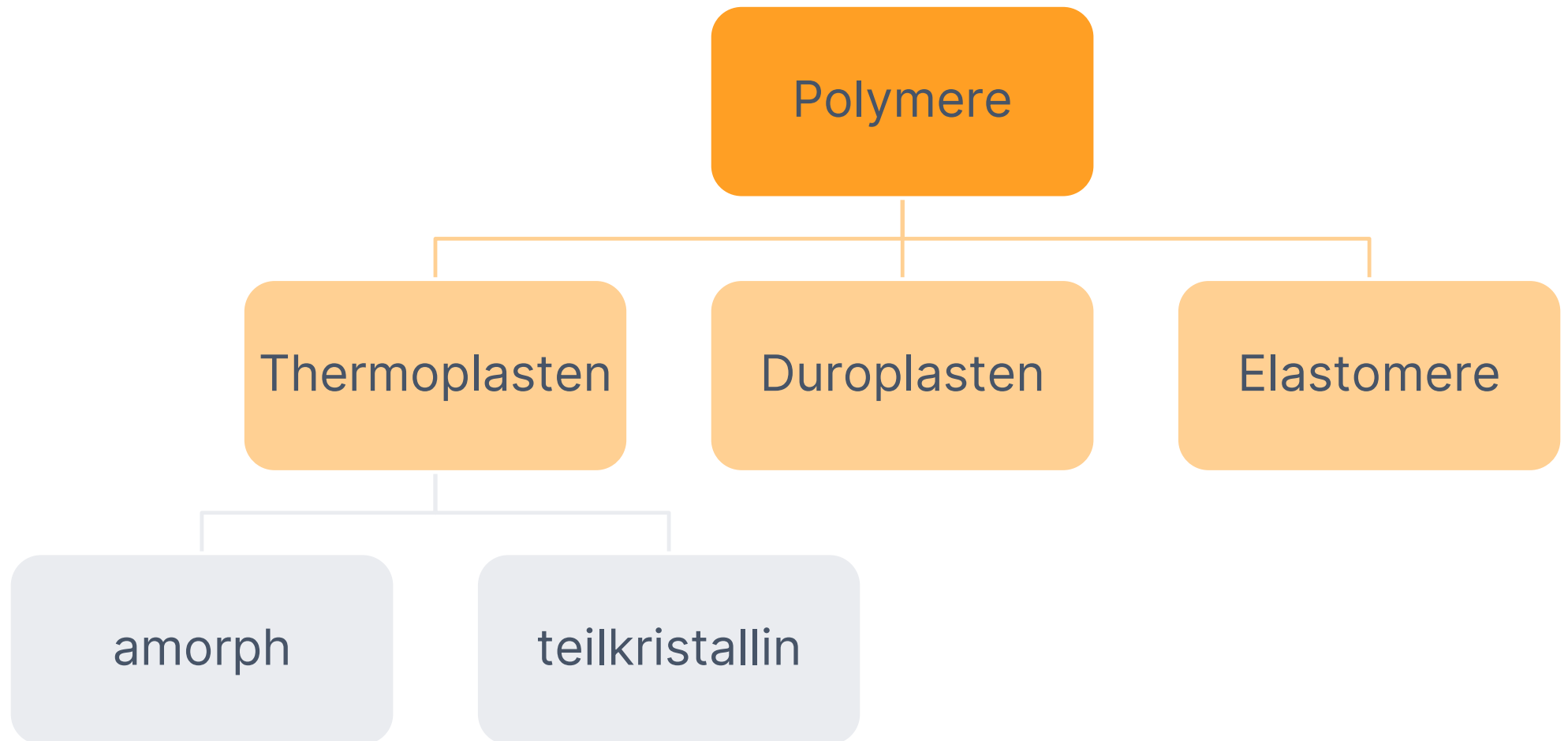

Kunststoffe(Polymere)

Jonathan Pagelsdorf



1. Struktur und Eigenschaften
2. Synthese von Kunststoffen
 1. Polykondensation
 2. Polyaddition
 3. Radikalische Polymerisation

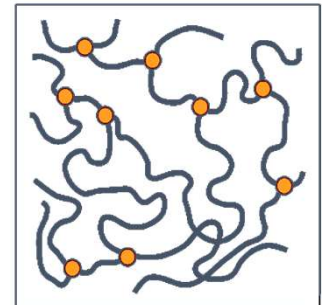
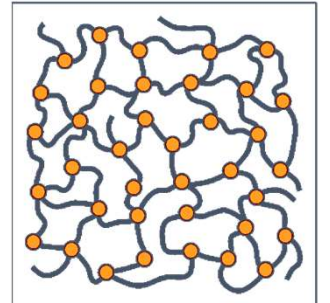
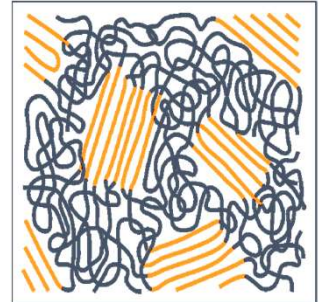




Struktur und Eigenschaften

Man unterscheidet drei Typen von Polymeren, je nach ihren Eigenschaften im Bezug auf mechanische und thermische Belastung:

- Thermoplast:
 - Wird beim Erwärmen weich bis zähflüssig
 - Langkettige, wenig verzweigte Makromoleküle
 - Es wirken van-der-WAALS-, Dipol-Dipol-, Wasserstoffbrückenbindungskräfte
 - Verarbeitung im zähflüssigen Zustand → Spritzgießen
- Duroplast:
 - Können sehr heiß werden ohne zu verformen
 - Polymere sind über Elektronenpaarbindung netzartig engmaschig verknüpft
 - Nicht plastisch verformbar, lassen sich mechanisch aber gut bearbeiten
- Elastomer:
 - Bei mechanischer Belastung geben sie nach, gehen aber anschließend in ihre Ausgangsform zurück
 - Polymere sind über Elektronenpaarbindung netzartig weitmaschiger verknüpft
 - Bei Belastung werden die Molekülketten gestaucht oder gestreckt; über die Verknüpfungspunkte bleiben sie jedoch verbunden. Reißen aber bei zu hoher Belastung.

