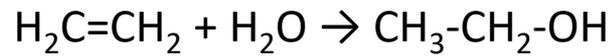


Organische Moleküle, Struktur und Funktion

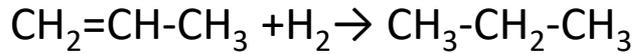
Wir schaffen das zusammen:

Von Chemieprüfung bis Biochemie Rigorosum

Dr. Lengyel Anna



Organische Reaktionen



Type: Elektrophile, Nukleophile oder Radikalische

ADDITION (2S → 1P)

mindestens zwei Moleküle zu einem vereinigt

REDUKTION

+2 ,H' oder -1, O'
Anabolische Prozesse

SUBSTITUTION (2S → 2P)

ein Atom (Atomgruppe) in einem Molekül durch ein anderes Atom (Atomgruppe) ersetzt

OXIDATION

-2 ,H' oder +1, O'
Katabolische Prozesse

ELIMINIERUNG (1S → 2P)

zwei Atome oder Atomgruppe abgespaltet

KONDENSATION:
zwei Moleküle unter Abspaltung von Wasser, Pi, etc. miteinander verbinden



Organische Moleküle

Alkane: gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe C_nH_{2n+2}

- Substitution – z. B. mit Halogenide $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3-Cl + HCl$
- Verbrennung – z.B. $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$

Cycloalkane: gesättigte Kohlenwasserstoffe mit mindestens einem Ring C_nH_{2n}

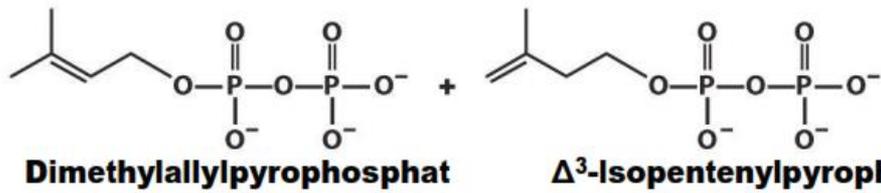
- Verhalten sich wie die Alkane, aber geben auch Additionsreaktionen mit z. B. Halogene

Alkene, Alkine: ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit C-C Doppelbindungen C_nH_{2n} oder C-C Dreifachbindungen C_nH_{2n-2}

- Elektrophile Addition (Saturation) mit Wasserstoff, Wasser, Wasserstoffhalogenide oder Halogene
- Oxidation mit Peroxide zu Epoxide, mit Permanganat zu Glykole

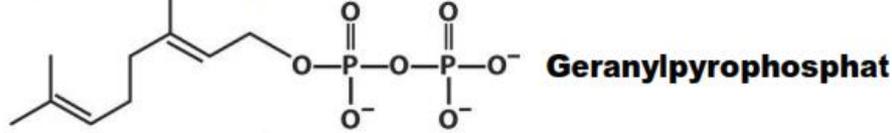
Typen: Polyene mit kumulierte, konjugierte oder isolierte Doppelbindungen

Polymerisation z. B. Polyethylen oder Polymethylmethakrilat

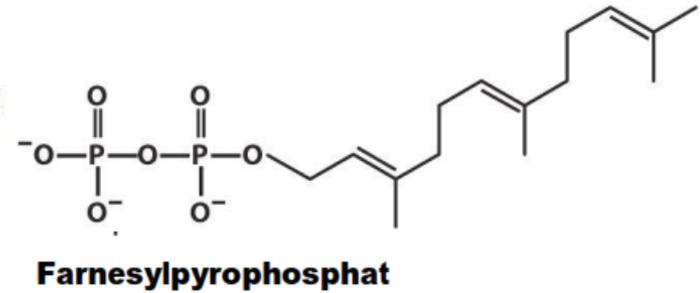
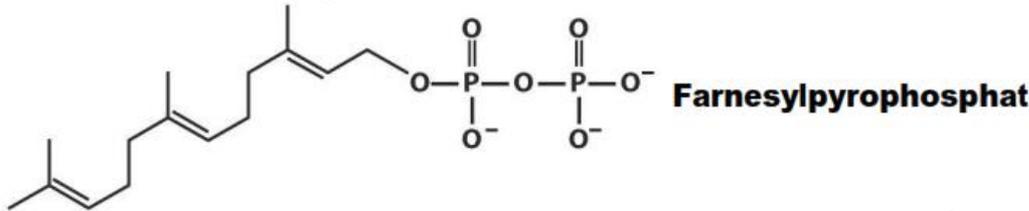
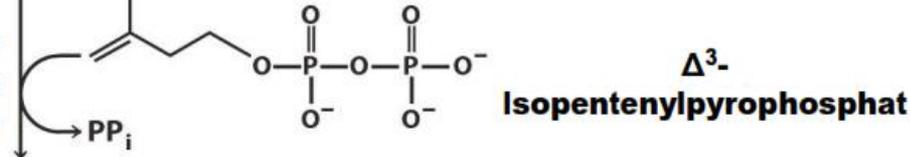


**aktivierte
Izoprene**

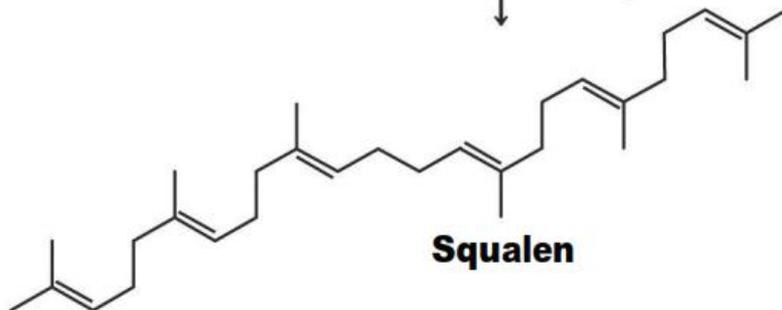
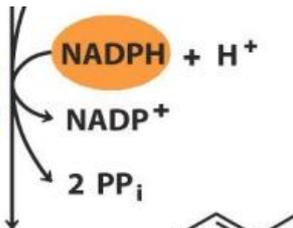
**Prenyltransferase
(Kopf-Schwanz
kondensation)**



**Prenyltransferase
(Kopf-Schwanz
kondensation)**



**Squalen-Synthase
(Kopf-Kopf kondensation)**

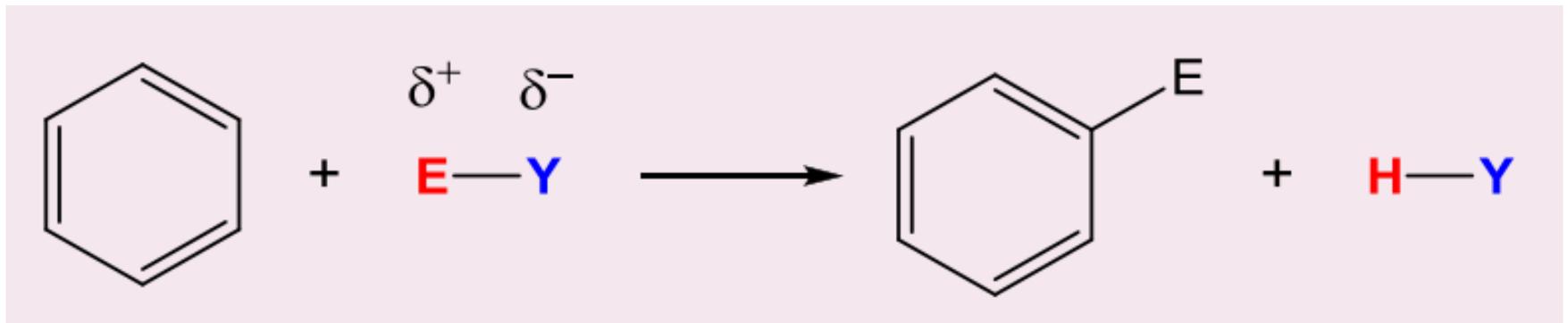


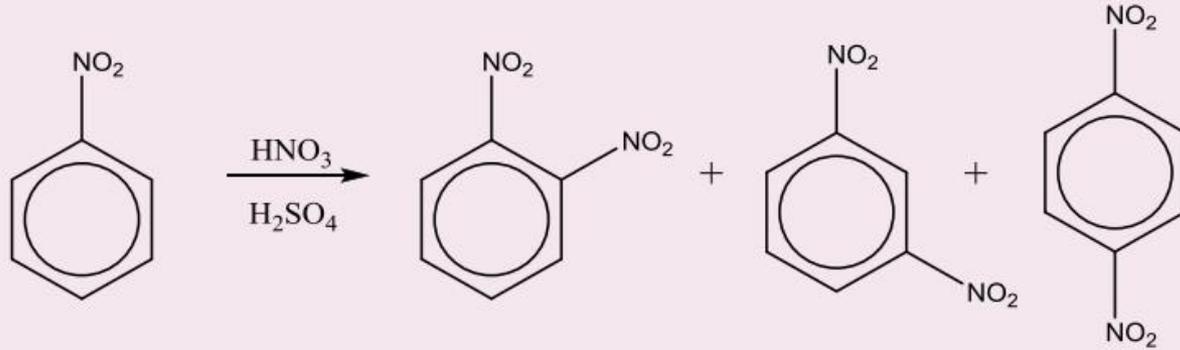
Organische Moleküle

Aromaten: besitzen mindestens ein planares Ringsystem, das nach der Hückel-Regel in konjugierten Doppelbindungen, freien Elektronenpaaren oder unbesetzten p-Orbitalen eine Anzahl von $4n+2$ ($n=0,1,2,\dots$) delokalisierten Elektronen enthält

- Nur Substitution ist möglich mit Hilfe von Katalysatoren

z.B. Bromierung (Halogenierung), Nitrierung, Sulphonierung, Alkylierung, Acylierung





