

Massenzahl = Protonen + Neutronen
= Nucleonen
= Atommasse

Bsp. 1: ⁴He 4: Massenzahl (A)
₂ 2: Ordnungszahl (Z)

Bsp. 2: ⁴He, Helium-4, He-4

A = Z + N A: Massenzahl rel. Masse
N: Neutronen Proton 1,007276 u
Z: Ordnungszahl Neutron 1,008665 u
N: Neutronen Elektron 0,000548 u

Radioaktiver Zerfall

Alphastrahlen
 ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He$

Betastrahlen
Umwandlung von Proton zu Neutron im Kern u. umgekehrt
tritt ein, wenn zu viele oder zu wenige Neutronen

Gammazerfall
 ${}^A_Z X^* \rightarrow {}^A_Z Y + \gamma$
* angeregter Zustand

β^- -Zerfall ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + e^- + \bar{\nu}_e$ Neutron \rightarrow Proton
 β^+ -Zerfall ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + e^+ + \nu_e$ Proton \rightarrow Neutron
Elektroneneinfang

Halbwertszeit τ : Zeitspanne bei der die Hälfte der Atomkerne zerfallen sind

$N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \lambda = \frac{-\ln(\frac{N(t)}{N(0)})}{t}$

Halbwertszeit $N(t) = N(0) \cdot 2^{-\frac{t}{\tau}}$

$e^{-\lambda \tau} = 2 \Leftrightarrow \tau = \frac{\ln(2)}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{\ln(2)}{\tau}$

Ursprüngliche \neq Kerne: $N(0) = \frac{m}{M_{Atom}} \cdot N_A$ Atmosphäre

$k = \lambda =$ Zerfallskonstante [s^{-1}] $v = -\frac{d[A]}{dt} = \lambda \cdot [A]$

$N = \#$ Kerne

Wellen-Teilchen-Dualismus

Teilchen: $E = h \cdot f$ E: Energie (Photon)

Wellen: $E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ h: Plancksche Wirkungsquantum = $6.626 \cdot 10^{-34} Js$

$f = \frac{c}{\lambda}$ $f = \nu$: Strahlungsfrequenz

$E = n \cdot E_{Photon}$ c: Lichtgeschw. = $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

$E_{Photon} = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ λ : Wellenlänge
n: # Photonen

Lichtspektrum: 400nm \rightarrow 750nm Bohr $Z_{max} = 2n^2$

UV-blau-grün-gelb-IR

Ionengitter
 $Mg^{2+} + N^{3-} \rightarrow Mg_3N_2$

Volumenverhältnis (V)
 $V(l) = \frac{V(i)}{V(Lösungsmittel)}$

Elektronenaffinität
Gesamte Energie = $EA_1 + EA_2$

Orbitalmodell

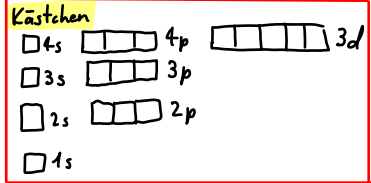
n entspricht Zahl

L: 0 = s
1 = p
2 = d
3 = f

Reihenfolge: s, p, d, e, f

d-Orbitale: zuerst gerade Befüllen
f-Orbitale: 5g bis 3f

1s					
2s				2p	
3s				3p	
4s			3d	4p	
5s			4d	5p	
6s	4f		5d	6p	
7s	5f		6d	7p	
8s	6f		7d	8p	



Strukturformel

Bindungselektronen = 2 * # H-Atome + 8 * # -Atome - (# Valenzelekt.)

Bindungen = # Bindungselekt. / 2

Formalladung: +/- geladen?

