

Übungsaufgaben zu Kunststoffen

In der online-Version dieses Arbeitsblattes gibt es u.U. noch Bonusaufgaben. Immer auch Nummerierung und genaue Aufgabenstellung prüfen. Manchmal gibt es kleine Abweichungen zwischen der gedruckten Version und dem Dokument im Internet!

1. Verständnisfragen zu den entsprechenden Schulbuchseiten

1.1 Polymerisation

1.1.1 Aus welchem Monomer wird Polypropylen gebildet? Geben Sie einen charakteristischen Ausschnitt aus dem Makromolekül wieder (mindestens 4 Monomere lang). Beschreiben Sie den Unterschied zwischen ataktischem, isotaktischem und syndiotaktischen Polypropylen.

1.1.2 Für was steht die Abkürzung PVC? Geben Sie den systematischen Namen des Monomers an, aus dem es synthetisiert werden kann. Zeichnen Sie einen charakteristischen Ausschnitt aus dem Makromolekül und markieren Sie die kleinste wiederkehrende Einheit durch eckige Klammern.

2. Weitere Aufgaben (einige davon sind ehemalige Klausuraufgaben)

2.1 Polyamide und Proteine

2.1.1 Proteine können als natürliche Polyamide aufgefasst werden. Zeichnen Sie einen charakteristischen Ausschnitt aus einem solchen Molekül (mindestens 3 Monomere lang) und markieren Sie die charakteristische Gruppe (incl. Name)

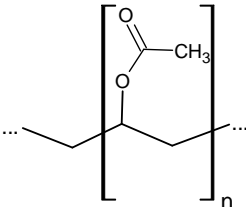
2.2 Teflon

Teflon® ist der Handelsname einer makromolekularen Verbindung *Polytetrafluorethen (PTFE)*. Ausschnitt aus Makromolekül: ...-CF₂-CF₂-...

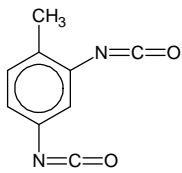
2.2.1 Zeichnen Sie als Strukturformel einen Ausschnitt aus dem Makromolekül, der mindestens 3 Monomere lang ist.

2.2.2 Geben Sie den systematischen Namen und die Strukturformel einer niedermolekularen Verbindung an, aus der PTFE gewonnen werden kann. Benennen Sie den entsprechenden Reaktionstyp.

2.3. Notieren Sie die fehlenden Inhalte (nicht auf diesem Blatt sondern in Ihren Lösungsblättern).

Strukturformel des Monomers oder der Monomere	charakteristischer Strukturformelausschnitt aus dem Kunststoff (wiederholende Einheit in eckigen Klammern [.] _n)	Reaktionstyp (Poly....)	Bezeichnung des Makromoleküls oder der Makromolekülstoffgruppe
a) 2-Aminopropansäure (Formel ergänzen!)	b)	c)	d)
e)		f)	Polyvinylacetat

g) Formel von 1,3-Butandiol ergänzen!



Tolylen-2,4-diisocyanat

1,3-Butandiol

h)

i)

j)

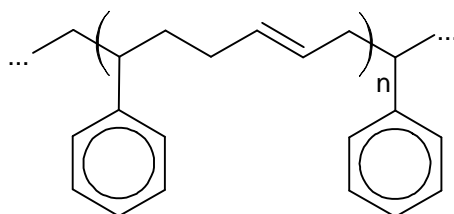
3. Aufgaben in Anlehnung an vergangene Abituraufgaben zu Kunststoffen

3.1 Polystyrol kann aus Styrol hergestellt werden.

3.1.1 Zeichnen Sie einen charakteristischen Strukturausschnitt aus mindestens 3 Monomereinheiten und benennen Sie den Reaktionsmechanismus (TG-Ch, 4stg., Abi 06/07 Hauptprüfung und Nachprüfung)

3.1.2 In einem Internetforum stammt folgende Beschreibung eines Stoffs: „Der Werkstoff besitzt keine definierte Schmelztemperatur, sondern es besitzt einen Fließtemperaturbereich, in dem der Werkstoff plastisch verformbar ist“. Begründen Sie, ob diese Beschreibung auf Polystyrol zutreffen kann. (TG-Ch, 4stg., Abi 06/07 Nachprüfung)

3.2. Aus Styrol und 1,3-Butadien kann ein Copolymerisat mit folgenden Strukturformelausschnitt hergestellt werden:



3.2.1. Durch Zugabe von Schwefel bei erhöhter Temperatur (Vulkanisieren) können die Eigenschaften dieses Kunststoffs verändert werden. Beschreiben Sie, welche Vorgänge beim Vulkanisieren des Copolymerisats ablaufen. Zeichnen Sie dazu auch einen Ausschnitt des Makromoleküls nach Vulkanisieren und erläutern Sie wie sich dabei die Eigenschaften des Kunststoffs ändern. (TG-Ch, 4stg., Abi 06/07 Hauptprüfung)

3.3 Milchsäure (2-Hydroxy-propansäure) lässt sich zu vielseitig einsetzbaren Kunststoffen, den so genannten *Poly lactaten* umsetzen.