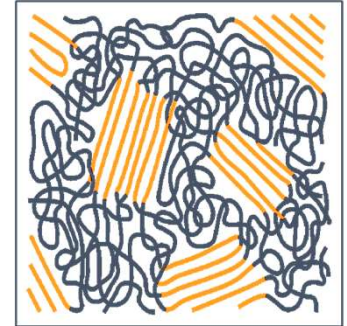


https://de.wikipedia.org/wiki/Kunststoff#Einteilung_nach_mechanisch-thermischem_Verhalten

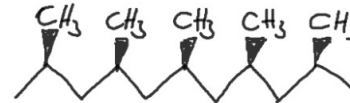


Struktur und Eigenschaften

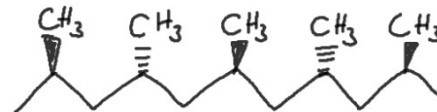
- Eigenschaften von Polymeren hängen ab von:
 - chem. Natur der Grundbausteine (Monomere)
 - Länge und Anordnung der Makromoleküle
- kristallin = geordnet (parallel) amorph= ungeordnet
- Am besten kristallisieren unverzweigte Moleküle
 - möglichst kleine, wenige aber regelmäßige Substituenten



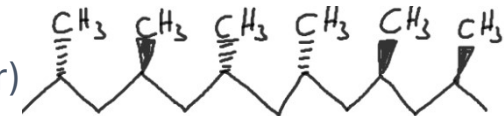
- Isotaktisch (iso= gleich; taxis=Anordnung)



- syndiotaktisch (syn= zusammen)



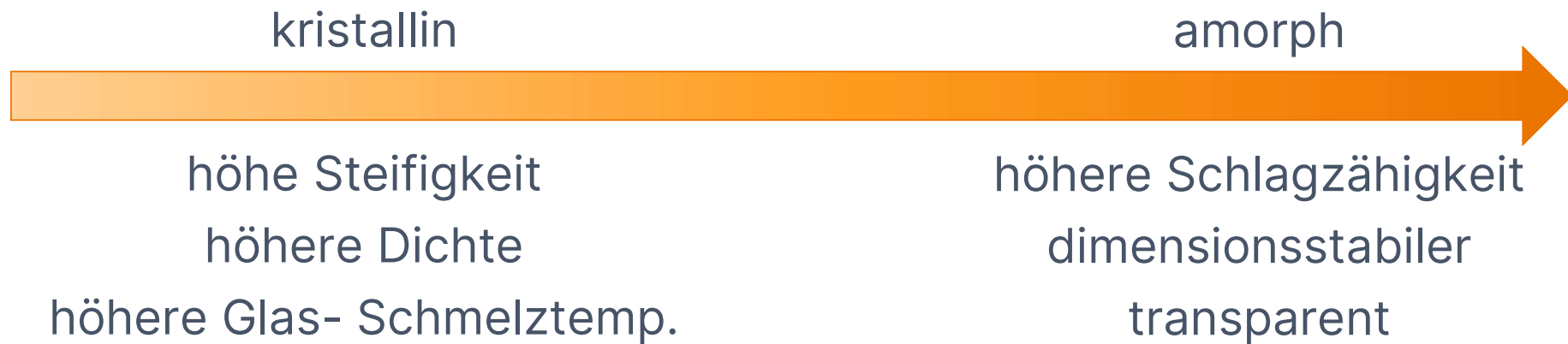
- Ataktisch (a= un-; ohne) → kristallisiert nur bei super kleinen Subst. (Fluor)

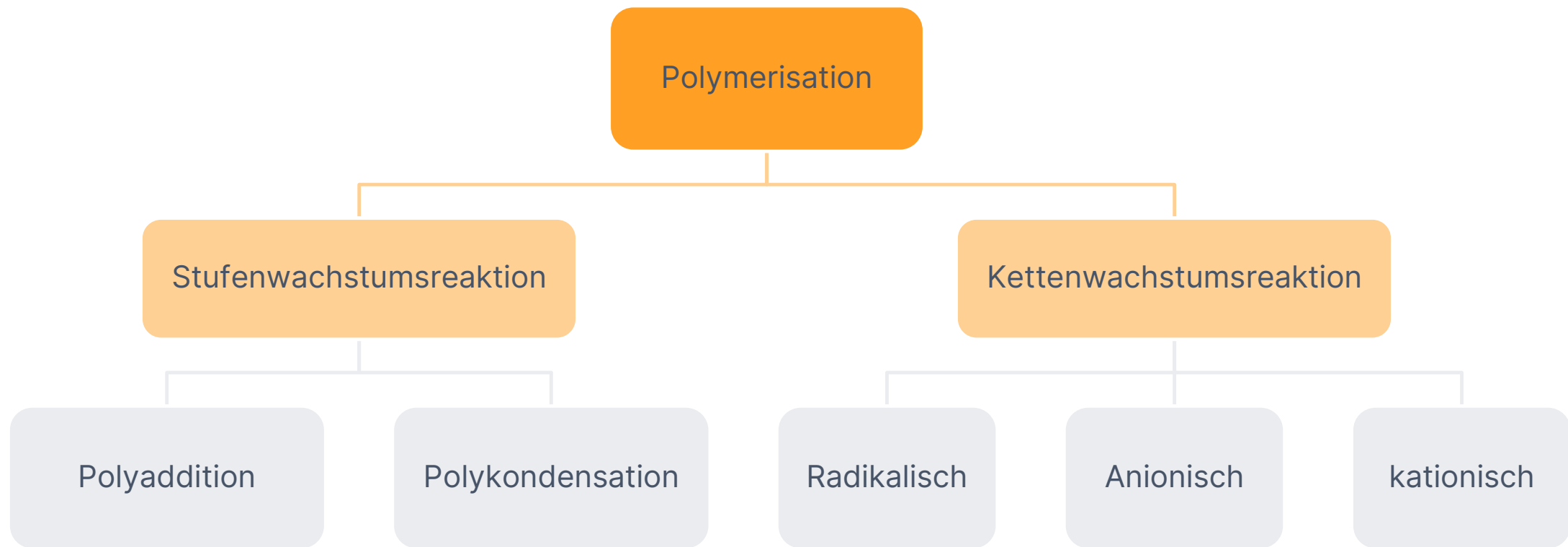


- Duroplasten/ Elastomere können sich aufgrund der Vernetzung nicht kristallin anordnen.
- Es gibt keine Polymere die zu 100% kristallin sind.



