



Grundwissen Chemie 11. Klasse (NTG)

Hinweis: Die folgenden Texte und Abbildungen sind dem im Unterricht eingesetzten Schulbuch entnommen [Quelle: Hollweck; Weingand (Hrsg.), Chemie 11 NTG Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Bamberg: C.C. Buchner]

1. Zusammensetzung von Lebensmitteln und Bedeutung der Makronährstoffe (S. 26-30, 60-63)

Zu den **Makronährstoffen** zählen **Fette**, **Kohlenhydrate** und **Proteine**. Diese dienen u.a. der Energieversorgung der Zellen und müssen deshalb in ausreichender Menge aufgenommen werden. **Mikronährstoffe** werden zwar nur in geringen Mengen benötigt, erfüllen aber die unterschiedlichsten Aufgaben im Körper. Auch sie müssen dem Körper regelmäßig durch Nahrung zugeführt werden. Zu den Mikronährstoffen gehören u.a. **Vitamine** und **Mineralsalze**.

Ferner gibt es weitere Nahrungsbestandteile: **Ballaststoffe** sind unverdauliche Bestandteile vorwiegend pflanzlicher Nahrung, die eine geregelte Verdauung gewährleisten. **Sekundäre Pflanzenstoffe** sind nicht essenziell, wirken jedoch zumeist gesundheitsfördernd. **Zusatzstoffe** werden Lebensmitteln zugesetzt, um z. B. Geschmack, Aussehen und Haltbarkeit zu optimieren.

Fette und Kohlenhydrate werden zur **Energieversorgung** der Zellen genutzt. Sie werden in der Zellatmung zu energiearmen Endprodukten oxidiert. Bis auf Glycin gehören alle **Aminocarbonsäure**-Bausteine in den natürlich vorkommenden Proteinen zu den **L-2-Aminocarbonsäure**-Molekülen. Durch Kondensation reagieren diese zu **Peptid-Molekülen** und werden als **Baustoffe** in den Zellen verwendet.

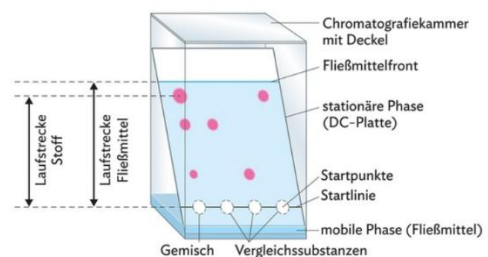
2. Lebensmittelanalyse – den Inhaltsstoffen qualitativ und quantitativ auf der Spur (S. 34-37)

Eine **qualitative Analyse** zeigt, ob ein Inhaltsstoff vorhanden ist. Bei einer **halbquantitativen Analyse** wird hingegen auch die ungefähre Konzentration eines Stoffes in einer Lösung bestimmt. Für beide Analyseformen eignen sich sogenannte **Schnelltests** mit Teststreifen. Diese sind sehr einfach durchzuführen und basieren auf dem Prinzip „eintauchen-ablesen“. Die nachzuweisenden Substanzen reagieren auf den Teststreifen, was unterschiedliche Färbungen hervorruft. Die Auswertung erfolgt durch Vergleich mit einer Farbskala.

Dünnschichtchromatographie (DC) ist ein analytisches Trennverfahren für Stoffgemische, das sowohl qualitative als auch (halb)quantitative Aussagen über die Zusammensetzung von Stoffgemischen ermöglicht.

Die Stofftrennung bei der Chromatographie basiert darauf, dass sich verschiedene Teilchen aufgrund unterschiedlich starker Wechselwirkungen unterschiedlich auf zwei verschiedene Phasen verteilen: Fließmittel (mobile Phase) und stationäre Phase. Die Laufstrecke eines Stoffes ist bei konstanten Phasen immer gleich und über den R_f -Wert definiert:

