

## REAKTIONEN DER ORGANISCHEN CHEMIE

### 1) ÜBERSICHT VON DEN REAKTIONEN AUSGEHEND:

Die Reaktion der OC lassen sich auf 4 Grundtypen zurückführen:

Grundtyp	Addition	Substitution	Eliminierung	Umlagerung
allg Reaktion:	$A + B \rightarrow C$	$A + B \rightarrow C + D$	$A \rightarrow B + C$	$A \rightarrow A'$
spezielle Einteilung: ( <b>Abkürzung</b> )	nucleophile Addition ( <b>A<sub>N</sub></b> )	nucleophile Substitution ( <b>S<sub>N</sub></b> )	( <b>E</b> )	
	elektrophile Addition ( <b>A<sub>E</sub></b> )	elektrophile Substitution ( <b>S<sub>E</sub></b> )		
		radikalische Substitution ( <b>S<sub>R</sub></b> )		
Beispiele	A <sub>N</sub> : Alkohole (R-O-H) mit Carbonylen (C=O) in Aldehyd oder Keton → Halbacetal oder Halbketal	S <sub>N</sub> : Halogenide mit Alkoholen (und umgekehrt Hydroxid mit Halogenalkanen)	E: Halogenalkane → Alkene und Halogensäuren	Die Keto-Enol- Tautomerie
	A <sub>E</sub> : Chlor (Cl <sub>2</sub> ) Brom (Br <sub>2</sub> ) oder Halogensäuren mit Alkenen → Halogenalkane	S <sub>E</sub> : Chlor (Cl <sub>2</sub> ) oder Brom (Br <sub>2</sub> ) mit Aromaten (z. B.: Benzol C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	E: „Cracken“ langkettige Alkane → kurzkettige Alkane und Alkene	
	A <sub>E</sub> : Wasser mit Alkenen → Alkohole	S <sub>R</sub> : Alkane mit Chlor (Cl <sub>2</sub> ) oder Brom (Br <sub>2</sub> )	E: Alkohole → Alkene und Wasser	

Eigens betrachtet werden die

- Oxidation und die Reduktion (können **S**, **A** oder **E** sein)

**Oxidation** ist (formal) die **Aufnahme eines Sauerstoffatoms** oder die **Abgabe von zwei Wasserstoffatomen**

**Reduktion** ist (formal) die **Aufnahme von zwei Wasserstoffatomen** oder die **Abgabe von einem Sauerstoffatom**

*(→die Art der Oxidationsmittel und Reduktionsmittel werden in diesem Kapitel nicht näher betrachtet!)*

- Kondensation und Hydrolyse (sind eigentlich **S**)
  - **Kondensation** ist die **Verknüpfung zweier Moleküle** unter **Wasserabspaltung**:  $A + B \rightarrow C + H_2O$
  - **Hydrolyse** ist die **Spaltung eines Teilchens mit Wasser**:  $A + H_2O \rightarrow C + D$

2) ÜBERSICHT VON DEN VERBINDUNGEN AUSGEHEND:2.1. HERSTELLUNGEN (GEWINNUNG, QUELLE)

Alkane	Alkene	Alkine	Aromaten	Halogen-alkane	Alkohole	Aldehyde
Cracken, (Erdöl, Erdgas)	Cracken, Eliminierung (Erdöl, Erdgas)	Ethin aus Methan im Lichtbogen	Erdöl	A <sub>E</sub> , S <sub>N</sub> , S <sub>R</sub>	Gärung, A <sub>E</sub> , S <sub>N</sub> , Reduktion, Hydrolysen	Reduktion, Oxidation,

Ketone	Carbonsäuren	Ether	Ester	Amine	Amide
Oxidation	Oxidation Hydrolyse	Kondensation	Kondensation	Hydrolyse	Kondensation

2.2. REAKTIONEN

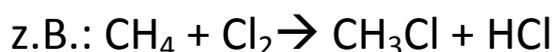
Alkane	Alkene	Alkine	Aromaten	Halogen-alkane	Alkohole	Aldehyde
S <sub>R</sub> , Cracken,	A <sub>E</sub> , Polymerisierung	A <sub>E</sub>	S <sub>E</sub>	S <sub>N</sub> , E	S <sub>N</sub> , E, Oxidation, Kondensation	Reduktion, Oxidation,

