

# Inhaltsverzeichnis

## Atomlehre

### A.1 Atommodelle

## Bindungslehre

### B.1 Kovalente Bindung

- B.1.1 Strukturschreibweisen . . . . . 2
- B.1.2 Struktur und Geometrie von Molekülen, Elektronennegativität, Polarität . . . . . 2
- B.1.3 Zwischenmolekulare Kräfte . . . . . 2
- B.1.4 Eigenschaften molekularer Stoffe . . . . . 2

### B.2 Ionenbindung

- B.2.1 Struktur und Aufbau von Salzen . . . . . 2
- B.2.2 Entstehung von Salzen . . . . . 3
- B.2.3 Eigenschaften von Salzen . . . . . 3

### B.3 Metallbindung

- B.3.1 Aufbau von Metallen . . . . . 3
- B.3.2 Eigenschaften von Metallen . . . . . 3

## Reaktionslehre

### R.1 Chemisches Rechnen

- R.1.1 Stöchiometrisches Rechnen . . . . . 3
- R.1.2 Konzentrationsberechnungen . . . . . 3

### R.2 Kinetik

- R.2.1 Grundlagen . . . . . 4
- R.2.2 Faktoren der Geschwindigkeit von chemischen Reaktionen . . . . . 4
- R.2.3 Empirisches Zeitgesetz . . . . . 4

### R.3 Chemisches Gleichgewicht

- R.3.1 Grundlagen der Thermodynamik . . . . . 4
- R.3.2 Enthalpie  $\Delta H$  . . . . . 4
- R.3.3 Entropie  $\Delta S$  . . . . . 4
- R.3.4 Freie Enthalpie  $\Delta G$  . . . . . 4
- R.3.5 Die Gibbs-Energie . . . . . 5
- R.3.6 Massenwirkungsgesetz . . . . . 5
- R.3.7 Reaktionsenthalpie (Thermodynamischer Ansatz) . . . . . 5
- R.3.8 Satz von Le Châtelier . . . . . 5
- R.3.9 Lage des Gleichgewichts . . . . . 5

### R.4 Ozon

- R.4.1 Funktion & Bedeutung . . . . . 5
- R.4.2 Ozonschicht & Ozonloch . . . . . 5

### R.5 Säure-Base Reaktionen

- R.5.1 Definition nach Brönsted . . . . . 6
- R.5.2 Säure-Base Reaktionen (Protolyse) . . . . . 6
- R.5.3 pH Berechnungen . . . . . 6
- R.5.4 Puffer . . . . . 7
- R.5.5 Neutralisationen . . . . . 7
- R.5.6 Titrationen . . . . . 7

### R.6 Redox-Reaktionen

- R.6.1 Grundlagen . . . . . 7
- R.6.2 Galvanisches Element . . . . . 8
- R.6.3 Batterien . . . . . 8
- R.6.4 Brennstoffzelle . . . . . 8
- R.6.5 Akkus . . . . . 8

- R.6.6 Elektrolyse . . . . . 8

## Organische Chemie 8

### O.1 Kohlenwasserstoffe 8

- O.1.1 Alkane, Alkene, Alkine, Aromaten . . . . . 8
- O.1.2 Isomere . . . . . 9
- O.1.3 Nomenklatur . . . . . 9

### O.2 Erdöl 10

- O.2.1 Allgemein . . . . . 10
- O.2.2 Fördern von Erdöl . . . . . 10
- O.2.3 Probleme von Erdöl . . . . . 10
- O.2.4 Cracken . . . . . 10
- O.2.5 Entschwefelung . . . . . 11
- O.2.6 Saurer Regen . . . . . 11
- O.2.7 Oktanzahl & Cetanzahl . . . . . 11
- O.2.8 Raffination . . . . . 11

### O.3 Kunststoffe 11

- O.3.1 Polymere . . . . . 11
- O.3.2 Einteilung . . . . . 11
- O.3.3 Polymerisation . . . . . 11
- O.3.4 Polykondensation . . . . . 12
- O.3.5 Polyaddition . . . . . 12
- O.3.6 Spezielle Materialien . . . . . 12

### O.4 Aminosäuren und Proteine 13

# Atomlehre

## A.1 Atommodelle

**Dalton.** Im Dalton-Modell stellt man sich die Atome als Kugeln vor. Nach Ansicht von Dalton besteht jedes Element aus gleichen kleinsten Teilchen, welche auch er als Atome bezeichnet.

**Rutherford.** Kern-Hülle-Modell; ein Atom hat einen positiv geladenen Kern. Diese positiven Anteile bekamen den Namen Protonen. Um den Kern herum kreisen Elektronen auf Kreisbahnen und stellen den negativ geladenen Teil des Atoms dar. Erscheint ein Atom nach außen hin elektrisch neutral, muss der Anteil an positiven und negativen Ladungen gleich groß sein.

**Bohr.** Elektronen können nur ganz bestimmte Energiezustände einnehmen. Elektronen können allerdings nur ganz bestimmte - also nicht beliebige - Abstände vom Kern einnehmen. Diese jeweiligen stabilen Kreisbahnen verhindern den Sturz der Elektronen auf den Atomkern.

- K-Schale: 2 Elektronen
- L-Schale: 8 Elektronen
- M-Schale: 18 Elektronen
- N-Schale: 32 Elektronen

**Valenzelektronen:** Elektronen auf nicht gesättigten Elektronenschalen

# Bindungslehre

## B.1 Kovalente Bindung

### B.1.1 Strukturschreibweisen

- Strukturformel
- Skelettformel = Lewis-Formel = Strich-Formel
- Gruppenformel

### B.1.2 Struktur und Geometrie von Molekülen, Elektronennegativität, Polarität

#### B.1.2.1 Elektronennegativität

**Elektronennegativität:**  $\chi$ ; relatives Mass für die Fähigkeit eines Atoms, in einer chemischen Bindung Elektronenpaare an sich zu ziehen. Von 0.7 bis 4.

Bei  $\Delta\chi \geq 1.8$ : Ionenbindung.

**Bindungspolarität:** Eine Bindung eines Atoms mit hoher und eines Atoms mit tiefer Elektronegativität ist polar. Auf der Seite des Atoms mit der höheren Elektronegativität ist die Partialladung negativ ( $\delta^-$ ), auf der Seite des Atoms mit der

tieferen Elektronegativität positiv ( $\delta^+$ ). Beispiel: Chlor (Cl) hat eine Elektronegativität von 3.0, bei Brom (Br) beträgt sie nur 2.8. Gehen nun ein Chlor- und ein Brom-Atom eine Verbindung ein, ist diese polar (Cl :  $\delta^-$ , Br :  $\delta^+$ ). Da die Differenz nur gerade 0.2 beträgt, ist die Bindung nur schwach polar. Je höher die Differenz der beiden Elektronegativitäten, desto stärker ist die Bindungspolarität.