Struktur und Eigenschaften







Stufenwachstumsreaktion

- Monomere mit min. 2 funktionellen Gruppen, die unabhängig reaktiv sind
- Erst bilden sich Di-, Tri-, Oligomere
- Erst wenn fast alles umgesetzt wurde entstehen die Polymere
- Es gibt keine Abbruch-Rxn.
- Es braucht keinen Initiator
- $$\begin{array}{l} M + M = P_2 \\ M + M = P_2' \\ P_2 + P_3 + P_2' + P_2'' = P_9 \end{array} \quad \begin{array}{l} P_2 + M = P_3 \\ M + M = P_2'' \end{array}$$

Kettenwachstumsreaktion

- Es erfolgt eine Start-Rxn. (Initiatorbildung)
- Fortwährende Anbindung von Monomeren an die Kette → immer nur ein aktives Ende an der Kette
- $$\begin{array}{l} M + M = P_2 \\ P_2 + M = P_3 \\ P_3 + M = P_4 \dots \end{array}$$

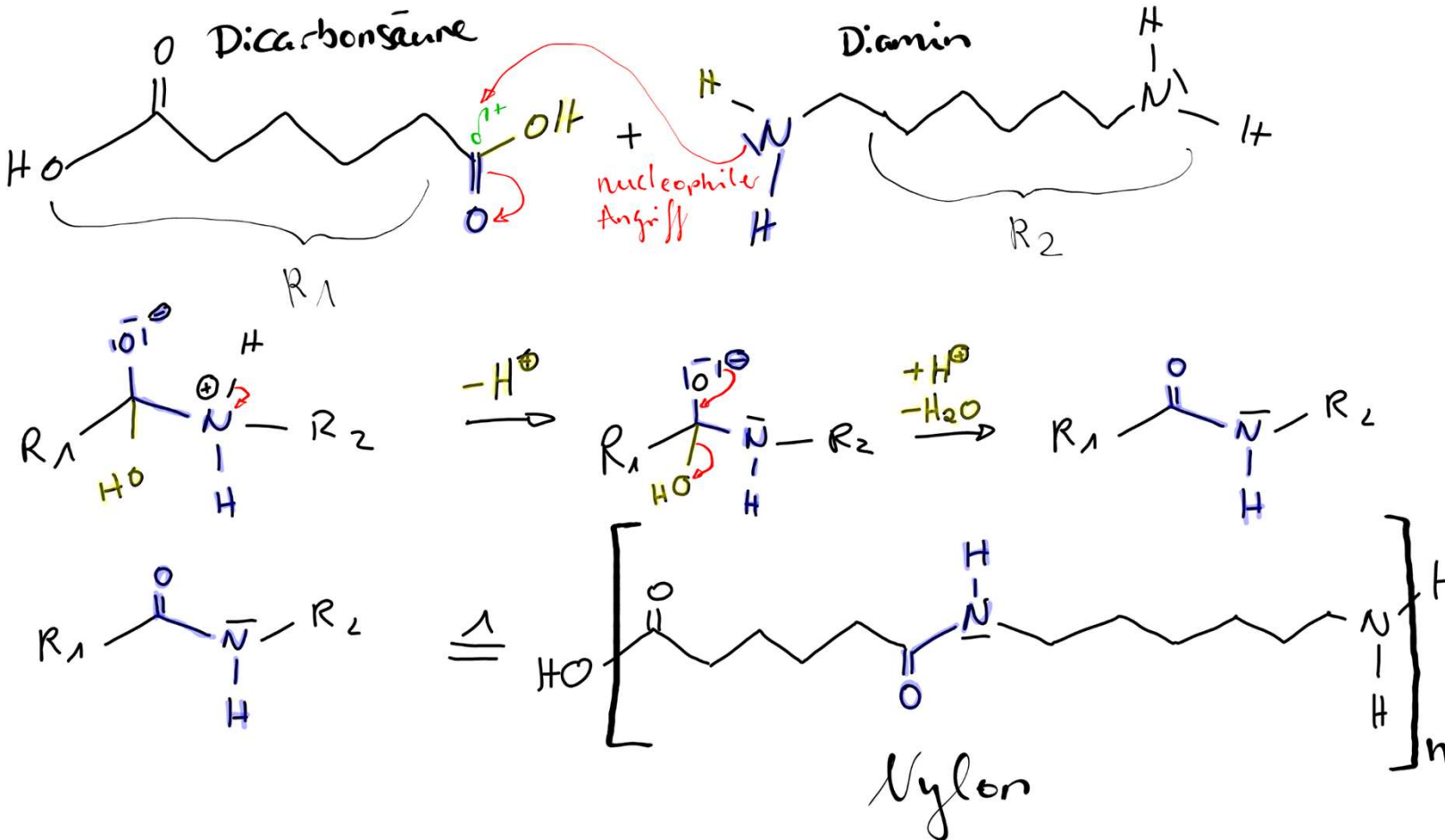


Synthese von Kunststoffen

- Polymere werden aus mehreren Monomeren gebildet, dabei bestimmen die Monomere die Art der Reaktion:
 1. Polymerisation:
 - Geht von ungesättigten Monomeren aus
 - Verläuft als Kettenreaktion
 - Linear, wenig verzweigte Kette → thermoplastische Eigenschaften
 2. Polykondensation:
 - Monomere mit 2 funktionellen Gruppen ($-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$)
 - 2 funktionelle Gruppen reagieren miteinander, ein kleineres Molekül wird abgespalten (z.B. H_2O)
 - 2 funktionelle Gruppen: lineare Monomere → thermoplastische Eigenschaften
 - 3 funktionelle Gruppen: vernetzte Monomere → duroplastische Eigenschaften
 3. Polyaddition:
 - Monomere, deren funktionelle Gruppen auch Additionsreaktionen eingehen können
 - Funktionelle Gruppen müssen über Doppelbindungen verfügen ($-\text{NCO}$)



