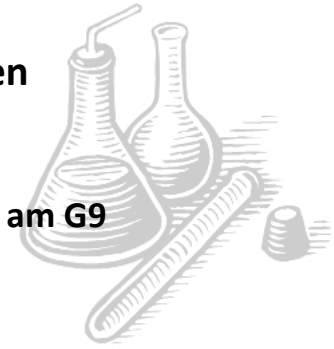


Rupprecht-Gymnasium München

Fachschaft Chemie

Grundlegende Inhalte der 10. Klasse NTG am G9



Stand: Juli 2023



I. Das Donator-Akzeptor Konzept bei Protonenübergängen

1. Saure, basische und neutrale Lösungen

Wässrige Lösungen (= ein Stoffgemisch aus dem Lösemittel Wasser und mind. einem darin gelösten Stoff) können nach ihrem Charakter unterschieden werden:

	Saure Lösungen...	Neutrale Lösung	Basische Lösungen...																														
Eigenschaften auf Stoffebene: 	... „schmecken“ sauer. ... verursachen Reizungen oder Verätzungen. ...sind immer elektrisch leitfähig.		... „fühlen“ sich seifig an ... verursachen Reizungen oder Verätzungen. ...sind immer elektrisch leitfähig.																														
Der pH-Wert ...	<p>Indikatoren sind Farbstofflösungen, die anzeigen können, ob eine wässrige Lösung sauer, basisch oder neutral ist.</p> <p>Der Universalindikator kann durch seine vielfältigen Farbabstufungen auch anzeigen, welchen pH-Wert eine Lösung hat:</p> <table style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: black; color: white;">0</td> <td style="background-color: purple;">1</td> <td style="background-color: red;">2</td> <td style="background-color: orange;">3</td> <td style="background-color: yellow;">4</td> <td style="background-color: lightgreen;">5</td> <td style="background-color: green;">6</td> <td style="background-color: cyan;">7</td> <td style="background-color: blue;">8</td> <td style="background-color: darkblue;">9</td> <td style="background-color: navy;">10</td> <td style="background-color: black; color: white;">11</td> <td style="background-color: black; color: white;">12</td> <td style="background-color: black; color: white;">13</td> <td style="background-color: black; color: white;">14</td> </tr> <tr> <td colspan="7">← saurer Charakter nimmt zu</td> <td></td> <td colspan="7">basischer Charakter nimmt zu →</td> </tr> </table> <p>... beschreibt, wie stark/schwach sauer oder basisch eine Lösung ist.</p> <p>... beschreibt die Stoffmengenkonzentration der Oxonium-Ionen. Je höher der pH-Wert ist, desto geringer ist die Stoffmengenkonzentration der Oxonium-Ionen.</p>			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	← saurer Charakter nimmt zu								basischer Charakter nimmt zu →						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																			
← saurer Charakter nimmt zu								basischer Charakter nimmt zu →																									
Besonderheiten auf Teilchen- ebene: 	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 45%; border-top: 1px solid black; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>... enthalten mehr Oxonium-Ionen als Hydroxid-Ionen.</p> </div> <div style="width: 10%; text-align: center; border-top: 1px solid black; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>↓</p> </div> <div style="width: 45%; border-top: 1px solid black; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>... enthalten mehr Hydroxid-Ionen als Oxonium-Ionen.</p> </div> </div> <p>... enthält gleich viele Oxonium- und Hydroxid-Ionen.</p>																																

2. Die Säure-Base-Reaktion (= Die Protolysereaktion)

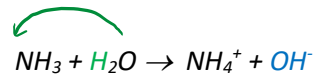
Saure und basische Lösungen können durch **Säure-Base-Reaktionen** entstehen, wenn der zu lösende Stoff mit dem Wasser eine chemische Reaktion eingeht und Hydroxid- oder Oxonium-Ionen gebildet werden.