$$R_f = \frac{\text{Laufstrecke Stoff}}{\text{Laufstrecke Fließmittel}}$$

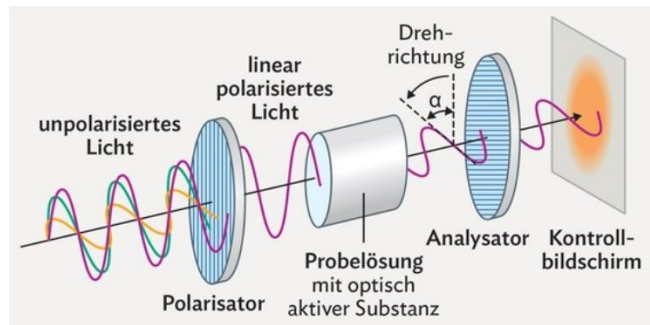


Eine **quantitative Analyse** dient der exakten Bestimmung der Konzentration eines Stoffes in einer Lösung. Hierunter fallen unter anderem **Säure-Base-Titrationen** und **Redox-titrationen**, wie die **Iodometrie**. Bei der Iodometrie tropft man Iodmaßlösung zu einer Probelösung. Die Moleküle der Probelösung werden oxidiert und die Iod-Moleküle reduziert. Sind keine oxidierbaren Moleküle mehr in der Probelösung, bleiben die Iod-Moleküle als solche bestehen. Als Indikator zugesetzte Stärkelösung färbt sich dann blau.



3. Optische Aktivität und chirale Moleküle (S. 42-46)

Ein **optisch aktiver** Stoff dreht die Schwingungsebene linear polarisierten Lichts um den **Drehwinkel α** . Um dies zu überprüfen, benötigt man ein **Polarimeter** mit einem **Polarisator** zur Erzeugung linear polarisierten Lichts, sowie einem weiteren, drehbaren Filter, den **Analysator**:



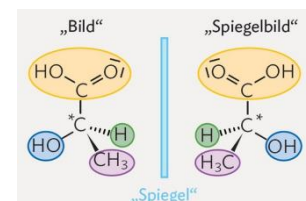
Um Substanzen vergleichen zu können, wurde der **spezifische Drehwinkel $[\alpha]_D^\theta$** eingeführt, der sich durch das **Biot-Gesetz** bestimmen lässt:

$$[\alpha]_D^\theta = \frac{\alpha}{\beta \cdot l}$$

α = gemessener Drehwinkel
 θ = Temperatur
 λ = Wellenlänge
 β = Massenkonzentration des gelösten Stoffes
 l = Länge des Probenrohres

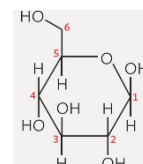
Moleküle, die genau ein **asymmetrisches Atom (= Chiralitätszentrum)** mit vier unterschiedlichen Substituenten aufweisen, sind **chiral**. Es existieren dann immer zwei **Stereoisomere**, die sich wie Bild und Spiegelbild zueinander verhalten. Die Stoffe chiraler Moleküle sind optisch aktiv. Liegen ein oder mehrere **Chiralitätszentren** in einem Molekül vor und verhalten sich die Stereoisomere wie Bild und Spiegelbild zueinander, spricht man von **Enantiomeren**. Verhalten sich die Stereoisomere nicht wie Bild und Spiegelbild, handelt es sich um **Diastereomere**.

Bei der **FISCHER-Projektion** handelt es sich um eine zweidimensionale Darstellung dreidimensionaler, chiraler Moleküle. Bei Enantiomeren lässt sich aus der FISCHER-Projektion die **D-** bzw. **L-Form** ablesen.



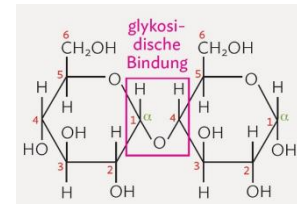
4. Kohlenhydrate: Mono-, Di- und Polysaccharide (S. 50-57)

Die Moleküle von **Monosacchariden** können offenkettig und ringförmig vorliegen. In der Ringform werden sie meist als **HAWORTH-Projektion** dargestellt, wobei das chirale C1-Kohlenstoffatom immer rechts und das Sauerstoffatom des Rings immer oben bzw. rechts oben steht. Atome und Atomgruppen, die in der FISCHER-Projektion links stehen, werden in der HAWORTH-Projektion oben gezeichnet („FLOH-Regel“). Das beim Ringschluss entstehende chirale Kohlenstoffatom heißt **anomeres Zentrum**. Dieses wird wie folgt benannt: Steht die Hydroxygruppe am anomeren Zentrum bei der D-Form unten, handelt es sich um das **α -Anomer**, steht sie oben, um das **β -Anomer**. Bei der L-Form ist es umgekehrt. Bei einem Fünfring spricht man von **Furanose-Form**, bei einem Sechsring von **Pyranose-Form**.

