Organische Chemie

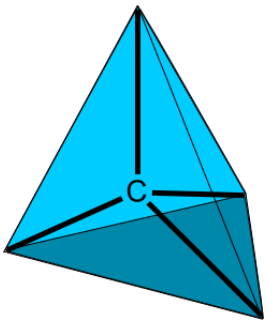
mit besonderen Bezügen zur Biologie und Ernährungslehre

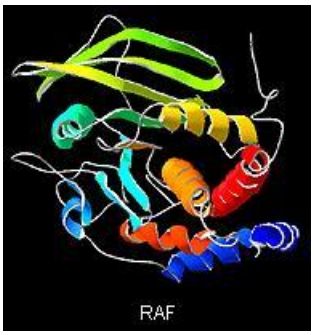
in der Sekundarstufe I +II

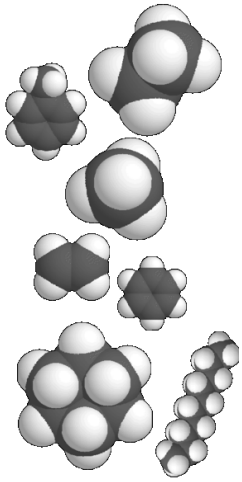
-- Teil 3: Makromoleküle --

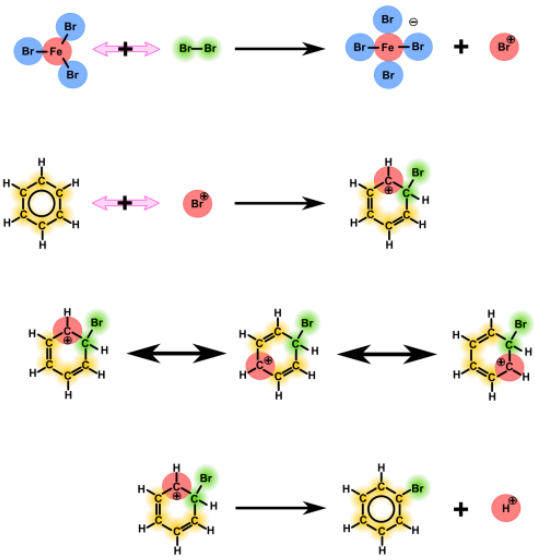
Kunst- und Naturstoffe, Systematisierung

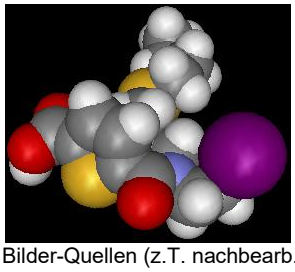
Autor: L. Drews

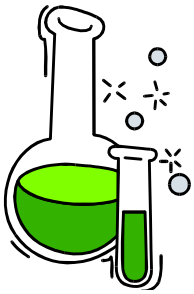


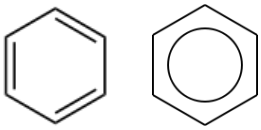










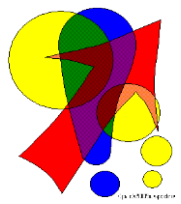


Bilder-Quellen (z.T. nachbearb.): commons.wikimedia.org (Algarech + Van Flamm); UD-Bildschirmschoner; …, lsp: dre

Version 2.2q (2026) teilredigierte Arbeitsversion!!!

(c,p) 2009-2026 lern-soft-projekt: drews

Legende:
mit diesem Symbol werden zusätzliche Hinweise, Tips und weiterführende Ideen gekennzeichnet



Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:

(1) Dieses Skript (Werk) ist zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form veröffentlicht werden.

(2) Das Weglassen von Abschnitten oder Teilen (z.B. Aufgaben und Lösungen) in Teildrucken ist möglich und sinnvoll (Konzentration auf die eigenen Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden). Bei angemessen großen Auszügen gehört das vollständige Inhaltsverzeichnis und die Angabe einer Bezugsquelle für das Originalwerk zum Pflichtteil.

(3) Ein Verkauf in jedweder Form ist ausgeschlossen. Der Aufwand für Kopierleistungen, Datenträger oder den (einfachen) Download usw. ist davon unberührt.

(4) Änderungswünsche werden gerne entgegengenommen. Ergänzungen, Arbeitsblätter, Aufgaben und Lösungen mit eigener Autorenschaft sind möglich und werden bei konzeptioneller Passung eingearbeitet. Die Teile sind entsprechend der Autorenschaft zu kennzeichnen. Jedes Teil behält die Urheberrechte seiner Autorenschaft bei.

(5) Zusammenstellungen, die von diesem Skript – über Zitate hinausgehende – Bestandteile enthalten, müssen verpflichtend wieder gleichwertigen Nutzungsbestimmungen unterliegen.

(6) Diese Nutzungsbestimmungen gehören zu diesem Werk.

(7) Der Autor behält sich das Recht vor, diese Bestimmungen zu ändern.

(8) Andere Urheberrechte bleiben von diesen Bestimmungen unberührt.

Rechte Anderer:

Viele der verwendeten Bilder unterliegen verschiedensten freien Lizenzen. Nach meinen Recherchen sollten alle genutzten Bilder zu einer der nachfolgenden freien Lizenzen gehören. Unabhängig von den Vorgaben der einzelnen Lizenzen sind zu jedem extern entstandenen Objekt die Quelle, und wenn bekannt, der Autor / Rechteinhaber angegeben.

public domain (pd) — Zum Gemeingut erklärte Graphiken oder Fotos (u.a.). Viele der verwendeten Bilder entstammen Webseiten / Quellen US-amerikanischer Einrichtungen, die im Regierungsauftrag mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden und darüber rechtlich (USA) zum Gemeingut wurden. Andere kreative Leistungen wurden ohne Einschränkungen von den Urhebern freigegeben.

gnu free document licence (GFDL; gnu fdl)

creative commens (cc)



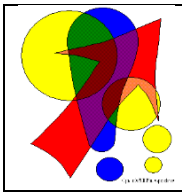
 od. neu  … Namensnennung

 … nichtkommerziell

 … in der gleichen Form

 … unter gleichen Bedingungen

Die meisten verwendeten Lizenzen schließen eine kommerzielle (Weiter-)Nutzung aus!



Bemerkungen zur Rechtschreibung:

Dieses Skript folgt nicht zwangsläufig der neuen **ODER** alten deutschen Rechtschreibung. Vielmehr wird vom Recht auf künstlerische Freiheit, der Freiheit der Sprache und von der Autokorrektur des Textverarbeitungsprogramms microsoft ® WORD ® Gebrauch gemacht.

Für Hinweise auf echte Fehler ist der Autor immer dankbar.

Hauptthemen-Verzeichnis:

Seite

4. Makromoleküle 7
4.1. Bildungsreaktionen 9
Polyaddition 10
Polymerisationen 11
Polysubstitutionen 14
4.2. wichtige natürliche Makromoleküle 19
4.2.1. längerkettige Kohlenhydrate (Oligo- und Polysaccharide) 19
4.2.1.1. Mehrfachzucker (Oligosaccharide) 20
4.2.1.2. Nachweise für längerkettige Kohlenhydrate 40
4.2.1.3. Ergänzende Experimente zu und mit Kohlenhydraten 43
4.2.2. Polypeptide / Proteine (Eiweiße) 51
4.2.2.1. Peptide 53
Abbau der Peptide 56
4.2.2.2. (Oligo- und kleine Poly-)Peptide 60
4.2.2.3. Proteine / Eiweiße (Polypeptide) 68
4.2.3. Polynukleotide (DNS / RNS) 110
4.3. künstliche Makromoleküle / Kunststoffe 112
Einteilung von Kunststoffen 118
4.3.1. Kunststoffe aus Natur-Rohstoffen 124
4.3.1.1. Celluloid 124
4.3.1.2. Gummi 124
4.3.1.3. Polymilchsäure, Polylactide (PLA) 125
4.3.1.x. 125
4.3.1.x. Polymer aus Citronensäure und Glycerol 126
4.3.2. voll-synthetische Kunststoffe 127
Kunststoffe nur aus Alkenen 130
Kunststoffe nur aus Alken-Derivaten 135
Kunststoffe nur aus aromatischen Monomeren 141
Kunststoffe aus mehreren Komponenten 145
Polykondensation 147
Polysubstition 147
4.3.3. Analyse und Unterscheidung von Kunststoffen 158
4.3.4. Recycling und Neusynthese von Kunststoffen 161
4.3.4.x. Polyethylenterephthalat (PET) 161
4.4. weitere interessante organische Stoffe 167

5. Tabellen, Zusammenfassungen, Begriffsbestimmungen 171
5.1. Nomenklatur (Namensgebung) 171
Substitutive und radikalofunktionelle Nomenklatur der wichtigen funktionellen Gruppen 172
organische Stoffe und ihre Namen 175
5.2. Reaktionsarten in der organischen Chemie 176
wichtige Reaktions-Schemata 178
Substitution (S) 178
Addition (A) 178
Eliminierung (E) 178
5.3. Zusammenfassung und Systematisierung 180
5.3.1. Analyse / Erkundung / Aufklärung von chemischen Strukturen 180
5.3.x. Isomerie 182
5.4. Namen diverser Chemikalien in verschiedenen Sprachen usw. 189
5.7. Möglichkeiten zur Struktur-Aufklärung organischer Verbindungen 190
5.6. Begriffe und Begriffsbestimmungen, Definitionen 192

Literatur und Quellen: 211

Inhaltsverzeichnis:

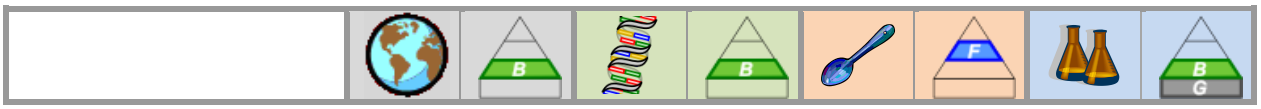
Seite

4. Makromoleküle 7
4.1. Bildungsreaktionen 9
Polyaddition 10
Grund-Schema: 10
Beispiele: 10
Polymerisationen 11
Grund-Schema: 11
Beispiele: 12
radikalische Polymerisation von Ethen 12
Start (Radikal-Bildung) 12
Ketten-Bildung/-Verlängerung 12
Ketten-Abbrüche (Möglichkeiten) 12
ionische Polymerisation von Propen 13
Start (Protonen-Bildung) 13
Ketten-Bildung/-Verlängerung 13
Ketten-Abbrüche (Möglichkeiten) 13
Beispiel aus der Natur: 13
Polysubstitutionen 14
Polykondensation 14
Grund-Schema 1 (hetero-funktionale Monomere): 15
Beispiele: 15
Grund-Schema 2 (zwei homo-bifunktionale Monomere): 16
Beispiele: 16
Dimer-Bildung (Ketten-Start) 17
Oligomer-Bildung (Ketten-Verlängerung) 17
Dimer-Bildung (Ketten-Start) 17
Oligomer-Bildung (Ketten-Verlängerung) 17
4.2. wichtige natürliche Makromoleküle 19
4.2.1. längerkettige Kohlenhydrate (Oligo- und Polysaccharide) 19
4.2.1.1. Mehrfachzucker (Oligosaccharide) 20
4.2.1.1.1. Zweifachzucker (Disaccharide) 21
4.2.1.1.2. Dreifachzucker (Trisaccharide) 28
4.2.1.1.3. längerkettige Mehrfachzucker (echte Oligosaccharide) 28
4.2.1.1.4. Vielfachzucker (Polysaccharide) 30
4.2.1.2. Nachweise für längerkettige Kohlenhydrate 40
4.2.1.3. Ergänzende Experimente zu und mit Kohlenhydraten 43
4.2.2. Polypeptide / Proteine (Eiweiße) 51
4.2.2.1. Peptide 53
Definition(en): Peptide 53
Abbau der Peptide 56
4.2.2.2. (Oligo- und kleine Poly-)Peptide 60
4.2.2.3. Proteine / Eiweiße (Polypeptide) 68
4.2.2.3.1. allgemeine Systematik der Eiweiße (Bau-Typen) 68
Definition(en): Polypeptide 70
Definition(en): Proteine 70
4.2.2.3.2. Proteïde 72
Definition(en): Proteïde 72
4.2.2.3.3. Struktur-Ebenen der Eiweiße (Bau-Ebenen, Ordnungstufen) 74
4.2.2.3.4. Die Vielfalt der Eiweiße 88
4.2.2.3.5. Eigenschaften von Poly-Peptiden u. / od. Proteinen 92
4.2.2.3.6. Nachweise für Peptide und Proteine 101
4.2.2.3.7. weitere Experimente zu Aminosäuren, Peptiden und Proteinen 106
4.2.3. Polynukleotide (DNS / RNS) 110
4.3. künstliche Makromoleküle / Kunststoffe 112
Definition(en): Kunststoffe 115

Namensgebung ... 116
Einteilung von Kunststoffen ... 118
Duroplaste ... 118
Definition(en): Duroplaste ... 119
Thermoplaste ... 119
Definition(en): Thermoplaste ... 120
Definition(en): Glas-Übergangs-Temperatur ... 120
Elaste / Elastomere ... 121
Definition(en): Elaste / Elastomere ... 121
Exkurs: eine Wärmekraftmaschine aus einem Elast ... 121
weitere Einteilungs-Möglichkeiten ... 123
4.3.1. Kunststoffe aus Natur-Rohstoffen ... 124
4.3.1.1. Celluloid ... 124
4.3.1.2. Gummi ... 124
4.3.1.3. Polymilchsäure, Polylactide (PLA) ... 125
4.3.1.x. ... 125
4.3.1.x. Polymer aus Citronensäure und Glycerol ... 126
4.3.2. voll-synthetische Kunststoffe ... 127
Kunststoffe nur aus Alkenen ... 130
Polyethylen (PE) ... 130
Niederdruck-Polyethylen (PE-LD) ... 130
Polypropylen (PP) ... 132
Polybutadien () ... 132
Definition(en): Vulkanisation ... 134
Kunststoffe nur aus Alken-Derivaten ... 135
Polyvinylchlorid (PVC, V) ... 135
Teflon ... 137
Polyacryl (PMMA), Acryl-Glas, Plexiglas (MMA … Methylmethacrylat) ... 138
Polyacrylnitril (PAN) ... 139
Kunststoffe nur aus aromatischen Monomeren ... 141
Polystyrol, Polystyren (PS) ... 141
Phenolharz / Phenoplast (PF) ... 142
Poly??? ... 144
Kunststoffe aus mehreren Komponenten ... 145
Polykondensation ... 147
Polysubstition ... 147
Polyamid (PA) ... 148
Polyester / Polyester-Harz (UP) ... 149
Polyethylenterephthalat (PET) ... 150
Silikon ... 150
Epoxid-Harz ... 152
Polycarbonat (PC) ... 152
Polyacetal (POM) ... 154
Poly??? ... 154
Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten von Plasten / Elasten im Hauswirtschaftlichen bzw. Ernährungs-Bereich ... 157
4.3.3. Analyse und Unterscheidung von Kunststoffen ... 158
4.3.4. Recycling und Neusynthese von Kunststoffen ... 161
4.3.4.x. Polyethylenterephthalat (PET) ... 161
4.4. weitere interessante organische Stoffe ... 167
5. Tabellen, Zusammenfassungen, Begriffsbestimmungen ... 171
5.1. Nomenklatur (Namensgebung) ... 171
R/S-Stereo-Isomerie ... 171
Substitutive und radikalofunktionelle Nomenklatur der wichtigen funktionellen Gruppen ... 172
organische Stoffe und ihre Namen ... 175
5.2. Reaktionsarten in der organischen Chemie ... 176

wichtige Reaktions-Schemata ***178***
Substitution (S) 178
Addition (A) 178
Eliminierung (E) 178
5.3. Zusammenfassung und Systematisierung **180**
5.3.1. Analyse / Erkundung / Aufklärung von chemischen Strukturen ***180***
Markierung von Halogen (F, Cl, Br, I) 180
Markierung von Stickstoff und den verbundenen Atomen 180
Markierung von Sauerstoff 181
Analyse der Cohlenstoff-Struktur (ev. Rückgrat des Molekül's) 181
5.3.x. Isomerie ***182***
unterschiedliche Wirkung von Stereo-Isomeren 183
5.4. Namen diverser Chemikalien in verschiedenen Sprachen usw. **189**
5.7. Möglichkeiten zur Struktur-Aufklärung organischer Verbindungen **190**
Exkurs: 191
5.6. Begriffe und Begriffsbestimmungen, Definitionen **192**
Literatur und Quellen: **211**

4. Makromoleküle



Praxis-Bezug

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Was sind Makro-Moleküle? Gehören die Makro-Moleküle nicht eher zu anderen Stoff-Klassen und müssten da behandelt werden? Was ist das Besondere an ihnen? Wie entstehen Makro-Moleküle? Aus welchen Makro-Molekülen bestehen Sie selbst? Können Sie mindestens 20 nennen!

Aufgaben:

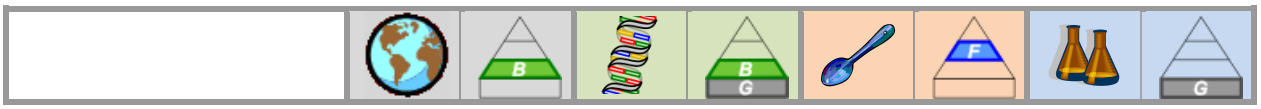
1. *Identifizieren Sie für 5 (deutlich verschiedenen) Kleidungs-Stücke, aus welchem Material sie sind! Lösen Sie verwendete Abkürzungen bzw. Symbole auf! Welche Materialien sind natürlich, welche künstlich?*
2. *Suchen Sie im Haushalt nach Plastik-Gegenständen! Identifizieren Sie 5 (deutlich verschiedene) Gegenstände bezüglich ihres Rohmaterial's!*
3. *Diskutieren Sie die Bedutung von Plastik in Ihrem Haushalt! Was würde passieren, wenn angenommener Weise Plastik-fressende Mikroorganismen alle Plastik zersetzen würden?*

(c,p) 2009-2026 lsp: dre

Makromoleküle sind besonders große Moleküle. Der Name sagt es ja auch aus. Sie unterscheiden sich von anderen großen chemischen Strukturen, wie Kristallen, vor allem dadurch, dass die einzelnen Moleküle noch fassbar oder erkennbar sind. Bei Kunststoffen ist dieses Merkmal vielfach aber auch nicht mehr beobachtbar. Die Strukturen sind so stark vernetzt, dass einzelne Moleküle nicht mehr isolierbar sind. Trotzdem unterscheiden sie sich von Molekül-Kristallen durch eine eher chaotische Anordnung der Moleküle bzw. Molekül-Teile.
Chemisch gesehen könnte man natürlich die Bau-Bestandteile betonen und die Makromoleküle den einzelnen Stoffgruppen zuordnen, zu dessen Struktur sie passen. Dabei wird man aber den besonderen makroskopischen Eigenschaften nicht gerecht.
In Makromolekülen verschwinden die Eigenschaften der Bausteine häufig oder sie verstärken sich extrem. Vielfach lassen sich synergetische Merkmale beobachten, die den Bausteinen so gar nicht zugeordnet werden würden.
Makromoleküle entstehen häufig durch eine extrem häufige Wiederholung der gleichen chemischen Reaktionen. Dabei wird im Allgemeinen eine Kette der Bausteine gebildet.
Bei vielen Bildungs-Reaktionen sind Bausteine mit mindestens zwei funktionellen Gruppen die entscheidende Voraussetzung. Alternativ kann auch eine Mehrfach-Bindung als Basis für Poly-Reaktioen dienen, da sie durch ihre Spaltung quasi auch an zwei C-Atomen reaktive Einheiten bilden.
Die Bildungs-Reaktionen folgen nur wenigen Grundtypen. Dabei ist weniger der einzelne Baustein wichtig, als das Vorhandensein von zwei möglichen Reaktions-Zentren.
Makromoleküle werden auch als Polymere bezeichnet.
Sind die ursprünglichen Bausteine immer gleich gewesen, dann sprechen wir von Homo-Polymeren (homogene Polymere), bei unterschiedlichen Bausteinen von Hetero-Polymeren.
Weiterhin kann man in lineare und verzweigte Makromoleküle unterscheiden. Bei verzweigten Molekülen müssen zumindestens einzelne Bausteine über drei reaktive Molekül-Strukturen verfügt haben.
Eine weitere – oft genutzte Einteilungs-Möglichkeit für Makromoleküle ist ihre Herkunft. Sind die Makromoleküle in oder durch lebende(n) Organismen entstanden, dann spricht man von natürlichen Makromolekülen. Bekannt sind hier die Polysaccharide, Polypeptide (Eiweiße) und die Polynukleotide (DNS und RNS).
Die Welt der künstlichen – also von Menschen hergestellten – Makromoleküle ist weitaus größer. Dabei ist nicht die Anzahl der resultieren Stoffe, als vielmehr die Stoff-Gruppen gemeint.

(c,p) 2009-2026 lsp: dre

4.1. Bildungsreaktionen



Verfolgen wir als erstes die möglichen Bildungs-Reaktionen für Makromoleküle nach den Reaktions-Typen.

An dieser Stelle ist es sicher etwas sehr theoretisch, aber da die verschiedenen Möglichkeiten bei den einzelnen Stoffen immer mal wieder auftauchen und man vielleicht den Überblick verliert, hier eine gemeinsame Betrachtung.
Wenn Ihnen das zu theoretsich erscheint, dann springen Sie zum nächsten Thema. Wenn dann einer der Poly-Reaktionen auftaucht, können Sie ja dann wieder hierher zurückgehen und sich das Prinzip zu Gemüte führen.

Grundsätzlich gibt die:

- Polyaddition
- Polykondensation

und die

- Polymerisation

Die Ketten-Längen werden vor allem über die Verweildauer im Bereich von Katalysatoren und den Mengen von Initial-Stoffen sowie Inhibitoren (auch Regler genannt) gesteuert.
Da viele Poly-Reaktionen exotherm ablaufen, besteht bei sehr langen Ketten die Gefahr von Explosionen, da die gebildete Wärme (aus den eher zähflüssigen Produkten) nicht schnell genug abgeführt werden kann.

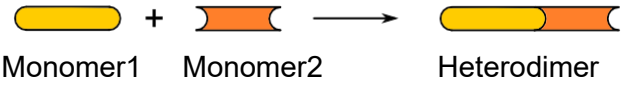
(c,p) 2009-2026 lsp: dre

Polyaddition

Reaktion von zwei verschiedenen Monomeren mit jeweils zwei gleichen funktionellen Gruppen in den Monomeren oder über Monomer mit zwei verschiedenen funktionellen Gruppen (eher selten). Beide funktionelle Gruppen müssen miteinander reagieren können, **ohne(!)** ein Neben-Produkt zu bilden.
Das typische Reaktios-Schema lautet: A + B ⟶ C

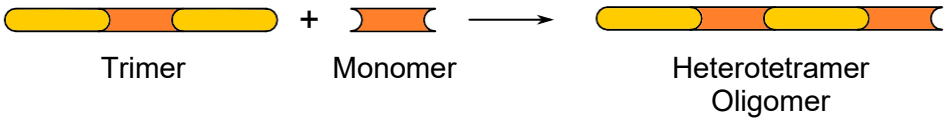
Grund-Schema:

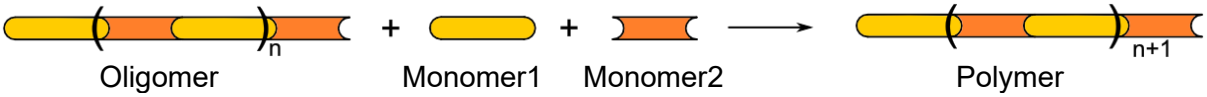
Start:



Ketten-Verlängerung





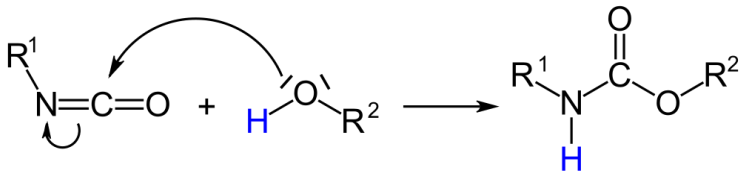


Abbruch über Mangel an Monomeren oder durch monofunktionale Monomer-Derivate od.ä.

Beispiele:

- Polyurethan (→ PUR)

Reaktion von Diolen (zweiwertige Alkohole) mit Diisocyanaten (zweimal die funktionelle Gruppe -N=C=O
praktisch riesige Gruppe von möglichen Produkten
durch Auswahl und Kombination der Ausgangsstoffe können Elaste, Duroplaste und Thermoplaste.

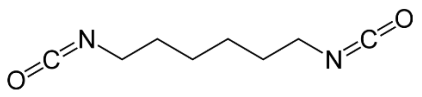


Reaktions-Schema für die Bildung eines Urethan's
Q: de.wikipedia.org (Roland.chem)

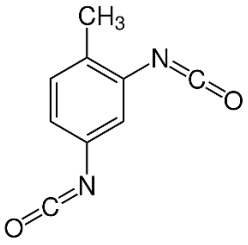
Die resultierende **Urethan-Gruppe** ist Element-Konstellation –NH– COO–.

Aufgaben:

1. *Stellen Sie die Reaktions-Gleichung für die (einmalige) Reaktion von Hexamethylen-1,6-diisocyanat und Propan-1,3-diol auf! Kennzeichnen Sie an den funktionellen Gruppen die Ladungs-Verhältnisse oder benutzen Sie das im Skript benutzte Ladungs-Modell (für Mechanismen)!*
2. *Der Abbruch der Polyaddition für Aufgabe 1 erfolgt durch mono-funktionale Monomere. Geben Sie diese als Struktur-Formel und mit ihrem Namen an!*
3. *In einem Reaktions-Gefäß befinden sich Tuluol-2,4-diisocyanat und Butan-1,4-diol. Geben Sie die Reaktionen zur Bildung eines Trimer's an!*
4. *Im Normalfall wird bei der Urethan-Addition immer ein A-B-A-B-Muster betrachtet. Wäre auch ein A-B-B-A- oder A-A-B-A-Muster denkbar? Begründen Sie ihre Meinung!*



Hexamethylen-1,6-diisocyanat
Q: de.wikipedia.org



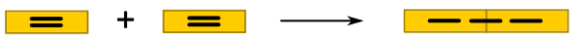
Tuluol-2,4-diisocyanat
Q: de.wikipedia.org ()

Polymerisationen

Polyaddition auf der Basis von Mehrfach-Bindungen
Doppel-Bindung wird aufgebrochen und stellt mit den nun freien Elektronen die Verknüpfung zu genau solchen anderen Monomeren her
aus (nieder-molekularen) Akenen werden (unendlich lange / hoch-molekulare) Alkane

Grund-Schema:

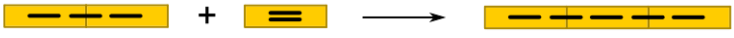
Start:



Monomer Monomer (Homo-)Dimer

erfolgt radikalisch oder ionisch

Ketten-Verlängerung



Dimer Monomer Trimer



Trimer Monomer Oligomer
→ Polymer

Abbruch über Mangel an Monomeren oder radikalisch bzw. ionisch

Beispiele:

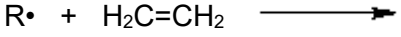
- Polyethen (Polyethylen) (→)
- Polypropen (Polypropylen) (→)
- Polystyren (Polystyrol) (→)

radikalische Polymerisation von Ethen

Start (Radikal-Bildung)

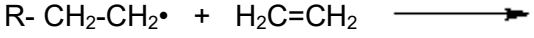


$$R\text{-}R \longrightarrow 2\ R\bullet$$

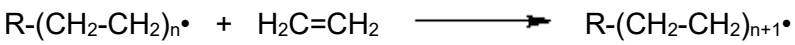


$$R\bullet + H_2C{=}CH_2 \longrightarrow R\text{-}CH_2\text{-}CH_2\bullet$$

Ketten-Bildung/-Verlängerung

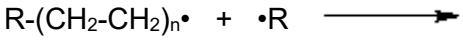


$$R\text{-}\ CH_2\text{-}CH_2\bullet + H_2C{=}CH_2 \longrightarrow R\text{-}(CH_2\text{-}CH_2)_2\bullet$$



$$R\text{-}(CH_2\text{-}CH_2)_n\bullet + H_2C{=}CH_2 \longrightarrow R\text{-}(CH_2\text{-}CH_2)_{n+1}\bullet$$

Ketten-Abbrüche (Möglichkeiten)



$$R\text{-}(CH_2\text{-}CH_2)_n\bullet + \bullet R \longrightarrow R\text{-}(CH_2\text{-}CH_2)_n\text{-}R$$

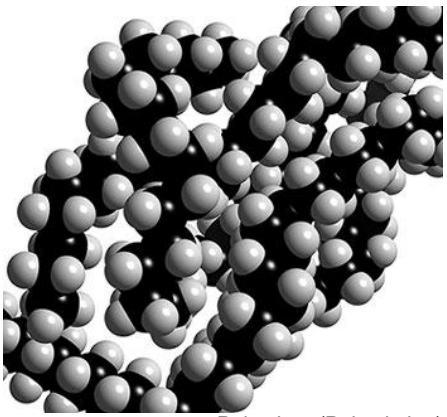


$$R\text{-}(CH_2\text{-}CH_2)_n\bullet + \bullet(CH_2\text{-}CH_2)_m\text{-}R \longrightarrow R\text{-}(CH_2\text{-}CH_2)_{n+m}\text{-}R$$

theoretisch nicht verzweigt

in der Praxis kommt es zu wenigen Verzweigungen

Polyethen gibt es in verschiedenen Varianten, die sich im Wesentlichen in der Verzweigungs-Struktur unterscheiden.
Verwendet man z.B. Peroxide als Radikal-Bildner, dann können Peroxid-Radikale auch die Kette angreifen und dann Verweigungsstellen schaffen.



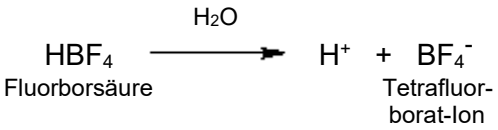
Polyethen (Polyethylen)
Q: www.3dchem.com

(c,p) 2009-2026 lsp: dre

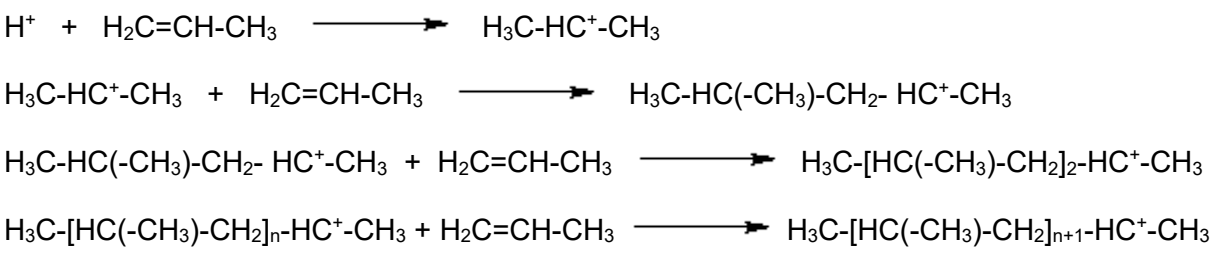
ionische Polymerisation von Propen

ev. auch kationische Polymerisation

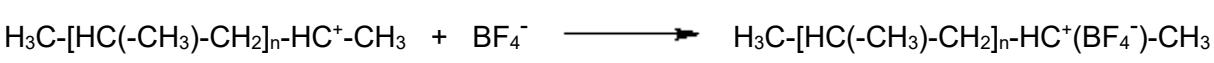
Start (Protonen-Bildung)



Ketten-Bildung/-Verlängerung



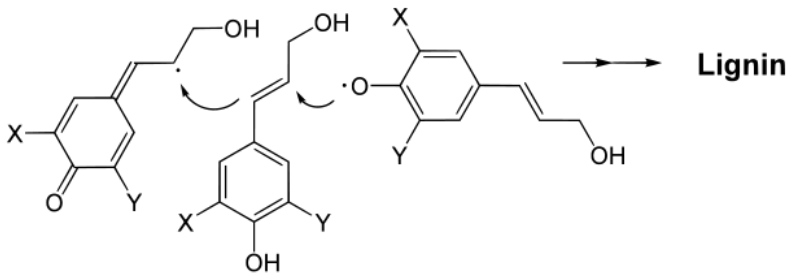
Ketten-Abbrüche (Möglichkeiten)



Aufgaben:

1. ***Stellen Sie das Reaktions-Schema für die radikalische Polymerisation von Propen an!***
2. ***Übertragen Sie das Reaktions-Schema für die kationische Polymerisation von Propen in Struktur-Formeln!***
2. ***Geben Sie für die kationische Polymerisierung von Propen eine weitere Möglichkeit des Ketten-Abbruch's an!)***
3. ***Ethen soll kationisch polyaddiert werden. Geht das überhaupt? Wenn JA, dann geben Sie das Reaktions-Schema an! Wenn NEIN, dann begründen Sie, warum das nicht möglich ist!***

Beispiel aus der Natur:

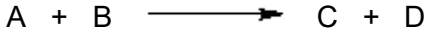


Lignin-Bildung: Die gebildeten Radikale der Monolignole bilden nach Quervernetzung Lignin

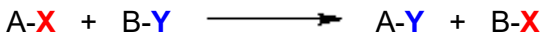
Q: commons.wikimedia.org (Yikrazuul)

Polysubstitutionen

Zur Erinnerung: Substitutionen sind Reaktionen, bei denen Atome oder Atom-Gruppen ausgetauscht werden.
Sie folgen ganz allgemein dem folgenden Schema:



Besser ist allerdings das folgende Schema geeignet, da es auch die ausgetauschen Teile verdeutlicht:



Ob hierbei **X** gegen **Y** oder **A** gegen **B** getauscht wird, ist reine Betrachtungs-Sache. I.A. werden die kleineren Molekül-Teile als Austausch-Teile gesehen.
Ist eines der gebildeten neuen Moleküle sehr klein – wie z.B. Wasser – dann spricht man von einer Kondensation.
Eine weitere Chance eine Substitututionen etwas genauer zu charakterisieren sind mögliche Produkte. Bei den Ester (→ 🕮 **organische Chemie - Derivate**) haben wir die Bildung eines Ester's aus einem Alkohol und einer (Carbon-)Säure als Veresterung kennen gelernt.

Polykondensation

sehr typisch im Bereich der biochemischen Vorgänge

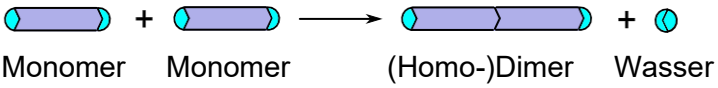
Monomere (Bausteine) besitzen typischerweise zwei verschiedene funktionelle Gruppen, die untereinander unter Abspaltung eines kleinen Molekül's (hier typischerweise: Wasser) miteinander reagieren
da an den Enden immer noch freie funktionelle Gruppen vorliegen, können z.T. sehr lange Ketten (Polymere) gebildet werden
kommen auch drei oder noch mehr funktionelle Gruppen (von den oben gemeinten Typen) vor, dann kann es auch zu Verzweigungen im Polymer kommen (häufig bei: Polysacchariden)

kleine, abgespaltete Moleküle können z.B. Wasser, Ammoniak, Chlorwasserstoff und Alkohole sein

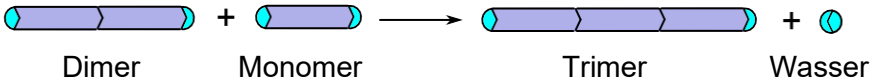
(c,p) 2009-2026 lsp: dre

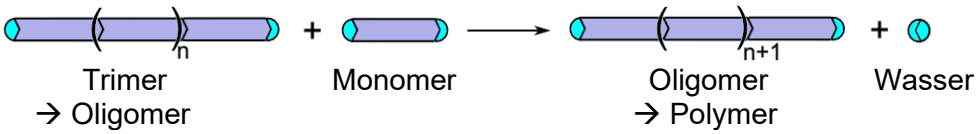
Grund-Schema 1 (hetero-funktionale Monomere):

Start:



Ketten-Verlängerung



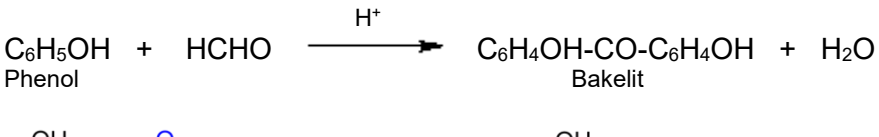


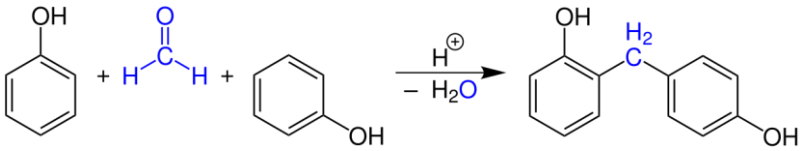
Abbruch über Mangel an Monomeren oder durch monofunktionale Monomer-Derivate od.ä.

Beispiele:

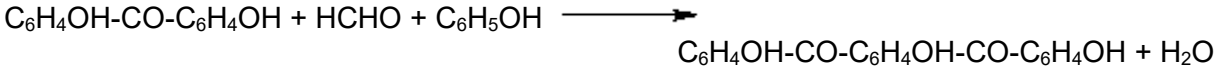
- Phenoplaste
- Polyester (→)
- Polyamide (→)
- Polypeptide (Eiweiße) (→)
- Polysaccharide (Kohlenhydrate) (→)

Phenoplaste (Reaktion von Phenol und Aldehyd)



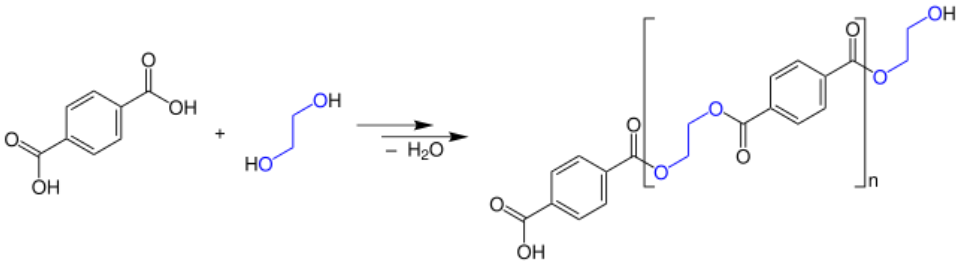


Q: de.wilipedia.org (MaChe)



Reaktion kann in den ortho-Positionen weiterlaufen
praktisch starke Vernetzung möglich → Duroplast

Polyester (Reaktion von Dicarbonsäure mit Diol)



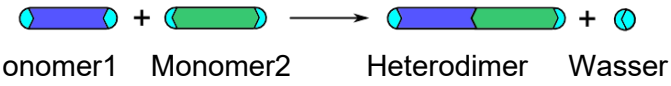
Terephthalsäure Ethandiol Polyester
Q: de.wilipedia.org (MaChe)

Bei der Nutzung des drei-wertigen Alkohol's Glycerol (Glycerin) ist eine Vernetzung möglich.

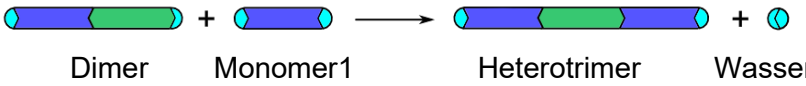
bei Stufen-Polykondensation reagieren zwei unterschiedliche Monomere (immer abwechselnd) miteinander
z.B. Polykondensation von Dicarbonsäure mit Diamid zu Polyamid

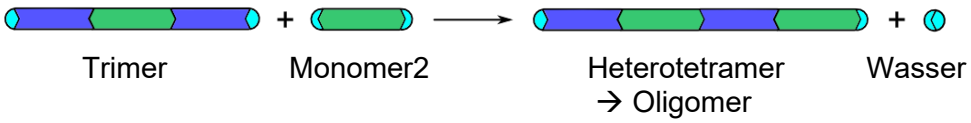
Grund-Schema 2 (zwei homo-bifunktionale Monomere):

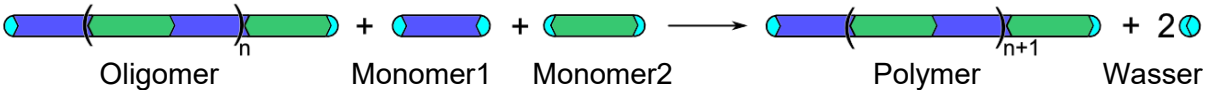
Start:



Ketten-Verlängerung







Abbruch über Mangel an Monomeren oder durch monofunktionale Monomer-Derivate od.ä.

Beispiele:

- Polyamid (→)

werden Monomere mit zwei gleichen funktionellen Gruppen (- also Dicarbonsäure und Diamin) eingesetzt entstehen Polyamide vom Typ AA-SS (das A steht für eine Amino-Gruppe. das S für eine Säure-Gruppe)

Dimer-Bildung (Ketten-Start)

$HOOC\text{-}(CH_2)_x\text{-}COOH + H_2N\text{-}(CH_2)_y\text{-}NH_2 \longrightarrow HOOC\text{-}(CH_2)_x\text{-}\mathbf{CO\text{-}NH}\text{-}(CH_2)_y\text{-}NH_2 + H_2O$

Dicarbonsäure — Diamin — **Amid-Bindung** (Peptid-Bindung)

Oligomer-Bildung (Ketten-Verlängerung)

$HOOC\text{-}(CH_2)_x\text{-}CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_y\text{-}NH_2 + HOOC\text{-}(CH_2)_x\text{-}COOH \longrightarrow HOOC\text{-}(CH_2)_x\text{-}CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_y\text{-}NH\text{-}CO\text{-}(CH_2)_x\text{-}COOH$

$HOOC\text{-}(CH_2)_x\text{-}CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_y\text{-}NH\text{-}CO\text{-}(CH_2)_x\text{-}COOH + H_2N\text{-}(CH_2)_y\text{-}NH_2 \longrightarrow HOOC\text{-}(CH_2)_x\text{-}CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_y\text{-}NH\text{-}CO\text{-}(CH_2)_x\text{-}CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_y\text{-}NH_2$

usw. usf.

Alternativ lassen sich auch Monomere verwenden, die sowohl eine Amino- als auch eine Säure-Gruppe enthalten. Es sind praktisch Aminosäuren. Dies müssen aber keine 2-Aminosäuren sein, wie das bei Peptiden / Proteinen (→ 4.2.2. Polypeptide (Eiweiße)) notwendig ist.
Das Struktur-Muster ist hier dann AS-AS.

Dimer-Bildung (Ketten-Start)

$H_2N\text{-}(CH_2)_5\text{-}COOH + H_2N\text{-}(CH_2)_5\text{-}COOH \longrightarrow H_2N\text{-}(CH_2)_5\text{-}CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_5\text{-}COOH + H_2O$

Aminocapronsäure

Oligomer-Bildung (Ketten-Verlängerung)

$H_2N\text{-}(CH_2)_5\text{-}[CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_5]_n\text{-}COOH + H_2N\text{-}(CH_2)_5\text{-}COOH \longrightarrow H_2N\text{-}(CH_2)_5\text{-}[CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_5]_{n+1}\text{-}COOH + H_2O$

da vielfach die Monomere nicht miteinander mischbar sind, wird häufig die **Grenzflächen-Kondensation** genutzt (z.B. Nylon-Produktion)
die Faser wird aus der Phasen-Grenze zwischen den Monomeren abgezogen (gesponnen)

Aufgaben:

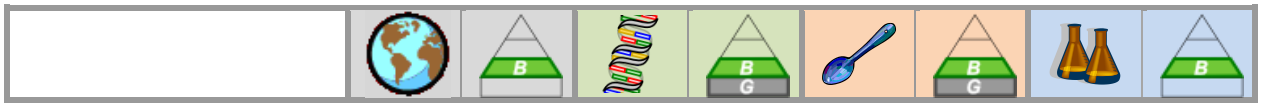
1. *Definieren Sie die Begriffe Substitution, Kondensation und Veresterung! Erstellen Sie ein Mengen-Schema für die drei Reaktions-Arten und den chemischen Reaktion sowie den physikalischen Vorgängen!*
2. *Ist die Reaktion von Terephthalsäure und Ethandiol nicht eher eine Additions-Reaktion nach dem Schema A + B ⟶ C? Bründen Sie Ihre Meinung!*
3. *Stellen Sie die Reaktions-Gleichung für die Reaktion von Terephthalsäure und Butan-1,4-diol auf!*
4. *Für die Bildung einer Polyamid's – z.B. Nylon® - reagieren Hexan-1,6-disäure (Adipinsäure) mit Hexamethylendiamin (Hexan-1,6-diamin) miteinander. Stellen Sie die Reaktions-Gleichungen bis zur Bildung eines Tetramer's auf!*
5. *Kennzeichnen Sie die Amid-Gruppe im Endprodukt der Reaktionen von Aufg. 4!*

für die gehobene Anspruchsebene:

6. *Sind Amid (z.B. lt. Aufg. 4) eigentlich immer auch Proteine? Begründen Sie Ihre Meinung!*

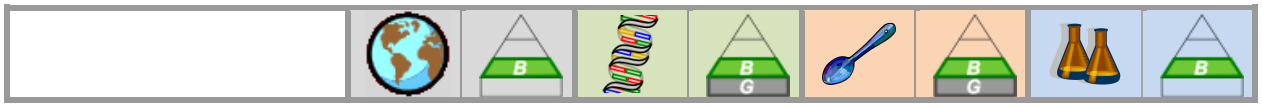
(c,p) 2009-2026 lsp: dre

4.2. wichtige natürliche Makromoleküle



In der Natur kommen Kohlenhydrate, Eiweiße und Nukleinsäuren auch als Makro-Moleküle vor.
Stärke und Zellulose sind wichte Speicher- und Bau-Stoffe. Proteine bestimmen bei allen Lebensvorgängen mit und Nukeleinsäuren kennen wir schon als genetischer Informations-Speicher.

4.2.1. längerkettige Kohlenhydrate (Oligo- und Polysaccharide)



Praxis-Bezug

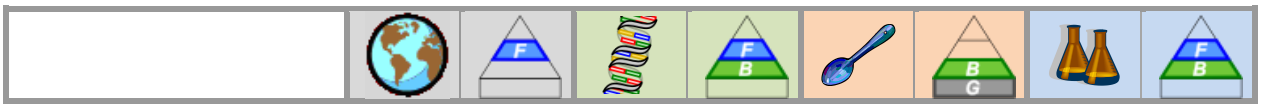
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Wie lang werden Polysaccharide? Wann ist ein Kohlenhydrat ein Mehrfach- und wann ein Vielfach-Zucker? Macht die Anzahl der Monomere etwas an den Eigenschaften der Kohlenhydrate aus? Wie kann es sein, dass bei gleichen Bau-Bestandteilen so völlig unterschiedliche Eigenschaften auftreten können, wie bei Stärke und Zellulose? ?

Eine erste Besprechung der Saccharide erfolgte schon in ihrer Stoffklasse – den Kohlenhydraten (→ 3.2.10. Kohlenhydrate (Saccharide, Zucker)). Hier wurde vorrangig die Monosaccharide (Einfachzucker) besprochen.

Die Bildungs-Reaktionen sind ebenfalls schon bei den Monosacchariden besprochen worden. Hier gehen wir jetzt mehr auf die Bau-Eigenschaften-Beziehungen bei größeren Molekülen ein.

(c,p) 2009-2026 lsp: dre

4.2.1.1. Mehrfachzucker (Oligosaccharide)



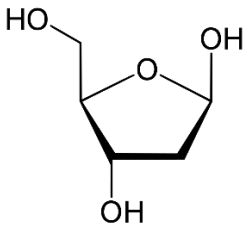
rein wissenschaftlich gesehen sind alle Kohlenhydrate, in denen mindestens zwei Monosaccharid-Bausteine enthalten sind, Mehrfachzucker
dazu gehören dann, je nach Definition die Kohlenhydrate mit 2 bis 10 oder 20 Bausteinen
wir nehmen hier alle KH bis 20 Baueinheiten hinein, da sie sich doch leicht anders darstellen als die Polysaccharide (Vielfachzucker) mit praktisch 100 bis zu 1'000'000 Bauelementen

in der Praxis wird die sehr umfangreiche Gruppe der Disccharide (Zweifachzucker) gerne separat betrachtet, ähnlich verfahren viele Autoren auch noch mit den Dreifachzuckern (Trisacchariden), die aber in Zellen oder im Ernährungs-Bereich eine geringere Rolle spielen

wir übernehmen hier diese – wenn auch unwissenschaftliche – Einteilung, da die Disaccharide für sich schon eine chemisch klar definierte Stoff-Gruppe sind.

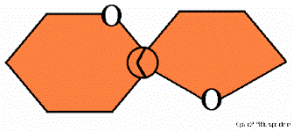
Aufgaben:

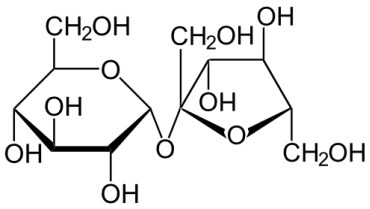
1. *Nennen Sie (ohne im Tafelwerk nachzuschlagen) 10 Eigenschaften von Saccahrose (Haushaltszucker)!*
2. *Vergleichen Sie anhand von allgemein bekannten Eigenschaften, der Verwendung und weiteren – Ihnen bekannten – Informationen Haushaltszucker und Stärke (Mehl oder Kartoffelstärke)!*
3. *Zeigen Sie anhand der nebenstehenden Struktur-Formel die Namensgebung für β-D-2-Desoxyribose – einem Abkömmling von Ribose, dem Zucker, der in der DNS vorkommt!*
4. *Welche Nachweis-Methoden können bei Monosacchariden eingesetzt werden?*
5. *Warum funktioniert der Nachweis der Aldehyd-Gruppe bei Glucose nicht? Erklären Sie das Phänomen!*



4.2.1.1.1. Zweifachzucker (Disaccharide)

Rübenzucker / Rohrzucker (Saccharose, Sucrose)





Bau, Vorkommen: Ob es sich beim Haushaltszucker (Kristallzucker) um Rüben- oder Rohrzucker handelt, ist nur durch die Untersuchung von begleitenden Stoffen festzustellen. Chemisch sind beide Zucker exakt gleich. Je nach Zuckerquelle erhält der Zucker seinen Namen.

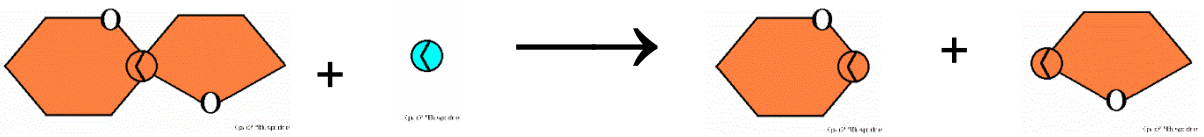
Werden Fructose und Glucose anders herum gebunden (3->1 glycosidisch), dann heißt das Produkt **Turanose**.

Zuckerrüben und Zuckerrohr sind nur zwei Beispiel-Pflanzen mit einem sehr hohen Zuckeranteil. Auch andere Pflanzen enthalten - z.T. auch noch größere Mengen - Saccharose. Bei ihnen ist aber eine industrielle oder Massen-Produktion schwieriger und / oder unökonomischer.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Weißer Zucker (Raffinade) ist ein sehr gründlich gereinigter Zucker. Brauner Zucker enthält dagegen noch Anteile des natürlichen Zuckersirups. Aufgrund dieses Zusatzes schmeckt der braune Zucker aromatischer und ist zudem auch gesünder (durch diverse enthaltene biogene Stoffe).

Dadurch, dass bei der Bildung der Saccharose Glucose und Fructose mit ihren glycosidischen Hydroxyl-Gruppen reagieren, können sich keine freien Aldehyd-Gruppen mehr bilden. Die Saccharose ist deshalb nicht mehr reduzierend. Durch Saccharose wird die Polarisationsebene des Lichtes um +68° gedreht.

Eine Vergärung ist direkt nicht möglich. Erst, wenn der Rübenzucker hydrolytisch in seine Bausteine Fructose und Glucose aufgespalten wird, können dies dann vergoren werden.



Rübenzucker + ***Wasser*** ⟶ ***Traubenzucker*** + ***Fruchtzucker***

Saccharose + *Wasser* ⟶ *α-D-Glucose* + *β-D-Fructose*

Glucose-α(1→2)β-fructose

Drehwert: +66,5° +53° -92°

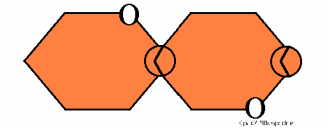
$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

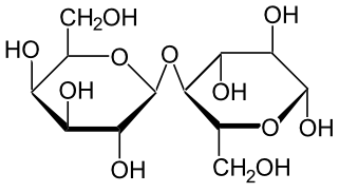
Durch Säuren und / oder Enzyme wird die Reaktion katalysiert. Trotzdem verläuft die Reaktion relativ langsam. Erst nach 0,5 bis 3 Stunden stellt sich ein stabiles Gleichgewicht ein. Interessant ist es, während dieser Reaktion das Drehvermögen für polarisiertes Licht zu verfolgen. Der Drehwert wandert vom rechts- (+66,5°) nach linksdrehend (≈-20° (gleichgewichtsabhängig)). Es kommt also zur Umdrehung / Umkehr des Drehsinns. Dies nennt man **Inversion**.

Aufgabe (zwischendurch) für das gehobene Anspruchsniveau:

1. *Ist Turanose ein Isomer, Enantiomer, Anomer oder ein Isotop von Saccharose? Begründen Sie Ihre Aussagen! Begründen Sie auch, warum es die oder das Andere(n) nicht sein können!*
2. *Überlegen Sie sich, ob Turanose ein reduzierender Zucker ist! Begründen Sie Ihre Meinung!*

Milchzucker (Lactose, Sandzucker)



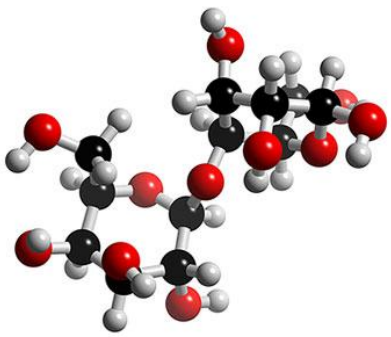


Bau, Vorkommen: Auch bei diesem Zucker läßt sich das Vorkommen schon aus dem Namen ableiten. Die Milch aller Säugetiere enthält als Zuckerbestandteil vorrangig Milchzucker. Lactose ist einer der wenigen ausschließlich in Tieren vorkommende Kohlenhydrat.
Ein Lactose-Molekül besteht aus einen Galaktose- und einem Glucose-Baustein in glycosidischer β-1-4-Verknüpfung.
Der jeweilige Lactose-Anteil in der Milch der verschiedenen Säugetiere ist artspezifisch. Deshalb ist auch jeweils die arteigene Muttermilch für Säuglinge die günstigste Ernährungsvariante. Menschliche Milch enthält ungefähr 6% Lactose. In der Kuhmilch sind es 4 bis 5%. Für Säuglinge ist die Lactose in den ersten Monaten die Einzige verwertbare Nahrungs-Kohlenhydrat.
Industriell wird Lactose aus Molke hergestellt. Bei der Herstellung diverser Milcherzeugnisse (Käse, Quark, …) fällt reichlich Molke als Nebenprodukt an.

Tier	Anteil Lactose in der Milch [%]
Büffel	4,8
Esel	7,4
Kamel	5,0
Katze	4,8
Kuh	4,6
Mensch	7,1

Tier	Anteil Lactose in der Milch [%]
Pferd	6,2
Rentier	2,8
Schaf	4,8
Yak	4,6
Ziege	4,3

Daten-Quelle: de.wikipedia.org (Lactose)

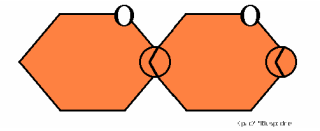


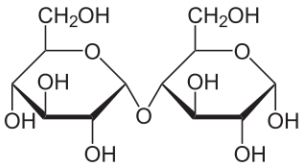
Q: www.3dchem.com

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Mit dem Milchzucker verbindet man allgemein eine schwache Süßkraft. In Wasser ist er schlecht löslich. Fällt Lactose nachträglich in Speisen (z.B. nach einer Temperaturabsenkung) aus, dann bilden sich feine Lactose-Kristalle. Beim Essen erhält man dann einen sandigen Eindruck. Daher auch der Trivialname Sandzucker.
Am Glucose-Teil kann der Ring aufbrechen und wieder die Kettenform mit einer freien Carbonyl-Gruppe entstehen. Lactose gehört somit zu den reduzierenden Zuckern.
Beim Erhitzen oder bei Anwesenheit von Alkohol wird die Lactose zu Lactulose umgelagert. Der Glucose-Baustein wird intern zu einem Fructose-Baustein umgebaut. Lactulose schmeckt deutlich süßer als Lactose.
Die Drehung des polarisierten Lichtes erfolgt um +54°. Eine direkte Vergärung des Milchzuckers ist nicht möglich. Erst nach Spaltung in Galactose und Glucose beginnt die Vergärung dieser Produkte durch die Hefen oder Bakterien.
Nur spezielle Bakterien (*Lactobaccillus acidophilus*) und Pilze (*Saccharomyces kefir*) sind in der Lage Lactose zu vergären. Sie benötigen dazu u.a. das Enzym Lactase. Ein typisches Produkt ist der leicht Cohlensäure- und Alkohol-haltige Kefir.
Eine Ernährung der Säuglinge mit Muttermilch bewirkt die Entwicklung einer gesunden Darmflora (enthält besonders Bifidus-Bakterien). Bei Verwendung anderer Kohlenhydrate können sich andere Mikroorganismen ansiedeln und die Entwicklung der natürlichen Darmflora entscheidend und nachhaltig stören. Erwachsene haben eine Coli-Bakterien-beherrschte Darmflora. Da nach dem Säugling-Stadium die Abbau-Enzyme im Kleinkindes-Darm verschwinden, kann es zu einer Lactose-Intoleranz (Lactose-Unverträglichkeit) kommen. Durch Verän-

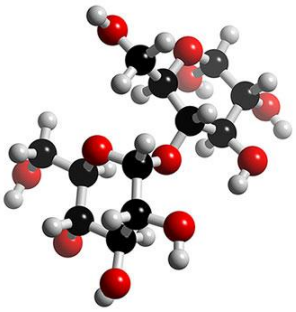
derungen in der Darmflora (die den erhöhten – weil nicht genutzten Lactose-Anteil – abbauen) kommt es zu Durchfall-Erscheinungen, Bauchschmerzen und Blähungen.
Unter (Mittel-)Europäern kommt die Lactose-Intoleranz bei 10 bis 15% der Bevölkerung vor. Bei Afrikanern zeigen 75 – 95% diese Unverträglichkeit.
Das der Rest der Bevölkerung mit dem Milchzucker klar kommt, liegt an einem in den nördlichen Sphären besonders verbreiteten Erbschaden (Mutation). Dieser konnte sich dadurch so stark durchsetzen, weil im Norden durch den Lichtmangel schnell ein Calcium-Mangel auftreten könnte. Milch ist hier als Calcium-Quelle aber sehr wichtig. Träger der Mutation sind in nördlichen Breiten gegenüber dem "normalen" Erbbild (Phänotyp) bevorteilt, weil sie auch Milch noch als Erwachsener verdauen können.

Malzzucker (Maltose)





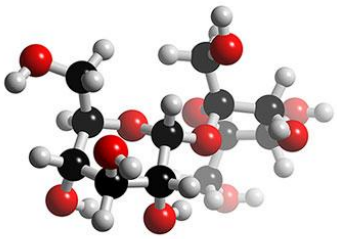
Bau, Vorkommen: Malzzucker ist das letzte Zwischenprodukt beim Stärkeabbau in den Zellen. Über die Zwischenstufen der verschiedenen Oligosaccharide wird letztendlich Maltose gebildet. Besonders keimende Samen enthalten viel Malzzucker.
Beim der Biosynthese der Stärke ist es dementsprechend das erste Zwischenprodukt.
Die Konzentration ist in lebenden Zellen eher gering. Durch technologische Tricks (z.B. Rösten bei der Malzherstellung) kann der Anteil im Lebensmittel deutlich erhöht werden.



Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Malzzucker ist sehr gut in Wasser löslich und schmeckt leicht süß. Er ist sehr leicht zu Traubenzucker abbaubar. Erst in dieser Form ist er vergärbar.
Die freie Carbonyl-Gruppe bewirkt den reduzierenden Charakter von Malzzucker. Maltose dreht das polarisierte Licht um +130°.
Während in der 1,4-Verknüpfung die OH-Gruppen α-ständig sind, bildet sich die endständige glycosidische Hydroxyl-Gruppe in Lösung eher in der β-Form.

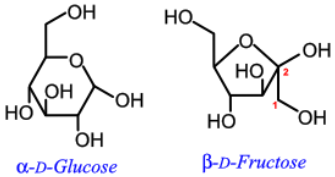
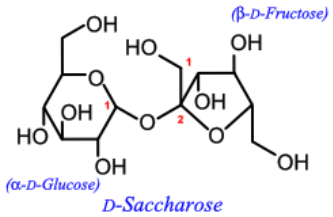
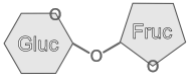
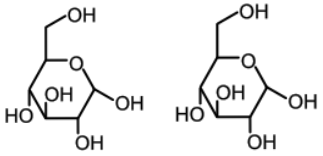
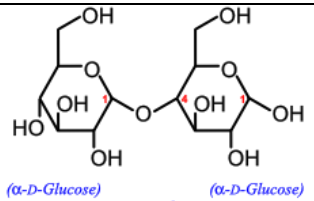
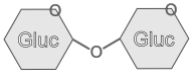
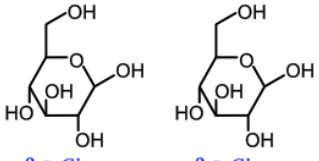
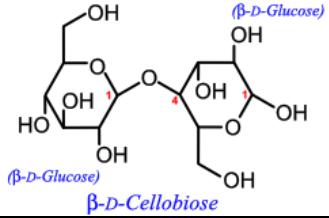
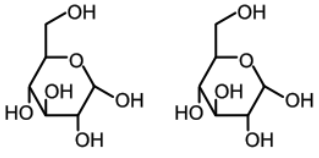
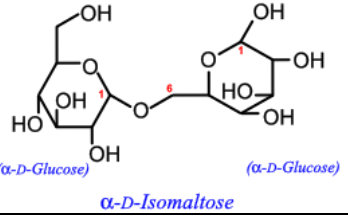
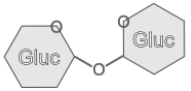
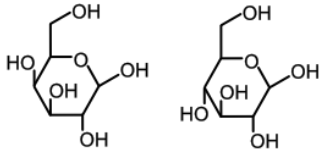
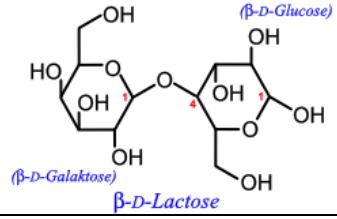
Q: www.3dchem.com

Sucrose

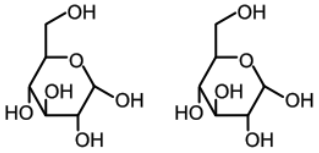
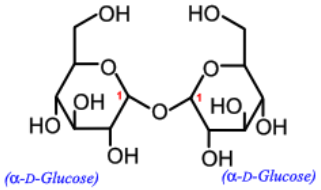


Q: www.3dchem.com

Name					Vorkommen
Cellobiose	Glucose-β-(1→4)-Glucose				Aufbau u. Abbau v. Cellulose
Gentiobiose	Glucose-β-(1→6)-Glucose				Glykoside (Amygdalin)
Isomaltose Isomalz	Glucose-α-(1→6)-Glucose				Amylopektin (Verzweigungen); Glykogen (Verzweigungen)
Isomaltulose	Glucose-α-(1→6)-Fructose				
Lactose Milchzucker	Galaktose-β-(1→4)-Glucose				Säugetier-Milch, Dissimilations-Produkt (Gärung)
Lactulose	Galaktose-β-(1→4)-Fructose				Reversions-Produkt des Milchzucker
Laminaribiose	Galaktose-β-(1→3)-Glucose				Abbau von Laminarin, Bier
Maltose Malzzucker	Glucose-α-(1→4)-Glucose				Zuckerrübe, Bienenhonig
Maltulose	Glucose-α-(1→4)-Fructose				Reversions-Produkt des Malzzucker
Melibiose	Galaktose-β-(1→6)-Glucose				Kakao-Bohne
Neohesperidose	Rhamnose-(1→2)-Glucose				Glykoside (Naringin, Neohesperidin)
Neothrehalose	Glucose-(1→1)-Glucose				Koji-Extrakt
Nigerose	Glucose-(1→3)-Glucose				Bienenhonig, Bier
Rutinose	Rhamnose-(1→6)-Glucose				Anthocyane, Glykoside (Hesperidin)
Sambubiose	Xylose- β-(1→2)-Glucose				Anthocyane
Sophorose	Glucose-(1→2)-Glucose				Anthocyane, Leguminosen (Hülsen-Früchte)
Saccharose (Haushalts-)Zucker Rübenzucker Rohrzucker	Glucose-α-(1→2)-Fructose				Zuckerrübe, Zuckerrohr
Trehalose	Glucose-α,α'-(1→1)-Glucose				Hämolymphe (niedere Tiere), Mutterkorn, Pilze

Verknüpfungs-Typ	Monomere	Struktur	Verknüp-fungs-Art	Reduk-tions-Ver-mögen	Namensgeben-der Zucker weitere Beispiele	
Saccharose-Typ			α,β-(1,2)-glykosidisch	nein	Saccharose (Rübenzucker, Rohrzucker)	
Maltose-Typ			α-(1,4)-glykosidisch	ja	Maltose Amylose Amylopektin (Kette) Glykogen (Kette)	
Cellobiose-Typ			β-(1,4)-glykosidisch	ja	Cellobiose Cellulose	
Isomaltose-Typ			α-(1,6)-glykosidisch		Isomaltose Amylopektin (Verzweigungen) Glykogen (Verzweigungen)	
Lactose-Typ			β-(1,4)-glykosidisch	ja	Lactose	

(c,p) 2009-2026 lern-soft-projekt: drews

Verknüpfungs-Typ	Monomere	Struktur	Verknüp-fungs-Art	Reduk-tions-Ver-mögen	Namensgeben-der Zucker weitere Beispiele	
Trehalose-Typ			α,α'-(1,1)-glykosidisch	nein	Threhalose	
Gentobiose-Typ						

(c,p) 2009-2026 lsp: dre

Aufgaben:

1.

2. Kennzeichnen Sie mit Hilfe eines farbigen Markierstift's, welche Molekül-Teile der oben tabellierten Disaccharide für die Reduzierbarkeit (grünlich) bzw. Nichtreduzierbarkeit (orange, gelb- oder rötlich) verantwortlich sind!

3.

für die gehobene Anspruchsebene:

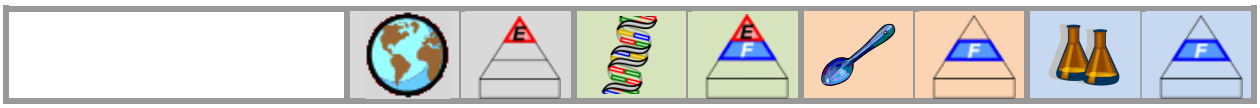
4.