Ketone	Carbonsäuren	Ether	Ester	Amine	Amide
Reduktion	Reduktion Kondensation (Säure)	Hydrolyse	Hydrolyse	Kondensation (Base)	Hydrolyse

3) REAKTIONEN DER ALKANEDie radikalische Substitution S<sub>R</sub>

Ein Radikal ist ein Teilchen mit einem einzelnen, ungepaarten Elektron.

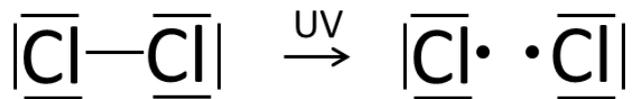
Bei der S<sub>R</sub> wird ein Wasserstoff eines Alkans durch ein Halogenatom ersetzt.



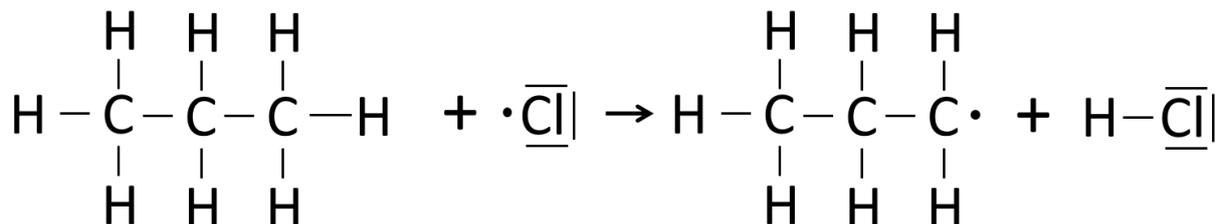
Die radikalische Substitution in Teilschritten: (Beispiel: Chlor mit Propan)

Zu Beginn der  $S_R$  wird durch Bestrahlung mit UV-Licht Chlor ( $Cl_2$ ) in Radikale zerlegt:

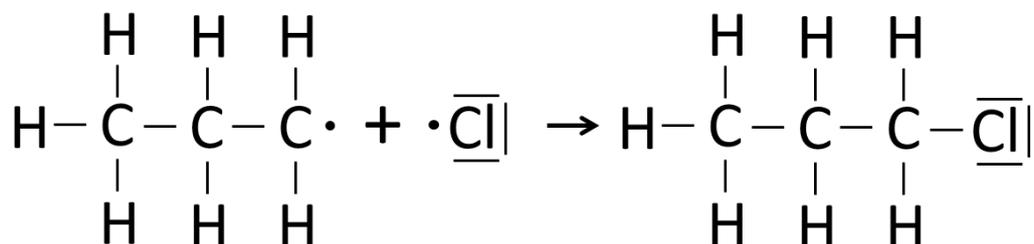
Da hier **Radikale gebildet** werden, spricht man von einer „**Startreaktion**“:



Anschließend wird ein Wasserstoff des Alkans von einem Chlorkradikal entfernt. Das entstehende radikalische Alkan nennt man *Alkyradikal* (hier also ein 1-Propylradikal). Da die Anzahl der Radikale gleich bleibt, spricht man von einer „**Kettenreaktion**“:



Im letzten Schritt wird an die freie Stelle des Alkyradikals wieder ein Chloratom aufgenommen. Da hier die **Radikalanzahl sinkt**, spricht man von einer „**Abbruchreaktion**“.

Vollständige Verbrennung zu  $CO_2$  und  $H_2O$ 

Bei der vollständigen Verbrennung (d.h. mit genügend Sauerstoff) von organischen Substanzen ( $C_xH_yO_z$ ) entsteht immer  $CO_2$  und  $H_2O$ . Wenn nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist kann auch  $CO$  oder  $C$  (Ruß!) entstehen.