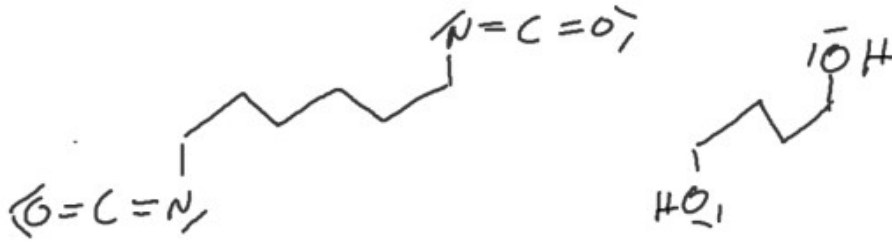
Synthese von Kunststoffen - Polykondensation



- Polyester, Polycarbonate, Polyamide, ...
- Monomere für Polykondensate haben meist 2-3 funktionelle Gruppen:
- Bifunktional $\rightarrow$ kettenförmig
- Trifunktional $\rightarrow$ netzartig



Synthese von Kunststoffen - Polyaddition



Hexan-diisocyanat

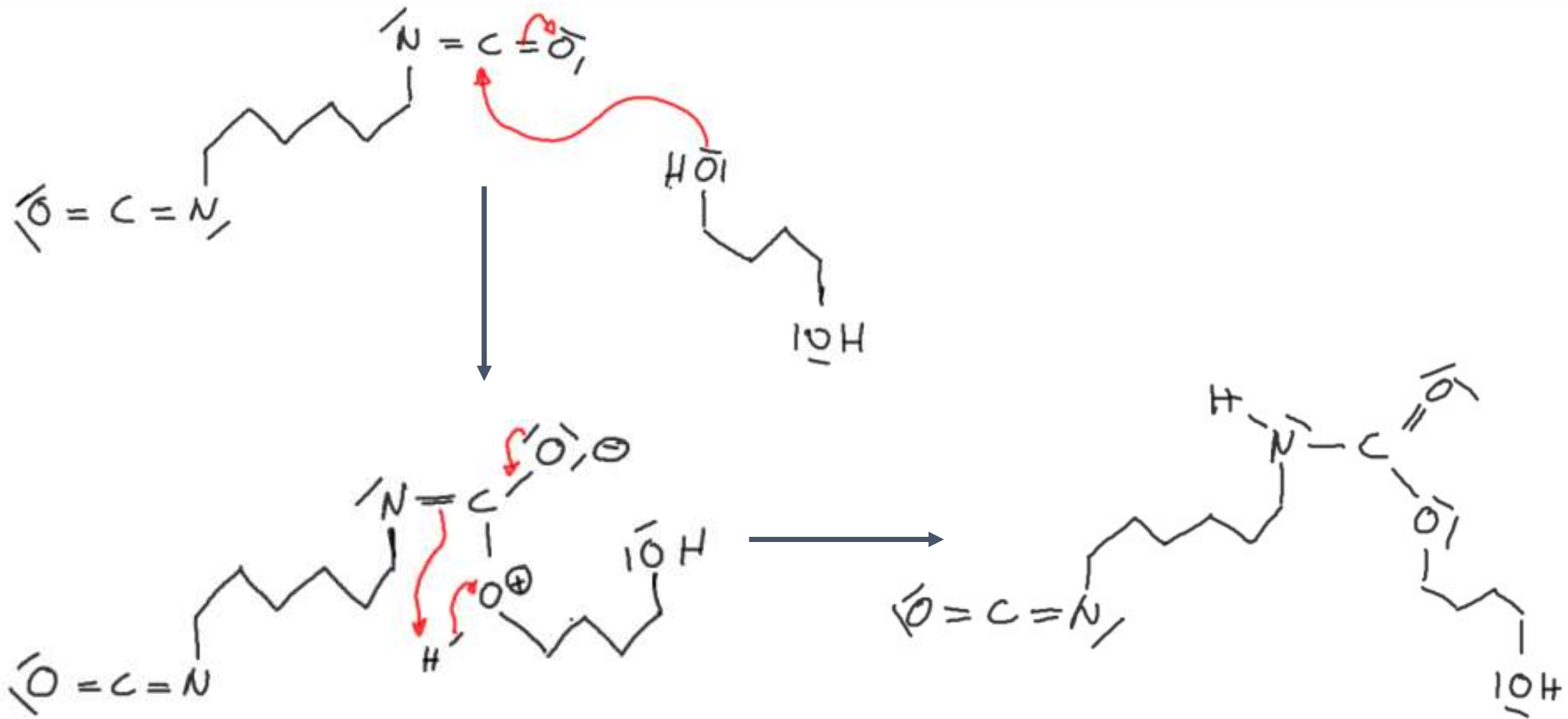
Butan-diol

Beispiel **Polyurethan** (PU oder PUR)

- Polyurethane die Eigenschaften der Polyurethane sind abhängig von der Wahl des Polyisocyanats und Polyols
- Verwendung: Bauschaum, Spülschwämme, Dämmmaterial