### B.1.3 Zwischenmolekulare Kräfte

**Wasserstoffbrücken.** Wasserstoffbrücken sind elektrostatische Kräfte zwischen Wasserstoffatomen, die an F-, O- oder N-Atome gebunden sind und den freien Elektronenpaaren solcher Atome in benachbarten Molekülen. Sie wirken, weil Wasserstoff von allen Nichtmetallen die kleinste Elektronegativität hat.

**Dipol-Dipol-Wechselwirkung.**  $\Delta\chi \geq 0.5$ . Zwischen Dipol-Molekülen wirken die Dipol-Dipol-Kräfte. Diese Kräfte sind relativ stark und von der Molekülgestalt und der Bindungspolarität (Differenz der Elektronegativität) abhängig.

**Van der Waals-Kräfte.** Die Van-der-Waals-Kräfte entstehen aufgrund der zeitweise asymmetrischen Ladungsverteilung, die bei der Bewegung von Elektronen um einen Atomkern auftreten. Es entstehen momentane Dipole. Je grösser die Molekülmasse und die Moleküloberfläche, desto stärker die Van-der-Waals-Kräfte. Bei kleinen Dipol-Molekülen sind die Dipol-Dipol-Kräfte in der Regel stärker als die Van-der-Waals-Kräfte.

### B.1.4 Eigenschaften molekularer Stoffe

**Schmelzpunkt, Siedepunkt.** Eher tief, viele Molekülverbindungen sind bei Raumtemperatur flüssig oder gasförmig. Abhängig von zwischenmolekularen Kräften (ZMK).

**Löslichkeit.** Abhängig von ZMK. Polare Moleküle wasserlöslich, unpolare löslich in unpolaren Lösungsmitteln (Benzin).

**Sonstiges.** Elektrische Nichtleiter.

## B.2 Ionenbindung

### B.2.1 Struktur und Aufbau von Salzen

Ionengitter mit Kationen und Anionen.

**Kation:** Gibt ein Metall-Atom Valenzelektronen ab, wird aus ihm ein positiv geladenes Metall-Ion, Kation.

**Anion:** Nimmt ein Nichtmetall-Atom Valenzelektronen auf, wird aus ihm ein negativ geladenes Nichtmetall-Ion, Anion.

**Anorganische Salze:** Es liegen Kationen von Metallen vor, die Anionen sind Nichtmetalle oder deren Oxide. Natriumchlorid: Na: Metall. Cl: Nichtmetall.

**Organische Salze:** Mindestens ein Kation oder Anion ist eine organische Verbindung.

## B.2.2 Entstehung von Salzen

- Zunächst muss die Aktivierungsenergie zugeführt werden, damit die Reaktion in Gang kommt. Natrium muss vom festen in den gasförmigen Zustand überführt werden, dazu muss Sublimationsenergie aufgewendet werden. Da Chlor in der Natur nur als Chlor-Verbindung  $Cl_2$  vorkommt, müssen die beiden Chlor-Atome voneinander getrennt werden. Dazu wird Bindungsenergie aufgewendet.
- Die Natrium-Atome geben alle ihre Valenzelektronen ab. Die Natrium-Kationen ( $Na^+$ ) verlieren damit ihre Valenzschale und haben nun nur noch 2 Elektronenschalen (Elektronenkonfiguration:  $2/8$ ). Die Entfernung der Valenzelektronen erfordert Ionisierungsenergie. Bei einer Reaktion mit Nichtmetallen zu Salz geben Hauptgruppen-Metalle in der Regel alle ihre Valenzelektronen ab und erreichen dadurch Edelgaskonfiguration.
- Die Chlor-Atome füllen ihre Valenzschale mit den freigegebenen Elektronen. Dabei wird der Energiebetrag der Elektronenaffinität freigesetzt. Aus den Chlor-Atomen sind nun Chlor-Anionen ( $Cl^-$ ) geworden (Elektronenkonfiguration:  $2/8/8$ , Edelgaskonfiguration).
- $Na^+$  und  $Cl^-$  verbinden sich zu einem Kristall (Ionen-gitter). Dabei wird die Gitterenergie freigesetzt. Eine solche Verbindung wird als Ionenverbindung bezeichnet.

## B.2.3 Eigenschaften von Salzen

**Schmelzpunkt, Siedepunkt.** Hoch, bei Raumtemperatur sind alle Salze fest Abhängig von Gitterenergie

**Löslichkeit.** Mehr oder weniger in Wasser löslich, je nach Gitterenergie und Hydratationsenergie. Faustregel: unlöslich, wenn beide Ionen Ladung 2 oder höher haben (Ausnahmen:  $AgCl$ ,  $AgI$ ) Nicht löslich in unpolaren Lösungsmitteln

**Sonstiges.** Spröde, in Lösung oder als Schmelze: elektrisch leitfähig (es können sich die geladenen Ionen als Ladungsträger frei in der Flüssigkeit bewegen). Feststoff: nicht leitend.

**Reaktionen.** Salzbildung, Elektrolyse, Lösen, Fällern

## B.3 Metallbindung

### B.3.1 Aufbau von Metallen

Im festen Zustand bilden Metall-Atome ein Metallgitter. Die Atomrümpfe sind dicht gepackt. Dazwischen bewegen sich die VE frei umher (Elektronengas). Zwischen den negativ geladenen Elektronen und den positiv geladenen Atomrümpfen herrschen elektrostatische Kräfte, welche das Gitter zusammenhalten (metallische Bindung).

#### B.3.1.1 Bedeutung des Aufbaus

- Die verschiebbaren Elektronen ermöglichen die elektrische Leitfähigkeit.

- Die metallische Bindung (die starken Gitterkräfte) führen zu einer hohen Härte und hohen Schmelz- und Siedetemperaturen.
- Die Gitterebenen lassen sich leicht gegeneinander verschieben, wodurch Metalle duktil (verformbar) werden.

## B.3.2 Eigenschaften von Metallen

**Schmelzpunkt, Siedepunkt.** In der Regel relativ hoch, abhängig von Anzahl Valenzelektronen, bei Raumtemperatur, fest (ausser Hg).