Beispiele:

- Ammoniak-Gas wird in Wasser eingeleitet. Durch eine chemische Reaktion entsteht eine **basische Lösung**:

Reaktionsgleichung auf Teilchenebene:

Protonenübergang

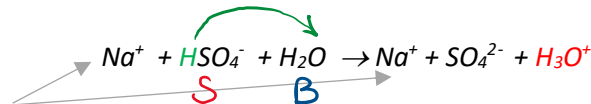


B S

In der Lösung liegen nun Ammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen vor. Diese machen die Lösung elektrisch leitfähiger als das reine Wasser. Da zusätzlich Hydroxid-Ionen entstanden sind, liegt nun eine basische Lösung vor.

- Durch die Reaktion des Salzes Natriumhydrogensulfat in Wasser erhält man eine **saure Lösung**.

Protonenübergang

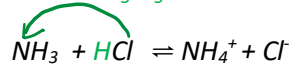


Diese Ionen nehmen nicht teil, sondern liegen in der Lösung nur als „Zuschauer“-Ionen vor. Man könnte sie theoretisch in einer vereinfachten Reaktionsgleichung weglassen.

Bei einer **Säure-Base-Reaktion** (= Protolysereaktion) findet ein **Protonenübergang** von einem **Protonendonator** auf einen **Protonenakzeptor** statt. Dieser Reaktionstyp folgt dem **Donator-Akzeptor-Prinzip**! Die Reaktionen sind grundsätzlich **reversibel** (umkehrbar).

- Beispiel für eine Protolysereaktion, die ohne Wasser als Reaktionspartner stattfindet: Ammoniak-Gas und Wasserstoffchlorid-Gas bilden das Salz Ammoniumchlorid.

Protonenübergang



B S

Der Protonendonator wird als **Säure**, der Protonenakzeptor als **Base** bezeichnet. „Säure“ und „Base“ sind also Begriffe der Teilchenebene.

Der Begriff „Säure“ kann auf Stoffebene für einen Reinstoff (z.B. Citronensäure) und für eine saure Lösung (z.B. Salzsäure) stehen.

Strukturelle Voraussetzungen für die Eignung als „Säure“- oder „Base“-Teilchen:

Stark positiv polarisiertes Wasserstoff-Atom in einem Molekül

Nicht-bindendes Elektronenpaar an einem negativ polarisierten Atom



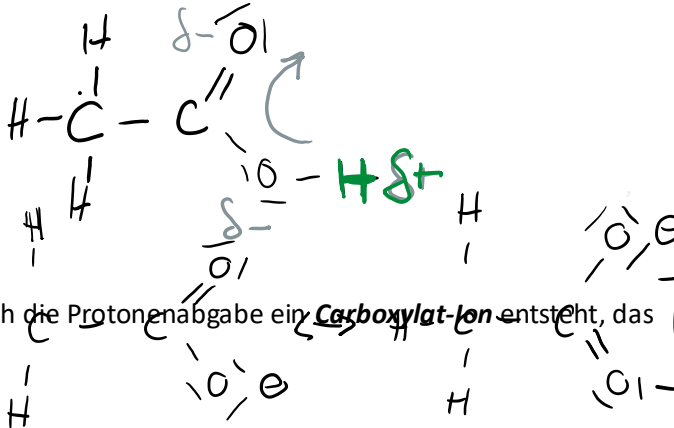
Wasser-Moleküle weisen beide strukturellen Voraussetzungen auf und können daher, je nachdem welcher Reaktionspartner zur Verfügung steht, als „Säure“ oder „Base“ fungieren.

Solche Moleküle nennt man **Ampholyte**.

Die Fähigkeit eines Teilchens als „Säure“ zu reagieren, ist unterschiedlich stark ausgeprägt und wird als **Acidität** bezeichnet. Hat ein Teilchen also eine hohe Acidität, dann geben die Teilchen besonders leicht Protonen bei chemischen Reaktionen ab.

Carbonsäure-Moleküle sind zum Beispiel besonders acide, weil ein Carbonsäure-Molekül ein **positiv polarisiertes Wasserstoffatom in der Carboxy-Gruppe** besitzt. Dieses Wasserstoff-Atom ist besonders stark positiv polarisiert, da sich in der nahen Umgebung ein weiteres Sauerstoff-Atom befindet.