1. Bindungselektron teilen
2. Elektronen am Atom zählen

Fall +: # Valenzelekt < Atom PSE
Fall -: # Valenzelekt > Atom PSE

Elektronegativität

$\Delta EN < 0,5$ überwiegend kovalent, unpolar
 $0,5 < \Delta EN < 1,7$ polar, Dipol
 $\Delta EN > 1,7$ überwiegend ionisch

Dipolmoment: (= Stärke u. Richtung elektr. Feld um Molekül)

$M_D = q \cdot d$ q: Ladung
d: Bindungsabstand
 M_D : Dipolmoment

Mol: Mengenangabe in chem. Reaktionen

$N_A = \frac{N}{n}$ $N_A =$ Avogadro Konstante = $6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{mol}$
N = # Teilchen
n = Stoffmenge [mol]

$N = N_A \cdot n$

Molmasse: Masse eines Mols von chem. Verbind.

Addition Atommassen [AM]

$x \cdot AM[A] + y \cdot AM[B] + \dots =$ Gesamt-AM \Rightarrow 1 mol

$n = \frac{m}{M}$ n: Stoffmenge [mol] des Stoffes
m = Masse [g]
M = Molmasse [$\frac{g}{mol}$]

Ideales Gas

p = Druck [Pa]
V = Volumen
n = Stoffmenge [mol]
R = universelle Gaskon. = $8,314 \frac{J}{Kmol}$
T = Temperatur [K]
N = Teilchenzahl
 k_B = Boltzmann-konst. = $1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

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

$p \cdot V = N \cdot k_B \cdot T$

Druck (p): Kraft, welche auf bestimmte Fläche wirkt

$p = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot a}{A}$
p: Druck [Pa]
F = Kraft [N]
A = Fläche [m²]

Stoffmengenkonzentration/Molarität

$c = \frac{n}{V}$ c = Stoffmengenkonzentration [$\frac{mol}{l}$]
n = Stoffmenge [mol]
V = Volumen

Stoffmengenanteil

$X_i = \frac{n_i}{n_{ges}}$ X_i : Stoffmengenanteil des Stoffes i
 n_i : Stoffmenge des Stoffes i
 $n_{ges} = \sum n_i = 1$

Massenkonzentration

$c = \frac{m}{V}$ c = Massenkonzentration [$\frac{g}{l}$]
m = Masse [g]
V = Volumen [l]

Verdünnen von Lösungen

$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$ c_1 : Konz. Stammlösung
 V_1 : Volumen "
 c_2 : Konz. verdünnter Lösung
 V_2 : Volumen "

Partialdruck

$p_i = \frac{n_i \cdot R \cdot T}{V} = \frac{n_i}{n_{ges}} \cdot p_{ges}$ p_i : Partialdruck
 n_i : Stoffmenge des Stoffes i

Arbeit

$W = F \cdot s$ W: Arbeit [J] = $M_n = \frac{k \cdot m^2}{s^2} = W_s$
F = Kraft [N]
s = Weg [m]

Energie

$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$ $E_{therm} = c \cdot m \cdot \Delta T$ Q: Wärmemenge
 $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$ $Q = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1)$ c: Wärmekapazität
 $E_{elektr.} = U \cdot I \cdot \Delta t$

Innere Energie U

$\Delta U = \Delta U_{Ende} - \Delta U_{Anfang}$ W: Arbeit
Q = Wärmemenge
 $\Delta U = W + Q = Q - p \cdot \Delta V$ p = Druck
 $= \Delta H - p \cdot \Delta V$ ΔV : Volumendiff.
 ΔH : Enthalpie

Reaktionsenthalpie/-wärme

$\Delta H = \sum \Delta H_{Produkte} - \sum \Delta H_{Edukte}$ $\Delta H > 0$: endo-therm
 $\Delta H < 0$: exo-therm
 $\Delta H = \Delta U + p \cdot \Delta V$

Aktivierungsenergie E_a / Arrhenius-Gleichung

$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}}$ E_a : Aktivierungsenergie
R = univ. Gaskonstante = $8,314 \frac{J}{mol \cdot K}$
k = Geschw. konstante
A = präexponentieller Faktor
T = Temperatur

Reaktionsfähiger Moleküle

$N_3 = N \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$ N_3 : # Teilchen mit höherer Energie als E_a
N = # Teilchen
E = Energieunterschied

Molares Volumen V_m

$V_m = \frac{V}{n} = \frac{R \cdot T}{p}$

Entropie/Mass für Umordnung = S

$\Delta S = S_{Produkte} - S_{Edukte}$ $\Delta S > 0$: zunehmende
 $\Delta S < 0$: abnehmende

Gibbs'sche freie Reaktionsenthalpie = G

$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ ΔH : Enthalpie ΔS : Entropie
T = Temp.