Z.B.: Im Feuerzeug verbrennt Butangas:

Cracken

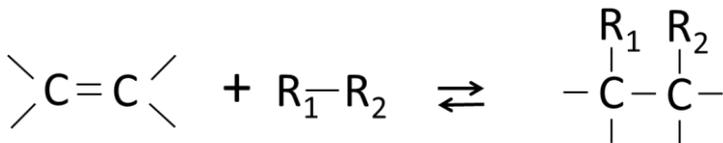
Beim Cracken werden **aus langkettigen Alkanen kurzkettige Alkane und Alkene**. Die Größe dieser Bruchstücke variiert. Diese Reaktion wird in der Petrochemie (=erdölverarbeitende Chemie) durchgeführt, da die kurzkettigen Alkane als Benzin und die kurzkettigen Alkene zur Kunststoffherstellung benötigt werden – und im Erdöl ein hoher Anteil an langkettigen Alkanen ist, der nicht benötigt wird. Z.B.:



#### 4) REAKTIONEN DER ALKENE (ALKINE)

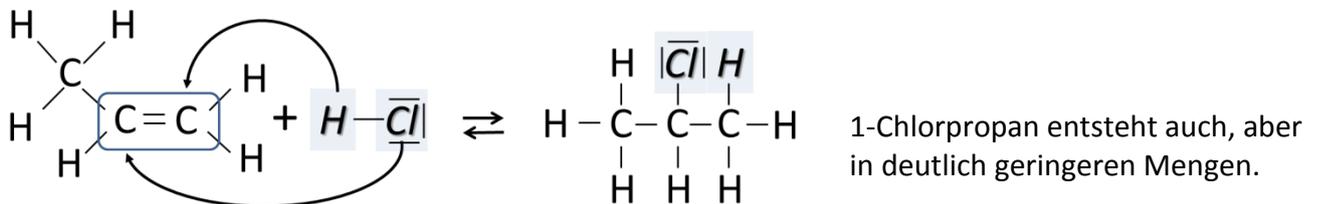
##### Die elektrophile Addition ( $A_E$ )

**Elektrophil** bedeutet, dass Stellen mit hoher Elektronendichte (d.h. Stellen mit negativer Ladung oder Mehrfachbindungen) angegriffen werden: bei den Alkenen also die Doppelbindung.



**Regel von MARKOWNIKOW:**

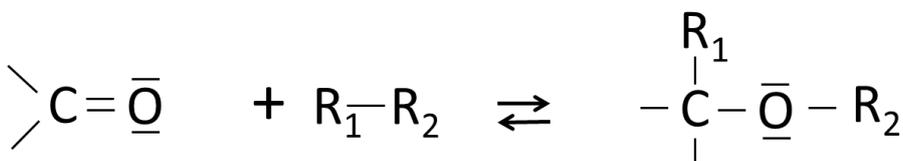
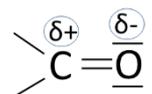
Wenn  $\text{R}_1$  ein Wasserstoffatom ist, so geht dieses **H** (bevorzugt) **an das C der Doppelbindung mit mehr Wasserstoffen**: Im folgenden Beispiel an das rechte C der Doppelbindung: Das rechte C der Doppelbindung hat 2 Wasserstoffe das linke C der Doppelbindung hat nur einen Wasserstoff.



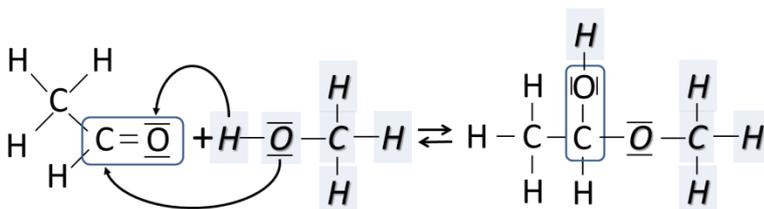
#### 5) REAKTIONEN DER ALDEHYDE UND KETONE

##### Die nucleophile Addition ( $A_N$ )

**Nucleophil** bedeutet, dass Stellen mit geringer Elektronendichte (d.h. Stellen mit (leicht) positiver Ladung) angegriffen werden: bei den Carbonylverbindungen (Verbindungen mit  $\text{C}=\text{O}$ ) also der Kohlenstoff der  $\text{C}=\text{O}$  Doppelbindung, da Sauerstoff auf Grund seiner hohen Elektronegativität Bindungselektronen vom Kohlenstoff abzieht.