Die scheinbar willkürliche Kombination von Monosacchariden zu Disacchariden wirft die Frage auf, wie sich die verschiedenen Strukturen bilden und warum dann eigentlich nicht auch alle anderen möglichen Kombinationen gebildet werden?
Das Geheimnis des ausgewählten Vorkommens und damit auch der ausgewählten Produktion liegt in der Notwendigkeit bestimmter Enzyme (Bio-Katalysatoren). Nur wenn diese vorhanden sind, dann können unter zellulären Bedingungen bestimmte Mehrfachzucker gebildet werden.

Aufgaben für die Bio-Kurs-Teilnehmer:

1. Könnte es nicht für einen Organismus von Vorteil sein, z.B. eine 1,3-Verknüpfung von Glucose und Fructose durch ein mutiertes Enzym bilden zu können? Überlegen Sie sich auch die Konsequenzen dieser Fähigkeit!

4.2.1.1.2. Dreifachzucker (Trisaccharide)

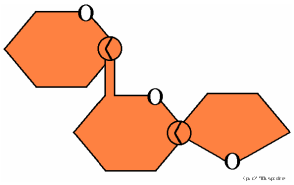


chemisch, wie auch biologisch von geringer Bedeutung
zumeist nur Übergangs-Zustände beim Aufbau und Abbau längerkettiger Kohlenhydrate

Acarbose

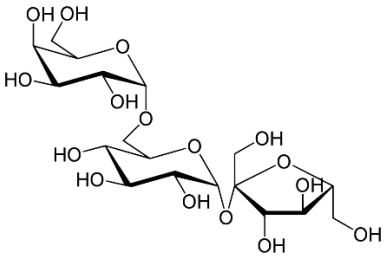
Raffinose

seit Erbsen das neue Fleisch der Vegetarier sind, nimmt die Bedeutung der Raffinose wieder zu



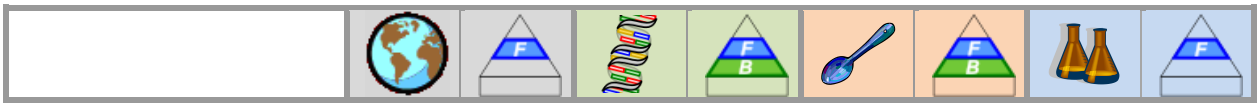
vereinfachtes Symbol

Speicherstoff in vielen Leguminosen



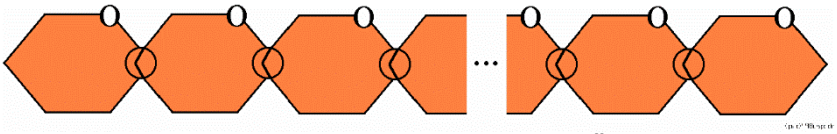
Struktur-Formel
Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

4.2.1.1.3. längerkettige Mehrfachzucker (echte Oligosaccharide)



Sachlich gehören eigentlich schon die Di- und Trisaccharide zu den Oligosacchariden. Wegen vieler charakteristischer Merkmale und Reaktionen werden aber vor allem die Disaccharide gerne separat betrachtet.
Chemisch sind die restlichen Oligosaccharide eher unbedeutsam.
Zu den Mehrfachzuckern zählt man alle die Saccharide, die aus mehr als einem Monosaccharid-Baustein (Monomer) zusammengesetzt sind. Die obere Grenze der Anzahl an Monomeren ist etwas schwammig mit 20 bis 100 festgelegt.
Eine gute Variante ist eine Definition als Zwischen-Gruppe zwischen den Trisacchariden und den Polysacchariden.

Dextrine
Der Name Dextrine deutet es schon an. Hierunter versteht man keinen einzelnen Stoff, sondern eine Gruppe von bauähnlichen Molekülen, die polarisiertes Licht nach rechts drehen. Dextrine sind die Spaltprodukte längerkettiger Vielfachzucker (Polysaccharide). Die Kettenlänge der Dextrine liegt zwischen 10 und 30 Einfachzucker-Bausteinen. Die Moleküle der Dextrine zeigen erste Ansätze zu einer spiraligen Gesamtgestalt.

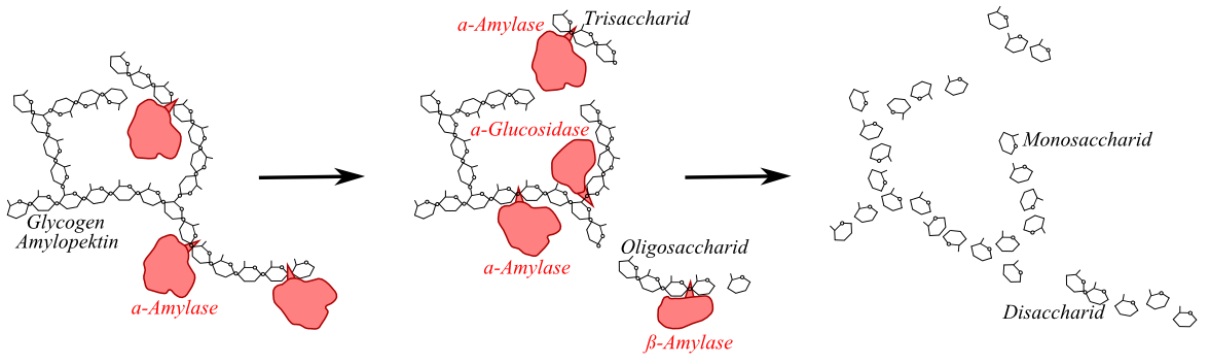


Die Mehrfachzucker stellen bei vielen Eigenschaften einen Übergang zwischen Einfach- bzw. Zweifachzuckern und den Vielfachzuckern dar. So schmecken sie nur noch ganz leicht süß, aber auch noch nicht mehlig. Sie lösen sich noch teils (kolloidal) in Wasser und quellen aber auch schon beachtlich und verkleistern leicht. Dextrine sind optisch aktiv. Sie drehen die Polarisationsebene nach rechts.
Dextrine können direkt nicht vergoren werden. Erst nach enzymatischer oder Säure-Spaltung können die Monomere gut von den Bakterien oder Pilzen genutzt werden.
Da die Spaltung im Darm schneller vonstatten geht als bei den viel längeren Stärke-Molekülen, werden Dextrine gerne für die Herstellung von Säuglings- und Diät-Nährmitteln verwendet.
Nach der Größe unterscheidet man Amylodextrine (30 – 35 Monomere), Erythrodextrine (8 – 12 Monomere) und die schon sehr kleinen Achrodextrine (4 – 6 Monomere). Letztere könnten wir, wenn sie rein vorliegen, schon eher zu den passenden Sacchariden (Tetra-, Penta- und Hexasaccharide) zählen.
Amylodextrine bilden sich schon beim Mahlen von Getreide durch das "mechanische" Brechen der Stärke-Moleküle. Weiterhin werden sie durch enzymatischen Stärkeabbau gebildet. Dies erledigen die sogenannten β-Amylasen. Sie greifen die Stärke-Moleküle von der Mitte her an, während die α-Amylasen vom Ende her arbeiten. Die Amylodextrine lassen sich recht gut in Wasser lösen. Es entsteht eine kolloidale Lösung (➔ Exkurs: kolloidale Lösungen und der TYNDALL-Effekt). Viele Eigenschaften sind sehr Stärke-ähnlich. Mit Iod-Kaliumiodid-Lösung erhält man die typische Blau-Färbung als Stärke-Nachweis (➔ 3.2.5. Nachweise für Kohlenhydrate).
Erythrodextrine ähneln in ihren Eigenschaften schon eher den Di- und Trisacchariden. So ist der Nachweis, der nun schon häufiger vorkommenden reduzierenden Gruppen, mittels der FEHLINGschen Probe möglich. Der Stärkenachweis gelingt nur noch selten und meist tritt nur eine rötliche bis violette Färbung auf. Der Grund dafür sind die nur kurzen helikalen Strukturen, in die wenig Iod eingelagert werden kann. Hierbei kommt es nur zur Rot-Färbung.
Achrodextrine schmecken schon leicht süß. Schon nach kurzem Einfluss von Speichel werden sie in süß schmeckende Di- und Monosaccharide zerlegt. Bei ihnen sind die Nachweise mit oxidierenden Mitteln gut möglich. Die Probe mit Iod (LUGOLsche Lösung) fällt erwartungsgemäß negativ aus. Es wird aber auch eine Gelb-Färbung beschrieben.

Aufgaben:

1. *Stellen Sie die chemische Gleichung der hydrolytischen Spaltung von Maltose auf! Verwenden Sie ausführliche Strukturformeln!*
2. *Stellen Sie die Summenformel für Raffinose auf! Erklären Sie, wie zu dieser Formel gekommen sind!*
3. *Von einem Kohlenhydrat sind folgende Eigenschaften bekannt:*
   dreht polarisiertes Licht nach rechts (+); lässt sich in zwei Aldosen spalten; gut in Wasser löslich; indirekt vergärbar; schmeckt kaum süß
   Um welchen Stoff handelt es sich? Begründen Sie Ihre Entscheidung!

Einige Bakterien-Arten (z.B.:) sind in der Lage cyclische Dextrine aus 6 bis 8 Monomeren aufzubauen. Sie benötigen dazu ein spezielles Enzym – die Cyclodextringlycosyltransferase. Je nach Anzahl der Monomere (6 bis 7) heißen die cyclischen Dextrine α-, β- bzw. γ-Cyclodextrin.
Durch Zusammenlagern mehrerer Cyclodextrine (Kristallisation) entstehen Röhren-artige Gebilde. In die Ring-förmigen sowie die Röhren-förmigen Strukturen kann sich Iod sehr gut einlagern. Der Einlagerungs-Komplex hat eine blaue Farbe.



enzymatischer Abbau eines Polysaccharid's

In der Ernährungslehre wird auch der Begriff **Dextrine** gerne benutzt. Mehrfachzucker entstehen z.B. beim enzymatischen Abbau sowie beim Rösten von Polysacchariden. Ganz typisch hierfür ist das Herstellen eine Mehlschwitze (aus Fett und Mehl) zur Herstellung von Soßen oder gebundenen Suppen. Die beim Zerlegen und Rösten freigesetzten Mono- und Disaccharide machen die Soßen und Suppen angenehm süßlich schmeckend.

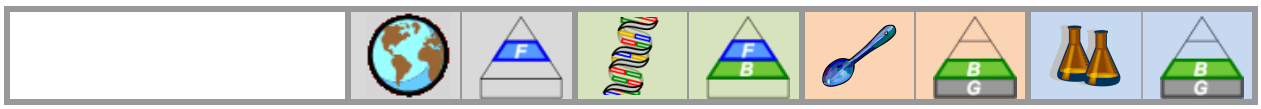
Aufgaben:

1. ***Durch welche(s) Enzym(e) können Oligosaccharide produziert werden? Erläutern Sie!***
2. ***Welche(s) Enzym(e) kann / können keine Oligosaccharide herstellen? Begründen Sie Ihre Aussagen!***
3.

Aufgaben:

4. ***Warum sind eigentlich so viele verschiedene Enzyme für den enzymatischen Abbau von Polysacchariden nötig? Erklären Sie ausführlich!***

4.2.1.1.4. Vielfachzucker (Polysaccharide)



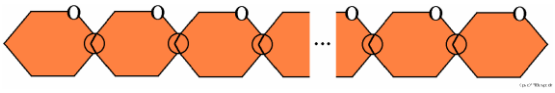
chemisch ebenfalls von geringerer Bedeutung
große Bedeutung aber als Speicher- und Baustoffe in biologischen Systemen und auch bei der Ernährung

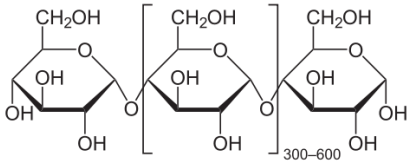
in der Biologie und in der Ernährung spielen die folgenden Polysaccharide eine große Rolle:

- Amylose (lösliche Stärke)
- Amylopektin (unlösliche Stärke)
- Glukogen (Leber- bzw. Muskel-Stärke)
- Zellulose
- Pektin

Vielfachzucker od. Polysaccharide enthalten deutlich mehr als 10 Monomere (Monosaccharid-Bausteine). In den meisten Fällen sind es aber keine reinen Stoffe sondern Gemische aus Molekülen mit gleichen Bau, aber unterschiedlicher Anzahl Monomere im Molekül. Die Eigenschaften unterscheiden sich untereinander aber nur unwesentlich und gleichen sich dann im Stoffgemisch aus.
Sachlich kann man Homo- und Heteroglykane unterscheiden. Homoglykane enthalten immer gleiche Monomere. In Heteroglykanen kommen verschiedene Monomere – aber alles Saccharide – vor.

lösliche Stärke (Amylose)



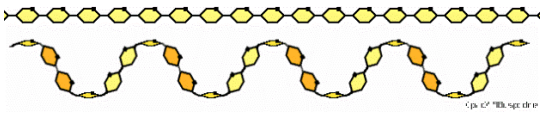


Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

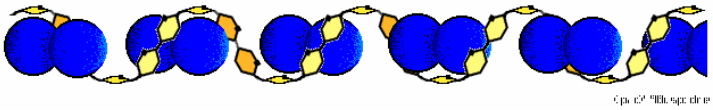
Bau, Vorkommen: Amylose (Amylum) ist ein wesentlicher (rund 15 bis 20%) Bestandteil aller pflanzlichen Stärken (Amyl; native / natürliche Stärke).
Es besteht aus spiralig aufgewundenen Traubenzucker-Molekülketten. In einem Molekül der Amylose sind normalerweise zwischen 250 und 300 Traubenzucker-Bausteine (α-D-Glucose) vereint. Es sind aber auch Ketten mit bis zu 1000 Resten bekannt geworden.
Die Verknüpfung erfolgt 1,4-glycosidisch und entspricht dem Maltose-Typ. Durch die immer gleiche Stellung der Sauerstoff-Brücken (α-1,4) kommt es zur Ausbildung einer Helix. Pro Windung sind 6 bis 8 Glucose-Bausteine verbaut.

Einzelstrang

Helix

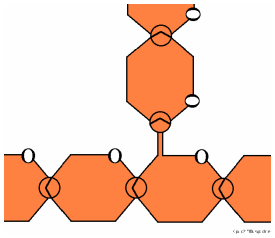


Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In heißem Wasser ist die Amylose kolloidal löslich - d.h. sie schwimmt (besser: taucht) im Wasser. Dabei sind es immer einzelne Moleküle, die von angelagerten Wasser-Molekülen und durch eine ungefähr gleiche Dichte in der Schwebe gehalten werden. Die Bezeichnung "löslich" ist also etwas irreführend. In das Innere der Molekül-Spirale kann ebenfalls reichlich Wasser eingelagert werden - die Stärke quillt. Dieses Quell-Wasser kann dann auch nach dem Abgießen des Restwassers noch gut gehalten werden. Es entsteht ein gelartiger Zustand von verkleisterten Molekülen.
Mit Iod-Molekülen bildet Amylose eine tiefblau bis schwarz gefärbte Einschlussverbindung. Diese wird als Nachweis genutzt. In der Wärme verliert sich die Farbe.



Die Moleküle bewegen sich dann zu stark, als dass dann eine stabile Einschlussverbindung entstehen könnte. In der Kälte verstärkt sich die Farbe aber wieder. Bei Zimmertemperatur ist der Nachweis sehr empfindlich.

nicht-lösliche Stärke (Amylopektin)

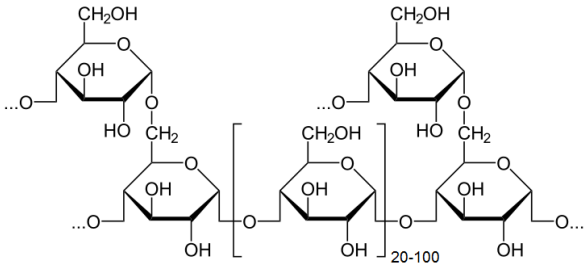


Bau, Vorkommen: Diese Stärke stellt mit 75 bis 80% den bedeutenderen Anteil im Stärkekorn. Der prinzipielle Bau ähnelt dem der Amylose. Nur sind ab und zu (etwa alle 25 Reste) Verzweigungen enthalten. Die Verzweigungen sind α-1,6-glycosidische Bindungen vom Gentobiose-Typ.
Von außen betrachtet wirkt das Molekül dann auch eher wie ein wirres Knäul. Amylopektin enthält wesentlich mehr Traubenzucker-Bausteine (normal 1.000 bis 5.000).

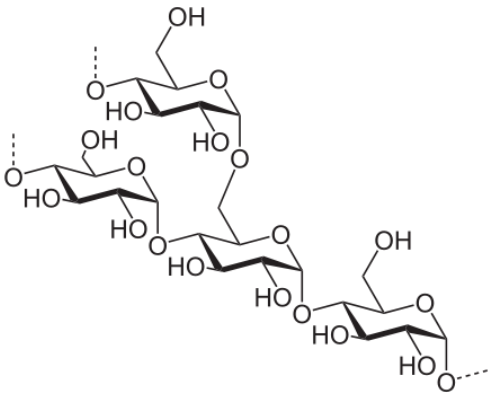
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Bedingt durch das große Molekülgewicht ist Amylopektin nicht mehr in Wasser löslich. Das liegt auch daran, dass das Quellen (die Einlagrung von Wasser in das Molekül) schneller abläuft als das Herauslösen aus dem Molekül-Verband.



Durch das Aufquellen bildet eine verfestigte Hülle an der Oberfläche des Stärke-Korn's. Weiteres Wasser kann nur sehr lagsam und in kleinen Mengen durch diese Quell-Schicht in das Innere des Korn's eindringen.
Desweiteren sind die Moleküle durch die Verzweigungen stärker ineinander verwirkt, so dass eine Abtrennung voreinander stark behindert wird.

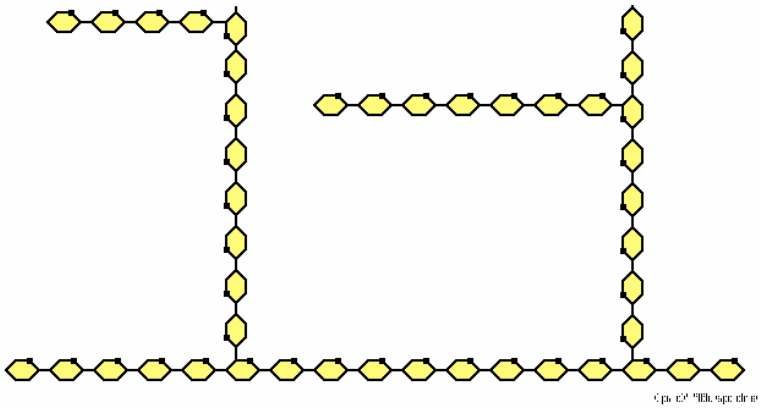


Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker + geänd. Dre)
Molekül-Ausschnitt (HAWORTH-Schreibweise)



Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)
Molekül-Ausschnitt (Sessel-Schreibweise)

Im heißen Wasser ist eine gewisse Löslichkeit vorhanden. Es entsteht ein Gel, aus dem Amylopektin nach dem Abkühlen auch wieder auskristallisieren kann. Dabei wird der Großteil des physikalisch aufgenommenen Wasser's wieder abgegeben. Bei Gebäck und Brot ist dieser Prozess entscheidend am Altern (Altbackenwerden) beteiligt.
Quell-Stärke erhält man, wenn Stärke zuerst in heißem Wasser gelöst und dann getrocknet wird.

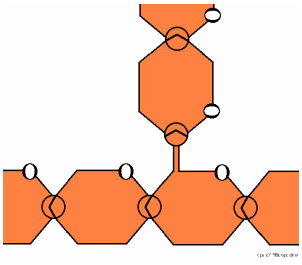


Verzweigungs-Struktur des Amylopektin in 2D ausgebreitet

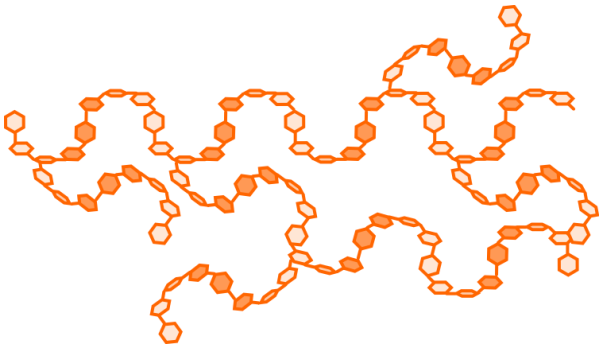
Die Quell-Stärke kann auch schon mit kaltem Wasser zum Quellen gebracht werden.
Die kurzen Abschnitte zwischen den Verzweigungen können keine so ausgedehnten Schrauben ausbilden, wie die Amylose. Die Konsequenz ist eine ins (rot-)violette veränderte Färbung der Iod-Amylopektin-Verbindung.

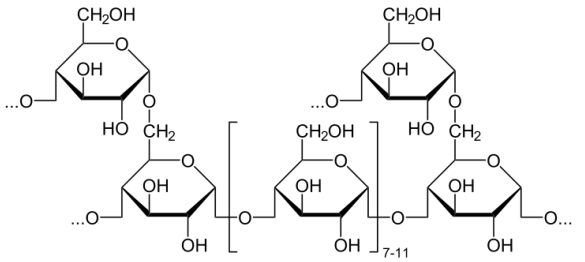
Leberstärke / tierische Stärke (Glykogen)

Bau, Vorkommen: Leberstärke ist die bei Tieren vorherrschende Stärkeart. Sie kommt außer in der Leber auch in der Muskelatur in größeren Mengen vor. Das Glykogen ist so wie das Amylopektin gebaut. Es ist aber noch stärker verzweigt.
Schon alle 8 bis 14 Glucose-Bausteine tritt eine Verzweigung auf.
Insgesamt kann ein Glykogen-Molekül aus 100.000 Resten bestehen. Normal sind allerdings 5.000 bis 10.000. Glykogen bringt es bei der Molekülmasse auf beachtliche 10^6 bis 10^7 u – das entspricht rund 10^-

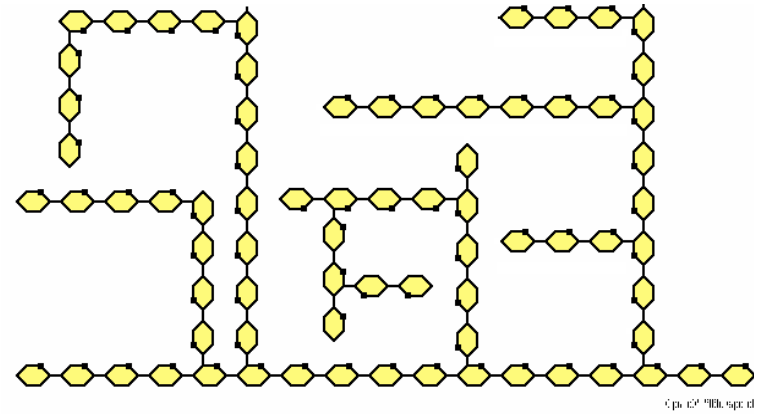


[21] g / Molekül oder 6000 g/mol.





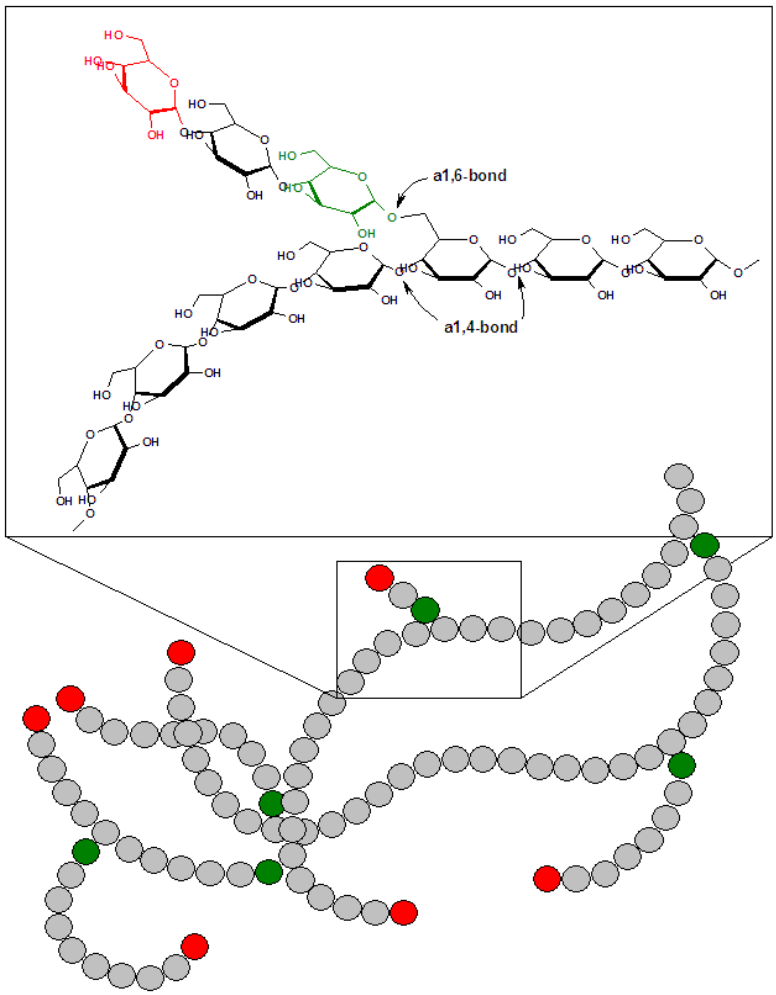
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)



Verzweigungs-Struktur des Glycogen's in 2D ausgebreitet

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Die Leberstärke ist in Wasser kolloidal löslich. Es bildet aber kein Gel oder Kleister. Dieses prädestiniert sie zu einem hervorragenden Speicherstoff. Traubenzucker würde in vergleichbaren Mengen das Blut und andere Körperflüssigkeiten so eindicken, dass diese sirupartig wären. Ein effektiver Transport wäre schwerer möglich. Im Blut wird die Konzentration mit rund 0,1% konstant gehalten.

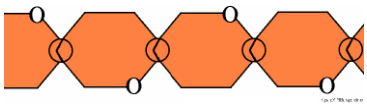
Der osmotische Druck einer 1 M (=1 molar = 1 mol/l) Glucose-Lösung würde 25 bar (= 25 MPa) betragen, was zu einem massiven Wasser-Entzug aus dem Gewebe führen würde. Die gelöste Teilchenzahl bestimmt dabei entscheidend über den osmotischen Druck. Da in einer "Glucogen-Lösung" viel weniger Teilchen vorkommen (5 – 100.000 Glucose-Moleküle bilden 1 Glucogen-Molekül), ist der osmotische Druck um 3 bis 5 Zehnerpotenzen kleiner (praktisch also nicht mehr vorhanden).

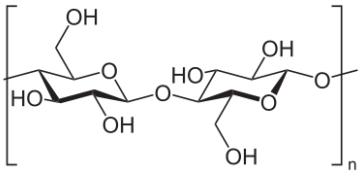


Q: de.wikipedia.org (Maksim)

Glycogen ist kolloidal löslich. Das verwundert etwas, da doch das Amylopektin gerade wegen seiner Verzweigungen nicht mehr löslich war. Bei Glycogen ist aber die Quellbarkeit nicht so stark ausgeprägt und durch die sehr starke Verzweigung sind die helikalen Enden nicht so lang. Sie können dadurch nicht so stark verwirren. Das Abtrennen einzelner Moleküle ist somit recht gut möglich.
Die starke Verzweigung bietet beim Abbau viele Angriffspunkte für die Enzyme. Ebenso verhält es sich mit dem Aufbau. Glucogen kann also schnell auf- bzw. abgebaut werden.
Das Hormon Insulin initiiert die Bildung von Glykogen aus Glucose, wenn diese z.B. nach einer Nahrungsaufnahme in größeren Mengen ins Blut übergeht. Bei Glucose-Bedarf z.B. in den Muskeln wird – gesteuert über das Hormon Glycagon – Glykogen zu Glucose abgebaut. Die eigentliche Arbeit machen immer bestimmte Enzyme, deren Aktivität aber von den Hormonen gesteuert wird.
Die Einlagerung von Iod ist in die kaum noch vorhandenen Schraubenabschnitte fast nicht mehr möglich. Die Leberstärke zeigt mit Iod-Kaliumiodid-Lösung deshalb auch nur eine rötliche (bis rotbräunliche) Färbung.

Zellstoff (Cellulose)





Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

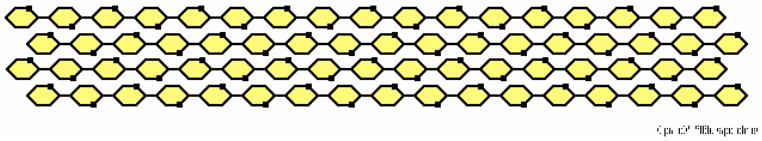
Bau, Vorkommen: Zellstoff ist mit 40 bis 50% neben dem Holzstoff (Lignin) der wichtigste Stoff im (trockenem) Holz. Cellulose ist auf der Erde das häufigste Kohlenhydrat und die häufigste organische Verbindung. Auch hier ist Glucose der Baustoff.
Zellstoff ist ein ausgesprochen kettenförmig gebautes Molekül aus bis zu 14.000 Bausteinen. Im Zellstoff-Molekül sind die Moleküle (β-D-Glucose) aber immer abwechselnd angeordnet. Die Zellstoff-Moleküle sind im Wesentlichen langgestreckt. Sie bilden Fasern, die zur Zusammenlagerung neigen und dabei sogenannte Mikrofibrillen (unterer Teil in der unten folgenden Abbildung) bilden. Diese sind unter dem Mikroskop sichtbar (Länge 1,5 µm).
Zellulose ist Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellen. Im Holz und der Baumwolle finden wir sehr beständige Bildungen der Zellulose



Einzelstrang
(einzelnes Molekül)



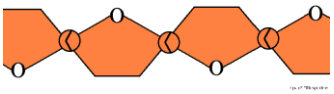
Mikrofibrille
(aus mehreren Cellulose-Molekülen)



Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Eigentlich sollten die lösliche Stärke und der Zellstoff doch gleiche oder zumindestens recht ähnliche Eigenschaften haben. Aber die unscheinbar andere Anordnung der Glucose-Moleküle bewirkt völlig andere Stoffeigenschaften. Zellstoff ist völlig wasserunlöslich. Erst in starker Natronlauge (Natriumhydroxid) läßt sie sich auflösen. Die enge Lage der Fasern zueinander erlaubt es auch nicht, viel Wasser einzulagern. Zellstoff ist im Prinzip nicht (Wasser-)quellfähig.
Die Quellung von Cellulose läßt sich nur verdünnter Natronlauge erreichen. Für verschiedene Zwecke ist auch ein Lösen von Zellulose durch SCHWEITZERs Reagenz ($Cu(NH_3)_4*(OH)_2$) möglich.
Unter Einwirkung von starken Säuren (41 %ig HCl oder 65 %ige H_2SO_4) wird Zellulose bis zur Glucose hydrolysiert.
Cellulose kann vom Menschen nicht direkt verdaut werden. Dazu sind spezielle Mägen – wie die, der Wiederkäuer – notwendig. Im menschlichen Magen-Darm-Trakt leben aber einige Bakterien und Pilze, die kleine Mengen der Cellulose spalten können. Die Mikroorganismen können

sich dabei fortpflanzen und entwickeln so Biomasse. Diese wird von den Magensäften aber nach und nach aufgeschlossen. Besonders wichtig ist aber die verteilende und bindende Funktion der Cellulose im Darm. Nährstoffe werden durch sie im Darminhalt gleichmäßig verteilt und so schwerer zugänglich. Der Darm muss durch Bewegungen den Nahrungsbrei immer wieder durchmischen und weiter transportieren. Indirekt nutzt so die Cellulose unserer gesunden Ernährung (→ Ballaststoffe).
Zum Nachweis nutzt man Chlorzinkiod-Lösung oder Schwefelsäure mit Iod. Zellulose färbt sich mit diesen Nachweismiteln blau bis violett (Iod-Zellulose).

Alantstärke (Inulin, Polyfructose)

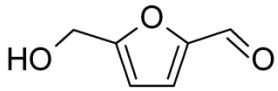


Bau, Vorkommen: Inulin kommt als Reserve-Kohlenhydrat (Reserve-Stoff, Speicher-Stoff) in der Tropinambur-Wurzeln vor. Weitere Vorkommen sind die Wurzeln von Schwarzwurzeln, Dahlien, Löwenzahn, Artischocke, Pastinaken und Zichorien (Wegwarte).
Auch Chicorée enthält größere Mengen Inulin.
Der Name ist von der ersten Planze (*(s) Inula helenium (Echter Alant)*) abgeleitet, aus der das Inulin extrahiert wurde. Die Kettenlänge ist meist auf 100 Monomere begrenzt. Als typisch werden 20 bis 60 Bausteine angegeben. Als Ketten-Bauelement wird die Fructose verwendet, die Enden sind mit Glucose abgeschlossen. Die Monomere sind β-2,1-glykosidisch verknüpft. Wegen der vorherschenden Fructose-Bausteine wird das Inulin auch als **Polyfructose** bezeichnet und als solche auch gern in die Bestandteil-Listen von Lebensmitteln aufgenommen.



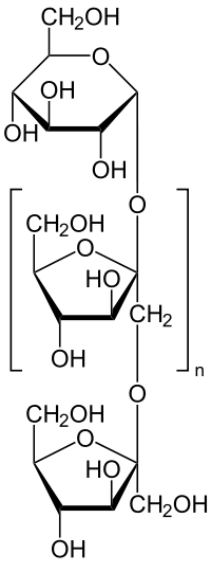
Echter Alant; (s) Inula helenium
Q: de.wikipedia.org (Anna)

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In heißen Wasser löst sich Inulin relativ gut und ohne Kleister- od. Gelbildung.
In der menschlichen Ernährung wird es gerne als diätisches Nährmittel (Stärkeersatz) verwendet, da die wenige Fructose, in die es während der Verdauung zerlegt wird, etwas andere Stoffwechselwege geht, als die Glucose. Den Menschen fehlt das notwendige Enzym (Inulase, Inulinase) zur Zerlegung dieses Polysaccharids. Im Darm lebende Bakterien können es aber enthalten.
Einige der Darmbakterien bauen das Inulin zu kurzkettigen Fettsäuren ab. Empfindliche Menschen leiden unter den, während der Umsetzung freiwerdenden, Gasen. Sie sind oft für ev. auftretende Blähungen verantwortlich. Weiterhin wird Inulin in der Lebensmittelindustrie als Fettersatz und Texturverbesserer genutzt.
Für die Ernährung bei Diabetes mellitus ist Inulin interessant, weil es den Blutzucker-Spiegel nicht beeinflusst.



Hydroxymethylfurfural
bzw. Oxymethylfurfurol
Q: de.wikipedia.org (kuhnmic)

Inulin kann beim Rösten der Wurzeln (z.B. Zichorien) zu Hydroxymethylfurfural (HMF) bzw. Oxymethylfurfurol umgewandelt werden. Dieses hat ein Kaffee-ähnliches Aroma. Zichorien wurden und werden deshalb gerne zur Herstellung von Ersatz-Kaffe verwendet.
HMF steht aber auch im Verdacht Krebserregend zu sein.



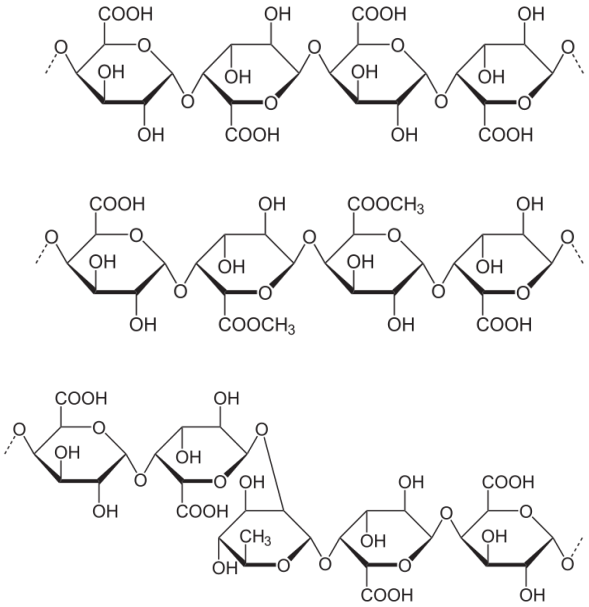
Q: de.wikipedia.org
(NEUROtiker)

Hemicellulosen

Bau, Vorkommen: Das Bauprinzip der Hemicellulosen ähnelt, dem der Cellulose. Die Moleküle sind aber wesentlich kleiner und enthalten als Monomere Xylose, Arabinose, Galactose und Mannose. Desweiteren sind am Bau die abgeleiteten Uronsäuren dieser Zucker beteiligt. Der Polykondensationsgrad liegt bei maximal 200. Es gibt lineare und verzweigt sowie homogene und heterogene Hemicellulosen. Zusätzlich werden regelmäßige und unregelmäßige Hauptketten, Seitenglieder und Seitenketten unterschieden.
In der Natur machen Hemicellulosen rund 30 % der Nichtzellulose-Bestandteile des Holzes aus.
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Hemicellulosen sind meist wasserunlöslich und nicht vom Menschen selbst verdaubar. Teilweise können die Moleküle von Darm-Bakterien verarbeitet werden. Da diese Bakterien wiederum vom Menschen verdaut werden, ist eine indirekte Nutzung möglich. Die stofflichen Umsätze sind aber sehr bescheiden. Hemicellulosen sind sehr wichtige Ballaststoffe für eine gesunde Ernährung.

Pektine

Bau, Vorkommen: Polygalacturonsäuren, teilweise mit Methanol verestert
Unreife Äpfel und Citrusfrüchte enthalten sehr viel Pektin. In reifen Früchten werden die Pektine durch zelleigene Enzyme abgebaut.
Technisch werden Pektine auch aus Zuckerrübensaft gewonnen.
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: relativ gut in Wasser löslich
Stabilsierungssubstanz von Biomembranen, regulieren Wasser- und Salz-Haushalt bei Pflanzenzellen, Geliermittel im Haushalt, sehr gut quellfähig, bilden schnittfeste Gele, verantwortlich für die Trübung z.B. vieler Fruchtsäfte (Apfel), um der Trübung (naturbelassener Saft) entgegenzuwirken, werden Enzymen zugegeben, die Pektine zerlegen (klarer Saft). Um nachträglich den Eindruck eines "naturtrüben" Saftes zu erreichen, werden nachträglich wieder Trübungsmittel zugesetzt.

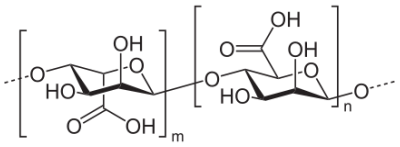


diverse Struktur-Ausschnitte für Pektine
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Bei der alkoholischen Vergärung der Pektine entsteht ein nicht zu vernachlässigender Anteil an giftigem Methanol.

Alginsäure (Algin)

Bau, Vorkommen: aus Braunalgen z.B. *Macrocystis*, β-1,4-glykosidisch-verknüpfte Gul- und Mann-Uronsäuren; Moleküle bilden Faltblattstrukturen
Algen werden am Strand gesammelt oder von Trawlern aus geerntet.



Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Die Ernte wird getrocknet und an Land das Algin extrahiert, gefiltert und gereinigt.
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: mit Ca-Ionen bilden sich feste Gele, Verwendung in Milchprodukten
in der Lebensmittelindustrie werden die verschiedenen Salze der Alginsäure (E 400) verwendet:

E 401: Natriumalginat
E 402: Kaliumalginat
E 403: Ammoniumalginat
E 404: Calciumalginat
sowie das Propylenglycolalginat (PGA) als E 405.
werden vom menschlichen Körper nicht aufgenommen, gesundheitlich völlig unbedenklich; in großen Mengen senken sie die Eisen-Resorption und beeinflussen leicht die Eiweiß-Verdauung.
auch für Bio-Produkte zugelassen



Macrocystis-Alge
Q: de.wikipedia.org (Shane Anderson)

Gummi arabicum

Bau, Vorkommen: ähnlicher Bau wie Pektine, im Detail aber kaum bekannt, aus *Acaria senega*l (Verek-Akazie) ;
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: unverdaulich, in warmen Wasserlöslich, bis 50 %ige Lösungen möglich, unlöslich in Ethanol, farbloses Pulver, fade schmeckend, Verwendung als Verdickungsmittel, Emulgator, Satbilisator und als Überzug von Dragees, zur Herstellung von gut haltbaren Aroma-Konzentraten (Emulgation von Aromen in Gummi arabicum, dann sprühgetrocknet)
allgemein nicht kennzeichnungspflichtig; Lebensmittelzusatzstoff (E 414)



Q: de.wikipedia.org
(KÖHLER (Köhler's Medizinal-Pflanzen (1887)))

Traganth

Bau, Vorkommen: gehört zu den Pflanzen-Gummis (auch Gummen); aus asiatischem Strauch *Astragalus gummifer* gewonnen, besteht aus zwei Fraktionen Tragacanthin und Bassorin; allgemein aus D-Galactose und deren Urosäure sowie L-Fructose, D-Xylose und L-Arabinose aufgebaut, Gewinnung relativ aufwendig und teuer, daher selten verwendet
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Tragacanthin wasserlöslich, Bassorin unlöslich, u.a. weil Uronsäuren mit Methanol verestert sind, aber quellfähig, gummiartig,
Stabilisator, Verdickungsmittel, Geliermittel; Salatsaucen u. Majonäsen, Backwaren und Backfüllungen, Speiseeis und Desserts, Fertiggerichte
Allergie-verdächtig; E 413

Wund-Gummis (Gummen)

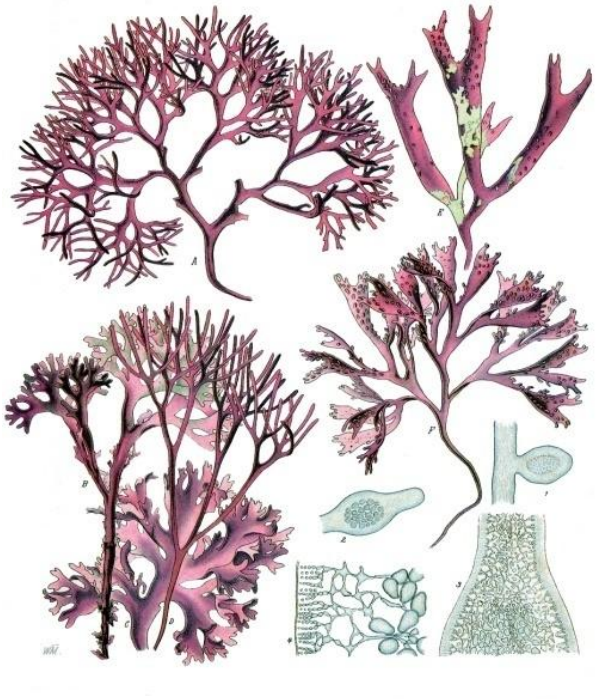
Bau, Vorkommen: ähnlicher Bau wie Pektine, im Detail aber kaum bekannt; z.B. Kirsche, Pflaume
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In der Industrie als Dispersions- und Kolloidstabilisator; Leim-Charakter

Agar (Agar agar)

Bau, Vorkommen: Polygalactose aus Rotalge *Agar agar* ; durch Heißwasser-Extraktion gewonnen, hauptsächlich Galactose und deren Derivate enthalten,
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Geliert Wasser schon bei Agar-Konzentrationen von 1 – 2 %
Verdickungsmittel für Süßspeisen (Marmeladen, Fruchtgelees), Milchprodukte, Wurstwaren; Nährböden in der Mikrobiologie

Carrageen (Carragen, Carrageenin)

Bau, Vorkommen: Polygalactose aus Rot-Algen *Chondrus crispus* (Knorpeltang, Irisches Moos) gewonnen; 1→3-verknüpfte D- und L-Galactose mit Kettenlängen; alle 10 bis 50 Monomere eine Sulfonsäuregruppe
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: bildet hitzeresistente Gele, gute emulgierende und stabilisierende Eigenschaften
Verdickungsmittel für Süßspeisen (Marmeladen, Fruchtgelees), Milchprodukte, Wurstwaren
verzögert das Altbackenwerden von Brot, weil Wasser besser gebunden und gehalten wird (hier z.B. in der Brotkruste)



Q: de.wikipedia.org
(KÖHLER (Köhler's Medizinal-Pflanzen (1887)))

Johannesbrotkernmehl (Carubin)

Bau, Vorkommen: aus Samen mit sehr gleichem Gewicht gewonnen (rund 200 mg, hieraus leitet sich die Gewichtseinheit Karat für Edelsteine ab), Samen stammen aus der Schote des Johannesbrotbaum (Karubenbaum, Karobbaum) *Ceratonia siliqua* ; Früchte werden zubereitet (Fruchtfleisch (Carob) leicht süß und getrocknet lange haltbar) oder zu Saft (Kaftan) und Sirup verarbeite t
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:
Verdickungsmittel, Carob kann Kakao-Pulver in allen Nutz-Eigenschaften ersetzen, Verwendung für Süßspeisen und Milchmixgetränke, für Nougat-ähnliche



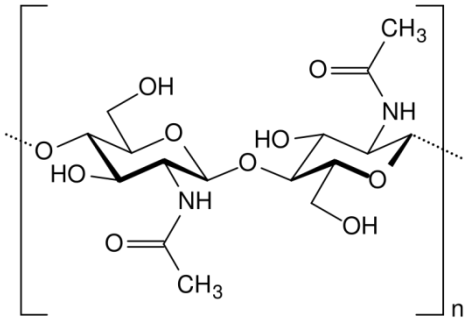
Q: de.wikipedia.org (Helx84)

Brotaufstriche, Tierfutter
Carubin ersetzt Guarkernmehl (lediglich etwas geringe Viskosität der Lösung); E 410; fünfmal quellfähiger als Stärke, kann das 80 – 100fache des Eigengewichts an Wasser aufnehmen, unterbindet Kristalbildung, Verwendung in Desserts, Speiseeis, Soßen, Milchprodukten
Allergie-verdächtig, in hohen Konzentrationen abführend, sehr guter Ballaststoff, behindert geringfügig die Eiweißverdauung, senkt Cholesterin-Spiegel im Blut, für Diät und Behandlung von Verdauungsstörungen, Erbrechen, Durchfall, Diabetes und Fettsucht geeignet, wirkt gewichtsreduzierend
Zusatz bei Gluten-freiem Brot (Backhilfsmittel)
auch für Bio-Produkte als Zusatzstoff zugelassen

Polysaccharid-ähnliche Stoffe aus Saccharid-Derivaten

Chitin

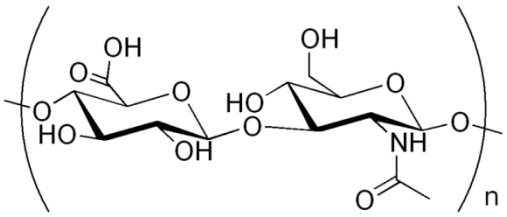
Bau, Vorkommen: Außenskelett von Insekten und ähnlichen Tieren, Weichtiere (Muscheln + Schnecken) und in den Zellwänden von Pilzen; Cellulose-ähnlich mit glykosidisch gebundenem Acetylamin
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: kaum in üblichen Lösungsmitteln löslich, leicht anlösbar in konzentrierter Ameisensäure; entgegen der populären Meinung Chitin wäre sehr hart, muss festgestellt werden, dass Chitin an sich eher weich ist; verfestigt wird es durch Ca-Einlagerung → Panzer- und Schalen-Bildund; einige Pilze besitzen Chitinasen, die Chitin abbauen können



Q: de.wikipedia.org (Dschanz)

Hyaluronsäure

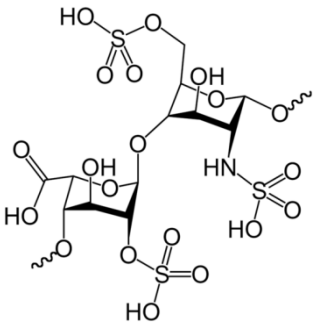
Bau, Vorkommen: z.B. Glaskörper des Auges; wichtiger Bestandteil des Bindegewebes;
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: hohe Wasserbindefähigkeit (Glaskörper 2% Hyaluronsäure + 98 % Wasser); bildet klare Gele; Schmiermittel in Gelenken; Modelliermittel in der plastischen Chirurgie



Q: de.wikipedia.org (Edgar181)

Heparin

Bau, Vorkommen: Blutgerinnungshemmstoff; kommt in vielen saugenden Insekten im Speichel vor; auch bei Blutegeln; molare Masse (4000 –) 15000 (– 40000) g/mol; Gewinnung aus Rinderlungen und Schweinegedärm
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: verhindert die Blutgerinnung, und ermöglicht damit das uneingeschränkte Saugen von Blut auch in kleinsten Wunden / Sauglöchern / Biss-Stellen

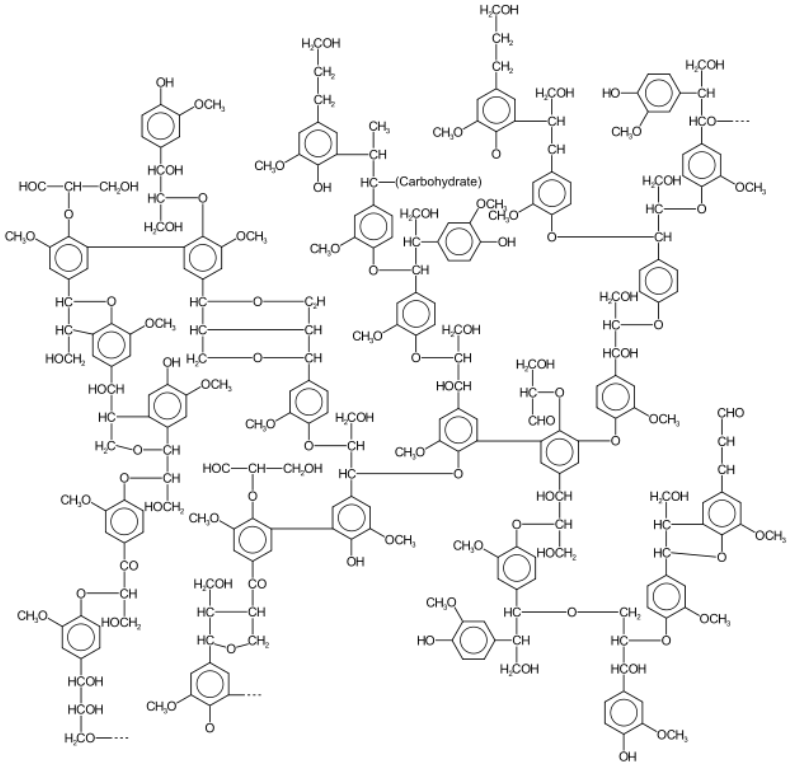


Q: de.wikipedia.org (Benjah-bmm27)

Lignin

Bau, Vorkommen: Holzstoff; nur in Zusammenhang mit Zellulose vorkommend
sachlich kein Polysaccharid-Derivat, sondern abgeleitet aus Coniferylalkohol (Phenylpropan-Derivat)
nach Cellulose und Chitin ist es die dritthäufigste organische Substanz auf der Erde
in verholzten Zellen besteht die Zellwand zu 20 – 30 % aus Lignin

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: kann nur von speziellen Pilzen abgebaut werden



Q: de.wikipedia.org (Karol007)

4.2.1.2. Nachweise für längerkettige Kohlenhydrate

Bedingt durch die große Anzahl sehr verschiedener Kohlenhydrate gibt es auch entsprechend viele Nachweise.
Der klassische Stärkenachweis erfolgt mit Iod-Kaliumiodid-Lösung. Er kann aber als recht sicher eingestuft werden. Zur festen oder flüssigen Probe werden einige Tropfen der gelblich-braunen Iod-Kaliumiodid-Lösung (LUGOLsche Lösung) getropft. Verändert sich die Farbe nach Blau bzw. Schwarz, dann ist Stärke in Form von Amylose (lösliche Stärke) vorhanden. Eine Verfärbung nach Violett zeigt dagegen Amylopektin (nichtlösliche Stärke) an. Bei der Leberstärke (Glykogen) kommt es – durch die kaum noch vorhandenen helikalen Strukturen – nur zu einer rötlichen Färbung.

Nachweis von Stärke mit LUGOLscher Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung):

	Nachweismittel	*Bedingungen*	*Beobachtungen*	*Ergebnis*
			Blaufärbung (ev. Schwarz)	**Stärke** (Amylose)
			Violettfärbung	**Stärke** (Amypektin)
			Rotfärbung	**Stärke** (Glykogen)
Probe +	**einige Tropfen LUGOLsche Lösung**	*(Zimmertemperatur)*		
	(hellgelb bis leicht bräunlich)		anderes	keine Stärke

Bei einer Schwarz-Färbung sollte man die Probe einfach mit Wasser verdünnen, dann tritt die eigentliche Farbe deutlich hervor.
Zum Nachweis von Cellulose wird Chlor-Zink-Iod-Lösung verwendet. Diese enthält neben Zinkchlorid und Kaliumiodid noch Iod. Beim Auftragen auf Cellulose-haltiges Proben-Material quillt dieses auf und die Iod-Moleküle bilden mit der Cellulose eine blau-violette Komplex-Verbindung.

Nachweis von Zellulose mit Chlor-Zink-Iod-Lösung:

	Nachweismittel	***Bedingungen***	***Beobachtungen***	***Ergebnis***
Probe +	einige Tropfen **Chlor-Zink-Iod-Lösung** ***(farblos)***	*(Zimmer-temperatur)*	**Gelbfärbung** (ev. Braunfärbung)	**lignifizierte od. suberinisierte Cellulose** (z.B. verholzte Zellwände)
			Blaufärbung	**Cellulose**
			Violettfärbung	**Cellulose** (z.B. primäre Zellwand)
			anderes	keine Cellulose

Mit anderen Kohlenhydrat-ähnlichen Stoffen, wie Lignin und Hemicellulosen, bilden sich auch anders gefärbte Komplexe.
Beim Nutzen dieses Testes ist zu beachten, dass Chlor-Zink-Iod beim Einatmen Gesundheitsgefährdend sein kann.
Die blaue und violette Färbung verleitet vielleicht auch allzu schnell dazu, diesen Test mit der LUGOLschen Probe gleichzusetzen. Auch das Vorhandensein von Iod in beiden Lösungen und letztendlich in den Komplexen unterstützt dies ja scheinbar. Praktisch handelt e sich um völlig eigenständige Tests. Mit LUGOLscher Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung) kommt es bei der Cellulose zu keiner Verfärbung.

Praktikums-Aufgaben:

1. Mono- und Disaccharide (45 – 60 min)

Prüfen Sie Fruchtzucker, Haushaltszucker, (lösliche) Stärke, 3 vorgebene Proben und 2 selbstmitgebrachte Lebensmittel-Proben (möglichst flüssig) auf ihren Gehalt an reduzierenden Kohlenhydraten (Monosaccharide, qualitativ)! Gut geeignet sind die folgenden Lebensmittel (kein Muss, nur Empfehlung):

Milch, Sahne, Majonäse, Quark, Frischkäse, Marmelade, Säfte, Tomate, lockere Creme aus Riegeln oder Torten, …

Bereiten Sie das Protokoll so weit vor, dass Sie sofort mit den praktischen Arbeiten beginnen können!

2. Polysaccharide (Stärke) (45 min)

Prüfen Sie die folgenden Lösungen bzw. Proben auf ihren Stärke-Gehalt (qualitativ)! Bereiten Sie das Protokoll, wie üblich, vor!

a) Glucose-Lösung b) Saccharose-Lösung c) Amylose-Lösung
d) + e) selbstmitgebrachte Lebensmittel f) + g) zwei unbekannte Proben

3. Polysaccharide (45 min)

Prüfen Sie Fruchtzucker, Haushaltszucker, (lösliche) Stärke, 3 vorgebene Proben und 2 selbstmitgebrachte Lebensmittel-Proben (möglichst flüssig) auf ihren Gehalt an Polysacchariden (qualitativ)!
Bereiten Sie das Protokoll, wie üblich, vor!

4. Polysaccharide (60 - 90 min)

Mikroskopieren Sie ein Schabepräparat von einer Kartoffel (alternativ Feuchtpräparate von Getriede-Mehl, Kartoffelstärke, Reisstärke, Maisstärke, …)! Zeichnen Sie 3 (typische) Stärkekörner!
Ziehen Sie dann ein bis zwei Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung durch! Zeichnen Sie wiederum 3 Stärkekörner!

Hinweise zum Protokoll:
Die folgenden Fragen und Problemstellungen sollten in den Vorbetrachtungen abgearbeit werden:
1. Welche Test's sind für einen qualitativen Nachweis geeignet? Welche Aussage-Güte ist zu erwarten?
2. Wie funktionieren die einzelnen Test's?
3. Wieviele Einzel-Test's müssen Sie durchführen (Blindproben nicht vergessen!)?
4. Wieviele Thesen sind notwendig? Wie lauten die experimentellen Thesen?

4.2.1.3. Ergänzende Experimente zu und mit Kohlenhydraten

Mikroskopische Untersuchung und Unterscheidung von Stärke

Grundlagen / Prinzipien:

Stärkekörner besitzen je nach Pflanzenquelle und Gewinnungsverfahren unterschiedliche Merkmale. Diese lassen sich unterm Mikroskop gut beobachten und bei Vorlage von Vergleichsproben oder Vergleichsfotos sehr gut zuordnen.

Materialien / Geräte:

Mikroskop, Objektträger, Deckgläschen, Präparierbesteck (Präpariernadel, Lanzetnadel), verschiedene Stärken (reine oder als Samen), Wasser, LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung), Tropfpipetten, saugfähiges Papier

Durchführung / Ablauf:

- Samen rund 12 h vorkeimen lassen
- einen Tropfen Wasser in die Mitte des Objektträgers geben
- eine Lanzetnadel voll Probe in den Tropfen geben, mit einem Deckgläschen abdecken und mikroskopieren
- direkt neben das Deckgläschen einen Tropfen LUGOLsche Lösung geben, auf der anderen Seite die Flüssigkeit mit dem saugfähigen Papier abnehmen, eventuell mit mehr LUGOLscher Lösung die Färbung verstärken oder mit Wasser entfärben
- nochmals mikroskopieren, eventuell Zeichnungen anfertigen
- für Vergleiche bietet sich z.B. das folgende Buch an:

  GASSNER, Gustav: Mikroskopische Untersuchung pflanzlicher Lebensmittel.- Jena: Fischer Verl.

Untersuchung des Stärkeabbaus durch Speichel

Grundlagen / Prinzipien:

Die Stärkeverdauung beginnt im Mund durch mechanische Zerkleinerung und den Zusatz von Speichel.

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglaszange, Brot, Wasser, FEHLINGsche Lösungen I und II, LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung), Brenner

Durchführung / Ablauf:

- 4 Reagenzgläser 2 cm mit Wasser füllen und jeweils einen Brotwürfel (5 mm Kantenlänge) dazugeben (Brot eventuell leicht zerdrücken)
- die Reagenzgläser durchnummerieren, entsprechend der nachfolgenden Tabelle Speichel zusetzen und die angegebenen Tests durchführen

Reagenzglas	Zusatz	durchzuführender Test	*entspricht Situation ....*
1	-	Stärkenachweis	*vor Verdauung*
2	-	Traubenzuckernachweis	*vor Verdauung*
3	Speichel	Stärkenachweis	*nach erster Verdauung*
4	Speichel	Traubenzuckernachweis	*nach erster Verdauung*

Quellfähigkeit von Kohlenhydraten

Materialien / Geräte:
Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Glasstäbe, Wasser, verschiedene Kohlenhydrate

Durchführung / Ablauf:
- in die Reagenzgläser gleichviel Wasser füllen (ungefähr 5 cm hoch)
- je eine Probe in die Reagenzgläser geben (ungefähr 1 cm hoch)
- Höhe der Probe mit Stift markieren
- regelmäßig mit Glasstab umrühren
- alle 5 min Beobachtungen notieren (maximal 20 min lang) (Höhe der Probe, Farbe und Fließfähigkeit der Lösung)

Untersuchung des Stärkeabbaus durch Säure

Grundlagen / Prinzipien:
Unter sauren Bedingungen kommt es zur verstärkten Hydrolyse der Stärke. Die Stärke-Moleküle zerfallen in kleinere Einheiten (kleine Mehrfachzucker, Dextrine). Mit LUGOLscher Lösung ergeben Dextrine eine rotbraune bis gelbe Verfärbung.

Materialien / Geräte:
Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglaszange, Stärke, Wasser, LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung), Brenner, Säure (z.B. Zitronensaft), Becherglas, Dreibein, Drahtnetz

Durchführung / Ablauf:
- Wasser im Bechglas erhitzen (Wasserbad)
- 2 Reagenzgläser 2 cm hoch mit Stärke-Lösung füllen
- zu einem Reagenzglas Säure geben, 15 min im siedenen Wasserbad erhitzen
- abkühlen lassen (eventuell im kaltem Wasserbad oder unter fließendem Wasser)
- einige Tropfen LUGOLsche Lösung zusetzen

(eventuell kann auf das Erwärmen verzichtet werden, dann sollte das Gemisch aber rund 12 h stehen bleiben)

alternativ:
- alle 2 – 3 min eine kleine Probe (mit Pipette 3 Tropfen) entnehmen und auf einer Tüpfelplatte die LUGOLsche Probe durchführen

MAILLARD-Reaktion

Grundlagen / Prinzipien:
Aminosäuren (auch Peptide od. Eiweiße) reagieren im basischen Milieu und in der Wärme sehr gut mit Kohlenhydraten. In einem komplizierten und sehr variablen Reaktionsmechanismus entstehen farbige (vorrangig braune) und aromatisch riechende Stoffe. (Weitere Informationen im Kapitel → 3.3. Eiweiße → 3.3.3.3. Technologische Eigenschaften der Eiweiße und ihre Nutzung)

Materialien / Geräte:
Aminosäure-Lösung (auch Mischung; optimal 30 mg/ml); Zucker-Lösung (auch Mischung; optimal 60 mg/ml); Base (z.B. Natriumhydroxid); ev. Spektral-Photometer

Durchführung / Ablauf:
- Lösungen mischen und alkalisch machen
- 5 min sieden lassen
- Farb- und Geruchsveränderungen beobachten

Nachweis von Cellulose

Grundlagen / Prinzipien:
Chlorzinkiod-Lösung reagiert mit Cellulose unter Bildung einer Blau- bis Violett-Färbung.

Materialien / Geräte:
Chlorzinkiod-Lösung, Tropfpipette, Materialproben (z.B. Watte, Filterpapier, Zellstoff-Taschentücher, Viskose-Stoff, Weizenkleie, Vollkornmehl)

Durchführung / Ablauf:
- Probe mit einem Tropfen Chlorzinkiod-Lösung beträufeln

Nachweis von Milchzucker (Lactose) in Milch

Materialien / Geräte:
Frische Milch; Essigessenz; Feinsieb od. Küchenhandtuch; Glasstab; FEHLINGsche Lösungen I + II; Brenner

Durchführung / Ablauf:
- Milch mit einigen Tropfen Essigsäure versetzen (gut umrühren); etwas ruhen lassen
- mittels Feinsieb od. Küchenhandtuch Molke abfiltern (alternativ zentrifugieren)
- mit der Molke die FEHLINGsche Probe durchführen

Bindevermögen von Wasser durch Stärke

Materialien / Geräte:
Bechergläser (100 ml), (Kartoffel-)Stärke, Wärmequelle mit Magnet-Rühr-System, Glasstab

Durchführung / Ablauf:
- in die Bechergläser jeweils 50 ml kaltes Wasser geben und dazu abgestuft 1; 2,5; 5; 7,5 und 10 g Stärke einrühren
- das Wasser-Stärke-Gemisch (einzeln) bis zum Kochen erhitzen
- mit einem Glasstab die Zähflüssigkeit prüfen
- alle Proben auf Zimmer-Temperatur abkühlen lassen und nochmals die Zähflüssigkeit prüfen

Abhängigkeit der Bindefähigkeit von Wasser durch Stärke von der Temperatur

Grundlagen / Prinzipien:
Stärke quillt mit Wasser schon über 0 °C auf. Um eine feste Bindung (Bildung zähflüssiger Gemische) zu erhalten müssen neue Bindungen geknüpft werden. Die Stärke-Moleküle bilden dann vernetzte Strukturen.

Materialien / Geräte:
Stärke-Lösung (Wasser-(Kartoffel-)Mehl-Gemisch), Bechergläser (50 – 100 ml), Heizplatte (mit Temperatur-Regler) und Magnet-Rühr-System, Glasstab

Durchführung / Ablauf:
- frisch bereitete Stärke-Lösung (20 g auf 500 ml) in kleine Bechergläser verteilen
- die Bechergläser von 20 – 90 °C in Stufen von 10 K ungefähr 5 (– 10) min bei der Temperatur rühren (u.U. auch 100 °C ausprobieren, Versuch bei Gefahr des Anbrennens abbrechen!)
- mit einem Glasstab die Zähflüssigkeit prüfen
- alle Proben auf Zimmer-Temperatur abkühlen lassen und nochmals die Zähflüssigkeit prüfen

Prüfung von Marzipan auf Echtheit / Unterscheidung von Marzipan und Persipan

Grundlagen / Prinzipien:
Zur Unterscheidung von echtem Marzipan (Mandeln + Zucker) und Ersatzprodukten (Persipan od. Marzipan-ähnliche Halbfertig-Produkte (verschiedene Kerne und Ersatzzuckerprodukte)) muß den Ersatzprodukten Stärke (> 0,5 %) untergemischt werden. Diese läßt sich mit dem Test nach LUGOL einfach nachweisen.