Essigsäure-Molekül

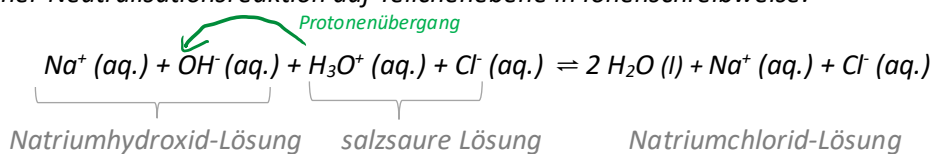


Der zweite Grund ist, dass durch die Protonenabgabe ein **Carboxylat-Ion** entsteht, das **mesomeriestabilisiert** ist.

Ethanoat-Ion
(Acetat-Ion)

Bei einer **Neutralisations-Reaktion** reagieren auf Stoffebene eine saure und eine basische Lösung zu einer neutralen Salz-Lösung. Bei der Reaktion reagieren gleiche (äquivalente) Mengen von Oxonium-Ionen mit Hydroxid-Ionen zu Wasser-Molekülen

Beispiel einer Neutralisationsreaktion auf Teilchenebene in Ionenschreibweise:

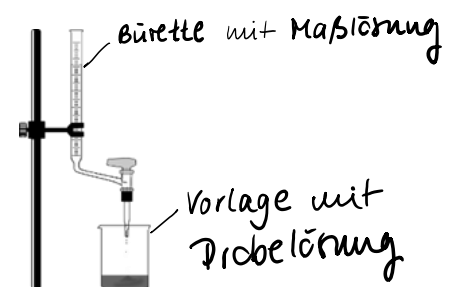


3. Die Stoffmengenkonzentration und die Säure-Base-Titration

Die **Stoffmengenkonzentration** gibt an, welche Stoffmenge eines gelösten Stoffes x in dem Gesamtvolumen V einer Lösung vorliegt: $c(x) = n(x)/V(\text{Lösung})$ [mol/L]

Eine unbekannte Stoffmengenkonzentration einer Lösung kann mit Hilfe der **Säure-Base-Titration** ermittelt werden.

Dabei wird in die Vorlage ein passender Indikator gegeben, der den **Äquivalenzpunkt** (gleiche Mengen Oxonium-Ionen und Hydroxid-Ionen wurden umgesetzt) durch Farbumschlag anzeigt. Die Vorlage (=Probeflösung) enthält eine Lösung mit unbekannter Stoffmenge, aber bekanntem Volumen. Die Maßlösung ist eine Lösung mit bekannter Stoffmengenkonzentration. Das zugegebene Volumen der Maßlösung bis zum Äquivalenzpunkt kann an der Bürette abgelesen werden.



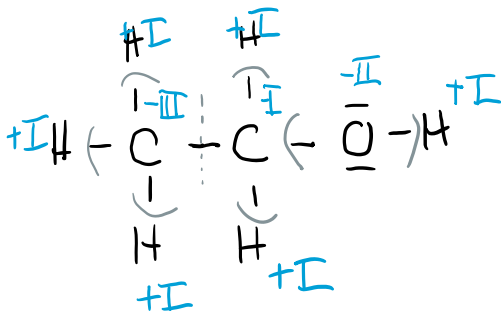
II. Das Donator-Akzeptor-Konzept bei Elektronenübergängen

1. Die Oxidationszahl (OZ)

Redoxreaktionen sind aus der vorherigen Jahrgangsstufe bekannt. Der **Elektronenübergang** war leicht an der veränderten Ionenladung zu erkennen. Sind nun an der chemischen Reaktion Moleküle oder Molekül-Ionen beteiligt, so kann man den Elektronenübergang nur erkennen, wenn man die Oxidationszahlen aller Atome bestimmt: **Erhöht** sich die **Oxidationszahl**, liegt die **Oxidation** vor. **Verringert** sich die **Oxidationszahl**, liegt die **Reduktion** vor.