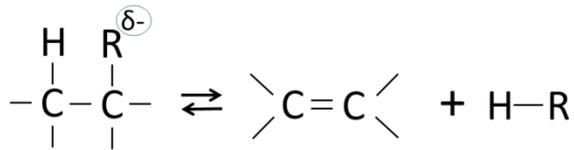
**Regel:** Wenn  $\text{R}_1$  ein Wasserstoffatom ist, so geht dieses **H an das O der Doppelbindung**.



## 6) REAKTIONEN DER HALOGENALKANE UND ALKOHOLE

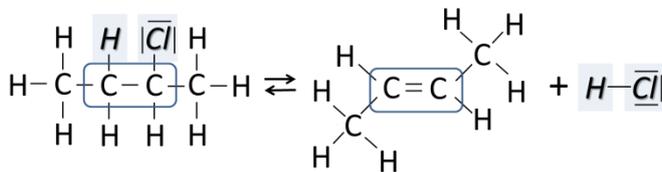
### Die Eliminierung (E)

Bei einer Eliminierung werden ein leicht negativierter Molekülteil (z.B.: Atome mit hoher Elektronegativität) von einem Kohlenstoff und ein Wasserstoff vom Nachbarkohlenstoff abgespalten. Dabei entsteht eine Doppelbindung.



Diese „negativierten“ Molekülteile können z.B. -Cl, -Br, -OH, oder -OAlkyl sein.

**Regel von SAYTZEFF:** Bei einer Eliminierung entsteht bevorzugt das Alken mit der „verzweigteren“ Doppelbindung. Verzweigter heißt hier die Doppelbindung von der mehr Kohlenstoffe weggehen.

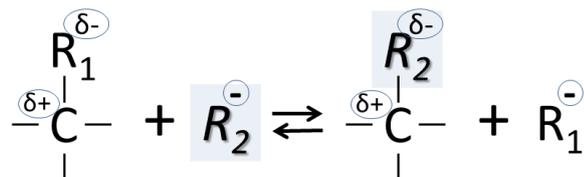


Bei dieser Reaktion sind (E)2-Buten und (Z)2-Buten die Hauptprodukte (SAYTZEFF: an der Doppelbindung sind zwei weitere C). 1-Buten entsteht in geringeren Mengen (an der Doppelbindung ist nur ein weiteres C).

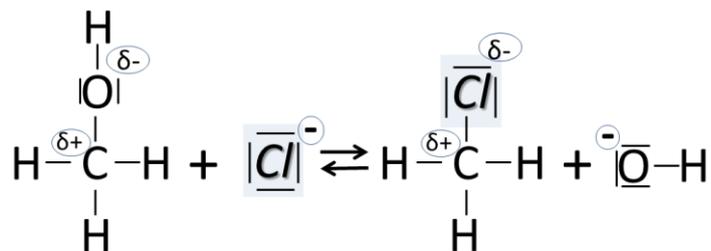
Die Rückreaktion ist eine Addition.

### Die nucleophile Substitution (S<sub>N</sub>)

Bei der nucleophilen Substitution wird ein leicht negativierter Molekülteil (z.B.: Atome mit hoher Elektronegativität) an einem positivierten Kohlenstoff durch ein anderes Teilchen ersetzt („substituiert“). Der Angreifer ist dabei meist ein negatives Teilchen.