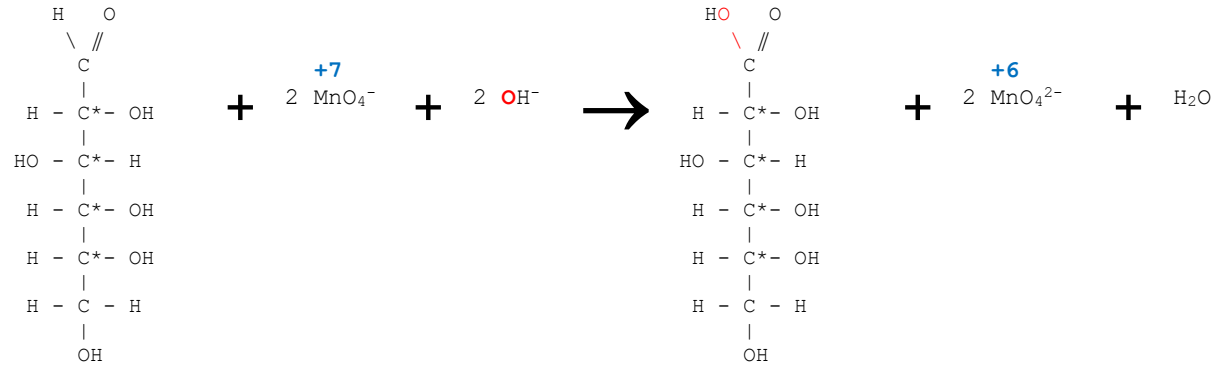
Materialien / Geräte:
verschiedene Proben (Marzipan, Persipan, …), LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung)

Durchführung / Ablauf:
- Proben auf nicht beschichteten Stellen (Anschnitte) mit 1 – 2 Tropfen LUGOLsche Lösung betropfen

Gummibärchen reduzieren Permanganat-Lösung

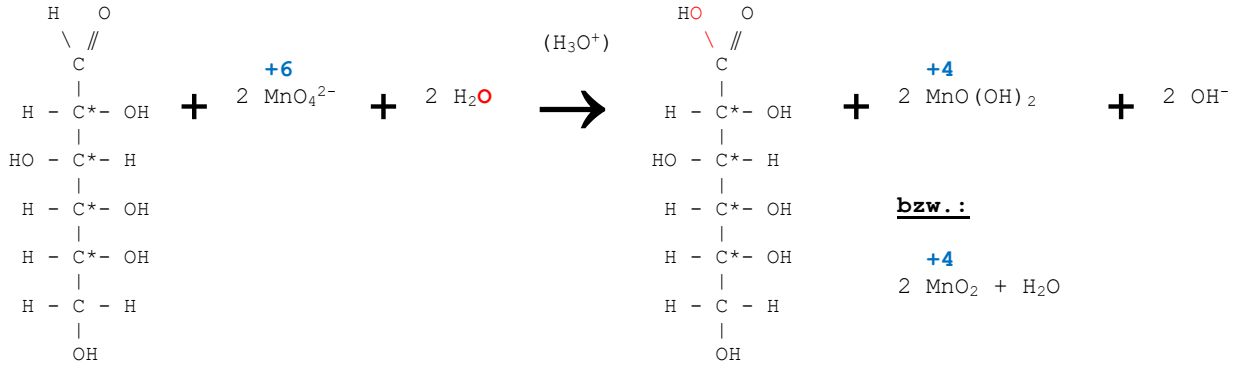
Grundlagen / Prinzipien:

Gummibärchen enthalten Glucose – einen reduzierend wirkenden Zucker.



D-Glucose | Permanganat-Ion (***violett***) | D-Gluconsäure (Onsäure) | Manganat-Ion (***grün***)

Neben Gelantine (Protein) befinden sich noch Fruchtsäuren in den Bärchen. Zum Schutz vor gegenseitigem Zusammenkleben sind die Bärchen mit einer hauchdünnen Schicht aus Bienenwachs umhüllt. Das Wachs löst sich auf und die Fruchtsäuren sorgen für ein neutrales bis saures Milieu. Hier kann die Reduktion des Mangans noch weiter geführt werden.



D-Glucose | Manganat-Ion (***grün***) | D-Gluconsäure (Onsäure) | Mangan(IV)-oxid-Hydrat bzw. Braunstein (***gelb / braun***)

Materialien / Geräte:

Gummibärchen; PETRI-Schale, ev. Overhead-Projektor; 0,2 M Kaliumpermanganat-Lösung; 1 M Natriumhydroxid-Lösung (verd. NaOH)

Durchführung / Ablauf:

- PETRI-Schale ev. auf Overhead-Projektor stellen
- 20 ml Wasser mit 10 ml Natriumhydroxid-Lösung und 0,5 ml Kaliumpermanganat-Lösung mischen; gut umschwenken
- in die Mitte der Schale Gummibärchen legen; ev. ab und zu mal leicht umschwenken
- 5 – 10 min warten und beobachten

Herstellung von Kartoffelstärke

Materialien / Geräte:

Kartoffeln; Feinsieb od. Küchenhandtuch; Plastikfolie od. Backpapier

Durchführung / Ablauf:

- Kartoffeln schälen und reiben
- wenig warmes Wasser dazugeben und mehrfach rühren
- über Feinsieb od. Küchenhandtuch filtrieren; gut ausdrücken!
- Filtrat stehen lassen; Überstand dekantieren und Niederschlag mit wenig kaltem Wasser waschen
- Niederschlag auf Plastikfolie od. Backpapier trocken

Zusatzuntersuchung:

- etwas Niederschlag kann unterm Mikroskop mit anderen Stärken verglichen werden; ev. mit wenig LUGOLsche Lösung anfärben

Herstellung von Kunsthonig

Materialien / Geräte:

Haushaltszucker; Milchsäure; destillertes Wasser (Aqua dest.; demineralisiertes Wasser)

Durchführung / Ablauf:

- 25 g Zucker in 50 ml dest. Wasser lösen; mit 10 Tropfen Milchsäure versetzen
- vorsichtig und langsam bis zur Hälfte eindampfen; abkühlen lassen
- es darf probiert werden

Herstellung von einfachen Zucker-Bonbon's od. -Lutschern

Materialien / Geräte:
Zucker, Wasser, Invertzucker (ersatzw. Kunsthonig, Honig), Zitronen- od. Apfelsäure, Lebensmittel-Farbstoffe, Aromen od. Frusip (1 : 40), Backpapier od. Alu-Pralinen-Förmchen, ev. Schaschlik-Stäbchen od. Zahnstecher, Folie und Geschenk-Band

Durchführung / Ablauf:
- 60 g Zucker, 17 g Invertzucker werden mit 23 g Wasser erhitzt, bis die Masse recht dünnflüssig wird; ständig vorsichtig rühren
- für Frucht-Bonbon's: 1 g Zitronen- od. Apfelsäure dazugeben
- 2 – 3 Tropfen Farbstoff und 6 – 10 Tropfen Aroma dazugeben
- nochmals gut durchmischen und dann die heiße Masse schnell portionsweise auf dem Backpapier ausgießen oder in die Pralinen-Förmchen geben (nicht zu große Mengen)
- wenn die Masse zu zähflüssig wird, dann wieder erwärmen
- ev. Holzstäbchen als Griff eindrücken und gut auskühlen lassen
- mit Folie und Geschenkban einzeln verpacken; Bonbon's ev. mit

Zusatzuntersuchung:
- mischen sie Farben mit eigentlich nicht dazu gehörigen Aromen

Hinweise:
- Masse wird sehr heiß (rund 150 °C)! Probieren nur nach Abkühlen der gezogenen Proben!!! Grate und Spitzen können sehr scharf sein!

nach: Q: WAGNER, Uni Bayreuth, Chemie-Didaktik

Bonbon's od. Lutscher aus Isomalt ("Zucker-freie Bonbon's")

Grundlagen / Prinzipien:
Isomalt ist sachlich kein Kohlenhydrat mehr, deshalb darf das Produkt aus ihm als Zucker-frei bezeichnet werden. Geschmacklich kommt Isomalt der Saccharose sehr nah. Es wird von den Verduungs-Enzymen langsamer gespalten und passiert den Magen-Darm-Kanal z.T. ungenutzt. So ergibt sich ein praktisch halbierter pysiologischer Brennwert im Vergleich zum Rohrzucker.

Materialien / Geräte:
Isomalt, Wasser, Zitronen- od. Apfelsäure, Lebensmittel-Farbstoffe, Aromen od. Frusip (1 : 40), Backpapier od. Alu-Pralinen-Förmchen, ev. Schaschlik-Stäbchen od. Zahnstecher, Folie und Geschenk-Band

Durchführung / Ablauf:
- 100 g Isomalt wird unter Rühren erhitzt (geschmolzen)
- weiter, wie obiges Experiment (ab 2. Anstrich der Durchführung)

Zusatzuntersuchung:
- mischen sie Farben mit eigentlich nicht dazu gehörigen Aromen

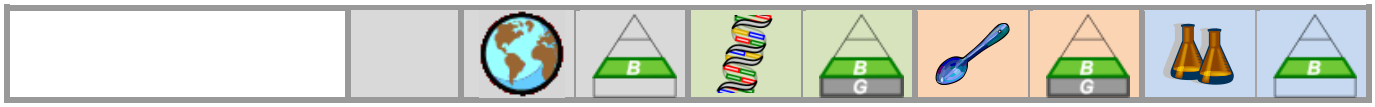
Hinweise:
- Masse wird sehr heiß (rund 150 °C)! Probieren nur nach Abkühlen der gezogenen Proben!!! Grate und Spitzen können sehr scharf sein!

Q: WAGNER, Uni Bayreuth,

Aufgaben (auch zur Vorbereitung auf eine Leistungskontrolle od. Klausur):

1.
2. *In vier Proben-Gläschen sind Fructose, Glucose, Saccharose und Stärke gelöst worden. Leider fehlt die Beschriftung.*
   Planen Sie eine Reihe von Experimenten, um die Lösungen eindeutig zu identifizieren!
3. *Zeigen Sie am Beispiel der verschiedenen Polysaccharide die Gültigkeit des Bau-Eigenschaften-Zusammenhang's (Struktur-Eigenschaften-Konzept's)!*

4.2.2. Polypeptide / Proteine (Eiweiße)



Praxis-Bezug
Fleisch – geliebt oder verpöhnt

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Welche gemeinsamen Merkmale haben Proteine?
Haben Proteine auch eine homologe Reihe?

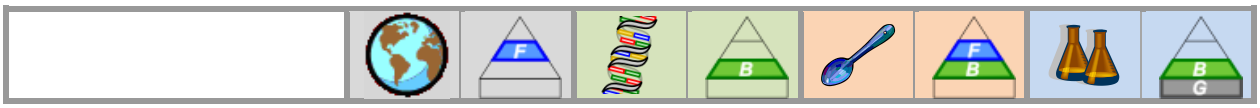
Können wir ohne Eiweiße überleben?

Was macht die besonsdere Bedeutung von Proteinen für die Lebewesen aus?

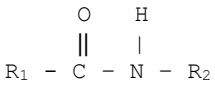
Protein-Drink's aus der Mucki-Bude – sinnvoll oder Abzocke?
?

Zu den Aminosäuren findet man viele Basis-Informationen im Skript → 🕮 **organische Chemie - Derivate** in den Kapiteln → 3.5. Aminosäuren, Peptide, Eiweiße.
Hier betrachten wir ausführlich die Peptide, Allgemeines zu den Proteinen sowie einige ausgewählte Proteine.

4.2.2.1. Peptide



Peptide sind Stoffe, die im organischen Molekül über die Peptid-Gruppe –CO–NH– verfügen. Die Reste sind dabei immer noch mehr oder weniger lange C-Ketten oder ähnliche Strukturen.
Die Peptide sind quasi die Zwischen-Stufen und Bauteile größerer Srukturen, die wir dann Proteïne nennen.

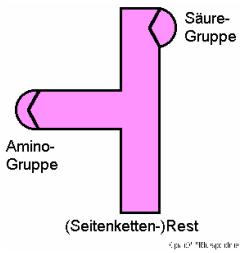


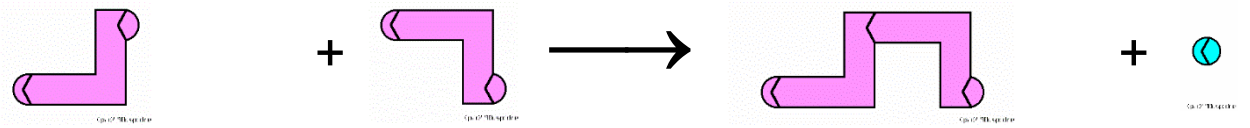
Definition(en): Peptide

Peptide sind Kondensations-Produkte von Aminen und Carbonsäuren.

Peptide sind organische Stoffe, die eine Peptid-Gruppe enthalten.

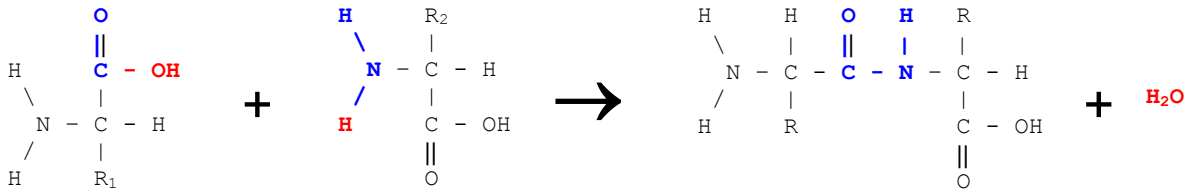
Sachlich reicht zur Bildung eines Peptid's die Reaktion eines Amin's mit einer Carbonsäure.
In unserem Bereich (Biologie und Lebensmittellehre) sind aber nur Bildungs-Reaktionen aus Aminosäuren interessant. Diese beinhalten ja bekannterweise (→ 3.5.1. Aminosäuren) sowohl eine Amino-Gruppe als auch eine Säure-Gruppe. Die Amino-Gruppe einer Aminosäure reagiert mit der Säure-Gruppe der anderen.
Da für die Reaktionen der Aminosäuren untereinander zuerst einmal die Reste keine Rolle spielen, lassen wir Sie weg. In den chemischen Gleichungen tauchen sie als frei durchnummerierte oder indexierte R auf. In den Schemata tauchen nur die bedeutsamen Molekülteile auf. Die Darstellung der Aminosäuren als Winkelstücke stimmt auch mit vielen Schulbüchern (Biologie des Menschen → Thema: Verdauung) überein.



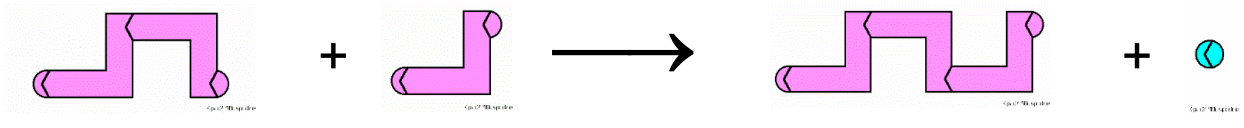


Aminosäure ***+ Aminosäure*** ⟶ ***Dipeptid*** ***+ Wasser***

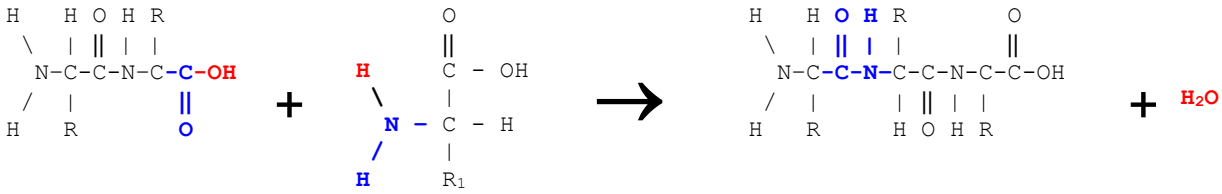
Schauen wir uns die reagierenden Molekülteile noch etwas genauer an:



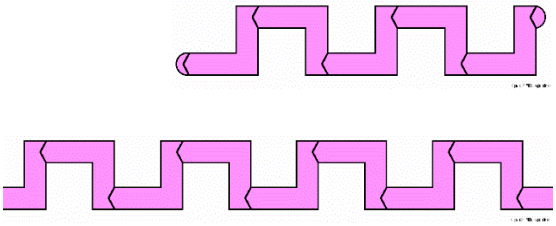
Es entsteht ein Peptid und Wasser. Da das Peptid genau zwei Aminosäuren beinhaltet, wird es auch **Dipeptid** genannt.
Hier muss man also beachten, dass **nicht** die Zahl der **Peptid-Bindung**en (auch **Amid-Bindung** genannt) gemeint ist, sondern die Anzahl der Aminosäure-Reste Namensbestimmend ist. Die Namengebung ist historisch entstanden und heute nicht mehr so einfach korrigierbar.
Peptide können an den Enden mit weiteren Aminosäuren reagieren.



Dipeptid ***+ Aminosäure*** ⟶ ***Tripeptid*** ***+ Wasser***



So entstehen **Tripeptide**, **Tetrapeptide**, **Pentapeptide** usw. Etwas längere Peptide - mit bis zu 10 Aminosäure-Resten - heißen dann **Oligopeptide**.
Noch längere Peptide werden als **Polypeptide** bezeichnet. Diese Polypeptide sind dann im Prinzip genau unsere Eiweiße.



Die Abgrenzung der großen Peptid-Klassen ist immer noch in der Diskussion. Manche Wissenschaftler sehen das Ende der Oligo-Peptide schon bei 10 Aminosäuren. Poly-Peptide können bei ihnen bis zu 100 Aminosäuren enthalten. Alles was darüber hinausgeht, wird zu den Proteinen gezählt. Ein Nachschlagen der jeweiligen Definition ist beim Lesen von anderer Literatur immer sinnvoll.
Wir sprechen hier ab 10 Monomeren von Polypeptiden und der Begriff wird auch so lange benutzt, bis die Polypeptide eine räumliche Struktur eingenommen und stabilisiert haben (→). Erst dann sprechen wir von Proteinen.
Für die Peptide hat sich eine verkürzte Formel-artige Darstellung eingebürgert. Ausgehend vom N-terminalen Ende (basische Aminogruppe) werden die Amninosäuren mit ihren 3-Buchstaben-Codes aufgezählt. Das N-terminale Ende wird durch das endständige (hier beginnende) H gekennzeichnet. Für die C-terminale Carboxyl-Gruppe wird nur die an weiteren Reaktionen beteiligte OH-Gruppe geschrieben.
So ergibt sich z.B. für das Pal-KTTKS (die neue Geheimwaffe gegen Hautfalten, das Pal steht für Palmitinsäure die an den Anfang des KTTKS (die Aminosäuren im 1-Buchstaben-Code) angeestert ist)
die Darstellung:

H-Lys-Thr-Thr-Lys-Ser-OH

Der 1-Buchstaben-Code werden vor allem bei längeren Peptiden benutzt. Ansonsten würden die Ketten viel zu lang werden. Die genaue Zuordnung der Codes zu den Aminosäuren kann im Kapitel → 3.5. Aminosäuren (🕮 **organische Chemie - Derivate**) nachgeschlagen werden.

Einteilung nach der Anzahl der peptisch gebundenen Aminosäuren

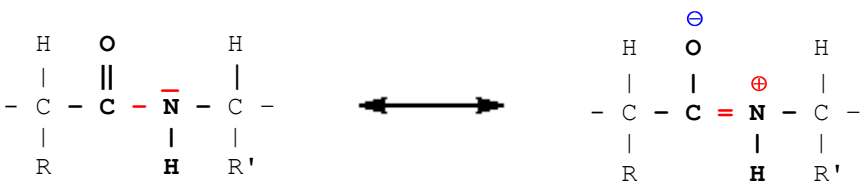
selten wird der Begriff Makro-Peptide für Peptide aus mehr als 100 Aminosäuren verwendet
i.A. betrachtet man alle Peptide mit mindestens 20 (selten 10) Aminosäuren als Polypeptide

Exkurs: Mesomerie der Peptid-Gruppe

Bindung zwischen C- und N-Atom deutlich kürzer, als es bei einer Einfachbindung sein müsste
Drehbarkeit der Bindung eingeschränkt bzw. praktisch keine (Ver-)Drehung möglich; Atome der Peptid-Gruppe –CO-NH- bilden eine Ebene

Erklärung der Phänomene wäre nur mit einer Doppel-Bindung möglich
Doppel-Bindung aber offensichtlich nicht da, dazu ist der Bindungs-Abstand auch wieder zu groß

eine Lösung des Problems ist möglich, wenn man die starke Elektronen-ziehende Wirkung von Sauerstoff mit beachtet (Elektronegativität: 3,5)
die Elektronen der Doppel-Bindung zwischen C und O werden zu Sauerstoff gezogen, damit entsteht am C ein Elektronen-Mangel, der wiederum durch das Ziehen des frei-beweglichen Elektronen-Paares befriedigt wird
der Mangel an dieser Stelle zieht nun das freie Elektronen-Paar des Stickstoff's
es bildet sich temporär / teilweise eine Doppelbindung, die eine Drehung an dieser Bindung unmöglich macht
weiterhin kommt es zu einer beobachtbaren Verkürzung der Bindung



da weder der eine, noch der andere Zustand die realen Verhältnisse genau beschreibt, sie aber scheinbar (zumindestens) teilweise oder temporär auftreten, sprechen wir von mesomeren Zuständen
Die mesomeren Grenz-Zustände können wir mit Elektronen-Struktur-Formeln (besser gesagt LEWIS-Formeln) gut darstellen

Peptide haben immer eine Richtung

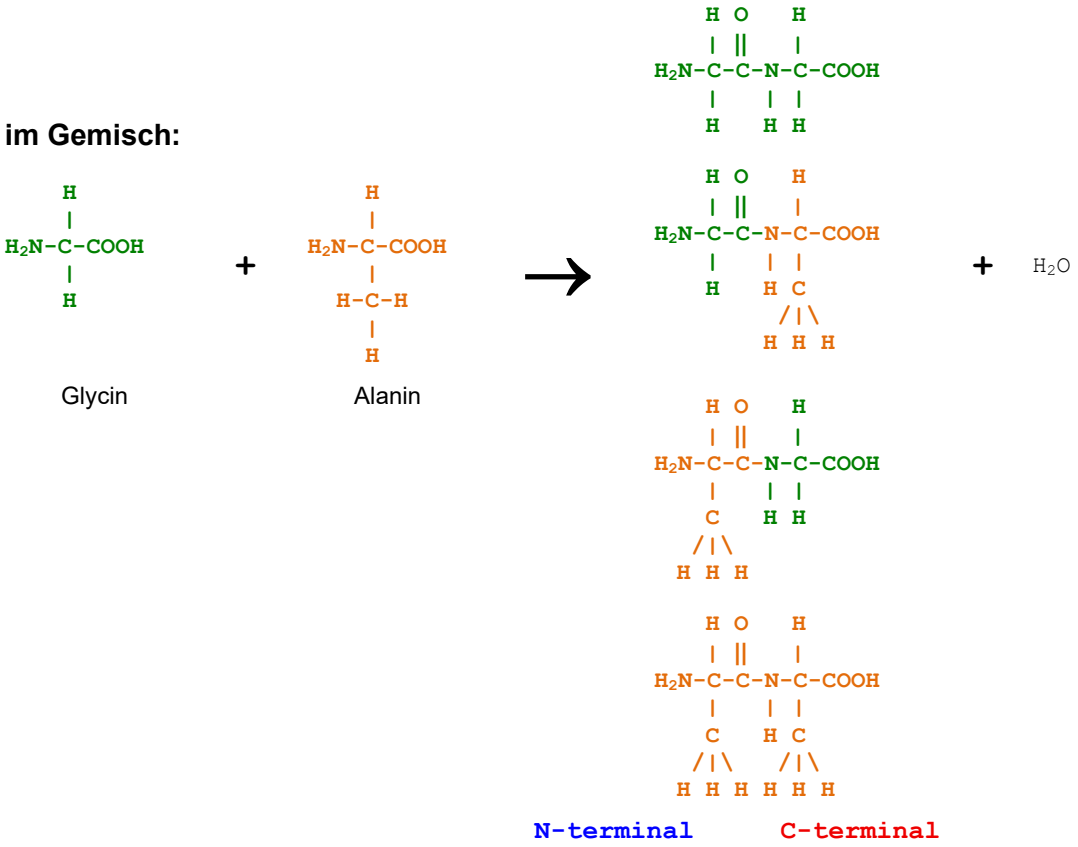
Gly-Ala ist ein anderes Peptid als Ala-Gly

besser ist eine Notierung mit den Endgruppen

H_2N – Gly – Ala **– COOH**
Amino-terminus **Caboxyl-terminus**
N-Terminus **C-Terminus**

wir sprechen auch carboxylterminalen und aminoterminalen Enden

im Gemisch:



Aufgaben:

1. *Stellen Sie die Bildung von Tripeliden als Alanin und Glycin in Struktur-Formeln dar! Wieviele Varianten sind hier möglich? Sind diesmal einige spiegelbildlich? In welchen Anteil entstehen die Varianten?*
2. *Stellen Sie die Varianten bei der Bildung von Tetrapeptiden der Aminosäuren Ala, Gly, Ser und Val zusammen! (Gegen Sie auch die Charakterisierung der Enden an!)*
3. *Ermitteln Sie die Varianten-Anzahl für ein Oligopeptid mit sieben Aminosäuren (Heptapeptid)! Zum Einsatz im Reaktions-Gefäß kommen 9 Aminosäuren als Edukte.*

Abbau der Peptide

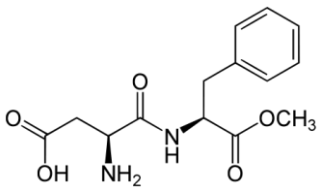
Hydrolyse

in der Natur durch **Peptidasen** katalysiert
Enzyme, die Peptide zerlegen
Exopeptidasen bauen von den Enden her ab
Aminopeptidasen vom N-terminalen Ende
Carboxypeptidasen von C-terminalen Ende

Endopeptidasen spalten in Kette
meist sehr spezifisch, z.B. zur Umwandlung von Pro-Peptiden in biologisch wirksame Peptide
z.B. beim Insulin

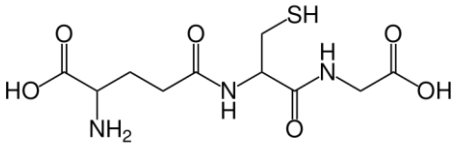
 (c,p) 2009-2026 lsp: dre

In den biologischen Zellen und in der Ernährung spielen nicht nur die großen Polypeptide (Proteine) eine wichtige Rolle, sondern auch schon die kleineren Oligo-Peptide.
Als Dipeptid sei hier das **Aspartam** (ein künstlicher Süßstoff) genannt. Er besteht aus den Aminosäuren Asparaginsäure und Phenylalanin. Am C-terminalen Phenylalanin ist noch eine Methyl-Gruppe (aus Methanol) verestert.



Strukturformel von Aspartam
Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

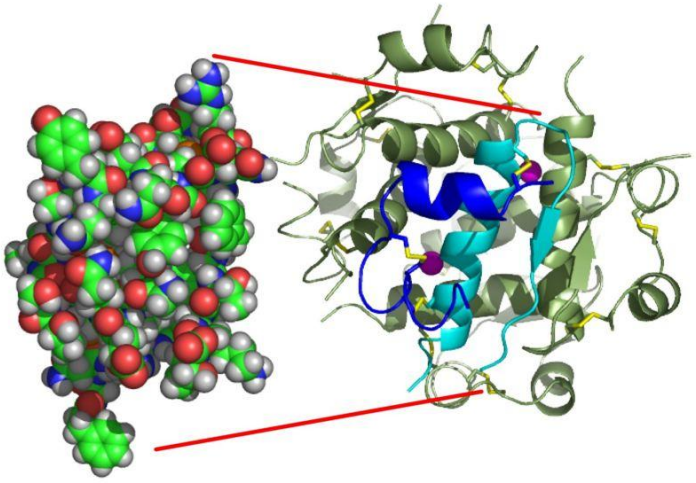
Glutathion ist ein nichtproteinogenes Tripeptid aus Glutaminsäure, Cysteien und Glycin. Zwischen Glutaminsäure und Cysteien finden wir eine etwas ungewöhnliche γ-Peptid-Bindung. In unserem Körper wird es in der Leber synthetisiert. Als Bestandteil verschiedener Redoxsysteme (auch in Mitochondrien) und als Cystein-Reserve hat es eine große Bedeutung.



Q: de.wikipedia.org (Fvasconcellos)

Ein Oligo-Peptid mit acht Aminosäuren ist das **Cholecystokinin (CCK 8)**. Es dient als Hormon bei der Anregung der Gallenblase und ist bei der Erzeugung des Sättigungs-Gefühls beteiligt. Produziert wird es vom Zwölffingerdarm. Weiterhin ist Cholecystokinin ein wichtiger Neurotransmitter.

Oligo-Peptide spielen heute eine größere Rolle in der Sonden-Ernährung von Partienten. In der Nähr-Flüssigkeit sind besonders die essentiellen Aminosäuren enthalten. Die gezielte Zusammensetzung sorgt für eine schnelle Verfügbarkeit nach einer einfachen (unbelasteten) Verdauung.
Das Hormon **Insulin** ist ein typisches Poly-Peptid mit 51 Aminosäuren. Es wird in den LANGERHANSschen Zellen der Bauchspeicheldrüse gebildet.
Insulin steuert bzw. aktiviert den Aufbau von Glycogen. Dabei wird die Glucose aus dem Blut verbraucht und der Blutzucker-Spiegel gesenkt.

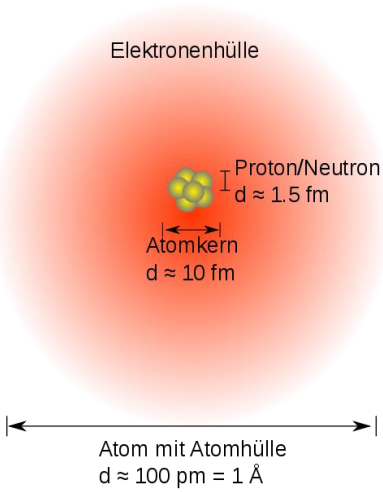

Insulin-Monomer als Kalotten-Modell (links)
und das Hexamer im Bänder-Modell (rechts)
Q: de.wikipedia.org (Isaac Yonemoto)

Viele weitere Informationen zum Bau der Proteine und deren umfangreichen Funktionen findet der Leser in diesem Skript z.B. in den Abschnitten → 4.2.2.3.1. allgemeine Systematik der Eiweiße (Bau-Typen) und → 4.2.2.3.3. Struktur-Ebenen der Eiweiße (Bau-Ebenen, Ordnungstufen).

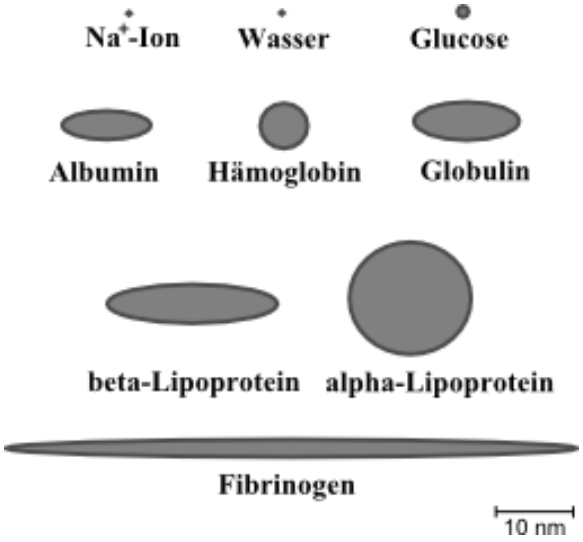
Aufgaben:

1.
2. *Wie kann es sein, dass Aspartam süß schmeckt? Es enthält doch überhaupt keine Strukturen eines Saccharid's. Geben Sie eine mögliche Erklärung an! Diskutieren Sie Ihre Erklärungs-Vorschläge im Kurs! Welcher ist am wahrscheinlichsten?*

Die rechte untere Abbildung vermittelt – wenigsten annäherungsweise – einen Eindruck von den Größenverhältnissen zwischen "normalen" anorganischen, sowie einfachen organischen Stoffen und den Proteinen. Wasser und Natrium-Ionen liegen mit ihrer Größe unter einem Nanometer (nm = 10^{-9} m = 10^{-6} mm = 10^{-3} µm).



Q: de.wikipedia.org (Cweiske)



nach /18/

In älterer Literatur und vielen Fachbüchern wird auch die Einheit Å für ÅNGSTRÖM benutzt. Ein Å entspricht 0,1 nm.

Aminosäure	Mol. Masse [g/mol]
Alanin	89,1
Arginin	174,2
Asparagin	132,1
Asparaginsäure	133,1
Cystein	121,2
Glutamin	146,15
Glutaminsäure	147,1
Glycin	75,1
Histidin	155,2
Isoleucin	131,2
Leucin	131,2
Lysin	146,2
Methionin	149,2
Phenylalanin	165,2
Prolin	115,1
Serin	105,1
Threonin	119,1
Tryptophan	204,2
Tyrosin	181,2
Valin	117,15
Durchschnitt	**136,9**

!!!zum Vergleich:

Stoff	Mol. Masse [g/mol]
anorganische Moleküle	
Ammoniumsulfat	132
Cohlendioxid	44
Natriumchlorid (Kochsalz)	58
Phosphorsäure	98
Sauerstoff	32
Wasser	18
organische Moleküle	
Ethanol	46
Glucose	180
Harnstoff	60
Stearinsäure	284

 (c,p) 2009-2026 lsp: dre

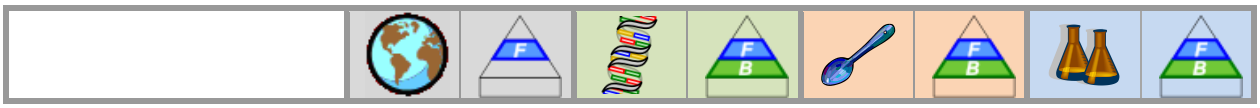
Protein	Anzahl Aminosäuren	Mol. Masse [g/mol]	Durchmesser [m]	
Avidin	540	66.000	$9 * 10^{-9}$	
Clupeïn		4.450		
Edestin		310.000		
Fibrinogen		400.000		
β_1-Globulin		90.000		
Hämoglobin		68.000		
Insulin	32 51	5.700 5.808		
Kreatin		68.000		
Lactalalbumin		17.300		
α_1-Lipoproteïn		200.000		
β_1-Lipoproteïn		1.300.000		
Lysozym	129	14.388	$6 * 10^{-9}$	
Myoglobin		17.000		
Ovalbumin	370	44.500	$8 * 10^{-9}$	
Myosin		3.900.000		
Serumalbumin		69.000		
Serumglobulin (γ-Globulin)		156.000		
Thyreoglobulin		650.000		
Trypsin		24.000		
Urease		483.000		

Aufgaben:

1. ***Skizzieren Sie sich die Strukturformeln von Aspartam und Glutathion ab! Kennzeichnen Sie mit unterschiedlichen Farben in den Strukturformeln die ursprünglichen Aminosäuren sowie zusätzliche Strukturen!***
2. ***Stellen Sie die vollständige Strukturformel des Tripeptids H-Cys-Gln-Asp-OH auf! Geben Sie nun die chemischen Gleichungen für die schrittweise Zerlegung in die Aminosäuren an! Um welche Art chemische Reaktion handelt es sich hier? Begründen Sie Ihre Meinung! Diskutieren Sie den Reaktionstyp mit anderen Kursteilnehmern! (Gibt es da vielleicht mehrere Möglichkeiten? Bringen Sie Ordnung ins System!)***

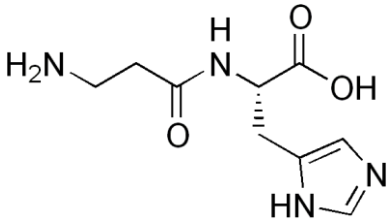
(c,p) 2009-2026 lsp: dre

4.2.2.2. (Oligo- und kleine Poly-)Peptide



einige Beispiele, weitgehend nach der Größe sortiert

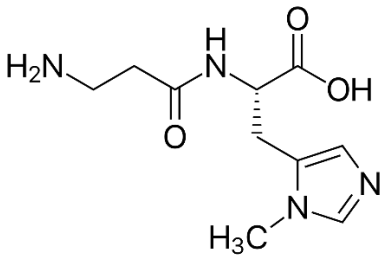
Carnosin (L-Carnosin)
Dipeptid aus L-Alanin und L-Histidin
wahrscheinlich Neuro-Peptid (für die chemische Signal-Übertragung (Neuro-Transmitter) in Synapsen
hat auch antioxidative Wirkung im Stoffwechsel



Q: de.wikipedia.org (Edgar181)

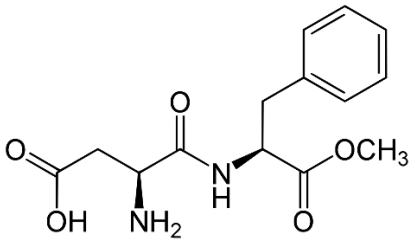
Anserin
Alanin und Methylhistidin
methyliertes Carnosin

antioxidativ; schützt vor Ermüdung



Q: de.wikipedia.org (Vaccinationist)

Aspartam
(Lebensmittel-Zusatzstoff E 951)
Dipeptid
praktisch der Methylester des Dipeptid's aus L-Asparagin-säure und L-Phenylalanin
Bestandteil vieler käuflicher Süßstoffe
200x süßer als Zucker

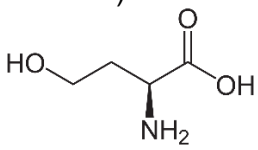


Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

Homoanserin
Dipeptid
Aminohydroxybuttersäure und Histidin

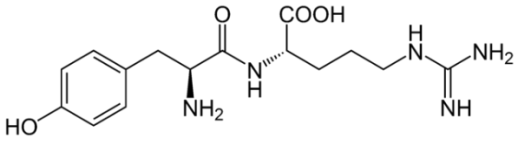
Q: ?

Bau-Bestandteil ist das Homoserin (2-Amino-4-hydroxybu-tansäure)



Kyotorphin
an der Schmerz-Regulation im Gehirn beteiligt
Morphin-ähnliche Wirkung → Opioid-Peptid

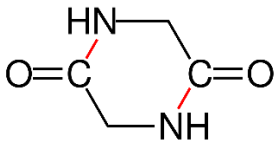
ev. auch Neurotransmitter



Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

Prinzipiell können Aminosäuren auch zweifach miteinander reagieren und so ein cyclisches Peptid bilden. Wir sprechen dann von Lactamen.

cyclo-Gly-Gly

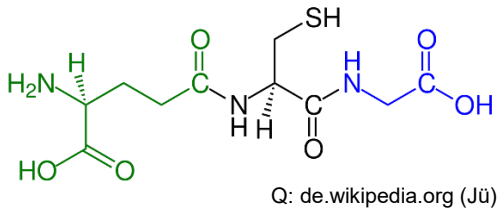


Q: de.wikipedia.org ()

Aufgaben:

1. *Stellen Sie die Bildungen von Carnosin und Homoanserin als chemische Gleichung mit vollständigen Struktur-Formeln auf!*
2. *Identifizieren Sie die beiden Aminosäuren für Carnosin und Anserin! Wo befindet sich die zusätzliche Methyl-Gruppe?*
3. *Leider ist im Internet keine Struktur-Formel für Homoanserin zu finden. Können Sie diese erstellen? Geben Sie diese dann an oder erklären Sie, warum Sie keine erstellen konnten!*
4. *Ermitteln Sie die Summenformeln und die molaren Massen von Carnosin und Homoanserin*
5. *Im Blut ist die übliche Konzentration von Carnosin < 10 µmol/l. Berechnen Sie die maximal extrahierbare Masse aus 1 Liter Blut!*
6. *Bestimmen Sie, aus welchen Aminosäuren Kyorphin aufgebaut ist!*

Glutathion

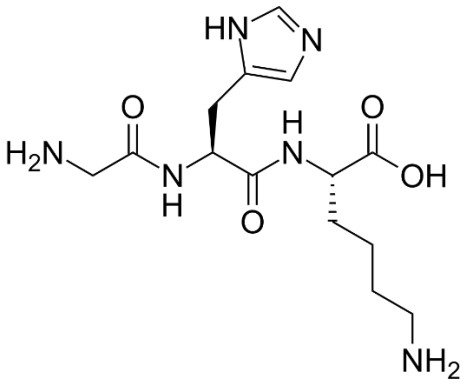


Q: de.wikipedia.org (Jü)

Ein-Buchstaben-Code: GSH
kommt praktisch in allen Zellen vor
in der Leber ist die Produktion essentiell, wenn diese gestört ist, kommt es zu schweren Schädigungen
eines der wichtigsten Antioxidanzien
spielt eine wichtige Rolle beim Binden von Schwer-Metallen
gerne als Nahrungsergänzungsmittel verkauft, die Bioverfügbarkeit wird aber als sehr gering eingeschätzt; bei größeren aufgenomenen Mengen kann es zu gesundheitlich Problemen kommen

z.B. biotechnisch hergestellt aus Mais durch Fermentation

GHK-Cu



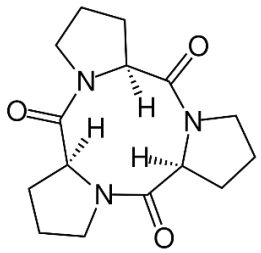
Q: de.wikipedia.org (Edgar181)

Cupfer-bindendes Tripeptid
Gly-His-Lys

im menschlichen Plasma gefunden
in geringeren Mengen auch im Speichel und im Urin

im Alter von 20 Jahren sind Blutserum-Konzentrationen von 200 ng/ml typisch, im Alter von 60 sind es nur noch 80 ng/ml
leistet Beitrag bei Wundheilung, Kontakten von Immunzellen, Expression verschiedener Gene, Differenzierung von Gewebe
wichtiger Cu-Transporter
synthetisches GHK-Cu wird als Anti-Aging-Mittel in Kosmetika verwendet
fördert die Kollagen- und Elastin-Bildung
da das Molekül sehr klein ist, kann es im inter-zellulären Raum schnell wandern (diffundieren) und gut mit Rezeptoren (auf der Zellmembran) interagieren
insgesamt wird Cu als Spuren-Element eine Schlüssel-Rolle in der biologischen Aktivität zugeordnet.

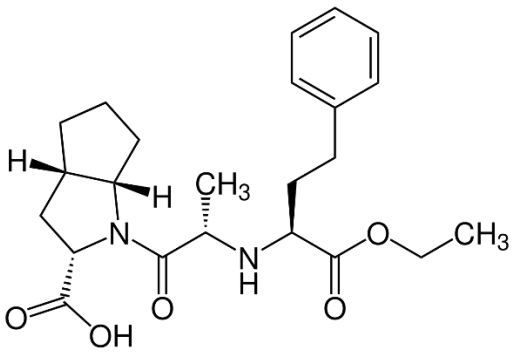
Cyclotriprolyl
Tripeptid aus drei Prolin-Molekülen, die eben cyclisch (also auch die Enden noch einmal) miteinander reagiert haben.



Q: de.wikipedia.org (Jü)

Q: de.wikipedia.org ()

Ramipril
künstliches Tripeptid
ACE-Hemmer (Mittel zur Behandlung von Bluthochdruck), Medikament für Patienten mit Herz-Insufizienz (Herz-Schwäche) und zur Vorbeugung von Herz-Infarkten



Q: de.wikipedia.org (Anagkai)

Aufgaben:

1. *Geben Sie die Reaktions-Gleichungen für die schrittweise Bildung von Glutathion an!*

2. Identifizieren Sie die Peptid-Bindungen im Ramipril und prüfen Sie, ob die Bausteine Aminosäuren und auch proteinogene Aminosäuren sind!

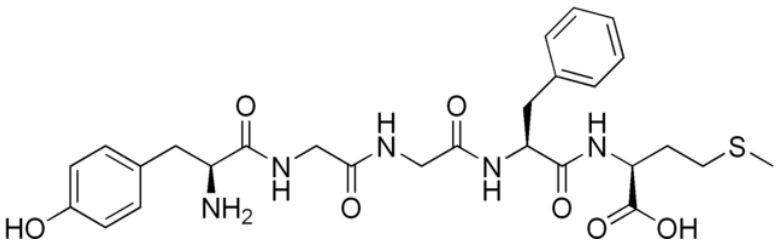
3. Stellen Sie eine Reaktions-Kette für die Bildung von Cyclotriprolyl auf!

für die geheobene Anspruchsebene:

1. Kennzeichnen Sie die einzelnen Aminosäure-Anteile am Cyclotriprolyl! Orientieren Sie sich dabei am Bau der Aminosäure Prolin!

Met-Enkephalin
Pentapeptid

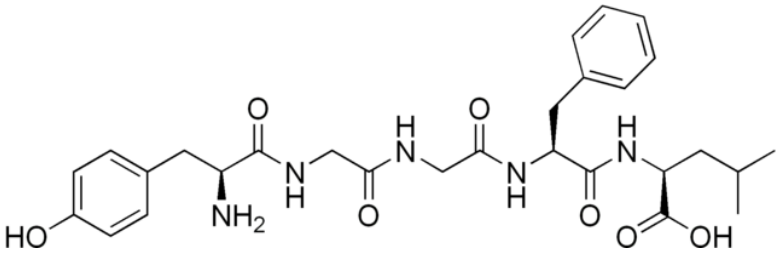
Opioid-Peptid



Q: de.wikipedia.org (Edgar181)

Leu-Enkephalin
Pentapeptid

Opioid-Peptid



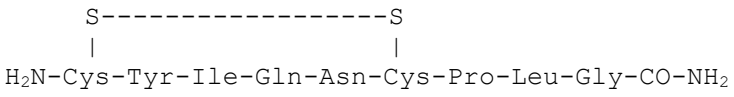
Q: de.wikipedia.org (Edgar181)

die Enkephaline wirken an metabotropen Rezeptoren (G-Protein-gekoppelt) (→ 🕮 **Neurophysiologie**)
Körper-eigene Schmerzmittel

Aufgaben:

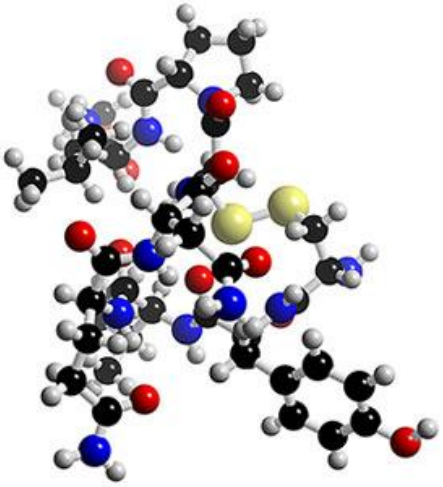
1. Leiten Sie aus den Strukurformeln die Aminosäure-Sequenz für Met- und Leu-Enkephalin ab! (Hilfe: Finden Sie zuerst die Peptid-Bindungen!)

Oxytrocin
Wehen-auslösendes Hormon, Bindungs-Hormon (z.B. bei frisch Verliebten in Unmengen ausgeschüttet, sorgt quasi für die Blindheit von Verliebten)

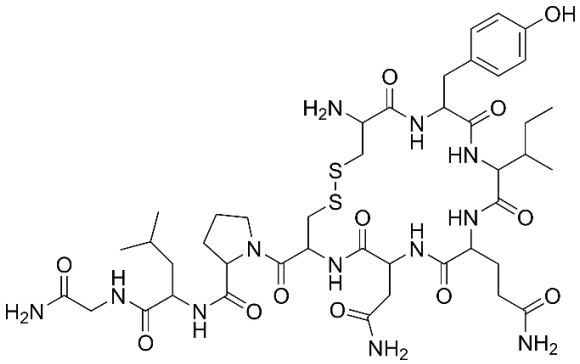


die endständige Carboxyl-Gruppe (C-terminales Ende) ist im aktiven Oxytrocin amidiert

AS-Sequenz: CYIQNCPLG



Kugel-Stab-Modell



Struktur-Formel von Oxytrocin
Q: de.wikipedia.org (Calvero; geänd.: dre)

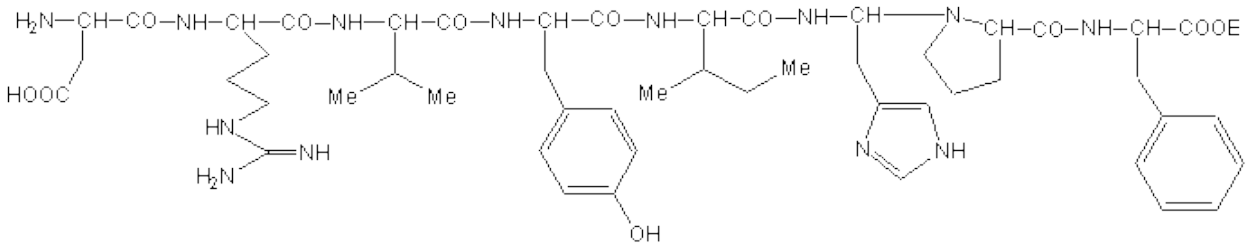
Aufgaben:

1. *Identifizieren Sie in der Struktur-Formel vom Oxytrocin die Peptid-Bindungen und kennzeichnen Sie diese farblich!*
2. *Finden Sie die Aminosäuren der oben angegeben Sequenz in der Struktur-Formel wieder! Vergleichen Sie die Struktur der einzelnen Aminosäure-Reste im Peptid mit den (offiziellen) Struktur-Formeln der einzelnen Aminosäure!*
3. *Identifizieren Sie die besondere Aminierung!*

Vasopressin

AS-Sequenz: CYFQNCPRG

Angiotensin II



Oktapepid (DRVYIHPF)

Q: https://www.chem.uzh.ch/robinson/lectures/AC_BII/Kap15/kap15.html

wichtig für die Blutdruck-Regulation ()

atriales natriuretisches Peptid (ANP)
beinhaltet 28 Aminosäuren
Regulation des Wasser- und Salz-Gehalt's

vasoaktives intestinales Pepid (VIP)
ebenfalls 28 Aminosäuren
Hormon aus dem Verdauungs-Trakt
reguliert Verdauung, stoppt die Blutgerinnung bei Blutungen an der Darm-Wand

Peptid YY (PYY)
besteht aus 36 Aminosäuren
bestimmt die Geschwindigkeit der Magen-Entleerung (Öffnung des Magen-Pförner's)
steigert Sättigungs-Gefühl

Peptid C / C-Peptid
Spaltprodukt bei der Umwandlung von Insulin
länger stabil als Insulin; nutzt man für diagnostische Zwecke (Blut-Bild)

Cyclopeptide **Phalloidin** und **Amanithin**
Cyclopeptide werden als Lactame bezeichnet

Opioid-Peptide: **Exporhine** und **Casomaorphin**

Calcineurin
ähnliche Wirkung, wie Morphin

Amyloid-beta Peptid
ev. als abgelagertes Peptid im Gehirn (Plaque) für ALZHEIMER-Erkrankung verantwortlich

weitere – namentlich bekannt – Peptide:
Atosban, Hirudin, Icatibat, Rapastinel, Somatostatin, Ziconotid

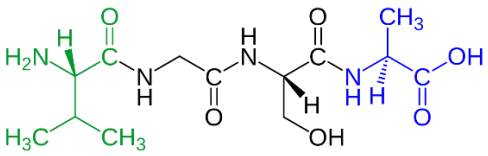
Aufgaben:

1. *"Leider" habe ich gar keine Struktur-Formeln von Vasopressin gefunden (natürlich nicht wirklich!). Stellen Sie die 3-Buchstaben-Aminosäure-Sequenz von Vasopressin auf! Um welche Art von Peptid (Mono-, Di- Tri-, … -Peptid) handelt es sich bei diesem Hormon? Begründen Sie Ihre Meinung!*
2. *Informieren Sie sich über die Wirkung von Vasopressin im menschlichen Körper!*
3. *In einem ausreichend großem Reaktions-Gefäß befinden sich die Aminosäuren, die zusammen Angiotensin II bilden können. Für die Bildung von Peptiden sind alle notwendigen Bedingungen erfüllt und das System hatte auch reichlich Zeit.*
   a) *Wieviele verschiedene Oktapeptide kann ein Experimentator vorfinden? Erläutern Sie, wie Sie zu einer Lösung gekommen sind!*
   b) *Wie gehäuft kommen bestimmte Oktapeptide vor? Welche Versionen werden ev. bevorteilt auftreten?*
4. *Prüfen Sie oben die umseitigen Struktur-Formeln Peptide darstellen! Geben Sie auch immer an, welche funktionellen Gruppen Sie erkennen!*

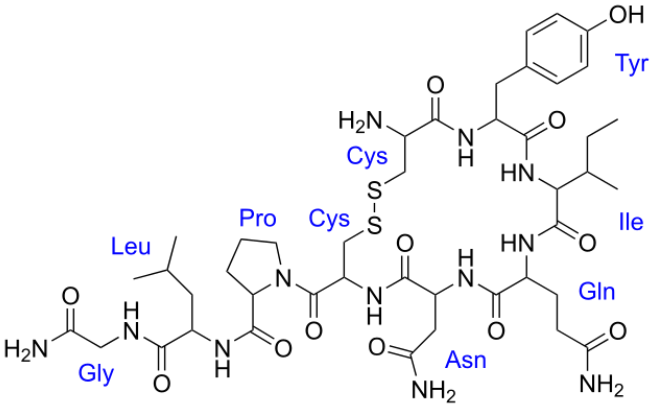
für die gehobene Anspruchsebene:

5. *Stellen Sie die Struktur-Formel (z.B. als Gitterstruktur-Formel) von Vasopressin auf! Vergleichen Sie diese dann mit einer aus dem Internet oder einem Fachbuch!*

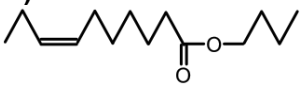
A)



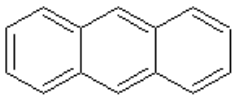
B)



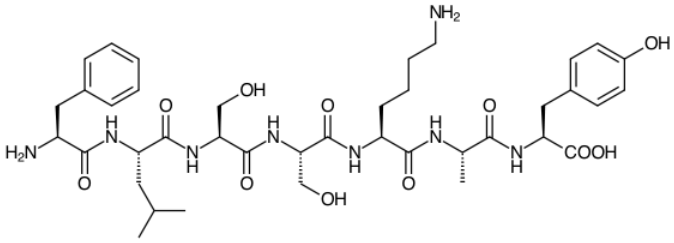
C)



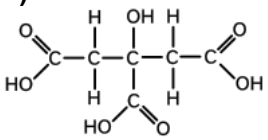
D)



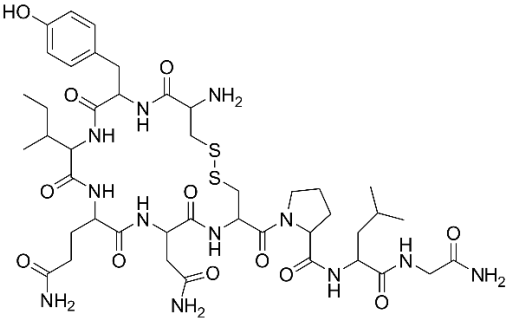
E)



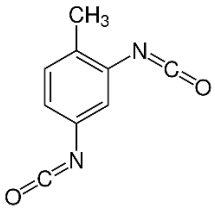
F)



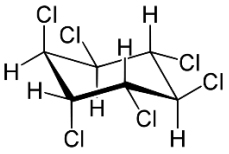
G)



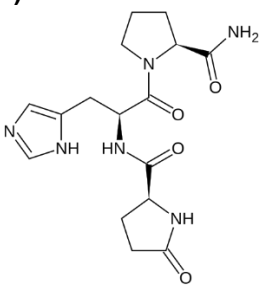
H)



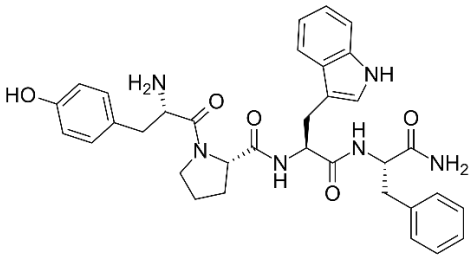
I)



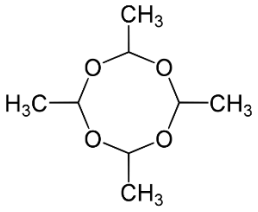
J)



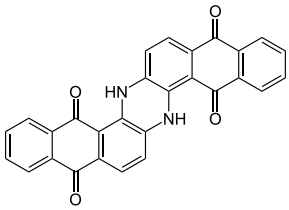
K)



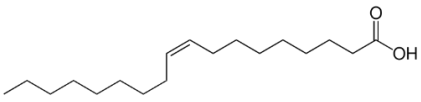
L)



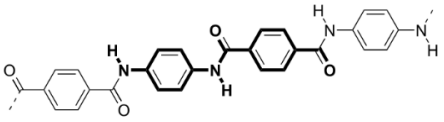
M)



N)

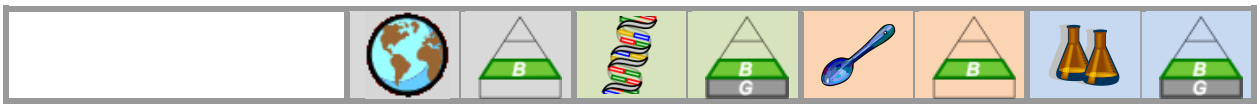


O)



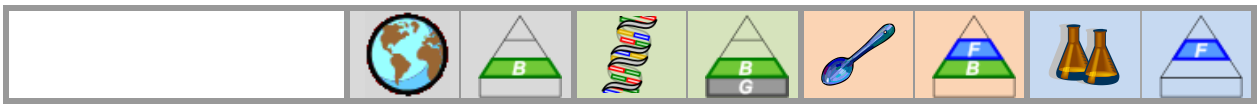
Struktur-Formeln Quellen: de.wikipedia.org; pharmawiki.ch/wiki; erstellt von: Calvero, RustOverPython, Yikrazuul, Edgar181, Hbf878, …; z.T. geänd.: dre)

4.2.2.3. Proteine / Eiweiße (Polypeptide)



Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
?

4.2.2.3.1. allgemeine Systematik der Eiweiße (Bau-Typen)



Eiweiße lassen sich nach den unterschiedlichsten Klassifizierungs-Merkmalen einteilen. Eine Einteilung nach den Funktionen haben wir schon weiter vorne dargestellt (→), um einen gewissen Überblick über die Vielgestaltigkeit von Proteinen und ähnlichen Strukturen zu geben.
Häufig unterteilt man die Proteine (im weiteren Sinne) in drei große Gruppen. Die kleinsten Moleküle sind die Peptide. Gemeint sind Oligo- bzw. Polypeptide mit ungefähr bis zu 100 Aminosäure-Resten. Unter ihnen befinden sich verschiedene Hormone oder auch die sehr gefährlichen (infektiösen) Prionen.
Alle Peptide mit mehr als 100 Aminosäure-Resten werden zu den Proteinen gezählt. Proteine in diesem Sinne sind immer reine Aminosäure-Verbindungen.
Wenn neben dem Protein-Anteil – also einer oder mehrerer Aminosäure-Ketten – noch andere Bestandteile dazugehören, dann sprechen wir von Proteiden. Diese sind quasi Abkömmlinge (Derivate) der Proteine. Sie enthalten immer einen Nicht-Protein-Anteil. Das können im einfachsten Fall Metall-Ionen sein, in komplexeren Strukturen sind es auch recht große organische Moleküle. Hier kann man z.B. die Vitamine nennen. Viele Vitamine werden als Nicht-Protein-Anteil in Protein-Strukturen eingebaut und bilden dann als Ganzes z.B. wichtige Enzyme.
Klassisch unterscheidet man globuläre und fibrilläre Proteine. Die globulären Proteine (Sphäro-Proteine) sind Kugel-förmig mit dreidimensionaler Ausdehnung. Zu diesen Proteinen gehören die Enzyme, Rezeptoren, Signalstoffe, …
Fibrilläre Proteine (Sklero-Proteine)sind Faden- bzw. Faser-förmig gebaut. Sie besitzen praktisch nur eine eindimensionale Ausdehnung in die "Länge". Höhe und Breite sind meist als Durchmesser der Faser zu vernachlässigen. Erst durch Zusammenlagerung (Polymerisation, Quatiär-Struktur) erlangen sie auch flächige bzw. räumliche Ausdehnung.

	Bezeichnung	Bau	Eigenschaften	Funktion(en)	Vorkommen	Beispiele / Bemerkungen
globulär	**Albumine**		löslich in Wasser und verdünnten Säuren denaturieren schon ab 70 °C	Träger für Fettsäuren und Magnesium-Ionen	Antikörper; Körperflüssigkeiten	
	Globuline		nicht in Wasser löslich; löslich in Neutral-Salz-Lösungen; denaturieren schon ab 70 °C	Transport von Stoffen Enzym-Funktion	Speicherstoff bei Pflanzen; Blutserum	
	Kleber-Proteine		denaturieren schon ab 70 °C	Speicherstoff	Getreide	
fibrillär	**Kollagene**	Dreifach-Helix aus 3 Peptid-Ketten; Halt über Wasserstoff-Brücken-Bindung	in heißem Wasser löslich; sehr dehnbar und zugfest; schwer enymatisch abbaubar		Haut, Bindegewebe, Sehnen, Bänder, Knochen	Gelantine
	Kreatine	Faser-förmige Peptid-Ketten ind über Disulfid-Brücken stabilisiert	nicht in Wasser, Säuren oder Basen löslich; nur sehr schwer enymatisch abbaubar		Horn, Haare, Nägel	
	Elastine	verzweigt, Faser-förmig; bilden zweidimensionale Strukturen	schwer verdaulich; quellen nicht in Wasser, Säuren oder Basen		Stimmbänder, Bänder	
	Actin-Fibrillen	sehr dünn; schraubenförmig aus sehr kleinen globulären Actin aufgebaut	zugfest	Aufrechterhaltung der Zell-Form (Zell-Skelett)	alle Zellen	
	Actin-Myosin-Fibrillen		mit Hilfe von ATP zu Kontrationen (Verkürzungen) fähig	sorgen für Beweglichkeit von Zellen (Muskel-Fasern)	Muskelatur; kriechende Einzeller	
	Tubullin-Fibrillen	Röhren-förmig aus kleinen globulären Proteinen zusammengesetzt	stabil	Haupt-Verkehrs-Wege in Zellen; Zell-Teilung	Geißeln, Spindel-Apparat (Zellteilung);	

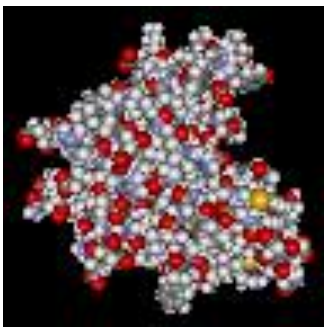
(c,p) 2009-2026 lsp: dre

Definition(en): Polypeptide
Polypeptide sind Kondensations-Produkte von Aminosäuren mit einer Länge von mehr als 20 Bauelementen (Aminosäuren).
Polypeptide sind Ketten-förmige organische Stoffe, in denen (mehr als 20) Aminosäuren durch Peptid-Gruppen verbunden sind.

Definition(en): Proteine
Proteine sind Polypeptide mit einer speziellen (charakteristischen) Struktur und Funktion. Die Polypeptide sind nur aus protenogenen Aminosäuren und nach einem genetischen Programm zusammengesetzt. Neben den Polypeptiden können sich in den Tertiär- und Quartiär-Strukturen von Proteinen auch Nicht-Eiweiß-Bestandteile befinden.
Proteine sind biologische Makro-Moleküle, die aus (protenogenen) Aminosäuren aufgebaut sind. Sie können auch nichtprotenogene Bestandteile enthalten.

früher (bis 1980) waren Proteine reine Polypeptide
waren in einem Protein nichtprotenogene Bestandteile enthalten, dann sprich man von Proteïden
heute wird hier begrifflich kaum noch getrennt

Nach der äußeren Form der Eiweiße (Proteine) klassifiziert man zwischen **kugelförmige** (globuläre) und **faserförmige** (fibrilläre, langestreckte) **Proteïne**n.
Oft werden die **globuläre**n **Proteïne** noch in die Histone, Albumine und Globuline unterteilt. **Histone** binden sich – als meist sehr basische Eiweiße – besonders an Nucleinsäuren (salzartige Bindung). Sie sind z.B. am Bau des genetischen Materials beteiligt. Histone ermöglichen die starke Helikalisierung und Spiralisierung der DNS. Sie sind gewissermaßen das Verpackungsmaterial (Verpackungsgerüst) für die DNS.
Zu den **Albumine**n werden die wasserlöslichen Proteïne gezählt, die sich durch konzentrierte Ammoniumsulfat-Lösung ausfällen lassen. Die Lösung von Albuminen sind kolloidale – und meist neutrale – Lösungen.


Q: www.ud.com

Das Eidotter und die Eiweiße aus der Molke sind Beispiele für Albumine. Bei den tierischen Eiweißen machen Albumine mit den Globulinen den Hauptanteil aus.
Albumine enthalten meist alle Aminosäuren. Einzig Glycin kommt in sehr geringen Anteilen vor. Schwefel-haltige Aminosäuren sind dagegen gehäuft vertreten.
Globuline sind primär nicht in Wasser löslich. Gibt man Neutralsalze (z.B. Natriumchlorid,) zur Mischung Globulin-Wasser dazu, dann lösen sich die Eiweiße zumeist in der (verdünnten) Neutralsalz-Lösung. Gluboline sind in den Zellen häufig an Biomembranen gebunden und erfüllen hier vorrangig Enzym- oder Rezeptor-Aufgaben. Ihre Wasser-Unlöslichkeit (unpolare Außenwirkungen) verhilft ihnen zu einer festen Einbindung in die Lipidschicht. Der Apoenzym-Teil (Eiweißteil eines Enzyms) ist im Allgemeinen ein Globulin.
Wie die Albumine gerinnen die Globuline schon ab 30 bis 70 °C. Diese bilden dann z.B. die Milchhaut oder den grauen Schaum beim Kochen von Muskelfleisch.
In "Lösungen" reagieren die Globuline vorrangig leicht sauer.

(c,p) 2009-2024 lern-soft-projekt: drews

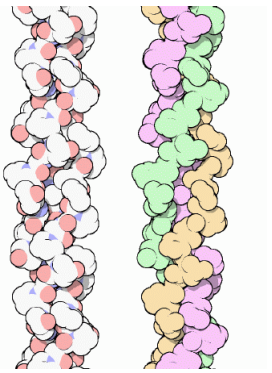
Wichtige Globuline sind die das Legumelin aus den Aleuronschichten der Leguminosen (Hülsenfrüchte). Auch die Gluteline und Gliadine – die als Kleber-Eiweiße eine große Bedeutung beim Backen haben – gehören zu den Globulinen.

Die **fibrillären Proteïne** werden nach Bau-Typen unterteilt.



Der **Kollagen-Typ** basiert auf dem Bauprinzip des Proteïns Kollagen. Bei diesem sind immer drei länglich gestreckte Bausteine (Monomere, Kollagen-Eiweiß) seilartig neben- und hintereinander angeordnet. Die Molekül-Helix ist etwas gestreckter als eine (normale) α-Helix und entsprechend linksgängig, die Helix aus den drei Einzelsträngen ist rechtsgewunden.

Kollagene kommen besonders im Stütz- und Bindegewebe vor. U.a. bestehen Sehnen und Bänder und Haut aus sehr viel Kollagen. Aber auch in Zähnen oder Knochen kommen sie als Bau-Bestandteile vor. Kollagen besteht vorrangig aus Prolin und Glycin und ein nachträglich modifiziertes Prolin – das Hydroxyprolin. (Sachlich gesehen, ist hier eine nicht protenogene Aminosäure in einem Eiweiß verbaut.) Da es dem Kollagen an essentiellen Aminosäuren mangelt, handelt es sich um ein ernährungspysiologisch minderwertiges Eiweiß (→ biologische Wertigkeit).



Q: www.pdb.org

In der nebenstehenden Abbildung sind die hintereinander aufgereihten Collagen-Moleküle einer Faser (Protofibrille) in jeweils einer Farbe gekennzeichnet. Mehrere Protofibrillen bilden dann eine Kollagen-Mikrofibrille (Kollagen-Faser).

Kollagene wandeln sich im heißen Wasser in Gelantine. Noch besser sind verdünnte oder schwache Säuren geeignet.

Elastine entsprechen dem **Elastin-Typ** von Proteinen. Sie sind den Kollagenen recht ähnlich. Elastine sind aber verzweigt und bilden eine netzartige Struktur. Auch die Monomere haben eine gewundene bzw. gebogene Form. Wegen dieser Bau-Eigenschaften sind Elastin-Fasern bzw. -Netze sehr flexibel und elastisch. Elastine quellen nicht in Wasser, Säuren oder Basen – sind schwerer von Enzymen angreifbar und wandeln sich nicht in Gelantine. Neben Kollagenen findet man Elastine in Sehnen, Bändern und Arterienwänden.