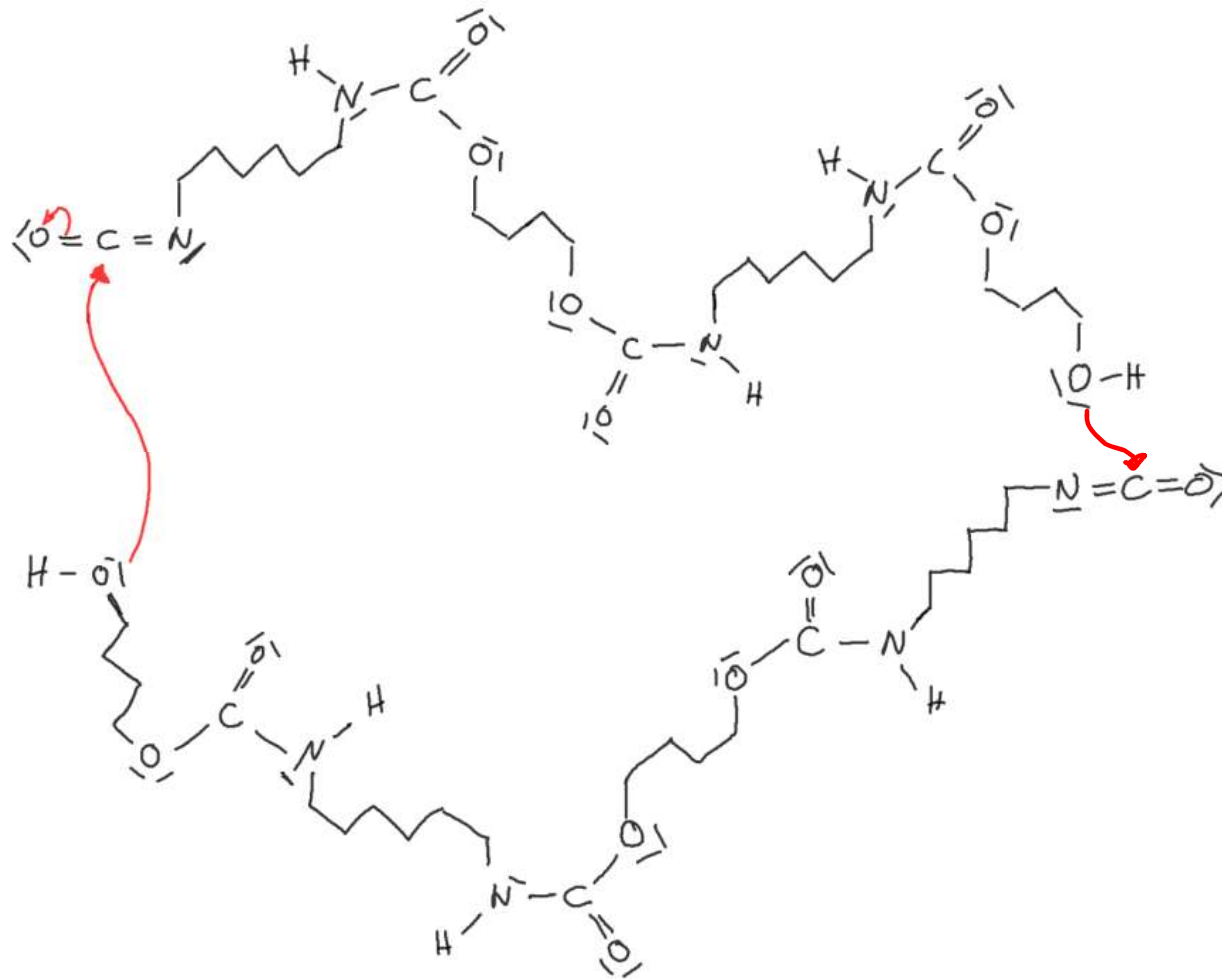


Synthese von Kunststoffen - Polyaddition





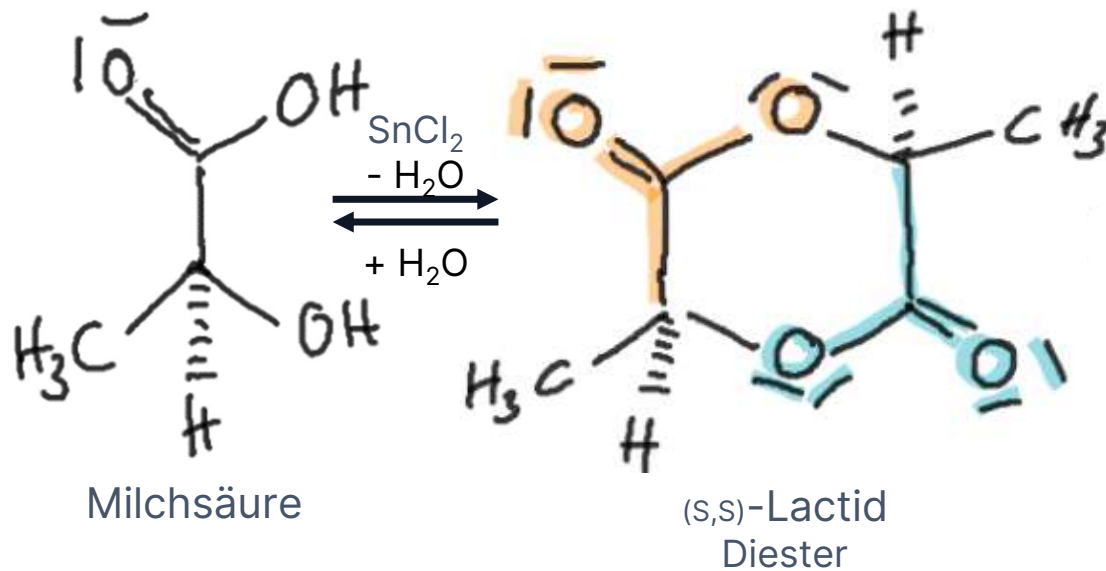
Synthese von Kunststoffen - Polyaddition





Kettenpolymerisation - anionisch

Polymilchsäure (PLA)