Bestimmung der Oxidationszahl in Valenzstrichformeln:

Die Bindungselektronen werden formal dem elektronegativeren Partner zugeordnet. Die Oxidationszahl ergibt sich dann aus der Differenz zwischen den Valenzelektronen, die in einem isolierten Atom vorliegen würden und den formal ermittelten Valenzelektronen.



Bestimmung der Oxidationszahl in Molekülformeln:

Hier müssen die Regeln entsprechend der Reihenfolge beachtet werden. Erstgenannte Regeln „stechen“, wie bei einem Kartenspiel, die nächsten Regeln.

- (1) Atome von Elementen haben die OZ=0
- (2) Die Ladung von Atom-Ionen entspricht der OZ.
- (3) Die Summe der OZ aller Atome in einem ungeladen Molekül ergibt 0.
- (4) Die Summe aller OZ aller Atome entspricht der Ladungszahl eines Molekül-Ions.
- (5) Metall-Atome haben in Verbindungen immer positive Oxidationszahlen.
- (6) Fluor-Atome haben in Verbindungen immer die OZ = -I.
- (7) Wasserstoff-Atome haben in der Regel die OZ = +I.
- (8) Sauerstoff-Atome haben in der Regel die OZ = -II.
- (9) Chlor-, Brom- und Iod-Atome haben in der Regel die OZ = -I.

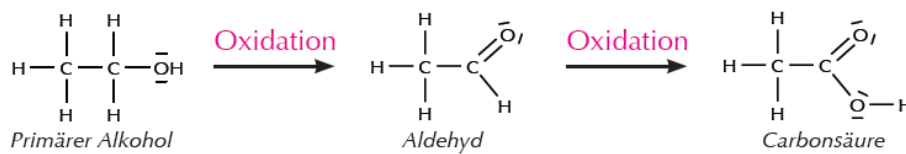
2. Aufstellen von Redoxreaktions-Gleichungen in wässrigen Lösungen

Redoxreaktionen können in wässrigen Lösungen ablaufen. Je nach pH-Wert der Lösung können unterschiedliche Produkte entstehen. Beim Aufstellen der Gesamtgleichung der Redoxreaktion mit Hilfe der Teilgleichungen von Oxidation und Reduktion, geht man in dieser Reihenfolge vor:

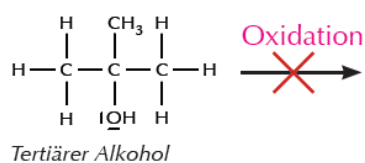
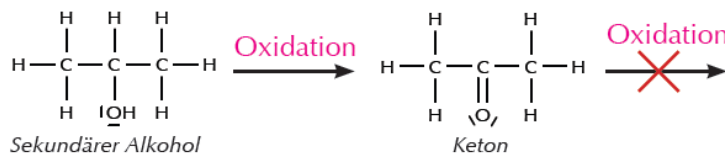
- (1) Notiere die Formeln der Edukt- und Produktteilchen.
- (2) Bestimme die Oxidationszahlen aller Atome und Ionen und ordne damit die Oxidation und Reduktion zu.
- (3) Gleiche die Anzahl der Atomarten, deren Oxidationszahlen sich ändern, falls nötig, mit geeigneten Koeffizienten aus.
- (4) Ermittle man aus der Differenz der Oxidationszahlen die übertragenen Elektronen.
- (5) Gleiche nun die Ladungen auf Edukt- und Produktseite der Teilgleichung mit Oxonium-Ionen oder Hydroxid-Ionen (je nachdem ob die Lösung sauer oder basisch ist) aus.
- (6) Gleiche nun mit Wasser-Molekülen (es ist ja eine wässrige Lösung) die Atombilanz der Teilgleichungen aus.
- (7) Bei der Zusammenfassung der Teilgleichungen muss man beachten, dass die Oxidation gleich viele Elektronen liefert, wie bei der Reduktion verbraucht werden.