Keratine kennen wir in Form von Haaren, Horn und (Finger-)Nägeln. Auch Federn, Seide und die Hautschuppen von Kriechtieren sind Beispiele. Der aus dem Keratin abgeleitete Bau-Typ (Keratin-Typ; β-Keratin-Typ) ist durch einen helikalen Bau charakterisiert. Im Keratin sind sieben Moleküle in einer Helix-Runde verbaut. Die Monomere selbst besitzen eine Faltblattstruktur (Sekundär-Struktur).

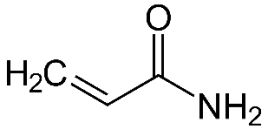
Eine weitere Gruppe sind die Proteine des **Keratin-Typ**s. **Keratine** sind völlig unlöslich in Wasser, Säuren und Basen. Sie sind sehr stabil gegen einen enzymatischen Abbau. Diese besondere Stabilität ist durch eine sehr hohe Anzahl von Disulfid-Brücken zu erklären. (Krankhaft veranlagten Mädchen, die ihre eigenen langen Haare über längere Phasen essen, müssen oft operativ ganze Haarknäule aus dem Magen entfernt werden. Blinddarmentzündungen treten ebenfalls gehäuft auf.)

Daneben existiert noch ein α-Keratin-Typ bei einigen Eiweißen aus Federn und Haaren. Hier liegen die Monomere in Helix-Form vor. Vertreter dieses Types sind Fibrin; Actin und Myosin aus den Muskelfasern, sowie die intercellulären Mikrofilamente (Zellskelett).

Reagieren Eiweiße und reduzierende Einfachzucker bei größerer Hitze (z.B. beim Backen, Braten, Frittieren, Toasten, Grillen), dann besteht die Gefahr, dass sich Acrylamid bildet. Der Stoff ist so gefährlich, dass selbst die WHO keine Menge angeben kann, dessen Aufnahme als ungefährlich gelten kann.

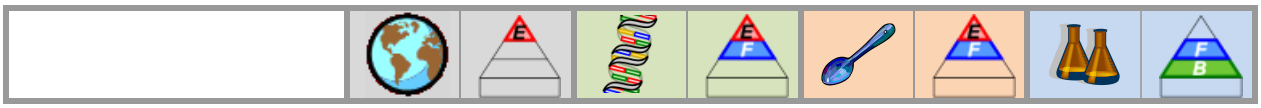
Die derzeitige Empfehlung lautet, sowenig wie möglich aufzunehmen.

Acrylamid steht im Verdacht Krebs-erregend zu sein.



Acrylamid
Q: de.wikipedia.org
(NEUROtiker)

4.2.2.3.2. Proteïde



Abgeleitete Proteine mit weiteren (nichtproteinogen) Bausteinen werden den Proteïden zugeordnet. In vielen Enzymen sind dies prosthetische Gruppen oder Co-Enzyme. Die Nichtproteinanteile werden zur Klassifizierung genutzt, da sie die Funktionen der Protein-Abkömmlinge (Derivate) bestimmen.
Bei den **Phosphoproteïde**n sind Phosphorsäure-Reste an Hydroxyl-Gruppen des Serins oder des Threonins verestert. Ein Beispiel ist das Caseïn (Milch-Eiweiß), das als Calciumsalz in der Milch verliegt. Caseine umhüllen die Fett-Tröpfchen in der Milch. Sie bilden gewissermaßen eine Schutzhülle, die normalerweise ein Zusammenfließen der Fett-Tröpfchen verhindert und die Emulsion (Milch) stabilisiert. Ovovitellin ist das wichtigste Phosphoproteïd aus dem Eidotter.
In der Photosynthese oder der Zellatmung, aber auch als Farbstoffe spielen die **Chromoproteïde** eine große Rolle in der belebten Welt. Hier kann man sich die Cytochrome oder die Redoxsysteme der Atmungskette (Zellhämine, Atmungsfermente) als Beispiele merken.
Nucleoproteïde wirken beim Bau und den Funktionen der Zellkerne und deren Plasma (Kernplasma) sehr entscheidend mit. Sie stellen den Hauptanteil (-wenn man das Wasser vernachlässigt-) im Protoplasma der Zellen. Ribosomen und auch Viren enthalten ebenfalls sehr viele Nucleproteide. Basische Nucleoproteïde binden z.B. die verschiedenen Nucleïnsäuren. Sehr häufig sind Histone als Eiweiß-Anteil mit sehr vielen Nucleotiden assoziiert. Die DNS (DNA), RNS (RNA) sind bekannte Vertreter von Polynucletiden – also Strukturen mit 10'000 oder mehr Nucleotiden.
Glycoproteïde wiederum sind an der Immunabwehr und diversen Rezeptorfunktionen beteiligt. Sie kommen z.B. sehr häufig an der Außenseite der Zellmembranen (Glycokalyx) vor. Andere Glycoproteïde bilden den Glaskörper des Auges oder kommen in Schleimen vor (Schleimstoffe). Auch im Knorpel oder im Eiklar sind verschiedene Glycoproteïde anzutreffen.
Lipoproteïde bestehen aus einem Protein-Teil und einem Lipid oder dem Cholesterol (Cholesterin).
Eine weitere Klasse sind die **Metall(o)proteïde** oder auch **Chromoproteïde**. Sie enthalten Metall-Ionen oder –Atome in Komplex-artigen Strukturen. Die Metall-Bestandteile sind oft im aktiven Zentrum angeordnet und dort sehr entscheidend an der jeweiligen Funktion des Proteïds beteiligt.
Die Metall-Ionen sind auch für die Farbigkeit vieler Chromoproteide verantwortlich. Chlorophyll (grüner Pflanzenfarbstoff) und Hämoglobin (roter Blutfarbstoff) sind sicher die bekanntesten Beispiele.

Definition(en): Proteïde
Proteide sind Proteine mit zusätzlichen nicht-protenogenen Strukturen. Sie sind in der Natur der Normalfall und werden i.A. gemeinsam mit den Proteinen betrachtet.
Proteide sind Derivate der Proteine.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Proteide wird durch den wesentlich größeren Protein-Grundkörper bestimmt. Die biochemischen und biologischen Eigenschaften – also die Funktion in der Zelle / Natur – werden dagegen von den nicht-protenogenen Bestandteilen dominiert.

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

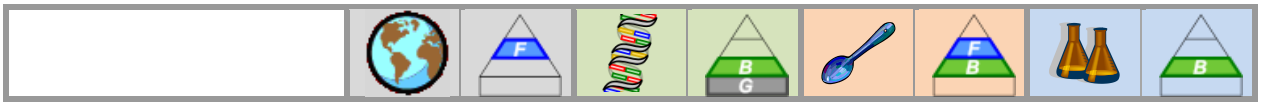
Aufgaben:

1. ***Erstellen Sie ein Klassifikationsschema der Proteïne und Proteïde! Finden Sie auch einen geeigneten Oberbegriff! An den Verzweigungen kennzeichnen Sie mit Bleistift die jeweiligen Unterscheidungskriterien!***
2. ***Finden Sie mit Hilfe des Internet's (z.B. WikiPedia) neue Beispiele für die einzelnen Stoffklassen!***
3. ***Für Acrylamid empfiehlt die Europäische Lebensmittelbehörde EFSA, sich an das ALARA-Prinzip zu halten. Recherchieren Sie was sich dahinter versteckt! Welche Zubereitungs-Methoden von Lebensmitteln sollten bevorzugt werden, um das Acrylamid möglichst gering zu halten?***

Bezeichnung	**Bau / Zusammensetzung / zusätzlicher Bestandteil**	**Vorkommen**	**Aufgaben / Funktionen**	
Lipo-Proteine	+ Fett-Rest	LDL-, HDL- und VLDL-Vesikel sowie Chylomikronen (Fett-Tröpfchen im Blut)	Fett-Transport; Transport Fett-ähnlicher Stoffe (z.B. Chlolesterol, Lecethin, …) Membran-Bestandteil	
Glyko-Proteine	+ Zucker-Rest	Oberflächen-Proteine der Zell-Membran (Außenseite (Glycokalyx)) Enzyme; Speichel, Schleim	Merkmals-Träger (Kennzeichnung von Eigenem) verbessert Gleitfähigkeit des Speichels Binde-gewebe	
Chromo-Proteine	+ Farbstoff-Molekül	Blut (rote Blutkörperchen) Muskeln	Sauerstoff-Transport Farbstoffe für Kommunikation	
Phospho-Proteine	+ Phosphat-Rest	ATP Zell-Membran Milch (Casein)	Speicherstoff; Energie-Überträger (ATP)	

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

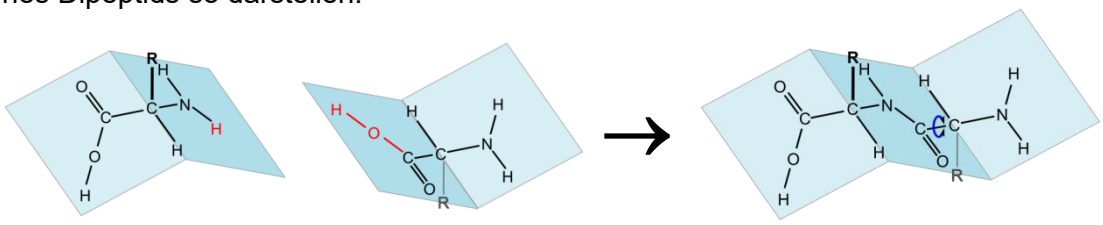
4.2.2.3.3. Struktur-Ebenen der Eiweiße (Bau-Ebenen, Ordnungstufen)



Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
?

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Ein Polypeptid – also die reine Aminosäurekette (Aminosäure-Sequenz) – bezeichnet man auch als **Primär-Struktur** eines Eiweißes (Ordnungstufe 1). Unter Berücksichtigung der Tetraeder-Strukturen und der Anziehungs- und Abstoßungskräfte kann man die die Bildung eines Dipeptids so darstellen:

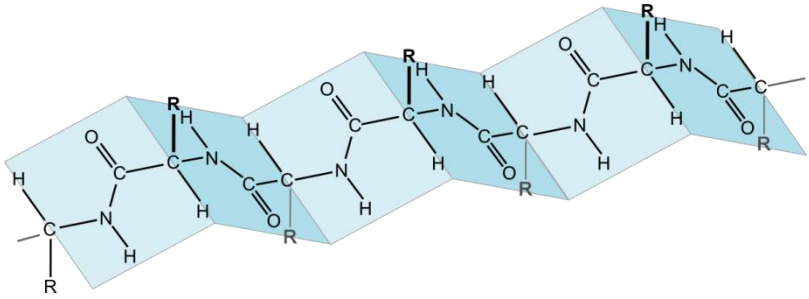


Die obige Struktur entsteht vor allem dann, wenn sich die beiden Reste in irgendeiner Form eher abstoßen oder nicht komplementär sind.

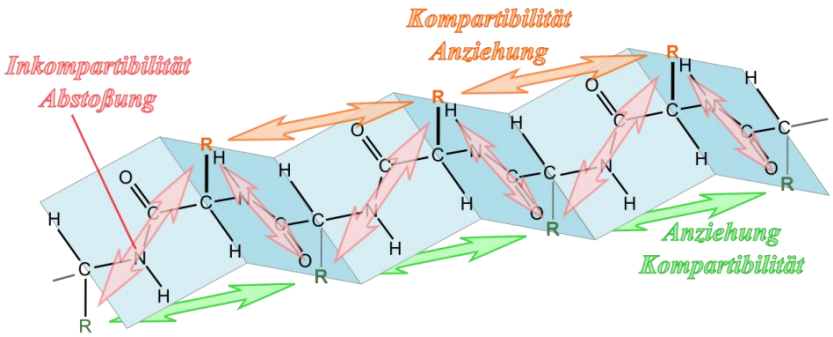
Im Prinzip kann im Rückgrat der Peptidstruktur (hellblaue Fläche) nur die Bindungen zu den α-ständigen C-Atomen noch frei gedreht werden. Die Peptid-Bindung selbst ist in der trans-Stellung sterisch / energetisch bevorteilt. Setzt sich die nicht komplemetäre Verteilung der Reste-Eigenschaften über die nächsten Peptid-Stufen fort, dann entsteht eine durchgehende Zick-Zack-Struktur. Diese wird **β-Strang** (einspuriges β-Faltblatt) genannt.

Die Aminosäure-Reste einer Faltblatt-Struktur haben also oberhalb und unterhalb des Rückgrat's jeweils nicht vereinbare Eigenschaften (immer abwechselnd in der Kette). Die räumliche Stabilität eines β-Strang's ist energetisch nur geringfüg bevorteilt.

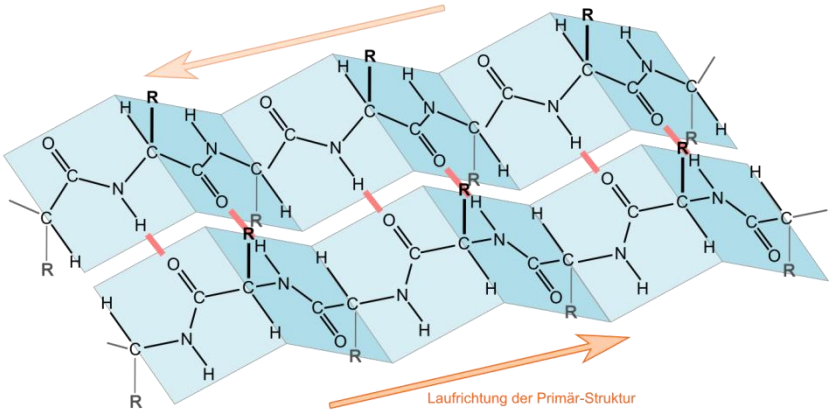
Zwei oder mehr b-Stränge können sich parallel zueinander anordnen. Jetzt können sich stabilisierende Wasserstoff-Brücken-Bindungen aufbauen. Wir sprechen dann vom **β-Faltblatt**.



Faltblatt-artiger β-Strang



β-Strang mit maßgeblichen Struktur-bildenden Phänomenen

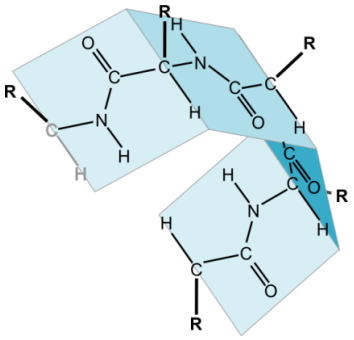


Zusammenlagerung von zwei gegenläufigen β-Strängen zu einer Faltblatt-Struktur

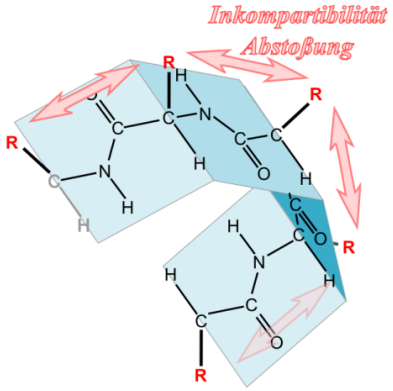
Sind die Eigenschaften der Reste durchgehend eher komplementär, dann entsteht eher eine schraubenähnliche Struktur – die sogenannte **Helix** (α-Helix). Je Umgang sind 3,4 Aminosäuren verbaut. Die Helix wird durch Wasserstoff-Brückenbindungen zwischen den einzelnen Schraubengängen stabilisiert.

In der Abbildung der maßgeblichen Struktur-bildenden Phänomene ist die zweite Möglichkeit für die Helix dargestellt. Hier sind die Reste zueinender eher unverträglich zueinander. Sie stoßen sich maximal ab. Helikale Strukturen mit kompatiblen (verträglichen) Resten sind deutlich häufiger als solche mit inkompatiblen Resten.
Die Kennzeichnung α bzw. β bei den Sekundär-Strukturen kennzeichnet nur die Reihenfolge ihrer Entdeckung.

In der Helix stabilisieren die Kräfte (Kompatibilitäten) zwischen den Spiral-Gängen die Herausbildung der Struktur. Das sind auf der spiraligen Fläche (in den Helix-Abb. hellblau) des Peptid-Rückgrat's die Wasserstoff-Brücken-Bindungen zwischen den Schrauben-Gängen. Nach außen interagieren die vorwiegend kompatiblen Reste (vorrangig unpolar).

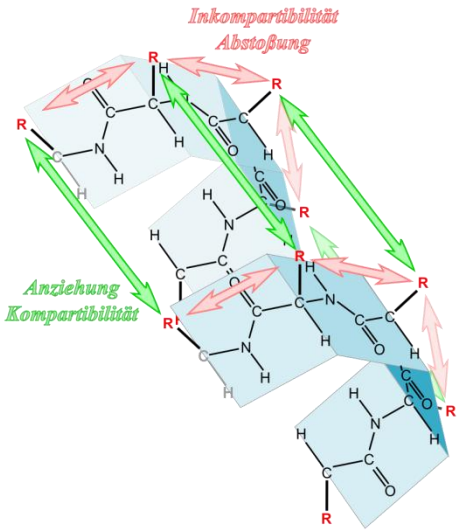


Helix-Struktur (Ausschnitt)

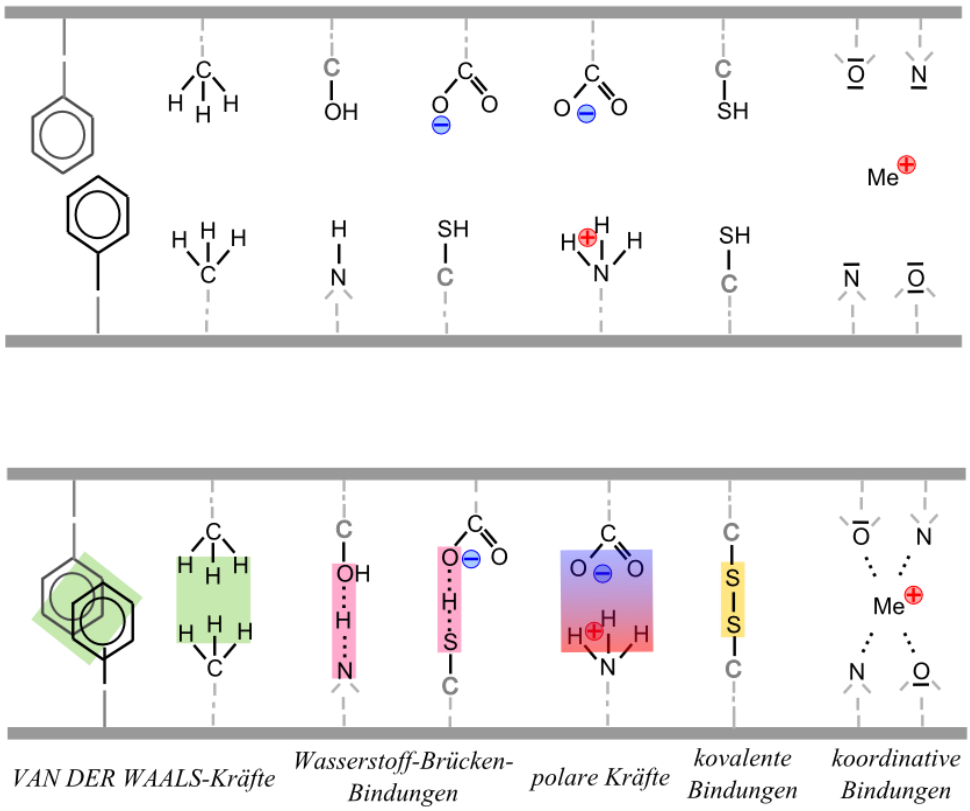


Helix mit maßgeblichen Struktur-bildenden Phänomenen

Sind diese von Spiral-Gang zu Spiral-Gang immer jeweils kompatibel, dann ist die Herausbildung der Helix energetisch vorteilhaft.
Helix und Faltblatt-Struktur machen die **Sekundär-Struktur** eines Proteins aus. Sekundär-Strukturen von Proteinen entstehen durch regelmäßige Anordnungen von Aminosäure(-Reste)n. Es ahndelt sich vorrangig um Nahwirkungen (Nachbarschafts-Eigenschaften) in der Peptid-Kette.
Die Sekundär-Struktur (2. Ordnungsstufe) wird durch die Eigenschaften der Reste und durch Wasserstoff-Brückenbindungen stabilisiert.
Besonders deutlich wird dies bei der parallelen Aneinanderlagerung von zwei Faltblatt-Strukturen (praktisch schon nächste Ordnungstufe – die Tertiär-Struktur).



Nun liegen sich Peptid-Bindungen und verschiedene andere Reste sich so gegenüber (β-Mäander), dass sehr viele stabilisierende Brücken aufgebaut werden können.
Die Wasserstoff-Brücken sind in der nachfolgenden Abbildung rötlich gekennzeichnet.
Wie wir schon gesehen haben, ordnen sich manchmal Faltblatt-artige oder helikale Strukturen parallel zueinander. Man nennt dies dann Supersekundär-Strukturen. Bei Helices winden sich diese umeinander. Auch Kombinationen aus Helices und Faltblättern sind bekannt geworden.
In der **Tertiär-Struktur** (Konformation, Ordnungsstufe Nr. 3) betrachtet man dann noch die innermolekularen Verbindungen und Reaktionen der verschiedenen Aminosäure-Reste. Unpolare Reste bauen über VAN DER WAALS-Kräfte (Adhäsions-Kräfte) noch recht lockere Brücken auf. Zwischen Gruppen mit Partial-Ladungen und angebundenem Wasserstoff können sich Wasserstoffbrücken-Bindungen ausbilden.
Saure Aminosäuren reagieren mit basischen unter Ausbildung von Ionenbeziehungen (Salze).
Sehr stabile Bindungen gehen schwefelhaltige Aminosäuren-Paare ein. Die gebildeten Disulfid-Brücken sind sehr fest. Metall-organische Komplexe, die sich meist an mehrfach koordinierten Stickstoff- oder Sauerstoff-Atomen bilden, tragen ebenfalls zur Stabilisierung der Tertiär-Struktur bei. Oft sind sie Teil des reaktiven Zentrums (aktives Zentrum) eines Enzym's.
Es werden in sehr vielen Fällen stabile Brücken zwischen den Seitenketten (Rückgrat der Polypeptidkette) ausgebildet. Diese verfestigen und stabilisieren die Raum-Strukturen.



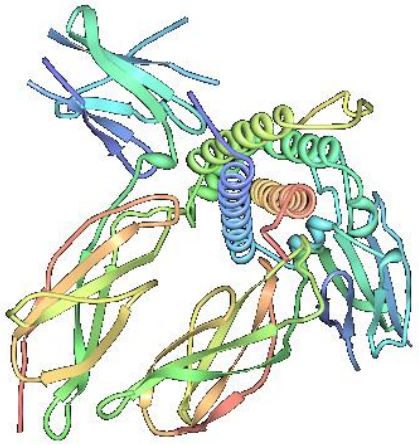
maßgebliche Struktur-bildende Phänomene für die Tertiär-Struktur

Zur übersichtlicheren Darstellung benutzt man häufig die Bänder-Modelle (Band-Modelle, Ribbons). Dabei stellt man sich das Rückrat (Peptid-Bindungs-Kette) als ein Band vor. Auf das Einzeichnen der Reste wird verzichtet. Ev. werden stabile chemische Brücken mit dargestellt.

Für faserförmige Eiweiße wird keine Tertiär-Struktur betrachtet, da hier im Allgemeinen keine Molekül-internen Verknüpfungen vorliegen.

Bei globulären Eiweißen stellen die Tertiär-Strukturen den entscheidenden Aspekt für das fertige Eiweiß dar.

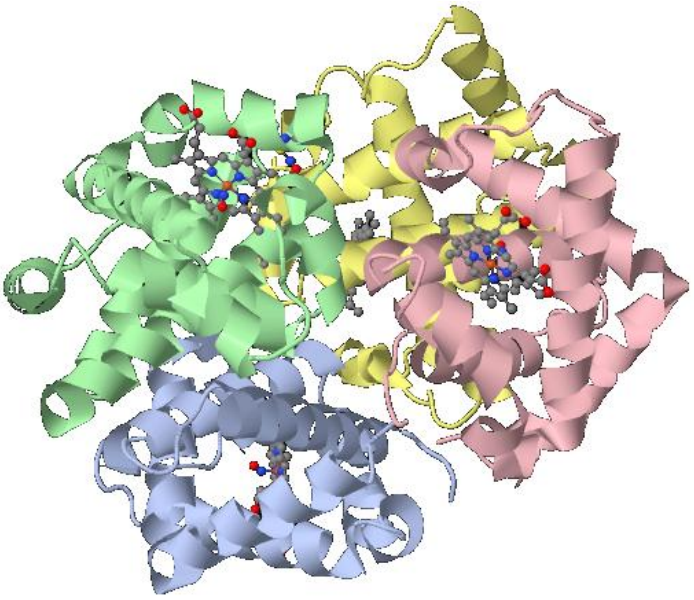
Letztendlich lagern sich meist mehrere Tertiär-Strukturen zur endgültigen **Quartär-Struktur** zusammen (4. Ordnungsstufe). Sie stellt das funktionsfähige Eiweiß (Super-Protein) dar.



menschliches Wachstumshormon G
Q: www.rcsb.org

In einigen Fällen ist schon die Tertiär-Struktur ein voll funktionsfähiges Protein. In solchen Fällen sind Tertiär- und Quartiär-Struktur identisch.

Für das Protein Hämoglobin – den menschlichen, roten Blutfarbstoff – sind die Strukturen sehr gut aufgeklärt:
Das funktionsfähige Hämoglobin (Quartär-Struktur) besteht aus 4 Untereinheiten (Tertiär-Strukturen).
In der nebenstehenden Abbildung sind die einzelnen Bausteine mit verschiedenen Farben gekennzeichnet. Jede Tertiär-Struktur besitzt mehr oder weniger zentral die sogenannte Häm-Scheibe (in der Abb. als atomare Strukturen eingezeichnet).
Diese ist für den Sauerstoff-Transport zuständig. Das zentrale Eisen(II)-Ion ist orange eingefärbt. An ihm lagert sich der Sauerstoff an (s.a. untere Abb.).
Die Häm-Scheibe selbst ist ein Nicht-Protein-Bestandteil (auch prosthetische Gruppe genannt).

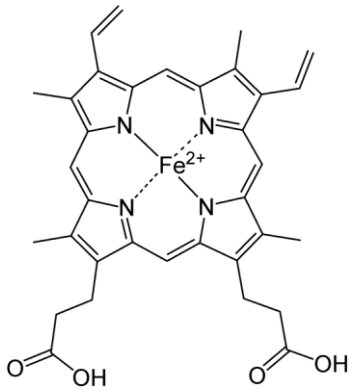


Q: www.rcsb.org

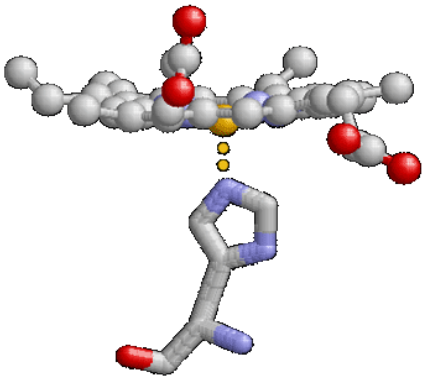
Chemisch gesehen ist die Häm-Scheibe ein Porphorin-Derivat. Das Porphorin selbst ist die Ring-artige Anordnung von vier Pyrrol-Ringen (heterocyclische Fünfer-Ringe) um das Eisen-II-Ion. Die nach außen zeigenden Molekül-Anhänge sind in den einzelnen Tier-Gruppen leicht unterschiedlich. Sie stellen die Verbindung zum umliegenden Eiweiß-Anteil (Globin) dem Globin des Hämoglobin's her.



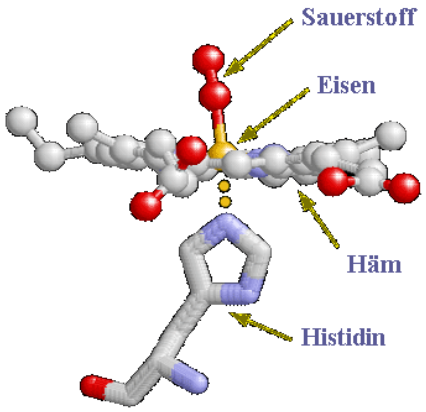
Zusatzinformation:
Das Eisen-Ion kann durch Cohlenmonoxid dauerhaft blockiert werden (festere Bindung, 26'000x stärker als zu O_2, im Prinzip irreversibel). Die Affinität des Eisen-Ion's ist zu Cohlenmonoxid 325x größer, als zu Sauerstoff. Ist CO am Eisen gebunden, dann ist kein Sauerstoff-Transport mehr möglich.



Häm-Scheibe
(Porphorin-Ring mit Eisen-Ion)
Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)



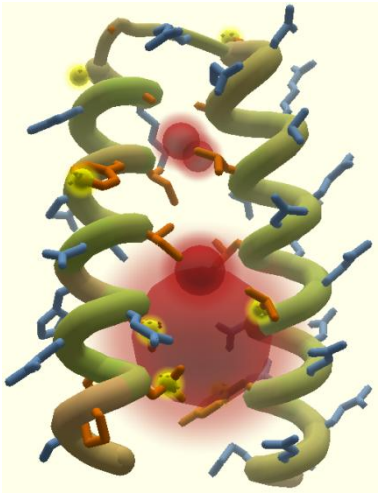
Desoxy-



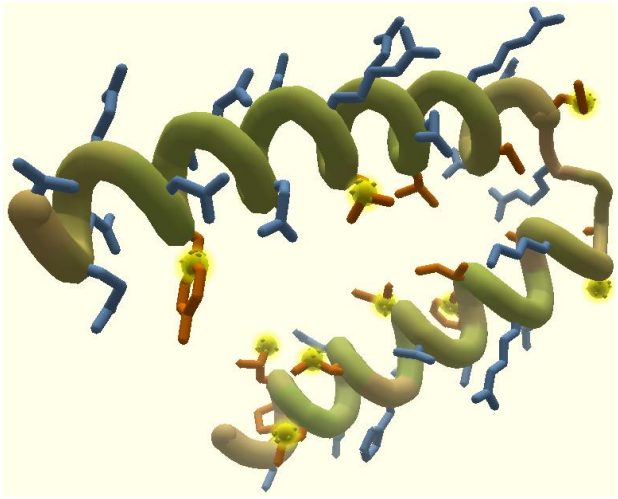
Oxy-Form
Q: www.rcsb.org (geänd. drews)

interessante Links:
http://fold.it/portal

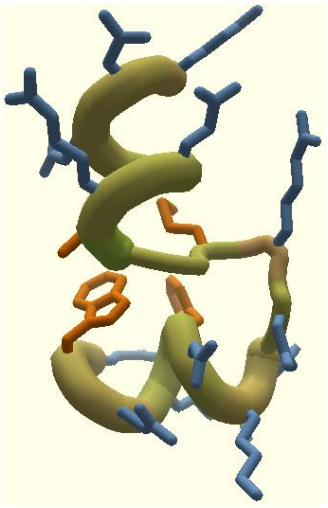
Informationen und ein download-bares Spiel zum Thema Protein-Faltung / Protein-Strukturen (ob das wirklich ein Spiel ist, sei dahingestellt; sehr gut ist aber der informative Charakter; einfach 3D-Manipulation von Peptiden und Strukturen möglich; leider nur englisch); es gibt ein deutsches Wiki (http://de.foldit.wikia.com/wiki/Foldit) mit vielen Informationen; Das Projekt soll u.a. dem Vergleich von menschlichen Lösungs-Strategien und Computer-basierten Algorithmen dienen.



Beispiel-Protein aus fold.it mit verschiedenen "Problemen", die der Nutzer / Spieler lösen muß



gelöstes Problem – das Protein hat einen optimalen energetischen Wert



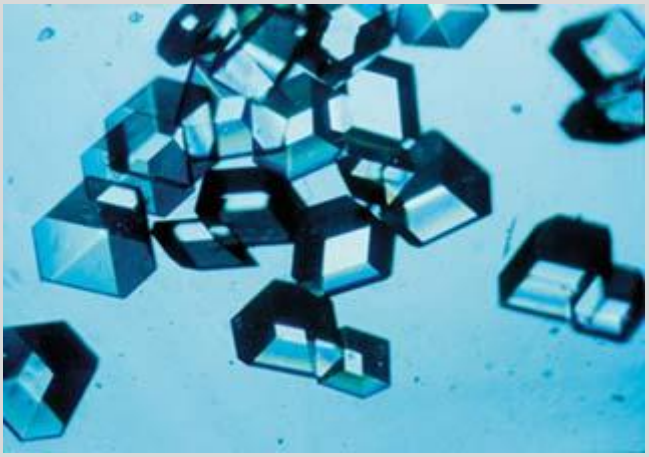
weiteres Beispiel-Protein mit verschiedenen (Struktur-bestimmenden) Seitenketten

Exkurs: Struktur-Ebenen von Proteinen am Beispiel des menschlichen Insulin's

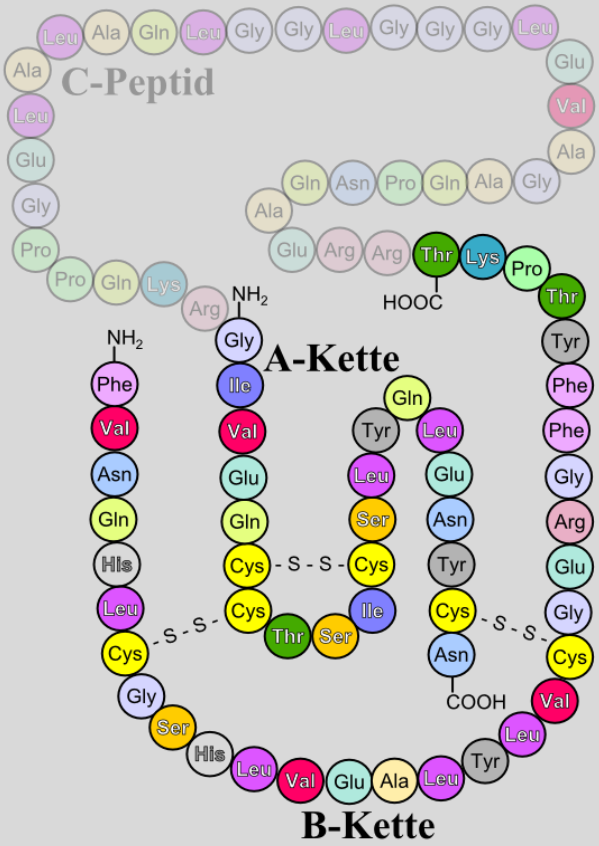
Gen auf Chromosom 11

rund 300 Nucleotide

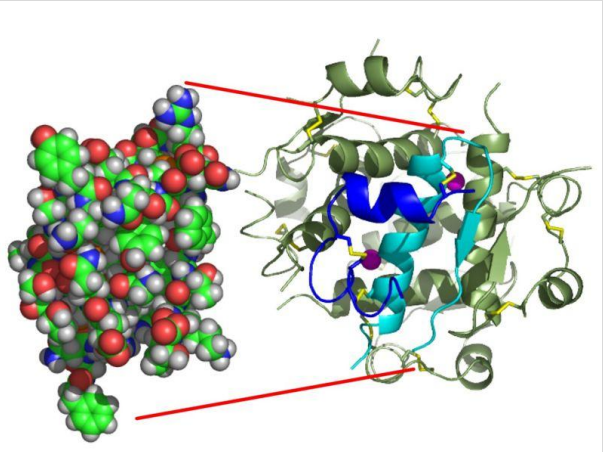
Produktion in den β-Zellen der LANGERHANSschen Inseln in der Bauchspeicheldrüse



Insulin-Kristalle
Q: de.wikipedia.org (US NASA (MARSHALL))



 (c,p) 2009-2025 lsp: dre

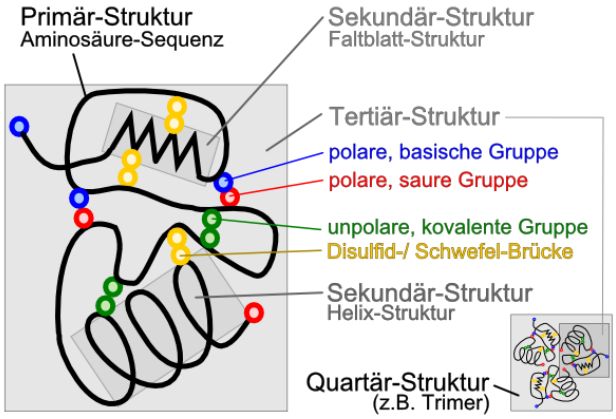


Monomer als Kalottenmodell (links)
sowie das Hexamer als Bändermodell (rechts)
Q: de.wikipedia.org (Isaac Yonemoto)

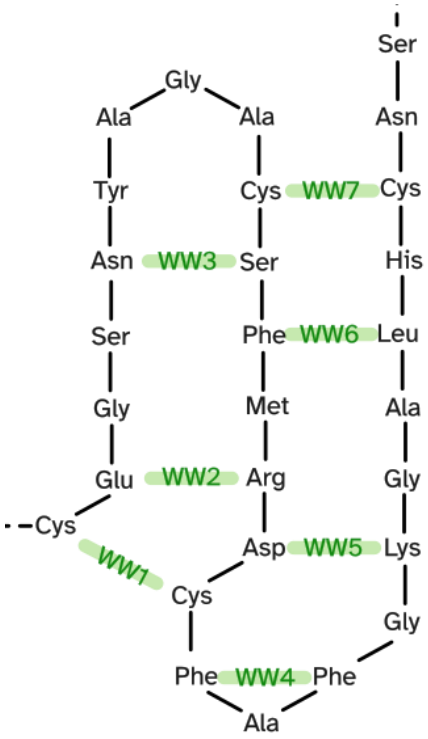
(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Aufgaben:

1. *Erläutern sie anhand der schematischen Abbildung die Struktur-Ebenen eines Proteins!*
2. *Recherchieren Sie die (Grund-)Struktur des Chlorophyll's und vergleichen Sie diese mit der Hämscheibe des Hämoglobin's!*



3. *In der Abbildung ist ein Ausschnitt aus einer möglichen Primär-Struktur eines Protein's sowie seiner "Tertiär-Struktur" mit ausgewählten Wechselwirkungen dargestellt.*
   Charakterisieren Sie die Wechselwirkungen und erläutern die stabilisierende Wirkung!
   Wie sieht es eigentlich mit der Sekundär-Struktur dieser Primär-Struktur aus? Welche Aussagen sind möglich? Begründen Sie!
4. *Erstellen Sie einen Abschnitt einer Primär-Struktur, die wahrscheinlich eine Faltblatt-Struktur ausbildet! Verwenden Sie mindesten vier verschiedene Aminosäuren! Kennzeichnen Sie die Eigenschaften durch farbiges Markieren der Aminosäuren!*

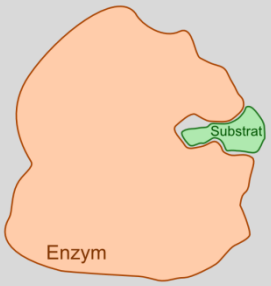


(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Exkurs: Bedeutung der Proteine für das Leben

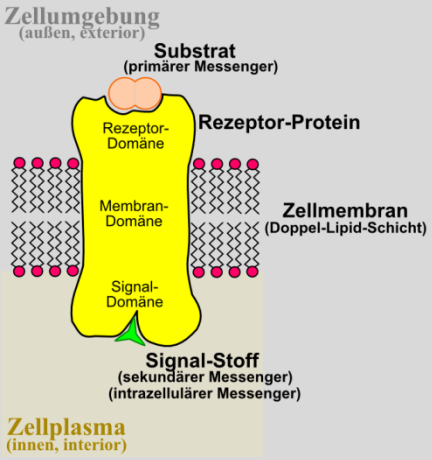
Wir stellen die einzelnen Protein-Gruppen und –Funktionen hier nur kurz vor. Sie finden aber immer Hinweise auf andere Scripte, in denen Bau und Funktionen wesentlich weiterreichender dargestellt werden.

Enzyme



Enzyme sind die wohl wichtigsten Proteine in Zellen. Sie sorgen dafür, dass die chemischen Reaktionen des Zell-Stoffwechsels unter Zell-Bedingungen ablaufen können. Dazu gehören z.B. die typischen Temperaturen von nur 0 – 40 °C, das wässrige Millieu und ein pH-Wert um den Neutralpunkt.
Enzyme sind praktisch Katalysatoren, die einzelne Reaktionen (Reaktions-Schritte) beschleunigen bzw. verlangsamen. Am Ende der Reaktion liegen sie unverbraucht vor und können wiederum die gleiche Reaktion durchführen.
Die Ausgangsstoffe (Substrate) werden in einer speziellen Kontaktstelle (aktives Zentrum) angelagert. Dadurch wird das Enzym aktiv und verändert den Stoff (/ das Substrat). Das oder ev. auch mehrere Endprodukt(e) werden abgespalten. Ev. muss das Enzym noch durch spezielle Stoffe (Coenzyme) oder Energie-Träger (z.B. ATP) wieder aktiviert werden. Dann steht es wieder für eine Wiederholung der Reaktion bereit.
Eine wesentlich weiterreichende Darstellung der Enzyme finden Sie in den Scripten **🕮 Biologie – Stoff- und Energiewechsel** bzw. **🕮 Ernährungslehre – Stoff- und Energiewechsel**.

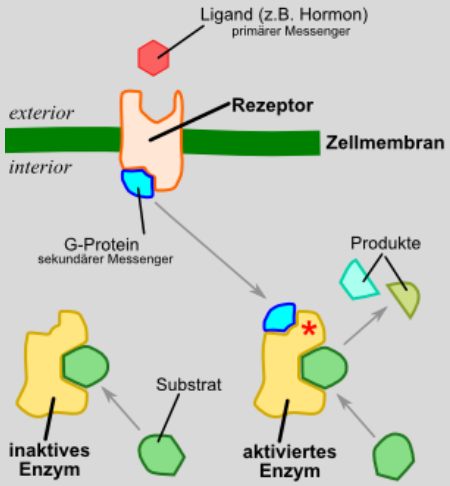
Rezeptoren



Über Rezeptoren werden im Wesentlichen Informationen (Reize) aus der Umgebung erfasst. Dabei handelt es sich zumeist um irgendwelche Stoffe, die für die Zelle interessant sind. Neben Nährstoffen können das chemische Signale von anderen Zellen sein, aber auch das Vorhandensein von gefährlichen Stoffen (oder Umgebungs-Bedingungen). Allgemein spricht man von (primären) Messengern oder Substraten.
Rezeptor-Proteine besitzen i.A. mindestens zwei verschiedene Bereiche (Domänen). Mit der einen (Rezeptor-Domäne) nehmen sie Kontakt zu den relevanten Stoffen auf. Dies erfolgt meist das Schlüssel-Schloß-Prinzip. Der Stoff passt also irgendwo genau in die Rezeptor-Domäne und bewirkt dann eine strukturelle Veränderung des gesamten Proteins (durch die Membran-Domäne hindurch).
Diese führt dann an einem anderen Bereich – der Signal-Domäne – zu einer Stoffwechsel-Reaktion oder zum Abspalten eines anderen Signalstoffes (sekundärer Messenger; z.B. G-Protein). Der interne Signalstoff beeinflusst nun direkt bestimmte Stoffwechsel-Vorgänge, z.B. dadurch, dass er ein Enzym blockiert oder aktiviert.
Genauere und umfassende Informationen können Sie in den Skripten **🕮 Biologie – Cytologie** und **🕮 Biologie - Neurophysiologie** finden.

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

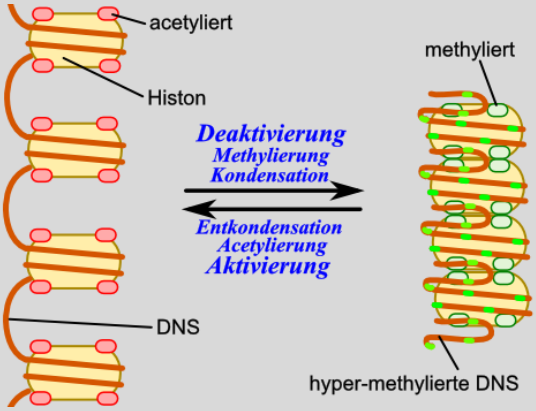
Signalstoffe / Hormone / Transmitter



Diese Proteine dienen vor allem der Informations-Übertragung über größere Entfernungen. Einzeller müssen sich in ihrem Lebens-Millieu z.B. über weite Entfernungen informieren. In Mehrzellern bedarf es der Kommunikation verschiedener Organe oder Organ-System z.T auch über größere Entfernungen und längere Zeiträume hinweg.
Viele Signalstoffe dienen aber auch der intrazellulären Kommunikation. Dabei ist die Gruppe der G-Proteine eine der Wichtigsten.
Allen Signalstoff gemeinsam ist, dass sie selbst nicht arbeiten usw. usf. Sie informieren nur. Dadurch beeinflussen sie die Stoffwechsel-Vorgänge eher in der Funktion eines Befehls-Gebers oder –Überbringers.
Die Wirkung von Pheromonen – also Sexual-Lockstoffen (z.B. bei Schmetterlingen) ist legendär. Dort reichen wenige Moleküle um ein Männchen anzulocken. Diese können die duftenden Weibchen über Kilometer hinweg riechen und auch finden.
Das Funktionieren von Signalstoffen, Transmittern, Hormonen usw. ist fast immer an zugehörige Rezeptoren geknüpft.

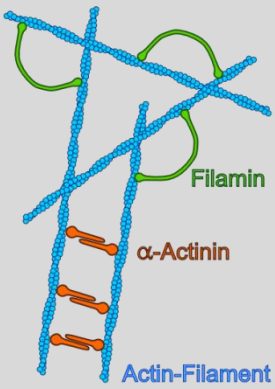
In den Scripten 🕮 **Biologie - Cytologie** und 🕮 **Biologie - Neurophysiologie** finden Sie weitere Details und ausführliche Darstellungen der ablaufenden Prozesse bezüglich Rezeptoren, Signalstoffen und Transmitter.

Gen-Regulatoren / Transkriptions-Faktoren



Diese Klasse der Proteine hat vieles mit Rezeptoren und einiges mit Signalstoffen gemeinsam. Sie blockieren oder aktivieren den Zugang zu der Genen auf dem genetischen Material der Zelle. Sogenannte Histone dienen als Träger für die dünne DNA. Durch unterschiedliche Komprimierung (Helikalisierung) wird die DNA zum Ablesen freigelegt oder verborgen.
Transkriptions-Faktoren sitzen z.B. im Start-Bereich von Genen und verhindern oder aktivieren das Ablesen der genetischen Informationen.

Baustoffe (Struktur-Proteine)

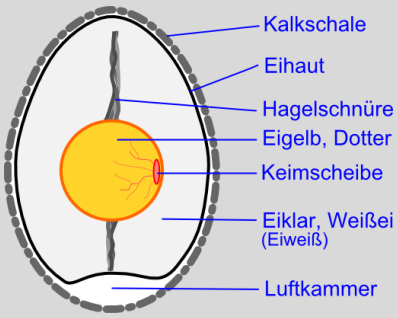


Proteine, die als Baustoffe dienen finden wir vor allem im sogenannten Zell-Skelett. Dieses besteht aus verschiedenen Arten von Fasern, die aus Millionen von Protein-Bausteinen – allgemein Monomere genannt – aufgebaut sind. Recht gut kann man das in der nebenstehenden Abbildung am Actin-Filament (Actin-Faser) erkennen. Jedes einzelnes blauer Kügelchen ist ein Actin-Monomer. Erst als Polymer (- also mit "unendlich" vielen Bausteinen -) kann es seine Aufgaben realisieren.
Faser-förmige Protein-Strukturen dienen zur Versteifung und Verspannung der Zellen. Die anderen in der Abbildung dargestellten Stoffe sind ebenfalls Proteine.
Andere Fasern (Tubulin-Fibrillen) sind gleichzeitig auch Transport-Wege, an denen sich Bewegungs-Proteine entlang hangeln.

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

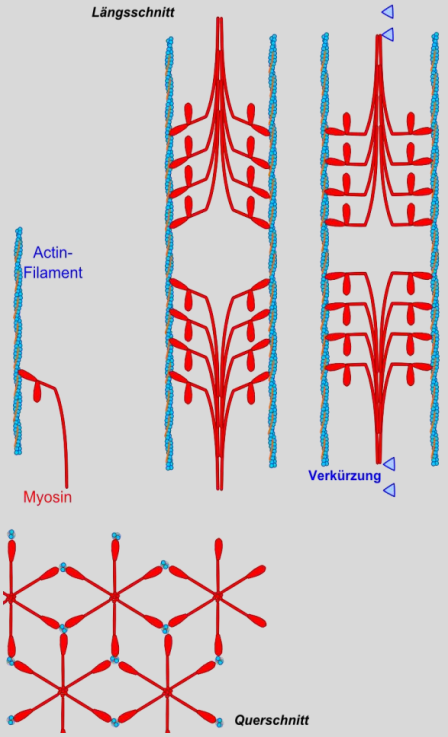
Weiterhin gehören z.B. die Kollagene, die Keratine od. die Seiden-Proteine zu den häufig vorkommenden Proteinen mit Baustoff-Funktionen.
Weitere Informationen zur Zell-internen Bau-Proteinen und deren Funktionieren können Sie im Script 🕮 **Biologie - Cytologie** nachlesen.

Speicherstoffe (Reservestoffe)



Jeder kennt das Eiklar (Eiweiß) der Hühner-Eier. Natürlich ist dies primär nicht dazu da, um uns als Nahrungs-Quelle fürs Frühstück zu dienen. Die eigentlichen Speicherstoffe (Ovalbumine) sind natürlich für die heranwachsenden Küken gedacht. Es ernährt sich von diesen Reserven, welche die Henne ihren Nachkommen als Start-Hilfe mit auf den Weg gibt. Ähnlich verhält es sich mit gespeicherten Proteinen in den Samen vieler Pflanzen (z.B. Bohnen, Soja, Getreide, …).
Häufig vorkommende – Speicher-Proteine sind: Globuline, Legumine und Viciline (Hülsenfrüchte), Prolamine und Gluteline (Süßgräser), Casein (Milch von Säugetieren), …
Ein besonderes Protein ist das Ferritin, das große Mengen von Eisen-Ionen speichert.

Bewegungs- / Motor-Proteine
(kontraktile Proteine)

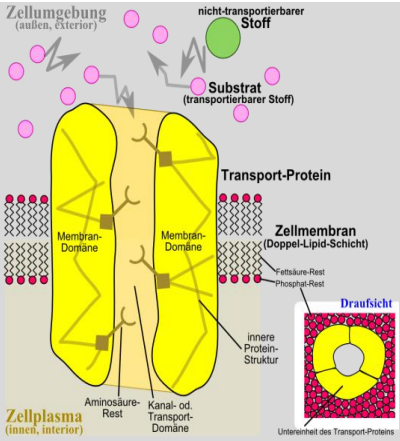


Das Myosin ist eines der wichtigsten Bewegungs-Proteine in unserem Körper. Es ist der eigentlich aktive Teil in unserer (quergestreiften) Skelett-Muskelatur. Gruppen von Myosin- und Actin-Monomeren bilden langestreckte Strukturen, in denen dann letztendlich die Miniatur-Struktur-Veränderungen am Myosin zu großen Muskel-Kontraktionen zusammengefasst werden.
Andere Motor-Proteine in der Zellwand von Bakterien treiben die Drehbewegung der Geißeln an. Deren schraubige Bewegung bewirkt dann die Vorwärts-Bewegung des Bakterium.
Die Motor-Proteine Dynein und Kinesin hangeln sich z.B. an Tubulin-Fasern durch die Zelle. An ihnen angebunden können kleine oder größere Moleküle, aber auch – für ihre Verhältnisse – sehr große Bläschen (Vesikel) sein. Diese werden dann durch die Zelle gezogen.

Transport-, Kanal- und Pumpen-Proteine

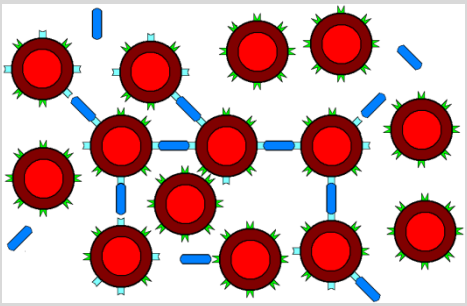
Die meister Transport-Proteine sind integrale Proteine der verschiedenen Membranen. Im Falle der Zellmembran stellen sie z.B. den Stoff-Austausch zwischen der Außenwelt und dem Zellplasma her. Sie arbeiten fast immer selektiv, d.h. sie lassen nur bestimmte Stoffe passieren und bei einigen ist auch nur eine Transport-Richtung möglich. Wir unterscheiden passive und aktive Transport-Proteine. Die aktiven benötigen für ihre Areit zusätzliche Energie, die passiven nicht. Der erhöhte Energie-Einsatz wird z.B. dafür genutzt, Konzentrations-Gefälle aufzubauen (Pump-

Funktion). Praktisch wird noch mehr von dem ausgewählten Stoff auf die Seite transportiert, die sowieso schon mehr enthält.



Passive Transporter realisieren nur den Konzentrations-Ausgleich (selektive Permeation).
Eine große Bedeutung haben die Ionen-Pumpen in unseren Nervenzellen. Hier sorgen sie für die notwendigen Potential-Bildungen (elektrische Spannung), damit Erregungen transportiert werden können.
In den Scripten 🕮 **Biologie - Cytologie** und 🕮 **Biologie - Neurophysiologie** finden Sie weitere Details und ausführliche Darstellungen der ablaufenden Prozesse.

Abwehrstoffe / Antigene / Toxine
(Abwehr-Proteine)


beginnende Verklumpung von roten Blutkörperchen durch Antikörper (dunkelblau)

Diese Klassen der Proteine beschäftigen sich mit der Abwehr von Fremden. Dazu gehören (Art-)fremde Proteine genauso, wie fremde Organismen (z.B. Parasiten, Krankheits-Erreger, …).
Bei Antigenen handelt es sich nicht dirket um Gene, sondern es sind Erkennungs-Merkmale gemeint, die zur Unterscheidung von Eigenem und Fremden dienen. Sie sind meist protogener Natur und befinden sich an den Außen-Seiten von Zell-Membran usw.
Beim Menschen kennen wir die Antigene der Blut-Gruppen. Dies sind Proteine, die in den Zell-Membranen der roten Blutkörperchen sitzen und diese sozusagen markieren.
Anti-Körper sind genau zu den Antigenen passende Gegenstücke (Schlüssel-Schloß-Prinzip). Sie setzen sich an die Antigene und blockieren diese dadurch. Da die Anti-Körper zumeist zwei Andockstellen (Y-förmiger Bau) besitzen kann es nach und nach zur Verklebung (Glutination) mehrerer Antigen-behafteter Objekte kommen. Die Antikörper dienen auch als Signal-Markierung für Freß-Zellen, die dann die fremden Objekte zerstören.
Toxine sind Proteine, die bei fremden Organismen zumeist dramatische Stoffwechsel-Veränderungen hervorrufen. Praktisch wird die fremde Zelle / der fremde Organismus damit vergiftet. Toxine werden auch aktiv zur Jagd eingesetzt. Viele Toxine (z.B. Butulinus-Toxin) sind so giftig, dass man mit wenigen Milligramm die gesamte Erd-Bevölkerung ausrotten könnte.

Farbstoffe


Sonnenblumen

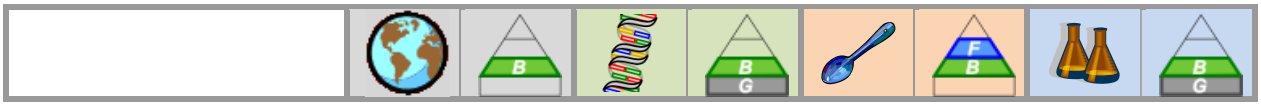
Farbstoffe dienen primär gar nicht der Färbung von Zellen oder Organismen. Vielmehr sind Farbstoffe entweder Licht-Empfänger (z.B. Chlorophyll, Melatonin) oder erst in zweiter Instanz farblich bedeutsam. Das Melatonin ist der braune / schwarze Farbstoff in unserer Haut, der uns vorrangig gegen zu starkes UV-Licht schützt.
Ein bekannter Farbstoff aus unserem Blut ist das Hämoglobin. Seine Funktion liegt primär im Sauerstoff-Transport.

Die rote Farbe ist eher ein Nebeneffekt, der dann aber auch wieder andere Funktionen übernehmen kann. Denken wir da z.B. an die Signalgebung beim Erröten. Bei anderen Tieren ist der Blutfarbstoff z.B. blau oder grün. Die primäre Funktion ist aber die gleiche, wie beim Hämoglobin.
Viele Farbstoffe, wie z.B. die Blüten-Farben oder die Körper-Farben haben natürlich wirklich eine Farb-Funktion. Sie locken andere Organismen an oder schrecken sie ab.


Violetter Rötelritterling

Weiterhin sind auch noch ganz andere Proteine und Protein-Gruppen bekannt. Deren Funktionsweisen gehen z.T. aber weit über das für dieses Script angedachte Niveau hinaus.
Zu diesen Proteinen gehören z.B. die Chaparone – die Faltungs-Proteine. Sie falten die aus den Ribosomen kommenden Polypeptid-Ketten (Primär-Strukturen) zu Proteinen, welche danach dann erst ihre eigentliche Funktionen ausfüllen können.
Dem Namen nach erwähnenswert sind auch Blutgerinnungs-Faktoren, Zeitgeber-Proteine und auto-fluoreszierenden Proteine (z.B. bei Quallen und Bakterien).
Durch immer tiefergehende Forschungen werden immer neue – z.T. auch völlig überraschende – Funktionen bekannt. In Zukunft werden hier dann bestimmt auch mehr Protein-Gruppen näher ausgeführt werden.

4.2.2.3.4. Die Vielfalt der Eiweiße



Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Gibt es mehr mögliche Peptide / Proteine als Teilchen im Universum?

Wie wir schon bei den Kohlenhydraten und Fetten gesehen haben, spielt die Anordnung der einzelnen Bausteine (Einfachzucker bzw. Fettsäuren) eine entscheidende Rolle für die späteren Merkmale eines Stoffes.
Bei den Eiweißen ist die Variationsfähigkeit auf die Spitze getrieben. Betrachten wir als ein vereinfachtes Modell nur 3 der insgesamt 20 Aminosäuren. Wir bezeichnen sie mit A, B und C. Das entstehende Eiweiß soll nur aus einer viergliedrigen Kette bestehen. In der Natur sind Ketten mit bis zu einigen tausend Aminosäuren bekannt.
Wieviele Viererkombinationen (Tetrapeptide) lassen sich nun erzeugen?

Durch Probieren erhalten wir exakt 81 Möglichkeiten:

A A A A	A A A B	A A A C	A A B A	A A B B	A A B C	A A C A	A A C B	A A C C
A B A A	A B A B	A B A C	A B B A	A B B B	A B B C	A B C A	A B C B	A B C C
A C A A	A C A B	A C A C	A C B A	A C B B	A C B C	A C C A	A C C B	A C C C
B A A A	B A A B	B A A C	B A B A	B A B B	B A B C	B A C A	B A C B	B A C C
B B A A	B B A B	B B A C	B B B A	B B B B	B B B C	B B C A	B B C B	B B C C
B C A A	B C A B	B C A C	B C B A	B C B B	B C B C	B C C A	B C C B	B C C C
C A A A	C A A B	C A A C	C A B A	C A B B	C A B C	C A C A	C A C B	C A C C
C B A A	C B A B	C B A C	C B B A	C B B B	C B B C	C B C A	C B C B	C B C C
C C A A	C C A B	C C A C	C C B A	C C B B	C C B C	C C C A	C C C B	C C C C

Aber sind das auch alles unterschiedliche Kombinationen, oder ist z.B. das Peptid **ABCA** gleich dem **ACBA**? Auf den ersten Blick sieht es so aus. Wenn man sich aber vergegenwärtigt, dass die Sequenz an dem einen Ende eine Aminogruppe und am anderen Ende eine Säuregruppe noch ungebunden hat, dann wird schnell klar, dass es wirklich verschiedene Peptide sind. In der Biologie werden die Peptide deshalb auch mit den freien Restgruppen geschrieben. Für unser Beispiel ergibt sich dann:

NH_2-**A-B-C-A**-COOH und NH_2-**A-C-B-A**-COOH

Es handelt sich also um zwei verschiedene Peptide und so verhält es sich bei allen obigen Kombinationen. Mathematisch berechnet sich die Anzahl der Möglichkeiten durch:

$3 * 3 * 3 * 3 = 3^4 = 81$ $Anzahl_der_Aminosäuren^{Kettenlänge} = Anzahl_Eiweiße$

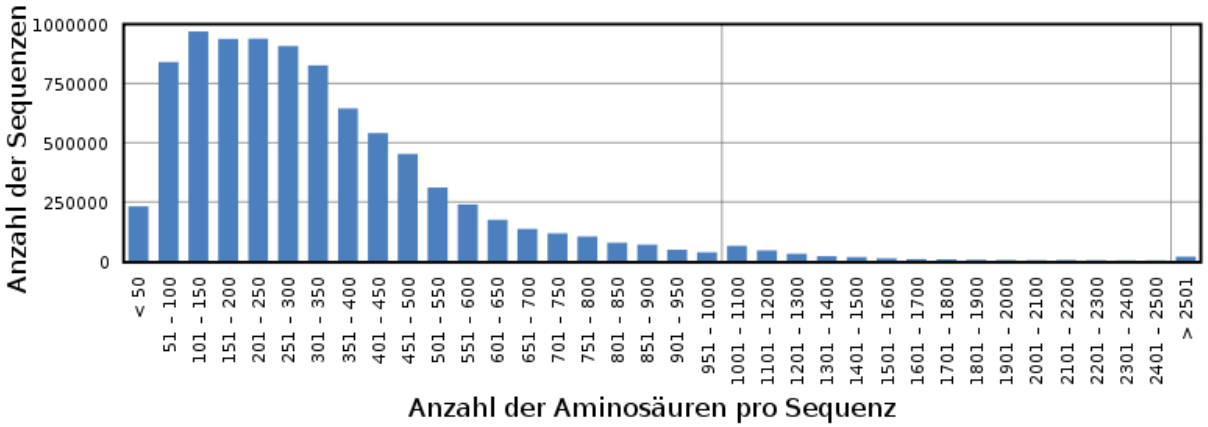
Für eine relativ kurze Kette mit nur 100 Aminosäuren beträgt die Zahl der möglichen Eiweiße schon:

$$20^{100} \approx 10^{130}$$

Die Zahl ist so groß, das die Teilchen unseres bekannten Universums nicht ausreichen, um alle Kombinationen auch nur einmal nachzubauen. Daneben existieren aber auch noch mögliche Ketten mit 99, 98, 97, ... und auch mit 101, 102, 103, ... Gliedern.
Exakterweise muß man sogar noch einschränken, dass dies nur die Zahl möglicher Polypeptide ist. Die Peptide ordnen sich intern auch noch zu unterschiedlichen Knäulen (Tertärstrukturen). Somit steigt die entgültige Zahl noch weiter.

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

(Näheres finden Sie dazu im Script 🕮 Biologie – Genetik.)
Natürlich werden in der Natur nur "einige wenige" Millionen Kombinationen wirklich genutzt. Die meisten der – theoretisch möglichen – Peptide können entweder gar nicht weiter benutzt werden oder sie sind biochemisch inaktiv.
Einen ersten Eindruck über die wirkliche Zahl von Proteinen gibt vielleicht das folgende Diagramm. Hier wurde alle bekannten Proteine einer Protein-Datenbank ihrer Länge nach erfasst. Es wurde jeweils Gruppen von 50 Peptiden gebildet. Unsere berechnete Kette würde sich in der zweiten Gruppe (51 – 100 Aminosäure) befinden. In der Datenbank sind laut Diagramm für diese Gruppe rund 850'000 Proteine bekannt. Das wären also grob gerechnet 17'000 mit der exakten Länge von 100 Aminosäuren.



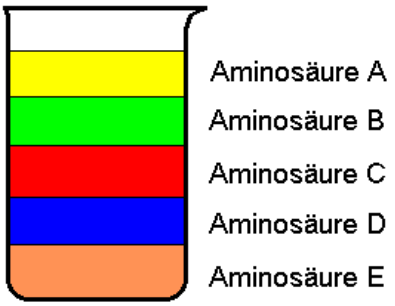
Häufigkeits-Verteilung (Histogramm) von bekannten Proteinen nach der Peptid-Kettenlänge
Q: de.wikipedia.org (UniProtKB--TrEMBL Protein Datenbank)

Jeder Mensch enthält tausende verschiedener Eiweiße. Diese sind zu rund 94% so ähnlich, wie die vergleichbaren Proteine eines Haus-Schwein's. Bei (nicht-verwandten) Menschen untereinander haben die Proteine eine Ähnlichkeit von 99%.
Jedes Eiweiß besitzt meist wenige – aber sehr spezielle – Funktionen / Aufgaben in unseren Zellen bzw. im Körper. Viele Eiweiße – vorrangig die globulären – sind Funktions-Eiweiße. Sie arbeiten als Enzyme (Biokatalysatoren) im Stoffwechsel (s.a.: → **🕮 Biologie – Stoff- und Energiewechsel**).
Die Anordnung der Aminosäuren ist übrigens in der Erbsubstanz (RNS / DNS) gespeichert. (s.a.: Biosynthese der Eiweiße → **🕮 Biologie – Genetik**)

Bei der künstlichen Herstellung von Peptiden werden solche Enden, die nicht reagieren sollen mit Schutz-Gruppen belegt. Dadurch ist zumindestens eine gewisse Selektivität bei den Produkten zu erreichen.

