen Menge getestet und auf der zuvor angefertigten Tabelle eingetragen werden.

Wichtig: Schüsselchen ebenfalls nicht kühl stellen.

Drei weitere Geschmacksproben werden nach jeweils 10 Minuten genommen und die Veränderung im Geschmack wird in der Tabelle dokumentiert.

Deutungsaufgabe:

Wie lässt sich die jeweils getestete Geschmacksänderung erklären?

Chemischer Hintergrund:

Kiwis enthalten das Enzym Actinidin. Dieses kann Milcheiweiße, die im Quark und in der Milch enthalten sind, abbauen. Durch diesen Abbau kommt es zur Geschmackveränderung.³⁴

³⁴ Vgl. <http://www.u-helmich.de/bio/stw/enz/vers/versuch05.html> (26.05.2007)

3.2 Joghurt – Herstellung

Material: 200g Naturjoghurt
1l Milch

Vorgehensweise:

Man verrührt in einem Liter Milch 200 Gramm Joghurt. Diese Mischung füllt man in 6 Gläschen und stellt diese acht Stunden (am Besten über Nacht) in einen Joghurt-Zubereitungsautomaten. Danach den Joghurt zum Auskühlen in den Kühlschrank stellen.

Alternativ kann man die Milch auch auf 43°C erwärmen, mit dem Joghurt vermischen und in einer Thermoskanne acht Stunden ruhen lassen.³⁵ „Ein stichfester Joghurt kann allerdings nur hergestellt werden, wenn der Proteinanteil der Milch durch Zugabe von Milchpulver etwas erhöht wird.“³⁶



Chemischer Hintergrund:

Joghurt wird aus Milch hergestellt, welche durch Milchsäurebakterien eingedickt wird. Diese Herstellung wird als Fermentation³⁷ bezeichnet. Die Milchsäure führt zu einer pH-Absenkung. Die Hauptproteine der Milch (die Caseinmicellen) können sich ab einem bestimmten pH-Wert nicht mehr in Lösung halten und koagulieren unter Bildung eines Netzwerkes. Dies wird als Dicklegung bezeichnet. In den Zwischenräumen wird dabei das in der Milch enthaltene Wasser und die verbleibenden Proteinfractionen (Molke) eingeschlossen.

³⁵ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Joghurtger%C3%A4t> (26.05.2007)

³⁶ Zit. <http://de.wikipedia.org/wiki/Joghurtger%C3%A4t> (26.05.2007)

³⁷ Fermentation oder Fermentierung bezeichnet in der Biotechnologie die Umsetzung von biologischen Materialien mit Hilfe von Bakterien-, Pilz- oder Zellkulturen oder aber durch Zusatz von Enzymen (Fermenten). (<http://de.wikipedia.org/wiki/Fermentation> (26.05.2007))

Der klassische Naturjoghurt ist den meisten Verbrauchern heutzutage zu sauer und deshalb werden meist „milde“ Kulturen eingesetzt.³⁸ „Diese bilden überwiegend rechtsdrehende L(+)-Milchsäure, welche ernährungsphysiologisch vorteilhafter ist, da sie durch ein spezifisches Enzym, die L(+)-Laktatdehydrogenase, schneller abgebaut wird als linksdrehende Milchsäure.“³⁹

3.3 Käse – Produktion

Die Herstellung von Käse war vermutlich eine zufällige Entdeckung. Milch wurde früher in Ziegenmägen aufbewahrt, gerann und wurde dabei als nützliches Nahrungsmittel erkannt.⁴⁰

Wie dieses Beispiel schon deutlich macht, ist die Milch das Ausgangsprodukt für Käse. Dabei kann natürlich Milch von verschiedensten Tieren verwendet werden. Wichtig ist dabei nur, dass diese entweder roh oder pasteurisiert, nicht aber homogenisiert worden ist. Der Vorteil des Pasteurisierens besteht darin, dass Keime abgetötet werden. Dieser Schritt ist also vor allem aus lebensmittelrechtlichen Gründen sinnvoll. Andererseits führt dieser Schritt aber auch dazu, dass die Geschmacksintensität des Käses geringer ist.⁴¹

³⁸ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Joghurt> (26.05.2007)