3. Redoxreaktionen mit sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffen

Alkohole und Aldehyde können je nach Wahl des Oxidationsmittels oxidiert werden:



(mit einem starken Oxidationsmittel kann auch der primäre Alkohol direkt zur Carbonsäure oxidiert werden)



Primär = C-Atom mit OH-Gruppe ist mit einem C-Atom verbunden.
Sekundär = C-Atom mit OH-Gruppe ist mit zwei C-Atomen verbunden.
Tertiär = C-Atom mit OH-Gruppe ist mit drei C-Atomen verbunden.

Wichtige Nachweisreaktionen für Aldehyde:

- **Fehlingprobe:** Die dunkelblaue Reagenzlösung wird rot, wenn Aldehyde anwesend sind. Es läuft eine Redoxreaktion ab, bei dem das Aldehyd-Molekül zu einem Carbonsäure-Molekül oxidiert wird.
- **Silberspiegelprobe:** Bei Anwesenheit von Aldehyden Es läuft eine Redoxreaktion ab, bei dem das Aldehyd-Molekül zu einem Carbonsäure-Molekül oxidiert wird.
- **Schiffsche Probe:** Das farblose Schiffsche Reagenz wird bei Anwesenheit von Aldehyden rosa. Hier läuft keine Redoxreaktion ab.

4. Redoxreaktionen in Alltag und Technik

Die **Brennstoffzelle:**

Es gibt verschiedene Brennstoffzellen, die je nach Brennstoff unterschieden werden. In Brennstoffzellen laufen Redoxreaktionen ab. Der Brennstoff wird, anders als in Batterien, kontinuierlich zugeführt. Die chemische Energie wird dabei in elektrische Energie umgewandelt.

Die **Solarwasserstofftechnologie:**

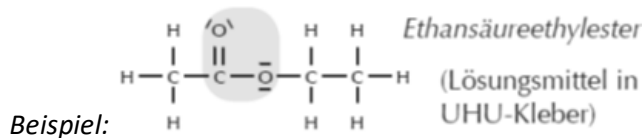
Mit Hilfe von Solarzellen wird Strom erzeugt. Dieser Strom wird für die Elektrolyse von Wasser verwendet, um Wasserstoff herzustellen, der dann als Brennstoff verwendet werden kann.

III. Das Donator-Akzeptor-Konzept bei Nukleophil-Elektrophil-Reaktionen

1. Die Stoffklasse der Carbonsäureester

Die Ester sind eine eigenständige Stoffklasse. Sie sind in Alltagsprodukten als Duft- und Aromastoffe, aber auch als Lösemittel enthalten.

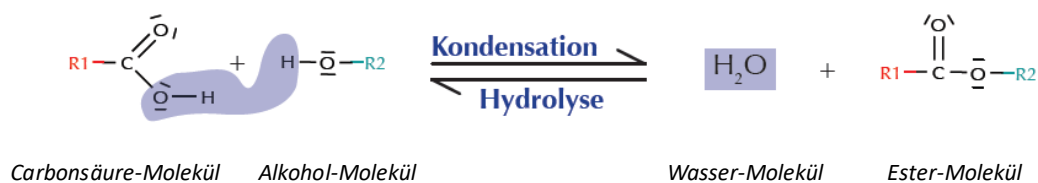
Die Carbonsäureester-Moleküle sind durch die Estergruppe gekennzeichnet. Die Namen der Verbindungen enden auf **-ester**.



Je nachdem wie lang die an der Estergruppe gebundenen Alkylreste sind, ergeben sich unterschiedliche physikalische Eigenschaften bezüglich der Löslichkeit oder Siedetemperatur.

2. Esterkondensation und Esterhydrolyse

Bei einer **Kondensationsreaktion** entsteht aus zwei Edukten ein Produkt unter Abspaltung von einem kleinen Molekül z.B. Wasser. Die Umkehrung ist die **Hydrolyse-Reaktion** bei der das Produkt durch Anlagerung von z.B. Wasser wieder gespalten wird.



