

## Zwölffingerdarm

### Wirkungsweise der Enzyme

### Insulin

Im Verdauungsapparat folgt unmittelbar nach dem Magen der Zwölffingerdarm. Er ist der erste Abschnitt des Dünndarms. Gallenblase und Bauchspeicheldrüse (Pankreas) geben ihren Saft in diesen Teil des Darms ab.

Die Flüssigkeit der Gallenblase zerlegt Fette in winzig kleine Tröpfchen, der Bauchspeichelsaft verdaut Kohlenhydrate, Proteine und die kleinen Fetttröpfchen.

Für die Verdauung sind Wirkstoffe, die in der Fachsprache als Enzyme bezeichnet werden, verantwortlich. Enzyme kommen in unserem gesamten Körper vor. Sie regulieren und beschleunigen chemische Prozesse, ohne dabei selbst verändert zu werden.

Neben dem Verdauungssaft produziert die Bauchspeicheldrüse auch Insulin, welches ins Blut abgegeben wird. Insulin ist ein Hormon, das den Zuckergehalt im Blut regelt. Es ermöglicht unseren Körperzellen Zucker aus dem Blut aufzunehmen und veranlasst die Speicherung von überschüssigem Zucker in der Leber und den Muskeln.

⇒ Der beiliegende Traubenzucker wird Deinen Hirnzellen schon nach kurzer Zeit genügend Energie liefern, damit sie optimal weiterarbeiten können.

#### Ziele:

1. *An einem selber angefertigten Modell kannst Du Deinen Kollegen die Arbeitsweise der Enzyme erklären.*
2. *Du vermagst die Funktion des Gallen- und Bauchspeicheldrüsensaftes zu erläutern.*
3. *Du bist in der Lage verständlich darzulegen, wozu das in der Bauchspeicheldrüse produzierte Insulin dient.*

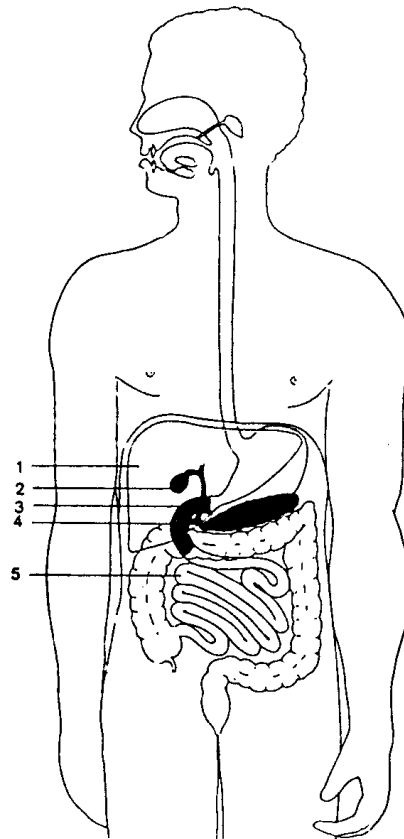
# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Der Zwölffingerdarm	31 + 32
2. Wirkungsweise der Enzyme	33
3. Der Blutzucker muss stimmen	34
4. Versuche / Aufgaben	35
5. Lernkontrolle	36 + 37

# 1. Der Zwölffingerdarm

Der Zwölffingerdarm hat seinen Namen aufgrund seiner Länge erhalten, die ungefähr zwölf Fingerbreiten entspricht. Er gehört zum Dünndarm, der eine Gesamtlänge von 2 - 3 m aufweist. Die Ausführungsgänge der **Gallenblase** und der **Bauchspeicheldrüse** (Pankreas) münden in den Zwölffingerdarm. Der Saft der beiden Organe verdaut den im Mund und Magen vorverdauten Speisebrei zu Ende. Natürlich laufen diese Verdauungsprozesse nicht nur im kurzen Zwölffingerdarm ab, sondern auch in einem grossen Teil des Dünndarms. Die Schleimhaut des Dünndarms sondert zudem Verdauungssaft ab, der bei der Endzerlegung der aufgenommenen Nahrung mithilft.