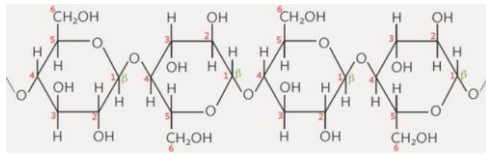


Disaccharid-Moleküle bestehen aus zwei Monosaccharid-Bausteinen, die über eine **glycosidische Bindung** miteinander verknüpft sind. Bei **nicht-reduzierenden Disacchariden** sind in den Molekülen

beide anomeren Zentren der Bausteine an der glycosidischen Bindung beteiligt. Ist nur eines der anomeren Zentren beteiligt, liegt ein **reduzierendes Disaccharid** vor. Reduzierende Disaccharide lassen sich wie Monosaccharide über die **Silberspiegel-** und die **FEHLING-Probe** nachweisen.



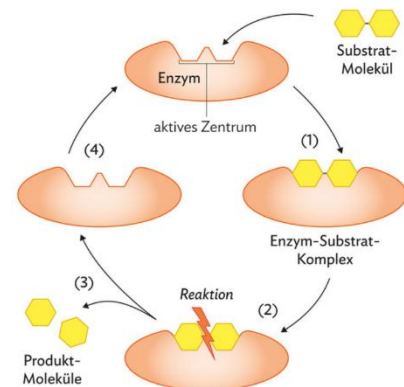
In **Polysaccharid**-Molekülen sind viele hundert bis zehntausend Monosaccharid-Bausteine miteinander verknüpft. Vertreter sind z. B. Stärke und Cellulose.



5. Funktionsweise von Enzymen (S. 80-81)

Enzyme sind **Biokatalysatoren**, die meist eine Proteinstruktur aufweisen. Sie sind in der Lage, die **Aktivierungsenergie** einer bestimmten Reaktion herabzusetzen und die **Reaktionsgeschwindigkeit** zu erhöhen. Enzyme nehmen an einer Reaktion teil, gehen aber unverändert wieder aus ihr hervor. Sie sind bereits in kleinen Mengen wirksam.

Enzyme besitzen in ihrer Molekülstruktur ein **aktives Zentrum**. Die Edukte einer enzymkatalysierten Reaktion nennt man **Substrate**. Nur bestimmte Substrate passen nach dem **Schlüssel-Schloss-Prinzip** in das aktive Zentrum, sodass sich ein **Enzym-Substrat-Komplex** ausbilden kann. Nach erfolgter Reaktion verlassen die **Produkte** das aktive Zentrum und das Enzym steht für weitere Reaktionen zur Verfügung.



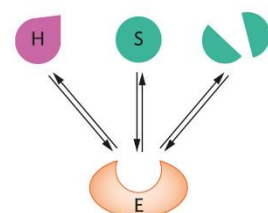
Bei der **enzymatischen Hydrolyse** von Stärke werden Stärke-Moleküle unter Aufnahme von Wasser-Molekülen in Maltose-Moleküle gespalten. Diese Reaktion wird von dem Enzym Amylase katalysiert. Auch die Moleküle anderer Nahrungsbestandteile werden durch die enzymatische Hydrolyse gespalten.

6. Spezifität und Hemmung von Enzymen (S. 82-83)

Enzyme weisen eine **Substratspezifität** auf, d. h. sie setzen nur bestimmte Substrate um. Ursache ist das für bestimmte Substrate passgenau geformte aktive Zentrum der Enzyme. Fehlt im Körper ein bestimmtes Enzym, so kann das zugehörige Substrat nicht umgesetzt werden. Manchen Menschen fehlt z. B. das Enzym Lactase. Sie können dann keinen Milchzucker abbauen.

Bindet ein Substrat an verschiedene Enzyme, können kleine Unterschiede in den aktiven Zentren unterschiedliche Reaktionen begünstigen. Die Eigenschaft der Enzyme, aus vielen möglichen Reaktionen nur eine bestimmte zu katalysieren, nennt man **Wirkungsspezifität**.

Die **Reaktionsgeschwindigkeit** einer enzymkatalysierten Reaktion wird von Temperatur, pH-Wert und Substratkonzentration beeinflusst. Normalerweise steigt die Reaktionsgeschwindigkeit mit zunehmender Substratkonzentration bis zu einem Maximalwert, bei dem die aktiven Zentren aller Enzyme besetzt sind. Eine Regelung von Enzymaktivitäten im Körper kann u. a. durch **Hemmstoffe (= Inhibitoren)** erfolgen.