$\Delta G < 0$: exergonische Reaktion, spontan
 $\Delta G = 0$: System in Gleichgewicht
 $\Delta G > 0$: endergonische Reaktion

Standardbedingung = Index 0

STP: T = 273K = 0°C SATP: T = 298,15K = 25°C
p = 100 kPa = 1 bar p = 101325 Pa = 1013 hPa
 $V_m = 22,4 l$ $V_m = 24,5 l$

Reaktionsgeschwindigkeit

$v(t) = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt}$

Katalysator

$A + B + Kat \rightarrow A-Kat + B \rightarrow AB + Kat$

Massenwirkungsgesetz/Konzentration

Gleichung $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

$K_c = \frac{\text{Produkt Konzentrationen}}{\text{Produkt Konzentrationen Edukte}}$ c [Stoff] = $\frac{n}{V}$
 $K_c > 1$ Produkte
 $K_c < 1$ Edukte

GG-Verschiebung bei Druckerhöhung:

\rightarrow Seite mit weniger Gasmolekülen

Bsp: $N_2(g) + 3CO_2(g) \rightleftharpoons N_2O(g) + 3CO(g)$
 $0 + 4 = 4 > 1 \Rightarrow$ nach rechts (Produkte)

Exo-/Endotherm mit K_c

$\Delta H = \frac{R \cdot \ln(\frac{K_2}{K_1})}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$

Zusammenhang ΔG u. K_c

$\Delta G_0 = -R \cdot T \cdot \ln(K_c)$ ΔG : Energieänderung bei Standardbed.
 $-\Delta G \rightarrow K_c > 1$ R = univ. Gaskonstante
 \Rightarrow GG Produkte T = Temp.
 $\Delta G \rightarrow K_c < 1$ ΔG : Volumendiff.
 \Rightarrow GG Edukte K_c : Gleichgewichtskon.

pH-Wert

$pH = -\log_{10}(c(H_3O^+)) = -\log_{10}(c(H^+))$ $pH + pOH = 14$
 $pOH = -\log_{10}(c(OH^-))$ $= 7 = 7$

$c(H_3O^+) = -10^{pH} [\frac{mol}{l}]$

schwache Säure: $pH = \frac{1}{2}(pK_s - (\log_{10}(\frac{c(HA)}{c}})))$ Bsp. HClO, HNO₃, H₂SO₄

schwache Base: $pOH = \frac{1}{2}(pK_b - (\log_{10}(\frac{c(HA)}{c}})))$ Bsp. NaOH

Säurestärke: $pK_s = -\log_{10}(K_s) \cdot 1 mol^{-1}$

Säurekonstante: $K_s = \frac{c(H^+) \cdot c(A^-)}{c(HA)}$ $\rightleftharpoons X^+ + Y^-$

Protolyse

Säure 1 Base 1 Base 2 Säure 2

1. Stufe: $HX + Y \rightleftharpoons X^- + (HY)^+$

2. Stufe: $HX^+ + Y \rightleftharpoons X^{2+} + (HY)^+$

Arrhenius-Konzept

Säure: Säuremolekül \rightarrow H-Ion + Säurerest-Ion
 $H-X \rightarrow H^+ + X^-$

Base: Basemolekül \rightarrow Basenrest-Ion + Hydroxid-Ion
 $B-OH \rightarrow B^+ + OH^-$

Neutralisation: $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

Namenklatur Anion

1- F⁻ Fluorid 2- O²⁻ Oxid
Cl⁻ Chlorid S²⁻ Sulfid
Br⁻ Bromid CO₃²⁻ Carbonat
I⁻ Iodid SO₄²⁻ Sulfat
CN⁻ Cyanid
OH⁻ Hydroxid 3- PO₄³⁻ Phosphat
NO₃⁻ Nitrat