Aufgaben:

1. *In einem reichlich großen Reaktionsgefäß befinden sich 5 verschiedene Aminosäuren-Lösungen. Alles wird gründlich durchgemischt und es herrschen optimale Bedingungen zur Bildung von Peptiden. Wieviele verschiedene Dipeptide können nach ausreichend langer Zeit gefunden werden? Begründen Sie Ihre Vermutung!*



2. *Wieviele verschiedene Pentapeptide befinden sich nach ausreichend langer Zeit im Reaktionsgefäß? Erklären Sie, wie Sie auf Ihre Vermutung kommen!*
3. *Wieviele verschiedene Peptide insgesamt kann man nach ausreichender Zeit vorfinden?*
4. *Wie sehen die Zahlen aus, wenn statt den 5 Aminosäuren alle proteinogen vorhanden sind?*

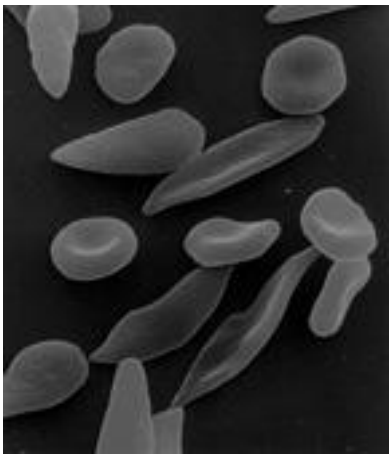
für die gehobene Anspruchsebene

5. *Erstellen Sie ein grobes Diagramm in dem die Anzahl der Proteine je Peptid-Kettenlänge dargestellt wird! Der Nutzer soll also ablesen können, wieviele Proteine mit einer Länge von z.B. 238 Aminosäuren ungefähr bekannt sind.*
6. *Versuchen Sie mit Hilfe einer Tabellen-Kalkulation (z.B. EXCEL oder CALC) zu ermitteln, welche Kettenlängen-Spanne für ungefähr 80% der Proteine gilt!*
   (einfache Lösung: von 0 beginnend; exakt von Mittelwerten ausgehend!)
7. *Mit welchen Ergebnissen rechnen Sie, wenn das Reaktions-Gefäß von Aufgabe 1 extrem lange vor sich hinreagieren kann? Stellen Sie mindestens eine These auf und präsentieren Sie diese vor den anderen Kursteilnehmern!*

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

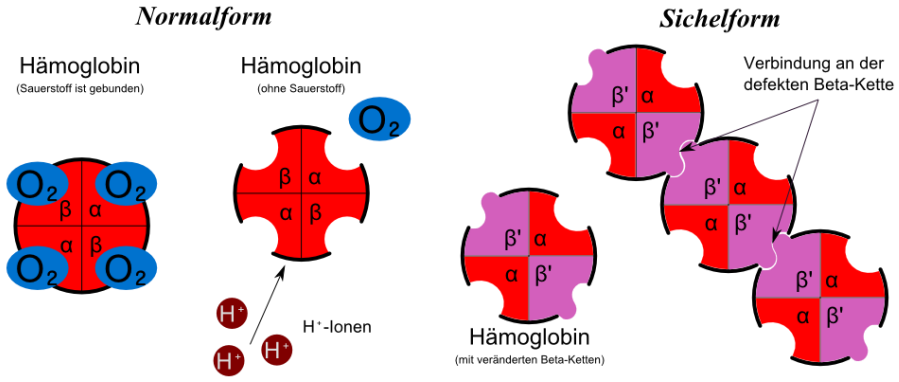
Die Veränderung nur einer Aminosäure in einer Peptidkette kann für die Strukturierung (Sekundär- bis Quartiär-Struktur) dramatische Folgen haben. Ursache für die veränderte Peptidkette ist zumeist eine Mutation. Es reicht hier schon die Veränderung eines "Buchstabens" im genetischen Code und es wird eine andere, als die sich über Millionen Jahre bewährte, Aminosäure eingebaut.
Da sich neben der Primär-Struktur auch die Sekundär- bis Quartiär-Strukturen mehr oder weniger stark ändern, können die "mutierten" Proteine ihre natürliche (übliche) Funktion nicht mehr, wie gewohnt erfüllen. Zumeist verschlechtert sich die Sitation in der Zelle. Die Zelle hat es mit Über- oder Unter-Funktionen zu tun, die den Stoffwechsel belasten.

Eines der bekanntesten Beispiele für eine kleine – aber sehr dramatische – Veränderung ist die Sichel-Zellen-Anämie. Bei dieser besitzen die roten Blutkörperchen eine untypische Sichel-Form (normal: eingedrückt Linsen-förmig). Ursache ist veränderte Protein-Struktur des Hämoglobins durch nur eine einzige geänderte Aminosäure in einer der Peptid-Ketten.
Ganz konkret ist es die Aminosäure Valin, die statt Glutaminsäure an der Position 6 in der Peptid-Kette des β-Proteins sitzt.
Die Form-Veränderung des roten Blutkörperchens wäre sicher leicht zu verschmerzen. Aber das "mutierte" Hämoglobin kann nicht so viel Sauerstoff transportieren, wie das "normale". Grund dafür ist eine Verklumpung (Polymerisierung) der mutierten β-Einheiten untereinander.
Die Träger haben eine deutlich verringerte Leistungs-Fähigkeit und sterben (im homocygoten Fall (Mutter und Vater haben das mutierte Gen vererbt)) meist schon vor der Geschlechts-Reife.



natürliche und mutierte Rote Blutkörperchen
Q: de.wikipedia.org (NIDDK)

Hat nur einer der Eltern das mutierte Gen für das nicht-funktionierende Hämoglobin vererbt, dann sind die Träger zwar weniger Leistungs-fähig, aber sie sind auch immun gegen Malaria. Dies ist auch der entscheidende Grund dafür, dass diese Mutation nicht schon über die letzten Hunderttausende bis Millionen Jahre ausgemerzt wurde.

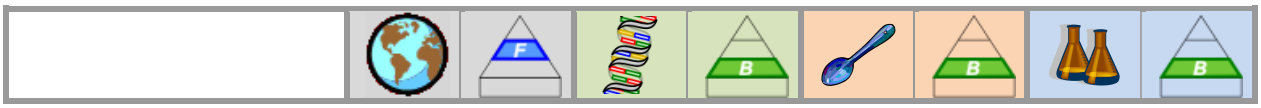


Q: de.wikipedia.org (Jan path) + geänd.: dre

Aufgaben:

1.
2.
3. *Wieviele verschiedene Tripeptide können aus Alanin (Ala), Glutamin (Gln) und Serin (Ser) entstehen? Geben Sie für die Bildung eines Tripeptides die chemische(n) Gleichung(en) mit ausführlichen Struktur-Formeln an!*
4. *Was versteht man unter Denaturierung von Proteinen? Durch welche (externen) Faktoren kann die Denaturierung ausgelöst werden?*
5.

4.2.2.3.5. Eigenschaften von Poly-Peptiden u. / od. Proteinen



Wir haben schon aufgezeigt, dass die Anzahl möglicher Proteine praktisch unendlich ist. Auch die nebenbei erwähnten Beispiele haben sicher schon gezeigt, dass Proteine quasi eine Stoffgruppen mit sehr weit gefächerten Eigenschaften sind.
Trotzdem können wir einige gemeinsame – vielleicht besser gesagt typische – Eigenschaften festhalten.

Abbau durch Enzyme (Proteasen) zu Aminosäuren.
biologisch abbaubar

enger Temperaturbereich in dem Proteine aktiv sind
erste Proteine gerinnen über 40 °C die anderen folgen im Bereich bis 120 °C

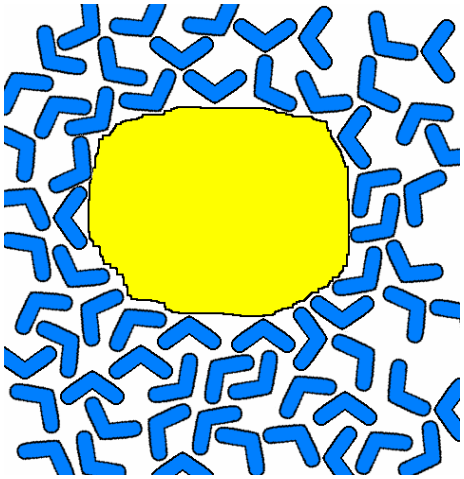
i.A. brennbar, verbrennen mit charakteristischem Geruch noch Ammoniak und Schwefelwasserstoff

mehr oder weniger gut quellbar

Für die unendliche Zahl von Eiweißen gemeinsame Eigenschaften anzugeben, scheint irrwitzig.
Tatsächlich gibt es aber doch einige recht ähnliche Eigenschaften.
Aminosäuren sind genau wie viele Kohlenhydrate optisch aktive Verbindungen. Nur hat sich die Natur hier für die L-Aminosäuren als Bauteile für alle Eiweiße "entschieden".

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Verhalten in wässrigen Lösungen



Faserförmige Eiweiße sind meist nicht wasserlöslich. Auch die großen kugelförmigen Eiweiße können nicht mehr vom Wasser gelöst werden. Sie schwimmen mit den Wasserteilchen mit, weil sie eine fast gleich große Dichte besitzen. Die Wasserteilchen umgeben das Eiweiß-Molekül mit einer Wasserhülle (Hydrathülle). Das Eiweißmolekül wird von den Wasserteilchen wie in einem Netz gefangen gehalten. Dies nennt man eine kolloidale Lösung.
Viele Proteine quellen in Wasser auf. In die meist faserförmigen Strukturen können z.T. sehr große mengen an Wasser eingelagert werden. Oft werden sogar feste Gele gebildet.
Beim Aufquellen werden die Wasser-Moleküle im Wesentlichen im Inneren der Eiweiß-Moleküle (Quatär-Struktur) eingelagert.
Andere – überlicherweise gute – Lösungsmittel für Eiweiße sind Ameisensäure und Glycerol (Propantriol, Glycerin). Unpolare Lösungsmittel (Benzin, Tetra, …) können nur in den wenigsten Fällen eingesetzt werden.
Auch Eiweiße haben einen isoelektrischen Punkt. Prinzipiell gelten die oben gemachten Aussagen zu den Aminosäuren auch für die Eiweiße.

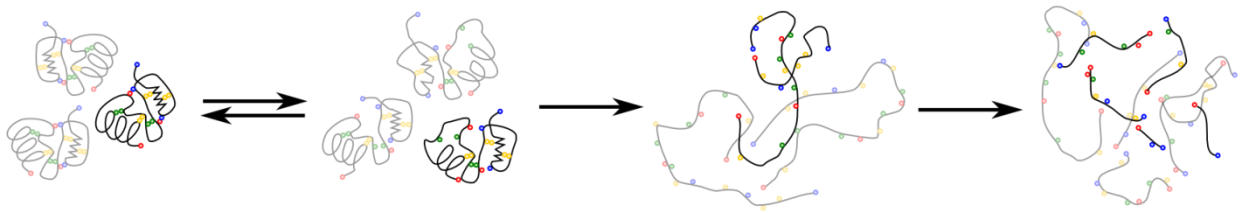
Eiweiß	isoelektr. Pkt. [pH]
a-Caseïn (Rind)	4,0
Hühner-Ei-Albumin	4,9
Gersten-Albumin	5,8
Weizen-Gliadin	6,5

Eiweiß	isoelektr. Pkt. [pH]
Globin (Mensch)	7,5

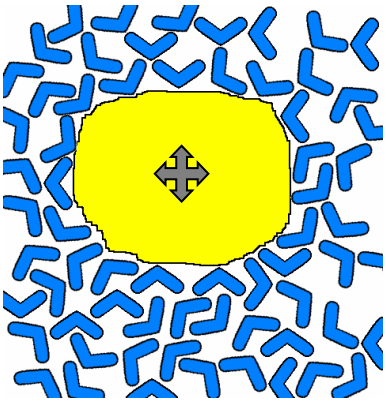
Am isoelektrischen Punkt eines Proteins ist dessen Löslichkeit am geringsten. Genau so verhält es sich mit der Viskosität der Lösung.

Verhalten von Proteinen unter veränderten Bedingungen und / oder Lösungs-Zusätzen (Denaturierung der Eiweiße)

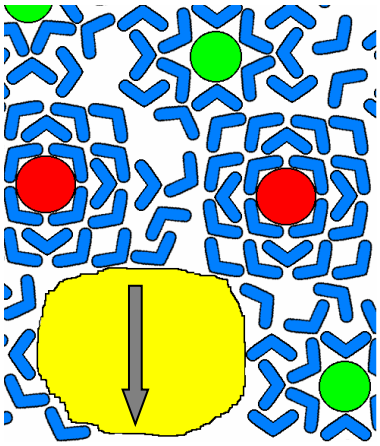
Bei höheren Temperaturen, Strahlung und hohen Druck entknäulen oder verknäulen die Eiweiße immer stärker. Dadurch verlieren die Eiweiße ihre Eigenschaften - sie können ihre natürlichen Aufgaben nicht mehr erfüllen.
Man spricht deshalb auch von Denaturierung oder Gerinnung. Auch durch Ultraschall, saure, basische oder salzige Lösungen können Eiweiße denaturieren.
Was passiert genau, wenn Eiweiße denaturierenden Einflüssen, wie Hitze, Strahlung, Druck oder bestimmten chemischen Stoffen ausgesetzt werden?
Durch Energiezufuhr (Wärme, Strahlung, Druck, ...) kommen die Peptidketten immer stärker in Bewegung. Zuerst brechen die schwachen Wasserstoffbrückenbindungen, die dem Eiweiß die Struktur erhalten haben. Die Bewegung der einzelnen Abschnitte gegeneinander ist aber noch durch feste Bindungen, wie z.B. die Disulfid-Brücken behindert. In dieser Phase ist die Deanturierung noch umkehrbar (**reversibel**). Kühlt man z.B. ab, dann können sich die passenden Bindungen wieder passend zueinander anordnen und die ursprüngliche (natürliche) Form wiederherstellen.
Bei weiterer Energiezufuhr lösen sich auch die festeren Kontaktstellen und die funktionierende Eiweiß-Struktur geht verloren und ist nur noch sehr selten wieder regenerierbar. Ab hier ist die Denaturierung i.A. **irreversibel** (nicht umkehrbar).
Die Peptidketten liegen letztendlich in lang gestreckter Form in der Lösung (Zellsaft, Kochwasser, ...) vor. Die Peptidketten verwirren sich mit anderen. Andere Peptidketten brechen.



Noch weiter zugeführte Energie macht nun auch das Knüpfen neuer chemischer Bindungen möglich. Nicht zueinander gehörende Peptidketten verbinden sich an irgendwelchen zufälligen Stellen. Die neuen Kontaktstellen sind z.T. chemisch wieder sehr fest. Das Geflecht aus verwirrten Peptidketten wird durch diese Kontaktstellen verfestigt. Als Ergebnis erhält man geronnenes (od. auch gestocktes) Eiweiß in fester Form. Weitere und / oder höhere Energie-Zufuhr bewirkt dann eine nachhaltige Zerstörung der Peptid-Ketten. Eiweiße, die ev. zwischenzeitlich durch Wärme fester geworden sind, werden an dieser Stelle nun weich und zerfallen zusehend.
Beim Schlagen von Eiklar (Eiweiß) werden die enthaltenen Albumine (relativ kleine. Wasserlösliche Proteine) entfaltet. Sie verbinden sich zu neuen Netzwerken, welche die Luft-Bläschen fest umschließen. Die emisten Albumin-Peptid-Ketten bleiben in der unnatürlichen Form – sie sind denaturiert. Nur wenige entfaltete Albumine können sich wieder zurück-falten und so fast wieder die ursprüngliche – natürliche – Form einnehmen. Sie setzen sich dann z.B. nach kurzer Zeit unterhalb des Ei-Schnees ab. Die Konsitenz dieser Protein-Lösung entspricht nicht mehr der normalen Eiklar-Struktur.
Etwas anders verläuft die Denaturierung durch chemische Substanzen. Durch die Vielzahl der chemischen Substanzen sind verschiedene Mechanismen der Denaturierung möglich. In einfachen Fällen verlieren die schwimmenden Eiweiß-Moleküle einfach ihre Schwimmfähigkeit (Ausfällung, reversible / umkehrbare Denaturierung). Normalerweise sind die Eiweiß-Moleküle von einer Hydrathülle umgeben. Diese wird von den elektrischen Ladungen der Eiweiß-Moleküle gehalten.



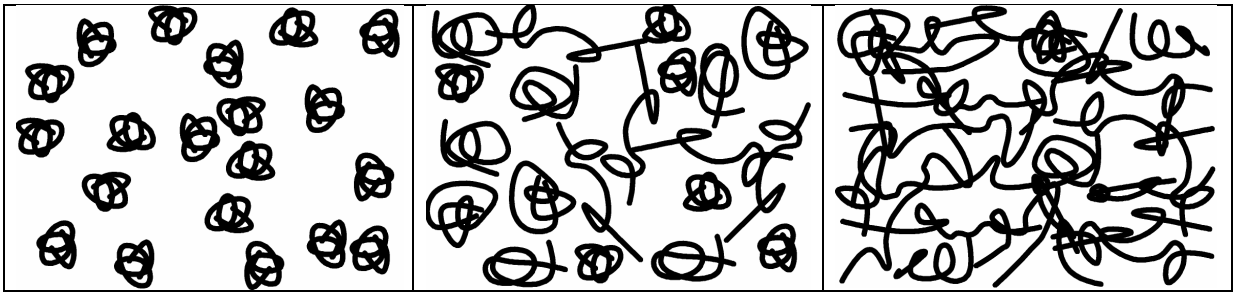
Im umgebenen Wasser wird diese Hydrathülle wie in einem riesigen Netzwerk festgehalten. Die Eiweiße scheinen aufgelöst, was wegen der Größe aber gar nicht geht. Vielmehr schwimmen die Moleküle im Wasser. Diese kolloidale Lösung wird durch bestimmte Zusätze - z.B. Säuren, Basen, bestimmte Salze, Harnstoff - zerstört.



Den Eiweiß-Molekülen werden durch die Zusätze die Wasser-Moleküle der Hydrathülle entrissen (Aussalz-Effekt). Die Eiweiße verlieren ihre Schwimmfähigkeit und fallen als Niederschlag auf dem Boden aus (Ausfällung). Andere Eiweiße schwimmen abhängig von ihrer Dichte auf der Oberfläche (man spricht hier auch von einer Ausfällung).
Geringe Konzentrationen von Salzen (0,5 – 1 M) befördern im Allgemeinen die Löslichkeit der Proteine (Einsalz-Effekt). Dies liegt zum einen an den noch relativ kleinen Clustern (Ionen mit Hydrat-Hüllen), wie auch an der etwas vergrößerten Dichte der Lösung. Weiterhin spielt die Auflösung bzw. Kompensation der elektrostatischen Anziehungs-Kräfte zwischen den Protein-Molekülen (Auflösung der kristallartigen Strukturen) eine Rolle.
Eine Denaturierung durch Neutralsalze oder polaren organischen Lösungsmitteln, wie Trichloressigsäure und Sulfosalicylsäure, führen zu einem reversiblen (umkehrbaren) Effekt. Erst bei höheren Konzentrationen oder aktiveren / aggressiveren Stoffen erfolgt die Denaturierung irreversibel (unumkehrbar).
Die Schwefelbrücken (Tertiärstruktur) zwischen den verschiedenen Abschnitten der Polypeptide werden schon bei Temperaturen ab 74 °C zerstört. Dabei bildet sich Schwefelwasserstoff – ein stark riechendes Gas (Verwesungsgeruch).
Viele Chemikalien zerstören zudem die inneren Bindungen zwischen den Peptidketten (Sekundär- und Tertiär-Struktur). Der normale Zusammenhalt ist nicht mehr gewährleistet und die Funktionsfähigkeit ist reduziert oder verschwindet ganz.
Schwermetalle – wie Cadmium, Blei, Quecksilber – aber auch andere Metalle (Cupfer, Silber, Eisen) bewirken die irreversible Denaturierung. Besonders die Ionen aus den verschiedenen Salzen lagern sich in den aktiven Zentren der Enzyme an oder verdrängen die normalen Metall-Ionen dort. In der Konsequenz können die Enzyme ihre "normale" Tätigkeit nicht mehr ausführen. Die Enzyme sind in der veränderten Form nicht mehr nutzbar (aktiv) – mit anderen Worten, sie sind denaturiert.

Aufgaben:

1. Erläutern Sie den Ablauf und wesentliche Vorgänge der Denaturierung anhand der folgenden Abbildungen!

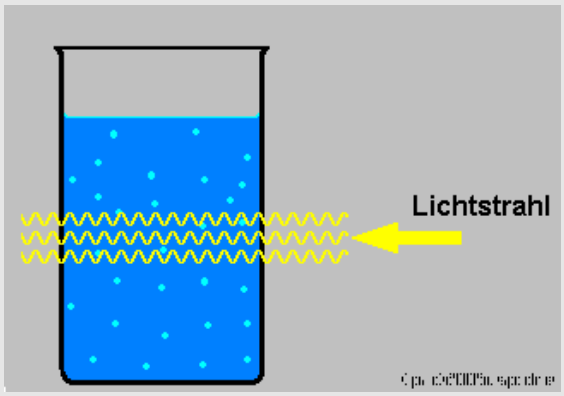


Exkurs: kolloidale Lösungen und der TYNDALL-Effekt

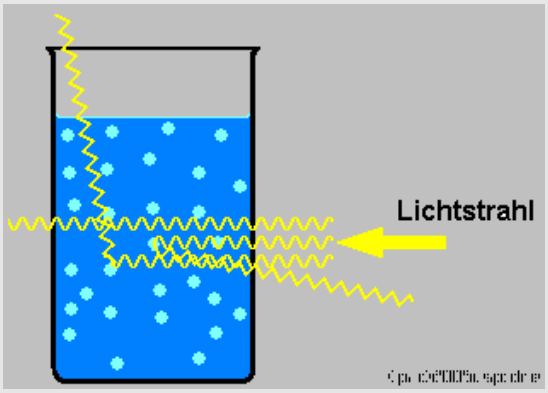
Ein **Kolloid** ist eine extrem feine Verteilung eines Stoffes (Dispers) in einem anderen (Dispersionmittel). Es handelt sich um keine Lösung – sondern um eine Mischung. Die dispergierten Teilchen sind sehr klein. Typische Größen liegen zwischen 10 und 100 nm (1 nm = 10^{-9}m; frühere Angabe: 100 – 1000 Å (ÅNGSTRÖM)). Kolloide sind für feste, flüssige und gasförmige Dispersionsmittel bekannt. Die dispergierten Stoffe können ebenfalls in den drei Aggregatzuständen vorliegen.

Dispers	***Dispersionsmittel***		
	fest	**flüssig**	**gasförmig**
fest	festes Sol z.B.: schwarzer Diamant	(flüssiges) Sol z.B.: Gold-Wasser	Rauch od. festes Aerosol
flüssig	feste Emulsion z.B.: Butter	Emulsion z.B.: Milch	flüssiges Aerosol z.B.: Nebel
gasförmig	fester Schaum z.B.:	gasförmiger Schaum	Gasgemisch z.B.: Luft

Einfache ("normale") Lösungen enthalten Teilchen, deren Größe – auch mit Hydrathülle – relativ gering (0,3 – 1 nm) ist. Das Licht (Die Lichtwellen (Wellenlänge zwischen 390 und 770 nm)) werden von so kleinen Teilchen nur unwesentlich beeinflusst. Ein Lichtstrahl kann eine einfache Lösung fast ungehindert durchdringen.
Anders bei den größeren Teilchen in **kolloidale**n **Lösung**en (Scheinlösungen). Hier ist die Beeinflussung so stark, dass Lichtwellen gebrochen und reflektiert werden. Für den Beobachter sieht es dann so aus, als wenn die Teilchen leuchten würden. Man kann quasi die Teilchen erkennen.



einfache Lösung im Durchlicht



kolloidale Lösung mit TYNDALL-Effekt

Der Effekt wurde von J. TYNDALL entdeckt und erklärt. Er ist z.B: auch bei Nebel im Wald sehr gut zu beobachten. Die Wassertröpfchen reflektieren – die durch die Baumkronen dringenden – Lichtstrahlen. Aber auch wenn durch ein Fenster Lichtstrahlen ins Zimmer fallen, kann man schwebende Staubteilchen "sehen".
Eine echte und eine kolloidale Lösung unterscheiden sich auch aus energetischer Sicht. Beim Zerfallen eines sich lösenden Stoffes und beim Bilden der Hydrat-Hüllen wird Energie umgesetzt (Lösungswärme (kann endotherm od. exotherm ausfallen)). Das Mischen der Stoffe zu einem Kolloid ist nur von sehr geringen oder keinen energetischen Umwandlungen begleitet.
Typische Beispiele für kolloidale Systeme sind Emulsionen (flüssig-flüssig), Suspensionen (flüssig-fest) und Aerosole (gasförmig-flüssig).

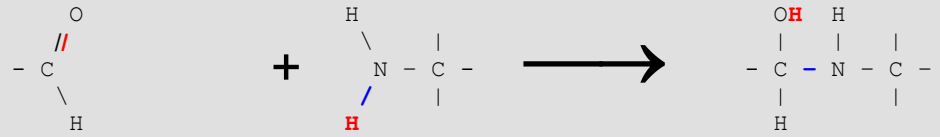
Im griechischen Restaurant gibt's zum Abschluss oft noch einen Ouzo. Auch hier lässt sich der **TYNDALL-Effekt** sehr schön beobachten. Schon bei normalem Licht treten optische Reflexe auf, die von scheinbar im Ouzo schwimmenden "Kristallen" stammen. Nun sind aber im Ouzo gar keine großen Teilchen oder kristalline Stoffe enthalten. Wie kommt es aber zu diesem Effekt? Ouzo enthält – wie andere anishaltige Branntweine (z.B. Absinth, Sambuca und Raki) – ätherische Öle. Bei Verdünnung mit Wasser und noch besser bei starker Kühlung bilden sich schlagartig Öl-Tröpfchen (Öl-in-Wasser-Emulsion). Bei tiefen Temperaturen und bei Zugabe von Wasser sinkt das Lösungsvermögen für die ätherischen Öle. Nur bei ausreichendem Alkoholgehalt sind die Öle löslich. Diesen Effekt nennt man **Louche-Effekt** (frz. *louche*: undurchsichtig, verdächtig, anrüchig). Die Tröpfchen sind so groß, dass sie Licht-Strahlen sichtbar reflektieren (TYNDALL-Effekt).

Aufgaben:

1. *Prüfen Sie eine Kochsalz-, Cupfersulfat-, Zucker- und eine Eiweiß-Lösung, sowie eine frische Emulsion (3 – 5 Tropfen Öl auf 5 ml Wasser) auf den TYNDALL-Effekt! Als Lichtquelle kann ein scharfer (gebündelter) Lichtstrahl oder ein Laser-Pointer (möglichst weißes Licht) verwendet werden.*
2. *Kühlen Sie einen Uozo (od.ä.) sehr stark! Prüfen Sie, ob der Louche-Effekt auftritt! Weisen Sie mit Hilfe eines Laser-Pointers oder eines anderen Lichtstrahls den TYNDALL-Effekt nach!*
3. *Versuchen Sie den Louche-Effekt durch Verdünnung eines Uozo zu erzielen! Prüfen Sie ebenfalls auf den TYNDALL-Effekt!*

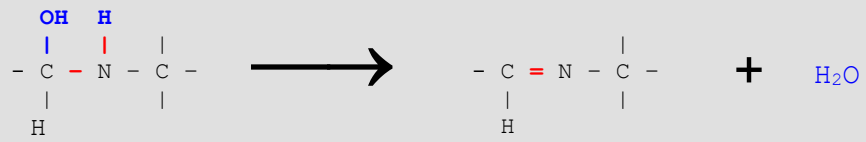
Exkurs: MAILLARD-Reaktion und AMADORI-Umlagerung

MAILLARD-Reaktionen finden zwischen reduzierenden Kohlenhydraten (Carbonyl- / Aldehyd-Gruppe) und der Aminogruppe z.B. einer Aminosäure unter Hitzeeinwirkung statt. Besonders häufig und vielgestaltig laufen diese Reaktionen ab 140 °C ab. Aber auch schon bei Temperaturen unter 0 °C können sie beobachtet werden. Den zugrundeliegenden Reaktionsmechanismus hat der französiche Chemiker Louis Camille MAILLARD (1878 – 1936) zuerst beschrieben.
Im 1. Reaktionsschritt reagiert die reduzierende Aldehyd-Gruppe (Carbonyl-Gruppe) mit der basischen Amino-Gruppe. Es kommt zu einer Addition.



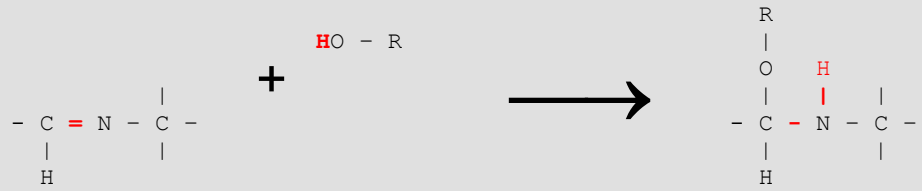
Aldehyd (Kohlenhydrat) | Amino-Verbindung (Aminosäure (Eiweiß)) | [Hydroxyamin]

Als nächster Schritt erfolgt die Abspaltung von Wasser (Kondensation). Es entsteht eine sogenannte SCHIFFsche Base. SCHIFFsche Base sind organische Verbindungen, die im Bau an ein Keton – ev. auch ein Aldehyd – erinnern. Statt dem Sauerstoff-Atom ist aber ein Stickstoff-Atom eingebaut. Die dritte Bindung kann durch Wasserstoff oder einen Alkyl-Rest belegt sein. Die "funktionelle Gruppe" der SCHIFFschen Basen ist also die Atom-Konstellation –CH=N– .



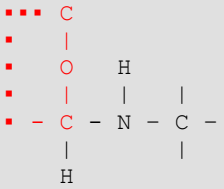
[Hydroxyamin] SCHIFFsche Base Wasser

Nachfolgend kommt es zumeist zu Cyclisierung. Molekülintern reagiert die SCHIFFsche Base mit einem Alkohol (Hydroxyl-Gruppe).



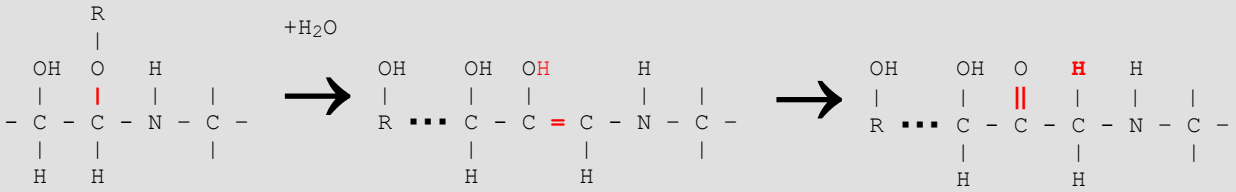
SCHIFFsche Base Alkohol (z.B. Kohlenhydrat) Glycosamin

Die alkoholische Hydroxyl-Gruppe und die Carbonyl-Gruppe (1. Teilreaktion; Aldehyd) stammen häufig aus dem gleichen Kohlenhydrat-Molekül. Es enstehen also ringförmige Strukturen, die über ein Sauerstoff-Atom im Ring verfügen. Chemiker sprechen von einem heterocyclischen Ring.
Der besprochene Reaktionsschritt ist durch die Vielzahl von OH-Gruppen in den Kohlenhydraten recht variabel, was z.T. die Vielzahl beobachteter Reaktionsprodukte erklärt.
Die letztendlich sehr vielgestaltigen heterocyclischen Ringe bedingen die unterschiedlichsten aromatischen Geschmacksnoten und Färbungen.



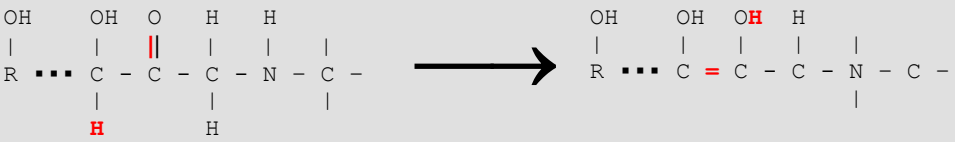
(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Die gebildeten, hochreaktiven, funktionellen Gruppen sind nun in der Lage molekülintern weiter zu reagieren (AMADORI-Umlagerung). Der – ev. bei der Glycosamin-Bildung entstandene – hetrocyclische Ring kann nun aufbrechen und es entsteht ein Molekül-Struktur mit Doppelbindung und zwei Hydroxyl-Gruppen. In diesem Fall sind die Hydroxyl-Gruppen räumlich recht weit voneinander entfernt.
Eine strukturelle Stabilisierung tritt erst mit den sogenannten AMADORI-Produkten (Aminodesoxyketosen) ein.



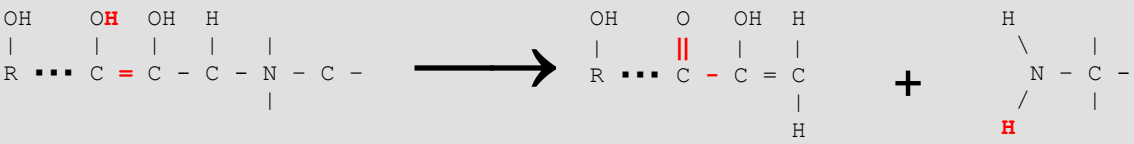
Glycosamin | [Endiol-Form] | AMADORI-Produkt (Aminodesoxyketose)

Auch das AMADORI-Produkt kann durch Hitze wieder in die Endiol-Form isomerieren. Diesmal liegen die beiden Hydroxyl-Grupen dicht beieinander an der Doppelbindung.



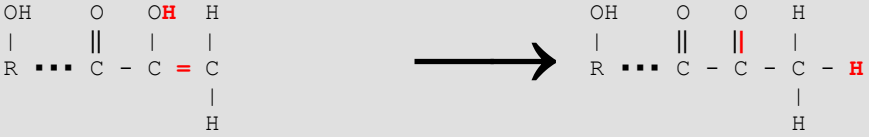
AMADORI-Produkt | [Endiol-Form]

Wie wir schon gesehen haben, ist ein solches strukturelles Konstrukt nicht lange stabil. Unter Eleminierung der ursprünglichen Amino-Struktur, kann z.B. ein Hydroxy-Ketenon entstehen.



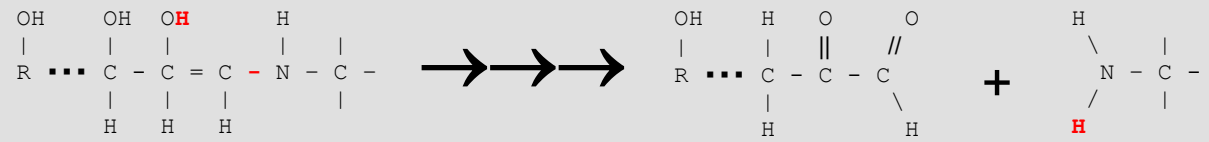
[Endiol-Form] | Hydroxyketenon | Amino-Verbindung (Aminosäure (Eiweiß))

Durch erneute intramolekulare Umlagerungen – das Wasserstoff-Atom der Hydroxylgruppe wandert zum anderen Cohlenstoff-Atom der Doppelbindung – bildet sich ein Diketon. Diketone sind ebenfalls reaktionsfreudige Substanzen. Mögliche Reaktionsprodukte dieser Linie können dann Hydroxyketone oder Furanone (Ketone mit heterocyclischen Rest) sein.



Hydroxyketenon | Desoxy-Verbindung z.B.: 1-Desoxyhexoson

Aber auch schon die Endiol-Form des Glycosamin's, welche zwischenzeitlich vor dem AMADORI-Produkt gebildet wurde, kann andere Reaktionswege einschlagen. Über ein instabiles Zwischenprodukt hinweg wird die – ursprünglich addierte – Amino-Verbindung abgespalten. Übrig bleibt eine Desoxy-Verbindung – ein Ketanal.

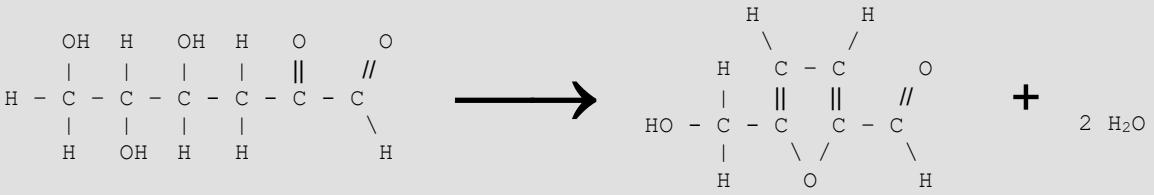


Glycosamin
[Endiol-Form]

Desoxy-Verbindung
z.B.: 3-Desoxyhexoson

Amino-Verbindung
(Aminosäure (Eiweiß))

Unter Eleminierung von zwei Wasser-Molekülen (Dehydratisierung) kann sich z.B. eine hetrocyclische aromatische Verbindung bilden – ein sogenanntes Furfural.



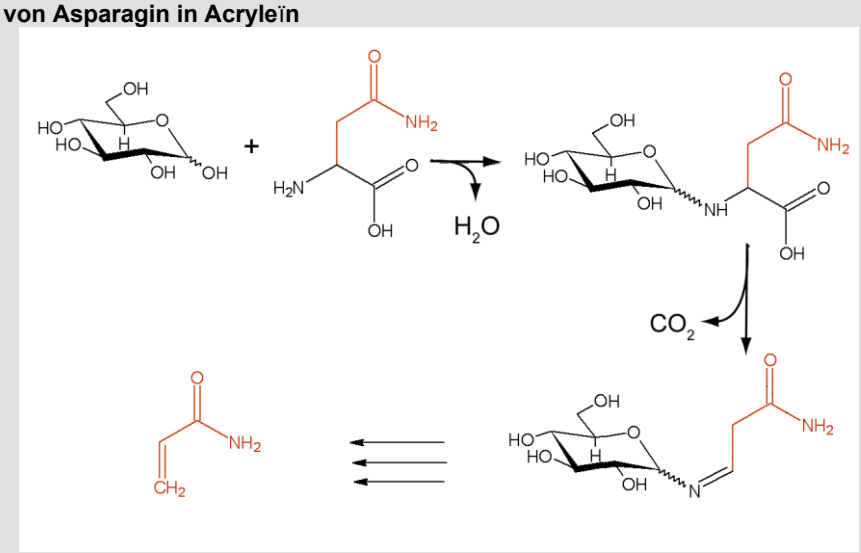
3-Desoxyhexoson

Hydroxymethyfurfural

Die Vielzahl möglicher Zwischenverbindungen und Reaktionsprodukte machen die unterschiedlichen Aromen und Farben von gebratenen, gegrillten, marinierten und wie auch immer behandelten Lebensmitteln aus. Andersherum ergibt sich hieraus aber auch die Gefahr, dass sich darunter gefährliche Stoffe (giftig, krebserregend, …) befinden können. Da die Menge aber praktisch sehr gering ist, geht bei normalem Genuß nur eine schwache Gefahr aus.
Wir sprechen bei den MAILLARD- und AMADORI-Reaktionen sowie den weiteren ablaufenden chemischen Vorgängen von nicht-enzymatische Bräunungsreaktionen, da hier keine Enzyme beteiligt sind. Die Bräunung ist in den meisten Fällen gewünscht.

spezielles Beispiel: Umwandlung von Asparagin in Acryleïn

Acrylein als besonders gefährlicher Stoff (gilt als kanzerogen; s.a. → Fett-Verderb) kann ebenfalls das Reaktionsprodukt einer weitergeführten MAILLARD-Reaktion sein. Reagieren Glucose und Asparagin (eine Aminosäure) miteinander, dann kann das gebildete Glycosamin einmal Cohlendioxid eleminieren. Diese Verbindung kann jetzt – wie oben mehrfach gezeigt – wieder in den Amino-Teil und den Zucker-Teil zerfallen. Der Amino-Teil ist nun aber nicht mehr die unbedenkliche Aminosäure – sonder das hochgefährliche Acroleïn. Acroleïn wird mittlerweile auch als sehr giftig und umweltschädlich eingestuft.



Q: de.wikipedia.org (Pixeltoo)

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

4.2.2.3.6. Nachweise für Peptide und Proteine



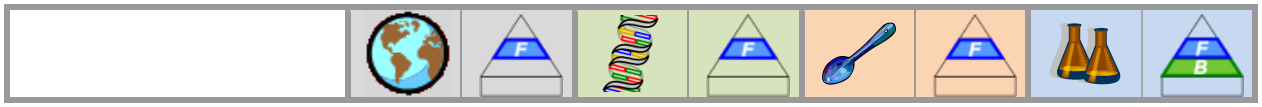
Am einfachsten ist in der Praxis der Nachweis durch Verbrennen einer Probe durchzuführen. Bei einem starken Geruch nach Schwefelwasserstoff kann man sicher auf ein Eiweiß schließen. Besonders gut funktioniert dieser Nachweis bei festen und trockenen Eiweißen, wie z.B. Haare, Fingernägel, Federn usw.
Für feuchte, flüssige oder gelöste Eiweiße bieten sich die Xanthoprotein- oder die Biuret-Reaktion an. Aber auch mit Denaturierungsversuchen (z.B. mit Säuren) kann man schon wichtige **Hinweise auf Eiweiße** bekommen.
Einen kontrollierten Denaturierungsversuch nimmt man an – möglichst klaren – Eiweiß- bzw. Probe-Lösungen vor. Wenn nach Zugabe von Säure (z.B. Zitronensäure, Essigsäure) eine Trübung auftritt, kann man mit dem Vorhandensein von Eiweißen rechnen. Sicher ist dieser Test aber nicht, da auch einige andere Stoffe mit Säuren trübe Lösungen bilden. Man nennt einen solchen Test deshalb auch nur **Hinweisreaktion**.
Bei der Xanthoprotein-Reaktion wird die Probe mit konzentrierter Salpetersäure versetzt **(Vorsicht! Ätzend!)**. Kommt es nach einer kurzen Erwärmung zur Ausflockung und Gelbfärbung, dann enthielt die Probe Eiweiße.



Probe auf Eiweiß mit Xanthoprotein-Reaktion:

	Nachweismittel	***Bedingungen***	***Beobachtungen***	***Ergebnis***
Probe +	**konzentrierte** (ev. verdünnt auf 24%ig) **Salpetersäure** ***(farblos)***	*leicht erwärmen*	**Gelbfärbung** Ausflockung	**Eiweiß** **(exakt: Eiweiß enthält AS Tyrosin, Tryptophan od. Phenylalanin)**
			anderes	wahrscheinlich kein Eiweiß **(exakt: enthält NICHT die AS Tyrosin, Tryptophan od. Phenylalanin)**

Zur weiteren Absicherung kann man anschließend noch konzentrierte Ammoniaklösung (bis zur basischen Reaktion der Lösung) zugeben. Eine Orangefärbung bestätigt sicher das Vorhandensein von Eiweißen. Die Xanthoproteinreaktion funktioniert nur bei Eiweißen, die mindestens eine der Aminosäuren Tyrosin, Tryptophan oder Phenylalanin enthalten. Das sind aber die Meisten. Gelantine enthält z.B. keine der genannten Aminosäuren. Beim Test von Gummibärchen würde man also zum falschen Schluß kommen.



Die Biuret-Reaktion testet nicht das Vorhandensein von einzelnen Aminosäuren, sondern auf Peptidbindungen (ev. auch der Phenol-Gruppen). Mit diesem Test haben wir eine allgemeingültige Reaktion zum Nachweis von Eiweißen. Schließlich liegt im Protein zwischen zwei Aminosäuren immer die verbindende Peptid-Gruppe. Die Probe wird zuerst mit 10%iger Natriumhydroxid-Lösung (Natronlauge) basisch gemacht. Nun werden einige Tropfen einer 10%iger Kupfersulfat-Lösung (auch FEHLING I-Lösung möglich) zugegeben. Die Lösung ist normalerweise hellblau gefärbt. Im alkalischen Milieu bildet sich ein tiefblauer Cupfer-Komplex. Nun wird

leicht erwärmt. Eine Verfärbung nach Violett zeigt Peptidbindungen (als umgebildete Biuret-Verbindung) an.
Für den Biuret-Test gibt es auch fertige Buiret-Lösung, mit welcher die Untersuchung sehr einfach durchzuführen ist.
Achtung! Die Violettverfärbung bei Anwesenheit von Peptiden kann aber auch schon bei Zimmertemperatur auftreten!

Probe auf Eiweiß mit Biuret-Reaktion:

	Nachweismittel	*Bedingungen*	*Beobachtungen*	*Ergebnis*
Probe +	**gleiche Menge 10%ige Natronlauge zusetzen + einige Tropfen 10%ige Kupfersulfat-Lösung *(hellblau)***	*leicht erwärmen*	**Violettfärbung**	**Eiweiß**
			anderes	kein Eiweiß

Sehr empfindlich – aber auch nicht hundertprozentig spezifisch – ist die Ninhydrin-Reaktion. Mit ihr werden Aminogruppen in den Proteinen nachgewiesen.

Probe auf Eiweiß mit Ninhydrin-Reaktion (MOBERG-Test):

	Nachweismittel	*Bedingungen*	*Beobachtungen*	*Ergebnis*
Probe +	**1%ige Ninhydrin-Lösung *(farblos)***	*leicht erwärmen*	**Blau- / Violett-färbung**	**(Aminosäure Peptid) Eiweiß**
			anderes	kein Eiweiß

In der Praxis lassen sich mit Ninhydrin schon Spuren von Aminosäuren (Proteinen) nachweisen. Macht man einen Handabdruck auf Filterpapier oder hat man Chromatogramme von ev. Eiweiß- od. Aminosäure-haltigen Lösungen, dann reicht schon ein leichtes Einsprühen und nachträgliches Erhitzen (z.B. auch mit einem Bügeleisen), um die typische blaue bis violette Färbung zu erhalten.
Weiterhin werden in der Literatur verschiedene Reaktionen beschrieben, die ebenfalls als Nachweis für bestimmte Aminosäuren oder Stoffgruppen in Eiweißen dienen.
Mit der Blei-Reaktion lassen sich die Schwefel-haltigen Gruppen nachweisen. Dazu wird die Probe mit Bleiacetat (Bleiessig) und Kalilauge versetzt und erhitzt. Beim Vorhandensein von Schwefel-Gruppen entsteht eine Braunfärbung.
Die Phenol-Gruppen – z.B. vom Phenylalanin – lassen sich mit der MILLONschen Reaktion nachweisen. Desweiteren kann man mit ihr p-Hydroxyphenyl-Reste nachweisen, wie sie in Tyrosin vorkommen.
Hier wird Quecksilber(II)-nitrat (salpetersaures Quecksilberoxid, Merkurinitrat) in Anwesenheit von salpetriger Säure zugesetzt.



Beim positiven Nachweis entsteht eine Rot-Färbung. Wegen der starken Giftigkeit von Quecksilber-Verbindungen wird dieser Test nur in Ausnahmefällen unter speziellen Schutzbedingungen verwendet!

Desweiteren sind unbedingt die Vorschriften der einzelnen Länder zum Umgang mit bestimmten Chemikalien in Bildungseinrichtungen zu beachten!!!

Probe auf Eiweiß mittels Quecksilber (MILLONsche Probe):

	Nachweismittel	*Bedingungen*	*Beobachtungen*	*Ergebnis*
Probe +	**einige Tropfen MILLONS-Reagenz** *()*	*erwärmen*	**Rot-Färbung**	**(Tyrosin) (Phenylalanin) Eiweiß**
			anderes	kein Eiweiß

Zum Nachweis der Indol-Gruppen – z.B. aus dem Tryptophan – dient die ADAMKIEWICZ-HOPKINsche Reaktion. Im schwefelsauren Milieu entsteht mit Ethanalsäure (Oxoessigsäure, Glyoxylsäure) eine Purpur-Färbung.
Aus der Urin-Analytik gibt es diverse Teststreifen für spezielle Eiweiße. Mit ihnen werden z.B. Albumine (im Urin) mit einem recht einfachen Farbstoff-Indikator nachgewiesen. Dabei nutzt man eigentlich einen Effekt aus, der in der Säure-Base-Analytik als Indikator-Fehler beschrieben wird. Normalerweise zeigen Säure-Base-Indikatoren eine bestimmte für einen bestimmten pH-Wert. Durch bestimmte Eiweiße – eben z.B. die Albumine – entsteht ein fehlerhafter Farbeindruck. Genau diesen nutzt man für die Teststreifen. Praktisch reagieren die Aminogruppen von Proteinen bzw. Aminosäuren direkt mit dem Indikator (Tetrabromphenolblau). Der Indikator übernimmt dabei Wasserstoff-Ionen und reagiert – wie gewöhnlich (bei seinen Säure-Base-Reaktionen) – mit einer Verfärbung.
Moderne Streifen lassen eine semiquantitative Aussage über den Eiweiß-Gehalt in der Lösung zu. (Da die Teststreifen normalerweise für Urin-Proben gedacht sind, ist eine Eichung auf andere Lösungen aber unbedingt erforderlich. Die abgelesenen Werte sind ohne Eichkurve mit Vorsicht zu genießen!)

Nachweis von löslichen Eiweißen (Albuminen) mit Teststreifen:

	Nachweismittel	*Bedingungen*	*Beobachtungen*	*Ergebnis*
flüssige Probe +	**Eiweiß-Teststreifen**	*(siehe Packung)*	**Verfärbung entsprechend Skala**	**Eiweiß (Albumin)**
			Farbe unverändert oder anders	kein Albumin

Die ganz genaue Identifizierung einzelner Proteine ist heute im Labor mit verschiedenen Methoden möglich. Eine erste Trennung und Erkennung ist mittels Chromatographie realisierbar. Dabei werden Protein-Lösungen auf Papier- oder Gel-Streifen aufgebracht. Weiterhin eignen sich auch spezielle Feststoff-Streifen (Dünnschicht-Chromatographie) oder Feststoff-Säulen. Als Lösungsmittel nutzt man außer Wasser auch Alkohole, Alkanale, Acetone, Ether und Gemische aus diesen Flüssigkeiten. Da sich die Lösungsmittel in den Träger-Materialien nach und nach ausbreiten – sozusagen verlaufen – spricht man auch von Laufmitteln. Die gelösten Stoffe (z.B. die Proteine) wandern mit den Laufmitteln durch die Trägermaterialien. Da Proteine relativ groß sind können sie nicht so schnell wandern, wie das Laufmittel. Große

Teilchen wandern grundsätzlich erst einmal langsamer als kleine. Daneben spielen noch Adhäsions-Effekte zum Trägermaterial eine Rolle. Manche Stoffe werden stärker vom Trägermaterial festgehalten als andere. Durch alle Effekte gemeinsam wandern die Proteine und andere gelöste Stoffe unterschiedlich schnell und lassen sich dann nach einer bestimmten Zeit schön isoliert nachweisen. Dazu werden die klassischen Nachweise (zumeist Biuret- oder Ninhydrin-Probe) genutzt. Im Vergleich mit bekannten Lösungen lassen sich dann in den Chromatogrammen die verschiedensten Proteine identifizieren.
Auch die Elektrophorese (→ **Exkurs: Elektrophorese**) kann zur Trennung und Identifizierung genutzt werden. Hier werden die chromatographischen Effekte noch durch ein elektrisches Feld erweitert.
Viele Proteine weist man heut auch über immunologische Tests nach. Dabei verwendet man speziell präparierte Antikörper für die gesuchten Proteine. Die Antikörper enthalten z.B. spezielle chemische Gruppen, die man z.B. mit UV-Licht zur Fluoreszenz bringen kann. Allgemein binden Antikörper nur an den gesuchten / zugehörigen Proteinen (Schlüssel-Schloß-Prinzip) und bilden dann Verklumpungen. Die Verklumpungen (Koalgulationen), die UV-Fluoreszenz oder andere Eigenschaften nutzt man dann zum indirekten Nachweis für das Protein.
Auf diese Weise erfolgt z.B. die Prüfung auf die meisten Viren (z.B. Grippe-Viren, HIV, …). Diese sind selbst zu klein, um sie direkt zu beobachten. Ihre Oberflächen-Proteine verraten sie aber und diese werden bei immunologischen Prüfungen abgefragt.
Den meisten Lesern wird die Überprüfung der Blutgruppen vor Transfusionen oder Transplatationen bekannt sein. Hier wird genau auf spezielle Proteine (Merkmal A und / oder B) auf der Zellmembran der roten Blutkörperchen geprüft. Dazu nutzt man einfach Antikörper aus nichtkompatiblen Blut. Bei Unverträglichkeit kommt es zur sichtbaren Verklumpung der Blutkörperchen.

Aufgaben:

1. *Bereiten Sie ein Protokoll (Aufgabe, Vorbetrachtungen, Durchführung) für die Aufgabe 2 vor!*
2. *Prüfen Sie, ob in Milch und einer Eiklar-Lösung sowie in drei angebotenen Proben (vom Kursleiter gestellt) Eiweiße enthalten sind!*
3. *Vervollständigen Sie das Protokoll (Beobachtungen, Auswertung) während und nach dem Versuch!*

Xanthoprotein-Reaktion (Nachweis von Proteien (III) mit aromatischen Aminosäurem)

Hinweise:



Konzentrierte Salpetersäure ist stark ätzend und reagiert auch mit Gewebe (Haut, …) mit einer einer starken Gelb-Färbung! Hautkontakt ist deshalb unbedingt zu verhindern! Das Tragen von Schutzbrille und Handschuhen ist unbedingt erforderlich!

Materialien / Geräte:

Reagenzglas, Reagenzglas-Ständer, konzentrierte Salpetersäure; Brenner; Probe (z.B. Eiklar, …); ev. zur Absicherung konzentrierte Ammoniak-Lösung

Durchführung / Ablauf:

- Probe in Reagenzglas geben
- mind. 1, Konz. Salpetersäure auffüllen
- erwärmen
- ev. kann nach dem Farbumschlag eine Überprüfung mit konz. Ammoniak-Lösung erfolgen (solange zugebn, bis Lösung basisch ist) → jetzt erfolgt Farbumschlag nach orange

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

4.2.2.3.7. weitere Experimente zu Aminosäuren, Peptiden und Proteinen



Herstellen einer Eiklar-Lösung

Materialien / Geräte:
Ei (roh); demineralisiertes Wasser, 2x Becherglas 250 ml; Glas-Filter; Watte; Stativ mit Filter-Halterung

Durchführung / Ablauf:
- Eiklar abtrennen in Becherglas und mit 100 ml deminer. Wasser mischen
- Watte-Bausch in Filter geben und die Lösung durchfiltrieren

Nachweis von Cohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in Eiweißen

Materialien / Geräte:
gut getrocknetes Eiklar od. Trocken-Gelantine; Reaganzglas; Reagenzglas-Halter; Reagenzglas-Ständer; Brenner

Durchführung / Ablauf:
- von der Probe etwas in eine RG geben
- über dem Brenner zuerst vorsichtig erhitzen → Wasser-Bildung deutet auf vorhandenen Wasserstoff und Sauerstoff hin
- dann kräftiger erhitzen → Bildung einer schwarzen, porösen Struktur → bedeutet Verkohlung (also Nachweis von Cohlenstoff)

Zusatzuntersuchung:
- Probe auf Schwefel und Stickstoff

Nachweis von Schwefel und Stickstoff in Proteinen

Materialien / Geräte:
Dreibein mit Asbest-Drahtnetz; Brenner; Porzellan-Schale; Glas-Trichter (Durchmesser etwas kleiner als Porzellan-Schale); Bleiacetat-Papier, pH-Indikator-Papier (Unitest-Papier)

Durchführung / Ablauf:
- Probe (3 ml od. kleiner Würfel) in die Porzellan-Schale geben und Glas-Trichter drüberstülpen
- nach einiger Zeit die austretenden Gase an der Glastrichter-Spitze mit jeweils angefeuchteten Test-Papieren testen

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Nachweis von Stickstoff in Proteinen

Hinweise:



Festes Natriumhydroxid (in Plätzchen-Form)) sowie Lösungen von Natriumhydroxid wirken stark ätzend!
Salzsäure ist stark ätzend und wirkt stark reizend.
Hautkontakt zu beiden Stoffen ist deshalb unbedingt zu verhindern! Das Tragen von Schutzbrille und Handschuhen ist unbedingt erforderlich!

Materialien / Geräte:

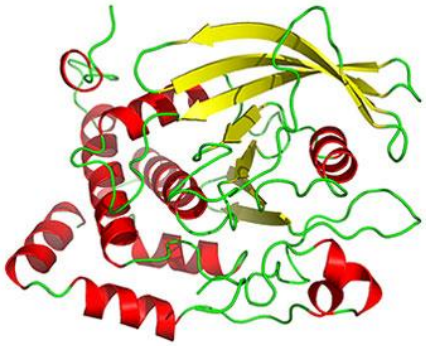
Reagenzglas, Reagenzglas-Ständer, festes Natriumhydroxid (Plätzchen); Brenner; Probe (z.B. Eiklar-Lösung, Milch, …); Glas-Stab; konzentrierte Salzsäure

Durchführung / Ablauf:

- 1 ml Probe und 4 Natriumhydroxid-Plätzchen in Reagenzglas geben
- Gemisch vorsichtig erhitzen
- Geruch prüfen und mit einem Tropfen der Salzsäure an einem Glas-Stab über der Öffnung gegenprüfen (NH_3 + HCl $\longrightarrow$ $NH_4Cl_{(s)}$ (Nebel-Bildung))

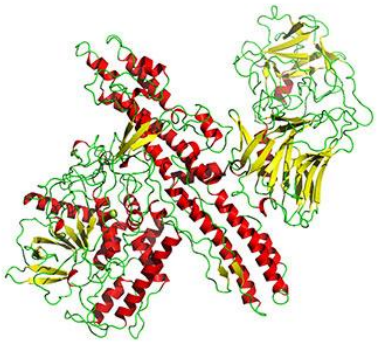
(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Thyrosin-Phosphatase



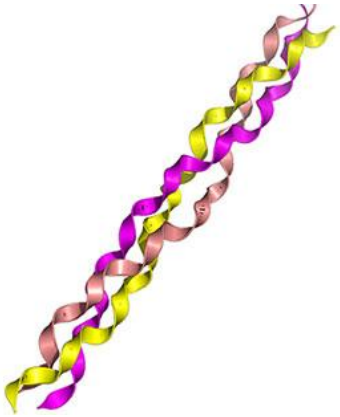
Q: www.3dchem.com

Botox



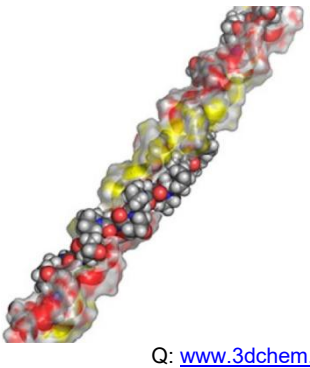
Q: www.3dchem.com

Collagen1



Q: www.3dchem.com

Collagen2

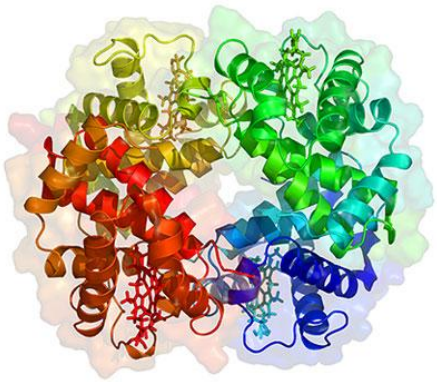


Q: www.3dchem.com

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Hämoglobin (Haemoglobin)

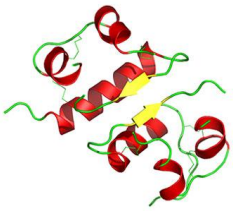
Hetero-Tetramer



Q: www.3dchem.com

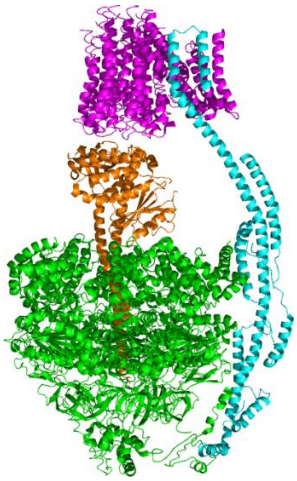
Insulin

s.a. Exkurs →

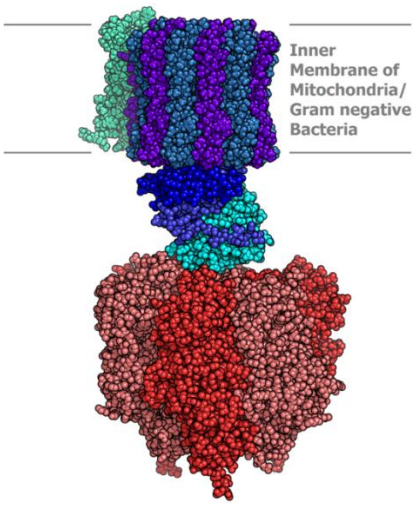


Q: www.3dchem.com

ATP-Synthase



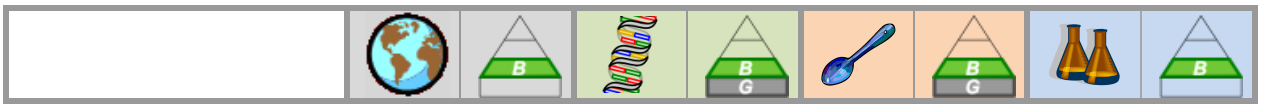
Bänder-Modell
der verschiedenen Poly-
peptide (Tertiär-Strukturen)
Q: en.wikipedia.org
(BiochemEkatarina)



Molekül-Modell-der verschiedenen
Bestandteile der ATP-Synthase
Q: en.wikipedia.org (Alex.X)

weitere Links:
https://molsurfer.h-its.org (Protein-Molekül-Betrachter mit Anzeige spezieller Protein-Eigenschaften)

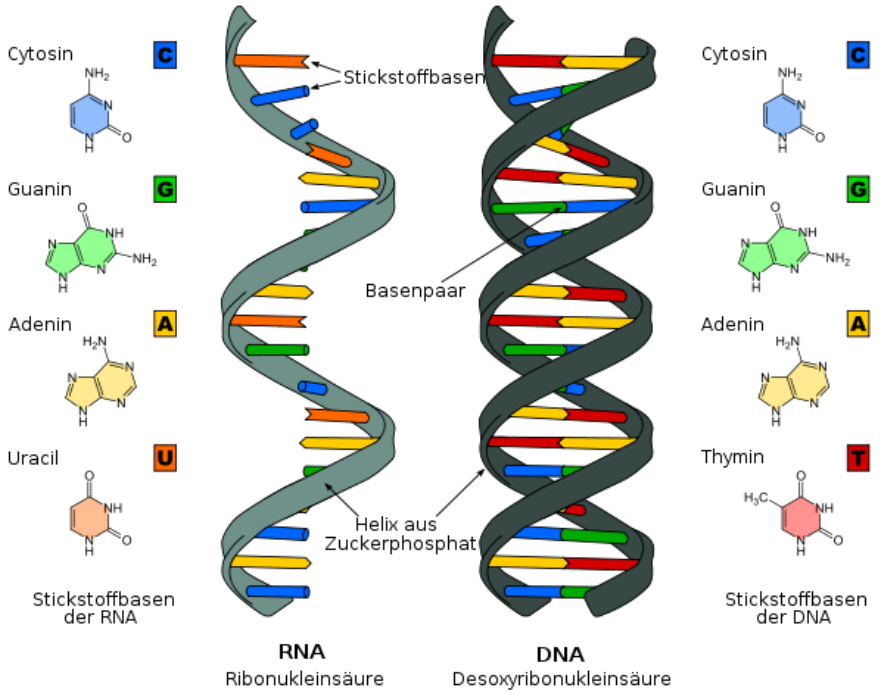
4.2.3. Polynukleotide (DNS / RNS)



Praxis-Bezug

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
?

Die DNS – ausgesprochen Desoxyribonukleïnsäure – und die RNS (Ribonukleïnsäure) sind Makro-Moleküle, deren Strukturen erst sehr spät aufgeklärt wurden. Erst 1953 erstellten WATSON und CRICK ein Molekül-Modell. Die Funktion – also das Speichern der Informationen über Proteine – ist erst in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts aufgeklärt worden.
In der (Fach-)Literatur finden sich häufig nur die englischen Abkürzungen DNA (desoxyribonucleic acid) und RNA (ribonucleic acid).



Gegenüberstellung von RNS und DNS
Q: de.wikipedia.org (Sponk)

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

4.3. künstliche Makromoleküle / Kunststoffe

Praxis-Bezug

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
?

biologisch direkt kaum eine Bedeutung.

die ersten Kunststoffe wurden auf der Basis natürlicher Stoffe produziert, praktisch Derivate dieser Stoffe

Jeder kennt sie, die stylischen Koffer aus dem letzten Jahrhundert. Ihre Flächen scheinen aus irgendeiner Pappe zu bestehen. Der Eindruck täuscht einwenig – es handelt sich um einen der ersten Kunststoffe überhaupt. Er wurde Vulkanfiber genannt und bestand aus chemisch veränderter Cellulose. Erstmals synthetisiert wurde Vulkanfiber 1858.



historische Koffer, z.T. auch aus Leder
Q: de.wikipedia.org (1971markus)

Celluloid (HYATT 1869) aus Nitrocellulose und Campher → für Filme, Kämme, Puppen

Der erste nachgewiesen hergestellte Kunststoff war aber PVC (Polyvinylchlorid). 1835 entdeckte Henri Victor REGNAULT wohl zufällig, dass sich Vinylchlorid (Chlorethen) im Sonnenlicht zu einem weißen Pulver umsetzte. Das Potential dieses Stoffes haben REGNAULT und andere Chemiker seiner Zeit aber nicht erkannt. Erst in den 1910er Jahren begann die eigentliche Erfolgsgeschichte von PVC.
Ab 1935 gelang es Bitterfeld Weich-PVC herzustellen. Dies erhielt den Markennamen Igilit. Selbst heute werden Tischfolien in manchen Familien immer noch als Igilit-Tuch bezeichnet.