3.3.1. Skizzieren Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt und geben Sie den Reaktionstyp an. Begründen Sie, ob es sich bei diesem Kunststoff um einen Thermoplast oder einen Duroplast handelt. (TG-Ch, 4stg., Abi 04/05 Hauptprüfung)

3.3.2. Erklären Sie, ob der Kunststoff wasserlöslich ist. (TG-Ch, 4stg., Abi 04/05 Hauptprüfung)

3.4. 4-Hydroxybenzoesäure ist zur Bildung von Makromolekülen geeignet.

3.4.1. Zeichnen Sie die Strukturformeln von Benzoesäure und 4-Hydroxybenzoesäure. Begründen Sie in Worten, weshalb 4-Hydroxybenzoesäure zur Bildung von Makromolekülen geeignet ist, Benzoesäure jedoch nicht. (TG-Ch, 4stg., Abi 04/05 Nachprüfung)

3.4.2. Zeichnen Sie einen charakteristischen Ausschnitt aus dem Makromolekül und nennen Sie den Reaktionstyp. (TG-Ch, 4stg., Abi 04/05 Nachprüfung)

3.4.3. Begründen Sie das Verhalten des entstehenden Kunststoffs beim Erwärmen. (TG-Ch, 4stg., Abi 04/05 Nachprüfung)

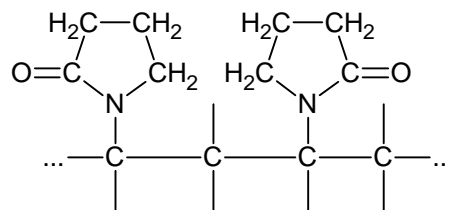
3.5 4-Hydroxybutansäure ist ein Grundstoff für die Synthese eines Kunststoffes.

3.5.1. Zeichnen Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt dieses Kunststoffes aus mindestens 2 Monomeren. (TG-Ch, 4stg., Abi 03/04 Nachprüfung)

3.5.2. Warum darf in einem Behälter aus diesem Kunststoff keine Natronlauge aufbewahrt werden? (TG-Ch, 4stg., Abi 03/04 Nachprüfung)

3.5.3. Als unerwünschtes Nebenprodukt entsteht bei der Bildung dieses Kunststoffes eine zyklische Verbindung mit der Summenformel $C_4H_6O_2$. Zeichnen Sie die Strukturformel dieser Verbindung. (TG-Ch, 4stg., Abi 03/04 Nachprüfung)

3.5.4. Aus dieser zyklischen Verbindung lässt sich in mehreren Stufen eine weitere Verbindung herstellen, die zur Synthese eines weiteren Kunststoffes dient, der unter anderem in der Medizin eingesetzt wird. Dieser Kunststoff ist durch die untenstehenden Strukturformelausschnitt charakterisiert. Geben Sie die Strukturformeln der Monomere an, aus denen der Kunststoff aufgebaut ist. (TG-Ch, 4stg., Abi 03/04 Nachprüfung)



3.6 Der Kunststoff Polyisobutylen wird verwendet, um Ölverschmutzungen von Gewässern zu binden. Polyisobutylen lässt sich durch radikalische Polymerisation von 2-Methylpropen herstellen.

3.6.1. Zeichnen Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt des Polymeren. (TG-Ch, 4stg., Abi 03/04 Hauptprüfung)

3.6.2. Als Starter verwendet man ein organisches Peroxid (R-O-O-R). Erläutern Sie die Funktion des Starters unter Verwendung von zwei Reaktionsgleichungen. (TG-Ch, 4stg., Abi 03/04 Hauptprüfung)

3.7 2,2-Dimethylpropansäure (Pivalinsäure) reagiert mit 1-Chlorethen (Vinylchlorid) zu Pivalinsäurevinylester ($(CH_3)_3CCOOC_2H_3$) und einer Verbindung (X).