**Einfachzucker** (z.B. Glucose), **Aminosäuren**, **Glycerin** und **Fettsäuren** sind die Endprodukte der Verdauung.



1. Leber 2. Gallenblase 3. Zwölffingerdarm  
4. Bauchspeicheldrüse (Pankreas) 5. Dünndarm  
(Bay, Schneider und Strecker 1993, 21)

## Der Gallensaft

Täglich produziert die **Leber** etwa 0,5 l Gallensaft, eine gelbbraune bis gelbgrüne Flüssigkeit. In der Gallenblase wird der Saft eingedickt, gespeichert und bei Bedarf in den Zwölffingerdarm abgegeben. Die Galle wird für die Fettverdauung benötigt. Sie enthält vor allem Gallensäure, die das Nahrungsfett in kleinste **Fetttröpfchen** (Emulsion) zerlegt. Durch diese Oberflächenvergrößerung kann ein Enzym der Bauchspeicheldrüse, die Lipase, besser einwirken.

## Der Bauchspeichelsaft

Pro Tag bildet die Bauchspeicheldrüse etwa 1,5 l Verdauungssaft. Diese Flüssigkeit wird dem Darminhalt beigemischt. Sie enthält zahlreiche Enzyme, die für die endgültige Spaltung sowohl der **Proteine** als auch der **Kohlenhydrate** und **Fette** notwendig sind. Die proteinverdauenden Enzyme werden erst im Darm aktiv. Dadurch wird die Selbstverdauung

der Bauchspeicheldrüse verhindert. Die Darmwand ist durch eine Schleimschicht vor diesen Enzymen geschützt.

Die wichtigsten proteinspaltenden Enzyme sind **Trypsin** und **Erepsin**. Sie zerlegen die Proteine in Aminosäuren. Kohlenhydrate werden durch **Amylase**, **Maltase** und **Laktase** abgebaut. Die Amylase spaltet die restliche Stärke in Malzzucker, die Maltase zerlegt diesen in Einfachzucker. Der Milchzucker wird von der Laktase in Einfachzucker zerlegt. **Lipase** spaltet Fette in Glycerin und Fettsäuren.

## Der Dünndarmsaft

Die vielen Drüsen und Drüsenzellen der Dünndarmschleimhaut bilden täglich etwa 3 l Verdauungssaft. Die darin enthaltenen Enzyme unterstützen die Bauchspeichelenzyme bei der Spaltung von Proteinen, Kohlenhydraten und Fetten.

Die Tabelle zeigt den Abbau der drei Nährstoffe Kohlenhydrate, Proteine und Fette durch die entsprechenden Enzyme.

	Kohlenhydrate	Proteine	Fette
Mund	<p><i>Amylase</i></p> <p>Stärke -----&gt; Malzzucker</p>		
Magen		<p><i>Pepsin</i></p> <p>Protein -----&gt; Proteinbruchstücke</p>	
Dünndarm (Zwölffingerdarm)	<p><i>Amylase</i></p> <p>Stärke -----&gt; Malzzucker</p> <p><i>Maltase</i></p> <p>Malzzucker -----&gt; Glucose</p>	<p><i>Erepsin + Trypsin</i></p> <p>Proteinbruchstücke -----&gt; Aminosäuren</p>	<p><i>Lipase</i></p> <p>Fettropfen -----&gt; Glycerin + Fettsäuren</p>