1839 Herstellung von Gummi aus Natur-Kautschuk C. GOODYEAR

!869 die Gebrüder HYATT stellen Celluloid aus Cellulose und Campher her

Als Grundstoff für einen anderen historischen Kunststoff dient Kaseïn – das Protein aus der Milch. Seit 1904 kann man aus Kasein Kunsthorn herstellen. Dies kennen viele noch als

Messer-Griffe, Gürtel-Schnallen oder Knöpfe. Eine bayrische Lederhose ohne Knöpfe in der Kunsthorn-Optik wird wohl kaum als authentisch angesehen.

erster vollsynthetischer Kunststoff 1909 durch BAEKELAND aus Phenol und Methanal → Bakelit → Bakelit® (Grundmaterial für die Karosserie-Verkleidung des Trabant (DDR: "Renn-Pappe")

Aminoplast

nach dem ersten Weltkrieg entwickelt sich die Kunststoff-Industrie explosionsartig.
Heute ist es schwierig, überhaupt noch den Überblick zu behalten.

zugesetzte Farbstoffe oder andere Additive (z.B. Weichmacher) verändern die Eigenschaften der Rohprodukte in viele Richtungen
harte Kunststoffe werden weich
aus einem brennbaren Kunststoff wird so schnell mal ein Entflammungs-gehemmter Werkstoff
ein elektrisch isolierendes Produkt lässt sich zum Elektronen-leitenden Material wandeln
…

praktisch immer fest
wenige moderne Kunststoffe flüssig (oft als Roh-Komponente (Reaktionsharze) für Zwei- oder Drei-Komponenten-Systeme (z.B. Kleber, Kunstharze, …))

Gesamt-Produktion in Deutschland über 20 Millionen Tonnen
Hauptverwendung als Dämmstoffe in der Bau-Industrie sowie Verpackungen

Kunststoffe in der Medizin:
- Implantate
- Infusions-Materialien
- Spritzen
- Arzneimittel-Verpackungen (z.B. Blister)
- künstliche Herzklappen,
- Kontaktlinsen
- …

Kunststoffe im Baugewerbe:
- Dämm-Material (z.B. Polystyren)
- Lacke, Farben
- Polyurethan-Schäume
- Fester- und Tür-(Rahm)en
- Formteile (z.B. Verschalungen für Gießbeton)
- Acryl-Fensterglas
- Terassen-Abdeckungen
- Rohre, Schläuche
- …

Kunststoffe in der Textil-Industrie:
- Textil-Fasern
- Beschichtungen (z.B. Teflon®)
- …

Kunststoffe in der Kosmetik-Industrie:

- Flaschen, Verpackungen
- Superabsorber (Windeln, Damen-Hygenie-Artikel)
- …

Die Vielgestaltigkeit der Kunststoffe hat sich als riesiges Problem herauskristallisiert.
Man kann die Kunststoffe nur schwer recyclen.
Die Trennung ist sehr schwierig und kostenintensiv. Da ist die Neuproduktion aus Erdöl billiger.
Und selbst wenn man sortenreine Recycling-Material bekommt, die verschiedensten Zusatzstoffe (Weichmacher, Farbstoffe, …) verhindern eine gezielte Neuproduktion. Obwohl die Zusatzstoffe nur in kleinen Mengen enthalten sind, die Einmischungen sind so extrem heterogen, dass kaum neue Produkte mit definiertenEigenschaften hergestellt werden können.
Da bleiben oft nur Gebrauch-Produkte, bei denen es nicht so genau auf irgendwelche – genau spezifizierte – Merkmale ankommt. Beispiele sind Blumen-Kübel, Abfall-Behälter, Transport-Verpackungen, Paletten, …

ökologisch bedenklich wegen fehlender oder geringer biologischer Abbaubarkeit
Träger von diversen Zusatzstoffen (Weichmacher, Farbstoffe, …), bei denen einige unter Verdacht stehen, cancerogen zu wirken oder Hormon-ähnlich zu wirken
in der Nahrungsmittel-Produktion (→ Ernährunglehre) vielfach für Lebensmittelverpackungen verwendet
weiterhin als Produktions-Gefäße, Abdeckungen (Folien), Transport-Behälter

jährliche 4,5 Millionen Tonnen Kunststoff-Abfälle
viele müssen auf Deponien entsorgt werden (Gefahren für die Zukunft unklar)
biol. Abbau teilweise bis 500 Jahre
allerdings sind vor wenigen Jahren auch erste Mikroorganismen aufgetaucht, die einzelne Kunststoffe abbauen können (aber auch noch ein langwieriger Prozeß

größte Menge der Kunststoff-Abfälle wird verbrannt (auch vieles aus dem gelben Sack)
Energetisch hochwertiges Material
Zusätze sorgen aber teils für gefährliche Abgase
außerdem große Freisetzung von CO2 und damit Einspeisung in den C-Kreislauf
CO2 als Treibhaus-Gas sehr ungünstig für die Umwelt → Tendenz zur Klima-Erwärmng

Kunststoff-Abfälle (4,5 Mill. t/a)
- 81 % Verwertung
  - 44 % stofflich
    - 36 % werkstofflich
    - 8 % rohstofflich
  - 37 % energetisch
    - 33 % Verbrennung
    - 4 % sonstiges
- 10 % auf Deponien
- ≈8% Zwischen-Lager
- ≈1 % Kompostierung

Trend geht im LM-Bereich zu nachhaltigen Stoff-Kreisläufen z.B. durch kompostierbare / biologisch abbaubare Kunststoffe (z.B. Poly-Mais-Stärke)
oder Ersatz durch andere Stoffe (Papier, Bananenblätter etc., Holz, …)

Begriff **Kunststoff** wurde von Ernst Richard ESCALES (1863 – 1924) im Jahr 1910 vorgeschlagen

1912 Beginn der wissenschaftliche Erforschung von Kunststoffen (H. STAUDINGER)

zuerst noch offene Definition oder Abgrenzung, da gerade im Bereich der organischen Chemie damals die Stoff-Klassen noch in Bewegung waren
mit Hermann STAUDINGER (1881 - 1965) wurde (1920) dann der Fokus auf höhermolekulare (makromolekulare) Stoffe mit Werkstoff-Eigenschaften gesetzt
trotzdem von anderen Wissenschaftlern immer noch sehr offen betrachtet
dadurch auch wissenschaftlich wenig akzeptiert

Man konnte nicht einfach künstlich hergestellt Stoffe als Kunststoffe bezeichnen. Das wären aber schon damals eine Vielzahl der bekannten Stoffe gewesen. Als wesentliches Merkmal für Kunststoffe hat sich dann die Verwendung als Werkstoff herauskristallisiert.

zwischenzeitlich dann durch den Begriff **Polyplaste** und dann auch verkürzt als **Plaste** bezeichnet
lange Zeit waren Plaste und Kunststoffe praktisch gleichbedeutende Begriffe

Definition(en): Kunststoffe
Kunststoffe sind chemisch nicht einheitliche Verbindungen, die synthetisch durch Umwandlung von Naturprodukten gebildet wurden und Werkstoff-Eigenschaften haben.
Kunststoffe sind Mischungen chemisch-ähnlicher, makromolekularer Verbindungen, die so in der Natur nicht vorkommen. Sie sind plastisch geformt oder plastisch formbar und enthalten meist auch noch Zusatzstoffe (Additive).
Kunststoffe sind Werkstoffe, die im Wesentlichen aus Makromolekülen bestehen.
Kunststoffe sind Stoffgemische aus typ-ähnlichen organischen Makromolekülen, deren charakteristische Eigenschaften durch den Grad der Molekül-Vernetzung bestimmt werden.

sauberer Begriff ist heute Technopolymere
umgangssprachlich Plastik genannt

charakterisierend sind technische bzw. Verwendungs-Eigenschaften, wie z.B.:

- Temperatur-Beständigkeit
- Wärme-Formbarkeit (z.T. schon bei geringen Temperaturen)
- Bruchfestigkeit,
- Härte
- Elastizität,
- chemische Beständigkeit
- Korosions-Betändigkeit
- nicht in Wasser löslich / durch Wasser zersetzbar
- oft farblos / durchsichtig; leichte Anfärbbarkeit
- meist elektrisch isolierend
- …

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

geringere Dichte (z.B. als Eisen)
1 kg Eisen lässt sich als Würfel mit einer Kantenänge von 5 cm herstellen (Dichte 7,87 g/cm^3)
1 kg Aluminium würden 2,5 dieser Würfel entsprechen
1 kg PVC sind schon 5,5 Würfel
1 kg Polyethylen entsprechen 8 Würfeln

aber auch "negative" Eigenschaften:

- vielfach brennbar
- geringe Licht- und UV-Beständigkeit
- Additive (Farbstoffe, Weichmacher, …) haben schädigende Wirkungen im menschlichen organismus und / oder in biologischen Systemen
- kaum biologischer Abbau möglich
- Abgabe von Additiven an Wasser (Auslaugung)
- geringere Wärme-Beständigkeit / -Stabilität
- …

1935 Nylon® faserförmiges Polyamid für Damen-Strümpfe und Fallschirm-Stoffe

1938 Entwicklung von Teflon® durch R. PUNCKET; zuerst als Beschichtung für Pfannen (auf Anregung seiner Frau)

1953 Niederdruck-Polyethylen durch Entwicklung von Katalysatoren durch ZIEGLER und NATTA (ZIEGLER-NATTA -Verfahren)

ab 1956 werden Polyethylen und Polypropylen verstärkt im Verpackungs-Bereich verwendet (Plastik-Flaschen)

da es seit der Mitte der 1970er Jahre zur Verteuerung von Erdöl und Erdgas kam, wurde der Fokus mehr auf nachwachsende Rohstoffe und Recycling gelegt

ab 1981 Faser-Verbundstoffe in der Raumfahrt und bei Formel-1-Wagen

thermoplastische Stärke als biologisch abbaubarer Kunststoff (1988)

1996 Kreislaufwirtschaftsgesetz in der BRD setzt auf verstärktes Recycling

2008 Synthese von Polyethylen aus Bio-Ethanol

Namensgebung

durch Nennung der Bausteine (Monomere) und dem Vorsatz von Poly-
bei vielen historisch älteren Kunststoffen werden statt den chemischen Namen Trivial- oder technische Namen für die Monomere genutzt (z.B. Vinyl für Polyvinyl → Chlorethen)
heute selten nur Handelsname verwendet
vielfach haben sich die Abkürzungen, wie PVC, PET usw. durchgesetzt

Handelsnamen

registrierte Bezeichnungen von Kunststoffen
meist Phantasie-Namen ohne chemischen Bezug

zur Verschleierung der chemischen Natur gedacht
früher große Skepsis vor Chemie (stinkt, gefährlich, giftig, …)
Handelsnamen sollten die Chemie-Produkte populär und verkaufsfähig machen

Werbemasche, um sich scheinbar vom Konkurrenten abzuheben

Produkt- und Patentschutz

Zaubergarten der Kuststoffe

"Alice, die Kunststoffe nicht kennt,
hört Handelsnamen ohne End':
Erst "Alphalen", dann "Betatal",
auch "Gammamid" und "Deltanal";
"Taurid" kommt ihr gespenstig vor,
und dann gar erst das "Sigmarpor"".
Ach, liebe Alice, hör' mich an,
Du kaufst doch auch oft Porzellan.
Hier lockt Dich sicher allzumal.
Ob Meien, Arzberg, Rosenthal,
auch Hutschenreuther, Nymhenburg;
die Marke ist's, berühmt wodurch
Du sicher kaufst; was schert es Dich,
welch Sorte Kaolin und Spat
und Quarz der Fabrikant wohl hat?
Jedoch beim Kunststoffgegenstand
gerätst Du außer Rand und Band,
wenn Dir nicht gleich ersichtlich ist,
wes Rohstoff Käufer Du nun bist.
Das Kunststoff-Rohstoff-Etikett,
nicht hilft es für fünf Pfennig hier!
Kaufst Haushaltsgegenständ' Du ein,
dann schützt Dich nur vor Trug und Schein,
kennst Du den Namen und den Stand
des Fertigwaren-Fabrikant'.
Nach dessen Markennamen frag',
dann hast Du Ruhe alle Tag'!
W. CYRIAX

heute standardisierte Kennzeichnung mit bestimmten Abkürzungen und / oder genormten Symbolen
soll vor allem auch einem möglichen Recycling dienen sowie Rückschlüsse auf bestimmte Stoff-Eigenschaften zulassen (PVC setzt z.B. bei Verbrennung Chlorwasserstoff frei)
funktioniert aber nur mit größeren Stücken, die dann auch noch deutlich erkennbar gekennzeichnet sein müssen

Aufgaben:

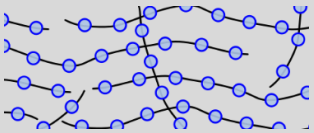
1.
2. *Berechnen Sie für das Würfel-Beispiel (weiter vorn: Eisen, Aluminium, PVC, Polyethylen) die Volumen der Würfel und die Dichten! Vergleichen Sie diese mit tabellierten Werten!*
3. *Berechnen Sie wieviele Tonnen Kunststoffe jedes Jahr verbrannt werden!*
4. *Berechnen Sie, wieviel Kunststoff pro Person in Deutschland entsorgt wird!*

Einteilung von Kunststoffen

Kunststoffe werden aufgrund einiger dieser Eigenschaften in drei große Gruppen eingeteilt, die aber nicht chemisch unterlegt sind

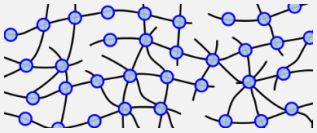
Hauptgruppen von Kunststoffen / (Einteilung nach dem mechanisch-thermischen Verhalten)

- **Thermoplaste**



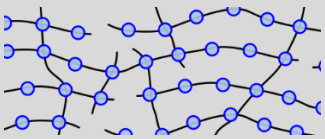
lassen sich in bestimmten Temperatur-Bereichen – meist auch beliebig oft - reversibel (thermo-)plastisch verformen
bei höheren Temperaturen erfolgt eine Zersetzung oder Entzündung des Thermoplast's
Thermoplaste lassen sich schweißen (durch Hitze verkleben)
Herstellung durch Polymerisation oder Polykondensation
bestehen aus unvernetzten, oft teil-kristallienen Polymer-Molekülen

- **Duroplaste**



Temperatur-beständige, harte, spröde Kunststoffe
engmaschig vernetzte Polymere mit vielen Verknüpfungs-Punkten
Herstellung meist durch Poly-Kondensation, aber auch Polyaddition möglich
Verwendung oft in Verbund-Werkstoffen (z.B. Sprelakat,)

- **Elastomere**



Form-feste, aber elastisch verformbare Kunststoffe
bei steigender Temperatur Anstieg der Elastizität
weiter steigende Temperaturen brechen Verknüpfungen auf und lassen die elastischen Eigenschaften dann geringer werden
Herstellung durch Vulkanisation
weitmaschig vernetzte Polymere mit wenigen Verknüpfungs-Punkten

Duroplaste

historisch auch die "erste" Gruppe von Kunststoffen
oft mit den Kunstharzen zusammen betrachtet

hart, Schlag-empfindlich, spröde

bleiben bei Wärme-Einwirkung lange Form-stabil, lassen sich nach der Formgebung nicht mehr bei Temperatur-Erhöhung verformen (hohe thermomechanische Stabilität / Festigkeit)
Moleküle relativ kurzkettig bzw. mit vielen Querverbindungen oder Verzweigungen, amorphe, untrennbare Strukturen; nicht schmelzbar
allgemein nicht brennbar (bei hohen Temperaturen Zersetzung durch Pyrolyse)
lassen sich nur spanend bearbeiten (z.B. Bohren, Sägen, …)

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Beispiele: Lichtschalter, Wandsteckdosen (feste Isolatoren), Trabant-Karosserie, Schutzhelme, Topf-Griffe, Brems-Beläge

chemische Beispiele

Abk.	chemischer Name	mögl. Handelsnamen	typische Artikel / Beispiele	
PUR (PU)	Polyurethan			

Definition(en): Duroplaste
Duroplaste sind Kunststoffe mit einem sehr hohen dreidimensionalen Vernetzungs-Grad.

Thermoplaste

fest, aber nicht unbedingt steif
gewissen Flexibilität vorhanden
thermoelastisch (in einem bestimmten Temperatur-Bereich können sie in der Form verändert werden, bei erneuter Erwärmung (ohne Form-Druck) nehmen sie (teilweise) wieder die Ursprungs-Form an) → Formlinge für Joghurt-Becher usw.
in einem etwas höheren Temperatur-Bereich sind sie dann "nur" noch thermoplastisch, sie können beliebig verformt werden, verbleiben bei erneuter Erwärmung aber in der neuen Form
verformen sich beim Erwärmen (relativ langestreckte Faser-förmige Moleküle mit wenig oder keinen Querverbindungen zwischen den Molekülen)
haben Glas-(Übergangs-)Temperatur (Übergang von der festen Form in eine zähflüssige bis gummiartige)
Kristall-ähnliche Strukturen möglich
viele Thermoplaste sind fließfähig, dadurch verschweißbar, mit sich selbst verklebbar

typische Beispiele: LEGO-Bausteine, Linoleum (Fußboden-Belag),

chemische Beispiele:

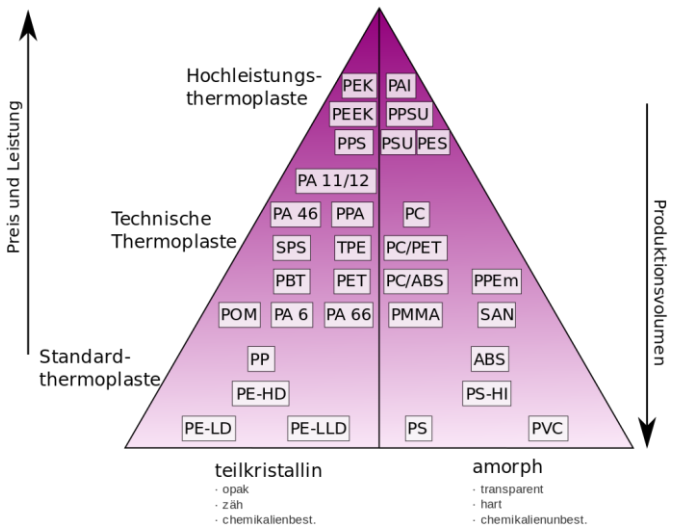
Abk.	chemischer Name	mögl. Handelsnamen	typische Artikel / Beispiele	
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrole			
PA	Polyamide			
PLA	Polyacetate			
PMMA	Polymethylmethacrylate			
PC	Polycarbonate			
PET	Polyethylenterephthalate			

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

PE	Polyethylene, Polyethene			
PP	Polypropylene			
PS	Polystyrole	Styropor	Fassaden-Isolier-Material	
PEEK	Polyetheretherketone			
PVC	Polyvinylchlorid			
	Zelluloid		früher Film-Material, Kinder-Puppen	

Definition(en): Thermoplaste
Thermoplaste sind Kunststoffe aus lang-kettigen, nicht vernetzten Makromolekülen.

Definition(en): Glas-Übergangs-Temperatur
Die Glas-Übergangs-Temperatur ist die Temperatur, bei der ein zäh-elastischer (Thermo-)Plast in den plastsich formbaren Zustand übergeht.
Die Glasübergangstemperatur ist die Temperatur, bei der ein fester, amorpher, Glas-artiger Polymer in den weichen, Leder-artigen Zustand übergeht.
Die Glasübergangstemperatur ist die Temperatur, bei der ein Kunststoff die größte Änderung der verformbarkeit aufweist.



Einteilung der Thermoplaste
Q: de.wikipedia.org (Minihaa)

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Elaste / Elastomere

umgangssprachlich, im Volksmund "Gummi's"
elastisch verformbar (Glas-Übergangspunkt unter Einsatz-Temperatur)
bei äußeren Druck- und / oder Zug-Kräften werden Formen elastisch verformt, d.h. sie nehmen nach dem Entzug der Kräfte wieder ihre Ursprungs-Form an
im Vergleich zu metallischen Federn wird die Energie aber nicht gespeichert, sondern als Wärme abgegeben
typische Elaste sind nicht schmelzbar
die thermoplastischen Elaste verhalten sich wie Thermoplaste (z.B. Ersatz-Korken auf Wein-Flaschen))
Elaste werden bei tieferen Temperaturen oft glashart und spröde

bei Zimmertemperatur Gummi-weich / -ähnlich
beim Erhitzen schrumpfen Elastomere, werden aber nicht weich / flüssig, zersetzen sich beim weiteren Erhitzen

Beispiele: Reifen, Haar- und Haushalts-Gummi's, Dichtungen

chemische Beispiele

Abk.	chemischer Name	mögl. Handelsnamen	typische Artikel / Beispiele	
	Naturkautschuk			
	Silikonkautschuk			

Definition(en): Elaste / Elastomere
Elastomere sind Kunststoffe aus weit-maschig vernetzten Makromolekülen.
Elastomere sind Kunststoffe, die elastisch (Gummi-artig) verformbar sind und sich zumeist beim Erhitzen zersetzen.

Exkurs: eine Wärmekraftmaschine aus einem Elast
durch einseitiges Erwärmen eines Rades mit Elastomer-Speichen kommt es zu einer einseitigen Verkürzung der Speichen dadurch verändert sich der Schwerpunkt und das Rad dreht sich

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

verallgemeinerter Vergleich von Kunststoff-Typen

	Thermoplaste	Elastomere	Duroplaste
Struktur	Monomere mit 2 reaktiven Gruppen		Monomere mit 3 reaktiven Gruppen
	lineare, kaum verzweigte Polymere	dreidimensional vernetzte Polymere	dreidimensional vernetzte Polymere
	amorphe und kristalline Bereiche	dehnbare Struktur-Einheiten zwischen den Vernetzungs-Punkten	
	zwischen den Polymeren VAN-DER-WAALS-Kräfte sowie Wasserstoff-Brücken-Bindungen	intermolekulare Atom-Bindungen	intermolekulare Atom-Bindungen
Eigenschaften	erweicht beim Erwärmen		bei höheren Temperaturen Zersetzung
	plastisch formbar	elastisch verformbar	nicht verformbar
	zähelastisch		hart, spröde

Verarbeitungs-Möglichkeiten bei den Kunststoffen

	Thermoplaste	Elastomere	Duroplaste
Temperatur-Verhalten	schmelzbar	nicht schmelzbar	nicht schmelzbar
	warm umformbar	nicht warm umformbar	nicht warm umformbar
	schweißbar	nicht schweißbar	nicht schweißbar
Stabilität	nicht formstabil plastisch	begrenzt formstabil elastisch	formstabil plastisch
	quellbar	quellbar	schwach quellbar
Lösungs-Verhalten -- in organischen Lösungsmitteln	löslisch	unlöslich	unlöslich
-- in Wasser	nicht löslich	nicht löslich	nicht löslich
mechanische Bearbeitbarkeit	sägbar bohrbar	nicht sägbar nicht bohrbar	sägbar bohrbar
Klebe-Verhalten	mit lösendem Klebstoff verklebbar	nicht klebbar / teilw. mit lösenden Klebstoffen	mit Kontaktklebstoffen

weitere Einteilungs-Möglichkeiten

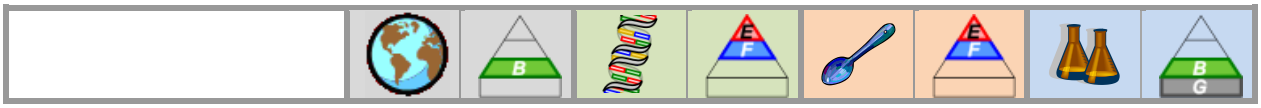
nach der Bildungs-Reaktion / nach dem Herstellungs-Prinzip	
• **Polyaddition**	→ Polyaddition
• **Polymerisation**	→ Polymerisationen
• **Polysubstitution**	→ Polysubstitutionen

nach Anteil natürlicher und künstlicher Bestandteile	
• **halb-synthetisch**	natürliche Monomere als Rohstoff
•	Derivate natürlicher Polymere
• **voll-synthetisch**	künstliche (chemisch hergestellte) Monomere als Rohstoffe

Anzahl verschiedener Rohstoffe (Monomere)	
• **Polymere (Homopolymere)**	meint Polymere, die nur aus einem Rohstoff hergestellt werden
• **Co-Polymere (Heteropolymere)**	werden aus zwei oder mehr Monomeren hergestellt
• **statischtische Co-P.**	Bestandteile (Monomere) sind zufällig (in der Faser / im Polymer) angeordnet
• **alternierende Co-P.**	die Monomere wechseln sich immer ab
• **Block-Copolymere**	
• **Pfropf-Copolymere**	
•	

•	
•	
•	

4.3.1. Kunststoffe aus Natur-Rohstoffen



Praxis-Bezug

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
?

Entweder aus natürlichen Monomeren hergestellt oder es handelt sich um Derivate natürlicher Polymere.

4.3.1.1. Celluloid

4.3.1.2. Gummi

Natur-Kautschuk

getrockneter weißer Latex-Saft
wird spröde

1839 entdeckte Charles GOODYEAR, dass Natur-Kautschuk mit Schwefel und einer Prise Bleiweiß bei einer Temperatur von 150 °C einen langlebigen, sehr elastischen Elast (Gummi) bildet
ganz zur Freude seiner Frau machte er die Experimente in der heimischen Küche im Backofen
GOODYEAR selbst konnte aus seinen angemeldeten Patenten allerdings keine finanziellen Gewinne machen. Es war John DUNLOP, der dann den Gummi für seine Luft-gefüllten Reifen benutzte, der dann mit der steigenden Auto-Produktion große Erfolge feierte.
Vulkanisation

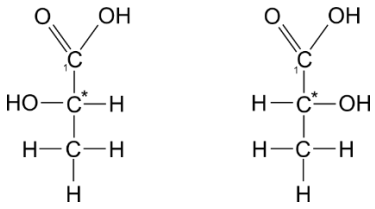
4.3.1.3. Polymilchsäure, Polylactide (PLA)

polylactic acid
Polylactide

Begriff Polymilchsäure laut IUPAC falsch, da es sich nicht um ein Polymer mit sauren Resten handelt; besser Polymilchsäureester

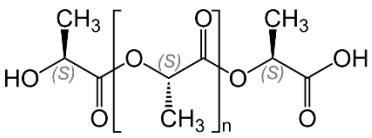
Biopolyester, recyclingfähig

Thermoplast, biokompatibel

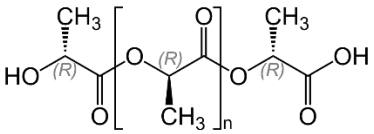


Monomer Milchsäure
L- und D-Stereo-Isomere
Q: de.wikipedia.org ()

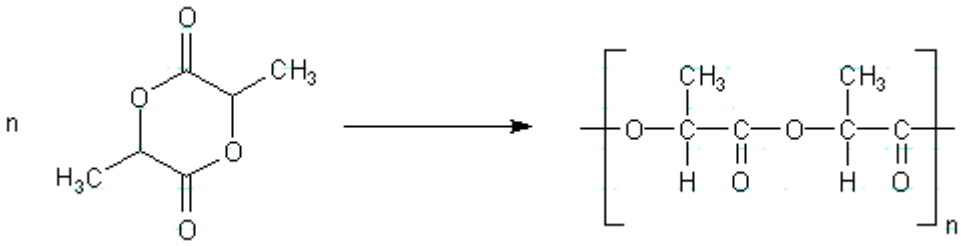
Milchsäure (5 ml) mit Zinn(II)-chlorid (Spatelspitze) erwärmen das flüssige Gemisch dann in Schale oder auf Alu-Folie ausgießen



ermöglicht z.B. Fahrrad-Helme, die nur aus einem Material bestehen
(herkömmliche) Helme bestehen aus mind. 4 verschiedenen Materialien, die sich kaum voneinander trennen lassen
die meisten Helme landen deshalb nach 3 bis 5 Jahren Nutzung in der Verbrennungs-Anlage



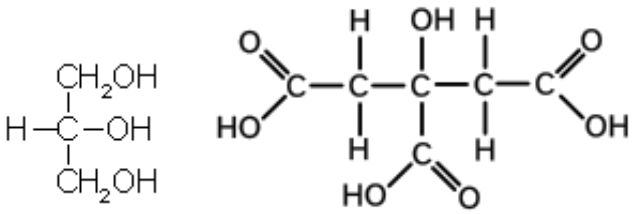
Q: de.wikipedia.org (Jü)



Milchsäure-Dimere polymerisieren über eine Ring-Öffnungs-Reaktion
Q: http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/exp_neu.php?id=1848

4.3.1.x.

4.3.1.x. Polymer aus Citronensäure und Glycerol

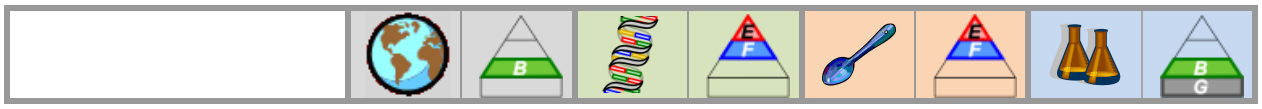


Monomere Glycerol und Citronensäure
(Propan-1,2,3-triol) u. (2-Hydroxypropan-1,2,3-tricarbonsäure)

Zitronensäure + Glycerol
2 g 0,3 ml (mit Holzstäbchen mischen)
erhitzen (bis zum Sieden)
Pöykondensation
im geschmolzenen Zustand kann man mit dem Holzstäbchen Fäden ziehen
weißes Produkt (Polyester)
Thermoplast

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

4.3.2. voll-synthetische Kunststoffe



Praxis-Bezug

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
?

Erzeugung erfolgt aus einfachen Grund-Chemikalien, die mit sich selbst oder einer anderen einfachen Grund-Chemikalie mehrfach hintereinander reagieren können.
Dafür gibt es chemisch gesehen mehrere Reaktions-Möglichkeiten:

- **Polyaddition** — Monomere enthalten entweder in sich zwei verschiedene funktionelle Gruppen oder zwei verschiedene Monomere mit doppelten funktionellen Gruppen reagieren über wiederholte Additionen zu Makro-Molekülen
- **Polymerisation** — Monomere enthalten eine Mehrfach-Bindung, die mit der Mehrfach-Bindung eines anderen Monomer-Molekül's unter Bildung einer Kette oder eines Netzwerkes reagieren können (Spezialfall der Polyaddition)
- **Polysubstitution Polykondensation** — Monomere enthalten entweder in sich zwei verschiedene funktionelle Gruppen oder zwei verschiedene Monomere mit doppelten funktionellen Gruppen reagieren über wiederholte Substitionen zu Makro-Molekülen
  meist kommt es dabei zur Abspaltung kleinere Moleküle (→ Kondensation) z.B. von Wasser (→ Dehydratisierung, Veresterung, Peptid-Bildung, …)

Die Grundtypen der Poly-Reaktionen haben wir schon vorne einleitend besprochen (→ 4.1. Bildungsreaktionen).

Durch spezielle Stoffe oder Bedingungen wird die Poly-Reaktion befördert. Das sind z.B. Radikal-Bildner, Katalysatoren oder Säuren bzw. Basen.
Ein und derselbe chemische Kunststoff kann häufig über verschiedene Reaktions-Untertypen hersgestellt werden. Oft unterschieden sich die speziellen Stoff-Eigenschaften erheblich.
Verschiedene Reaktions-Untertypen führen z.B. zu unterschiedlich langen Ketten oder unterschiedlich vernetzten Strukturen. Einige dieser Untertypen erklären wir bei ausgewählten Kuststoff-Beispielen.

Kunststoffe lassen sich mit anderen Stoffen mischen, kombinieren und / oder zur Reaktion bringen. So entstehen Materialien mit sehr speziellen und z.T. extremen Eigenschaften für spezielle Anwendungen.
Auch mit hoch-energetischer Strahlung lassen sich die Eigenschaften weiter verändern.

Durch Zusätze an Farbstoffen, Weichmachern, … werden die Grund-Kunststoffe weiter veredelt.

Zusätze (Additive) für Kunststoffe

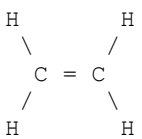
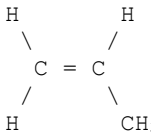
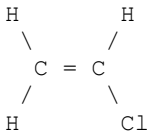
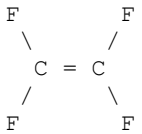
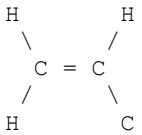
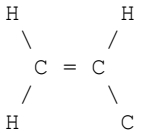
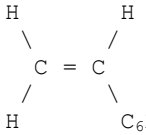
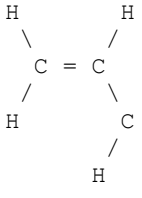
- **Farbstoffe**
- **Weichmacher**
-

Die praktisch unendlich vielen Kunststoffe bzw. deren veredelte Formen machen es sehr schwer ein effektives Recycling zu organisieren. Die Trennung der einzelnen Typen ist sehr schwer, da typische Trenn-Eigenschaften, wie Dichte, Löslichkeit oder Schmelz-Temperatur zu dicht beieinander liegen.
Die wenigsten Kunststoffe sind biologisch in annehmbarer Zeit abbaubar. Eine einfache Einkaufs-Tasche aus Polyethylen braucht gut 500 Jahre für die Zersetzung.
Leider landen deshalb noch viel zu viele Kunststoff-Abfälle in der Verbrennungs-Anlage. Ihr Verbrennungs-Wert ist sehr hoch. Bei einigen Monomeren oder Zusätzen mit Chlor muss aber bei der Verbrennung auch mit der Bildung von Salzsäure oder giftigen Chlor-Derivaten gerechnet werden.

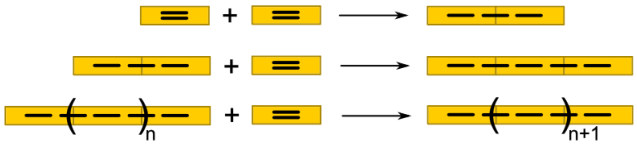
Dreiecks-Symbol aus Recycling-Pfeilen mit innenliegender Ziffer
1 .. PET .. Polyethylenphthalat
2 .. HDPE .. (Hochdruck-)Polyethylen
3 .. V, PVC .. Polyvinylchlorid
4 .. LDPE .. (Niederdruck-)Polyethylen
5 .. PP .. Polypropylen
6 .. PS .. Polystyren
7 .. andere

In den letzten Jahren ist ein Phänomen sehr stark in den Blick der Forschung und der Öffentlichkeit gelangt – das sogenannte Mikroplastik. Gemeint sind damit keine speziellen Kunststoffe, sondern sehr kleine Partikel der verschiedenen Stoffe.

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Monomer(e)	Struktur	Eigenschaften	Polymerisations-Produkt(e)
Ethen (Ethylen)		gasförmig	Polyethen, PE Polyethylen, Lupolen, Hostalen, Baylon, LDPE HDPE
Propen (Propylen)		gasförmig	Polypropen, PP Polypropylen
Monochlorethen Vinylchlorid		gasförmig	Polyvinylchlorid, PVC
Tetrafluorethen		gasförmig	Teflon ®, Hostalon
Acrylnitril			Acryl, Orlon, Dralon, Acrilan
Methacrylsäure-methylester			Plexiglas
Styren (Styrol)			Polystyren, PS Polystyrol, Styropor
Buta-1,3-dien ()			Synthese-Kautschuk

klassische Version: radikalische Polymerisation

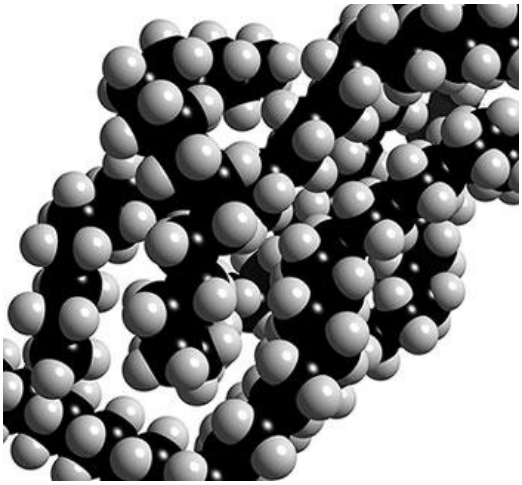


Grund-Prinzip der Polymerisation

Kunststoffe nur aus Alkenen

auch Polyolefine
Massen-Gruppe der Thermoplaste

Polyethylen (PE)



Q: www.3dchem.com

Thermoplast

Hochdruck-Polyethylen (PE-HD)
seit 1939 produziert ???
kaum verzweigt
Folien, Fasern, Hohlkörper

Niederdruck-Polyethylen (PE-LD)
seit 1955
mehr Verzweigungen
weich
Folien, Hohlkörper, Flaschen-Kästen

die berühmte Einkaufs-Tüte war / ist aus PE
Problem ist extrem lange Dauer des Abbau's in Müllhalden oder der freien Natur (geschätzt bis zu 500 Jahre)

bei PE-X
werden nachträglich zusätzliche Verzweigungen und Vernetzungen eingebaut
thermisch stärker belastbar

Niederdruck-Polyethylen (PE-LD)

Herstellung / Bildung:

Polymerisierung von Ethen

Eigenschaften:

- Dichte 0,91 – 0,94 g/cm^3
- durchscheinend
- wachs-artiger Griff, mit dem Fingernagel ritzbar
- Gebrauchs-Temperatur 60 – 70 °C
- bei Zimmer-Temperatur von keinem Lösungsmittel angreifbar
- beständig gegen Säuren und Basen
- beständig gegen Öl
- schweißbar
- brennt mit heller Flamme (blauer Kern), tropft brennend ab, riecht nach Paraffin
- elektrisch isolierend (leitet den elektrischen Strom nicht)
- …

Verwendung:

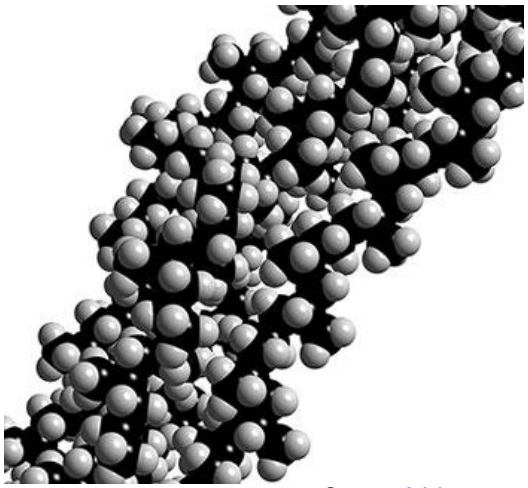
- Massenwaren (Eimer, Schüsseln, …)
- Elektro-Teile; Schrumpffolien
- Tragetaschen
- Folien für die Landwirtschaft
- Verpackungen
- …

neuerdings lässt sich Polyethylen auch aus natürlichen Rohstoffen herstellen
dazu werden vergärbare Kohlenhydrate (z.B. Zuckerrüben, Obstreste, …) benutzt
diese werden vergoren
das Bio-Ethanol wird dann durch Dehydrierung zur Bildung von Ethen gebracht
diese kann dann nach den üblichen (gerade besprochenen) Verfahren polymerisiert werdn

diverse PE-Arten entwickelt (mit z.T. sehr unterschiedlichen Eigenschaften):

- PE-LLD (LLDPE)
- PE-HMW
- PE-UHMW
- PE-X

Polypropylen (PP)



Q: www.3dchem.com

1957

Makro-Molekül enthält immer kurze Seitenkette (Methyl-Gruppe)

Fasern, Seile, Rohre, Flaschen-Kästen
medizinische Geräte, Gehäuse von Auto-Batterien, Haushalts-Gegenstände

Herstellung / Bildung:

Eigenschaften:

- Dichte g/cm^3
- …

Verwendung:

- …

Polybutadien ()

ganze Gruppe von Kunststoffen
Monomer ist 1,3-Butadien (Buta-1,3-dien)
durch unterschiedliche Herstellungs-Verfahren werden verschiedenartige Anordnungen der Monomere und der verbleibenden Doppel-Bindungen im Fertigprodukt erreicht
die Anordnung der Molekül-Reste bestimmt stark über die Kunststoff-Eigenschaften
die verbleibenden Doppelbindungen können für weitere Reaktionen genutzt werden

Herstellung / Bildung:

anionische Polymerisation von Butadien:

Initiierung mit Butyllithium

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

radikalische Polymerisation von Butadien:
ausgeführt als Emulsions-Polymerisation, um statistisch günstige Verteilungen der Struktur-Einheiten (Zwischen-Produkte) zu erreichen; gearbeit wird bei 5 °C

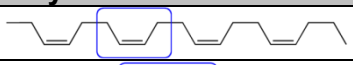
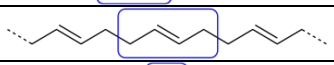
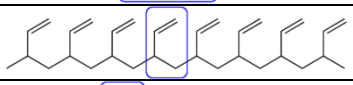
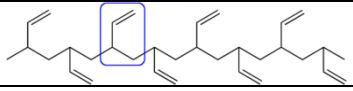
Setzt man Wasserstoffperoxid als Initiator ein, dann erhält man wegen des möglichen Ketten-Abbruchs mit OH-Radikalen, kurz- bis mittel-kettige Diole. Diese werden z.B. zur Herstellung von Polyurethanen verwendet.

Aufgaben für die gehobene Anspruchsebene:

1. ***Stellen Sie das Reaktionsschema für die radikalische Polymerisation von 1,3-Butadien mit Wasserstoffperoxid als Initiator auf! Beschränken Sie sich auf die Bildung von Produkten mit zwei Monomeren! Benennen Sie die möglichen Produkte!***
2.

koordinative Polymerisation von Butadien:

Bei der koordinativen Polymerisation werden durch stereo-spezifische Katalysatoren vornehmlich 1,4-cis-Strukturen erzeugt. Die Produkte lassen sich mit Natur- und / oder Kunstkautschuk zu Elasten vulkanisieren.

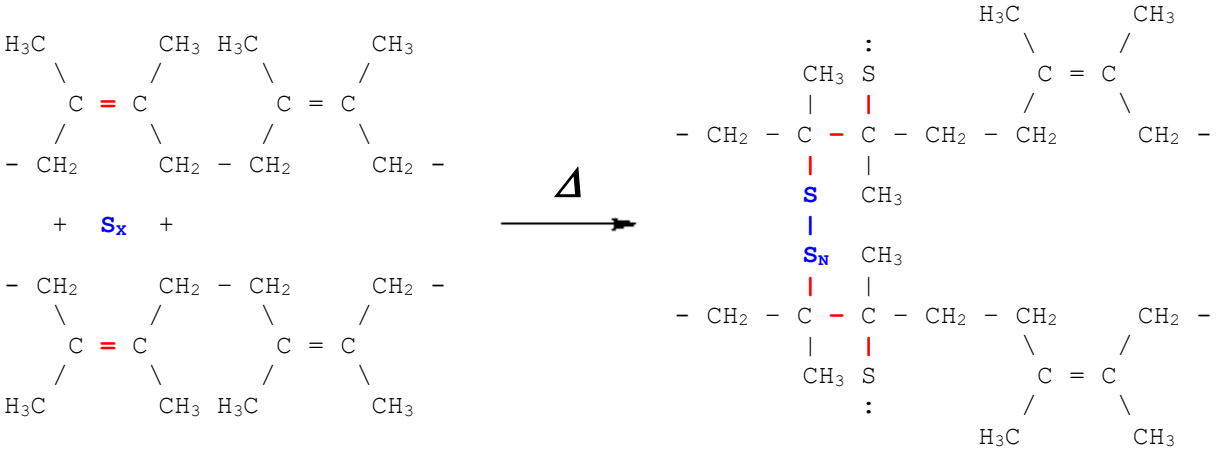
Polymer-Struktur	Bezeichnung / Name	Bemerkungen / Hinweise
	cis-1,4-Polybutadien	
	trans-1,4-Polybutadien	
	isotaktisches 1,2-Polybutadien	
	syndiotaktisches 1,2-Polybutadien	

Q: Strukturen: de.wikipedia.org (Jü)

Vulkanisation von Polybutadien

Die bei der Herstellung durch Polymerisierung noch verbleibende Doppel-Bindung kann für verschiedenste Weiter-Reaktionen genutzt werden. Besonders interessant ist hierbei die Vulkanisation. Dabei werden aus den thermoplastischen Polybutdienen durch Verknüpfung / Vermaschung der Molekül-Ketten Elastomere.
Von besonderer Bedeutung ist dabei die Vulkanisation mit Schwefel. Der Schwefel reagiert mit den Doppel-Bindungen unter Ausbildung von Schwefel-Brücken zwischen den Molekülen. Diese klassische Vukanisation wurde von Charles Nelson GOODYEAR 1839 entwickelt.

Gefunden hat dieses Verfahren durch ein Mißgeschick. Beim Erhitzen von Naturlatex fiel eine Tüte Schwefel in den Topf. Nach dem Ende des Erhitzen fand GOODYEAR eine Gummi-artige Masse vor.



Die Rohmasse aus Natur- und / oder Kunst-Kautschuk, Schwefel sowie Füllstoffen wird in die Produkt-Form (z.B. Auto-Reifen) gepresst und dann Temperaturen von 120 bis 160 °C (Heiß-Vulkanisation) ausgesetzt.
Der Schwefel bildet Brücken zwischen den Molekülen. Die Menge und die Art der zugesetzten Schwefel-Quelle sowie die Verwendung weiterer Zusatz- undd Füllstoffe bestimmt die elastischen Eigenschaften des Gummi's. Weitere wichtige Faktoren sind die Dauer und die Temperatur der Vulkanisation.
Mit Dischwefeldichlorid als Schwefel-Quelle kann auch bei niedrigen Temperaturen (ca. 20 °C) eine Kalt-Vukanisation durchgeführt werden. Diese Methode wird z.B. für die Produktion von Folien, Handschuhen oder gummierten Geweben benutzt.
Neben der Schwefel-Vulkanisation gibt es auch andere Verfahren mit anderen Vernetzungs-Stoffen. Einige Butadien-Kautschuke (z.B. Styrol-Butadien-Kautschuk) können mit sich selbst vulkanisiert werden.

Definition(en): Vulkanisation
Vulkanisation ist ein Verfahren, bei dem durch bestimmte Stoffe (z.B. Schwefel) aus Latex, Kautschuk oder ähnlichen Thermoplasten eine dreidimensionale Vernetzung der Moleküle erreicht wird. Das Produkt ist dann ein Elast(omer) ("Gummi").

bis 4 % Schwefel führt zu Weich-Gummi

über 25 % Schwefel erzeugt Hart-Gummi (z.B. Auto-Reifen)

für die Gummi-Herstellung wurde zuerst (1909) 2-Methylbuta-1,3-dien (Isopren) verwendet
ab 1925 dann Buta-1,3-dien
ab 1930er Jahre dann Gemeisch aus Buta-1,3-dien und Styren

Eigenschaften:

- Dichte g/cm^3

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

- …

Verwendung:

- …

Aufgaben:

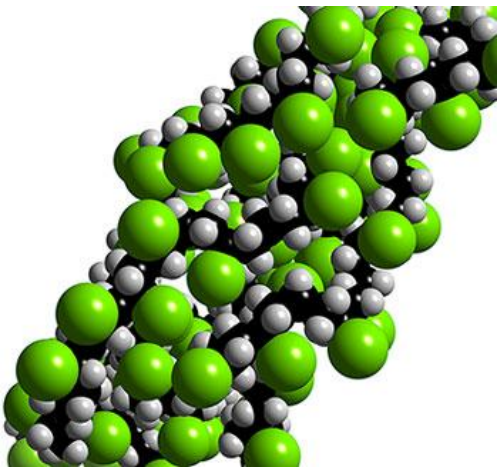
1. *Kennzeichnen Sie den Reaktions-Typ der Vulkanisation!*
2. *Setzen Sie die Vulkanisation jeweils an den zweiten Doppelbindungen fort!*
3. *Handelt es sich bei dem (oben angegebenen) Ausgangsstoff um eine cis- oder trans-Verbindung? Begründen Sie Ihre Meinung!*
4. *Stellen Sie die Struktur-betonte Reaktions-Gleichung für die andere (trans- bzw. cis-)Verbindung auf!*

für den gehobenen Anspruch:

5. *Geben Sie eine Reaktions-Gleichung mit Gitterstruktur-Formeln für die Vulkanisation an! (Es kann das obige Beispiel genutzt werden!)*

Kunststoffe nur aus Alken-Derivaten

Polyvinylchlorid (PVC, V)

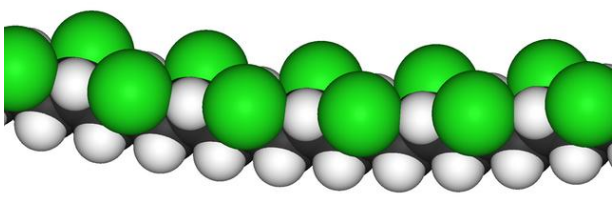


Q: www.3dchem.com

begünstigt wurde die Herstellung von PVC u.a. durch die Rohstoff-Knappheit in Deutschland nach dem ersten Weltkrieg und der reichlichen Produktion von Chlor. Chlor war damals ein weniger geliebtes Nebenprodukt bei der Herstellung von Natriumhydroxid aus Natriumchlorid (durch Elektrolyse). Viele Chemiker sahen PVC damals als eine gute Chlor-Senke an.

gut mit diversen Zusatzstoffen (Weichmacher, Farbe, Kreide) in den Eigenschaften wandelbar

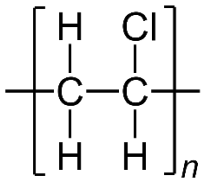
Bei der Verbrennung von PVC ensteht neben Chlorwasserstoff auch Chlor. Dies ist ein großes Umwelt-Problem.



Q: de.wikipedia.org

Herstellung / Produktion:

Ausgangsstoff: Vinylchlorid (Chlorethen)



Struktur-Einheit
Q: de.wikipedia.org (Jü)

Eigenschaften:

- Dichte 1,38 – 1,4 g/cm^3
- klar durchsichtig
- hart, steif; in der Kälte spröde; klingt beim Fallenlassen hart (aber nicht nach Blech)
- beim Knicken entsteht weiße Kante (Weißbruch (Zeichen für Überbelastung)
- Gebrauchs-Temperatur bis 65 °C
- anlösbar mit Aceton, Ester, Flecken-Entfernungsmitteln
- beständig gegen Säuren und Basen
- neständig gegen Alkohol, Öl und Benzin
- schweißbar
- klebbar
- brennt mit gelber, rußender Flamme; Flamme oft grünlich (Chlor); riecht ätzend (Chlorwasserstoff)
- Verbrenungs-Gase bilden mit Wasser Salzsäure
- …

Verwendung:

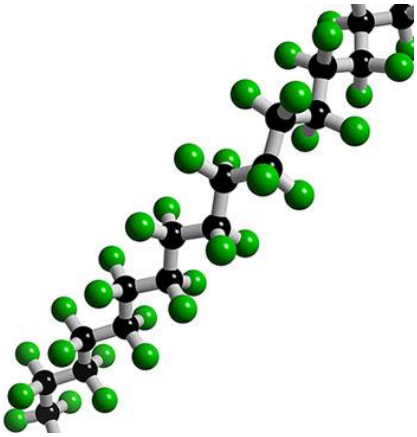
- Bodenbeläge
- Rohre, Dachrinnen, Fassaden-Verkleidungen, Rollladen
- Getränke-Flaschen
- Rohlinge für Magarine-, Joghurt-, …-Becher
- Profile für Fensterrahmen
- Schaumstoffe
- …

Teflon

PTFE
Polytetrafluorethen, Polytetraethylen

1938 zufällig bei der Suche nach Kältemitteln für Kühlschränke von Roy PLUNKETT entdeckt

unverzweigt, linear
chemisch sehr beständig (inert)
auch beständig gegen Königswasser
nur gegen Lösungen von Alkalimetallen in Ammoniak unbeständig (diese sind extrem starke Reduktionsmittel)
selbst sehr Reaktions-träge (grund ist das sehr stark elektronegative Fluor, dessen Bindungen kaum aufzubrechen sind)
weiterhin kinetische Hemmung durch "Fluor-Hülle"
gute Gleit-Eigenschaften, praktisch gibt es keine Stoffe, die an Teflon haften
Thermoplast mit vielen Hinwendungen zu einem Duroplast über einen sehr großen Temperatur-Bereich beständig (auch bei sehr tiefen Temperaturen (bis -270 °C))



Q: www.3dchem.com

physiologisch unbedenklich → Verwendung im Lebensmittel-Bereich (Schläuche, Beschichtungen, …)

ab 1941 industriell produziert

Pfannen-Beschichtung (Patent 1954), Isolierungen, Verkleidung von Reaktions-Gefäßen (Reaktoren) (z.B. im Manhatten-Projekt zum Trennen von stark korrosiv wirkendem Uranhexafluorid)

nicht brennbar, bei sehr großer Hitze zersetzt sich das Material
entstehende Gase sind giftig
Polymerisation mit Start durch Peroxide, hohe Drücke notwendig

Herstellung / Bildung:

Eigenschaften:

- Dichte g/cm^3
- …

Verwendung:

- …

Polyacryl (PMMA), Acryl-Glas, Plexiglas (MMA … Methylmethacrylat)

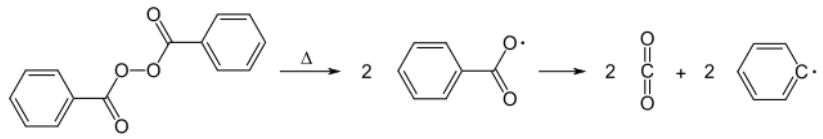
Thermoplast

polymerisiertes Methacrylsäuremethylester (Methylmethaacrylat, MMA)

2-Methylprop-2-ensäuremethylester

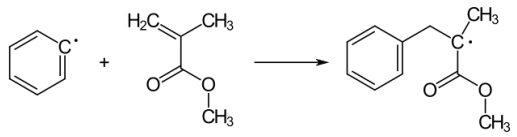
Plastik-Glas, Brillengläser, Gießharz, Kontaktlinsen, Knochenzement (zur Befestigung von Knochen-Implantaten und Kunstgelenken); Nagellack; Farben-Grundlage (Acryl-Farben), Stein-Kitt / Stein-Ersatzmörtel

Herstellung / Bildung:
Ketten-Start:
mit organischen Peroxiden / Initiatoren (z.B. Dibenzoylperoxid) → Bildung von Radikalen

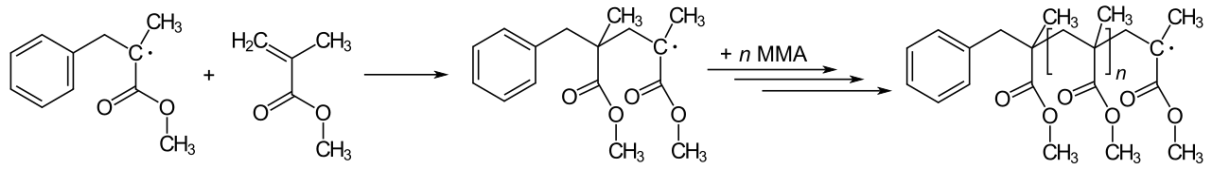


Q: de.wikipedia.org (Roland.chem)

Ketten-Verlängerung
Grundstoff: Methacrylsäuremethylester



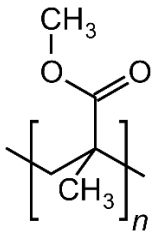
MMA



MMA

Q: de.wikipedia.org (Roland.chem)

Ketten-Abbruch:
durch Kombination / Reaktion von zwei Radikalen miteinander



Struktur-Baustein
vom Polyacryl
Q: de.wikipedia.org (Roland.chem)

Eigenschaften:

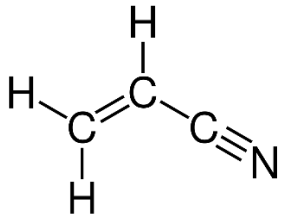
- Dichte 1,18 – 1,32 g/cm^3
- unverzerrt durchsichtig

- hart, steif (in kleinen Grenzen biegsam), klingt beim Fallen wie Holz
- Gebrauchs-Temperatur 90 -100 °C
- brennt leuchtend mit knisternder Flamme; ev. auch tropfend; riecht fruchtartig
- beständig gegen Fette und schwache Basen
- …

Verwendung:

- Groß-Aquarien; durchsichtige Badewannen
- Lampen-Schalen
- Schuß-feste Verglasung für Banken
- Uhrenggläser, (durchsichtige) Abdeckungen von Geräten / Display's
- Brillen-Gläser; Linsen
- Kontakt-Linsen
- Fahrzeug-Verglasung; Windschutz-Scheiben von Motorrädern; Schutzscheiben an Kassen, Tresen, Raum-Beschriftungen, …
- Auto-Lampen-Gehäuse
- Guß-Masse für Einschluß-Objekte
- …

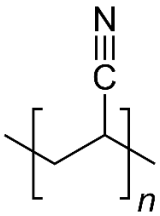
Polyacrylnitril (PAN)



Monomer Acrylnitril
Q: de.wikipedia.org (ChemSim)

Herstellung / Bildung:

radikalische Polymerisation



Struktur-Einheit von Polyacrylnitril
Q: de.wikipedia.org (Roland 1952)

Eigenschaften:

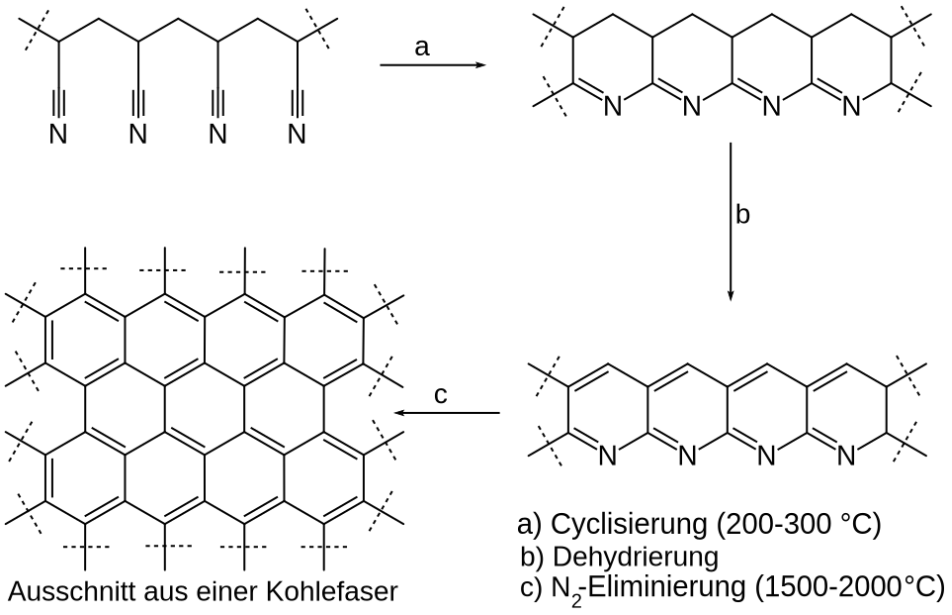
- Dichte 1,14 – 1,18 g/cm^3
- unschmelzbar
- Schmelz-Temperatur über Zersetzungs-Temperatur
- Glas-(Übergangs-)Temperatur 105 °C
- nur in wenigen speziellen (hochpolaren, organischen) Lösungsmittel (Pyridiumbenzylchlorid, Dimethylformamid (DMF), starken Basen) löslich
- bei Verbrennung wird sehr giftige Blausäure frei
- …

nachteilige Eigenschaften bei der Verwendung als Textil-Faser

- nur bei unter 40 °C waschbar (→ 30 °C-Wäsche)
- nicht für den Trockner geeignet
- bügelbar nur auf niedrigster Stufe
- keine Chlorbleiche möglich
- nur kationische Farbstoffe möglich
- …

Verwendung:

- als Woll-Ersatz in Textilien
- Ausgangsstoff für die Herstellung von Cohlenstoff-Fasern
- …



Herstellungs-Schritte für die Bildung von Cohlenstoff-Fasern aus Polyacrylnitril
Q: de.wikipedia.org (Kopiersperre)

Kunststoffe nur aus aromatischen Monomeren

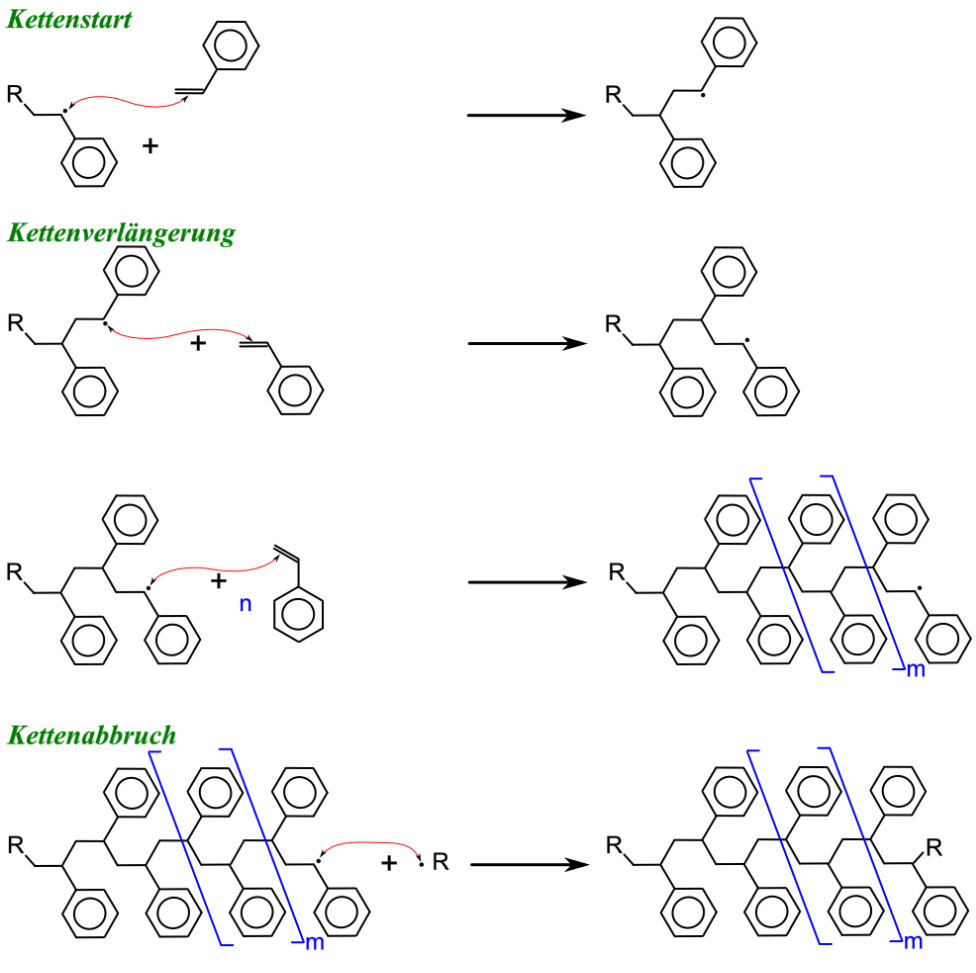
Polystyrol, Polystyren (PS)

1930 entwickelt
Thermoplast

Verpackungen, Isolations-Platten (thermische Isolierung von Gebäuden usw.)

radikalische Polymerisation / Polyaddition

Herstellung / Bildung:



anionische Polymerisation / Polyaddition

z.B. bei Buta-1,3-dien
Start mit Natrium-Ionen aus starker / konzentrierter Base

Carb-Anion

kationische Polymerisation / Polyaddition

z.B. Styren
Start mit starker Säure (Schwefelsäure) → Proton als Elektrophil

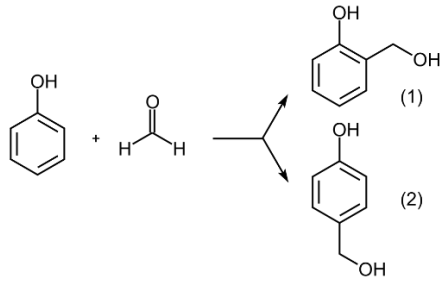
Eigenschaften:
- Dichte 1,04 – 1,05 g/cm^3
- voll transparent
- hart, spröde, klingt beim Fallen wie Blech
- Gebrauchs-Temperatur bis 70 °C
- brennt flackernd, gelb leuchtend, stark rußend; riecht nach Styrol (Styren) leicht süßlich
- löslich durch Benzin und viele organische Lösungsmittel
- beständig gegen Säuren, Basen, Alkohol und Öl
- klebbar
- …

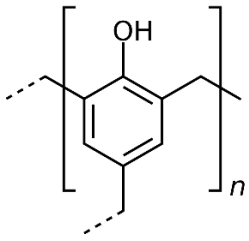
Verwendung:
- transparente Massen-Artikel (Wäscheklammern, Einweg-Geschirr)
- Messbecher
- Kühlschrank-Gefäße und -Boxen (Fächer, Schubladen)
- …

Phenolharz / Phenoplast (PF)

härtet bei der Herstellung in der Form aus

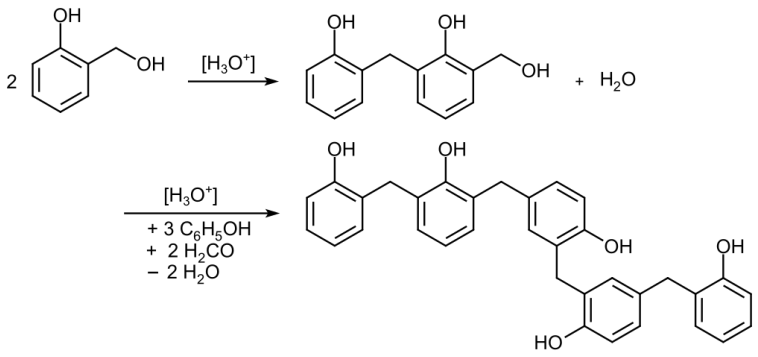
Herstellung / Bildung:
durch Polykondensation (Prinzip: → Polykondensation)
Ausgangsstoffe: Phenol und Formaldehyd (Methanal)





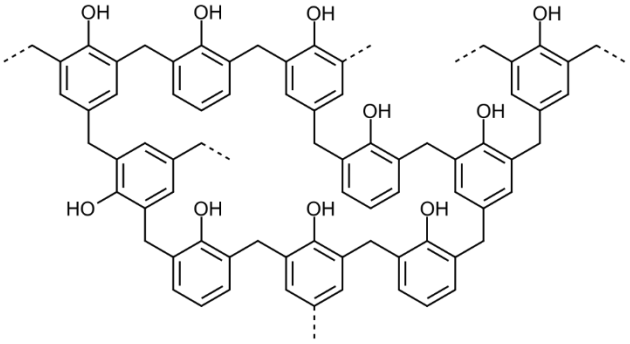
Struktur-Einheit eines Phenoplastes aus Phenol und Methanal

Q: de.wikipedia.org (Roland.chem)



Q: de.wikipedia.org (Roland.chem)

fertiges Produkt (3D-vernetzter Duroplast)



Q: de.wikipedia.org (Roland.chem)

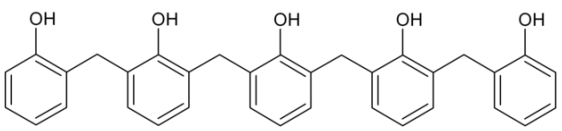
Eigenschaften:

- Dichte 1,41 g/cm^3 (ungefüllt 1,25 g/cm^3)
- meist unschmelzbar
- brennt mit heller, rußender Flamme; erlischt außerhalb der Zünd-Quelle; Abgase riechen nach Phenol
- nicht lösbar
- klebbar
- beständig gegen schwache Säuren und Basen, Öle, Benzin; KWS
- nicht beständig gegen starke Säuren und Basen
- …

Verwendung:

- elektrisch isolierende Teile
- Hitze-beständige Griffe und Knöpfe
- Hartpapier und -Gewebe
- …

Novolake
sind Phenoplaste mit einem Formaldehyd-Phenol-Verhältnis kleiner 1 : 1
dadurch bleiben die Phenoplaste thermoplastisch – also auch in der Wärme verformbar
Verwendung z.B. in der Photolithographie



Novolak
Q: de.wikipedia.org (FK1954)

beim Herstellen von Micro-Chip's

heute auch den Phenoplasten vergleichbare Kunststoffe aus Harnstoff realisierbar (vor allem als Kunstharze (Harnstoff-Harze))

Poly???

Herstellung / Bildung:

Eigenschaften:

- Dichte g/cm^3
- …

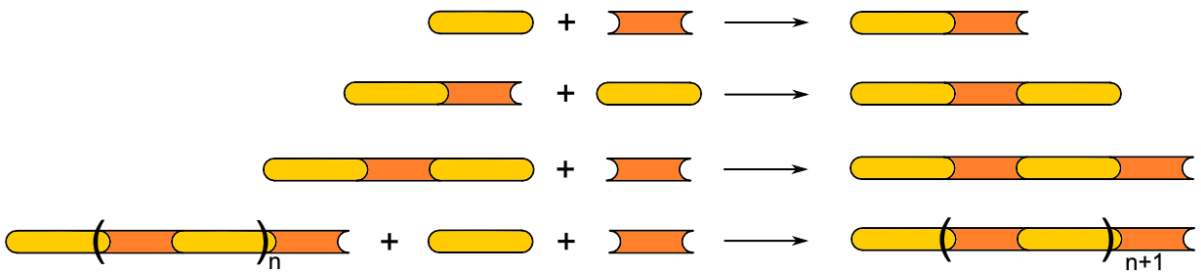
Verwendung:

- …

Kunststoffe aus mehreren Komponenten

(echte) Polyaddition

setzt Stoffe mit bi-funktionellen Gruppen voraus
Doppelbindung(en) in einem Molekül(-teil) und z.B. Hydroxyl-Gruppe(n) im anderen Molekül(-teil)
oder Hydroxyl-Gruppe in einem Molekül und eine Isocyanat-Gruppe im anderen



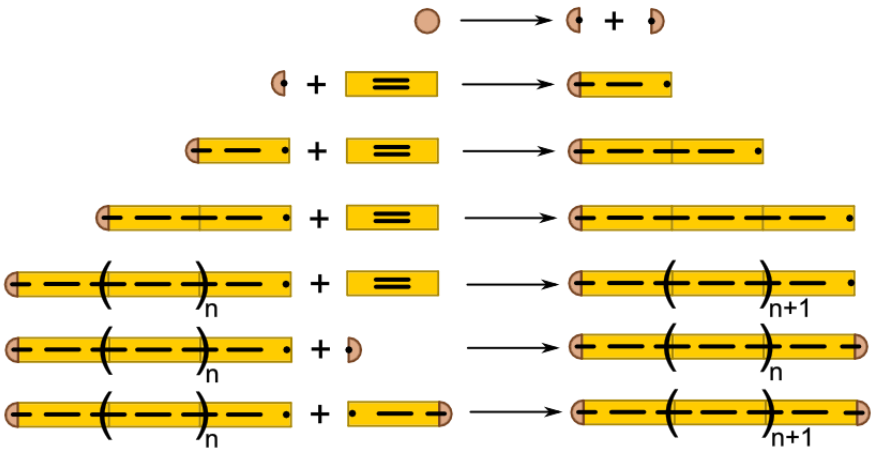
Grund-Prinzip der Polyaddition

Aufgaben:

1.