Die **Ester-Kondensation** und die **Ester-Hydrolyse** stellen ein Beispiel für eine reversible (umkehrbare) Reaktion dar.

Die einzelnen Schritte dieser Reaktionen können in einem Reaktionsmechanismus dargestellt werden (s. dazu das Schulheft).

Auf Teilchenebene reagieren nukleophile und elektrophile Teilchen miteinander. Ein **Nukleophil** „liefert“ ein Elektronenpaar für die neu entstehende Atombindung zum **Elektrophil**. Dieses Konzept entspricht dem **Donator-Akzeptor-Prinzip**.

Nukleophil „kernliebend“

= Teilchen, das eine negativ polarisiertes/geladenes Atom besitzt, das ein nicht-bindendes Elektronenpaar besitzt

Elektrophil „elektronenliebend“

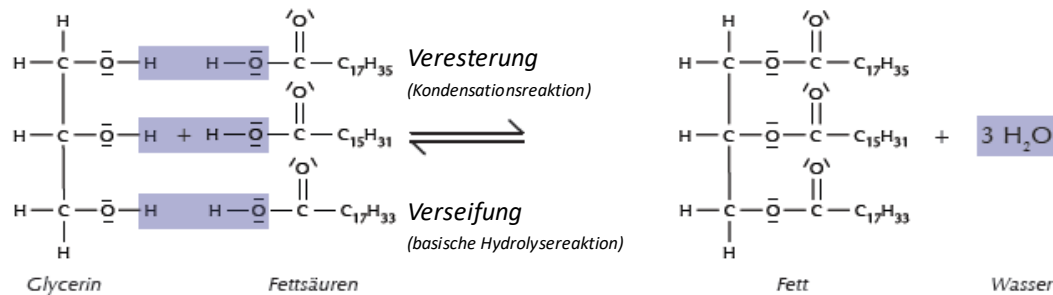
= Teilchen, das eine positiv polarisiertes/geladenes Atom besitzt und „Platz“ für ein weiteres Elektronenpaar hat

3. Besondere Verbindungsklassen

Fette

Fette sind im Körper bedeutende Nähr- und Speicherstoffe und dienen u.a. der Wärmeisolation. Sie haben auch Bedeutung als nachwachsende Rohstoffe. Man unterscheidet bei Raumtemperatur feste Fette und bei Raumtemperatur fette Öle.

Fett-Moleküle sind **dreifache Ester** aus drei **Fettsäure-Molekülen** (= langkettige, unverzweigte Carbonsäure-Moleküle) und einem **Glycerin-Molekül** (*Propan-1,2,3-triol*).



Da Fette und fette Öle ein Gemisch aus verschiedenen Fettmolekülen sind, haben diese je nach Zusammensetzung der Fettmoleküle auch unterschiedliche Schmelzbereiche.

Es gilt: Je höher der Anteil an ungesättigten Fettsäure-Resten im Fett ist, desto niedriger ist der Schmelzbereich. Je mehr ungesättigte Fettsäure-Reste in Z-Konfiguration vorliegen, desto niedriger ist der Schmelzbereich.

Seifen und moderne Tenside

Tenside sind grenzflächenaktive Stoffe. Sie reichern sich also an Grenzflächen an und setzen dort die Grenzflächenspannung herab.

Tensidmoleküle besitzen einen **polaren** und einen **unpolaren** Molekülteil.



Tenside wirken deshalb als **amphiphile** „Lösungsvermittler“ zwischen **hydrophilen** und **lipophilen** Stoffen und können deshalb auch als Emulgatoren in Lebensmitteln oder Kosmetika Anwendung finden.

Je nachdem, ob bzw. wie der polare Molekülteil geladen oder nicht geladen ist, unterscheidet man anionische, kationische, zwitterionische und nichtionische Tenside.