Beispiel: Ein Chlorid-Ion greift nucleophil an einem (durch eine OH-Gruppe) positivierten C an:

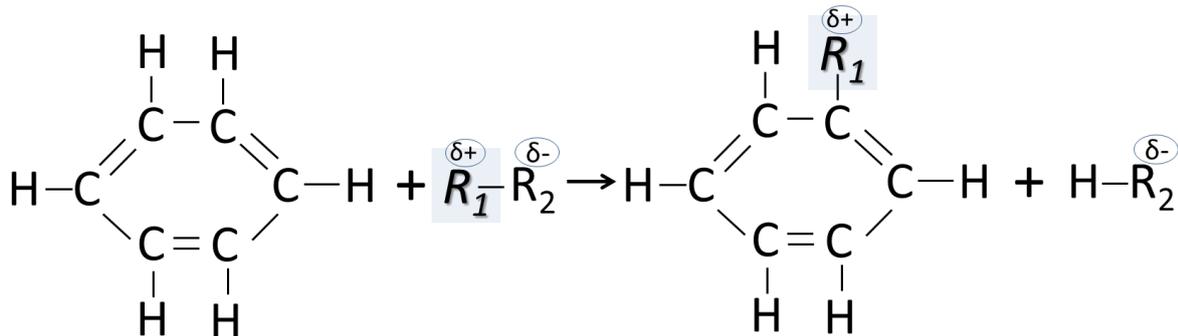


Die Rückreaktion ist wieder eine nucleophile Substitution!

## 7) REAKTIONEN AN AROMATEN

Die elektrophile Substitution (S<sub>E</sub>)

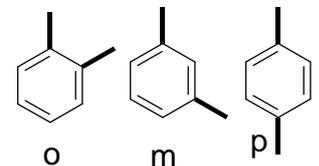
Bei der S<sub>E</sub> wird ein Wasserstoff des Aromaten durch ein Elektrophil (ein positiviertes Teilchen) ersetzt.



Hinweis: Die elektrophile Addition findet hier nicht statt, weil dadurch das (energetisch sehr stabile) aromatische System zerstört werden würde.

Die Zweitsubstitution

Ist **bereits ein Rest am Aromaten**, so **bestimmt dieser Rest** mit seinen Eigenschaften, **wo** eine S<sub>E</sub> stattfindet: In ortho-, meta- oder para-Stellung.



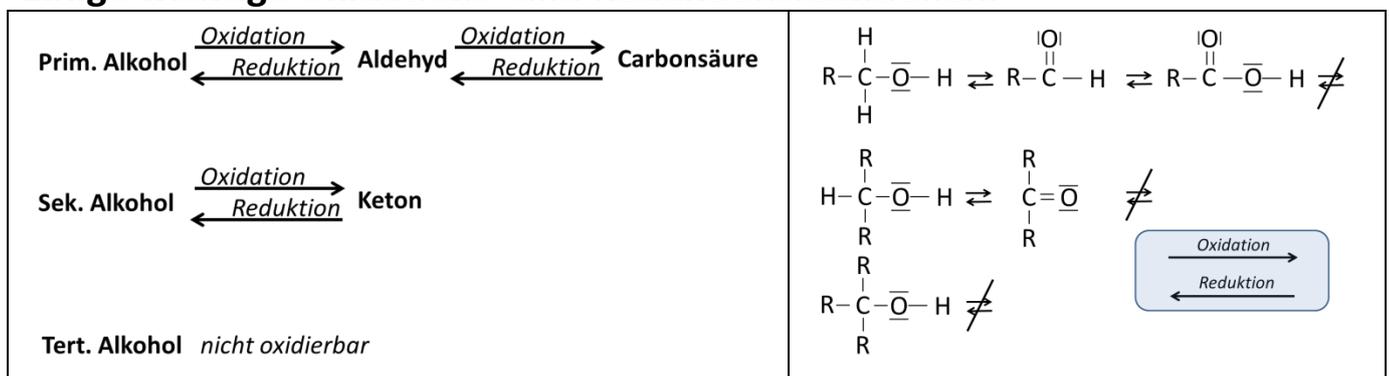
- Erhöht der Rest die Elektronendichte im Ring (Reste mit „**+Mesomerie-Effekt**“), so findet die Zweitsubstitution **in o- und p-Stellung** statt. Da die Elektronendichte im Ring erhöht ist, läuft diese S<sub>E</sub> **schneller** als bei Benzol ab. („aktiviert“)
- Erniedrigt der Rest die Elektronendichte im Ring (Reste mit „**-Mesomerie-Effekt**“), so findet die Zweitsubstitution in **m-Stellung** statt. Da die Elektronendichte im Ring erniedrigt ist, läuft diese S<sub>E</sub> **langsamer** als bei Benzol ab. („deaktiviert“)