2.

3. Erläutern Sie anhand des nachfolgenden Schemas die Polymerisation! Zur Unterlegung der Gleichungen und zur besseren Handhabung kann ein konkretes Beispiel gewählt werden!

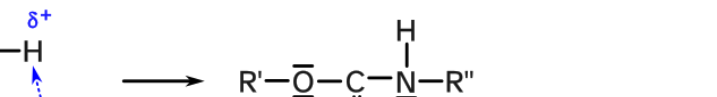


4. Stellen Sie ein passendes Schema (nach obigem Vorbild) für die anionische Polymerisation von Buta-1,3-dien auf!

Polyurethan (PUR)

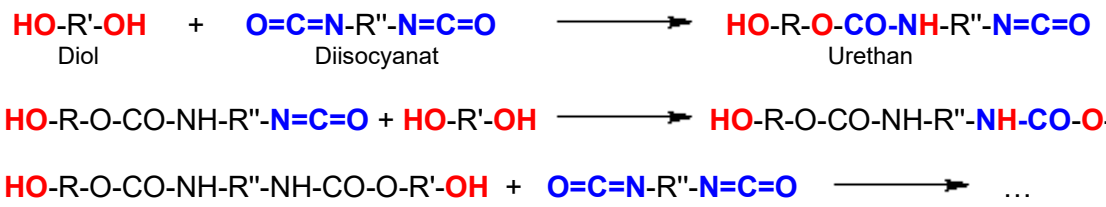
aus mehrwertigen Alkoholen (Di- od. Polyole) und bi- od. tri-funktionelle Isocyanate

allgemein durch **Polyaddition** (→ Polyaddition) gebildet (z.B. auch als Zwei-Komponenten-Systeme (Kleber, Lacke, Gießharz, Bau-Schäume, …)
Bildung von **Urethan-Gruppe**n (**-NH-COO-**) zwischen den beiden Monomer-Molekülen

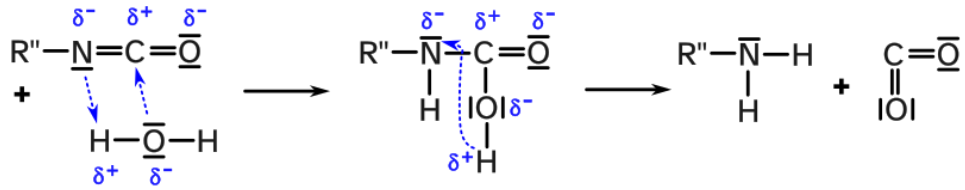


Prinzip der Reaktion:

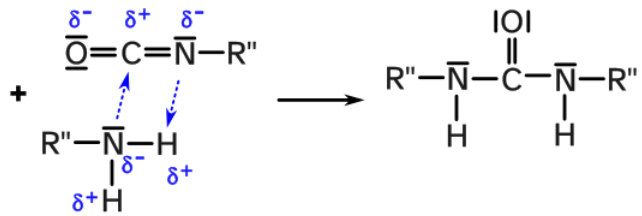
Poly-Reaktion:



Aufschäumung über CO_2 aus Neben-Reaktionen zu PUR-Schäumen (Matrazen, Verpackungs-Materialien, Isolations-Materialien, Schuh-Sohlen, Bau-Schaum / Montage-Schaum)
verbesserte 3D-Vernetzung durch dreiwertige Monomere (meist Triole)
Schaumbildung erfolgt über Wasser-Zusatz bei der Poly-Reaktion



Das Zwischen-Produkt zerfällt dabei unter Abspaltung von CO_2. Über die zugesetzte Menge an Wasser wird die Schaumbildung beeinflusst.
Das gebildete Amin reagiert mit dem Cyanat zu einer Harnstoff-Verbindung (funktionelle Gruppe: -NH-CO-NH-):



Reaktionen von Monomeren mit bi-funktionelle Gruppen führen i.A. zu Thermoplasten

mit tri-funktionellen Gruppen zu Duroplasten

auch aromatische Di- oder Tricyanate als Monomere üblich
diese Polyurethane sind meist flexibler

1937 von Otto BAYER und seiner Forschungsgruppe bei I.G.-Farben Leverkusen synthetisiert
erste Handelsnamen Igamid und Perlon U
ab 1940 industrielle Produktion

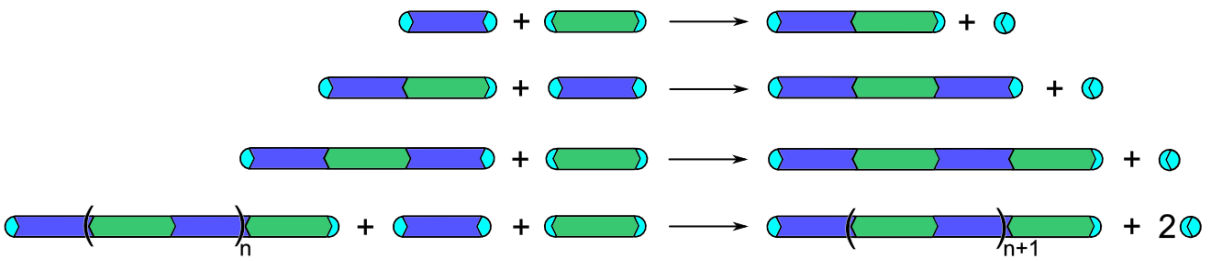
heute besonders in Matratzen-Schäumen, Möbel, Lacke und Farben, Füll-Schäume (Automobil-Produktion), Gebäude-Dämmung

voll ausgehärtete Polyurethane sind unbedenklich
sind noch Monomere enthalten, besteht ein erhöhtes Gesundheits-Risiko, Isocyanate können Allergien auslösen und stehen im Verdacht Krebs auslösen zu können

Polykondensation

Polysubstition

setzt Monomere mit zwei funktionellen Gruppen voraus
unter Abspaltung eines kleinen Molekül's (oft Wasser)



Grund-Prinzip der Polykondensation

 (c,p) 2009-2025 lsp: dre

Polyamid (PA)

1939

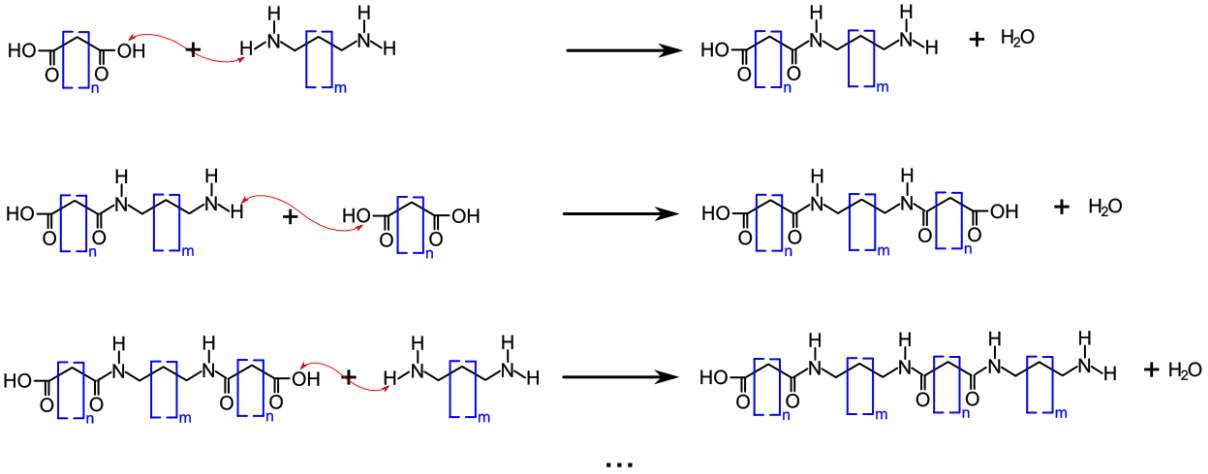
Thermoplast

Herstellung / Bildung:

verschiedene Möglichkeiten bei den Rohstoffen
entweder:

- Dicarbonsäure mit Diamin
- Aminosäure mit Aminosäure (meist mit sich selbst)

aber immer Polysubstition



Eigenschaften:

- Dichte 1,04 – 1,15 g/cm^3
- weiß bis gelblich; anfärbar
- zäh-elastisch, unzerbrechlich
- brennbar (mit bläulicher Flamme mit gelben Rand), knisternd abtropfend
- richt nach verbranntem Horn / Eiweiß
- Gebrauchs-Temperatur bis 80 – 110 °C
- klebbar
- beständig gegen Öl, Benzin, organische Lösungsmittel, Ester, Ketone
- nicht beständig gegen schwache Säuren
- gut löslich in Ameisensäure (Methansäure)
- z.T. schwach quellbar
- …

Verwendung:

- Gleitlager, Zahnräder, Plastik-Schrauben und -Muutern, Unterlegscheiben, Lüftungs-Propeller, …
- Benzin- und Brems-Schläuche, Lager-Tank's
- Haushalts-Gefäße (Lebensmittel-Dosen)

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

- Seile, Teppiche
- chirurgisches Nähmaterial
- Korrosions-beständige Überzüge
- Typenräder für Schreibmaschinen
- …

Polyester / Polyester-Harz (UP)

Duroplast
meist als ungesättigte Polyester bezeichnet, da innerhalb der Struktur auch noch Doppel-Bindungen enthalten sind, diese stammen aus mindestens einem der Edukte
diese sind nicht an der Ketten-Reaktion beteiligt
die Verknüpfung erfolgt über eine Poly-Substitution (Poly-Veresterung; Poly-Kondensation)

gut für Zwei-Komponenten-Harze
Edukte werden separat gehandelt / geliefert und kurz vor der Verwendung gemischt
es entsteht eine Harz-artige Masse, die dann mehr oder weniger schnell aushärtet
durch die Wahl und Kombination der Edukte lassen sich feste / harte sowie elastische Harze erzeugen

Herstellung / Bildung:

Dicarbonsäure(-anhydrid): Phthalsäureanhydrid, Maleïnsäureanhydrid, Fumarsäure, Tetra-hydrophthalsäure, Isophthalsäure, Adipinsäure
Diol(-anhydrid): Ethylenglycol, 1,2-Propandiol

z.B. enthält Phthalsäure einen aromatischen Ring, die Maleïnsäure eine Doppel-Bindung
→ s.a. Polyethylenterephthalat (PET)

Eigenschaften:
- Dichte 1,95 g/cm^3
- undurchsichtig
- hart, steif, klingt scheppernd
- Gebrauchs-Temperatur bis 90 °C
- brennt leuchtend, rußend, verkohlt
- Brandrückstände riechen nach Styrol (Styren)
- nicht lösbar, nicht verschweißbar
- klebbar
- beständig gegen schwache Säuren und Basen
- beständig gegen Öl und Benzin
- nicht beständig gegen starke Säuren und Basen
- nicht beständig gegen Ester, Ketone, chlorierte Kohlenwasserstoffe
- …

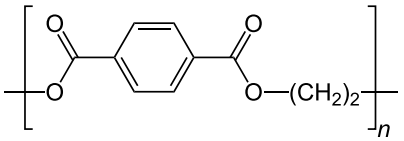
Verwendung:
- (elektrische) Isolations-Teile, Geräte-Griffe
- Geräte-Gehäuse
- …

Polyethylenterephthalat (PET)

zu den Polyestern gehört auch das PET (Polyethylenterephthalat →) , welches die Basis für die recycelbaren Getränke-Flaschen bildet

Ausgangsstoffe: 1,4-Benzendisäure (Terephthalsäure, Benzol-1,4-disäure) und Ethandiol (Ethylenglykol)

Veresterung



Struktur-Element (Baustein) von PET
Q: de.wikipedia.org (Jü)

Eigenschaften:

- Dichte g/cm^3
- …

Verwendung:

- …

Silikon

Herstellung / Bildung:

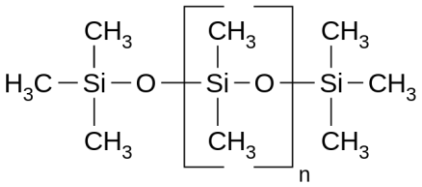
Eigenschaften:

- Dichte g/cm^3
- …

Verwendung:

- …

organische Polysiloxane (Polyorganonosiloxane) gemeint



allgemeine Struktur von Silikonen
Q: de.wikipedia.org (Alhadis)

Herstellung aus Silizium und Methylchlorid (Chlormethan)

mit Cupfer od. Silber (als Katalysator) entstehen zuerst verschiedene Chlorsilane

z.B.:

- Dimethyldichlorsilan ($(CH_3)_2SiCl_2$)
- Methyltrichlorsilan (CH_3SiCl_3)
- Tetrachlorsilan ($SiCl_4$)
- Trimethylchlorsilan ($(CH_3)_3SiCl$)
- Tetramethylsilan ($(CH_3)_4Si$)

es folgt eine Trennung durch fraktionierte Destillation
je nach gewünschten Produkteigenschaften werden reine oder Mischungen von Silanen hydrolysiert → es bilden sich Silanole
die Silanole polykondensieren in Anwesenheit von Katalysatoren zu Polysilanolen (Silikone)

Verwendung
besonders dort wo es um Abtrennung / Abweisung geht: Walzen (z.B. in Druckern), Backformen, Abformung von Gebissen usw.
aber auch für feste, aber flexible Verbindungen auf dem Bau (Dichtmasse), Glas-Verbindungen (z.B. Aquarien), …
Mehrkomponenten-Werkstoffe (Laminate, …)
Implantate (Brust-Prothesen), Sex-Spielzeuge

Aufgaben:

1. ***Stellen Sie die Struktur-Formeln für die genannten Chlor-Silane auf!***
2. ***Erkundigen Sie sich, inwieweit Silica-Gel, Silizium, Silikone und Silane zusammenhängen!***
3.

Fluor-haltige Silikone (Fluor-Silikone) sind eine abgewandelte Gruppe der Silikone

Epoxid-Harz

Herstellung / Bildung:

Eigenschaften:

- Dichte g/cm^3
- …

Verwendung:

- …

Polycarbonat (PC)

Herstellung / Bildung:

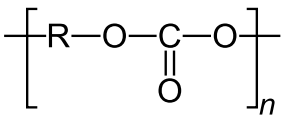
Eigenschaften:

- Dichte g/cm^3
- …

Verwendung:

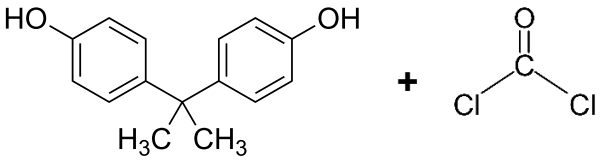
- …

formal Polyester der Cohlensäure



Struktur-Element
von Polycarbonaten
Q: de.wikipedia.org ()

durch Poly-Kondensation von Diolen (zumeist Bisphenol A (2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propan)) und Phosgen ($COCl_2$)



zwar schon 1898 von Alfred EINHORN entdeckt
praktisch erst sein 1953 hergestellt und verwendet
verbreiteter Markenname **Makrolon** (z.T. auch als Allgemein-Bezeichnung für solche und ähnlich Werkstoffe verwendet)

Polyacetal (POM)

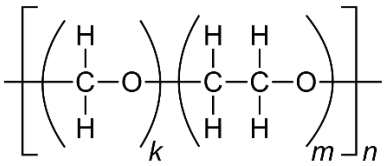
Herstellung / Bildung:

Eigenschaften:
- Dichte g/cm^3
- …

Verwendung:
- …

1958
Polyaldehyde / Polyakanale

Thermoplaste
für Präzisions-Teile



allgemeine Struktur von Polyacetalen
Q: de.wikipedia.org (POM-C)

Poly???

Herstellung / Bildung:

Eigenschaften:
- Dichte g/cm^3
- …

Verwendung:
- …

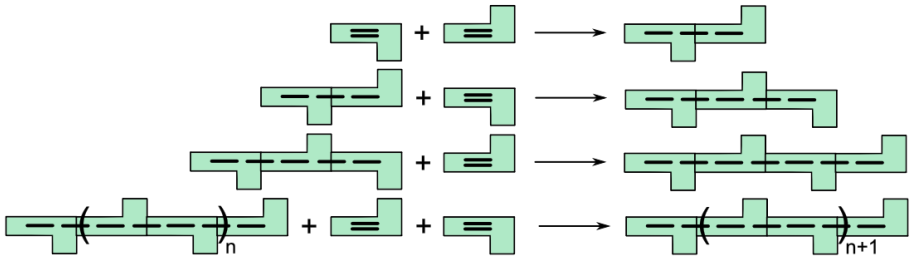
Aufgaben:

1.
2. *Der Chemie-Besserwisser des Kurses behauptet es gibt ein Homopolymer (von Formaldehyd). Ist das nicht ein Widerspruch in sich? Prüfen Sie den Sachverhalten und klären Sie auf!*
3.

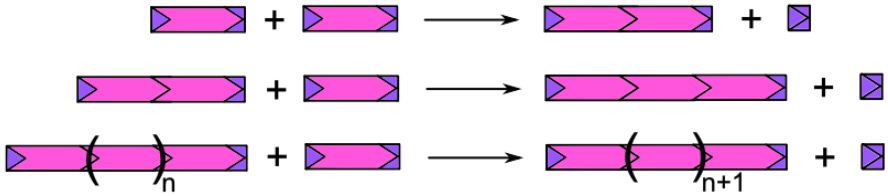
(c,p) 2009-2025 lsp: dre

komplexe / übergreifende Aufgaben:

1. *Erläutern Sie anhand des folgenden Schemas die Bildung von Polypropen!*



2. *Stellen Sie ein Schema (nach dem obigen Prinzip) für die Bildung von Polysteren (Polystyrol) auf!*
3. *Ein Chemiker behauptet einen Kunststoff nach dem folgenden Prinzip hergestellt zu haben. Ist dieses möglich? Wenn JA, dann begründen Sie Ihre Meinung! Legen Sie dann auch den (Poly-)Reaktions-Typ fest! Wenn NEIN, dann erläutern Sie, warum es solches Reaktions-Schema nicht funktionieren kann!*



4. *Bei den Polyestern wird angegeben, dass sie durch Poly-Veresterung, Poly-Substitution oder Poly-Kondensation entstehen können. Ist das nicht ein Widerspruch? Erklären Sie den Sachverhalt!*

 (c,p) 2009-2025 lsp: dre

Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten von Plasten / Elasten im Hauswirtschaftlichen bzw. Ernährungs-Bereich

		Hitze- und Flamm-Eigenschaften					
Name	**Kürzel**	**Erweich-barkeit**	**Brenn-barkeit**	**Geruch**	**häufige Zusatzstoffe**	**Verwendung Hw- bzw. Ern.-Bereich**	**Bemerkungen zur Verwendbarkeit im Hw- bzw. Ernähr.-Bereich**
Aminoplaste		nein	kaum	stechend nach Ammoniak			
Phenoplaste		neine	ja	stechend		früher Elektroschalter	
Polyamid	PA	ja	brennbar	stechend, nach verbrannten Haaren		Aufbewahrungsgefäße, übliche "Plastegefäße" Frischhaltegefäße, Gefrierdosen	
Polyethen Polyethylen	PE	ja	ja (leicht entflamm-bar)	nach gelöschter Kerze		Einkaufstüten Aufbewahrungsbeutel Gefrierbeutel Frischhalte-Folie	
Polystyren Polystyrol	PS	ja	ja (leicht entflamm-bar)	süßlich			
Polyvinylchlorid	PVC	ja	ja (schwer entflamm-bar)	stechend nach Chlorwasserstoff	Weichmacher		wegen auslösbarem Chlor und vielen Zusatzstoffen wird es als bedenklich eingestuft (wenig geeignet für Kinder-spielzeug usw.)

(c,p) 2009-2024 lern-soft-projekt: drews

4.3.3. Analyse und Unterscheidung von Kunststoffen

Dichte-Bestimmung

trockne Proben werden in das Medium gegeben und das Schwimm-Verhalten beobachtet

Kunststoff	Abk.	Dichte [g/cm^3]

neben Wasser kann auch als weiteres Medium eine gesättige Kochsalz-Lösung (ρ = 1,2 g/cm^3; 25 °C) oder Magnesiumchlorid (ρ = 1,3 g/cm^3; 25 °C) benutzt werden

Nadel-Test

Erhitzen einer (Edelstahl-)Stricknadel oder eines Edelstahl-Nagel's mittels Tiegelzange bis zum Glühen
Einstechen in die Kunststoff-Probe (unter dem Abzug)
Beobachtung vom Eindring-Verhalten; Geruch

Erwärmung / Erhitzen / Verbrennung

Verhalten bei Erwärmung (Thermoplaste erweichen; Duroplaste gehen direkt in die Zersetzung über)
wann Erweichen / Verformbarkeit
wann Schmelzen

Flammen-Färbung bei Verbrennung / Erhitzen → Geruch der Verbrennungs-Gase

Verbrennung / thermische Zersetzung
nur CO_2 → PE, …
auch HCl → PVC, …

Überprüfung der Abgase mit feuchtem Unitest-Papier

Nachweis des CO_2 mittels Calcium- od. Bariumhydroxid
Nachweis Cl (HCl) mittels Silbernitrat oder Cu-Blech (→ $CuCl_2$) Erhitzen in der Flamme → grüne Flamme (BEILSTEIN-Probe)

prüfen auf die Glas-Übergangs-Temperatur

Fingernagel-Ritz-Test

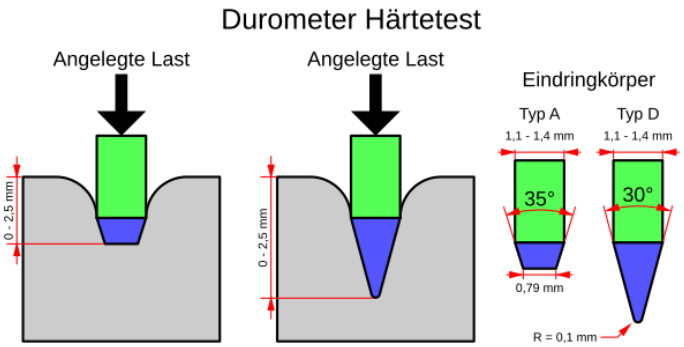
Kunststoff-Probe wird mit dem Fingernagel geritzt
Beobachtung von Eindringtiefe

(c,p) 2009-2024 lern-soft-projekt: drews

Ritzen (Härte-Bestimmung)

Härte nach MOHS	Referenz-Mineral (für MOHS-Skala)	Ritzbarkeit	Schleif-Härte nach ROSIWAL	Härte nach VICKERS [VH]	
1	Talk	mit Fingernagel schabbar	0,03	2,4	
2	Gips	mit Fingernagel titzbar	1,25	36	
3	Calcit (Kalkspat)	mit Cu-Münze ritzbar	4,5	109	
4	Fluorit (Flussspat)	mit Taschenmesser leicht ritzbar	5,0	189	
5	Apatit	mit Taschenmesser noch ritzbar (vergleichbare Stoffe: Zahnschmelz, Strass)	6,5	536	
6	Orthoklas (Feldspat)	mit Stahl-Feile ritzbar	37	795	
7	Quarz	ritzt Fensterglas	120	1'120	
8	Topas		175	1'427	
9	Korund	(vergleichbare Stoffe: Rubin, Saphir)	1'000	2'060	
10	Diamant	nur von sich selbst	140'000	10'600	

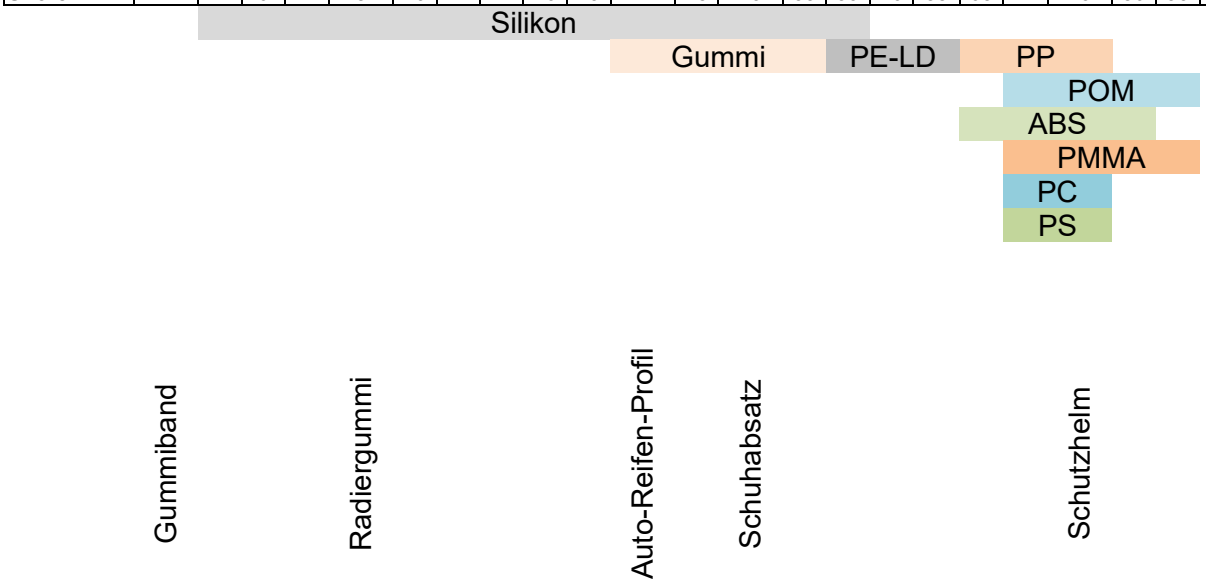
Härte für Elastomere nach SHORE (1920); gemessen wird mit einem sogenannten **Durometer**
auf das Material wirkt ein Stempel mit genormter Spitze und Masse ein
gemessen wird die Eindringtiefe des Stempel's in das Material



Q: de.wikipedia.org (www.substech.com)

ganz weich **ganz hart**

Shore 00																						
Shore A	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100					
Shore D			6	7	8	10	12	14	16	19	22	25	29	33	39	46	58	65	72	79	86	93



weitere Alltags-Beispiele:
Gel-Einlegesohlen → Shore 00 = 30
Gummibärchen → Shore 00 = 10

Verhalten gegenüber bestimmten Lösungs-Mitteln

praktisch alle Kunststoffe sind Wasser-unlöslich
einige Kunststoffe sind quellbar, sie können also eine bestimmte Menge Wasser aufnehmen und zumeist auch wieder (in einer trocknen Umgebung oder beim Erwärmen) wieder abgeben

gegenüber verschiedenen organischen Lösungsmittel zeigen sie sehr unterschiedliches Verhalten
Alkohole greifen nur sehr wenige Kunststoffe an
Aceton ist da deutlich Lösungs-freundlicher; löst z.B.

Alkane (z.B. Hexan bis Decan) lagern sich in bestimmte Kunststoffe ein → Erweichung / Aufquellen
deshalb dürfen z.B. nur zugelassene Kunststoff-Behälter für die Lagerung und den Transport von Benzin und Diesel benutzt werden
auch die Kunststoff-Schläuche (z.B. in Auto's) müssen aus beständigem Kunststoff gefertigt werden

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

	Lösungs-Verhalten in …									
Kunststoff	**Ethanol**	**Aceton**	**Benzin**	**Diesel**	**Tetra(chlorkohlenstoff)**					

4.3.4. Recycling und Neusynthese von Kunststoffen

mit immer knapper und teurer werdenden Rohstoffen (hier Erdöl) nimmt das Recycling alter Kunststoffe eine immer größere Rolle ein
außerdem soll dadurch auch das Müll-Aufkommen reduziert werden

derzeitige Verbrennung bewirkt eine sehr große CO_2-Freisetzung, die ebenfalls unbedingt vermieden werden soll, da es einen Zusammenhang mit den derzeit beobachteten Klima-Veränderungen gibt
CO_2 ist ein Treibhaus-Gas, d.h. es sorgt dafür, dass die Atmosphäre sich immer weiter erwärmt

derzeit ist das größte Problem die Trennung der verschiedenen Kunststoffe aus Plastik-Abfällen

gut machbar ist Recycling, wenn die Produkte dunkel eingefärbt werden können und die notwendigen Eigenschaften der Produkte (z.B. Festigkeit) schon voll-umfänglich durch das Produkt selbst abgedeckt werden
z.B. dicke Wände von Blumen-Kästen sind immer ausreichend fest und Wasser-dicht

4.3.4.x. Polyethylenterephthalat (PET)

Der Polymer-Name Polyethylenphthalsäure sagt wohl den wenigsten etwas. Schon der Name ist sehr sperrig. Da ist die Abkürzung PET schon eher ein Begriff.

Derzeit verwendet:

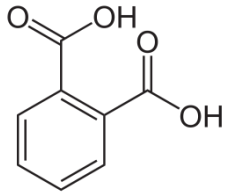
- Getränke-Flaschen (recycelbar)
- Verpackungen für Frisch-Obst und –Gemüse sowie –Fleisch
-

Verbrennung der recycelten PET-Flaschen möglich, aber ökologisch nicht sinnvoll.

PET ist sehr beständig, farblos, Geschmack- und Geruchs-los

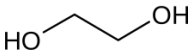
biologisch kaum abbaubar
derzeit sichtbar als Treibgut an diversen Stränden oder in den großen Müll-Strudeln in den Ozeanen

reine Ware von zu recycelten Flaschen sind gut in die Produktions-Verfahren einschleusbar
nach Reinigen, Granulieren und Schmelzen Herstellung neuer Flaschen möglich



Phthalsäure (1,2-Benzen-dicarbonsäure)

Herstellung aus den Monomeren Ethylenglykol (Ethan-1,2-diol) und Phthalsäure (sprich: Pftalsäure). Dabei handelt es sich um 1,2-Benzendicarbonsäure bzw. 1,2-Benzoldicarbonsäure.



Ethylenglykol (Ethan-1,2-diol)
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker; Sander de Jong)

Für Erst-Produktion wird Erdöl als Rohstoff verwendet.

Stream-Cracing u.a. zu Ethen (theoretische Beispiel-Gleichung):

$$C_nH_{2n+2} \longrightarrow n\text{-}2\ C_2H_4 + H_2$$

katalytische Oxidation mit Luft-Sauerstoff:

$$C_2H_4 + O_2 \longrightarrow \underset{\text{Ethylenoxid}}{H_2CO{=}CH_2}$$

Die Formel $H_2CO{=}CH_2$ bedeutet nicht, dass im Molekül eine Doppel-Bindung vorhanden ist. Vielmehr sind die Cohlenstoff-Atome über eine Einfach-Bindung verknüpft und der Sauerstoff bildet zusätzlich eine Brücke zwischen den Cohlenstoff-Atomen. Es handelt sich also praktisch um eine heterocyclische Verbindung. Ethylenoxid ist das einfachste Epoxid und wird auch als Dimethyloxid bezeichnet. Der IUPAC-Name lautet Oxiran.
Hydrolyse des Ethylenoxid's:

$$H_2CO{=}CH_2 + H_2O \longrightarrow HO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH$$

 (c,p) 2009-2025 lsp: dre

Seit 2009 ist das sogenannte Bio-PET 30 auf dem Markt. In dem u.a. Etylenglykol aus nachwachsenden Rohstoffen enthalten sind. Dadurch sind rund 27% des Endprodukt's aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt. Lt. den üblichen Regel darf hier auf 30% aufgerundet werden, und so das Produkt Bio-PET 30 genannt werden.

Etwas aufwändiger ist die Herstellung von Bio-Phthalsäure.

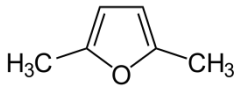
Rohstoff sind hier Zucker

Thermische Dehydration:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_6H_6O_3 + 3\ H_2O$$

Durch Reduktion wird dann 2,5-Dimethylfuran gebildet:

$$C_6H_6O_3 + 3\ H_2 \longrightarrow C_6H_8O + 2\ H_2O$$



2,5-Dimethylfuran
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Addition von Ethen:

$$C_6H_8O + C_2H_4 \longrightarrow$$

Dehydratisation des zu

katalytische Oxidation zu Phthalsäure

$$\longrightarrow C_8H_6O_4$$

Aufgaben:

1. *Stellen Sie die chemische Gleichung der vollständigen Verbrennung von PET auf!*
2. *Könnte man durch Effektivierung der Prozesse bei der Herstellung von Bio-PET 30 theoretisch auch ein Bio-PET 50 herstellen? Begründen Sie Ihre Meinung!*
3.

weitere Methoden
Herstellung von Verbund-Materialien (z.B. ähnlich Möbelbrettern) auch bei schwankender Zusammensetzung sind diese immer stabiler als die aktuellen Press-Span-Platten

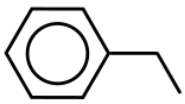
derzeit Suche nach billigen Trennverfahren für größere Gruppen von Kunststoffen
Ausnutzung der verschiedenen Dichten, Schmelz-Temperaturen, Löslichkeiten in speziellen Lösungsmitteln, …

Fein-Trennung derzeit kaum realisierbar

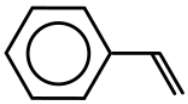
komplexe Aufgaben (zur Vorbereitung auf Klausuren oder Prüfungen):

1. Kunststoffe herstellen

a) Gegeben sind die Substanzen:

A) 

B) CH_3-CH_2-COOH

C) 

D) H_2N-$(CH_2)_5$-COOH

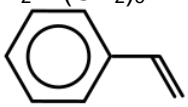
Prüfen Sie, welche sich für eine Polymerisation und welche sich für eine Polykondensation eigenen würden! Begründen immer kurz auch unter Verwendung von geeigneten Hilfs-Gleichungen! (Die Hilfs-Gleichungen brauchen nur wesentliche Detail's darstellen und müssen nicht ausgeglichen sein!)

b) Erläutern Sie an einem selbst gewählten Beispiel die radikalische Polymerisierung! Verwenden Sie für die Reaktionsschritte jeweils auch Gleichungen!

c) Gegeben sind die folgenden Stoffgemische:

A) CH_3-CH_2-COOH + CH_3-CH_2-NH_2

B) H_2N-$(CH_2)_5$-NH_2 + HOOC-$(CH_2)_4$-COOH

C)  + CH_3-CH=CH_2

D) CH_3-CH=CH_2 + Cl-CH_2-CH=CH_2 + CH_3- CH_2-CH=CH_2

Prüfen Sie, welche Stoffgemische sich für eine Polymerisation und welche sich für eine Polykondensation eigenen würden! Begründen immer kurz auch unter Verwendung von geeigneten Hilfs-Gleichungen! (Die Hilfs-Gleichungen brauchen nur wesentliche Detail's darstellen und müssen nicht ausgeglichen sein!)

b) Erläutern Sie an einem selbst gewählten Beispiel die Polykondensation! Verwenden Sie für die Reaktionsschritte jeweils auch Gleichungen!

c) Vergleichen Sie die Polymerisation mit der Polykondensation! (Verwenden Sie mindestens sechs Kriterien.)

2. Polytetrafluorethylen / Polytetrafluorethen

Polytetrafluorethen (PTFE) ist besser unter dem Handels-Namen Teflon® bekannt. PTFE ist ein Thermoplast, der sehr beständig ist.

Roy PLUNKETT entdeckte PTFE im Jahr 1938. PTFE besteht aus sehr langen Kohlenstoff-Ketten, die immer mit Fluor verbunden sind.

Die Makromoleküle gehen kaum Wechselwirkungen mit anderen Stoffen ein. PTFE wird weder von Säuren noch von Basen angegriffen. Die freien Elektronen-Paare am Fluor stoßen sowohl Wasser- als auch Fett-Moleküle ab. Als PLUNKETT seiner Frau zuhause beim Kochen von seiner Entdeckung berichtete, schlug diese ihm vor, doch mal eine Pfanne

damit zu beschichten. Heute sind Antihaft-beschichtete Pfannen in vielen Haushalten zu finden.

Im Temperatur-Bereich von -200 bis +250 °C lässt sich PTFE für die unterschiedlichsten Zwecke als Werkstoff einsetzen. PTFE leitet den elektrischen Strom nicht, so dass Teflon z.B. als Isolator genutzt wird. Da PTFE mechanisch sehr stabil ist und kaum Abrieb ermöglicht, wird Teflon gerne als Beschichtungs-Material für hochbelastete Lager an Fahrwerken (z.B. CGT-Züge in Frankreich) verwendet.

PTFE können von Mikroorganismen nicht abgebaut werden.

Bei höheren Temperturen zersetzt sich PTFE unter Bildung von giftigen Gasen.

a) Setzen Sie dem Begriff Thermoplast einen äquivalenten Begriff entgegen! Vergleichen Sie die beiden! (mindestens sechs Kriterien)

b) Skizzieren Sie die Strukturformel des Monomer's von PTFE! Benennen Sie den Stoff exakt!

c) Geben Sie die kleinstmögliche Struktur-Einheit von PTFE als chemisch korrekte Formel an!

d) Geben Sie mindestens sechs Eigenschaften von Teflon an!

e) Stellen Sie die Rektionen für die Bildung von PTFE aus dem Monomer an! Gehen Sie von einer radikalischen Start-Reaktion aus!

f) Diskutieren Sie die breite Verwendung von PTFE in Haushalt und Industrie!

3. Polyethenterephthalat (PET)

Wer kennt sie nicht, die PET-Flaschen für die unterschiedlichsten Erfrischungs-Getränke und Säfte? Der Siegeszug der PET-Flasche ist ihren Eigenschaften zu verdanken. PET ist im Vergleich zu Glas deutlich leichter (Dichte rund 1,375 g/cm^3), es lässt sich beim Recycling bei niederen Temperaturen schmelzen und zu Roh-PET verarbeiten. Aus diesem Material lassen sich dann wieder neue Flaschen produzieren. Mitlerweile liegt die Recycling-Quote bei über 95 %. PET ist geruch- und geschmacklos und nimmt auch fremde Stoffe kaum auf. Gegen leichte Säuren und Basen ist PET beständig.

Mit modernen Sortier-Verfahren (mit Laser-Spektroskopie zur Material-Erkennung) lassen sich selbst aus Misch-Granulaten sortenreines PET mit Lebensmittel-Qualität herstellen. Das PET-Granulat wird bei über 200 °C geschmolzen und dann in Form gebracht. Durch schnelles Abkühlen unter 80 °C (Glas-Übergangstemperatur) erhält man ein kristallklares Material.

PET wird z.B. aus Terephthalsäure und Ethandiol hergestellt.

a) Stellen Sie Reaktionsgleichungen auf, die die Bildung von PET aufzeigen!

b) Berechnen Sie die molare Masse des kleinsten Struktur-Ausschnitt's von PET!

c) Nennen Sie mindestens sieben Eigenschaften von PET!

d) Stellen Sie begründete Hypothese auf, mit welchen Stoffen man die Bildungs-Rektionen katalysieren kann!

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

4. Polyhydroxybutansäure – ein neuer Stern am Kunststoff-Himmel

a) Erarbeiten Sie sich das Material 1!

b) Geben Sie die Strukturformel von 3-Hydroxybutansäure an!

c) Zeigen Sie mit Hilfe von Reaktionsgleichungen die Bildung von PHB aus chemischer Sicht! (Wenn Sie die Strukturformel bei a) nicht erstellen konnten, dann können Sie HO-X-COOH als Ersatzsymbol für das Monomer benutzen.)

d) Prüfen Sie, ob es sich bei 3-Hydroxybutansäure um eine optisch aktive Substanz handelt! Wenn JA, dann notieren Sie beide Formen mit Name in der FISCHER-Projektion! Wenn NEIN, dann begründen Sie, warum der Stoff nicht optisch aktiv sein kann und notieren Sie das Molekül ebenfalls in der FISCHER-Projektion!

e) Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, mit welchem Stoff / welcher Stoffgruppe die Bildungs-Reaktion von PHB (in der chemischen Industrie) katalysiert werden kann!

Material 1: Infotext

Zellen stellen diverse Makromoleküle als Bau – und Speicherstoffe her. Dazu gehören Stärken und Cellulose, Peptide / Proteine und Nukleinsäuren.
Das Bakterium *Alcaligenes eutrophus* produziert Polyhydroxybuttersäure (PHB). Für die Bakterien ist PHB ein Reservestoff. Mittels spezieller Mutanten lässt sich in großen Fermentern (Reaktoren) sehr viel PHB produzieren. Der extrahierte und gereinigte Kunststoff kommt unter dem Handelsnamen Biopol® auf den Markt.
PHB hat ähnliche Eigenschaften wie Polypropen (Polypropylen, PP) und kann diesen in vielen Anwendungen ersetzen. Derzeit ist aber die Produktion deutlich teurer als die Herstellung von PP aus Erdöl.
Hydroxybutansäure ist exakt die 3-Hydroxybutansäure bzw. b-Hydroxybuttersäure oder auch Butan-3-olsäure.
Die Monomere sind im Makromolekül sehr unregelmäßig angeordnet. Dadurch ergibt sich eine recht hohe Schmelz-Temperatur (170 °C). Diese liegt nahe der Zersetzungs-Temperatur von etwas über 180 °C.
Ein besonderer Vorteil von PHB ist seine biologische Abbaubarkeit. Aber auch in der chemischen Industrie kann man PHB durch schwache Basen in seine Monomere hydrolysieren.
Dieses Monomere lassen sich in klassischen Polykondensations-Anordnungen wieder zu PHB zusammensetzen. Dabei ordnen sich die Monomere deutlich regelmäßiger an, so dass bessere und konstantere Material-Eigenschaften (u.a. niedrigere Schmelz-Temperatur) resultieren.

x.

a)

4.4. weitere interessante organische Stoffe

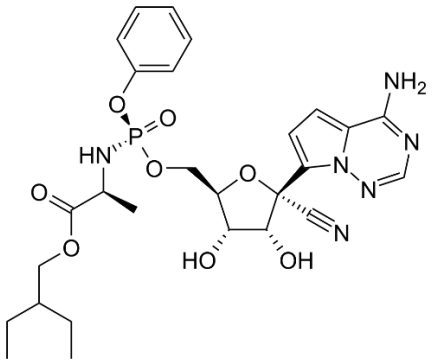
folgende Stoffe sind nicht unbedingt einer der vorher besprochenen Stoff-Klassen zuzuordnen

Ramdesivir

antivirales Breitband-Medikament
in einigen Ländern nur als Notfall-Medikament zugelassen
große Aufmerksamkeit während der weltweiten COVID-19-Pandemie (2020 – 2023)

ist ein Prodrug, d.h. es wird erst im Körper in das aktive Medikament umgewandelt

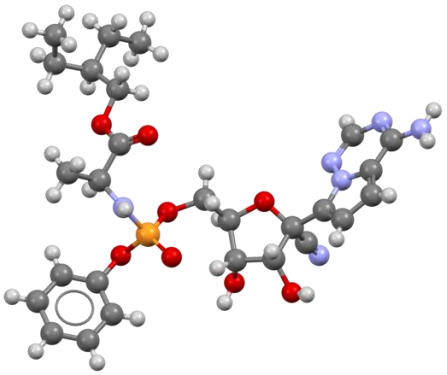
es können Nebenwirkungen auftreten (Übelkeit, niedriger Blutdruck, Schwitzen, erhöhte Leberenzym-Werte, …)



Kugel-Stab-Modell
Q: en.wikipedia.org (Hbf878)

vor der Einführung / Zulassung von Ramdesivir waren praktisch keine antiviralen Medikamente bekannt.
man konnte bei Virus-Erkrankungen immer nur die Symptome behandeln
wird als Prototyp-Medikament (first-in-class-medication) klassifiziert

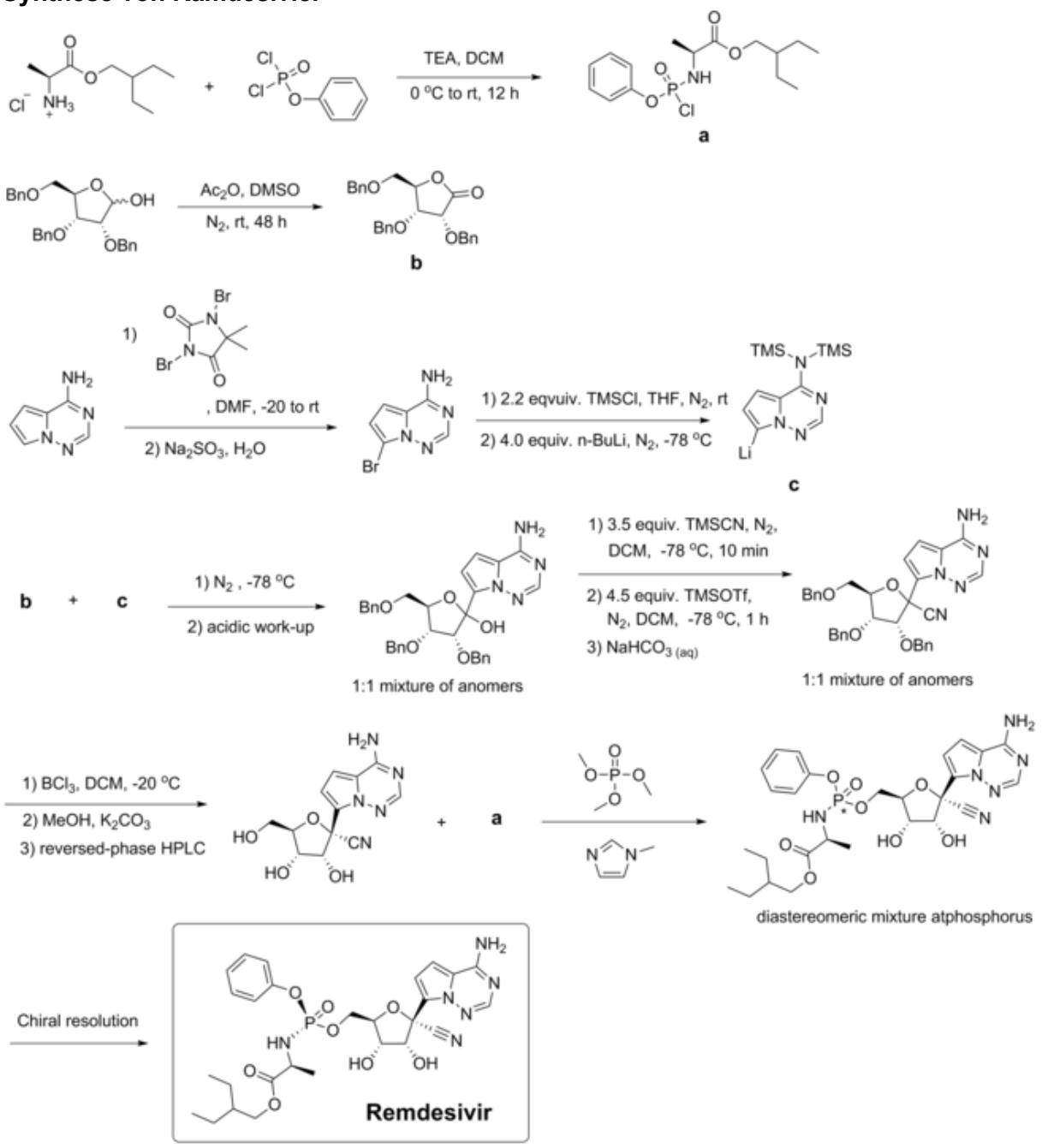
schlechte Wasser-Löslichkeit
geringe Stabilität



Kugel-Stab-Modell
Q: en.wikipedia.org (Ben Mills)

für Transport und Lagerung wird sehr viel Taufol (???) benötigt
zum Bedenken:
Die direkte Behandlung einer Virus-Erkrankung (wie z.B. Schnupfen oder Grippe) mit Antibiotika ist wenig sinnvoll. Ganz im Gegenteil, oft wird dadurch eine weitere Resistenz bei den Bakterien befördert. Das könnte später bei einer gewollten und passenden Antibiotika-Behandlung dieser Bakterien zu Problemen führen.

Synthese von Ramdesivier



insgesamt sind 70 Rohstoffe, Reagenzien und Katalysatoren notwendig
25 chemische Schritte, die insgesamt 6 Monate dauern

Aufgaben:

1. *Vergleichen Sie die Skelett-Struktur und das Kugel-Stab-Modell und erläutern Sie, wie die beiden Strukturen räumlich zueinander stehen!*
2. *Die Summenformel für Ramdesivir wird mit $C_{27}H_{35}N_6O_8P$ angegeben. Berechnen Sie die molare Masse!*
3. *Kennzeichnen Sie in den Reaktions-Gleichungen immer die Strukturen, die miteienander reagieren und solche, die gebildet wurden!*

 (c,p) 2009-2025 lsp: dre

4. Geben Sie ableitbare Reaktions-Typen für die einzelnen Schritte an!
5. Kennzeichnen Sie die chiralen Atome in den Produkten aus der Reaktion von b und c sowie dem Endprodukt (nach Reaktion mit a)!
6. Stellen Sie eine Hypothese auf, warum am Ende eine chirale Trennung notwendig ist

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

5. Tabellen, Zusammenfassungen, Begriffsbestimmungen

5.1. Nomenklatur (Namensgebung)

R/S-Stereo-Isomerie

Bezeichnungs-System für Moleküle mit asymetrischen C-Atomen

1. asymetrisches C-Atom wird so gedreht, dass der leichteste Substituent (üblicherweise H) hinter dem C-Atom verschwindet
2. die restlichen 3 direkten Substituenten werden hinsichtlich ihrer Masse betrachtet:
   WENN die Masse der Substituenten rechts herum abnimmt, DANN erfolgt die Kennzeichnung mit R für rectus (lat.: rechts) SONST mit S für sinister (lat.: links) (Masse der Substituenten nimmt links herum ab)
3. WENN direkte Substituenten gleich sind, DANN werden die direkten Nachbarn dieser Atome betrachtet
4. WENN Atome doppelt gebunden sind, DANN zählen sie auch doppel (2x)

R und S werden optimalerweise als Großbuchstaben in verkleinerter Schriftgröße notiert

Substitutive und radikalofunktionelle Nomenklatur der wichtigen funktionellen Gruppen

(nach fallender Priorität)

Stoff-Klasse	**Funktionelle Gruppe**	**Präfix**	**Suffixe**	**typische Vertreter / Stoffgruppen**
Carbonsäuren	-COOH -(C)OOH	Carboxy- -	-carbonsäure -säure	Alkansäuren (Carbonsäuren) (inkl. Fettsäuren) Aminosäuren
Cyanide	-CN		*-cyanid*	
Sulfone	R'-SO_2- R''			
Sulfonsäuren	-SO_3H	Sulfo-	-sulfonsäure	
Cyanate	-OCN		*-cyanat*	
Thiocyanate	-SCN		*-thiocyanat*	
Aldehyde	-CHO -(C)HO	Formyl- Oxo-	-carbaldehyd -al	Akanale (Aldehyde) Kohlenhydrate (Saccharide)
Ketone	>CO >(C)O	Keto- Oxo-	-on *-keton*	Alkanone (Ketone) Kohlenhydrate (Saccharide)
Alkohole, Phenole	-OH	Hydroxy-	-ol *-alkohol*	Alkanole (Alkohole) Kohlenhydrate (Saccharide)
Thiole	-SH	Mercapto-	-thiol	
(primäre) Amine	-NH2	Amino-	-amin	
Ether	R'-O-R''	Alkyloxy- cycl.: Epoxy-	*-ether*	Kohlenhydrate (Saccharide) [Ring-Strukturen + ab Disacch.]
Sulfide	R'-S-R''	Alkylthio-	*-sulfid*	
(sekundäre) Amine	>NH		*-amin*	
(tertiäre) Amine	>N-		*-amin*	
Nitroverbindungen	-NO_2	Nitro-		
Halogenverbindungen Alkylhalogenide	-F -Cl -Br -I	Fluor- Chlor- Brom- Iod-	*-fluorid* *-chlorid* *-bromid* *-iodid*	
Nitrile	-CN			
(org.) Phosphate	-PO_4H_2	Phospho-	*-phosphat*	AMP Nucleotide Nucleïnsäuren
Diphosphate	-PO_4H-PO_4H_2	Diphoaspho-	*-diphosphat*	ADP
Triphosphate	-(PO_4H-)$_2$-PO_4H_2	Triphospho-	*-triphosphat*	ATP

(C) bedeutet, dass das C-Atom zum Stamm der Verbindung gezählt wird (und nicht zum Substituenten)

(weitere) Gruppen (alphabetisch nach Präfix)

Stoff-Klasse	Funktionelle Gruppe	Präfix	Suffixe	typische Vertreter / Stoffgruppen
	CH_2-CO-	Acetyl-		
	CH_2=CH-CH_2-	Allyl-		
	C_5H_{11}-	Amyl-		
	-N=N-	Azo-		
	C_6H_5-CH=	Benzal-		
	C_6H_5-CH_2-	Benzyl-		
	C_6H_5-CH=	Benzyliden		
	C_4H_9-	Butyl-		
	OC=	Carbonyl-		
	HOOC-	Carboxyl-		
	$C_{16}H_{33}$-	Cetyl-		
	$C_{10}H_{21}$-	Decyl-		
	HON_2-	Diazo-		
	$C_{12}H_{25}$-	Dodecyl-		
	C_2H_5O-	Ethoxy-		
	C_2H_5-	Ethyl-		
	C_2H_5NH-	Ethylamino-		
	-CH_2-CH_2-	Ethylen		
	CH_2-CH=	Ethyliden-		
	OHC-	Formyl-		
	H_2N-CH_2-CO-	Glycyl-		
	C_7H_{15}-	Heptyl-		
	$C_{16}H_{33}$	Hexadecyl-		
	C_6H_{13}-	Hexyl-		
	H_2N-NH-	Hydrazino-		
	-NH-NH-	Hydrazo-		
	HO-	Hydroxy-		
	HONH-	Hydroxylamino-		
	HN=	Imino-		
	$C_{12}H_{25}$-	Lauryl-		
	$(CH_3)_2$-CH-CH_2-CH(NH_2)-CO-	Leucyl-		
	-CO-CH_2-CO-	Malonyl-		
	HS-	Mercapto-		
	H_3C- CH_3-	Methyl-		
	CH_2=	Methylen-		
	$C_{30}H_{61}$-	Myricyl-		
	$C_{10}H_7$-	Naphthyl-		
	O_2N-	Nitro-		
	ON-	Nitroso-		
	C_9H_{19}-	Nonyl-		
	C_8H_{17}-	Octyl-		
	HO- -OH	Oxy- → Hydroxy-		
	CH_3-$(CH_2)_{14}$-CO-	Palmitoyl-		
	C_5H_{11}-	Pentyl-		
	C_6H_5-	Phenyl-		
	-C_6H_4-	Phenylen		
	C_3H_7-	Propyl-		
	(C_5H_4N)-	Pyridyl-		
	HS-	Sulfhydryl--		
	$(HO)O_2S$-	Sulfo-		
	-S-	Thio-		
	CH_2-C_6H_4-CO-	Toluoyl-		
	CH_3-C_6H_4-	Tolyl-		

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

	CH_2=CH-	Vinyl-		
	-CH=CH-	Vinylen		
	CH_2=C=	Vinyliden		
Ester	R-CO-O-R'	Carbalkoxy-	-säure-*alkyl*ester - carbon-säure *alkyl*ester	
Harnstoff-Derivate		Ureido-	-harnstoff	
Hydrazin-Derivate		Hydrazino-	-hydrazin	

(C) bedeutet, dass das C-Atom zum Stamm der Verbindung gezählt wird (und nicht zum Substituenten)

organische Stoffe und ihre Namen

Gebrauchsname	exakter IUPAC-Name	Trivialname	weitere Namen oder Abkürzungen

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

5.2. Reaktionsarten in der organischen Chemie

nach den übergehenden Elementar-Teilchen (klassische Einteilung aus der anorg. Chemie)		
Name / Bezeichnung	**Wesen**	**Bemerkungen**
Säure-Base-Reaktionen	Reaktionen mit Protonen-Übergang bestehen immer aus Protonen-Abgabe und Protonen-Aufnahme	p^+ entspricht H^+
Redox-Reaktionen	Reaktionen mit Elektronen-Übergang bestehen immer aus Oxidation (Elektronen-Abgabe) und Reduktion (Elektronen-Aufnahme)	Redoxreaktionen innerhalb eines Moleküls oder von gleichen Molekülen miteinander werden Disproportionierung genannt
Komplex-Reaktionen	Bildungen, Umwandlungen und Zerstörung von bzw. an Komplexen	
photochemische Reaktionen	Aktivierung einer Umwandlung durch Licht(-Energie) / Photonen	

nach Veränderung am Cohlenstoff-Gerüst		
Name / Bezeichnung	**Wesen**	**Bemerkungen**
Aufbau-Reaktionen	Verlängerung der Cohlenstoff-Kette	z.B. Polymerisationen
Abbau-Reaktionen	Verkürzung der Cohlenstoff-Kette	
Umlagerungen	Umlagerung von Ketten-Abschnitten	
Reaktionen ohne Veränderung des C-Gerüstes		z.B. Umsetzungen an den funktionellen Gruppen

nach Brutto-Umsatz		
Name / Bezeichnung	**Wesen**	**Bemerkungen**
Additions-Reaktionen	Anlagerungen an ungesättigten Bindungen A + B → C	
Eliminierungs-Reaktionen Eliminations-Reaktion	Abspaltung von Atomen od. Atomgruppen (Molekülen) A → B + C	
Substitutions-Reaktionen	Austausch von Atomen od. Atomgruppen A + B → C + D	
Umlagerungen	A → B	
Einschub-Reaktionen	A-B + C → A-C-B	praktisch Additions-Reaktion

nach der Art der reagierenden Teilchen		
Name / Bezeichnung	**Wesen**	**Bemerkungen**
ionische Reaktionen		
radikalische Reaktionen		

nach der Angriffs-Art		
Name / Bezeichnung	**Wesen**	**Bemerkungen**
elektrophile Reaktionen		
nukleophile Reaktionen		
radikalische Reaktionen		

nach Reaktions-Mechanismus		
Name / Bezeichnung	**Wesen**	**Bemerkungen**
radikalische Substitution S_R-Mechanismus		
elektrophile Addition A_E-Mechanismus		
nukleophile Substitution S_N-Mechanismus		

besondere Reaktions-Arten		
Name / Bezeichnung	**Wesen**	**Bemerkungen**
pericyclische Reaktionen	synchrone Veränderungen / Umlagerungen in armatischen bzw. cyclischen Verbindungen	
photochemische Reaktionen	Aktivierung einer Umwandlung durch Licht(-Energie) / Photonen	treten häufig an Doppelbindungen auf es folgen meist radikalische oder pericyclische Reaktionen

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

wichtige Reaktions-Schemata

Substitution (S)

(Austausch von Atomen oder Atomgruppen) **A + B ⟶ C + D**

Halogenierung (Substitution)



Alkylierung (Substitution)



Veresterung (Substitution, Kondensation)



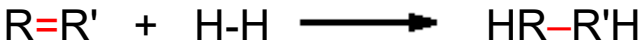
rung (Substitution)



Addition (A)

(Aufnahme von Atomen oder Atomgruppen) **A + B ⟶ C**

Hydrierung (Addition)



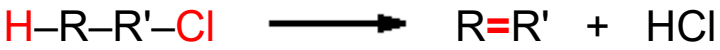
Eliminierung (E)

(Abspaltung von Atomen oder Atomgruppen) **A ⟶ B + C**

Dehydrierung (Eliminierung)



Dehalogenierung (Eliminierung)



Dehydratisierung (Eliminierung)



(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Decarboxylierung (Eliminierung**)**



(c,p) 2009-2025 lsp: dre

5.3. Zusammenfassung und Systematisierung

5.3.1. Analyse / Erkundung / Aufklärung von chemischen Strukturen

Struktur-Aufklärung – hier gemeint aus Struktur-Formeln
Suche und Markierung besonderer Atome und Atomgruppen in organischen Molekülen

Markierung von Halogen (F, Cl, Br, I)

wenn keine Halogene gefunden, dann weiter bei Markierung von Stickstoff

? Halogene (immer endständig!) → **Halogen-Derivat**e (Merken und beachten!)
weiter bei Markierung von Stickstoff

Markierung von Stickstoff und den verbundenen Atomen

wenn kein Stickstoff gefunden, dann weiter bei Markierung von Sauerstoff
mit dunklerem Markier-Stift (z.B. blau, violett, grün) anzeichnen

? -NH_2 (endständig) → mögliche Stoffgruppen: **Amine**, **Aminosäure**n, Peptide

? C**-NH-**C (im Molekül-Rückgrat) →
→ **?** direkt an **-CO-** → **Peptid**
→ wenn diese Peptid-Gruppe (**-CO-NH-**) nur 1x im Rückgrat des Molekül's auftaucht → ev. **Dipeptid** (Oligo-Peptid)
→ wenn diese Gruppe nur 2x im Rückgrat des Molekül's auftaucht → ev. **Tripeptid** (Oligo-Peptid)
→ wenn diese Gruppe mehrfach im Rückgrat des Molekül's auftaucht → wahrscheinlich **Oligo-** od. **Poly-Peptid**
→ (ohne -CO- daneben) → **Amin**

weitere Zeichen für **Peptid**e:

- Seiten-Ketten am nachfolgenden C-Atom neben der -CO-Gruppe
  - **-SH** od. **-S-S-** deuten auf Serin bzw. Serin-Brücken hin
  - am Ende der Seitenkette **-COOH**, dann ev. **saure Aminosäure** (Asparaginsäure. Glutaminsäure)
  - am Ende der Seitenkette **-NH_2**, dann ev. **basische Aminosäure** ()
  - Rest enhält (aromatischen) Ring → ev. aromatische Aminosäure ()
  - Rest enthält nur C und H → ev. **aliphatische Aminosäure** ()
- endständig am Molekül-Rückgrat 1x Amino-Gruppe (**-NH_2**) und am anderen Ende **-COOH** (Carboxyl-Gruppe)

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Markierung von Sauerstoff

wenn kein Sauerstoff gefunden, dann weiter bei Analyse der Cohlenstoff-Struktur
mit dunklerem Markier-Stift (z.B. blau, violett, grün) anzeichnen

? -COOH (endständig) → **Carbonsäure** od. **Carbonsäure-Derivat**
- ev. -COOX, wobei X ein Metall sein kann → **Carbonsäure-Salz**

? -CHO (endständig) →
- daneben (an jedem C-Atom) 1x **-OH** → ev. **Aldose, Saccharid**
- daneben nur aliphatisch→ ev. **Aldehyd, Alkanal**

? -COO-C (im Molekül-Rückgrat) →
- daneben (an jedem C-Atom) 1x **-OH** → ev. **Ketose** (Saccharid)
- **Ester** (beidseitig aliphatische (od. aromatische) Reste)
  - **? 3x -COO-** direkt nebeneinander (bei Propan-Grund-Struktur) → **Lipid**
    - **? Reste 3x Fettsäuren → Trigycerid, Fett**
    - **? Reste 2x Fettsäuren + 1x Phosphat → Phospholipid**

? -CO- im Molekülrückgrat (ohne -NH- daneben!) → **Keton**
? C-**O**-C im Molekül-Rückgrat → **Ether**
? C-OH →
? 1x -OH im Molekül → **Alkanol**
→ weiter bei Analyse der Cohlenstoff-Struktur

Analyse der Cohlenstoff-Struktur (ev. Rückgrat des Molekül's)

lange / längste C-Kette (Molekül-Rückgrat) mit hellem Markier-Stift (z.B. gelb)

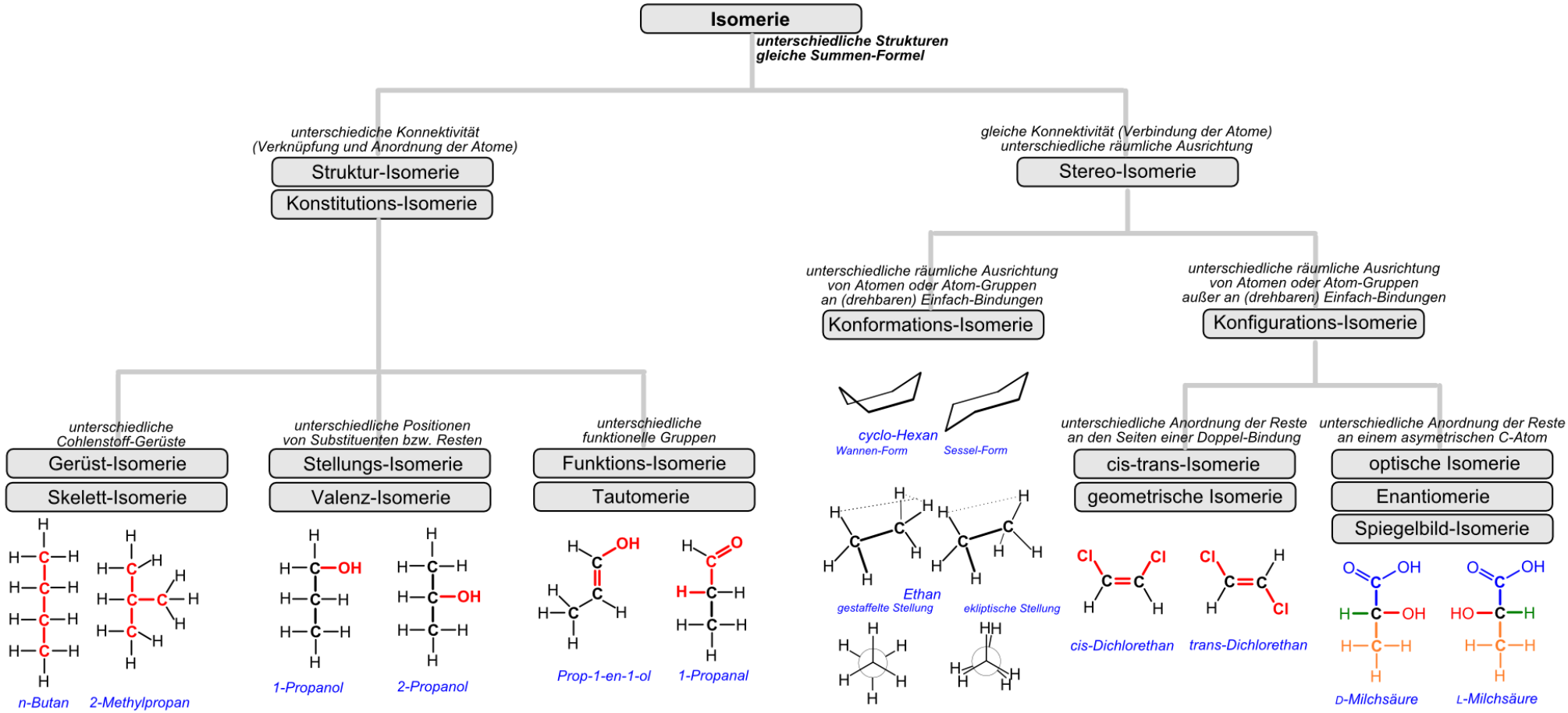
? **Dreifach-Bindung** → **Alkin**

? **Doppel-Bindung** → **Alken**
alternierende Doppel-Bindungen
→ in einem (od. mehreren) Ring(en) (3, 5, 7, … Doppel-Bindungen od. freie Elektronen-Paare (an N der O) → aromatischer Zustand → Aromat

? ohne Doppel- oder Dreifach-Bindungen und ohne besondere Atome → **Alkane**
? Ring-förmig → **Cyclo-Alkan**

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

5.3.x. Isomerie



(c,p) 2009-2024 lern-soft-projekt: drews

Kategorie	Variante	Gemeinsamkeiten	Unterschiede	Unterschiedliche chem./phys. Eigenschaften	Überführen nur durch Lösen von Bindungen
Konstitutionsisomere		Summenformel	Struktur	ja	ja
Stereoisomere	Diastereomere	Summenformel + Struktur	räumliche Anordnung	ja	ja
	Enantiomere		räumliche Anordnung, aber wie Bild und Spiegelbild	optisch aktiv, Unterschiede bei chiralen Reaktionspartnern (Enzyme)	ja
	Konformationsisomere		räumliche Stellung	ja	nein

Q: www.chemie.de/lexikon/Isomer.html

unterschiedliche Wirkung von Stereo-Isomeren

Name des Stoffes	Stoffgruppe(n)	Wirkungen / Eigenschaften		
		linksdrehende Form	rechtsdrehende Form	
Asparagin	Aminosäure	schmeckt bitter	schmeckt süß	
Babitursäure	Arneistoff	löst Krampfanfälle aus	narkotisch	
Contergan Thalidomid	Schlafmittel	extrem Fruchtschädigend (teratogen)	nicht Fruchtschädigend	
Ethambutol	Arneistoff	wirkt gegen Tuberkulose	führt zu Erblindung	
Limonen	Naturstoff	riecht nach Zitrone	riecht nach Orange	
Milchsäure	Naturstoff	wird nur langsam verdaut	besonders gut bekömmlich	
Penicillamin	Arzneistoff	wirkt gegen Reuma	extrem toxisch	
Propranolol	Arneistoff	wirkt gegen Bluthochdruck	wirkt Empfängnis-verhütend	
Thyroxin	Aminosäure	Schildrüsen-Hormon	enkt Cholesterol-Spiegel	

(c,p) 2009-2024 lern-soft-projekt: drews

komplexe und übergreifende Aufgaben (z.B. zur Vorbereitung auf eine Klausur oder eine Prüfung)

1. *Bei der ersten Analyse einer Verbindung wurde deren Summen-Formel mit C_4H_6 ermittelt.*
   a) *Welche Struktur könnte die Verbindung haben? Geben Sie drei Möglichkeiten an!*
   b) *Benennen Sie die einzelnen Strukturen und ordnen Sie die Verbindung jeweils mindestens einer Stoff-Gruppe zu!*
   c) *Geben Sie für alle C-Atome die Hybridisierung an! Skizzieren Sie für die verschiedenen möglichen Hybridisierungen jeweils ein Energie-Niveau-Schema!*
2) *Vergleichen Sie jeweils die 3. Glieder der homologen Reihe der Alkane, Alkene und Alkine miteinander! Verwenden Sie eine geignete Tabelle!*
3) *Setzen Sie sich mit den folgenden Thesen auseinander! Begründen Sie jeweils, warum die einzelne These richtig oder falsch ist!*
   a) *Länger-kettige Alkane haben höhere Siede-Temperaturen, als kurz-kettige.*
   b) *Mit steigender Ketten-Länge der Alkane nimmt die Schmelz-Temperatur ab.*
   c) *Je niedriger die Schmelz-Temperatur umso fester (im Sinne des Aggregat-Zustandes)sind die Alkane.*
   d) *Gleich-lange (Ketten-förmige) Alkene sieden früher (bei geringeren Temperaturen) als entsprechende Alkane.*
   e) *Jedes Isomer eines Alkans hat die gleiche Siede-Temperatur.*
4) *Von Cohlenstoff sind in Verbindungen mehrere Hybridisierungs-Zustände bekannt.*
   a) *Geben Sie an, wie sich Bindungs-Längen und die Bindungs-Energien der einzelnen Zustände zueinander verhalten! Erläutern Sie diese Ordnungs-Verhältnisse! (Es werden keine konkreten Werte erwartet!)*
   b) *Welche Bindungs-Arten können die C-Atome in den verschiedenen Hybridisierungs-Zuständen eingehen?*
   c) *Ordnen Sie zu den Hybridisierungs-Zuständen mindestens eine Stoff-Klasse organischer Stoffe zu!*
5) *Bei den Alkanen ist die Substitutions-Reaktion das typische chemische Verhalten.*
   a) *Welches Reaktions-Verhalten ist bei Alkenen typisch?*
   b) *Wählen Sie einen typischen Vertreter der homologen Reihe der Alkene und zeigen Sie das typische Reaktions-Verhalten bei der Reaktion mit Brom anhand von Reaktionsschritt-Gleichungen!*
   c) *Benennen Sie den Reaktions-Typ und begründen Sie Ihre Wahl!*
6. *Geben Sie alle Isomere von Hexen als Struktur-Formel an! Benennen Sie alle Stoffe! Kennzeichnen Sie die Art der Isomerie, der bei den einzelnen Isomeren jeweils vorliegt!*

7. Aus Benzen soll (Mono-)Brombenzen synthetisiert werden.
a) Stellen Sie die Struktur-Formel von Brombenzen auf!
b) Wieviele Isomere des Brombenzen gibt es? Begründen Sie Ihre Antwort!
c) Stellen Sie die Reaktions-Gleichung für die Synthese auf!
d) Nach welchem Reaktions-Schema läuft die Reaktion ab?
e) Sind auch andere Reaktions-Produkte bei der Reaktion von Brom mit Benzen möglich? Diskutieren Sie!