Nitrobenzol

ortho-
Dinitrobenzol

meta-

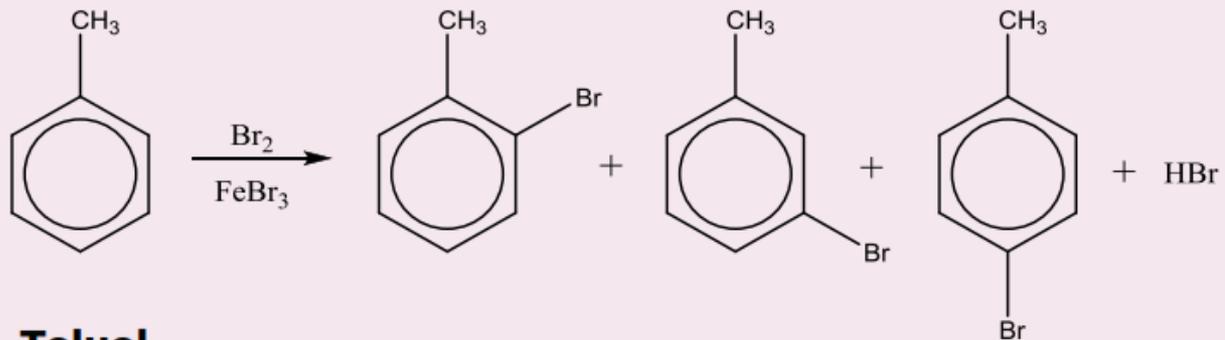
para-

6 %

93 %

1 %

Nitrogruppe: meta-dirigierende Gruppe



Toluol

ortho-
Bromtoluol

meta-

para-

40 %

(in Spuren)

60 %

Methylgruppe:

o-, p- dirigierende

(Aminogruppe auch)

Organische Moleküle

Hydroxyverbindungen

- **Alkohole:** OH-Derivative der Kohlenwasserstoffen, die OH-Gruppe ist am Kohlenstoff mit vier Einfachbindungen gebunden
- **Enole:** die OH-Gruppe ist zu einem Kohlenstoff mit C=C Doppelbindung geknüpft
- **Phenole:** die OH-Gruppe knüpft sich an einem aromatischen Ring
- **Aromatische Alkohole:** Die OH-Gruppe ist an einem Kohlenstoff mit vier Einfachbindungen gebunden, aber das Molekül enthält aromatische funktionelle Gruppe

Organische Moleküle

Alkohole:

Primär – sekundär – tertiär Alkohole

Einwertig – Zweiwertig (Diol) – Dreiwertig (Triol) - Polyol

Typische Reaktionen:

Oxidation

ALKOHOL	Primär	Sekundär	Tertiär
Milde Oxidation	Aldehyd	Keton	Keine Reaktion
Starke Oxidation	Carbonsäure	Keine Reaktion	-

Eliminierung – mithilfe von starken Säuren ergibt Alkene (Saytzeff-Regel: die höher substituierte Doppelbindung gebildet wird)

Nukleophile Substitution z. B. mit HCl

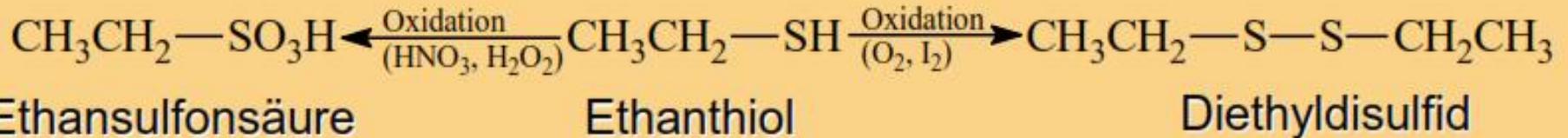
Etherbildung R-O-R'

Organische Moleküle

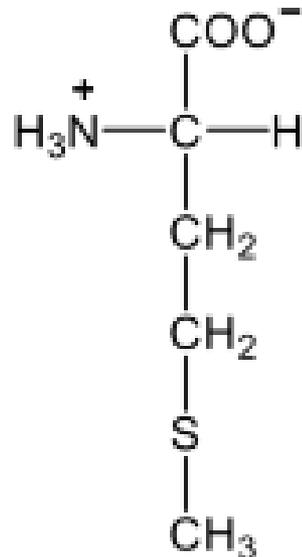
Thiole (Mercaptane): R-SH (Sulfhydryl-Gruppe)

Ähnlich zu Alkohole – Milde Oxidation gibt Disulfide

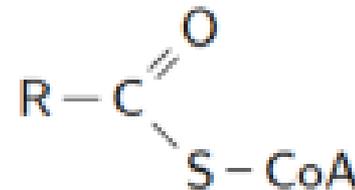
- Starke Oxidation gibt Sulfonsäuren



Thioether z.B.



Thioester z. B.



Organische Moleküle

Oxoverbindungen

- **Aldehyde:** RCHO, Formyl-Gruppe CHO
- **Ketone:** RCOR', Carbonyl-Gruppe C=O

Symmetrische, asymmetrische, aromatische, aralkylketone, endocyclische, exocyclische ketone

Reaktionen:

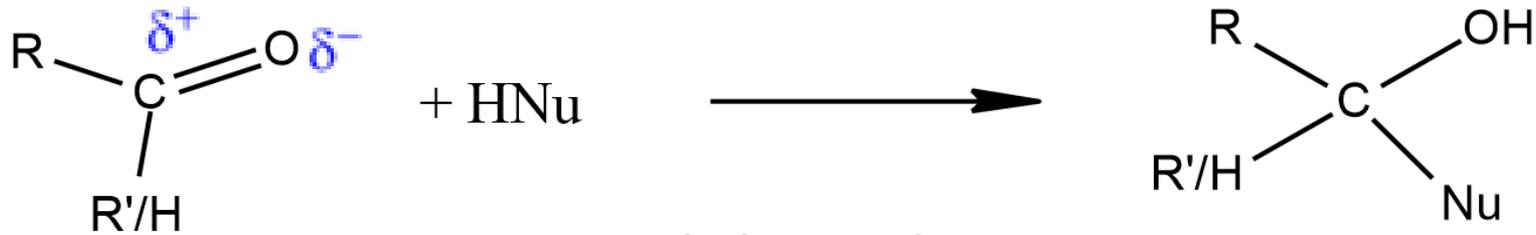
Oxidation: Aldehyde zu Carbonsäuren, Ketone \emptyset

Reduktion: Aldehyde zu primären Alkohole, Ketone zu sekundären Alkohole

Nukleophile Addition mit Wasser, Alkohole, Amine

Organische Moleküle

Nukleophile Addition mit Wasser, Alkohole, Amine



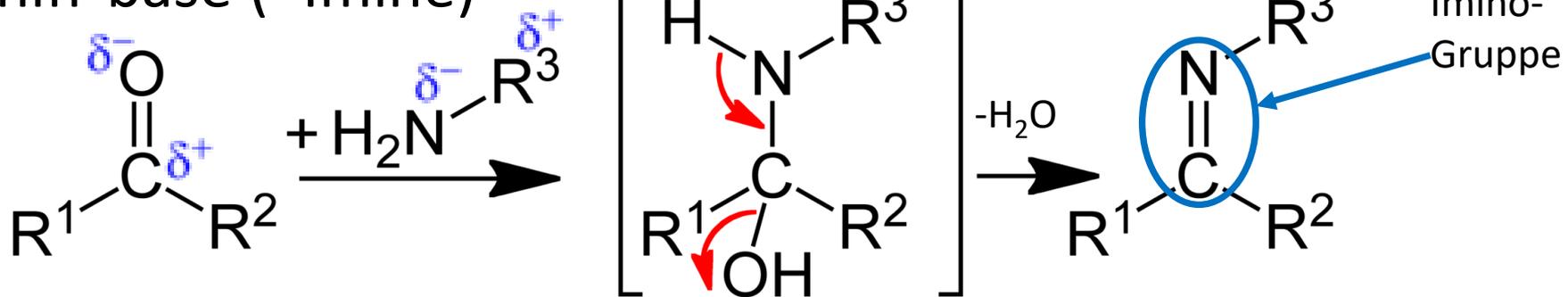
HNu= H-OH \longrightarrow instabile Hydrate

HNu= R-OH \longrightarrow Hemiacetal/Hemiketal

+ Substitution mit 2. Alkohol \longrightarrow Acetal/Ketal + H₂O

HNu= R-NH₂ \longrightarrow (nach einer instabile Intermediät)