Bei der **kompetitiven Hemmung** bindet ein Hemmstoff in Konkurrenz zum Substrat an das aktive Zentrum eines Enzyms. Der Hemmstoff wird selbst nicht

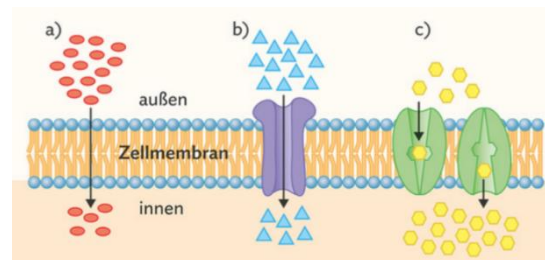
umgesetzt, blockiert das Enzym jedoch für eine bestimmte Zeit. Bei der **allosterischen Hemmung** bindet der Hemmstoff an das allosterische Zentrum des Enzyms, sodass sich die Form des aktiven Zentrums verändert. Das Substrat kann nicht mehr an das Enzym binden. Die genannten Enzymhemmungen können je nach Art des Hemmstoffes sowohl reversibel als auch irreversibel verlaufen.

7. Bedeutung der Verdauungssäfte (S. 86-87)

Die Nahrungsbestandteile können umso effizienter von Enzymen gespalten werden, je größer die zur Verfügung stehende **Oberfläche** ist. Bereits im Mund wird die Nahrung zerkleinert, wodurch sich deren Oberfläche vergrößert. Amylasen und Lipasen aus dem Mundspeichel können so besser an die entsprechenden Substrate gelangen. Im Magen führt der Kontakt von Proteinen mit der **Magensäure** zu Denaturierung. Die Molekülketten entfalten sich irreversibel, sodass sich die Gesamtoberfläche der Proteine vergrößert. Das Enzym Pepsin kann die Peptidketten anschließend besser erreichen und hydrolysieren. Im Dünndarm wird der Nahrungsbrei mit Sekreten aus Bauchspeicheldrüse und Gallenblase vermischt. Der **Bauchspeicheldrüsensaft** neutralisiert die Magensäure und enthält Verdauungsenzyme, z. B. Amylasen, Lipasen und Peptidasen wie Trypsin. **Gallenflüssigkeit** (Galle) dient als **Emulgator**. Die enthaltenen **Gallensalze** sind **Tenside**. Fett-Moleküle werden emulgiert und von den Teilchen der Gallensalze in **Micellen** eingeschlossen. Die Aufteilung in viele Fettportionen führt zu einer Vergrößerung der Oberfläche. Dadurch wird die Wechselwirkung mit fettabbauenden Enzymen (Lipasen) erleichtert.

8. Resorption, Transport und Speicherung (S. 88-89)

Nach der Verdauung gelangen die Nahrungsbestandteile in den Dünndarm, wo deren **Resorption** (Wiederaufnahme) über die Darmschleimhaut in Blut und Lymphe erfolgt. Die Stoffe gelangen durch Diffusion (a) über Tunnelproteine (b) oder aktiv unter Mitwirkung spezifischer Carrier-Proteine (c) durch die Zellmembran.



Bei der **Fructose-Malabsorption** funktioniert ein Transportprotein nur eingeschränkt. Fructose wird nicht vollständig resorbiert und gelangt in den Dickdarm. Dort kommt es aufgrund der wasseranziehenden Wirkung der Fructose zu Durchfällen. Im Dickdarm werden dem Nahrungsbrei keine Enzyme zugesetzt. Stattdessen übernehmen etwa 400 verschiedene Arten von Bakterien, das Darmmikrobiom, die Zersetzung einiger für den Menschen unverdaulicher Stoffe. Teilweise werden dabei Fettsäuren und Vitamine gebildet und diese sowie Mineralsalze und Wasser resorbiert. Das **Darmmikrobiom** ist je nach Ernährung sehr anpassungsfähig.

9. Lebensmittelauswahl (S. 92-97)

Um eine möglichst ausgeglichene Energiebilanz bei der Ernährung zu erreichen, sollte man den Energiegehalt von Nahrungsbestandteilen kennen. Häufig wird dazu die massenbezogene **Energiedichte** eines Nährstoffs oder Lebensmittels in kJ/g angegeben. Unter dem **Massenanteil w** versteht man den Quotienten aus der Masse eines Inhaltsstoffes und der Gesamtmasse des Lebensmittels:

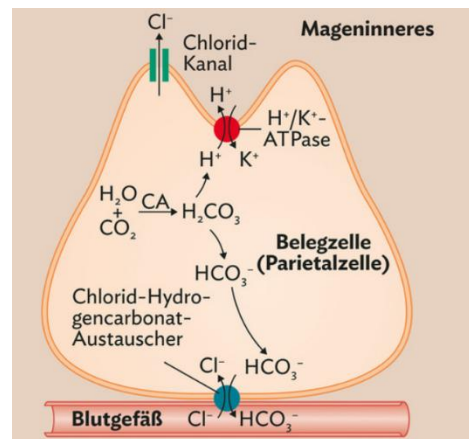
$$w = \frac{m(x)}{m(\text{Stoffgemisch})}$$

Für eine gesunde und ausgewogene Ernährung sollten Lebensmittel mit einer geringen Energiedichte und einem hohen Massenanteil an **essenziellen Nahrungsbestandteilen** ausgewählt werden. Dies sind lebenswichtige Nahrungsbestandteile, die der Körper nicht selbst herstellen kann: Mineralsalze, viele Vitamine und Aminocarbonsäuren sowie einige ungesättigte Fettsäuren. Auch Wasser gehört dazu. **Ballaststoffe** sind unverdaulich, binden aber u. a. Wasser und sorgen für eine längere Verweildauer des Speisebreis in Magen und Darm.

Die Auswahl von Nahrungsmitteln sollte auch im Hinblick auf die **Nachhaltigkeit** erfolgen. So weisen z. B. Lebensmittel mit langen Transportwegen meist einen schlechten **ökologischen Fußabdruck** auf.

10. Magensäure: Sodbrennen und Medikamente (S. 112-115)

Die **Magensäure** (salzsaure Lösung) ist ein wichtiger Bestandteil des Magensafts, der von den **Belegzellen** produziert wird. Zum Schutz der Magenwand vor der ätzenden Wirkung der Magensäure dient eine Schleimschicht. Der Mageneingang sorgt dafür, dass die Magensäure nicht in die Speiseröhre aufsteigen kann. Ist die Schleimschicht oder der Verschluss des Magens defekt, kann es zu **Magengeschwüren** oder **Sodbrennen** kommen.



Verschaffen eine Umstellung der Lebens- und Ernährungsgewohnheiten keine dauerhafte Linderung, sollte ein Arzt aufgesucht werden. Medikamentös lassen sich die Beschwerden durch **Antazida**, die die Magensäure neutralisieren, oder **Protonenpumpen-Hemmer**, die die Protonenpumpen in den Belegzellen hemmen und so die Säureproduktion reduzieren, behandeln.

11. Verdauungshilfsmittel (S. 120-121)

Die Aufgabe von **Verdauungsenzymen** ist es, langkettige Moleküle, die mit der Nahrung aufgenommen werden, durch **Enzymhydrolyse** für den Körper verwertbar zu machen. Dazu gehören vor allem Kohlenhydrat-, Fett- und Zucker-Moleküle.

Funktioniert dieser Stoffwechselprozess nicht, können Intoleranzen gegen bestimmte Nahrungsmittel die Folge sein.

Bei der Verwertung von Nahrungsbestandteilen helfen außerdem Mikroorganismen. Sie bilden die natürliche **Darmflora**, auch **Darmmikrobiom** genannt. Zur Unterstützung der natürlichen Darmflora können dem Körper Nahrungsmittel mit Mikroorganismen, so genannte **Probiotika**, zugeführt werden. Andere Lebensmittel dienen wiederum als Nahrung für die Mikroorganismen. Solche Lebensmittel werden auch als **Präbiotika** bezeichnet.

Durch das Schlucken von Luft beim Essen und durch Verdauungsprozesse sammeln sich Gase im Darm. Dort kann es zu einer Schaumbildung kommen, die unangenehme Symptome hervorruft. **Entschäumer** sorgen für eine Zerstörung des Schaums, indem die Wirkstoffe die Oberflächenspannung der Bläschen herabsetzen.

12. Schmerzmittel – Zusammensetzung (S. 124-125)

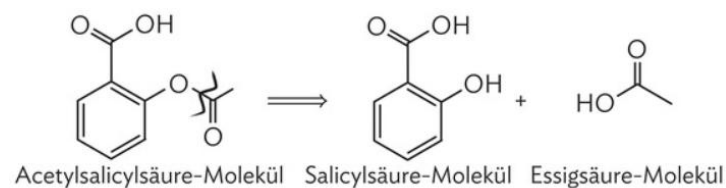
Arzneimittel bestehen aus **Hilfsstoffen**, die nicht pharmakologisch wirksam sind, und den arzneilich wirksamen Bestandteilen, den **Wirkstoffen**. Hilfsstoffe dienen beispielsweise dazu, die Wirkstoffe in handhabbare Mengen zu strecken, den Geschmack eines Medikaments zu verbessern oder den Zerfall des Medikaments und damit die Freisetzung des Wirkstoffs in den Körper zu steuern.