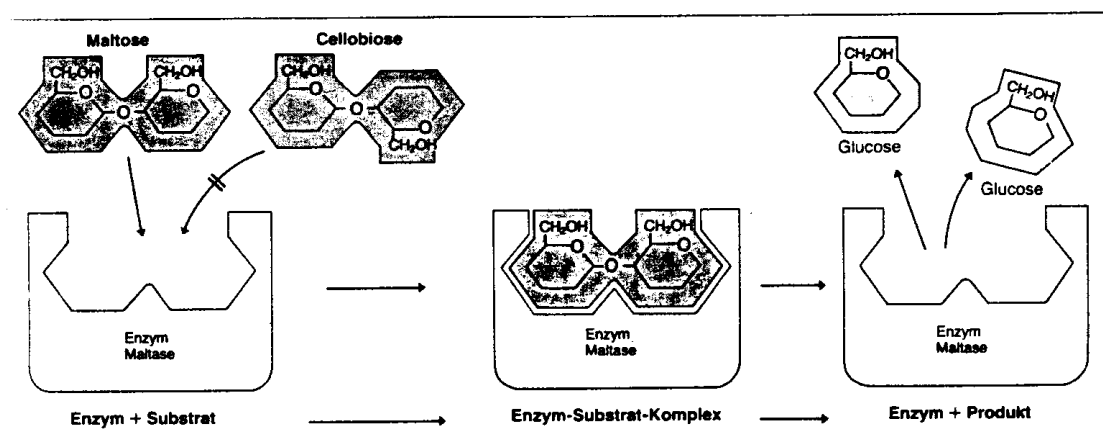
## 2. Wirkungsweise der Enzyme

Enzyme sind aus Aminosäuren aufgebaut, sind also Proteine. In unserem Körper befinden sich hunderte von verschiedenen Enzymen, allein am Verdauungsprozess sind ungefähr 20 beteiligt.

Enzyme werden als **Biokatalysatoren** bezeichnet, sie erhöhen die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion, ohne dabei selber verändert zu werden. Stärke wird durch das Enzym Amylase in Malzzucker gespalten. Die Stärkespaltung, die normalerweise unmessbar langsam verlaufen würde, wird durch das Enzym beschleunigt. Bei hoher Temperatur würde die Spaltung auch ohne Enzym in Gang kommen. Die Amylase ermöglicht aber eine Stärkespaltung bei normaler Körpertemperatur. Enzyme katalysieren nur jene chemischen Reaktionen, die auch von alleine ablaufen könnten.

Jedes Enzym hat ein aktives Zentrum, hier findet die chemische Reaktion statt. Die Verbindung, die bei dieser Reaktion umgesetzt wird, bezeichnet man als **Substrat**. Substrat und Enzym verbinden sich kurzzeitig zu einem sogenannten **Enzym-Substrat-Komplex**. Nach der chemischen Reaktion zerfällt der Komplex, das Enzym ist wieder frei. Enzyme können zwischen 100 und 10 Mio. Substrate pro Minute umsetzen.

Die Reaktion zwischen Enzym und Substrat wurde mit dem **Schlüssel-Schloss-Prinzip** verglichen: Nur ein ganz bestimmtes Substrat passt wie ein Schlüssel in das aktive Zentrum des Enzyms, in das Schloss.



Ablauf einer enzymatischen Reaktion (Schema)

(Miram & Scharf 1988, 44)

### 3. Der Blutzucker muss stimmen!

"Im Blut ist Traubenzucker (Glucose) gelöst. **Glucose** wird mit dem Blutstrom in alle Bereiche des Körpers transportiert und dient der Energieversorgung der Zellen, die nur bei ständiger Zufuhr energiereicher Stoffe leben können. Hirn- und Rückenmarkszellen können nur Glucose verwerten. Sie benötigen davon etwa 75 Gramm täglich, besitzen aber keine Glucosespeicher. Für die Zellen muss also ständig Glucose verfügbar sein.