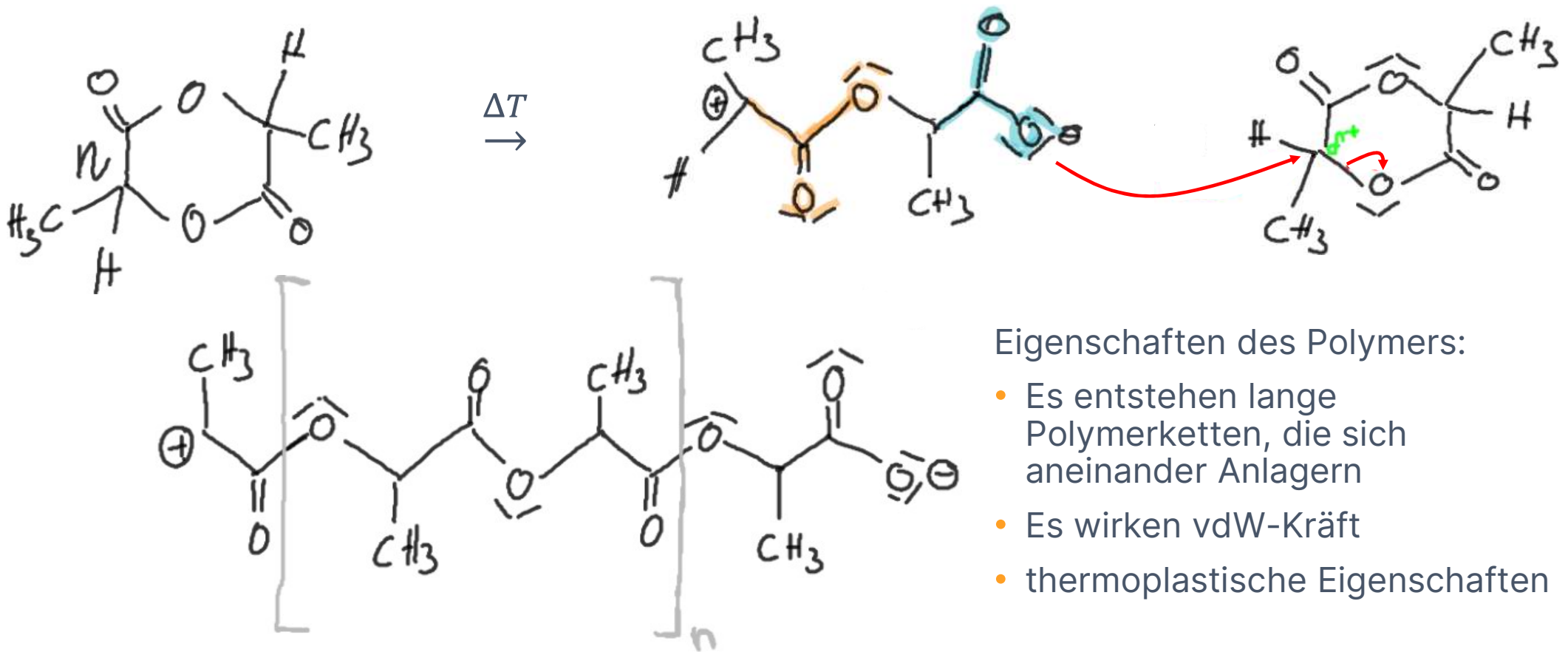


Vorteile des Polymers:

- Milchsäure wird aus Maisstärke gewonnen → günstiger Ausgangsstoff
- Biologisch abbaubar → PLA zerfällt wieder zu Milchsäure



Kettenpolymerisation - anionisch





Abiturprüfung 2017

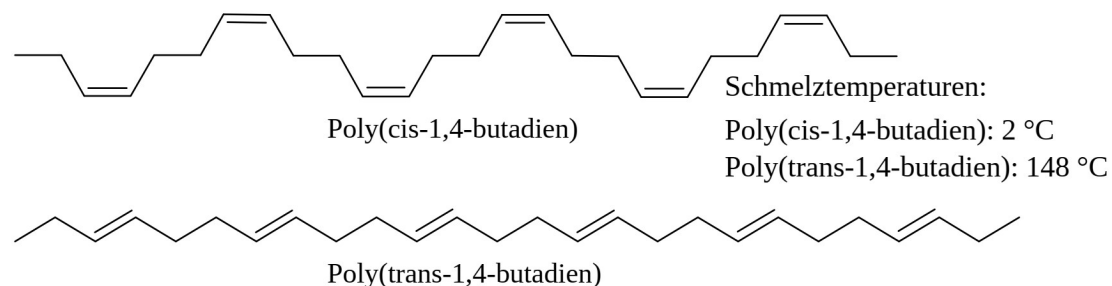
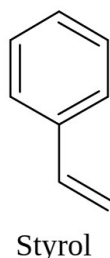
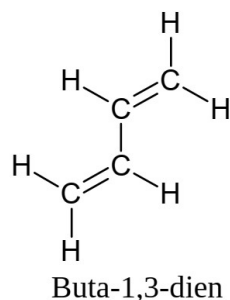
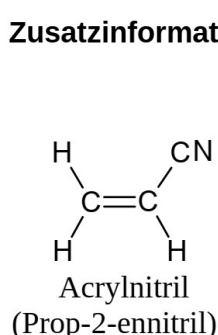
Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Herstellung und Eigenschaften von Kunststoffen für den 3D-Druck

2. Erläutern Sie unter Angabe des Reaktionstyps die einzelnen Reaktionsschritte für die Bildung von SAN aus Styrol und Acrylnitril, auch mithilfe von vereinfachten Strukturformeln. Nennen Sie weitere Produkte, die bei der Synthese von SAN auftreten können. Erläutern Sie anhand möglicher Wechselwirkungen zwischen den SAN-Molekülen dessen Eigenschaften beim Erwärmen. (18 Punkte)
3. Erklären Sie anhand der Strukturmerkmale, warum reines Polybutadien auch elastische Eigenschaften aufweist. Erklären Sie die unterschiedlichen Schmelztemperaturen der Verbindungen Poly(cis-1,4-butadien) und Poly(trans-1,4-butadien). (12 Punkte)

Zusatzinformationen:



Fachspezifische Vorgaben:

Als Werkstoff eignet sich besonders gut Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), aus dem z. B. auch Lego-Bausteine oder Motorradhelme bestehen. ABS-Kunststoffe sind eigentlich Kunststoffmischungen und bestehen aus zwei verschiedenen Komponenten, die gut miteinander vermischt sind.

Die erste Komponente besteht aus dem nicht elastischen, durch Erwärmen verformbaren, Styrol-Acrylnitril-Copolymer (SAN). Dieser Kunststoff wird durch gemeinsame Polyreaktion von Styrol und Acrylnitril gewonnen, nachdem man ein organisches Peroxid zugegeben hat. Der Einbau der Monomere in die Makromolekülkette erfolgt rein zufällig, es kann z. B. folgendes Schema vorliegen:



Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Copolymers

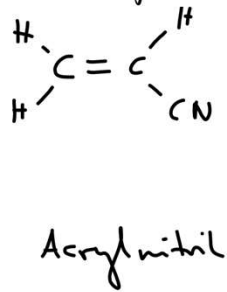
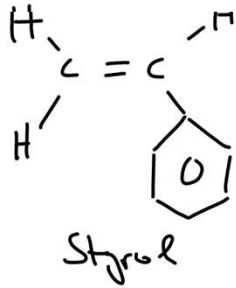
Acrylnitril lässt sich aus Cyanwasserstoff und Ethin herstellen.