**Löslichkeit.** Unlöslich.

**Sonstiges.** Gute elektrische Leiter, gute Wärmeleiter, Metallglanz, duktil (verformbar).

# Reaktionslehre

## R.1 Chemisches Rechnen

### R.1.1 Stöchiometrisches Rechnen

**mol:**  $1 \text{ mol} = 6.022 \cdot 10^{23}$  Teilchen

**m:** Gewicht absolut in  $[g]$

**n:** Teilchenanzahl; in  $[mol]$ .

**M:** Molare Masse in  $[g/mol]$

**V:** Volumen; in  $[l]$

**c:** Konzentration in  $[mol/l]$ , manchmal Einheit als  $[M]$  bezeichnet.

**T:** Konzentration; in  $[K]$

**p:** Druck; in  $[Pa]$ .

### R.1.2 Konzentrationsberechnungen

$$n = \frac{m}{M}$$

$$M = \frac{m}{n}$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$n = \frac{V}{V_m}$$

$$1l = 1 \text{ dm}^3 = 0.001 \text{ m}^3$$

$$p \cdot v = n \cdot R \cdot T$$

$$R = 8.31448 \frac{J}{K \cdot mol}$$

$$0^\circ C = 273.15 K$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 Pa; p_n = 1 \text{ bar} = 1013.25 \text{ hPa}$$

## R.2 Kinetik

### R.2.1 Grundlagen

Beschreibt die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen.

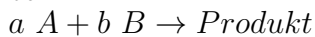
### R.2.2 Faktoren der Geschwindigkeit von chemischen Reaktionen

- Temperatur ( $\uparrow$ )
- Konzentration ( $\uparrow$ )
- Reaktionsoberfläche ( $\uparrow$ )
- Katalysator ( $\cdot$ )

### R.2.3 Empirisches Zeitgesetz

$$v = k \cdot c^a(A) \cdot c^b(B)$$

bei



## R.3 Chemisches Gleichgewicht

### R.3.1 Grundlagen der Thermodynamik

**Aktivierungsenergie:** Energiezufuhr, die eingesetzt werden muss, damit die Reaktion anfängt, abzulaufen.

**innere Energie U:**

$$\begin{aligned} \Delta U &= q + w \\ &= \Delta H - p \cdot \Delta V \end{aligned} \quad (1)$$

$\Delta U$ : Änderung der inneren Energie

$q$ : als Wärme zugeführte Energie

$w$ : als Arbeit zugeführte Energie, kann zum Beispiel Volumenveränderung sein.

**Volumenarbeit:**

$$w = p \cdot \Delta V \quad (2)$$

$w$ : Volumenarbeit

$p$ : Druck

$\Delta V$ : Volumenänderung

$\Delta H$ : Enthalpie

### R.3.2 Enthalpie $\Delta H$

Wärmemenge, die während einer Reaktion bei konstanten Druck auf ein System übertragen wird.

$$\begin{aligned} \Delta H &= \\ \Sigma \Delta H_f^0 &= \Sigma \Delta H_f^0(\text{Produkte}) - \Sigma \Delta H_f^0(\text{Edukte}) \end{aligned} \quad (3)$$

**Standardbildungsenthalpie:** Stoffparameter, in den Bindungen gespeicherte Energie, die als Wärme freigesetzt werden kann.

$\Delta H_f^0$  in  $\text{kJ/mol}$

**Hinweis:**  $\Delta H_{f,O_2}^0 = 0$

**endotherme Reaktion:**  $\Delta H_R^0 > 0$  Wärme wird von der Umgebung aufgenommen. Das Reaktionsgemisch kühlt sich ab.

**exotherme Reaktion:**  $\Delta H_R^0 < 0$  Wärme wird an die Umgebung abgegeben. Das Reaktionsgemisch erwärmt sich.

### R.3.3 Entropie $\Delta S$

Die Entropie ist ein Zustand, die den Ordnungsgrad beschreibt. Hohe Entropie = Hohes Chaos. Alle Reaktionen streben nach einem hohen Entropiegrad. Ludvig Boltzmann.

$$\Delta S_R^0 = \Sigma \Delta S^0(\text{Produkte}) - \Sigma \Delta S^0(\text{Edukte}) \quad (4)$$

**Entropieformel:**

$$S = k \cdot \ln(W) \quad (5)$$

$S$ : Entropie

$k = R/N_A = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ : Boltzmann-Konstante

$W$ : idk man

Die Entropie ist proportional zum Logarithmus der zugänglichen inneren Energie.

**Entropieänderung:**  $\Delta S_R^0 > 0$ : Mehr Entropie

$\Delta S_R^0 < 0$ : Weniger Entropie

Generell sind aus entropischer Sicht Reaktionen bevorzugt, welche Unordnung produzieren:

$$\Delta S_{\text{gesamt}} = \Delta S_{\text{System}} + \Delta S_{\text{Umgebung}}$$

Ein spontaner Vorgang ist nur dann möglich, wenn eine Zunahme der Gesamtentropie von System und Umgebung erfolgt.

### R.3.4 Freie Enthalpie $\Delta G$

Gesamtenergieumsatz einer chemischen Reaktion.

$$\Delta G_R^0 = \Sigma \Delta G_f^0(\text{Produkte}) - \Sigma \Delta G_f^0(\text{Edukte}) \quad (6)$$

**endergonische Reaktion:** Die Reaktion läuft nicht freiwillig ab.

$$\Delta G_R^0 > 0$$

**exergonische Reaktion:** Die Reaktion läuft freiwillig ab, evtl. Aktivierungsenergie nötig.

$$\Delta G_R^0 < 0$$

### R.3.5 Die Gibbs-Energie

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S \quad (7)$$

$\Delta G$ : Freie Enthalpie

$\Delta H$ : Enthalpie

$T$ : Temperatur

$\Delta S$ : Entropie

Exotherme Reaktionen, die Unordnung produzieren:

$H < 0$ ;  $S > 0$

Endotherme Reaktionen, die Unordnung produzieren:

$H > 0$ ;  $S > 0$

Exotherme Reaktionen, die Ordnung produzieren:

$H < 0$ ;  $S < 0$

### R.3.6 Massenwirkungsgesetz

Im Zusammenhang mit dem *chemischen Gleichgewicht*: Stoffmengen bleiben auf beiden Seiten konstant.

Bei  $a A + b B \rightarrow c C + d D$ :

$$v_{hin} = k_{hin} \cdot c^a(A) \cdot c^b(B)$$

$$v_{rück} = k_{rück} \cdot c^c(C) \cdot c^d(D)$$

$$v_{hin} = v_{rück} \Rightarrow \frac{k_{hin}}{k_{rück}} = K_c = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D)}{c^a(A) \cdot c^b(B)} \quad (8)$$

**Gleichgewichtskonstante:**  $K_c = \frac{k_{hin}}{k_{rück}}$

Je grösser  $K_c$ , desto stärker liegt das Gleichgewicht auf der Produktseite.