Namenklatur Kation

1+ H⁺ 2+ Mg²⁺
Na⁺ Ca²⁺
K⁺ Zn²⁺
NH₄⁺ Ammoniumion Cu²⁺
Fe²⁺
3+ Al³⁺ Cr³⁺ Fe³⁺ Hg²⁺
Pb²⁺

Polymerisationsgrad \bar{P}

$\bar{P} = \frac{\bar{M}}{M_{mono}}$ \bar{M} : mittlere Molmasse
 M_{mono} : Molmasse einer Monomereinheit

Zahlenmittel \bar{M}_n

$\bar{M}_n = \frac{\sum N_i \cdot M_i}{\sum N_i}$ M_i : # einzelner Polymermoleküle
 M_i : Molmasse dieses Polymermoleküls

Massenmittel \bar{M}_w

$\bar{M}_w = \frac{\sum w_i \cdot M_i^2}{\sum w_i \cdot M_i} = \frac{\sum m_i \cdot M_i^2}{\sum m_i}$

M_i : Molmasse dieses Polymer i
 N_i : # einzelner Polymermoleküle i
 m_i : Gesamtmasse von i

$w_i = \frac{N_i \cdot M_i}{\sum N_i \cdot M_i} = \frac{m_i}{\sum m_i}$
 w_i : Gewichtsbruch

Unehinlichkeit

$U = \frac{\bar{M}_w - \bar{M}_n}{\bar{M}_n} = Q - 1$

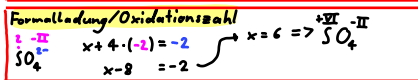
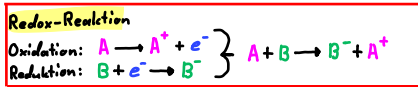
Polydispersität (Q/D)

$D = \frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n} = U + 1$

$1 < Q < 1,2$ sehr enge Verteilung: Fraktionierung/Anionische Polymerisation u. Polykondensation

$Q \approx 2$ am häufigsten bei Polymerisation u. Polykondensation

$Q > 3$ sehr breite Verteilung, typisch für LOPE

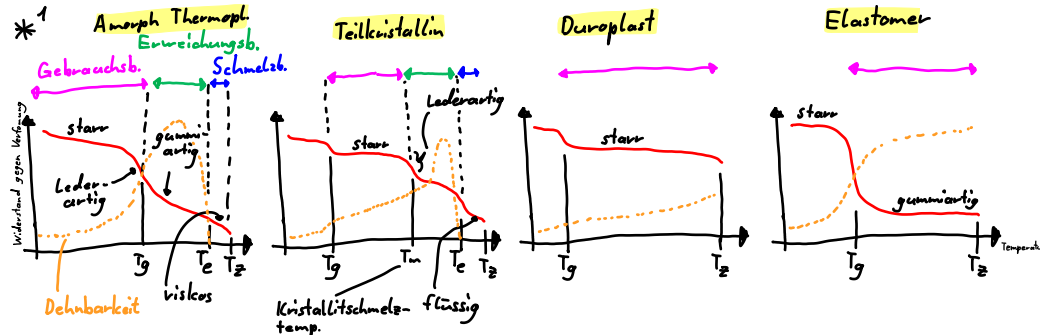


- Redox erkennen** Bsp. $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$
1. Identifizieren einzelner Elemente
 $+II \quad 0 \quad 0 \quad +I \quad -II$
 $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$
 2. Oxidationszahlen Edukte u. Produkte bestimmen
 $Cu^{+II} \rightarrow Cu^0 \text{ red.}$
 $H_2^0 \rightarrow H^{+I} \text{ ox.}$
 3. Vgl. Ox.zahlen Edukte mit Produkten
 Überprüfe, ob Ox. u. Red. stattgefunden hat

- Redox-Ablauf**
1. Aufstellen Stoffgleichung
 2. Ox-Zahlen bestimmen
 3. Ermitteln der Halbreaktion
 4. Halbgleichungen aufstellen
 5. Elektronenbilanz aufstellen
 6. Ladungsbilanz ausgleichen
 7. Atombilanz ausgleichen: Falls Red/Oxmittel ausgeglichen wird
 8. Gesamtelektronenbilanz ausgleichen
 9. Gesamtgleichung aufstellen
 10. Kürzen u. Zusammenfassen
 11. Überprüfen der Atom- u. Ladungsbilanzen