3.7.1 Geben Sie den Namen der Verbindung X und die Strukturformel des Esters wieder. (TG-Ch, 4stg., Abi 02/03 Hauptprüfung)

3.7.2. Aus Pivalinsäurevinylester entsteht unter geeigneten Bedingungen ein Polymer. Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt des Polymeren mit mindestens zwei Monomeren. (TG-Ch, 4stg., Abi 02/03 Hauptprüfung)

3.8 In der Hitze kann Glycerin (1,2,3-Propantriol) zu Propenal und Wasser zerfallen.

3.8.1 Geben Sie die Reaktionsgleichung mit Strukturformeln an. (TG-Ch, 4stg., Abi 02/03 Nachprüfung)

3.8.2 Aus Propenal entsteht unter geeigneten Bedingungen ein Polymer. Zeichnen Sie einen charakteristischen Strukturausschnitt des Polymeren mit mindestens zwei Monomeren. (TG-Ch, 4stg., Abi 02/03 Nachprüfung)

3.9 Aus Rizinusöl kann 10-Undecensäure gewonnen werden. (Hinweis: Undeca: Zahlenwort für 11). Daraus lässt sich in einer 2-stufigen Synthese eine Aminocarbonsäure herstellen:

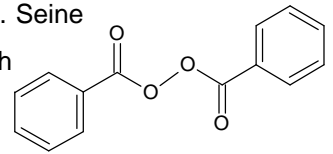


3.9.1 Geben Sie für die *Reaktion1* den Reaktionspartner und den Reaktionstyp an. (TG-Ch, 4stg., Abi 02/03 Hauptprüfung)

3.9.2 Stellen Sie für die *Reaktion2* eine Reaktionsgleichung auf und benennen Sie den Reaktionsmechanismus. (TG-Ch, 4stg., Abi 02/03 Hauptprüfung)

3.9.3 Aus 11-Aminoundecansäure lässt sich das Makromolekül „Nylon11“ synthetisieren. Zeichnen Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt aus mindestens 2 Monomer-Einheiten. Um welchen Reaktionstyp handelt es sich und zu welcher Kunststoffklasse gehört die Verbindung? Weshalb lässt sich die Festigkeit des Kunststoffs durch „Verstrecken“ erhöhen? (TG-Ch, 4stg., Abi 02/03 Hauptprüfung).

3.10. Polytetrafluorethen (PTFE) wurde 1938 entdeckt und ist auch als Teflon bekannt. Seine Herstellung erfolgt aus Tetrafluorethen, wobei der Ausgangsstoff radikalisch polymerisiert. Zur Initiation der Polymerisationsreaktion dient der sogenannte „Starter“ Dibenzoylperoxid (Strukturformel siehe Abb. rechts).



Reaktion I: Das Startermolekül wird symmetrisch gespalten. Dabei entstehen Radikale.

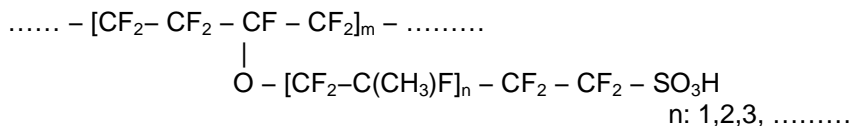
Reaktion II: Reagiert eines der Radikale mit einem Tetrafluorethen-Molekül, wird eine Kettenreaktion gestartet.

3.10.1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Reaktionen I und II in Strukturformelschreibweise.

3.10.2. Diese Polymerisation verläuft stark exotherm. Beurteilen Sie, ob diese Reaktion auch bei hohen Temperaturen exergonisch abläuft.

3.10.3. Durch Dehnen von PTFE lassen sich hauchdünne Membranen herstellen. Dieses expandierte PTFE ist Bestandteil von GORE-TEX-Geweben, die sowohl wasserdicht als auch atmungsaktiv sind. Begründen Sie anhand des Baus von Moleküle (H₂O und PTFE) weshalb Regenwasser von GORE-TEX-Gewebe abperlt.

3.10.4. Nafion, ist eine Variation von PTFE und kann im Gegensatz zu diesem bis zu 22% Wasser binden. Die PTFE-Ketten enthalten zusätzlich Seitenketten. Für Nafion lässt sich folgender Strukturformelausschnitt angeben:

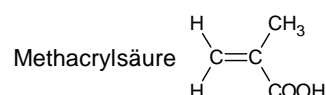


Geben Sie die Strukturformel und den Namen des Monomeren an, aus dem der Seitenkettenausschnitt $-\text{CF}_2 - \text{C}(\text{CH}_3)\text{F}$ gebildet wird. Begründen Sie auch weshalb Nafion hydrophile Eigenschaften besitzt.