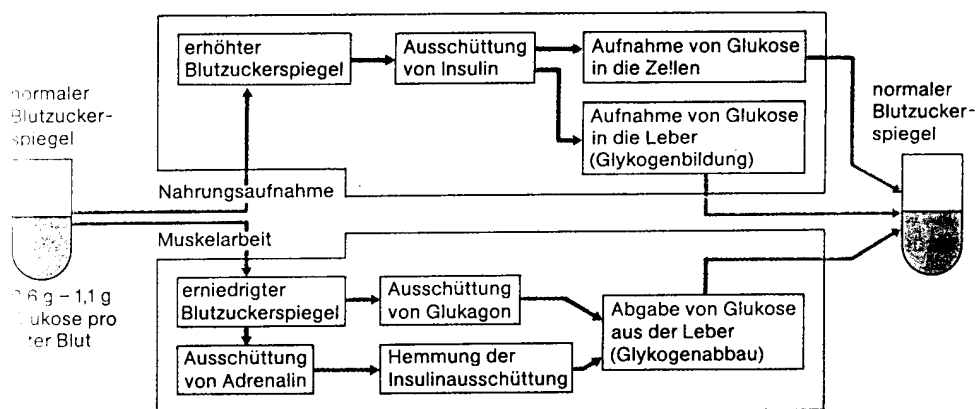
Der Glucosegehalt des Blutes liegt beim gesunden Menschen zwischen 0,6-1,1 Gramm/Liter. In der gesamten Blutmenge sind demnach beim Erwachsenen etwa 6 Gramm Glucose enthalten. Damit könnte der Energiebedarf des Körpers bei leichter Arbeit für 30-40 Minuten gedeckt werden. Durch die Aufnahme kohlenhydratreicher Nahrung wird der Blutzuckerspiegel gesteigert.

Obwohl der Energiebedarf des Körpers und die mit der Nahrung zugeführte Zuckermenge ständig schwanken, muss der Blutzuckerspiegel stets innerhalb derselben Grenzen gehalten werden. An dieser Regelung sind vor allem die beiden **Hormone** Insulin und Glukagon der **Bauchspeicheldrüse** beteiligt. Sie werden von Zellgruppen produziert, die inselartig in der Bauchspeicheldrüse verteilt sind.

Nach einer Mahlzeit steigt der Blutzuckerspiegel an, weil im Dünndarm Glucose in den Blutkreislauf aufgenommen wird. Die Inselzellen geben daraufhin **Insulin** in den Blutkreislauf ab. Es bewirkt, dass Glucose aus dem Blut in Zellen aufgenommen werden kann und überschüssige Glucose in der Leber und Muskulatur in Form von Glykogen und Fett gespeichert wird. Dabei sinkt der Blutzuckerspiegel. Fällt er zu tief, etwa bei sportlicher Aktivität, werden die Speicher angezapft. Die Bauchspeicheldrüse gibt dazu das Hormon **Glukagon** ab. Es ist der Gegenspieler zum Insulin, weil es die Umwandlung von Glykogen in Glucose und deren Abgabe ins Blut einleitet. Der Blutzuckerspiegel steigt dadurch an.

Dieselbe Wirkung wie Glukagon hat auch das Hormon **Adrenalin**."

(Claus, Dobler, Frank et. al. 1991, 264)



Wichtige Stoffwechselwege zur Blutzuckerregulation (Claus, Dobler, Frank et. al. 1991, 264)

## 4. Versuche / Aufgaben

Die Versuche führst Du gemeinsam mit Deinen Expertenkollegen durch.

### 1. Versuch zur Wirkung des Gallensaftes

- Material:*
- Gallensaft
  - Öl
  - Reagenzglas mit Stopfen

Gib in das Reagenzglas je einen Fingerbreit Öl, Wasser und Gallensaft.

Verschliess das Reagenzglas mit dem Stopfen und schüttele 1 Minute kräftig durch.

⇒ Im Reagenzglas befindet sich nun eine dauerhafte Emulsion. Die kleinen Fetttröpfchen bleiben in Schwebelage, Du kannst sie von Auge gut erkennen.