8. Ein Chemiker behauptet, er könne aus Cohlenmonoxid und Wasserstoff Methanol für Brennstoffzellen herstellen. Ist dies überhaupt möglich? Wenn JA, dann stellen Sie die chemische Gleichung auf! Unter welchen Druck-Verhältnissen wird man dann arbeiten müssen? Wenn die Reaktion nicht möglich ist, dann begründen Sie Ihre Aussage! Wenn die Stoffe überhaupt in irgendeiner Form reagieren, dann geben Sie dieses als chemische Gleichung an!

9. Stellen Sie jeweils eine Gleichung für die vollständige und für die unvollständige Verbrennung von Pentan, Pent-1-en und Pentin auf! Wie verändern sich die Reaktionen, wenn ein Isomer von Penten verbrannt wird!

10. Stellen Sie die Reaktions-Gleichung für die vollständige Verbrennung von But-2-en auf! Zeigen Sie mit Hilfe von Oxidationszahlen und ev. mit weiteren geeigneten Gleichungen, dass es sich bei der Verbrennung um eine Redox-Reaktion handelt!

11. Ethanol gehört zu den interessantesten Alkanolen.
a) Geben Sie die Summen-, die verkürzte und die vollständige Struktur-Formel von Ethanol an!
b) Gibt es Isomere des Ethanols? Wenn JA, dann zeigen Sie mindestens eines als Struktur-Formel auf! Wenn NEIN, dann begründen Sie Ihre Meinung!
c) Stellen Sie drei Möglichkeiten zur Herstellung von Ethanol vor! Notieren Sie die zugehörigen chemischen Gleichungen!
d) Ethanol kann mit Hilfe eines glühenden Cupfer-Drahtes zu Ethanal oxidiert werden. Stellen Sie die Stoff-Gleichung für diese Reaktion auf! Zeigen Sie, dass es sich wirklich um eine Oxidation im Sinne einer Redox-Reaktion handelt!

12. Alkanole haben einen deutlich höhreren Siedepunkt als Alkane gleicher Kettenlänge. Mit größerer Kettenlänge nimmt dieser Unterschied immer mehr ab.
a) Erklären Sie, warum Alkanole höhere Siede-Temperaturen besitzen!
b) Warum nimmt der Effekt mit steigender Kettenlänge ab? Begründen Sie Ihre Meinung!
c) Bei Destillieren von Ethanol-Wasser-Gemischen kommt man letztendlich immer auf ein Misch-Destillat mit 90% Ethanol. Man spricht von azeotroper Destillation. Wie könnte man z.B. 96%igen Alkohol herstellen? Erläutern Sie Ihren Lösungsweg!

13. Von einer unbekannten Substanz werden 0,138 g verbrannt. Dabei entstehen 0,328 g Cohlendioxid und 0,168 g Wasser. Verdampft man die gleiche Menge der Substanz, dann bildet sich ein Volumen von 46,25 ml (unter Normbedingungen).
    a) Ermitteln Sie die Verhältnis- und die Molekül-Formel der Substanz!
    b) Geben Sie die wahrscheinliche Summenformel der Substanz an! Erläutern Sie, wie Sie zu dieser kommen!
    c) Stellen Sie mögliche Struktur-Formeln auf!
    d) Wie nennt man die unter b) gefundenen Verbindungen gemeinsam? Begründen Sie Ihre Aussage!
14. Ethanol kann mit konzentrierter Schwefelsäure bei unterschiedlichen Bedingungen und bei Anwesenheit bestimmter Katalysatoren auf verschiedene Weise reagieren.
    a) Stellen Sie die Reaktions-Gleichung für die Bildung eines Alken, eines Ethers und eines Esters auf!
    b) Der Ether entsteht vorrangig bei 140°C, das Alken bei 170°C und bei rund 250°C bildet sich hauptsächlich der Ester. In der gleichen Rangfolge nimmt auch der exotherme Charakter der Reaktionen zu. Stellen Sie Energieniveau-Schemata für die drei Reaktionen auf! Interpretieren / Erläutern Sie die Diagramme!
    c) In einem isolierten System (Reaktions-Gefäß ohne Austausch-Möglichkeit für Stoffe und Energie) werden Ethanol und konzentrierte Schwefelsäure zusammengeführt und sich selbst überlassen. Alle nötigen Katalysatoren sind ebenfalls vorhanden. Welche Reaktionen laufen ab? Welche(s) Produkt(e) entsteht / entstehen vorrangig? Begründen Sie Ihren Standpunkt! Diskutieren Sie mit anderen Kursteilnehmern!
15. Durch Eintauchen eines glühenden Cupfer-Drahtes kann man Ethanol oxidieren.
    a) Stellen Sie die Reaktions-Gleichungen für die nächsten zwei höheren Oxidations-Produkte auf! Zeigen Sie mit Hilfe von Oxidations-Zahlen, dass hier wirklich eine Oxidation (Redox-Reaktion) abläuft!
    b) Durch Verbrennen kann Ethanol unvollständig und vollständig oxidiert werden! Geben Sie hierfür ebenfalls passende Reaktions-Gleichungen an!
    c) Sollten für die unvollständige und die vollständige Verbrennung mehrere Gleichungen möglich sein, DANN belegen Sie dass durch mindestens eine Reaktions-Gleichung! Sollte dies nicht möglich sein, DANN begründen Sie, warum dies nicht möglich ist!
16. Stellen Sie die Reaktions-Gleichung für die Veresterung von n-Pentansäure mit n-Butanol auf! Benennen Sie das Produkt! n-Butanol und n-Pentansäure sind oft mit ihren Isomeren verunreinigt. Wieviele verschiedene Ester kann man erwarten (Menge ist egal!)? Erläutern Sie Ihren Lösungsweg!

17. Buttersäureethylester ist ein Bestandteil des Grapefruit-Aromas.
a) Stellen Sie die vollständige Struktur-Formel auf!
b) Prüfen Sie die Struktur-Formel auf asymetrische C-Atome! Kennzeichnen Sie die asymetrischen C-Atome durch ein Sternchen!
c) Stellen Sie eine chemische Gleichung auf, nach der oben genannter Ester hergestellt werden kann!

18. Verdorbene Fette können durch Hydrolyse in ihre Bestandteile zerlegt werden. Durch Zusatz von Kalium- oder Natriumhydroxid wird dieser Vorgang beschleunigt. Dabei entstehen die Kalium- bzw. Natrium-Salze der Säuren (Seifen genannt).
a) Stellen Sie chemische Gleichungen für die schwach exotherme Hydrolyse von Fetten auf (Sie können mit einem konkreten Beispiel arbeiten oder allgemeine Reste in den Struktur-Formeln verwenden!)
b) Wie könnte man die Ausbeute an Fettsäuren bzw. ihren Seifen erhöhen? Erläutern Sie Ihre Vorschläge!

19. Bei der Untersuchung einer unbekannten Substanz hat man folgende Beobachtungen gemacht bzw. Ergebnisse gewonnen:
a) die Elementar-Analyse bestätigt: Cohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff
b) bei 20°C ist die Substanz flüssig; farblos, mit Wasser mischbar; riecht stechend (nach Senf(-Öl))
c) die Substanz ist leicht entzündlich
d) 0,2 g der Substanz ergeben bei der Dampfdichte-Bestimmung 77,1 ml Gas (unter Norm-Bedingungen)
e) entfärbt Brom-Wasser
d) Iodoform-Probe verläuft negativ
f) Aldehyd-Gruppen wurden nicht festgestellt
g) mit (elem.) Natrium reagiert die Substanz unter Bildung von Wasserstoff
Um welche Substanz handelt es sich? Begründen Sie Ihre Meinung und zeigen Sie Ihren Entscheidungsweg auf! Für die positiven (funktionierenden) Nachweise und Reaktionen stellen Sie die Reaktionsgleichungen auf!

20. Nennen Sie je zwei Amino- und Nitro-Verbindungen! Geben Sie deren Struktur-Formel an!

21. Erklären Sie, warum sich Nitromethan gut in Natronlauge und Aminobenzo gut in Salzsäure löst!

22.

für die gehobene Anspruchsebene:

A. Bei der Chlor-Addition an But-2-en sind verschiedene Produkte möglich.

- ***i) Gegen Sie die Struktur-Formeln und die IUPAC-Namen der Additions-Produkte an!***
- ***ii) Unter UV-Licht wird die radikalische Substitution durchgeführt. Mit wie-vielen verschiedenen Produkten kann man rechnen? Welche von diesen sind Isomere (irgendeiner Form)?***

B) Mit Kaliumpermanganat-Lösung im Milieu und bei Zimmer-Temperatur kann man Alkene zu Diolen oxidiert werden.

- ***i) Stellen Sie das vollständige Redox-Gleichungs-System (mit den tei-Reaktionen) auf! Ausgangsstoff: Propen***
- ***ii) Verwendet man Ethin als Ausgangsstoff, dann entsteht Ethendiol. Diese Substanz zeigt Keto-Enol-Tautomerie. Was versteht man darunter und wie sehen passende Struktur-Formeln dazu aus?***

5.4. Namen diverser Chemikalien in verschiedenen Sprachen usw.

regulärer Name IUPAC-Name	**engl. Benennung**	**Trivialname(n), *Bezeichnung im Bereich der Kosmetika, …***	**Formel**	**Bemerkungen**
Kalium-Natrium-Tartrat-Tetrahydrat	Tartarated soda, Salt of seignette	SEIGNETTE-Salz; *Tartarus natronatus*, *Natrokali tartaricum*, *Kalium tartaricum natronatum*	$KNaC_4H_4O_6 * 4\ H_2O$	E 337

(c,p) 2009-2024 lern-soft-projekt: drews

5.7. Möglichkeiten zur Struktur-Aufklärung organischer Verbindungen

Reaktion mit Natrium

Enthält eine Summen-Formel Sauerstoff, dann kommen mehrere Klassen von Sauerstoff-Derivaten der Kohlenwasserstoffe in Frage.
Kommt in der ermittelten Summen-Formel nur ein Sauerstoff-Atom vor, dann könnte es sich um ein Alkohol (Akanol), Aldehyd (Alkanal), Keton (Alkanon) oder Ether handeln.
Zwei Sauerstoff-Atome können zum einen auf zwei-funktionale Stoffe der oberen Liste hindeuten oder bei einem Stoffen mit nur einer funktionellen Gruppe auf eine Alkansäure (Carbonsäure) oder ein Peroxid.
Ab drei Sauerstoff-Atomen müssen mehrere funktionelle Gruppen vorhanden sein.
Eine Möglichkeit bestimmte Klassen in die nähere Wahl zu ziehen, ist die Reaktion mit Natrium.

Ein Sauerstoff-Atom:
Reagiert Natrium mit dem Stoff unter Wasserstoff-Bildung, dann könnte es sich um ein Alkohol handeln. Ether reagieren nicht.

Zwei Sauerstoff-Atome:
Alkansäuren bilden mit Natrium ebenfalls Wasserstoff.

Alkane
Nachweis von Halogenwasserstoff (pH-Wert) bei Reaktion mit Brom

Alkene / Alkine
Entfärbung von Brom-Wasser oder Iod-Lösung
BAEYER's-Probe (Reaktion mit Kaliumpermanganat-Lösung)

Aromaten / Phenole
Reaktion mit Eisen(III)-chlorid

Halogen-Derivate / Halogenide
BEILSTEIN-Probe / Flammen-Färbung

Alkanole (Alkohole)
Iodoform-Probe
Reaktion mit Natrium
LUCAS-Probe (Reaktion mit Salzsäure und Zinkchlorid)

Alkanale (Aldehyde)
FEHLINGsche Probe
TOLLENS-Probe
Reaktion mit Fuchsinschwefliger Säure (SCHIFF's Reagenz)
Reaktion mit NYLANDERS Reagenz

(c,p) 2009-2024 lern-soft-projekt: drews

Ketone
Fällung mit 2,4-Dinitrophenyhydrazin

Alkansäure (Carbonsäure)
pH-Wert
Reaktion mit Alkoholen (Geruchs-Veränderung durch Ester-Bildung)
Reaktion / Veresterung mit Methanol (→ Butarat)
Reaktion mit Kaliumhydrogensulfat (→ Acetat)
Reaktion mit frisch gefälltem Cupfer(II)-hydroxid (→ Tartrat)

Kohlenhydrate
FEHLINGsche Probe (nur reduzierende Zucker)
SELIWANOW-Probe (nur Fructose)
GOD-Test (nur Glucose)
Reaktion mit Iod-Kaliumiodid-Lösung (nur Stärken)
Chlorzink-Iod-Probe (nur Cellulose)

Fette / Lipide
Fett-Fleck-Probe
Anfärben mit Sudan-III
Anfärben mit Carotinoiden

Aminosäuren / Peptide / Proteine / Eiweiße
Ninhydrin-Reaktion (→ Aminosäuren)
Biuret-Reaktion (→ Peptide)
Xanthoprotein-Reaktion (→ Proteine)

Exkurs:

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

5.6. Begriffe und Begriffsbestimmungen, Definitionen

ZIFFERN und ZEICHEN

2-Aminosäure	Aminosäure, bei der sich die / eine Amino-Gruppe am 2. Cohlenstoff-Atom – der von der Säure-Gruppe aus gezählten – Cohlenstoff-Kette befindet
α-Aminosäure	→ 2-Aminosäure; α (alpha) steht für die erste Nachfolge-Position in der Cohlenstoff-Kette vom höchstoxidierten C-Atom aus gezählt
π-Bindung (pi-Bindung)	Bindung zwischen zwei Atomen, an denen nicht-hybridisierte Elektronen beteiligt sind (nicht rotationssymmetrisch / drehbar)
σ-Bindung (sigma-Bindung)	Bindung zwischen zwei Atomen, an denen hybridisierte Elektronen beteiligt sind (immer rotationssymmetrisch / drehbar)

A

abgeschlossenes System	→ isoliertes System
Aldehyde	→ Alkanale; Stoffgruppe der Stoffe mit endständiger Carbonyl-Gruppe
Aldose	→ Monosaccharid (→ Einfachzucker) mit einer (endständigen) → Aldehyd-Gruppe im Molekül
Alkanale	→ Aldehyde; Stoffgruppe der Stoffe mit endständiger Carbonyl-Gruppe
Alkanone	→ Ketone; Stoffgruppe der Stoffe mit doppelt-gebundenem Sauerstoff-Atom an einem sekundärem C-Atom im Moleküle
Alkene	Cohlenwasserstoffe mit mindestens einer Doppel-Bindung im Molekül (außer → Aromate)
Aktiniden	sind die Elemente mit den Ordnungs-Zahlen ab 90. Ihre Atome sind durch Außen-Elektronen auf 5f-Orbitalen gekennzeichnet.
Aktivierungs-Energie	ist die Energie, welche die Teilchen (im aktivierten Zustand) besitzen müssen, um miteinander zu reagieren
Amine	Substitutions-Produkte des Ammoniaks, bei dem mindestens ein Wasserstoff-Atom durch einen Cohlenwasserstoff-Rest (od. dessen Derivat) ausgetauscht wurde

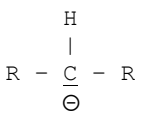
Aminosäure	Stoff, der mindestens eine Säure-Gruppe (→ Carboxyl-Gruppe und eine → Amino-Gruppe im Molekül besitzt
Anode	Elektrode, an der die Oxidation stattfindet häufig: die Elektrode, die negativ geladen ist
asymmetrisches Cohlenstoff-Atom	→ optisch aktives Cohlenstoff-Atom; C-Atom mit vier unterschiedlichen Resten
Atom-Bindung	Modell der Bindung zwischen Nicht-Metall-Atomen durch gemeinsame Nutzung von Elektronen-Paaren
Außen-Elektronen	Valenz-Elektronen; Elektronen auf der äußersten Schale (/ dem äußersten (Unter-Orbital)
Azo-Farbstoffe	Farbstoffe, die eine Azo-Gruppe (-N=N-) enthalten

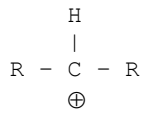
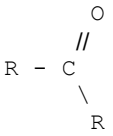
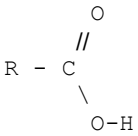
B

Base (ARRHENIUS)	Stoff, der in wässriger Lösung Hydroxid-Ionen (OH^-) abgeben kann
Base (BROENSTED)	Protonen-Akzeptor; Stoff, der in wässriger Lösung Protonen aufnehmen / akzeptieren kann
Bindigkeit	beschreibt die Anzahl der Elektronen-Paare, die ein Atom mit Partner-Atomen bildet
Bindungs-Energie	ist die Energie, die benötigt wird, um zwei verbundene Atome zu trennen
Bindungs-Enthalpie	ist die Energie-Menge, die bei der Bildung eines Moleküls / Atom-Paares aus den Einzel-Atomen (benötigt oder) freigesetzt wird.
Bildungs-Wärme	älterer Ausdruck für die Bildungs-Enthalpie
BORN-HABER-Kreisprozess	Anwendung des → Satz von HESS zur Bestimmung der Gitter-Energie von Ionen-Gittern
Brennstoff-Zelle	Primär-Zelle, bei der die Reaktanten kontinuierlich an die Elektroden (mit Katalysator-Funktion) geführtwerden

C

Carbanium-Ion	ist ein sp^3-hybridisiertes C-Atom mit einer negativen Ladung. Es besitzt ein "überzähliges" Elektron.



Carbenium-Ion	ist ein sp^2-hybridisiertes C-Atom mit einer positiven Ladung. Es fehlt gewissermaßen das Bindungs-Elektron für die 4. Bindung. 
Carbonyl-Gruppe	Atom-Gruppe mit einem doppelt gebundenem Sauerstoff-Atom an einem Cohlenstoff-Atom (R kann Wasserstoff-Atom oder Cohenwasserstoff-Rest bzw. Derivat sein) 
Carboxyl-Gruppe	Säure-Gruppe; → funktionelle Gruppe der → Alkansäuren; -COOH 
chemische Energie	Teil der Energie eines Objektes, die in Bindungen und zwischenmolekularen Beziehungen steckt / gespeichert ist
chemisches Gleichgewicht	bei einer chemischen Reaktion verlaufen Hin- und Rück-Reaktion (in einem geschlossenem System unter konstanten Bedingungen) gleich stark
chirale Moleküle	zwei Moleküle / → Isomere, die sich wie Bild und Spiegelbild verhalten
cis-trans-Isomerie	Form der Isomerie an Doppel-Bindungen
Chiralität	→ Stero-Isomerie Fähigkeit, räumlich spiegelbildliche (händische) Isomere zu bilden
Chromophore	(Atome od.) Atom-Gruppen, die (durch vorhandene π-Elektronen-Systeme) in einer Verbindung die Farbigkeit verursachen / den Stoff zur Absorption bestimmter Licht-Anteile befähigen

D

delokalisierte Elektronen	p-Elektronen, die sich nicht eindeutig (nur formal) zwei Atomen zuordnen lassen; es gibt mehrere (theoretisch denkbare) (mesomere) Zustände der Atom-Gruppe
Denaturierung	Gerinnung; Veränderung od. Zerstörung der natürlichen Funktion eines Stoffes durch äußere Faktoren (meist Eiweiß (Protein) gemeint)
Derivat	Abkömmling; durch Austausch von Atomen oder Atom-Gruppen erhaltene (veränderte) Verbindung
Deuterium	ist ein Isotop des (Elementes) Wasserstoff(s). Es besitzt im Atom-Kern neben dem Proton noch ein Neutron Das Symbol lautet: D, was ^2H entspricht.

Dipol	Molekül mit räumlich getrennten Ladungs-Zentren; ist ein Molekül (od. vergleichbares chemisches Objekt), das zwei entgegengesetzt geladene Laduungs-Schwerpunkte enthält, die nicht deckungsgleich sind.
Dipol-Dipol-Wechselwirkung	Beziehung (Anziehung bzw. Abstoßung) zwischen (permanenten / dauerhaften) Dipolen; sind polare Anziehungskräfte, die zwischen Dipolen wirken
Disaccharide	→ Zweifachzucker; Kohlenhydrate, die aus zwei → Monosaccharid-Bausteinen zusammengesetzt sind
Disproportionierung	chemische Reaktion, bei der gleiche Stoff einmal oxidiert und reduziert wird
Dissoziation-Enthalpie	ist die Energie-Menge, die benötigt wird, um Moleküle / Atom-Paare in einzelne Atome aufzuspalten
Donator	Stoff, der Elementar-Teilchen, Atome oder Atom-Gruppen abgibt
Donator-Akzeptor-Konzept	chemisches Leitlinie, bei der immer eine abgebende Teil-Reaktion mit einer aufnehmenden Teil-Reaktion (direkt ursächlich) verknüpft sind
Duroplast	Makromoleküle mit dreidimensionaler Verknüpfung der Moleküle

E

Edelgas-Regel	Atome sind durch Aufnahme oder Abgabe von Elekronen bestrebt die Elektronen-Konfiguration des am dichtesten benachbarten Edelgases zu erreichen; gilt für alle Hauptgruppen-Elemente → Oktett-Regel
Einfachzucker	→ Monosaccharid
Elastomere	Stoffe, die nach Zug- oder Druck-Belastung wieder in ihre Ausgangsform zurückkehren
Elektrolyse	durch Gleichstrom erzwungene Redox-Reaktion (in einer GALVANI-Zelle)
Elektrolyt	flüssiges, elektrisch leitfähiges Medium (Lösung oder Schmelze, selten Feststoff)
Elektronegativität (allgemein)	ist das Maß für die effektive Kern-Ladung eines Atoms.
Elektronegativität (nach PAULING)	ist ein Modell-Maß für die Fähigkeit eines Atoms Elektronen zu sich zu ziehen (willkürliche Grenzen: max.: EN [Fluor] = 4,0; kleinste: EN [Cäsium] = 0,7)

Elektronenaffinität	ist ein Maß für Fähigkeit eines freien Atoms oder eines Moleküls Elektronen an sich zu binden / zu sich zu ziehen
Elektronen-Akzeptor	→ Oxidations-Mittel; Stoff, der Elektronen aufnehmen (akzeptieren) kann
Elektronen-Donator	→ Reduktions-Mittel; Stoff, der Elektronen abgeben kann
Elektronen-Konfiguration	Anordnung der Elektronen eines Atom auf den Schalen bzw. Orbitalen und Unterorbitalen
Elektronenpaar-Abstoßungs-Theorie	ist die Theorie, die sich mit der räumlichen Anordnung von bindenden und nicht-bindenden Elektronen-Paaren beschäftigt und damit Aussagen über die Teilchen-Geometrie macht
elektrophil	ist die Eigenschaft von Teilchen atomarer Größe, die Elektronen im Mangel haben und deshalb Elektronen-liebend (Wort-Sinn) sind bzw. Elektronen-anziehend wirken Elektronen-Akzeptor; Gegenteil heißt nucleophil
Elektrophil	Teilchen (/Stoff), das (/der) wegen eines Mangels an Elektronen ein (/einen) Elektronen-reiches(/n) Teilchen (/Stoff) (dieses(/r) ist nukleophil) angreift Gegenteil: → Nukleophil
Element	ist ein Stoff, der ausschließlich aus Atomen mit der gleichen Protonen-Anzahl besteht Die Protonen-Zahl definiert die Ordnungs-Zahl eines Elementes. Elemente lassen sich chemisch nicht weiter zerlegen.
Enantiomere	sind Spiegelbild-Isomere eines Stoffes, die nicht durch Drehung ineinander überführt werden können
Energie E	Fähigkeit eines Systems, (physikalische) Arbeit zu verrichten
Energie-Prinzip	Jedes System (z.B. auch ein Elektron) strebt immer den Energie-ärmsten Zustand an. In diesem Zustand ist das System am stabilsten.
energonische Reaktion	Reaktion mit positiver freier Enthalpie (~Energie); nicht freiwillig ablaufende Reaktion; kann nur durch äußere Faktoren (z.B. Temperatur-Erhöhung) erzwungen werden
endotherme Reaktion	Reaktion benötigt zum Ablauf (äußere) Energie
Enthalpie H	Summe, der in Wärme umgerechnete Energie-Veränderung bei chemischen Vorgängen
Entropie S	Maß für die Unordnung eines (chemischen) Systems; (neben der Reaktions-Enthalpie) Triebkraft einer chemischen Reaktion Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines bestimmten Zustandes

essentielle Aminosäuren	bestimmte (protenogene) → Aminosäuren, die der Mensch nicht selbst herstellen kann und deshalb mit der nahrung augenommen werden müssen
essentielle Fettsäure	Fettsäuren mit mindestens zwei Doppel-Bindungen im Molekül; müssen vom Menschen aufgenommen (gegessen) werden müssen, d diese sie nicht selbst herstellen können
exergonische Reaktion	Reaktion mit negativer freier Enthalpie (~Energie); freiwillig ablaufende Reaktion
exotherme Reaktion	Reaktion läuft unter Freisetzung von Energie (Wärme) ab

F

Farbmittel Farb-Mittel	Farbe-gebender Stoff
Farbstoff	im Anwendungs-Medium lösliches oder verarbeites Farb-Mittel
Formal-Ladung	für ein Atom: AnzahlValenzElektronen – FreieElektronen – ½ BindungsElektronen
freie Elektronen-Paare	nicht an einer Bindung beteiligte Außen-Elektronen
freie Enthalpie	GIBBS'sche Energie; nutzbare oder notwendige Energie einer chemischen Reaktion
freie Energie	
Funktions-Isomerie	bei gleicher Summen-Formel sind Stoffe mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen möglich

G

GALVANI-Zelle galvanisches Element	elektrische Energie liefernde Anordnung von zwei verschiedenen Elektroden in einem Elektrolyt oder die elektrisch verbundene Anordnung von zwei Halb-Zellen
GALVANI-sieren galvanisieren	Überziehen einer elektrisch leitenden Oberfläche mit einem Metall mittels Elektrolyse
geschlossenes System	Teilbereich der Realität (/ Welt), der mit seiner Umgebung keine Materie aber Energie austauschen kann
Gleichgewichts-Konstante	

(c,p) 2009-2025 lsp: dre

Geschwindigkeits-Konstante

GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung — Berechnung der Änderung der freien Enthalpie (ΔG) aus der Änderung der Enthalpie (ΔH) und der Entropie (ΔS) sowie der Temperatur (T)
$\Delta G=\Delta H-T\Delta S$; $\Delta G>0$ … Reak. → endergonisch; $\Delta G<0$ … Reak. → exergonisch

Gitter-Energie — Energie, die beim Bilden eines Gitters aus den Ionen frei wird

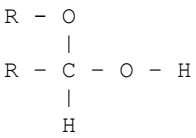
glycosidische Bindung — Bindung (- O -) zwischen zwei Monosaccharid-Bausteinen durch Reaktion von einer → glycosidischen OH-Gruppe mit einer weiteren OH-Gruppe entstandene Bindung

glycosidische Hydroxyl-Gruppe
glycosidische OH-Gruppe

Glycosid

H

Halbacetal — durch Reaktion einer → Aldehyd-Gruppe mit einer → Hydroxyl-Gruppe entstandene Struktur mit einer (neuen) → glycosidischen OH-Gruppe



Hauptgruppen-Elemente — sind die Elemente, die ihre Außen-Elektronen nur auf s- oder p-Orbitalen haben.

Haupt-Quanten-Zahl n — gibt die Größe eines Orbitals an

heterogene Katalyse — Ausgangs-Stoffe und Katalysator liegen in unterschiedlichen Phasen vor

heterolytische Spaltung
Homolyse — ist der ungleichmäßige Bruch einer Bindung unter Bildung von Ionen

$$A - B \longrightarrow A^+ + B^-$$

Hexose — Monosaccharid mit 6 Cohlenstoff-Atomen
Formel: $C_6H_{12}O_6$

homogene Katalyse — Ausgangs-Stoffe und Katalysator liegen in der gleichen Phase vor

homolytische Spaltung
Heterolyse — ist der gleichmäßige Bruch einer Bindung unter Bildung von Radikalen

$$A - B \longrightarrow A\bullet + \bullet B$$

HUNDsche Regel	Bei der Besetzung Energie-gleicher Orbitale werden diese zuerst einzeln (und parallel) belegt. Erst wenn alle energetisch gleichen orbitale einfach besetzt sind kommt es zur Paarung mit Elektronen (, die den entgegengesetzten Spin haben müssen).
Hybridisierung	verschmelzen von energetisch äquivalenten → Orbitalen (meist einer → Haupt-Quanten-Zahl) zu gleichartigen (Energie und Form) → (Hybrid-)Orbitalen
Hybrid-Orbital	durch → Hybridisierung entstandenes Misch-Orbital
Hydrat-Hülle	einfach oder mehrfache Hülle / Schicht von Wasser-Molekülen um ein Ion
Hydratations-Enthalpie	ist die Energie-Menge, die bei der Bildung einer Hydrat-Hülle (benötigt oder) freigesetzt wird.
Hydroxid-Ion	negativ geladenes Ion aus Sauerstoff und einmal Wasserstoff; entsteht bei der Autoprotolyse des Wassers und bei der Dissoziation von Basen ⊖O – H OH^-
Hydroxyl-Gruppe	(ungeladene) Atom-Gruppe aus einem Sauerstoff- und einem Wasserstoff-Atom; funktionelle Gruppe der Alkonole / Alkohole – O – H –OH

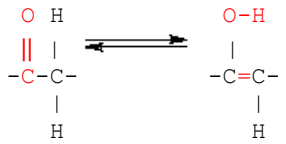
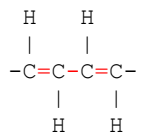
I

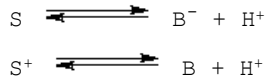
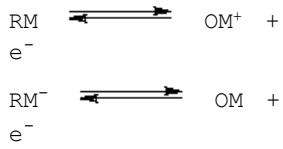
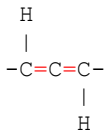
I-Effekt	→ Induktions-Effekt
Indikator	Stoff, der eine bestimmte Eigenschaft (meist durch Farb-Veränderung) anzeigt (z.B. Wasserstoff-Ionen / Protonen am häfigsten verwendet: → Universal-Indikator
Induktions-Effekt induktiver Effekt	Beeinflussung der Reaktivität einer (funktionellen) Gruppe, durch benachbarte Atome od. Atom-Gruppen -I-Effekt: +I-Effekt:
Ionen-Bindung Ionen-Beziehung	chemische Bindung zwischen verschieden geladenen Ionen; Ursache sind die polaren / COLOUMBschen Kräfte
Ionisierungs-Energie	ist die Energie, die notwendig ist um ein bestimmtes bzw. soundsoviele Elektronen aus der Elektronen –Hülle zu entfernen. 1. Ionisierungs-Energie: ist die Energie, die notwendig ist um ein äußerstes Elektron (Außen-Elektron) aus der Atom-Hülle zu entfernen.
isolierte Doppel-Bindung	eine Doppel-Bindung, die erst nach mindestens 2 Einfach-Bindungen wieder eine Doppel-Bindung als (entfernten) Nachbarn hat

isoliertes System abgeschlossenes System	Teilbereich der Realität (/ Welt), der mit seiner Umgebung weder Materie oder Energie austauschen kann
Isomerie	zu einer Summen-Formel existieren mindestens zwei unterschiedliche Struktur-Formeln Formen: → Konformations-Isomerie, → Keto-Enol-Tautomerie
Isoptope	sind (vollständige) Atome eines Elementes, die sich von anderen Atomen des gleichen Elementes durch die Anzahl der Neutronen im Atom-Kern unterscheiden

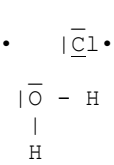
J

K

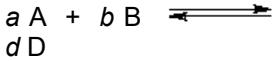
Katalysator	Stoff, der den Verlauf einer chemischen Reaktion verändert (beschleunigt od. verlagsamt), an ihr zwar teilnimmt, aber nicht verbraucht wird (und somit nach der Reaktion wieder vorliegt)
Kathode	Elektrode, an der die Reduktion stattfindet häufig: die Elektrode, die positiv geladen ist
Keto-Enol-Tautomerie	Form der Isomerie, die durch ein im Molekül wanderndes Wasserstoff-Atom entsteht; es bilden sich abwechselnd eine Keton- und eine kombinierte Doppelbindung- (-en) und Alkohol-Struktur 
Ketone	→ Alkanone; Stoffgruppe der Stoffe mit doppeltgebundenem Sauerstoff-Atom an einem sekundärem C-Atom im Moleküle
Ketose	→ Monosaccharid mit einer Keto-Gruppe (üblich am 2. C-Atom)
Kohlenhydrate	→ Monosaccharid mit der Formel $C_nH_{2n}O_n$ (= $C_n(H_2O)_n$) oder deren Kondensations-Produkte (Formel dann: $C_n(H_2O)_m$, $m<n$)
Konformations-Isomerie	Isomerie-Form, die durch Drehung von Molekül-Resten um eine C-C-Einfach-Bindung entsteht
konjugierte Doppel-Bindungen	zwischen zwei Doppel-Bindungen befindet sich exakt eine Einfach-Bindung; alternierende Anordnung von Einfach- und Doppel-Bindungen; es sind verschiedene mesomere Zustände möglich; führt zur Verschiebung der Licht-Absorption 

Konstitutions-Isomerie	Isomerie-Form, die auf den unerschiedlichen möglichen Atom-Positionen (und Bindungs-Strukturen) entsteht
korrespondierendes Säure-Base-Paar	zusammengehörende Stoffe (Säure und Base), die sich durch ein Proton unterscheiden 
korrespondierendes Redox-Paar	zusammengehörende Stoffe (Reduktions- und Oxidations-Mittel), die sich durch ein Elektron unterscheiden 
kumulierte Doppel-Bindung	zwei Doppel-Bindungen folgen unmittelbar aufeinander 

L

Lanthaniden	sind die Elemente mit den Ordnungs-Zahlen 58 bis 71. Ihre Atome sind durch Außen-Elektronen auf 4f-Orbitalen gekennzeichnet.
LEWIS-Formel	→ Valenzstrich-Formel; Struktur-Formel, in der die Außen-Elektronen (Valenz-Elektronen) als Punkte bzw. anliegende Striche (für 2 Elektronen = 1 Elektronen-Paar) und die Bindungen als verbindende Stiche dargestellt werden 
Lokal-Element	Anode und Kathode sind praktisch räumlich nicht getrennt bzw. liegen unmittelbar nebeneinander (und berühren sich); Zelle ist praktisch kurz-geschlossen
Lösungs-Enthalpie	ist die Energie-Menge, die beim Lösen eines Stoffes in einem bestimmten Lösungsmittel benötigt oder freigesetzt wird.

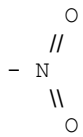
M

Magnet-Quanten-Zahl m	bestimmt die Ausrichtung eines (Unter-)Orbitals im Raum
Massen-Wirkungs-Gesetz (MWG)	Gleichung / Term, die / der aussagt, das (in einem homogenen, geschlossenen System) der Quotient aus den Produkten der Konzentrationen der Reaktions-Produkte sowie den Produkten der Konzentrationen der Ausgangstoffe eine Konstante (k) ist  $k = \frac{c_C^c \cdot c_D^d}{c_A^a \cdot c_B^b}$

mesomere Zustände	mögliche idealisierte (grenzwertige) Struktur-Formeln nach LEWIS für ein Molekül
Mesomerie	Modell zur Umschreibung von Übergangs-Zuständen von Bindungen und Elektronen-Paaren durch idealisierte Zwischen- bzw. Grenz-Situationen
Mesomerie-Pfeil	besonderes Zeichen in chemischen Gleichungen / Gleichungs-Systemen: einzelner Doppelpfeil ⟷; kennzeichnet keine Stoff-Umwandlung bzw. chemische Reaktion, sondern nur denkbare Bindungs- und Ladugs-Verteilungs-Situationen
Mesomerie-Energie	Energie-Differenz zwischen den idealisierten mesomeren Grenz-Zuständen und der real beobachteten Bindungs-Energie
Mesomerie-stabilisiert(e) Struktur	durch bewegliche / wandernde Elektronen-Paare / Ladungen ist das Molekül gegenüber äußeren Einflussen unempfindlicher und wandlungsfähiger
Molekül	räumlich begrenztes Objekt aus mehreren (Nicht-Metall-)Atomen, die mittels Atom-Bindung verbunden sind; einzelne, abgeschlossene und stabile Teilchen, die aus mindestens zwei Atomen bestehen; die Atome werden durch Atom-Bindung und/oder durch polare Atom-Bindung zusammengehalten
Molekül-Orbitale	sind die verschmolzenen / sich überlappenden und gemeinsam genutzter Atom-Orbitale von zwei Atomen
Monomere	elementare Bausteine / Grund-Bausteine eines Polymers / Makromoleküls
Monosaccharid	→ Einfachzucker; Kohlenhydrat mit der Formel $C_nH_{2n}O_n$, wobei n üblicherweise zwischen 3 und 7 liegt (am häufigsten: 5,6); Bau-Element von Oligo- und Poly-Sacchariden
Mutarotation	bei optisch aktiven Isomeren auftretender Effekt, der Einstellung eines bestimmten (Gleichgewichts-)Drehwinkels

N

Nebengruppen-Elemente	sind solche Elemente, deren Außen-Elektronen auf d-Orbitalen liegen
Neben-Quanten-Zahl n	bestimmt die Form und Anzahl der Unter-Orbitale (eines Haupt-Orbital / einer Schale)
NERNST-Gleichung	Berechnungs-Formel zur Ermittlung des Elektroden-Potentials aus der Elektrolyt-Konzentration; $U = U^{\ominus} + \frac{R \cdot T}{z_e \cdot F} \ln \frac{c[OM]}{c[RM]}$

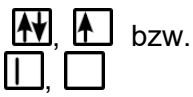
	Berechnung des Redox-Potentials aus der Stoff-Konzentration
Nitro-Verbindungen	organische Stoffe mit einer od. mehrerer Nitro-Gruppen (als funktionelle Gruppe) 
Nuklid	ist eine (Atom-)Kern-Art, die durch eine bestimmte Anzahl an Protonen und Neutronen charakterisiert ist
Nukleonen-Zahl	ist die Summe der Anzahlen von Protonen und Neutronen in einem Atom-Kern
nucleophil nukleophil	ist die Eigenschaft von Teilchen atomarer Größe, die Elektronen im Überschuß besitzen und deshalb Kern-liebend (Wort-Sinn) sind bzw. Kern-anziehend wirken Elektronen-Donatoren; Gegenteil heißt elektrophil
Nukleophil	Teilchen (/Stoff), das (/der) wegen eines Überschusses an Elektronen ein / einen Elektronen-armes/n Teilchen (/Stoff) (dieses(/r) ist elektrophil) angreift Gegenteil: → Elektrophil

O

offenes System	Teilbereich der Realität (/ Welt), der mit seiner Umgebung sowohl Materie als auch Energie austauschen kann
Oktett-Regel (Acht-Elektronen-Regel)	Zuordnung von 4 Elektronen-Päarchen zu einem Atom (außer H und He; hier nur 1 Päarchen) in einer → LEWIS-Formel, um die optimale Situation von 8 Außen-Elektronen (→ Valenz-Elektronen) zu erreichen; gilt für alle Hauptgruppen-Elemente angestrebt: Edelgas-Konfiguration (→ Edelgas-Regel) bzw. voll-besetzte (Unter-)Orbitale
Oligopeptide	Peptide, die aus 2 bis rund 20 Aminosäure bestehen bzw. 1 bis rund 19 Peptid-Gruppen enthalten
Oligosaccharide	Kohelnhydrate (→ Saccharide), die aus 2 bis rund 20 Monosaccharid-Bausteinen aufgebaut sind
Orbital	ist der Aufenthalts-Bereich (eines Elektrons) innerhalb der Elektronen-Hülle (negative Ladungs-Wolke), in dem sich das Elektron mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit aufhält
Oxidation	Teilreaktion der Redox-Reaktionen, bei der ein od. mehrere Elektron(en) abgegeben werden bzw. sich die → Oxidation-Zahl für ein Atom erhöht
Oxidations-Mittel (OM, OxM, OxidM)	Stoff, der in einer Redox-Reaktion einen anderen Stoff oxidiert bzw. selbst reduziert wird

Oxidations-Zahl	Modell, bei dem einem Atom eine formale Ladung zugeordnet wird, so als wäre es ein Ion innerhalb des Moleküls bzw. des Stoffes fiktive Ladung eines Atom innerhalb einer Bindung bzw. des Elementes
Oxydation	Reaktion eines Stoffes mit Sauerstoff (Verbrennung)/ Bildung eines Oxides

P

Partial-Ladung (partielle Ladung)	→ Teil-Ladung
Passivierung	Bildung einer chemisch kaum angreifbaren Deckschicht z.B. Oxid-Schicht auf elemtarem Aluminium
PAULING-Schreibweise	Schreibweise der Elektronen-Konfiguration oder der Orbital-Besetzung mittels / in Quadraten; Elektronen werden mit ihrem Spin (als Pfeil) dargestellt (wenn für ein ungepaartes Elektron der Spin egal ist, wird häufig nur ein Strich gezeichnet)  bzw.
PAULI-Prinzip	alle Elektronen eines Atom müssen sich in mindestens einer Quanten-Zahl (Haupt-, Neben-, Magnet- od. Spin-Quanten-Zahl) unterscheiden
PAULI-Verbot	in der Atom-Hülle eines Atoms dürfen zwei Elektronen niemals in allen vier Quanten-Zahlen übereinstimmen. Sie müssen sich immer in mindestens einer Quanten-Zahl unterscheiden.
Pentose	→ Monosaccharid mit 5 C-Atomen im Molekül; Summen-Formel: $C_5H_{10}O_5$
pH-Wert	Kenngröße der Konzentartion der Wasserstoff-Ionen / Protonen / Hydronium-Ionen in einer Lösung $\boldsymbol{pH} = -\lg \boldsymbol{c}[\boldsymbol{H_3O^+}]$ negativer dekadischer Logarithmus der Konzentration der Hydronium-Ionen / Wasserstoff-Ionen / Protonen
Pigmente	Farbstoff, die im Anwendungs-Medium unlöslich sind (häufig Feststoffe)
Polarisierbarkeit	ist ein Maß für Veränderung der Elektronen-Hülle eines Atoms durch ein äußeres elektrisches Feld
Polarität	ist die ungleichmäßig Verteilung der Elektronen-Dichte um ein Objekt (atomarer Größe)
Poly-Addition	Bildungs-Reaktionen von Makromolekülen ohne Neben-Produkte; vielfache Verknüpfung von bifunktionalen Molekülen mittels Additions-Reaktionen

Poly-Kondensation	Bildungs-Reaktionen von Makromolekülen unter Abspaltung kleiner Moleküle vielfache Verknüpfung von bifunktionalen Molekülen mittels Substitutionen unter Abspaltung kleiner / einfacher Moleküle
Polymerisation	Bildungs-Reaktionen von Makromolekülen durch Aufbrechen von Doppel-Bindungen und Verknüpfen der → Monomere
Polypeptid	Makromolekül mit mehr als 20 Aminosäure-Bausteinen bzw. 19 Peptid-Gruppen im Molekül
Polysaccharid	Kohlenhydrat, der aus sehr vielen (20 – 1'000'000; mehr als 20) Monosaccharid-Grundbausteinen zusammengesetzt ist
primärer Alkohol	Alkohol, dessen Hydroxyl-Gruppe am Ende einer C-Kette gebunden ist Alkohol, dessen Hydroxyl-Gruppen-tragendes C-Atom nur 1 Nachbar-C-Atom hat
Primär-Struktur (von Proteinen)	(genetisch bedingte) Aufeinanderfolge von Aminosäuren in einer Polypeptid-Kette
Primär-Zelle	GALVANI-Zelle mit gerichteter (nicht-umkehrbarer) Reaktion (Zelle kann nur entladen werden)
Promotion	Anhebung des Energie-Niveaus eines Elektrons in der Atom-Hülle
Proteine	= Eiweiße Polypeptide in einer speziellen Struktur (→ Tertiär- od. Quartiär-Struktur) ev. mit einem Nicht-Protein-Teil (zur Erfüllung einer biologischen Funktion)
Puffer	Gemisch aus Säuren bzw. Basen und schwachen Salzen derselbigen, die trotz Verdünnung od. dem Zusatz von Säure od. Base ihren → pH-Wert lange konstant halten

Q

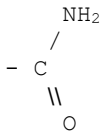
Quanten-Zahl	Eigenschaft- bzw. Zustand-Größe eines Elektrons n .. → Haupt-Quanten-Zahl; l .. → Neben-Quanten-Zahl; m .. → Magnet-Quanten-Zahl; s .. → Spin-Quanten-Zahl;
Quartiär-Struktur (eines Proteins)	räumliche Struktur eines Proteins; meist aus mehreren Tertiär-Strukturen (→ Polypeptid-Ketten) zusammengesetzt; natürliche (optimal funktionierende) Eiweiß-Struktur

R

Reagenz	das kleinere oder das bewegliche von zwei an einer Reaktion beteiligten Stoffe (größere oder feste werden → Substrat genannt)
Reaktions-Energie $\Delta_R E$, $\Delta_R U$	Veränderung der Energie im Verlauf einer chemischen Reaktion; Wärme-Aufnahme oder –Abgabe im Verlauf einer chemischen Reaktion bei konstantem Volumen
Reaktions-Enthalpie $\Delta_R H$	Wärme-Aufnahme oder –Abgabe im Verlauf einer chemischen Reaktion bei konstantem Druck
Redox-Paar, korrespondierendes	→ Korrespondierendes Redox-Paar
Redox-Reaktion	→ Reaktion mit Elektronen-Übergang; Reaktions-System aus einer → Oxidation (Elektronen-Abgabe) und einer → Reduktion (Elektronen-Aufnahme)
Reduktion	Teilreaktion der Redox-Reaktionen, bei der ein od. mehrere Elektron(en) aufgenommen werden bzw. sich die → Oxidation-Zahl für ein Atom verringert
Reduktions-Mittel (RM, RedM)	Stoff, der in einer Redox-Reaktion einen anderen Stoff reduziert bzw. selbst oxidiert wird
Regel von KOSSEL KOSSEL-Regel	Die Reaktions-Fähig eines Atoms beruht auf seiner Fähigkeit, Elektronen aufzunehmen od. abzugeben, um eine Edelgas-Konfiguration zu erreichen.
RGT-Regel Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel	= → VANT HOFFsche Regel Erhöht man die Temperatur um 10 grd (= 10 K), dann erhöht sich die Reaktions-Geschwindigkeit durchschnittlich um das zwei- bis dreifache (selten bis zum Zehnfachen) Ausnahme: Foto-chemische Reaktionen

S

Salz-artige Stoffe	→ Ionen-Verbindungen; Stoffe, die auf Ionen-Beziehung basieren; Stoffe, die in Form von Ionen-Gittern aufgebaut sind
Salze	sind Feststoff, die aus Ionen aufgebaut sind.
Satz von HESS	die Reaktions-Energie für eine chemische Reaktion ist immer gleich, unabhängig vom Weg der Reaktion
Säure (ARRHENIUS)	Stoff, der in wässriger Lösung Wasserstoff-Ionen (Protonen)

	abgeben kann
Säure (BROENSTED)	Protonen-Donator; Stoff, der in wässriger Lösung Protonen abgeben / donieren kann
Säureamid	Derivate der → Alkansäuren, bei denen die Hydroxyl-Gruppe durch eine Amino-Gruppe ersetzt ist 
sekundärer Alkohol	Alkohol, dessen Hydroxyl-Gruppen-tragendes C-Atom genau 2 Nachbar-C-Atome hat
Sekundär-Struktur (eines Proteins)	regelmäßige / geordnete Anordnungen (Faltblatt od. Helix) der Aminosäuren einer Polypeptid-Kette, die durch die Eigenschaften der Reste und Wasserstoff-Brücken-Bindungen stabilisiert werden
Sekundär-Zelle	GALVANI-Zelle mit umkehrbarer Reaktion; (Zelle kann (mehrfach) entladen und geladen werden)
Spannungs-Reihe, elektrochemische	Zusammenstellung der Redox-Paare, nach ihren Standard-Potentialen (Redox-Verhalten / Redox-Stärke) geordnet
Spin-Quanten-Zahl s	Eigenschaft eines Elektron, die seinen Spin (~ (Eigen-)Rotation) beschreibt
Standard-Bildungs-Enthalpie $\Delta_f E_m^{\ominus}$, molare	Enthalpie, die bei der Bildung eines Mol eines Stoffes aus seinen Elementen aufgenommen od. freigesetzt wird; Enthalpie-Änderung bei der Bildung einer Verbindung aus seinen Elementen → *tabellierte Werte*
Standard-Bildungs-Entropie $\Delta_B S_m^{\ominus}$, $\Delta S_m^{\ominus}$, molare	Entropie-Änderung, die bei der Bildung eines Mol eines Stoffes aus seinen Elementen beobachtet wird → *tabellierte Werte*
Standard-Bindungs-Enthalpie $\Delta_B E_m^{\ominus}$, molare	Enthalpie, die bei der Bildung eines Mol Bindungen zwischen zwei Atomen aufgenommen od. freigesetzt wird; Enthalpie-Änderung bei der Bildung eines Mol Atom-Bindungen → *tabellierte Werte*
Standard-Elektroden-Potential	Potential einer Halb-Zelle unter Standard-Bedingungen gegenüber einer Standard-Wasserstoff-Elektrode
Standard-Reaktions-Enthalpie $\Delta_R E_m^{\ominus}$, molare	Enthalpie pro Formel-Umsatz, die im Verlauf einer Reaktion bei Standard-Bedingungen aufgenommen oder abgegeben wird Wärme pro Formel-Umsatz, die im Verlauf einer Reaktion bei konstanten Druck und bei 298 K aufgenommen oder abgegeben wird
Standard-Bildungs-Entropie $\Delta_R S_m^{\ominus}$, molare	Veränderung der Entropie pro Formel-Umsatz einer Reaktion, bezogen auf alle Produkte und Edukte

Stellungs-Isomerie	Isomerie, die aus der unterschiedlichen Positionierung von Gruppen entsteht (bei Beibehaltung der Gruppen-Kombination)
Substitution	Typ chemischer Reaktionen, bei denen Atome od. Atom-Gruppen ausgetauscht werden
Substrat	das größere von zwei oder mehreren an einer Reaktion beteiligten Stoffe (andere (kleinere) werden → Reagenz genannt) bei Enzym-Reaktionen ist das Substrat der zu bearbeitende Stoff
Synproportionierung Komproportionierung	Reaktion von Verbindungen eines Elementes einer höheren und einer niedrigeren Oxidations-Stufe zu einer gemeinsamen mittleren
System	(real od. künstlich) abgegrenzter Teil der Realität (/ Welt), der in Beziehung zu seiner Umgebung (dem Nicht-System) steht Modell
System, abgeschlossenes	→ isoliertes System
System, geschlossenes	→ geschlossenes System
System, isoliertes	→ isoliertes System
System, offenes	→ offenes System

T

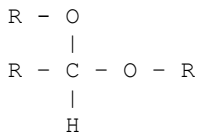
Teil-Ladung (→ Partial-Ladung)	sind nur Anteile einer vollständigen Ladung. Sie werden mit dem Zeichen σ (griech.: s .. sigma) und der Ladungs-Richtung (plus oder minus) gekennzeichnet
tertiärer Alkohol	Alkohol, dessen Hydroxyl-Gruppen-tragendes C-Atom genau 3 Nachbar-C-Atome hat
Tertiär-Struktur eines Proteins	räumliche Struktur eines fertig gefalteten und ev. intern verknüpften monomeren, funktionsfähigen Proteins (→ Polypeptid-Kette); verbinden sich häufig zu Oligomeren (selten Polymeren) bei rein monomeren Proteinen ist die Tertiär-Struktur auch gleich die Quartiär-Struktur
Thermoplaste	Makromoleküle (mit linearen und / oder wenig verzweigten Strukuren), die sich bei mäßiger Temperatur-Erhöhung (wiederholt) verformen lassen
Titration	Maß-analytisches Verfahren zur Bestimmung der Stoffmenge bzw. der Konzentration einer Lösung mittels des Verbrauches einer definierten Maß-Lösung; vielfach an Farb-

	Veränderungen od. mittels Indikatoren verfolgt z.B. Säure-Base-Titration, Redox-Titration

U

Überspannung	Differenz zwischen dem gemessenen und der theoretisch berechneten / erwarteten Potential einer Halb-Zelle / Elektrode durch Oberflächen-Effekte bzw. Elektroden-Material-Effekte verändertes Potential einer Halb-Zelle
Universal-Indikator	häufig verwendete → Farbstoff- bzw. → Indikatoren-Kombination (auf Papier fixiert od. als Lösung), die den Gehalt an Protonen / Wasserstoff-Ionen (→ pH-Wert) durch bestimmte Farben anzeigt (sauer .. rot; neutral .. grün; basisch .. blau)

V

Valenz-Elektronen	Außen-Elektronen; Elektronen auf der äußersten Schale (/ dem äußersten (Unter-Orbital)
VAN-DER-WAALS-Kräfte VDW-Kräfte	als unpolar beschriebene schwache Kräfte / Wechselwirkungen zwischen Teilchen / Molekülen, die auf temporären, induzierten Dipolen beruhen
Veresterung	Reaktion einer Säure mit einem Alkohol unter Bildung eines Esters und Wasser spezielle Form der Substitution, bei der eine Säure mit einem Alkohol reagiert
Verseifung	alkalische Hydrolyse von Fetten (Triglyceriden) zu Glycerol und Fettsäure-Salzen (= Seifen) Rück-Reaktion der Veresterung von Glycerol und Fettsäuren
Vollacetal	durch Reaktion einer → glycosidischen OH-Gruppe mit einer weiteren OH-Gruppe entstandene Gruppierung 
vollsynthetische Kunststoffe	Kunststoffe / Makromoleküle, die aus chemisch (künstlich) hergestellten oder veränderten → Monomeren hergestellt wurden

W

Wärme(-Energie)	Energie-Form, die die Bewegungs-Energie von Teilchen innerhalb eines Stoffes darstellt gemessen als: Temperatur
Wärme-Menge	Energie-Menge, die zwischen System od. dem System und

	seiner Umgebung ausgetauscht wird
Wasserstoff-Brücken-Bindung (WBB)	relativ starke Wechselwirkungen zwischen Teilchen / Molekülen durch gemeinsam beanspruchte / benutzte Wasserstoff-Atome (meistens unmittelbar an N, F und O gebunden und diesen gegenüberliegend); beruhen auf Dipol-Dipol-Wechselwirkungen zwischen polarisierten Wasserstoff-Atomen und anderen polarisierten Atomen. Zumeist treten WBB zwischen intermolekular auf
Wärmetönung	ist der historisch / umgangssprachliche Ausdruck für die Reaktions-Enthalpie

X

Y

Z

Zell-Spannung	Potential einer Halb-Zelle / GALVANIschen Zelle
Zersetzungs-Spannung	Spannung, die benötigt wird um eine Lösung zu elektrolysieren Elekrolyse-Spannung zur Zersetzung einer Lösung (unter Abscheidung reduzierter und oxidierter Stoffe)
Zweifachzucker	→ Disaccharide; Kohlenhydrate, die aus zwei → Monosaccharid-Bausteinen zusammengesetzt sind
zwischen-molekulare Kräfte, zwischen-molekulare Wechselwirkungen	elektrostatische Kräfte zwischen Teilchen / Molekülen od. isolierten Atomen / Ionen (unpolare) VAN-DER-WAALS-Kräfte od. polare (Dipol-Dipol-) Wechselwirkungen / Kräfte

Ä - Ü

Literatur und Quellen:

/1/ WÜNSCH, Prof. Dr. Karl-Heinz; MIETCHEN, Doz. Dr. Ralf; EHLERS, Dr. Dieter:
Organische Chemie – Grundkurs.- Berlin: Dt. Verl. d. Wissenschaften; 1986; 5. berichtet. Aufl.
ISSN 0233-0806

/2/ FITTKAU, Dr. Siegfried:
Organische Chemie.-Jena: G. Fischer Verl.; 1984; 5., überarb. Aufl.

/3/ BOTSCH, Walter; HÖFLING, Erich; MAUCH, Jürgen:
Chemie ind Versuch, Theorie und Übung.- Frankfurt am Main: Verl. M. Diesterweg; Aarau, Frankfurt am Main, Salzburg: Verl. Sauerländer; 1984; 2., neubearb. Aufl.
ISBN 3-425-95421-0
ISBN 3-7941-2522-3

/4/ HÄUSLER, Karl:
Chemie kompakt – Formeln, Regeln, Gesetze.-München: R. Oldenburg Verl.; 1994; 1. Aufl.
ISBN 3-486-88567-7

/5/ SCHLEIP, Alfred; KÖHLER, Georg:
Fundamentum CHEMIE – Sekundarstufe I – Lehr- und Arbeitsbuch.-Bonn: Ferd. Dümmlers Verl.; 1994
ISBN 3-427-43101-0

/6/ LÜTHJE – GALL - REUBER:
Verf:: THOMAS, Dr. Wolfgang; QUANTE, Marion; QUANTE, Uwe; HEFELE, Gerd:
Lehrbuch der Chemie – Organische Chemie.-Frankfurt am Main: Verl. M. Diesterweg; 1983
ISBN 3-425-050496-6

/7/ WHITE, Emil H.:
Grundlagen der Chemie für Biologen und Mediziner.-Stuttgart: Kosmos – Gesell. d. Naturfreunde; Franckh'sche Verlagshandlung; 1973.- 3. verbesserte Aufl.
ISBN 3-440-03981-1

/8/ Chemie – Lehrbuch für Klasse 9
(TEICHMANN, Jochen; OBST, Heinz; ARNDT, Barbara); Hrsg.: TEICHMANN;
Berlin: Volk u. Wissen Verl.; 1980; 11. Aufl.

/9/ Chemie – Lehrbuch für Klasse 8
(ARNDT, Barbara; LANGE, Peter; OBST, Heinz; TEICHMANN, Jochen);
Berlin: Volk u. Wissen Verl.; 1985; 6. Aufl.

/10/ Organische Chemie – Lehrbuch für die Oberschule 9. und 10. Klasse
(HRADETZKY, Albert; WOLFFGRAMM, Horst; RENNEBERG, Werner);
Berlin: Volk u. Wissen Verl.; 1967

/11/ Schüler-DUDEN: Die Chemie
Mannheim: Bibliogr. Inst. & F. A. Brockhaus; überarb. Aufl.
ISBN

/12/ HAFNER, Lutz:
Biochemie – Materialien für den Sekundarbereich II – Chemie.-Hannover: Schroedel Schulbuchverl.; 1993
ISBN 3-507-10604-3

/13/ HAFNER, Lutz:
Einführung in die Organische Chemie – Unter besonderer Berücksichtigung der Biochemie – Materialien für den Sekundarbereich II – Chemie.-Hannover: Schroedel Schulbuchverl.; 1976; 2. Aufl.
ISBN 3-507-10600-0

/14/ OEHMICHEN, Jobst:
Chemie für Landwirte.-Alfeld-Hannover: Verl. M. & H. Schaper; 1989.-2. überarb. u. erw. Aufl.
ISBN 3-7944-0147-6

/15/ ANDERS, A.; DEIBNER, H.; PAAR, F.; SCHWARZER, J.; SINDEL, G.:
Chemie – Fachschule Technik.-Troisdorf: Bildungsverl. EINS (Stam); 1994.-2. Aufl.
ISBN 3-8237-0039-1

/16/ HACKL, Manfred; VOLKMANN, Hans; …:
Chemie für Fachoberschulen – Ausgabe B.-Stuttgart, Dresden: Klett Verl. f. Wissen u. Bildung; 1993.-1. Aufl.
ISBN 3-12-804300-0

/17/ JÄCKL, Manfred; RISCH, Karl (Hrsg.):
Chemie heute – Sekundarbereich II.-Hannover: Schroedel Schulbuchverl.; 1991
ISBN 3-507-10618-3

/18/ KIRSCH, Wolfgang; MANGOLD, Marietta; SCHLACHTER, Brigitte; TSCHIEDEL, Martina:
Abitur clever vorbereitet – Chemie (Schülerhilfe).-Potsdam: tandem Verl.
ISBN 978-3-8427-0361-2
(für Schüler sehr zu empfehlen; die Chemie kurz gefasst; Kosten-günstig)

/1/ :

ISBN

/1/ :

ISBN

/A/ Wikipedia
http://de.wikipedia.org

Die originalen sowie detailliertere bibliographische Angaben zu den meisten Literaturquellen sind im Internet unter http://dnb.ddb.de zu finden.

Abbildungen und Skizzen entstammen den folgende ClipArt-Sammlungen:

/A/ 29.000 Mega ClipArts; NBG EDV Handels- und Verlags AG; 1997

/B/

andere Quellen sind direkt angegeben.

Alle anderen Abbildungen sind geistiges Eigentum:

/I/ lern-soft-projekt: drews (c,p) 2006 – 2026 lsp: dre
für die Verwendung außerhalb dieses Skriptes gilt für sie die Lizenz:

creative commons **CC-BY-NC-SA**

Lizenz-Erklärungen und –Bedingungen: http://de.creativecommons.org/was-ist-cc/
andere Verwendungen nur mit schriftlicher Vereinbarung!!!

verwendete freie Software:

Programm	Hersteller:
Inkscape	inkscape.org (www.inkscape.org)
CmapTools	Institute for Human and Maschine Cognition (www.ihmc.us)
ChemSketch	ACD Labs (Advanced Chemistry Development, Inc.) (www.acdlabs.com)

⊞- (c,p)1998 - 2026 lern-soft-projekt: drews -⊟
⊞- drews@lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- http://www.lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- 18069 Rostock; Luise-Otto-Peters-Ring 25 -⊟
⊞- Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11 -⊟