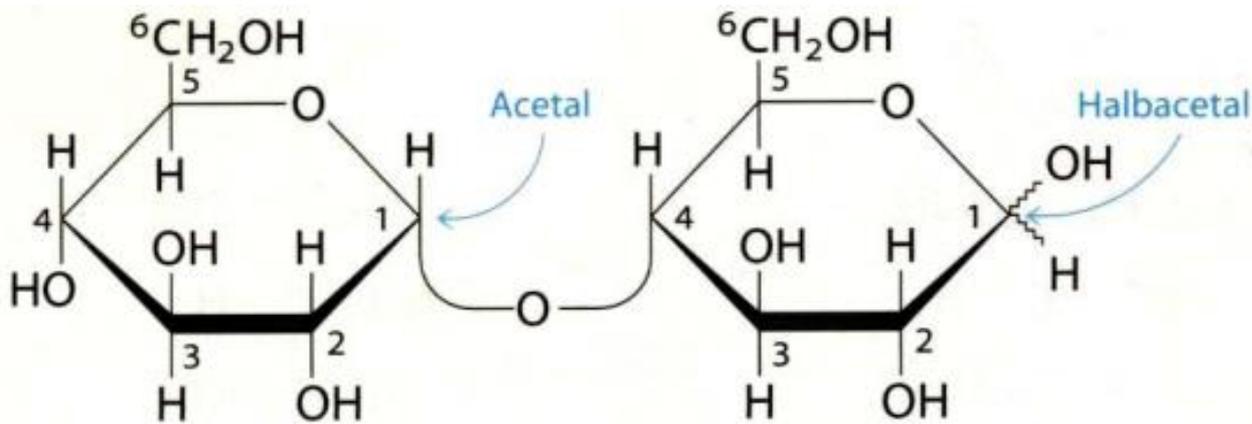
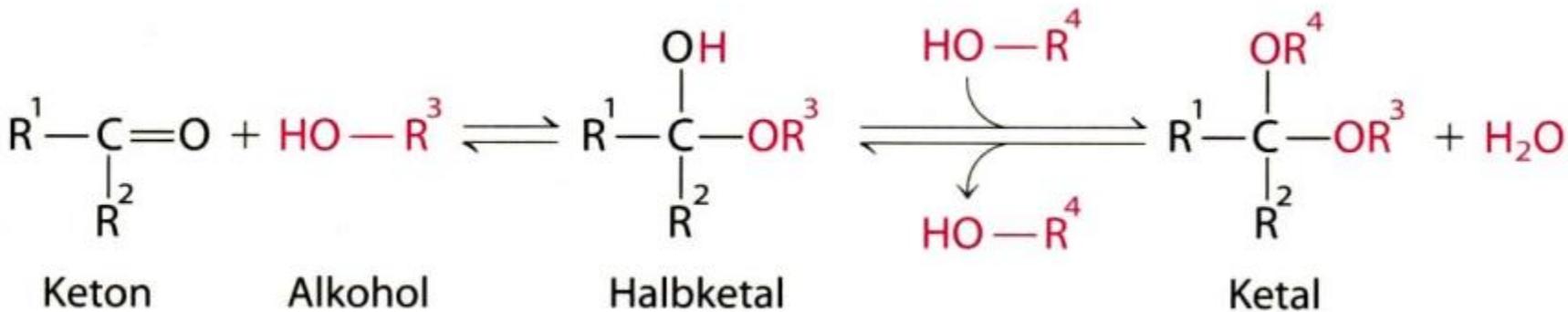
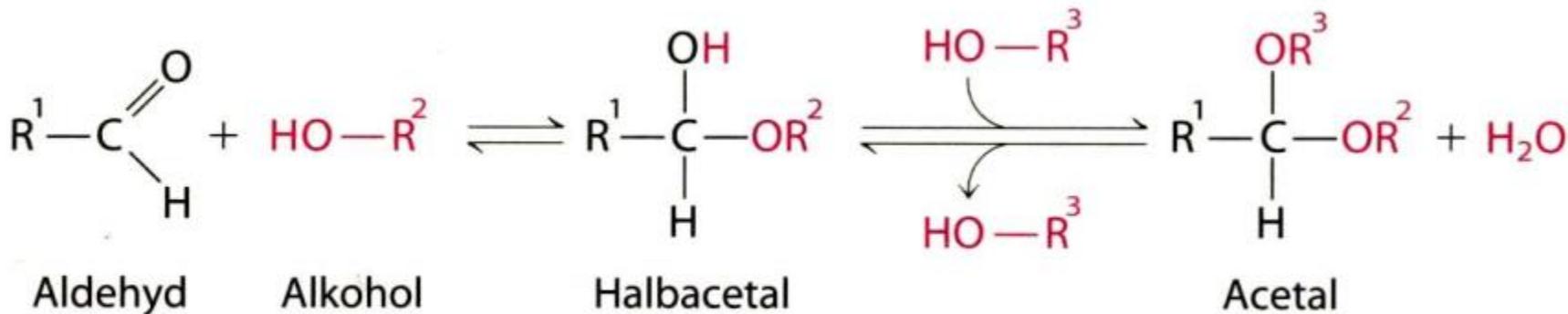
Schiff-base (=Imine)



Frage

Ein Glykosid ist die Kohlenhydratform eines

- a. Ethers.
- b. Acetals.
- c. Aglykons.
- d. Alkohols.

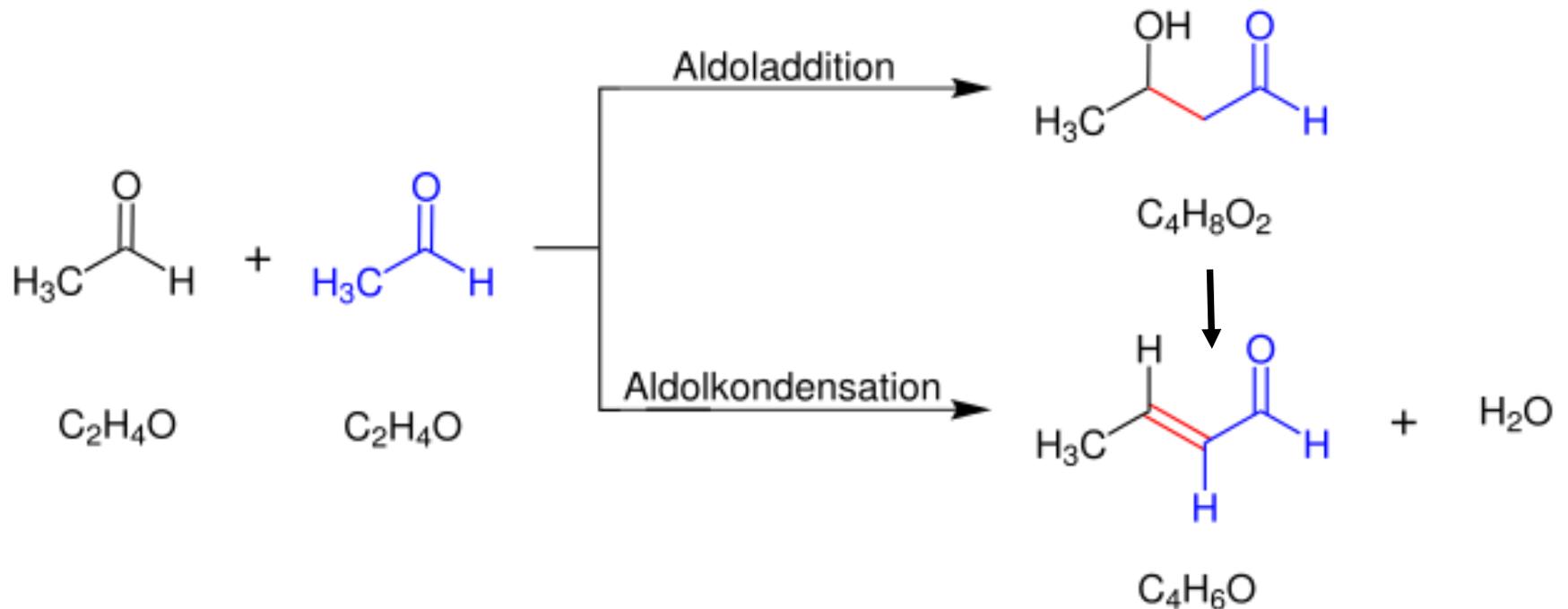


Maltose

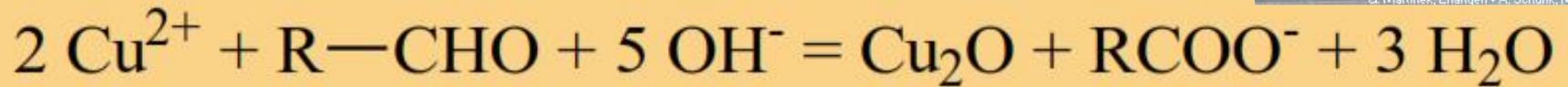
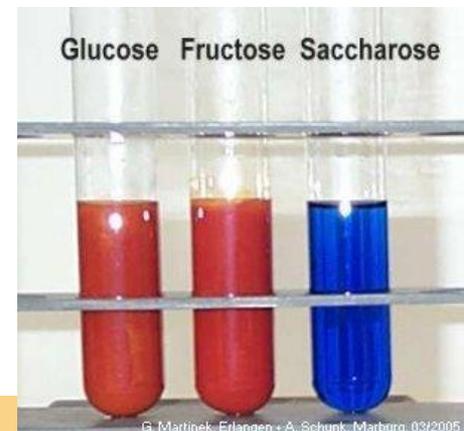
α -D-Glucopyranosyl-(1→4)-D-glucopyranose

Aldolreaktion

Aldol-Dimerisierung oder Aldol-Addition: Aldehyd wirkt als Nukleophil in basischen Milieu



Fehling-Probe



Aldehyd

Carbonsäure

Tollensprobe (Silberspiegelprobe)