## 8) DIE OXIDATION UND REDUKTION IN DER ORGANISCHEN CHEMIE

Oxidation und Reduktion lassen sich in der OC vereinfacht auf 3 Arten betrachten:

<u>Oxidation</u>	<u>Reduktion</u>
Abgabe von Elektronen (→ Kapitel 7)	Aufnahme von Elektronen (→ Kapitel 7)
<b>Aufnahme von einem Sauerstoffatom</b>	<b>Abgabe von einem Sauerstoffatom</b>
<b>Abgabe von zwei Wasserstoffatomen</b>	<b>Aufnahme von zwei Wasserstoffatomen</b>

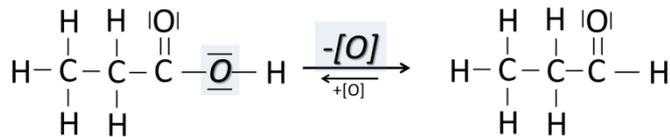
Mit welchen Oxidations- bzw. Reduktionsmitteln diese Reaktionen durchgeführt werden können, soll hier nicht näher betrachtet werden.

Einige wichtige Oxidations- und Reduktionsreaktionen:

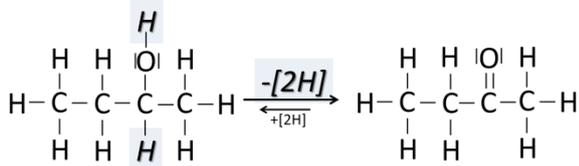
Hinweis: **Primäre Alkohole** haben **kein** oder **ein C** direkt am OH-tragenden Kohlenstoff;  
**Sekundäre Alkohole** haben **zwei C** direkt am OH-tragenden Kohlenstoff;  
**Tertiäre Alkohole** haben **drei C** direkt am OH-tragenden Kohlenstoff

**Beispiele:**

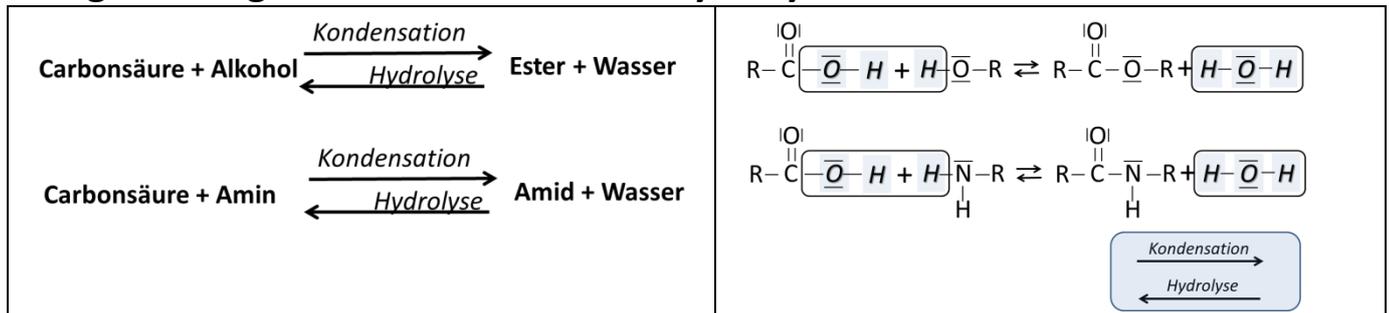
- Propansäure lässt sich zu Propanal reduzieren (Abgabe eines Sauerstoffatoms)



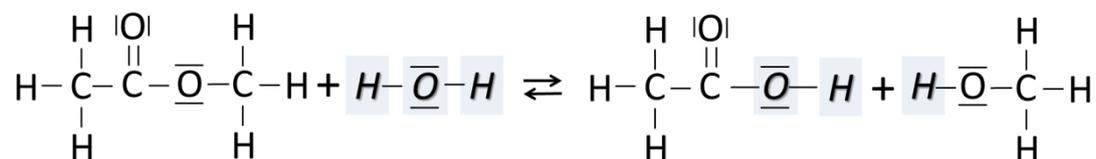
- 2-Butanol lässt sich zu Butanon oxidieren (Abgabe von 2 Wasserstoffatomen)