Der arzneilich wirksame Bestandteil des Medikaments, der Wirkstoff, hat in Schmerzmitteln eine schmerzstillende und zum Teil fiebersenkende und entzündungshemmende Wirkung. Die Wirkung wird durch die Struktur der Wirkstoff-Moleküle bestimmt. Vor allem die Wasserlöslichkeit der Wirkstoffe hängt von der Struktur der Moleküle ab. Das ist unter anderem ausschlaggebend für deren Freisetzung in den Körper.

13. Schmerzmittel – Synthese (S. 126-127)

Bei dem Wirkstoff-Molekül Acetylsalicylsäure handelt es sich um ein Carbonsäureester-Molekül, bei Paracetamol um ein Carbonsäureamid-Molekül. Beide Moleküle können durch **Kondensationsreaktionen** mit beispielsweise einem Essigsäure-Molekül synthetisiert werden.

Solche bekannten Mechanismen werden bei der **Retrosynthese** verwendet, um die Synthese eines komplexen Zielmoleküls zu planen. Dabei wird das Molekül gedanklich mithilfe der funktionellen Gruppen in einzelne Bausteine zerlegt, wie z. B. das ASS-Molekül in ein Salicylsäure- und ein Essigsäure-Molekül:



14. Anwendung von Arzneimitteln (S. 128-129)

Werden Medikamente rezeptfrei in Apotheken gekauft und ohne ärztliche Anordnung eingenommen, spricht man von **Selbstmedikation**. Obwohl diese bei vielen Erkrankungen eine sinnvolle Maßnahme ist, birgt die Selbstmedikation auch Gefahren. Sie kann unter anderem zu **Medikamentenmissbrauch** führen. Hierbei werden Medikamente z. B. außerhalb ihres Anwendungsgebiets oder über die verordnete Dosis oder Zeit hinaus verwendet. Durch einen langanhaltenden und missbräuchlichen Konsum von Medikamenten wie Schmerzmitteln kann eine **Abhängigkeit** entstehen.

15. Extraktion und Analyse von Schmerzmittelwirkstoffen (S. 132-133)

Nach der Synthese oder der Extraktion aus einem Präparat kann der Schmerzmittelwirkstoff ASS qualitativ und quantitativ untersucht werden.

Die **qualitative Analyse** dient der Überprüfung der Reinheit und der Charakterisierung der funktionellen Gruppen. Hierfür kann der Wirkstoff mit Eisen(III)-chlorid-Lösung versetzt werden. Färbt sich die Lösung rot, ist sie mit Salicylsäure verunreinigt. Eine weitere Möglichkeit zur Überprüfung der Reinheit eines Schmerzmittelwirkstoffes ist die Dünnschichtchromatografie.

Mithilfe der **quantitativen Analyse** wird der Wirkstoffgehalt in einer Tablette ermittelt. Dies lässt sich bei ASS mithilfe einer Säure-Base-Titration mit Natronlauge umsetzen. Hilfsstoffe in der Tablette und die Nebenreaktion der Esterhydrolyse können das Ergebnis der Titration verfälschen.

16. Wirkung und Darreichung von Arzneimitteln (S. 136-139)

An der Schmerzentstehung sind unter anderem **Gewebshormone** beteiligt, für deren Bildung die Enzyme **Cyclooxygenasen** notwendig sind. Die Cyclooxygenasen können durch Analgetika, wie z.B. ASS oder Ibuprofen, gehemmt werden.

ASS blockiert das aktive Zentrum der Cyclooxygenasen dauerhaft. Das Ibuprofen-Molekül bindet hingegen reversibel an das aktive Zentrum, sodass die Cyclooxygenasen nicht dauerhaft blockiert sind. Es ist nur ein Enantiomer von Ibuprofen wirksam.

Arzneimittel existieren in unterschiedlichen **Darreichungsformen**, wie z. B. Tabletten, Granulate oder Injektionslösungen. Die Darreichungsform bestimmt die Lösegeschwindigkeit und dadurch den Wirkungseintritt und die Wirkungsdauer eines Arzneimittels mit. Durch **Oberflächenvergrößerung** oder **Diffusionshemmung** können Wirkungseintritt und -dauer reguliert werden.