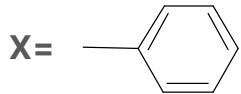
Synthese von Kunststoffen – radikalische Polymerisation

Aufgabe 2:

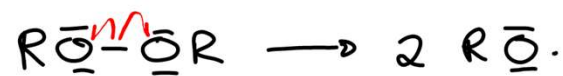
radikalische Polymerisation



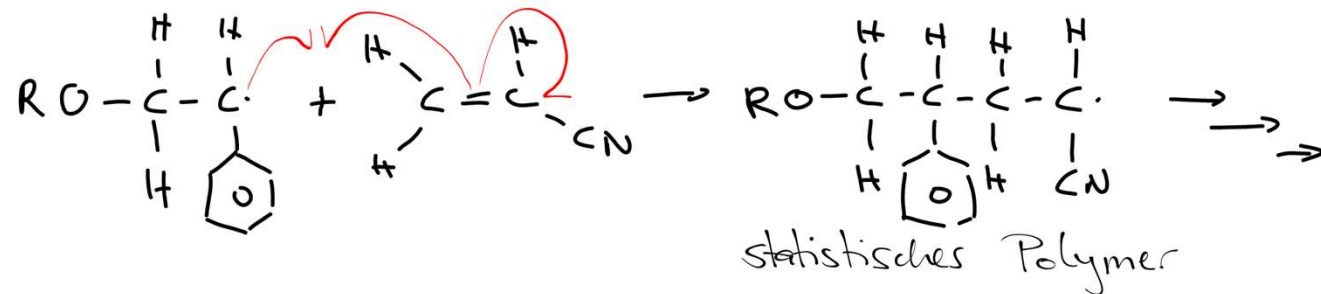
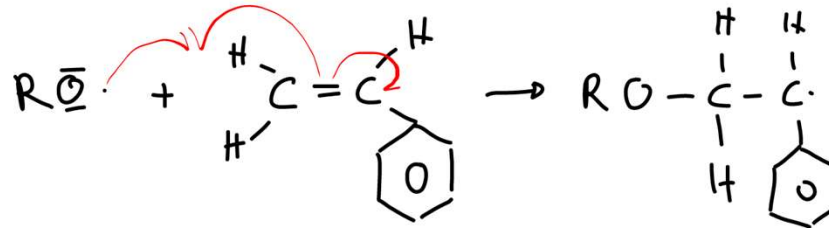
X = -H
X = -Cl
X = -CH₃
X = -COO-CH₃



1. Starterradikal



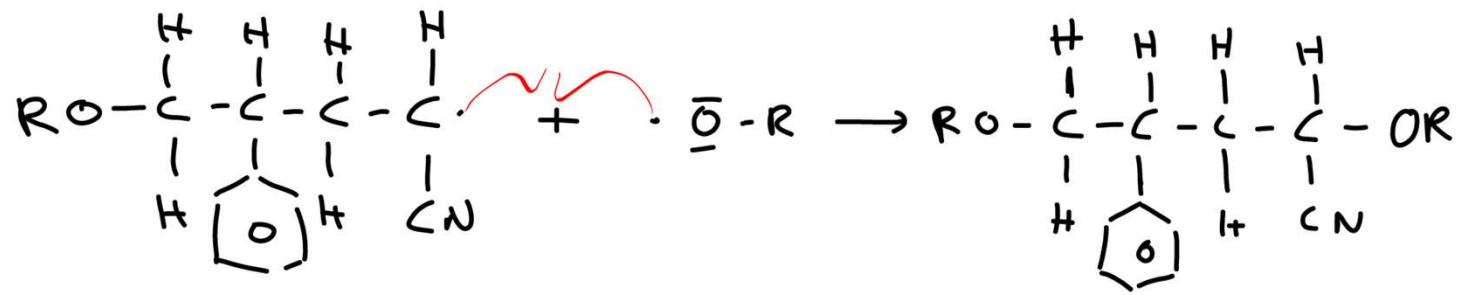
d. Kettenwachstum





Synthese von Kunststoffen – radikalische Polymerisation

3. Kettenabbruch: Reaktion 2er Radikale

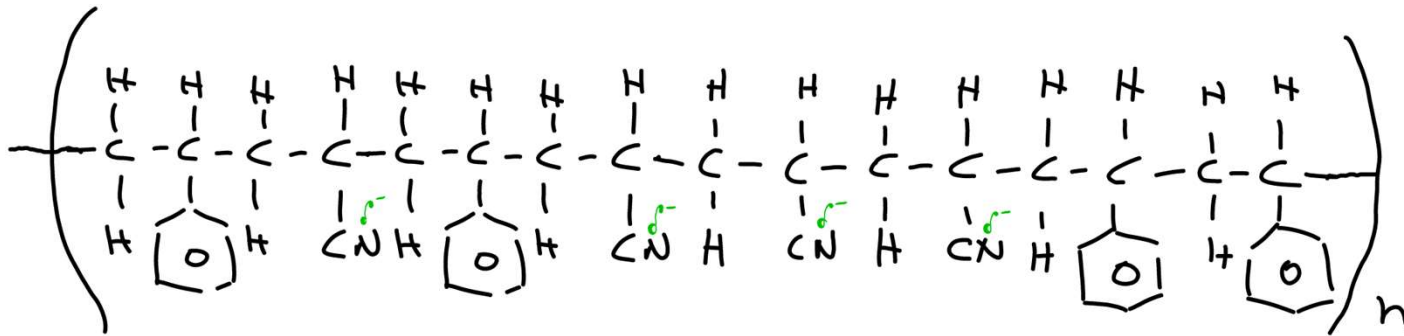


Nebenprodukte?

- Polystyrol
- Polyacryl



Synthese von Kunststoffen – radikalische Polymerisation



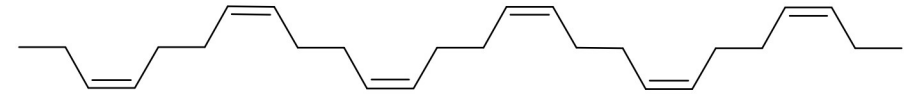
- Lineares Polymer ohne Verknüpfung der Ketten → thermoplastische Eigenschaften
- Es wirken van-der-Waals und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen



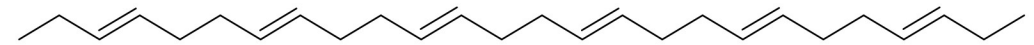
Synthese von Kunststoffen – radikalische Polymerisation

Aufgabe 3:

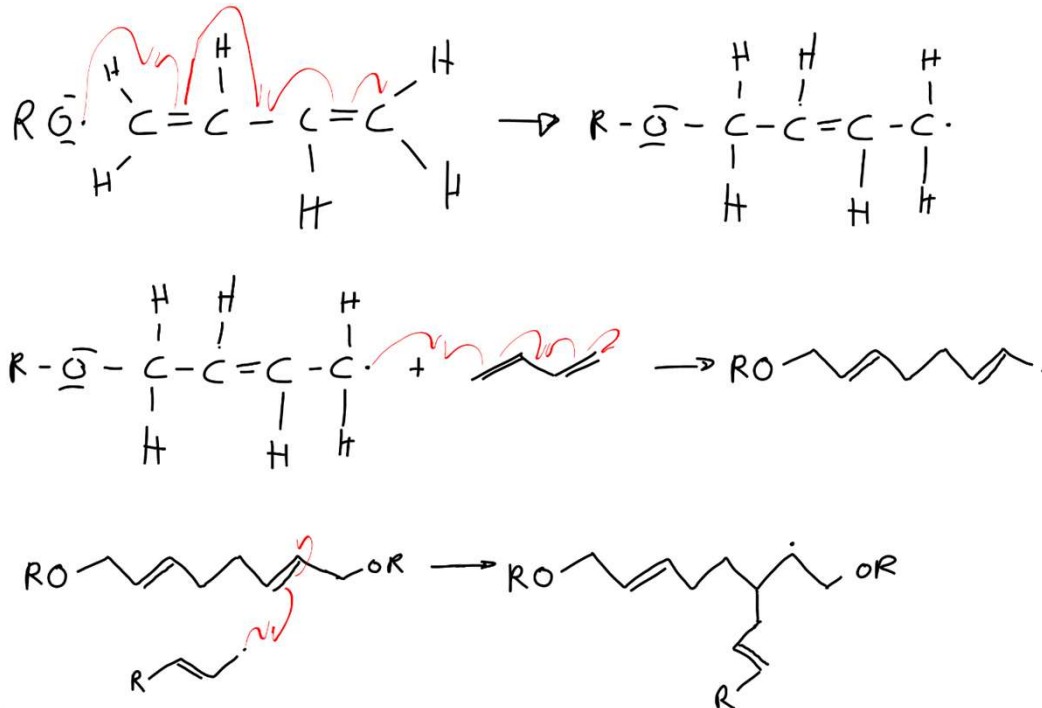
- Elastische Eigenschaften → netzartig, weitmaschiger verknüpft



Poly(cis-1,4-butadien)



Poly(trans-1,4-butadien)

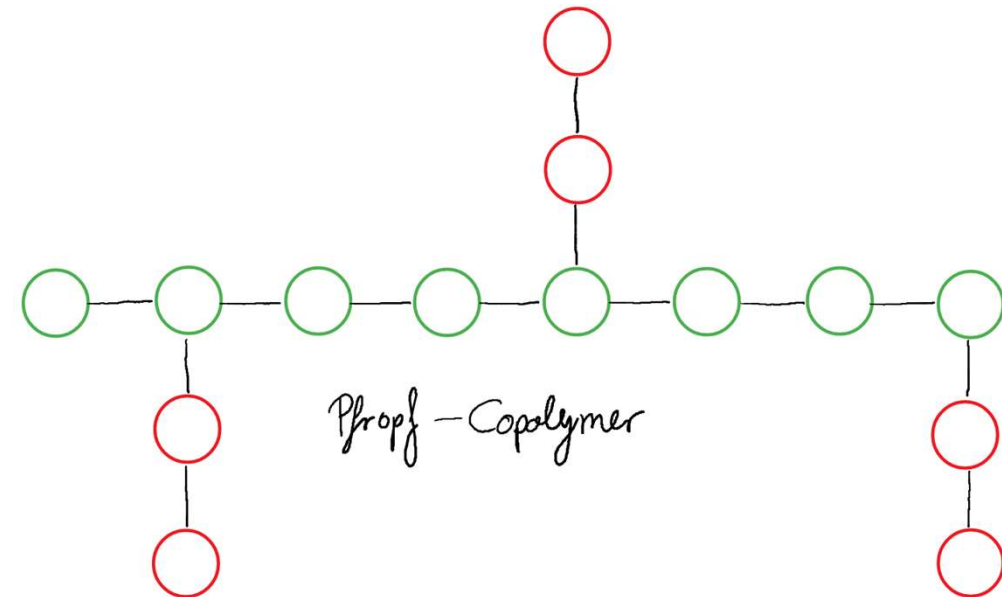
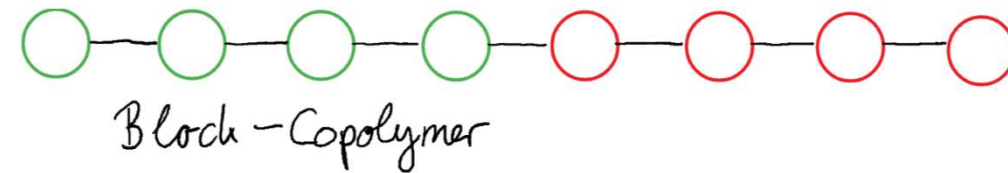
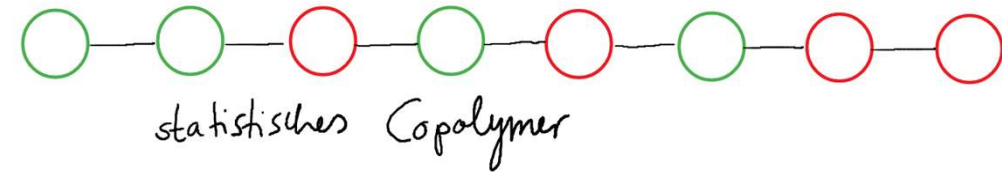


- Zwischen den Butadien-Polymeren wirken intermolekulare Wechselwirkungen (van der Waals-Kräfte)
- Dadurch, dass Poly(trans-1,4-butadien) gerader gebaut ist als Poly(cis-1,4-butadien) können die Kräfte besser wechselwirken → mehr Energie für deren Trennung notwendig



Synthese von Kunststoffen - Copolymere

- Bildung eines Polymers aus 2 oder mehreren Monomeren nennt man Copolymerisation
- Dadurch lassen sich die Eigenschaften eines Polymers gezielt steuern



Fragen?

Viel Erfolg

Danke fürs Zuhören