3.11. Zwei-Komponenten-Kleber (ähnlich TG-Ch BaWü, 4stg., Abi 2012/2013 Hauptprüfung)

Eine wichtige Gruppe von Klebstoffen sind 2-Komponenten-Kleber (2K-Kleber). Zu einer Aushärtung des Klebers kommt es ,wenn man die erste Komponente mit einer zweiten Komponente mischt.

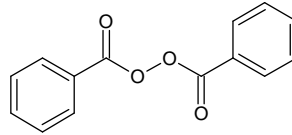
3.11.1 Aus Methacrylsäure kann *Methacrylsäuremethylester* hergestellt werden, einem wichtigen Monomer für die Herstellung von 2-Komponenten-Klebstoffen. Hier die Strukturformel des Ausgangsstoffes:



Formulieren Sie die entsprechende Reaktionsgleichung zur Herstellung von Methacrylsäuremethylester mit dem passenden Reaktionspartner.

3.11.2 Die Aushärtung von Methacrylsäuremethylester zu einem Makromolekül beginnt, wenn als 2. Komponente („Härter“) *Dibenzoylperoxid* zugegeben wird. Der ausgehärtete Klebstoff besitzt thermoplastische Eigenschaften.

Dibenzoylperoxid



3.11.2.1 Beschreiben Sie kurz die Bedeutung von Dibenzoylperoxid für die Aushärtung.

3.11.2.2 Geben Sie einen charakteristischen Formelausschnitt aus dem Makromolekül an.

3.11.2.3 Begründen Sie, weshalb PMMA thermoplastisches Verhalten zeigt und wie es die Ausbildung der entsprechenden Strukturmerkmale in den Makromolekülen kommt.

3.11.2.4 Der optimale Härteanteil beträgt 2% - 4%. Bei Unterschreitung des Härteranteils verlängert sich die Aushärtezeit deutlich, bei Überschreitung verringert sich die Festigkeit. Begründen Sie beide Sachverhalte.

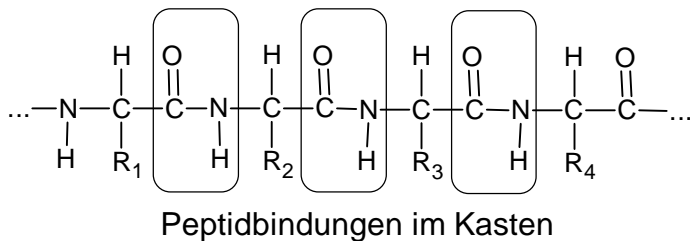
Musterlösung und evtl. noch Bonusaufgaben: www.laborberufe.de

Lösungshinweise – ohne Gewähr

- * Die Antworten auf die Fragen gehen aus didaktischen Gründen häufig über die verlangte Antwort etwas hinaus. Manche sind dagegen auch nur stichwortartig beantwortet.
- * Machen Sie mich bitte formlos per E-Mail auf Fehler aufmerksam. Ihre Mitschüler profitieren auch davon, wenn ich Fehler in Aufgabenstellungen oder Musterlösungen beseitige.
- * Die Nummerierung und die Aufgabentexte mit dem im Unterricht ausgeteilten Arbeitsblättern abgleichen: Manchmal gibt es Abweichungen! Häufig gibt es auch Bonusaufgaben am Ende des Dokuments!