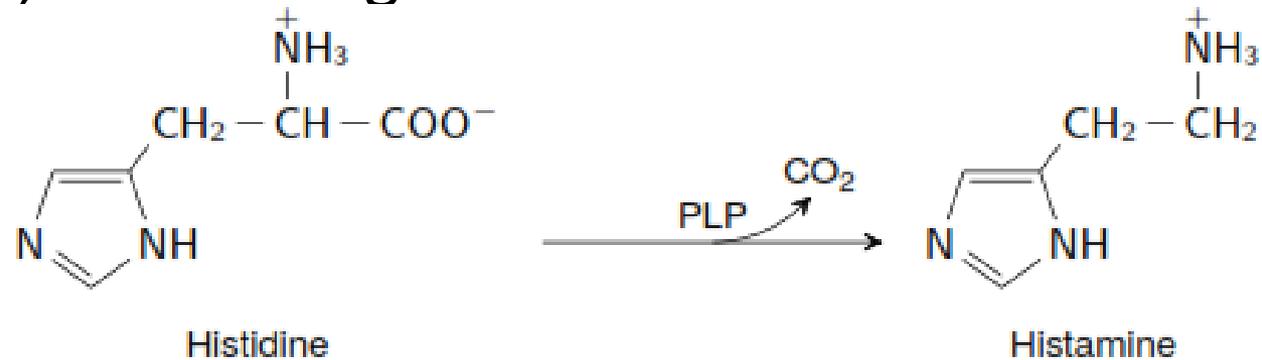
Aldehyd

Carbonsäure

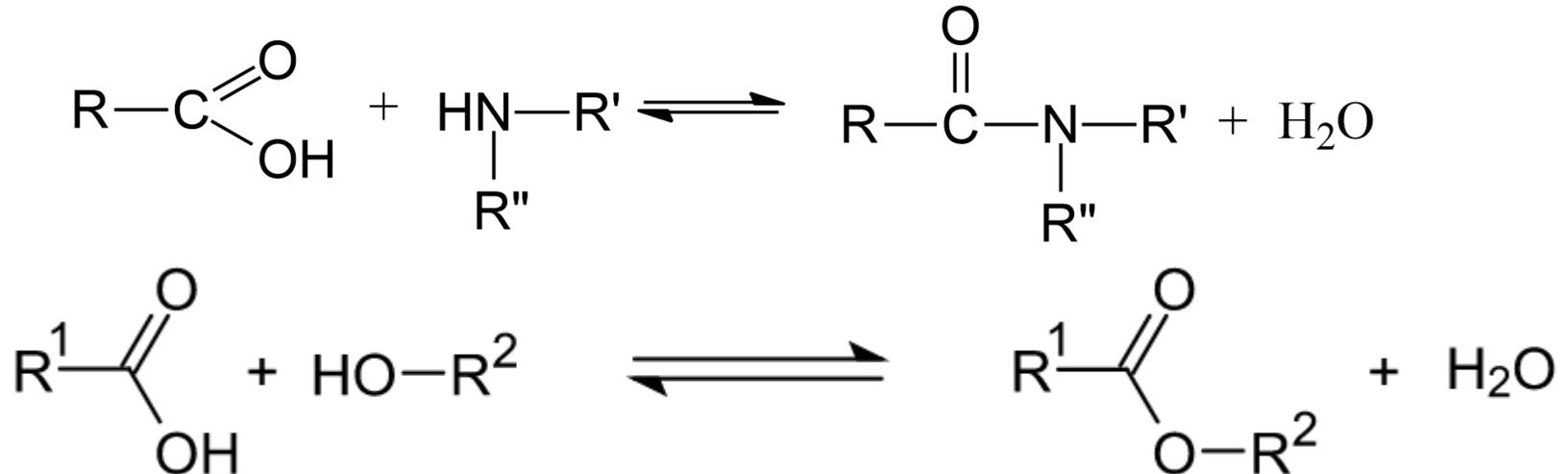


Organische Moleküle – Carbonsäuren

- R-COOH, Carboxyl-Gruppe
- Säure-Dissoziation, Salzbildung
- Decarboxylierung



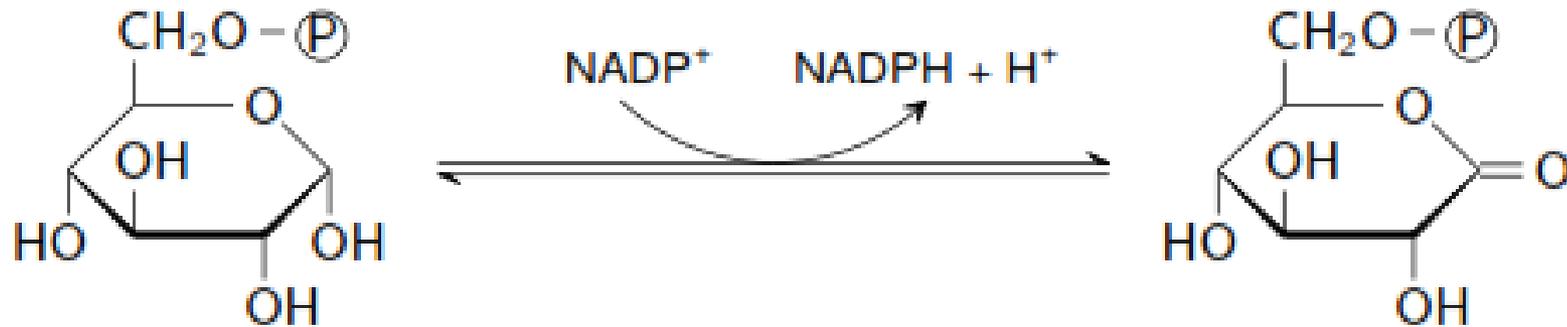
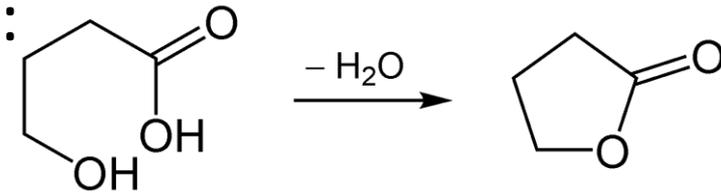
- Reduktion
- Nukleophile Substitution –Amid- oder Esterbildung



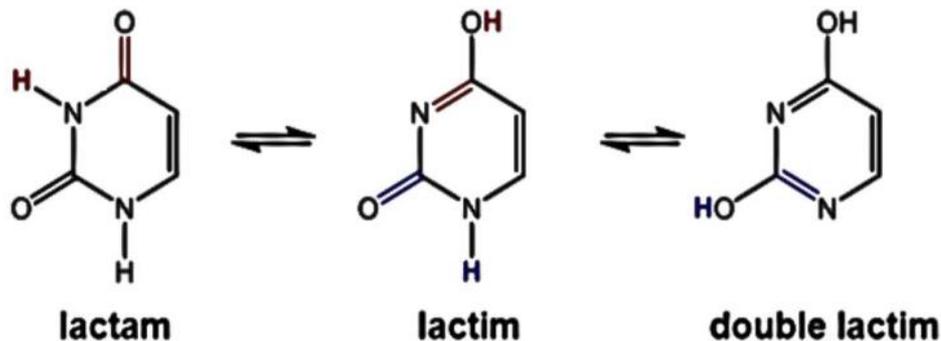
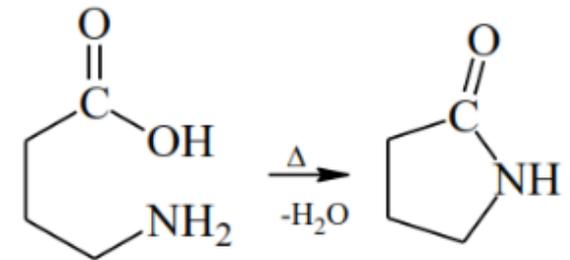
Organische Moleküle

Spezielle intramolekulare Reaktionen:

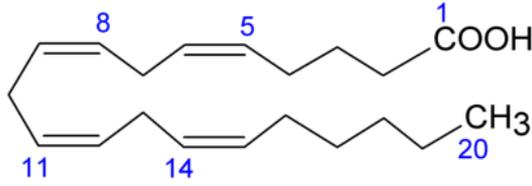
- Laktambildung (cyklischer Ester)



- Laktambildung (cyklisches Amid)



Phospholipids

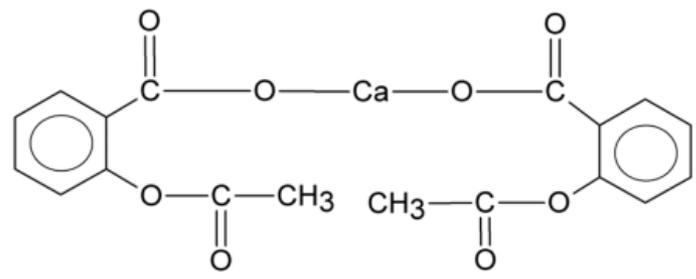


Steroids



Steroids inhibit: Prostaglandins
Thromboxans
Leukotrienes

Arachidonate (20:4)



Calmpirin
(Ca-Salz der Acetylsalicylsäure)

Non-steroids (aspirin)



Non-steroids (aspirin) inhibit: Thromboxans
Prostaglandins

Cyclooxygenase (COX I,II)

lipoygenase

Prostaglandins Thromboxanes Leukotrienes

Organische Moleküle

Amine: Ammoniak-Derivativen

- Primäre Amine $R-NH_2$, primäre Aminogruppe $-NH_2$
- Sekundäre Amine $R-NH-R$, sekundäre Aminogruppe $-NHR$
- Tertiäre Amine NR_3 , tertiäre Aminogruppe $-NR_2$
- Quartäre Ammoniumverbindungen NR_4^+ , quartäre Ammoniumgruppe $-NR_3^+$

Nach R = alifatische oder aromatische Amine

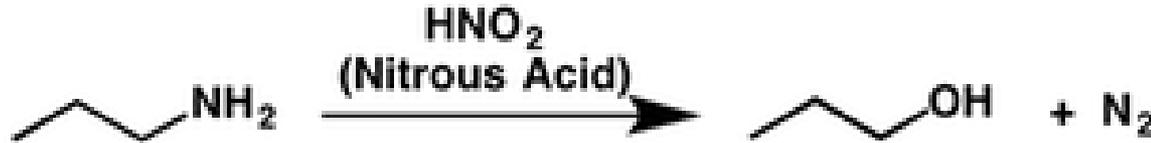
Alkylierung mit Alkylhalogeniden

Acylierung zu Amide mit Estern, Anhydriden oder Säurehalogeniden

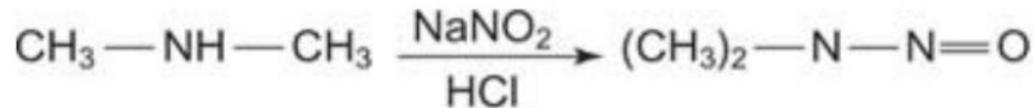
Organische Moleküle

Reaktion mit Salpetriger Säure:

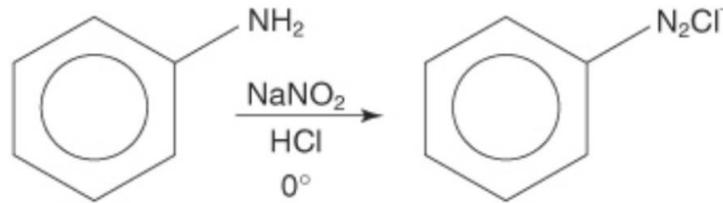
Aus primäre Amine entsteht ein Alkohol und Stickstoffgas



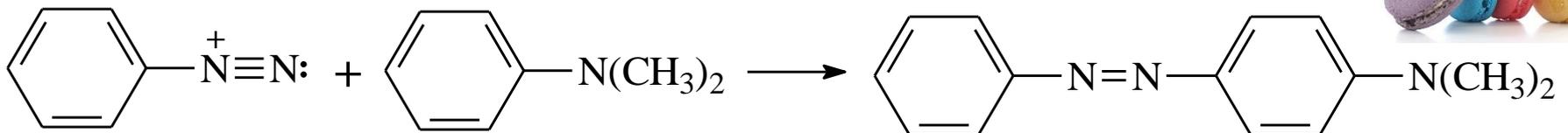
Aus sekundäre Amine entsteht Nitrosamin, tertiäre \emptyset

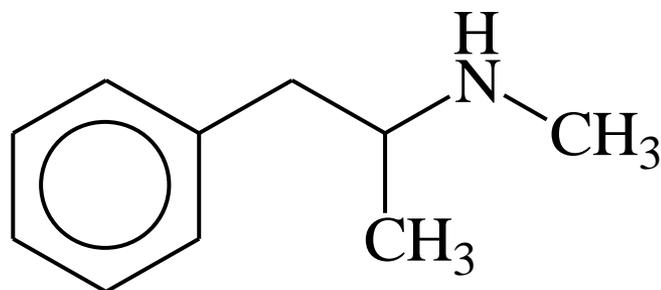
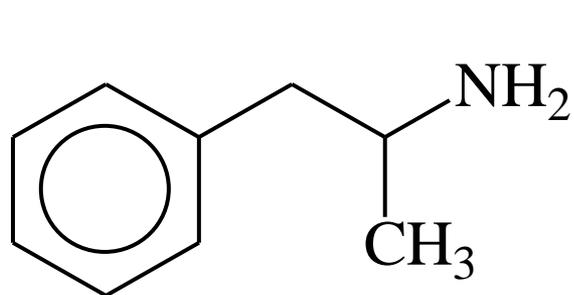
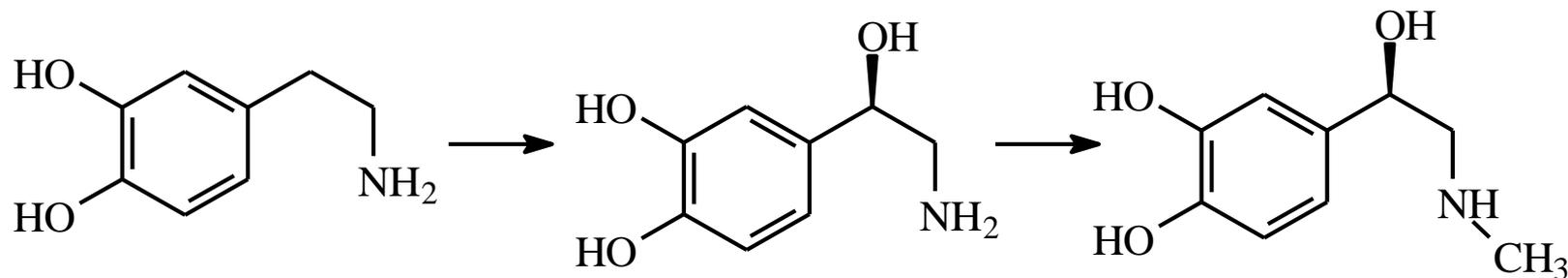
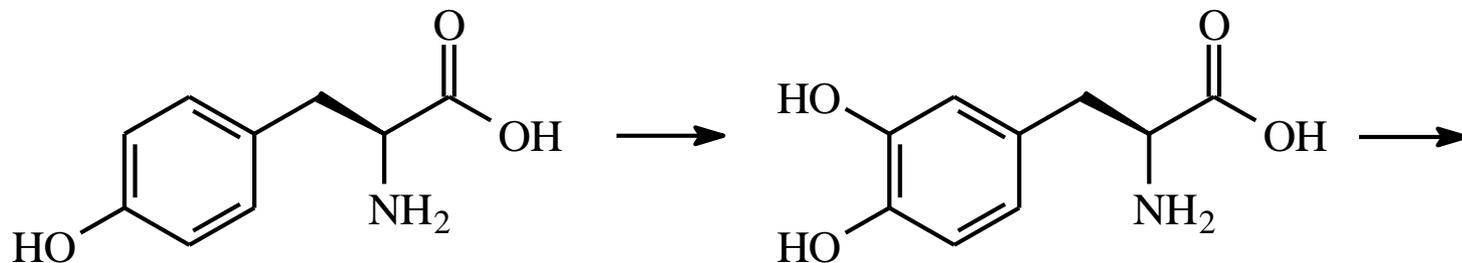
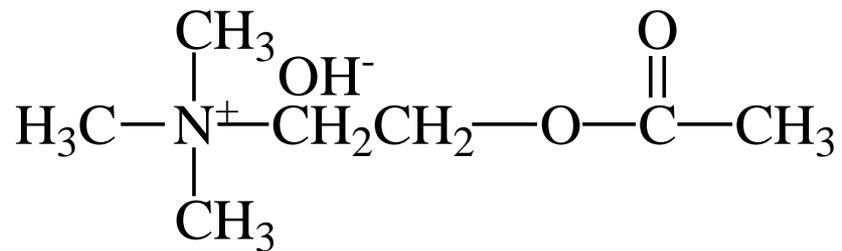
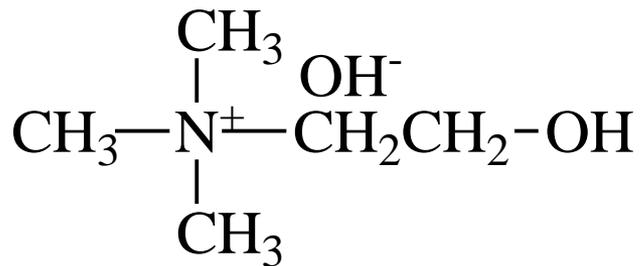


Primäre aromatische Amine entsteht Aryldiazoniumion (Diazotierung)

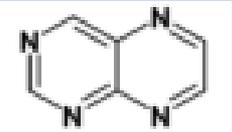


Aryldiazoniumionen reagieren mit aromatischen Ringen zu Azoverbindungen (Diazokopplung)





Heterocyclische Verbindungen: cyclische chemische Verbindungen mit Ringen aus mindestens zwei verschiedenen Elementen, meistens O, S, und N neben die C- Atome.

NAME	STRUKTURFORMEL	EIGENSCHAFTEN	WICHTIGE TEIL VON...
Pyrrol		Aromat., schwache Säure, ebene 5eckige Struktur	Porphyrin, Häm, B12, Bilirubin, Cytochrome
Pyrrolidin		Gesättigte, schwache Base	Nicotin, Prolin
		Pyrrol+Benzolring, aromat. schwache Säure	Tryptophan, Serotonin, Tryptamin, Skatol
		Aromat., schwache Base, ebene 6eckige Struktur	Nicotin, B6, B3, Nikotinsäure, NAD ⁺
Pyrimidin		Aromatische, schwache Base	B1, Base der DNA/RNA (C,T,U), Barbiturat
		Aromatische, amphoter, 5eckige Struktur	Histidin, Histamin
Purin		Pyrimidin+Imidazolringe, aromatische, amphoter	Base der DNA/RNA(A,G) Harnsäure, Coffein
		Aromatische, Schwache Base	B2, Folsäure, Methotrexat

ISOMERE

KONSTITUTIONS- ISOMERE (Strukturisomere)

- Nur gleiche allgemeine Summenformel
 - Unterschiedlich in der Reihenfolge der Atome und in ihren Bindungen
 - Unterschiedliche Strukturformel
 - Überführung ohne Bindungsbruch nicht möglich
 - (Ausnahme: cyclische/offene Form von Zuckern, Umordnung von Vinylalkohol zu Acetaldehyd)
 - Unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften
- Funktionsisomere

Skelettisomere

Stellungsisomere

Bindungsisomere

Tautomerie (oxo-enol Isomere)

KONSTITUTION:
Reihenfolge der bindende Atome

STEREOMERIE

Gleiche Struktur (Konstitution), unterschiedliche räumliche Anordnung (Konformation)
(gleiche Summenformel und Struktur)

KONFORMATIONISOMERE

- Unterschiedliche räumliche Stellung wegen möglichen Drehung um einer σ -Bindung herum
- In cyclische Moleküle nur partielle Drehung, die Substituenten sind stabiler in äquatoriale Position
- ALLE sind umwandelbar
- Immer ein Gemisch der Isomere

Ekliptische vs Gestaffelte

Wannenkonf. vs Sesselkonf.