**9) DIE KONDENSATION UND HYDROLYSE**

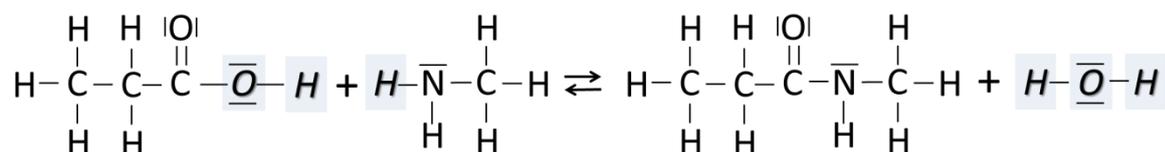
<u>Kondensation</u>	<u>Hydrolyse</u>
ist die Verknüpfung zweier Moleküle unter Wasserabspaltung	ist die Spaltung eines Teilchens mit Wasser
$A + B \rightarrow C + \text{H}_2\text{O}$	$A + \text{H}_2\text{O} \rightarrow C + D$

**Einige wichtige Kondensations- und Hydrolysereaktionen:****Beispiele:**

- Hydrolyse: Ethansäuremethylester lässt sich mit Wasser in Ethansäure und Methanol spalten:



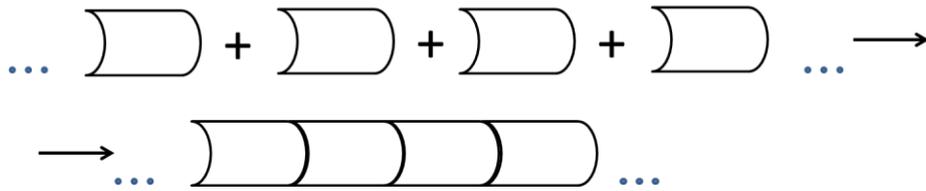
- Kondensation: Aus Propansäure und Methylamin entsteht N-Methylpropansäureamid und Wasser





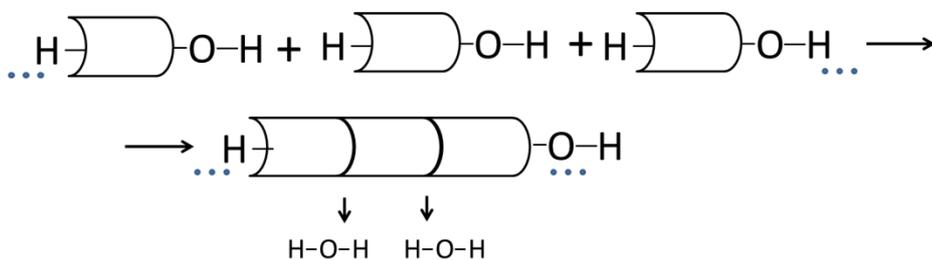
## 2. Polyaddition

Bei der Polyaddition werden immer zwei funktionelle Gruppen (vom Ende des einen und dem Anfang des nächsten Moleküls) verbunden



## 3. Polykondensation

Bei der Polykondensation werden immer zwei funktionelle Gruppen unter Abspaltung eines kleinen Moleküls (z.B. Wasser) verbunden:



### Einige wichtige Kunststoffe:

Bezeichnung	Abkürzung	Industriebezeichnung	Beispiele zur Verwendung
Polyethen	PE		Folien, Taschen, Flaschen
Polypropen	PP		Flaschen
Polyvinylchlorid	PVC		Fußboden Spielzeug
Polytetrafluorethen	PTFE	Teflon	Pfannenbelag, Goretex
Polystyrol	PS	Styropor	Becher, Isolierung
Polyethylenterephthalat	PET		Getränkeflaschen
Polyamide	PA	Nylon	Gewebe
Polycarbonate	PC		CDs, DVDs