### R.3.7 Reaktionsenthalpie (Thermodynamischer Ansatz)

$$\Delta G_R^0 = -R \cdot T \cdot \ln(K_c) \quad (9)$$

$$K_c = e^{-\frac{\Delta G_R^0}{R \cdot T}} \quad (10)$$

### R.3.8 Satz von Le Châtelier

Satz von Le Châtelier: *Übt man auf ein sich im Gleichgewicht befindliches System einen Zwang aus, so reagiert das System so, dass der Zwang kleiner wird.*

### R.3.9 Lage des Gleichgewichts

**Temperatur.** Temperaturerhöhung: Gleichgewicht verschiebt sich in Richtung der endothermen Reaktion.

**Druck.** Bei einer Erhöhung des Druckes verschiebt sich die Lage des chemischen Gleichgewichts auf diejenige Seite, auf der sich weniger gasförmige Teilchen befinden.

**Konzentration.** Erhöht man die Konzentration eines Edukts, erhöht man automatisch auch die Konzentrationen aller Produkte. Erhöht man die Konzentration eines Produkts, erhöht man automatisch auch die Konzentrationen aller Edukte. Die Gleichgewichtskonstante behält ihren Wert, keinen Einfluss (!).

## R.4 Ozon

$O_3$ : Ozon

### R.4.1 Funktion & Bedeutung

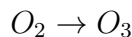
- $O_3$  absorbiert schädliche UV-b- und UV-c-Strahlung

### R.4.2 Ozonschicht & Ozonloch

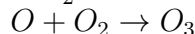
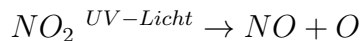
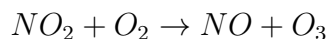
Die Ozonschicht liegt in der *Stratosphäre*.

#### R.4.2.1 Bildung von Ozon

- Unter Einwirkung von UV-Strahlen;  $\Delta H = +286 \text{ kJ/mol}$ :



- Künstliche Herstellung des Menschen, Automobilverkehr, die  $NO_2$  ausstossen:



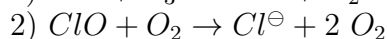
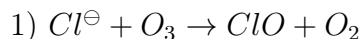
#### R.4.2.2 Abbau von Ozon

Hauptsächlich durch Bindung mit Radikalen:  $O_3$  wird abgebaut zu  $O_2$  im *Ozonabbaukreislauf*. Radikale entstehen durch Aufspaltung von FCKW-Stoffen durch UV-Strahlung. Der *Ozonabbaukreislauf* kann nur gestoppt werden, wenn die Radikale sich mit Hydroxid- ( $OH$ ) und Stickstoffdioxidradikalen ( $NO_2$ ) binden.

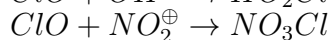
**FCKW:** Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe. Beispiel:  $CF_2Cl_2$

**Bildung von Radikalen:**  $CF_2Cl_2 \rightarrow CF_2Cl + Cl^\ominus$

**Ozonabbaukreislauf:**



**Stoppen der Ozonabbaukreislaufs:**



Grund für das Vorkommen von Ozonlöchern an Polen: Niedrige Temperatur bewirkt, dass  $HO_2Cl$  und  $NO_3Cl$  in Eiskügelchen erstarren und katalytisch umgewandelt werden zu  $HNO_3$ ,  $Cl_2$ ,  $HCl$ . Bei Auftauen wird so das Ozon sprunghaft abgebaut.

## R.5 Säure-Base Reaktionen

### R.5.1 Definition nach Brönsted

Säuren sind Protonenspenden, Basen sind Protonenakzeptoren.

### R.5.2 Säure-Base Reaktionen (Protolyse)

- Nichtmetalloxide erzeugen saure Lösungen, Metalloxide erzeugen basische Lösungen.
- Saure und basische Lösungen leiten Strom: Die Lösungen enthalten Ionen.
- Säuren enthalten Wasserstoffatome, Basen enthalten stark elektronegative Atome mit nichtbindenden Elektronenpaaren.

**Protolyse:** Säure-Base-Reaktion: Ein Stoff gibt ein Proton ab, ein Stoff nimmt ein Proton auf.

**Beispiel Säure:**  $HCl$

**Beispiel Säurereaktion:**  $HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$

**Beispiel Base:**  $NH_3$

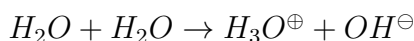
**Beispiel Basereaktion:**  $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

**Hydronium-Ion:**  $H_3O^+$

**Hydroxid-Ion:**  $OH^-$

**Ampholyte:** Stoffe, die die Funktion einer Säure und einer Base einnehmen können. Zum Beispiel  $H_2O$

**Autoprotolyse von Wasser:**



### R.5.3 pH Berechnungen

#### R.5.3.1 Allgemein

Das Massenwirkungsgesetz (R.3.6) auf Autoprotolyse anwenden:

$$K_c = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D)}{c^a(A) \cdot c^b(B)} = \frac{c(H_3O^+) \cdot c(OH^-)}{c^2(H_2O)} \quad (11)$$

Man kann nun annehmen, dass  $c(H_2O)$  konstant ist im Reaktionssystem, wenn nur kleine Mengen an Säuren und Basen reagieren  $\rightarrow$  Ionenprodukt.

**Ionenprodukt:**

$$\begin{aligned} K_w &= K_c \cdot c^2(H_2O) \\ &= c(H_3O^+) \cdot c(OH^-) \\ &= K_S \cdot K_B \\ &= 10^{-14} \text{ M}^2 \end{aligned} \quad (12)$$

$$K_w = K_c \cdot c^2(H_2O) = c(H_3O^+) \cdot c(OH^-) = 10^{-14} \text{ M}^2 \quad (\text{Bei } 25^\circ\text{C})$$

**Saure Lösung:**  $c(H_3O^+) > 10^{-7} \text{ M}$

**Neutrale Lösung:**  $c(H_3O^+) = 10^{-7} \text{ M}$

**Basische Lösung:**  $c(H_3O^+) < 10^{-7} \text{ M}$

**pH-Wert:** Negativer 10-er Logarithmus der Konzentration der Hydroniumionen.

$$\begin{aligned} pH &= -\log_{10} c(H_3O^+) \\ &= 14 - pOH \end{aligned} \quad (13)$$

**pOH-Wert:** Negativer 10-er Logarithmus der Konzentration der Hydroxidionen.

$$\begin{aligned} pOH &= -\log_{10} c(OH^-) \\ &= 14 - pH \end{aligned} \quad (14)$$

Skala reicht von 0 bis 14. 0 ist sauer, 7 ist neutral, 14 ist basisch.