KONFORMATION:
räumliche Anordnung

KONFIGURATIONSISOMERE

GEOMETRISCHE ISOMERE

(Diastereomerie der Doppelbindungen oder zyklische Verbindungen)

- Spezifische Referenzebene in der Molekülstruktur bestimmt durch Doppelbindung oder Ringsystem
- 2 unterschiedliche Substituenten neben der Doppelbindung
- Überführung ohne Bindungsbruch nicht möglich
- Unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften

Cis (E)

Trans (Z)

KONFIGURATION:
räumliche Anordnung der verschiedenen Atome / funktionellen Gruppen, die an dasselbe Atom gebunden sind

OPTISCHE ISOMERE

1 oder mehr chirale C-Atom

ENANTIOMERE

- 1 oder mehr chirale C-Atome, und ALLE sich wie Bild und Spiegelbild zueinander verhalten aber keine Symmetrieebene innerhalb des Moleküls
- Nicht-identische Spiegelbilder
- Überführung ohne Bindungsbruch nicht möglich
- Gleiche chemische/physikalische Eigenschaften, nur in polarisiertem Light unterschiedlich verhalten, chemische Unterschiede nur bei chiralen Reaktionspartnern (z. B. Enzymen)

DIASTEREOMERE

- 1 oder mehr chirale C-Atome, aber eine Spiegelung ist NICHT für alle nur für 1 oder 2 möglich
- Überführung ohne Bindungsbruch nicht möglich
- Gleiche chemische aber unterschiedliche physikalische Eigenschaften wegen unterschiedlichen Kristallstruktur
- Epimere sind Diastereomere mit mehreren chiralen C-Atome aber nur in 1 ist unterschiedlich

Racemat:
ein äquimolares Gemisch von zwei Enantiomeren.

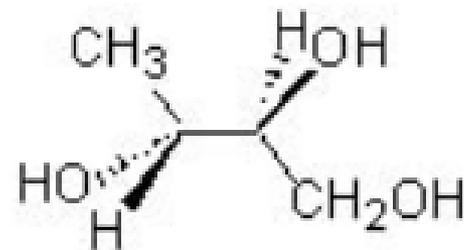
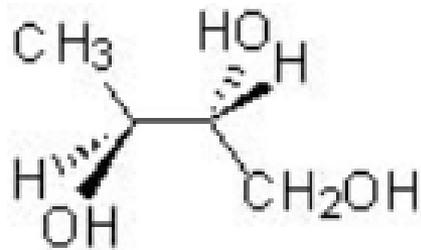
Frage

Welche der folgenden physikalischen Eigenschaften unterscheiden sich für jedes Enantiomerenpaar?

- a. Löslichkeit in Ethanol
- b. Drehrichtung von plan polarisiertem Licht
- c. Siedepunkt und Schmelzpunkt
- d. Brechungsindex

Frage

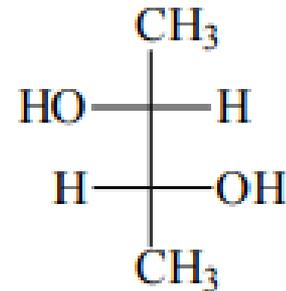
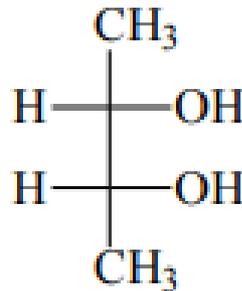
Bestimmen Sie die Beziehung zwischen den beiden gezeigten Molekülen!



- a. Konstitutionsisomere
- b. Enantiomere
- c. Diastereomere
- d. Identische Moleküle

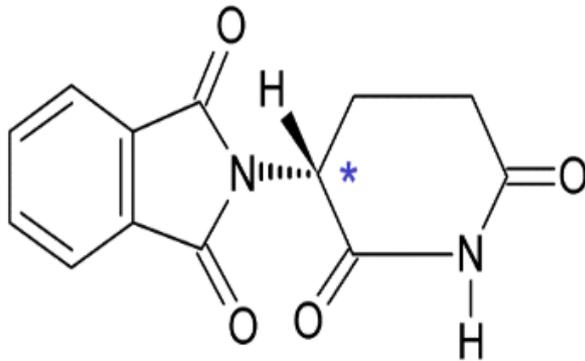
Frage

Die Beziehung zwischen den folgenden zwei Strukturen ist:

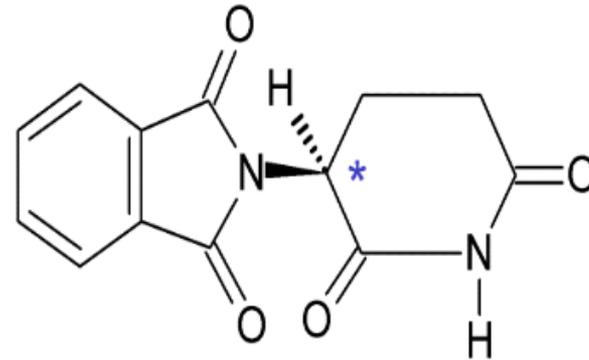


- (A) Enantiomere
- (B) Diastereomere
- (C) Strukturisomere
- (D) Identische Moleküle
- (E) nichts des oben Genannten

Die Contergan-Katastrophe



R(+)-Thalidomid=R(+)-Contergan



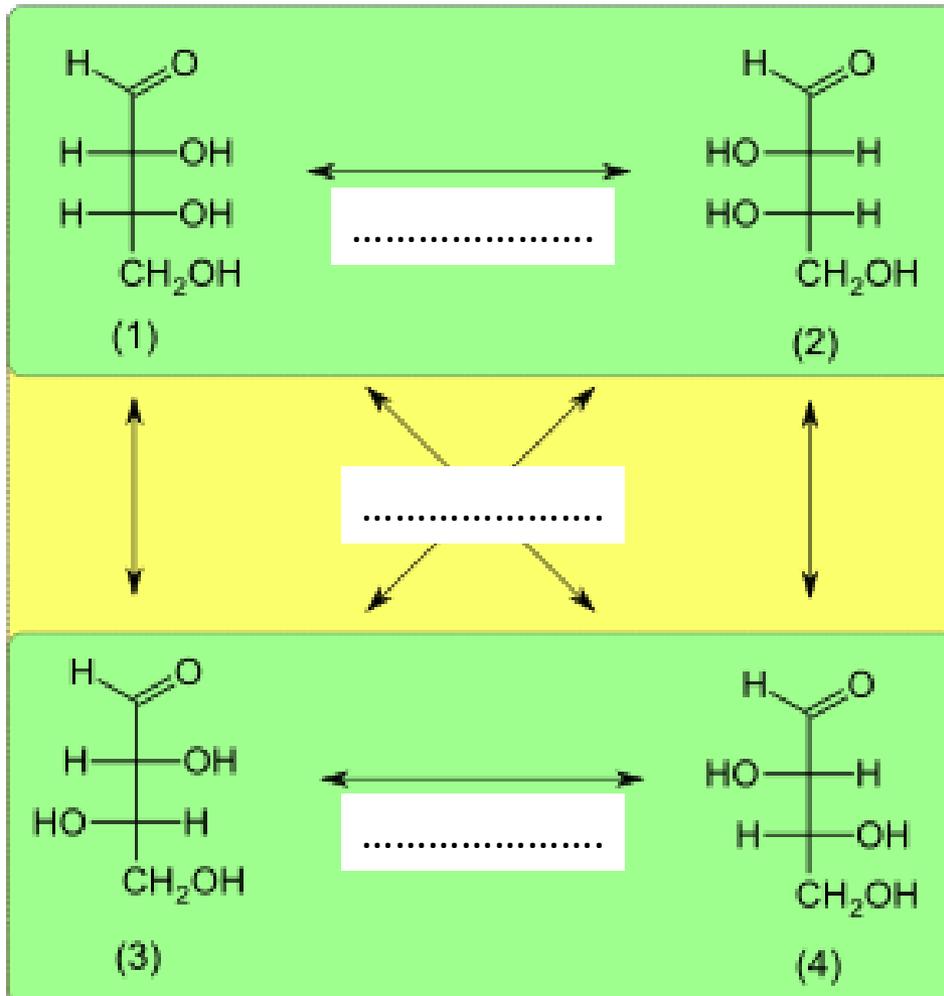
S(-)-Thalidomid=S(-)-Contergan

Die Verbindung ist ein gutes Beruhigungs- und Einschlafmittel. Es wurde 1957 eingeführt und als Racemat in der Handel gebracht. Im Verlaufe der Anwendung stellte sich heraus, dass es während der ersten Schwangerschaftsmonate u.a. Fehlbildungen an den Gliedmaßen der Kinder hervorruft, also **teratogen** wirkt. R(+)-Enantiomer hat die gewünschte Wirkung; S(-)-Enantiomer hat die ungewünschte Nebenwirkung → gemäß von gründlichen Untersuchungen. Durch die Racematspaltung wurde das Problem nichts gelöst, weil die beiden Enantiomere im Körper ineinander umwandeln können; die teratogene Komponente wird immer wieder nachgebildet.

Die Verbindung wurde 1961 vom Markt genommen.

Später wurde nachgewiesen, dass das Thalidomid ein hochwirksames Mittel gegen Lepra und Blutkrebs ist.

Frage

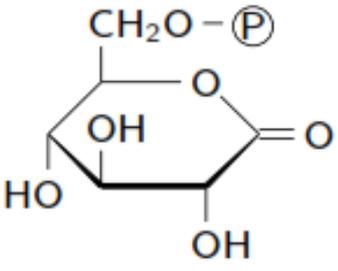
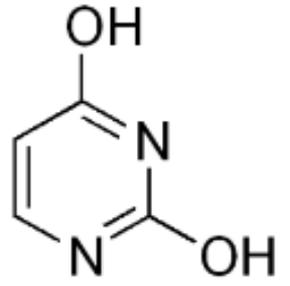
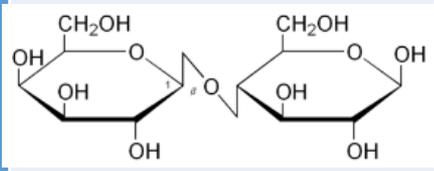
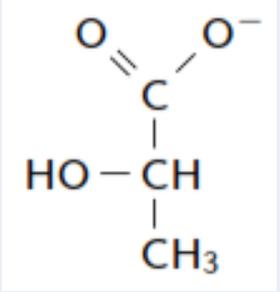
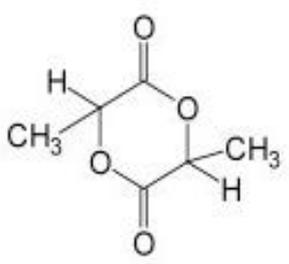
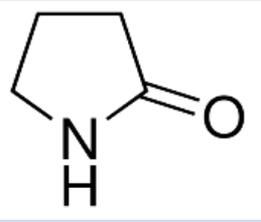


Tautomer von Lactam
mit $-N=C-OH$ Gruppe

Bilden wir Paare!