³⁹ Zit. <http://de.wikipedia.org/wiki/Joghurt> (26.05.2007)

⁴⁰ Vgl. Gacesa, Hubble, 1992, S.101

⁴¹ Vgl. Kool, 1998, S. 214/215



Und so wird's gemacht:

Mit freundlicher Genehmigung des Biolandhofes in 75446 Wiernsheim:

Blessings Käse Rezept zum Selberkäsen in der eigenen Küche

Zutaten :

4 l Rohmilch im
50g Jogurt Hofladen
1 ml Flüssiglab erhältlich
Salz

Zusätzlich je nach Geschmack
Kräuter, Gewürze, Zwiebel,



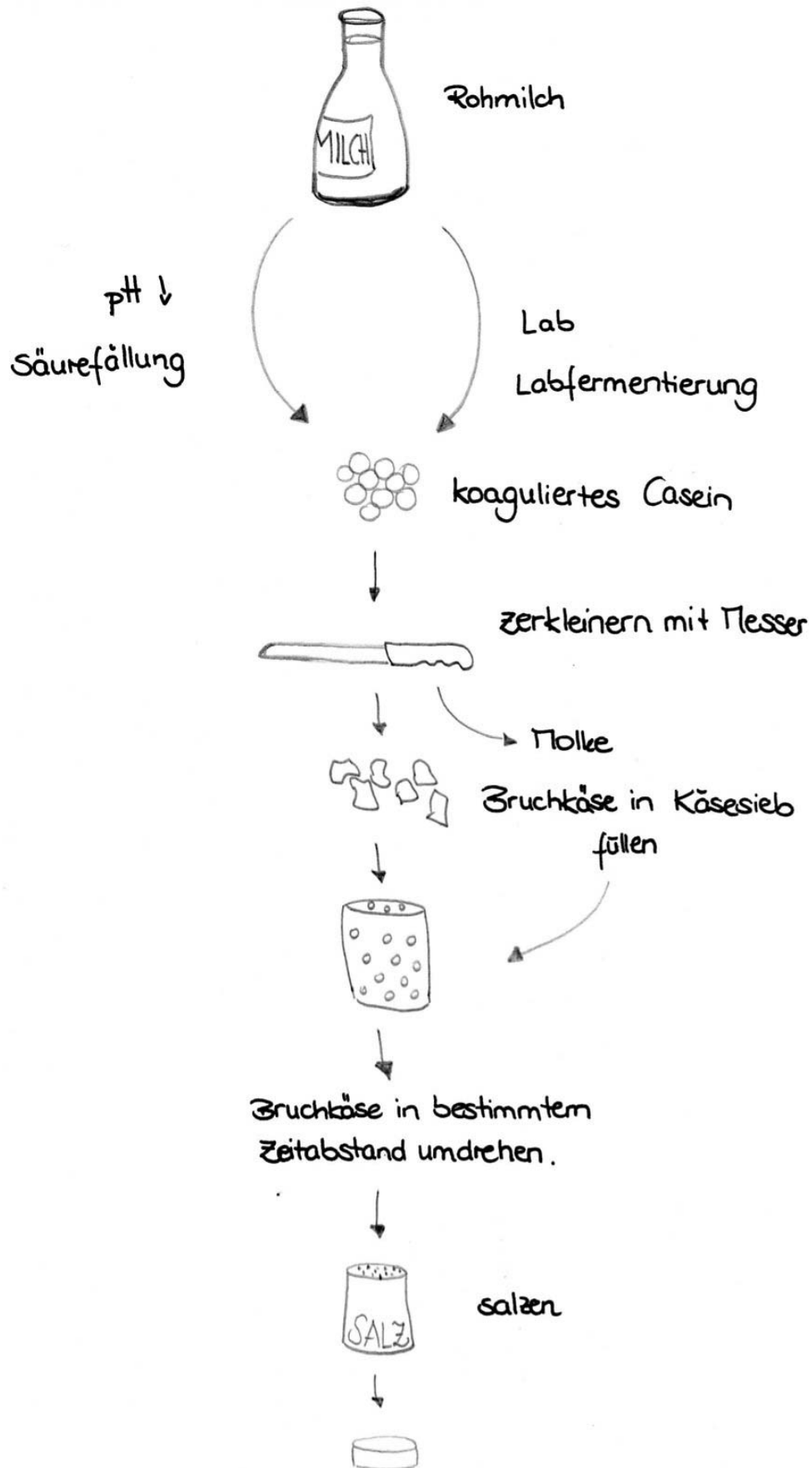
Arbeitsmittel :