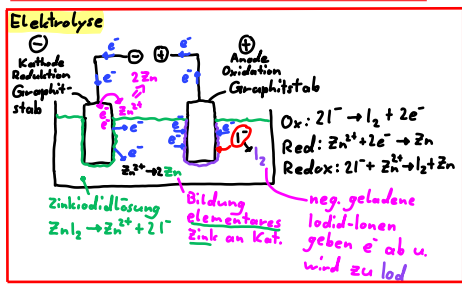
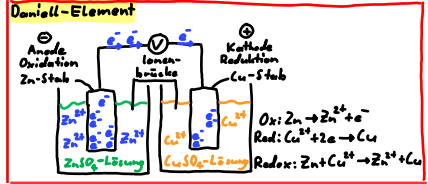
- Bestimmung Oxidationszahlen**
1. Elemente haben Ox-Zahl = 0
 2. Ionenzahl = Ionenladung Bsp. Na_2^{+I}
 3. Fluor hat in Verbindungen immer -I
 4. Sauerstoff hat meistens -II
Wasserstoff " " +I
 5. Bindungselektronen ordnet man dem elektronegativeren Partner zu

Ausgleichen der Ladungsbilanzen/Massenbilanz
 Im Sauren: H^+ / H_2O
 Im Basischen: OH^- / H_2O
 In der Schmelze: Direkt mit den beteiligten Ionen, z.B. O^{2-} ; S^{2-}



Elektromotorische Kraft
 $EMK = \Delta E_{Red} - \Delta E_{Ox} \text{ [Volt]}$
 $\Delta E > 0 \Rightarrow \text{Reaktion}$
 $\Delta E < 0 \Rightarrow \text{Reaktion x}$

Halbzelle
 $Ax^{n+} + n \cdot e^- \rightleftharpoons Red$



Faraday-Gesetz
 $Q = I \cdot t = n \cdot z \cdot F$
 $m = n \cdot M$
 $m = \frac{M \cdot Q}{z \cdot F}$
 $m = \frac{I \cdot t \cdot M}{z \cdot F}$

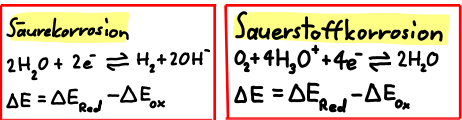
M : abgeschiedene Masse [g]
 M : molare Mass [$\frac{g}{mol}$]
 Q : Ladungsmenge [C]
 z : Ionenladung
 F : Faraday-Konst. = $96485 \frac{C}{mol}$
 I : Stromstärke [A]
 t : Zeit [s]

Elektrochemie \leftrightarrow Thermodynamik
 $\Delta G = -z \cdot F \cdot \Delta E$ $z = \#$ ausgetauschte Elektronen

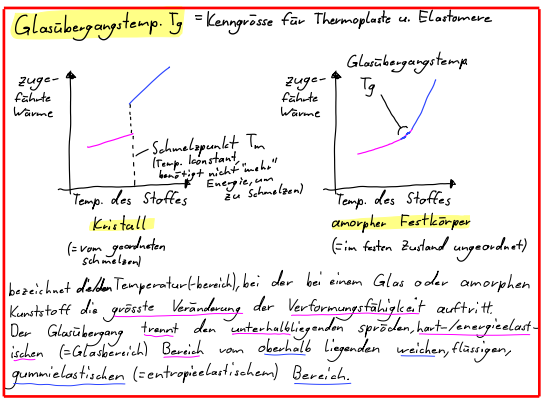
Redoxpotential Halbzelle/Nernstgl.
 $E = E_0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \left(\frac{c[Ox]}{c[Red]} \right) = E_0 + \frac{0,059}{z} \log \left(\frac{c_{Ox}}{c_{Red}} \right)$