### 2. Enzymmodell

*Material:* Plastilin in verschiedenen Farben

Stell mit Hilfe des Plastilins ein Enzymmodell her. Du wirst Dein Modell in der Unterrichtsrunde einsetzen und damit den anderen die Wirkungsweise der Enzyme veranschaulichen. **Jeder** Experte muss also **ein** Modell anfertigen.

## 5. Lernkontrolle - bin ich schon ein Experte?

Die Lernkontrolle gibt Dir die Möglichkeit Deinen Wissensstand zu überprüfen. Dazu löst Du zuerst die Aufgaben selbständig ohne Hilfsmittel und vergleichst anschliessend Deine Resultate mit den richtigen Lösungen auf der Rückseite. Lass Dich nicht dazu verleiten, schon im voraus die richtigen Lösungen zu studieren, sonst weisst Du nicht, ob Du das Thema wirklich beherrschst.

Hast Du 5 Punkte erreicht (max. Punktzahl = 6), bist Du fit für die Unterrichtsrunde.

Bei jeder Lösung ist die Seitenzahl angegeben, die den theoretischen Hintergrund zu dieser Aufgabe liefert. Wenn nötig, arbeitest Du die entsprechenden Seiten nochmals durch.

Wenn gar nichts mehr geht und Du meine Hilfe brauchst, bin ich für Dich da.

Viel Erfolg!

### Aufgaben Gruppe C

1. Viele Waschmittel enthalten heutzutage Enzyme. So heisst es beispielsweise als Werbeslogan: "Enzyme lösen problemlos Eiweissflecken auf!"

Herr Hauser hat soeben ein solches Waschmittel gekauft. Er hat keine Ahnung, was Enzyme sind und was genau sie mit den Eiweissflecken machen. Könntest Du Herrn Hauser aufklären? *(2 Punkte)*

2. Einem Patienten muss die Gallenblase entfernt werden. Auch ohne Gallenblase kann er sehr gut leben. Worauf muss er jedoch in Zukunft achten? Formuliere die Antwort in 2 - 3 Sätzen. *(1 Punkt)*

3. Die Hormone Insulin und Glukagon regulieren den Blutzuckerspiegel. Leute die fasten haben eine andere Konzentrationen der beiden Hormone im Blut als normale Esser.

Erkläre:

- a) "Welche Wirkung das Fasten auf den Insulin- und Glukagongehalt im Blut hat"

(Claus, Dobler und Frank 1991, 264) und *(2 Punkte)*

- b) welchen Einfluss dies auf den Körper hat. *(1 Punkt)*

## Lösungen Gruppe C

1. Enzyme werden von Lebewesen hergestellt. Sie regulieren und beschleunigen chemische Prozesse, ohne dabei selbst verändert zu werden. (1 Punkt) So spalten zum Beispiel Enzyme in unserem Magen Proteine (Eiweisse) in kleine Bruchstücke. Das Waschmittel wird Enzyme enthalten, die Eiweisse in kleinere Stücke zerteilen (1 Punkt), die anschliessend mit Hilfe des Wassers weggeschwemmt werden.

⇒ Seite 33

2. Der Saft der Gallenblase hilft bei der Fettverdauung. Ohne Galle sollte auf fettreiche Nahrung verzichtet werden, da diese nur sehr schlecht verdaut werden kann.

(1 Punkt)

⇒ Seite 31

3. a) Beim Fasten wird dem Körper keine Nahrung zugeführt und damit auch keine Glucose. Der Blutzuckerspiegel ist tief. Dadurch wird die Abgabe von Glukagon erhöht. (1 Punkt) Der Insulingehalt im Blut ist sehr gering. (1 Punkt).

b) Die Glykogenreserven werden nach kurzer Zeit aufgebraucht sein. Danach wird Glucose aus den Fettreserven gewonnen. (1 Punkt)

⇒ Seite 34