**Säurekonstante:** Bei einer vorhandenen Protolyse, bei der eine Säure mit Wasser reagiert, wird die Gleichgewichtskonstante ( $K_c$ ) mit der Konzentration des Wassers ( $c(H_2O)$ ) multipliziert, da sich diese ja konstant verhält.

$$K_S = K_C \cdot c(H_2O) = \frac{c(H_3O^+) \cdot c(X^-)}{c(HX)} \quad (15)$$

$$pK_S = -\log_{10} K_S$$

Hoher  $K_S$ -Wert oder niedriger  $pK_S$ -Wert: Vollständige Protonenabgabe.

Tiefer  $K_S$ -Wert oder hoher  $pK_S$ -Wert: Unvollständige Protonenabgabe.

**Basenkonstante:** Das gleiche wie Säurekonstante, einfach für basische Reaktionen.

$$K_B = K_C \cdot c(H_2O) = \frac{c(OH^-) \cdot c(HB^+)}{c(B)} \quad (16)$$

$$pK_B = -\log_{10} K_B$$

Hoher  $K_B$ -Wert oder niedriger  $pK_B$ -Wert: Vollständige Protonenaufnahme.

Tiefer  $K_B$ -Wert oder hoher  $pK_B$ -Wert: Unvollständige Protonenaufnahme.

$$pK_S + pK_B = 14. \quad (17)$$

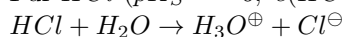
**Starke Säure:** Sie geben ihre Protonen vollständig ab.  $pK_S < 0$

**Starke Base:** Sie nehmen Protonen vollständig auf.  
 $pK_B < 0$

### R.5.3.2 pH-Berechnung mit starken Säuren/Basen

Annahme: Bei starken Säuren oder starken Basen reagiert die Säure oder die Base völlig.

Für  $HCl$  ( $pK_S = -6$ ;  $c(HCl) = 10^{-2} M$ ):



$c_{GGW}(H_3O^+) = c_0(HCl)$ ;  $K_S = 10^{-2}$ ;  $pK_S = 2$

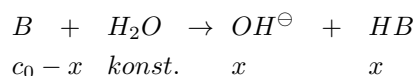
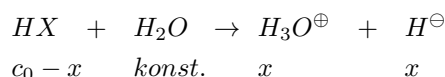
$$K_S = c_{GGW}(H_3O^+) = c_0(HX) \quad (18)$$

18: Starke Säure

$$K_B = c_{GGW}(OH^-) = c_0(B) \quad (19)$$

19: Starke Säure

### R.5.3.3 pH-Berechnung mit schwachen Säuren/Basen



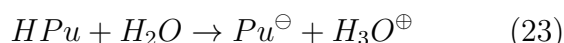
$$K_{\{S|B\}} = \frac{x^2}{c_0 - x} \quad (20)$$

$$x^2 + x \cdot K_{\{S|B\}} - c_0 \cdot K_{\{S|B\}} = 0 \quad (21)$$

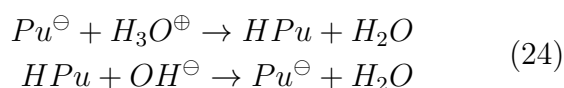
$$\begin{aligned} \{pH \mid pOH\} &= -\log_{10} x \\ &= 14 - \{pOH \mid pH\} \end{aligned} \quad (22)$$

### R.5.4 Puffer

Stoffe, die eingetragene Säure- und Basenteilchen abfangen und neutralisieren können. Ein Paar aus einer schwachen Säure  $HPu$  und einer schwachen Base  $Pu^-$ . Bsp:  $NH_4^+ / NH_3$



23: Puffergleichung



24: Ausgleich der Puffergleichung von Hinzugabe von Hydronium- und Hydroxidionen.

$$K_S = \frac{c(Pu^-) \cdot c(H_3O^+)}{c(HPu)} \quad (25)$$

$$pK_{S, Puffer} = pH - \log_{10} \frac{c(Pu^-)}{c(HPu)}$$

25:  $K_S$ -Wert

$$pH = pK_{S, Puffer} + \log_{10} \frac{c(Pu^-)}{c(HPu)} \quad (26)$$

26: Puffergleichung

### R.5.4.1 Existenzgebiete von Teilchen

$pH = pK_s \Rightarrow \frac{c(Pu^-)}{c(HPu)} = 1$ : Je 50% Säure und Säurerest in der Pufferlösung.

$pH > pK_s \Rightarrow \frac{c(Pu^-)}{c(HPu)} > 1$ : Mehr Säure, weniger Säurerest in der Pufferlösung.

$pH < pK_s \Rightarrow \frac{c(Pu^-)}{c(HPu)} < 1$ : Weniger Säure, mehr Säurerest in der Pufferlösung.

### R.5.5 Neutralisationen

Ziel der Neutralisation: Durch Zugabe von Säure oder Base den Stoff zu einem neutralen pH-Wert zu führen.

Zweck: Bestimmen der Konzentrationen von Säuren und Basen.

### R.5.5.1 Konzentrationsbestimmung von starken Säuren/Basen

TODO, auf ChiCD schlecht erklärt...

### R.5.5.2 Konzentrationsbestimmung von schwachen Säuren/Basen

Neutralisationsgleichung.... TODO andere source.

### R.5.6 Titrationsen

TODO, nicht in ChiCD vorhanden.

## R.6 Redox-Reaktionen

### R.6.1 Grundlagen

**Redoxreaktion:** Elektronenaustauschreaktion

**Oxidationszahl:** Beschreibt formell die Ladung eines Atoms.

- Atome bei Elementarbindungen besitzen die Ladung 0
- Bei kovalenten Bindungen werden die Elektronen dem elektronegativeren Partner zugeordnet
- Summe der Oxidationszahlen muss der Gesamtladung der Bindung entsprechen

- $H$  hat immer die Oxidationszahl  $+I$  ( $H^{+I}$ ) ausser bei  $H_2$  ( $= 2 H^0$ )
- $O$  hat immer die Oxidationszahl  $-II$  ( $O^{-II}$ ) ausser bei  $O_2$  ( $= 2 O^0$ ), Peroxiden ( $O-O$ ) und Fluorverbindungen.

**Reduktion:** Elektronenaufnahme; Beispiel:  
 $4 O^0 + 8 e^- \rightarrow 4 O^{-II}$

**Oxidation:** Elektronenabgabe; Beispiel:  
 $C^{-IV} \rightarrow C^{+IV} + 8 e^-$

## R.6.2 Galvanisches Element

Funktion: Gewinnung von Energie aus Redoxreaktionen.

- Zwei Metalle: *Edleres Metall* und *weniger edles Metall*.
- Edleres Metall wird reduziert, unedles Metall wird oxidiert.