Metalle: $E = E_0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln(c[M^{z+}])$ E_0 = Standardpot. Halbzelle

Nichtmetalle: $E = E_0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln(c[M^{z+}])$



	Polymerisation Kettenwachst.	Polycond. Stufenwachstum	Polyaddition
Edukte	Ausgangsstoff mit reaktionsfähigen Mehrfachbindungen	1 oder mehr Ausgangsstoffe mit mind. 2 kondensationsfunkt. Gruppen	1 oder mehr Ausgangsstoffe mit mind. 2 funkt. Gruppen
Produkte	Polymer ohne Nebenprodukt	Polykondensat u. Nebenprod. (z.B. Wasser)	Polyaddukt ohne Nebenprod.
Entwicklung der Molmasse	Schnell hohe Molmassen	Aufbau in Stufen Hohe Molm. erst bei hohem Umsatz	Aufbau in Stufen Hohe Molm. erst bei hohem Umsatz
Molmassen Verteilung	Eher eng	Eher breit	Eher breit
Funkt. Gruppen in Hauptkette	Nein, es sei denn sie waren schon im Edukt vorhanden	Ja	Ja
Bsp.	Polyethen (PE) PMMA Polypropylen (PP) Polystyrol (PS) Polyvinylchlorid (PVC)	Polyester Polyamid Polycarbonat Phenolharz Melaminharz Silikon	Polyurethan Epoxydharz



Temperaturverhalten von Polymeren

	Gebrauchsbereich: temperaturbeständig, hart, spröde		Zersetzung
Duroplast	Gebrauchsbereich: gummielastisch, nicht schmelzbar		Zersetzung
Elastomer	spröder Zustand	Gebrauchsbereich: gummielastisch, nicht schmelzbar	Zersetzung
Thermoplast	hart, spröde Gebrauchsb.: PS, PVC, Acrylglas	thermoelastisch Gebrauchsb.: PA, hart-PE	thermoelastisch: Schmelze zähflüssig Zersetzung

T_g : Erweichungstemp.
 T_s : Zersetzungstemp.

Aufbau von Kunststoffen

- Aus vielen Kettenmolekülen
- loos vernetzte Makromoleküle
- stark vernetztes Makromolekül

Thermoplaste
 - nicht vernetzte Fadenmoleküle
 - Faserkunststoffe
 - teilkristallin / amorph
 - $\frac{1}{2}$ gut löslich schmelz- und formbar
 - Glasübergangstemperatur bestimmt Eigenschaft oberhalb: weich u. verformbar unterhalb: fest u. nicht verformbar

Elastomere
 - kovalent vernetzte Molekülkette
 - gummielastisch
 - amorph
 - unlöslich aber quellbar
 - Gummielastizität (=mind. doppelt Länge ausdehnen und wieder in Ausgangszustand)
 - basiert auf Entropie: zusammengezogen: ungeordnet, verknäuelter Zustand auseinandergezogen: Entropieabnahme geordnetes "ungeordnet" Bereich

Duroplaste (Harze)
 - besteht aus 1 einzigen, kovalent vernetztem Molekül
 - amorph
 - schwer quellbar u. unlöslich
 - Vernetzung mit kovalenter Bindung (irreversibel):
 1. während Synthese
 2. nachträglich durch Selbstvernetzung funkt. Gruppen
 3. Einsatz von Vernetzungsmitteln
 - Vernetzung durch Ionenbindung (reversibel) (Ionomere)

Funktionelle Gruppen

Alkohol $R-OH$	Carbonsäure $R-C(=O)OH$
Amin $R-NH_2$	Ester $R-C(=O)-R$
Isocyanat $R-N=C=O$	Amid $R-C(=O)-NH-R$
Epoxyd $R-O-R$	Urethan $R-C(=O)-NH-R$
Aldehyd $R-C(=O)-H$	Ether $R-O-R^2$
Ether $R-O-R$	Vinyl $R-CH=CH_2$
Keton $R-C(=O)-R$	Styrol $CH_2=CH-C_6H_5$

eng vernetzte Kohlenstoffkette
 weitmaschig vernetzte Kohlenstoffkette