1 großer Kochtopf auf Herd für Warmwasserbad oder
wenn vorhanden 1 Elektroerdünnstafen
1 Schüssel für Milch, passend in Wasserbadtopf
1 Schüssel für Molke
1 Kuchengitter auf Molkeschüssel passend
1 großes Messer oder 1 Kuchenpalette
1 Schneebesen
1 Thermometer
1 Schöpfkelle
2 Käseformen mit Löcher im Hofladen erhältlich

Herstellung :

- 4 l Milch im Wasserbad auf 38°C erwärmen, (Wasser nicht über 40°C, dann kann die Milch im Wasserbad auf ca. 38°C warmgehalten werden).
- 50g Jogurt und 1 ml Flüssiglab in die Milch gut einrühren.
- Danach 1 Std. im Wasserbad bei 38°C ruhig stehen lassen. Abdecken.
- Nach 1 Std. prüfen, ob Milch zu gallertartigen Masse (Dickete) geworden ist.
- Dickete mit großem Messer oder Kuchenpalette und Schneebesen in 1-2 cm große Würfel schneiden. (sogenannter Käsebruch)
- Nach ca. 5 min Käsebruch vorsichtig in Bewegung halten (nicht mit Schneebesen!).
- Käsebruch bei neutralem Käse mit Schöpfkelle direkt in Käseformen füllen. Diese stehen auf dem Kuchengitter über der Molkeschüssel. Bei gewürzten Käsesorten den Käsebruch zuerst in kleinere Schüssel schöpfen, dort Gewürz einmischen und in Käseformen abfüllen.
- Nach 10 min. Käse in der Käseform drehen.
- Nach 10 min wieder drehen und später in immer längeren Abständen mehrmals drehen (5-10x)
- Nach 8-12 Std. Käse aus den Formen nehmen, von allen Seiten gut einsalzen und in Kühlschrank legen. (In der Käseform auf einer Untertasse).
- 1 Tag später Salz abwaschen, Käse auf Kuchengitter etwas trocknen lassen und wieder in Kühlschrank evtl. auf Holzbrett oder Gitter legen. (Ohne Käseform).
- Käsepflege : Käse tägl. beobachten und drehen. Bei leichtem Schimmelbelag mit Salzwasser abreiben, trocknen lassen und wieder zurück in Kühlschrank auf Gitter oder Holzbrett. Bei sachgerechter Pflege kann Käse bis zu 6 Wochen im Kühlschrank reifen. (je länger, desto intensiver der Geschmack).
- Der Käse kann in jedem Reifestadium verzehrt werden.

Und hier das Ganze noch einmal grafisch dargestellt:



4. Literatur

- CAMPBELL, Neil A.; Biologie; 2. korrigierter Nachdruck; 2000; Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg, Berlin & Oxford.
- DUDEN: Fremdwörterbuch; Band 5; 8. neu bearbeitete und erweiterte Auflage; 2005; Dudenverlag: Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich.
- GACESA, P.; HUBBLE, J.: Enzymtechnologie; 1992; Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York u.a.
- Kool, J. Prof. Dr. u.a.: Kaffee, Käse, Karies.... Biochemie im Alltag; 1998; Wiley-VCH Verlag: Weinheim.
- LINDER: Biologie; 21. neu bearbeitete Auflage; 1998; Schroedel Verlag: Hannover.
- SCHÜLERDUDEN: Biologie; 5. aktualisierte Auflage; 2003; Dudenverlag: Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich.
- WARD, Owen P.: Bioreaktionen: Prinzipien, Verfahren, Produkte; 1994; Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York u.a.

Elektronische Quellen:

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Enzyme> (26.05.2007)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Joghurt> (26.05.2007)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Joghurtger%C3%A4t> (26.05.2007)
- <http://www.transgen.de/gentechnik/enzyme/> (26.05.2007)
- <http://www.u-helmich.de/bio/stw/enz/vers/versuch05.html> (26.05.2007)