**Anode:** Pol, an dem die Oxidation stattfindet (Elektronenabgabe); meistens negativer Pol; unedles Metall.

**Kathode:** Pol, an dem die Reduktion stattfindet (Elektronenaufnahme); meistens positiver Pol; edles Metall.

**Stromfluss:** Anode  $\rightarrow$  Kathode

**Standardreduktionspotential:** Gibt die Edelheit eines Stoffes an. Platinelektrode, die von  $25^\circ C$  heissen  $1M$ -Salzsäurelösung umströmt wird weist eine Spannung von 0 auf. Edelmetalle:  $> 0V$  Nicht von Antoniadis behandelt (TODO prüfen).

Nasszelle gehabt bei Antoniadis? TODO.

## R.6.3 Batterien

ein galv element TODO, nicht gut in ChiCD beschrieben & genaue Anforderungen von Antoniadis prüfen

## R.6.4 Brennstoffzelle

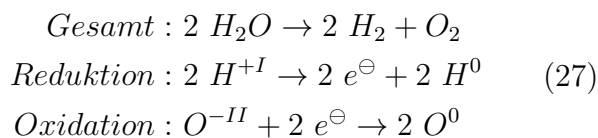
ein galv element TODO, nicht gut in ChiCD beschrieben & genaue Anforderungen von Antoniadis prüfen

## R.6.5 Akkus

ein galv element TODO, nicht gut in ChiCD beschrieben & genaue Anforderungen von Antoniadis prüfen

## R.6.6 Elektrolyse

Erzwungene Redoxreaktion. Die Anode ist neuerdings der Pluspol, die Kathode der Minuspol. Anlegen einer Spannung bei der Kathode.



27: Beispiel: Elektrolyse von Wasser.

**Galvanisieren:** TODO ergänzen.

# Organische Chemie

## 0.1 Kohlenwasserstoffe

### 0.1.1 Alkane, Alkene, Alkine, Aromaten

#### 0.1.1.1 Allgemein

**Alkane:** Weisen ausschliesslich Einfachbindungen auf.

**Alkene:** Weisen mindestens eine Doppelbindung auf.

**Alkine:** Weisen mindestens eine Dreifachbindung auf.

**Aromate:** Ringförmige Moleküle, welche über eine ungerade Anzahl alternierender Doppelbindungen verfügen

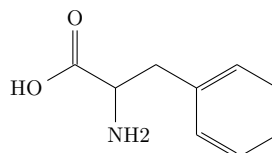
#### 0.1.1.2 Wichtige Vertreter

**Vertreter Alkane:** Wasser, Ethanol

**Vertreter Alkene:** Werden verwendet für Synthetisierung von Alkohol, Glycerin.

**Vertreter Alkine:** Fungizide

**Vertreter Aromate:** Aminosäuren wie z. B. Phenylalanin.

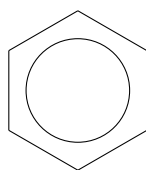


#### 0.1.1.3 Aromate

**Aromat:** (Zyklische) Kohlenwasserstoffe, die ein delokalisiertes Elektronensystem besitzen.

**Hückel-Regel:** Aromatische Moleküle mit  $4n + 2$  Elektronen enthalten ein delokalisiertes Elektronensystem.

**Benzol:**  $C_6H_6$ , Ring von 6 C-Atomen mit einem delokalisiertem Elektronensystem.

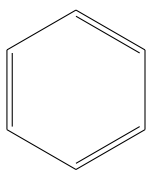


**Delokalisiertes Elektronensystem:** Elektronen verteilen sich gleichmässig über alle Kohlenstoffatome hinweg.

**Kekulé-Formel:** In Wirklichkeit nicht so. Delokalisiertes Elektronensystem ist aktuell;  $\Delta H_R^0$  wäre viel zu krass (viel



zu klein, ist Wirklichkeit etwas grösser, d. H. weniger Energie freigesetzt).



## O.1.2 Isomere

**Chiralität:** Ein C-Atom hat vier verschiedene Bindungspartner. Chirale Atome in einem Molekül sind Voraussetzung für Enantiomere (1 chirales Atom) und Diastereomere (mindestens 2 chirale Atome).

- **Konstitutionsisomere:** Moleküle haben gleiche Summenformel, aber andere Verknüpfung von Atomen, andere Namen.
- **Stereoisomere:** Moleküle haben gleiche Summenformel, gleiche Verknüpfung und gleichen Namen, unterschiedliche räumliche Anordnung.

### Konfigurationsisomere:

→ **Enantiomere:** Verhalten sich wie Spiegelbilder, weisen aber keine Symmetrieebene auf. 1 chirales Atom.

→ **Diastereomere:** Mindestens 2 chirale Atome.

→ **cis-trans-Isomere:** an einer C = C-Doppelbindung sind je zwei verschiedene Substituenten entgegengesetzt (trans) oder auf einer Seite (cis) gebunden.

**Konformationsisomere:** Können durch Rotation ineinander überführt werden.

## O.1.3 Nomenklatur

Beispiel: *2-Methylpropanol*

### O.1.3.1 Vorgehen

- **Stammname:** Längste C-Kette ergibt den Stammnamen. So nummerieren, dass die längste Kette gewählt wird und die Substituenten eine möglichst kleine Zahl besitzen
- **Funktionelle Gruppen:** Funktionelle Gruppen bestimmen
- **Substituenten:** Substituenten bestimmen
- **Doppel- und Dreifachbindungen:** Doppel- und Dreifachbindungen mit -en und -in bezeichnen.

Format: Substituenten, Stammname, Zwei- / Dreifachbindungen, Funktionelle Gruppe.

### O.1.3.2 Stammnamen

Zahl	Stammname	Zahlwort
1	Meth	
2	Eth	Di
3	Prop	Tri
4	But	Tetra
5	Pent	Penta
6	Hex	Hexa
7	Hept	Hepta
8	Oct	Octa
9	Non	Nona
10	Dec	Deca

### O.1.3.3 Substituenten

Bei Einfachbindung: {Name}-yl anhängen.

Bei Doppelbindung: {Name}-ylen anhängen.

Bei Dreifachbindung: {Name}-ylidin anhängen.

Bei Bei Cycloverbindungen: Cyclo-{Name} einfügen.

Substituent	Name
$-CH_3$	Methyl
$-C_2H_5$	Ethyl
$-C_nH_{2n}$	?yl
$-F$	Fluor
$-Cl$	Chlor
$-Br$	Brom
$-I$	Iod
$-NH_2$	Amino
$-OH$	Hydroxy
$-NO_2$	Nitro
$-SH$	Mercapto

**Hinweis:** Substituenten, Funktionelle Gruppen und Doppel-/Dreifachbindungen werden immer mit dem Format

$\{a_0, \dots, a_n\} - \{Zahlwort\}\{Name\}$ , z. B. 3,4-dien

bezeichnet. *a*: Der Ort auf der C-Kette, wo gebunden.