Milchzucker

Cyclischer
intramolekularer
Ester

	A	B	C	D	E
1	LACTASE		LACTAM		LACTID
2			Enzym	LACTON	
3	LACTAT	LACTOSE		LACTIM	

Cyclisches
intramolekulares Amid

Salz der Milchsäure

Cyclischer
intramolekularer
Diester

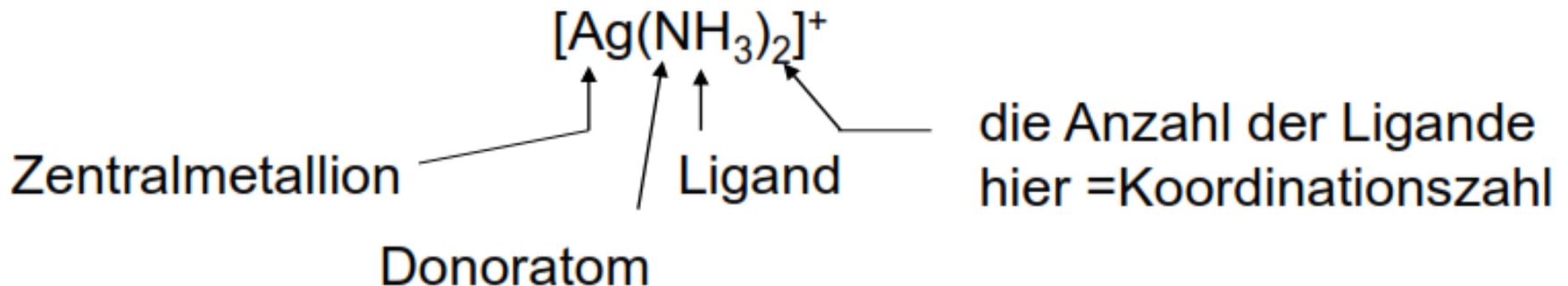
Abbauenzym
für Milchzucker

Komplexe

Definition: Verbindungen in welchen ein Metallatom oder -Ion (Zentralmetall) mit negativen geladenen Teilchen oder ungeladenen Molekülen (Liganden) umgeben ist.

Alle Liganden enthalten nichtbindenden Elektronenpaar(e) (Lewis-Basen), welche nach ungefüllten Orbitalen des Metalls doniert werden (Lewis Säure). Die Anzahl der Donoratome oder der möglichen dativen Bindungen ist die Koordinationszahl.

Die Ligande die mindestens zwei Bindungstelle des Zentralmetalls einnehmen nennen wir Chelatoren.

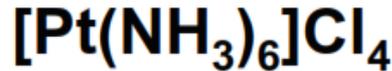


Komplexe

1. Komplex Kation

Zentralmetallion

Hexaammin-platin(IV)-chlorid



Donoratom

Ligand

Gegenion

die Anzahl der Ligande,
hier = **Koordinationszahl**

2. Komplex Anion

Kalium-hexachloro-platinat(IV)



3. Komplex Molekül

Eisen(0)-pentacarbonyl=
Pentacarbonyl-eisen(0)



Zentralmetallatom

Ligand

Frage

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- A. Hämoglobin ist am Sauerstofftransport beteiligt
- B. Myoglobin ist an der Sauerstoffspeicherung beteiligt
- C. Kohlenmonoxid hat im Vergleich zu Sauerstoff eine höhere Affinität für Hämoglobin
- D. A, B und C
- E. A und C

Frage

Was enthält 2 Alpha-Ketten und 2 Beta-Ketten, die eine quartäre Konformation höherer Ordnung annehmen?

- A. Mütterliches Hämoglobin
- B. Myoglobin
- C. Immunoglobulin
- D. Fetales Hämoglobin

Frage

Was besteht aus 2 Alpha-Ketten und 2 Gamma-Ketten?

- A. Mütterliches Hämoglobin
- B. Myoglobin
- C. Immunoglobulin
- D. Fetales Hämoglobin

Frage

Was hat die höchste Affinität zu Sauerstoff?

- A. Mütterliches Hämoglobin ohne 2,3-Bisphosphoglycerat
- B. Myoglobin
- C. Mütterliches Hämoglobin mit 2,3-Bisphosphoglycerat
- D. Fetales Hämoglobin mit 2,3- bisphosphoglycerat

Frage

Welche Bindungskurve hat Hämoglobin bei der Bindung mit Sauerstoff?

- A. Linear
- B. Sigmoidal
- C. Hyperbolisch
- D. Es hat keine

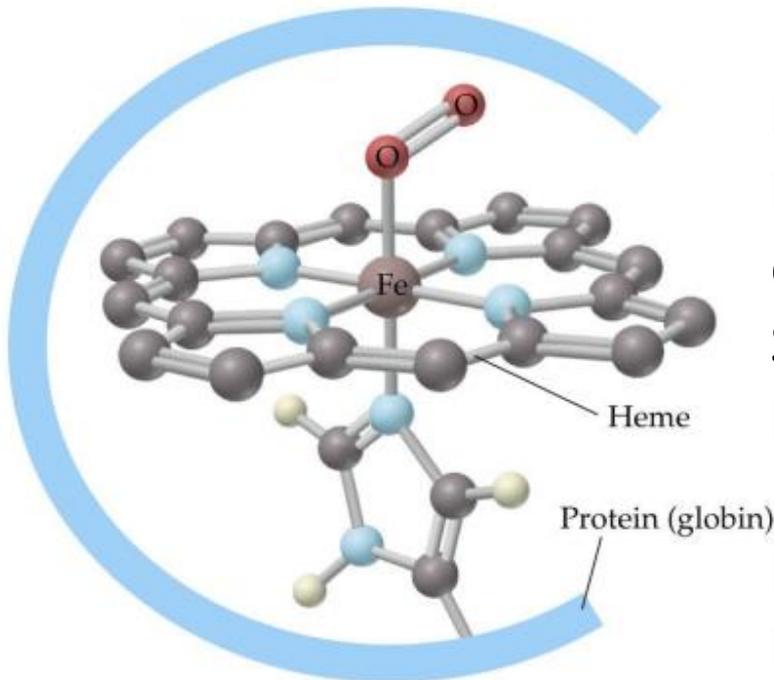
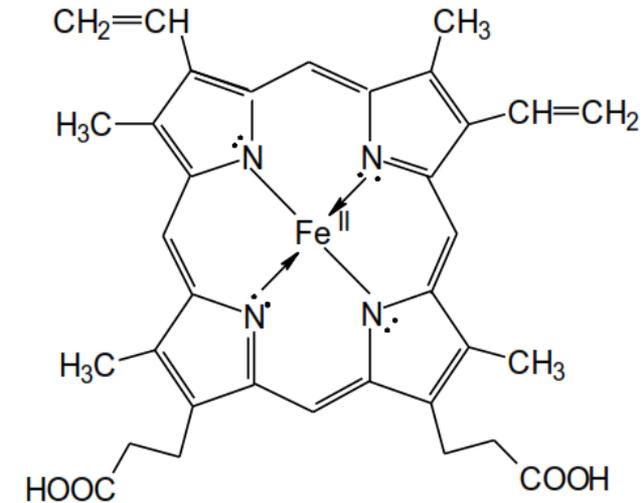
Frage

Welche Bindungskurve hat Myoglobin bei der Bindung mit Sauerstoff?

- A. Linear
- B. Sigmoidal
- C. Hyperbolisch
- D. Es hat keine

Hämoglobin, Myoglobin

Porphyrin ist ein planar, natürlicher Chelator, tetradentat Ligand in Globine, mit Fe^{2+} als Häm genannt.



Die Koordinationszahl: 6

Die Liganden: das tetradentat Porphyrin, das Globinprotein, und das Sauerstoffmolekül.

Die Geometrie: octaedrisch

In Hämoglobin: 4 Globinkette, 4Häm, 4 O_2

In Myoglobin: 1 Globinkette, 1 Häm, 1 O_2

Frage

Welche der folgenden Aussagen beschreibt die Sauerstoffbindungskurve von Hämoglobin?

A. Jeder der vier Sauerstoff bindet mit gleicher Leichtigkeit

B. Die Bindung des ersten Sauerstoffmoleküls verstärkt die Bindung der anderen drei Sauerstoffmoleküle

C. Die Bindung des ersten Sauerstoffmoleküls erschwert die Bindung der anderen drei Sauerstoffmoleküle

D. Die Bindung des ersten Sauerstoffmoleküls hat keinen Einfluss auf die Bindung der verbleibenden drei Sauerstoffmoleküle

E. Bei jeder aufeinanderfolgenden Sauerstoffbindung ist es weniger wahrscheinlich, dass die verbleibenden Stellen Sauerstoff binden

Frage

Unter welchen der folgenden Bedingungen bindet Hämoglobin weniger Sauerstoff?

- A. Der pH-Wert steigt von 7,0 auf 7,2
- B. Der Sauerstoffdruck steigt von 500 mm auf 1000 mm
- C. Die Kohlendioxidkonzentration steigt an
- D. Das 2,3-BPG wird entfernt
- E. Nichts des oben Genannten

Frage

Welche der folgenden Substanzen befindet sich im roten Muskel und besteht aus einem einzelnen Polypeptid mit einer prosthetischen Häm-Gruppe?