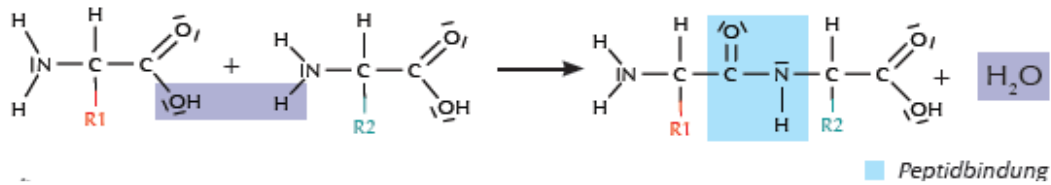
Klassische **Seifen** (Kern-/Schmierseife) sind die Natrium- oder Kalium-Salze. Diese bestehen aus Fettsäure-Anionen (Carboxylat-Ionen) und den Natrium- bzw. Kalium-Ionen und gehören damit zu den anionischen Tensiden. Sie entstehen bei der basischen Hydrolyse der Esterbindungen von Fettmolekülen mit den entsprechenden basischen Lösungen.

Seifenlösungen reagieren basisch, wodurch sie die Haut und Textilien schädigen können. In kalkhaltigem Wasser bilden sie schwerlösliche Calciumsalze, wodurch Textilfasern spröde werden. Im sauren Milieu sind Seifen kaum noch wirksam, da ihre Moleküle in protonierter Form deutlich unpolarer werden.

Waschmittel enthalten daher synthetische Tenside, die diese negativen Eigenschaften für die Wäsche nicht aufweisen. Weitere Inhaltsstoffe sind: Enthärter, Enzyme, Bleichmittel, optische Aufheller und Inhibitoren.

Peptide

Aminosäure-Moleküle werden durch eine Kondensationsreaktion miteinander verknüpft. Es entstehen **Peptidbindungen**. Ein Protein ist ein Makromolekül aus derartig verknüpften Aminosäure-Molekülen.



Es gibt 20 verschiedene Typen von natürlichen Aminosäuren, die sich in ihrem Rest unterscheiden. Die Aminosäuresequenz bestimmt die Struktur und Funktion des Proteins. Proteine sind wichtig Nähr-, Bau- und Gerüststoffe und spielen als Enzyme (= Biokatalysatoren) eine wichtige Rolle bei Stoffwechselfvorgängen.

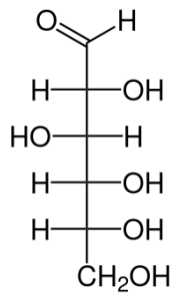
Kohlenhydrate

Kohlenhydrate sind Energielieferanten für den Körper. Die Moleküle sind mehrwertige **Alkohole mit einer Aldehyd- oder Ketogruppe**. Man unterscheidet Einfachzucker (**Monosaccharide**), Zweifachzucker (**Disaccharide**) oder Mehrfachzucker (**Polysaccharide**).

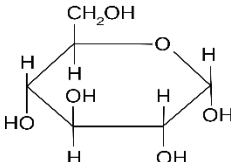
Wichtige Kohlenhydrate:

Glucose

= Traubenzucker



Nucleophile Addition
⇌
der OH-Gruppe des C₅-Atoms an die Aldehydgruppe



Stärke

Bestandteil von Getreide und Kartoffeln, Speicherstoff

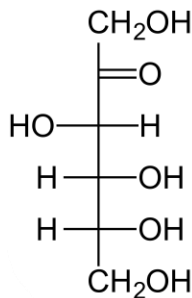
Polysaccharid aus vielen Glucosebausteinen

⇕

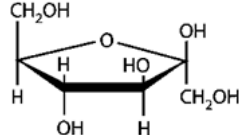
Kann über die **Keto-Enol-Tautomerie** in Fructose umgewandelt werden:

Fructose

= Fruchtzucker



Nucleophile Addition
⇌
der OH-Gruppe des C₅-Atoms an die Ketogruppe



Saccharose

= Haushaltszucker

Ein **Vollacetal** aus einem Baustein Glucose und einem Baustein Fructose.