### O.1.3.4 Funktionelle Gruppen

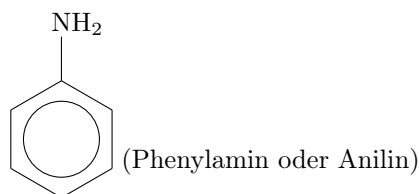
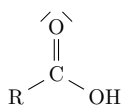
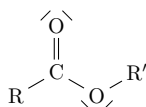
**Halogene Wasserstoffe:** Enthalten mindestens ein Halogenatom *F*, *Cl*, *Br*, *I*. Struktur:  $R - X$

Als Name für die funktionelle Gruppe dient der Name des Halogenatoms.

**Reihenfolge der Verbindungen:** CCCAKATE

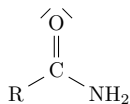
## Name + Benennung

## Formel

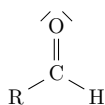
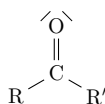
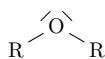
Carbonsäure  
{Stamm}säureCarbonsäureester  
{Stamm}säure-{R'}ester

## O.2 Erdöl

## O.2.1 Allgemein

**Erdöl:** C-Verbindungen, aus Rohöl. Formel:Carbonsäureamide  
{Stamm}säure-N-{R'}yl-N-{R''}ylamid  
{Stamm}säure-N-N-di{R'}ylamid

$$C_n H_{2n} \quad (28)$$

Aldehyde  
{Stamm}alKetone  
{Stamm}onAlkohole  
{Stamm}olThiole  
{Stamm}thiolAmine  
{Stamm}ylaminEther  
{R'}yl-{R''}ylether

Länge	Name
1 – 4	Raffineriegas
5 – 7	Leichtbenzin
6 – 10	Schwerbenzin
10 – 16	Kerosin
12 – 18	Paraffinöl
14 – 20	Schweröl
> 20	Destillationsrückstand

## O.2.2 Fördern von Erdöl

Erdöl entsteht beim Zusammenpressen von abgesunkenen Plankton. Suchen durch seismische Messungen (Reflektionsseismik) und Computernmodellen. Förderung durch Abpumpen oder Fracking (Einpumpen von Lösestoffen).

## O.2.3 Probleme von Erdöl

Ertrag entspricht nicht der Nachfrage; Weiterverarbeitung des Erdöls.

## O.2.4 Cracken

**Sinn:** Lange C-Ketten kürzer machen.

**Vorgang:** Erhitzen + Katalysator (meistens Eisenwatte)

**Bromwasser Indikator:** Verfärbt sich bei Kontakt von reaktionsfreudigen Partnern wie zum Beispiel Alkene, welche man in Kondensat findet und nicht in langkettigen Ölen.

Produkt	Edukt
Alkane	kleinere Alkane, Cycloalkane
Cycloalkane	Alkane, verzweigte Alkene
Alkene	kleinere Alkene
Alkine	verzweigte Alkane und Alkine

## O.2.4.1 Coken

Lange, > 500°

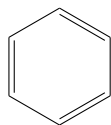
## O.2.4.2 Katalytisches Cracken

Am weitesten verbreitet, scharf katalytisch und 480° C – 600° C

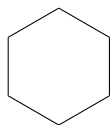
## O.1.3.5 Cycloalkane

Stamm: *Cyclo*{Stamm}{en/in}

Substituent: *Cyclo*{Gruppe}yl-{Stamm}{en/in}



(Benzol)

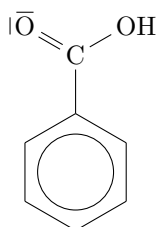


(Cyclohexan)

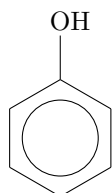
## O.1.3.6 Aromate

Als Stamm: {Substituenten}benzol

Als Substituent: Phenyl-{Stamm}



(Phenylmethansäure)



(Phenol)

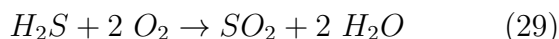
### O.2.4.3 Hydrocracken

Mild katalytisch und  $300^{\circ}\text{C} - 450^{\circ}\text{C}$

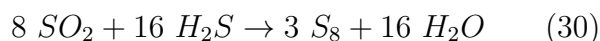
### O.2.5 Entschweflung

**Ziel:** Organische Schwefelverbindungen  $\text{H}_2\text{S}$  und  $\text{SO}_2$  entfernen, sodass Katalysator besser funktioniert.

**Katalytische Hydrierung:** Schädlicher Schwefelwasserstoff  $\text{H}_2\text{S}$  wird zur weiterverarbeitung in Schwefeloxid  $\text{SO}_2$  umgesetzt.



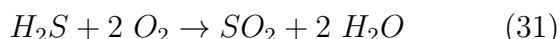
**Claus-Prozess:** Schwefelwasserstoff + Schwefeloxid entfernen und zu elementarem Schwefelstoff umwandeln, sodass Katalysator besser funktioniert.



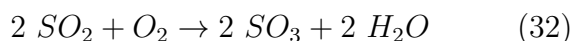
### O.2.6 Saurer Regen

Entstehung: Wenn  $\text{SO}_2$  in die Luft gelangt. Schwefelsäure ist eine Säure, die Sachen zerfrisst.

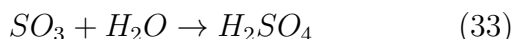
**Verbrennung:**



**Entstehung Schwefeltrioxid:**



**Entstehung Schwefelsäure:**



**Reaktion Schwefelsäure:**



**Schweiflige Säure:**



### O.2.7 Oktanzahl & Cetanzahl

**Oktanzahl:** Mass für den Widerstand gegen Selbstentzündung, Klopfestigkeit, bei Benzin.

Tiefe OZ: Hohe Zündwilligkeit  
Hohe OZ: Geringe Zündwilligkeit

OZ = 0: n-Heptan; Hohe Zündwilligkeit  
OZ = 100: Isooctan, 2,2,4-Trimethylpentan; Tiefe Zündwilligkeit

$95\% = 5\% \text{ n-Heptan} + 95\% \text{ Isooctan}$

**Cetanzahl:** Mass für den Widerstand gegen Selbstentzündung, Klopfestigkeit, bei Diesel.

Tiefe OZ: Geringe Zündwilligkeit  
Hohe OZ: Hohe Zündwilligkeit

CZ = 0: Methylnaphtalin; Tiefe Zündwilligkeit  
CZ = 100: Cetan, n-Hexadecan; Hohe Zündwilligkeit

$51\% = 49\% \text{ Methylnaphtalin} + 95\% \text{ Cetan}$

TODO vlt Formeln?