- A. Mütterliches Hämoglobin
- B. Myoglobin
- C. Immunoglobulin
- D. Fetales Hämoglobin

Hämoglobin, Myoglobin

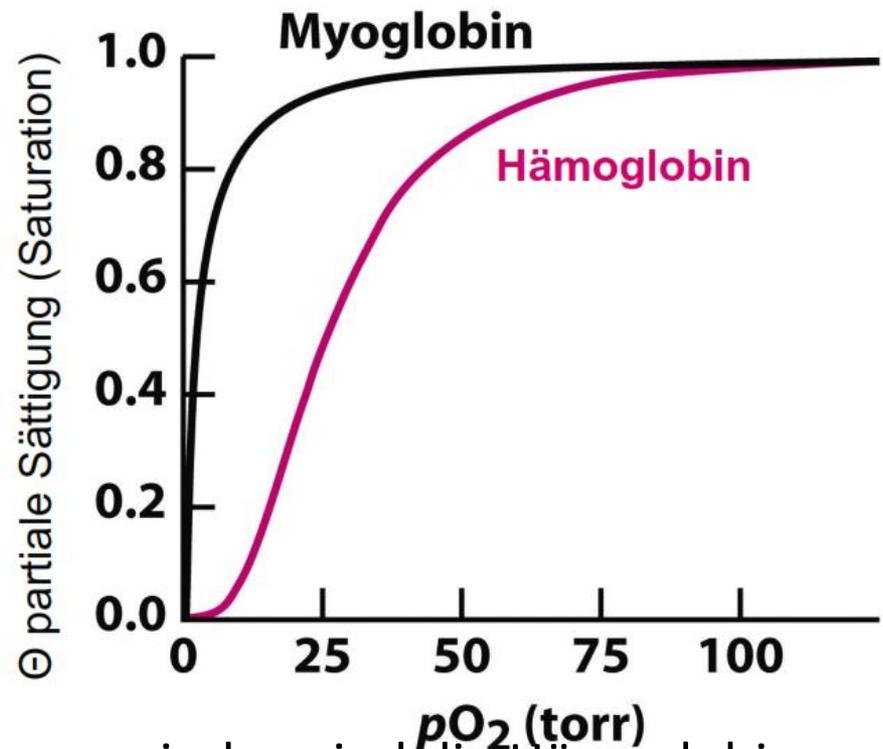
Hämoglobin transportiert den Blutgasen in Erythrozyten.

Myoglobin transportiert und speichert Sauerstoff in Myozyten.

Sauerstoffbindung von Myoglobin und Hämoglobin

Die Sauerstoff-Bindungsstellen sind sehr ähnlich, aber die Sauerstoff-Affinitäten sind unterschiedlich.

Teilweise wegen der kooperativer Sauerstoffbindung, teilweise wegen der Wirkung von 2,3BPG als heterotropem allosterischen Modulator.

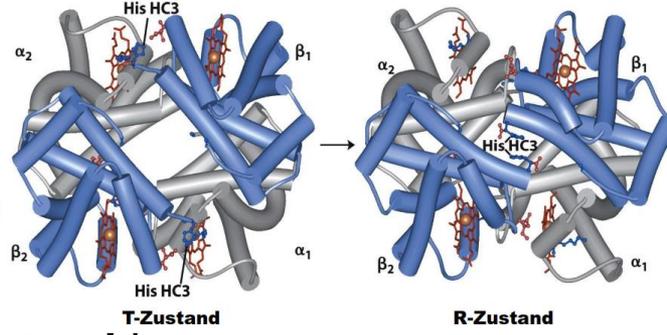


Auch in unterschiedlichen Entwicklungsperioden sind die Hämoglobin-Untereinheiten unterschiedlich und so die Affinität gegen Sauerstoff.

Adult: $\alpha_2\beta_2$, fetal: $\alpha_2\gamma_2$, embryonal: $\alpha_2\varepsilon_2$

Hämoglobin bindet Sauerstoff **kooperativ**:

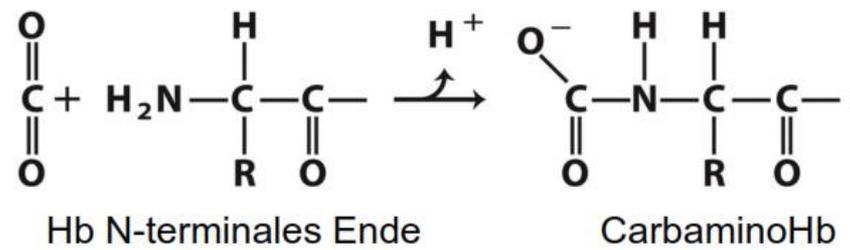
die Bindung von erstem O₂-Molekül führt zu allosterischen Konformationsänderungen und erhöht die Affinität der noch freien Bindungsstellen zum O₂.



O₂-Bindung ruft den Übergang aus dem **T-Zustand zum R-Zustand** hervor.

Also Sauerstoff ist ein **homotroper allosterischer Aktivator**.

CO₂ bindet an Hämoglobin in form einer Carbamat-Gruppe und stabilisiert T-Zustand.



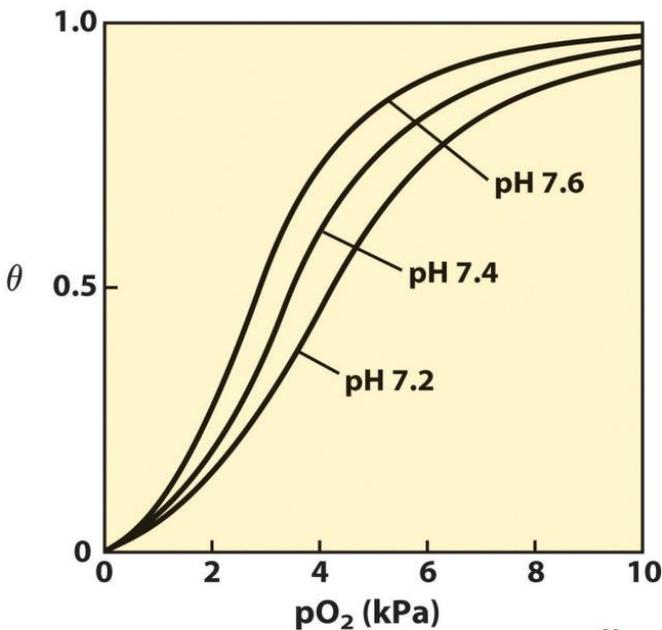
Heterotroper allosterischer Modulator ist 2,3BPG. Bindet es an die T-Form des Hbs

(Desoxyhämoglobin), wird diese Form stabilisiert und kann nicht in die sauerstoffaffine R-Form übergehen. Mit gebundenem 2,3-BPG gibt Hb O₂ auch noch bei einem niederen Partialdruck ab. Es wird im Rapoport-Luebering-Zyklus (Nebenweg der Glykolyse), aus 1,3-BPG unter Beteiligung des Enzyms BPG-Mutase gebildet. Eine Erhöhung der 2,3-BPG-Konzentration ist z. B. bei der Höhenanpassung zu beobachten. Ist die O₂-Sättigung im Blut vermindert, gibt Hb den gebundenen O₂ an die Verbraucher schlechter ab als bei hoher Sättigung. Trotzdem muss die Versorgung aller Organe mit O₂ gewährleistet sein. Hb muss also weniger affin zum O₂ werden, um die Peripherie ausreichend zu versorgen.

Frage

Welches Phänomen tritt auf, wenn ein erniedrigter pH-Wert bewirkt, dass Hämoglobin Sauerstoff in das Gewebe abgibt?

- A. Allosterische Wirkung
- B. ELISA
- C. Bohr-Effekt
- D. Western Blot
- E. B and D



Der **Bohr-Effekt** bezeichnet das Sinken der Affinität von Hämoglobin zu O_2 , wenn der pH-Wert sinkt oder die CO_2 -Konzentration steigt.

Gemeinsam mit der kooperativen Bindung von O_2 und den Einfluss von 2,3-BPG gewährleistet diese Eigenschaft die optimale Funktion des Hämoglobins als Sauerstofftransporter.

Die Sauerstoffbindungskurve wird auf der Abszisse nach rechts verschoben durch:

- Temperaturanstieg
- Absinken des pH-Werts
- Steigerung der Konzentration von 2,3-BPG in den Erythrozyten
- Steigerung der Konzentration von CO_2

Die *Rechtsverschiebung* führt dazu, dass das Hämoglobin *leichter Sauerstoff abgibt*. Ein arbeitender Muskel verbraucht sehr viel O_2 für die Kontraktion. Da er die Energie zum Teil in Wärme umsetzt, steigt in der arbeitenden Muskulatur die Temperatur an. Außerdem setzt er Milchsäure frei, der pH-Wert sinkt. Durch den gesteigerten Stoffwechsel entsteht vermehrt CO_2 : durch die lokalen Effekte kann die Muskulatur mehr O_2 aus dem Blut entnehmen.

Die Sauerstoffbindungskurve wird auf der Abszisse **nach links verschoben** durch:

- Temperaturabnahme
- Anstieg des pH-Werts
- Absinken der Konzentration von 2,3-BPG in den Erythrozyten
- Absinken der Konzentration von CO_2

Die *Linksverschiebung* führt dazu, dass Hämoglobin Sauerstoff stärker bindet.

Dies macht man sich z. B. bei Herzoperationen zu nutze, indem man den Patienten unterkühlt, um sein Blut maximal mit Sauerstoff zu sättigen.

Frage

Wann hat Hämoglobin die höchste Affinität für Sauerstoff?

- A. Wenn der pH-Wert niedrig ist
- B. Wenn der Kohlenmonoxidgehalt hoch ist
- C. Wenn Höhenanpassung nötig ist
- D. Wenn die 2,3-BPG-Konzentrationen sind niedrig



Danke für die Aufmerksamkeit!