### O.2.8 Raffination

Umwandlung von Verbindungen um einen höheren Verzweigungsgrad und Ungesättigtheitsgrad zu erlangen.

**Isomerisieren:** Reaktionen, die zu Isomeren der ursprünglichen Moleküle führen.

**Reformieren:** Cyclisieren und Abspalten und Wasserstoffatomen (to reform = neu bilden).

## O.3 Kunststoffe

### O.3.1 Polymere

- Polymere bestehen aus Makromolekülen.
- Makromoleküle bestehen aus Monomeren.

Grund, dass Polymere schmelzen und nicht ruckartig verflüssigen: Van der Waals-Kräfte und grosse Oberfläche der Makromolekülen.

### O.3.2 Einteilung

#### O.3.2.1 Einteilung nach Struktur

Name	Verzweigung	Andere Eigenschaften
Thermoplast	linear	Schmelzbar & weich
Elastomer	2-D	Nicht schmelzbar
Duroplast	3-D	Nicht schmelzbar & hart

#### O.3.2.2 Einteilung nach Syntheseart

Synthese	Produkte	Nebenprodukte
Polymerisation	Polymer	Nein
Polykondensation	Polyamide, Polyester	Ja, $\text{H}_2\text{O}$ od. $\text{HX}$
Polyaddition	Polyaddukt	Nein

### O.3.3 Polymerisation

**Radikalische Polymerisation:** Kettenreaktion, bei der sich Monomere mit einer Doppelbindung zu einem Polymer verbinden. Radikale dienen hier als "Katalysator", die die Doppelbindung aufheben.

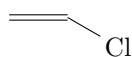
**Voraussetzungen**

R• Startradikal (Aus Azobiisobutyronitril)

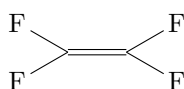
Heft anschauen

**Wichtige Monomere**

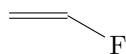
Ethen bei Plastiktaschen



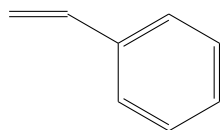
Polyvinylchlorid



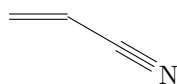
Polytetrafluorethen bei Pfannen



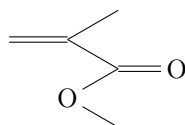
Polypropen



Polystyrol bei Styropor



Polyacrylnitril



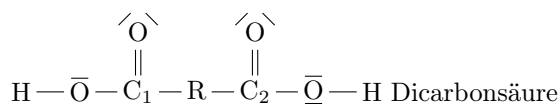
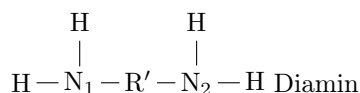
Polymethylmethacrylat bei Plexiglas

**0.3.4 Polykondensation**

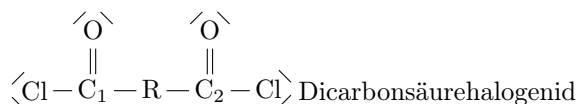
Verknüpfung von *Monomeren mit mindestens zwei funktionellen Gruppen*, die abgespalten werden, zu einem Makromolekül. Eine Dicarbonsäure oder bei der Carbonsäureamidbildung ein Dicarbonsäurehalogenid spielt immer mit.

**0.3.4.1 Carbonsäureamidbildung**

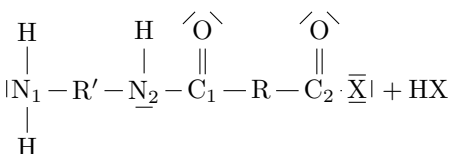
Die Entstehung von *Polyamiden*. Voraussetzung ist immer *Diamin* und entweder Dicarbonsäure oder Dicarbonsäurehalogenide.

**Voraussetzungen**

oder



$\text{N}_2$  bindet sich mit  $\text{C}_1$  und es bildet sich ein Polyamid, es spaltet sich ein  $\text{HX}$  ab.

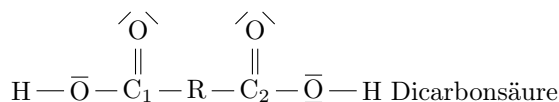
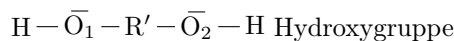


Polyamid

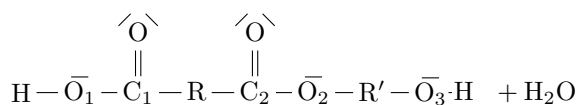
Amid-Bindung bei  $\text{N}_2$  zu  $\text{C}_1$ ; Kette wächst bei  $\text{N}_1$  und  $\text{C}_2$ .

**0.3.4.2 Esterbildung**

Entstehung Polyester, wie zum Beispiel PET. Eine (Di) Carbonsäure wird mit einem Molekül das (Zwei) Ein Hydroxygruppe verknüpft, es entsteht dabei immer  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Voraussetzungen**

$\text{O}_2$  und  $\text{C}_1$  werden verbunden, es entsteht ein Polyester.



Es wiederholt sich von  $\text{C}_1$  zu  $\text{O}_3$  n-mal

**0.3.5 Polyaddition**

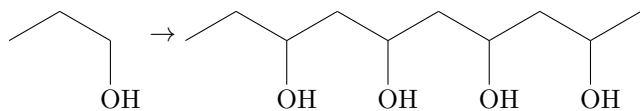
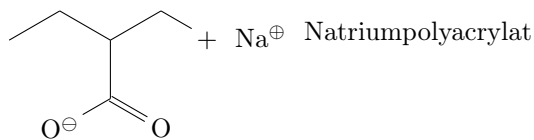
Mechanismus kommt nicht an der Prüfung.

**0.3.6 Spezielle Materialien****0.3.6.1 PLA (Polylactid)**

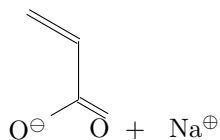
Synthetische Polymere, die zu Polyester zählen (d. h. aus Hydroxygruppe und (Di-) Carbonsäure hergestellt), aus Milchsäuremolekülen.

**0.3.6.2 PVA (Polyvinylalkohol)**

**Bedeutung:** Wasserlöslicher Kunststoff, Krankenhaus.

**Struktur:****O.3.6.3 Superabsorber****Retrosynthese von Natriumpolyacrylat:**

Natriumacrylat



Ein dreidimensionales Netzwerk entsteht, das besser Flüssigkeit aufnehmen kann.

**O.4 Aminosäuren und Proteine**

TODO. Nur z.T in ChiCD.

Mit 💖 gemacht von Max Mathys 🦊

**Schule:** MNG Rämibühl

**Jahr:** 2016

**Lehrerin:** Antoniadis