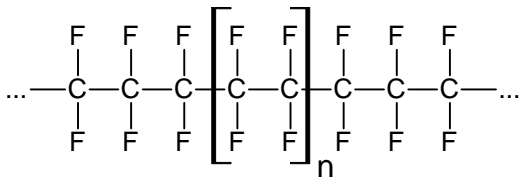
2.1

2.1.1 z.B. Ausschnitt



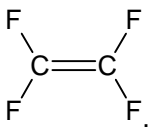
2.2

2.2.1



2.2.2

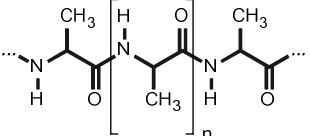
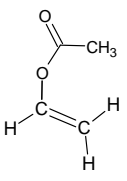
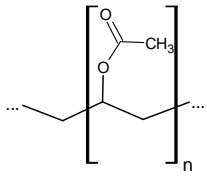
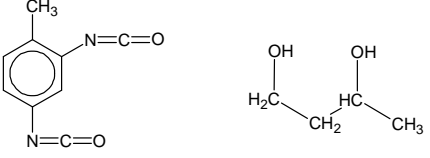
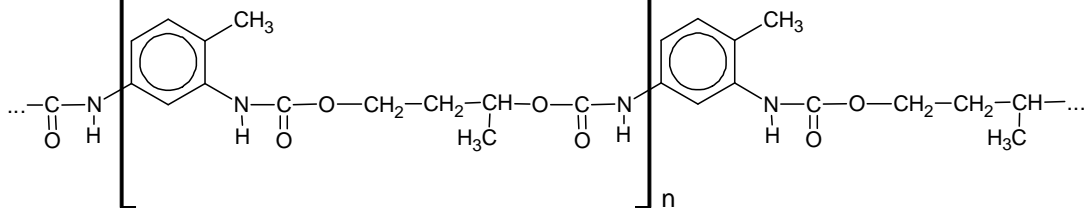
PTFE kann durch radikalische Polymerisation aus Tetrafluoethen (Tetrafluorethylen) gewonnen werden.



Anmerkung: Der Mechanismus der Reaktion entspricht dem der Herstellung von Polyethen aus Ethen.

2.3 Kunststoffabelle

Strukturformel des Monomers oder der Monomere	charakteristischer Strukturformelausschnitt aus dem Kunststoff (wiederholende Einheit in eckigen Klammern [.] _n)	Reaktionstyp (Poly....)	Bezeichnung des Makromoleküls oder der Makromolekülstoffgruppe
<p>a)</p>	b)	c) Polykondensation	d) Polypeptid/Protein

			
e) 		f) Polymerisation	Polyvinylacetat
g)  Tolyulen-2,4-diisocyanat 1,3-Butandiol	h) [siehe unten]	i) Polyaddition	j) Polyurethan
			

3.1

3.1.1 Die Strukturformel von Styrol sollte man auswendig kennen, es handelt sich um Phenylethen. Einen Ausschnitt aus dem Polystyrol findet man im Schulbuch. Hier ist zu beachten, dass der dargestellte Struktur mindestens 3 Monomere lang sein soll. Der Den Mechanismus sollte man Schritt für Schritt herleiten und mit Worten erklären können.

3.1.2 Es handelt sich um einen Thermoplasten, da die Makromoleküle nicht bzw. kaum untereinander durch Elektronenpaarbindungen verknüpft sind. Charakteristisch ist das Vorhandensein eines Erweichungs- bzw. Schmelzbereich (statt eines Schmelzpunktes). Die Beschreibung passt also gut zu Polystyrol.

Aufgeschäumtes Polystyrol kennen Sie bestimmt als Styropor. Nicht aufgeschäumtes Polystyrol kennen Sie auch, so sind z.B. die Plastik-Butterdosen aus Polystyrol.

Wikipedia: „Festes amorphes Polystyrol ist glasklar, hart und schlagempfindlich. Es erzeugt einen spröden, scheppernden, fast glasartigen Klang beim Beklopfen (Butterdosen). Bei Biegen oder Brechen riecht es deutlich nach Styrol. PS ist in allen Farben einfärbbar. Massives Polystyrol neigt sehr stark zur Spannungsrissebildung.“ Dies kann man ja auch an Butterdosen häufig feststellen, da sind oft Ecken abgebrochen oder Risse im Deckel. Dünne Polystyrolschichten werden z.B. für Plastik-Joghurtbecher benutzt.

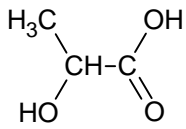
3.2.

siehe Schulbuch.

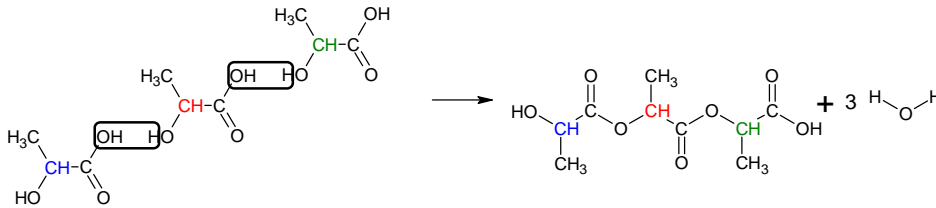
3.3

3.3.1.

Bei 2-Hydroxy-propansäure handelt es sich um Propansäure (C3-Carbonsäure) mit einer OH-Gruppe am mittleren C-Atom.



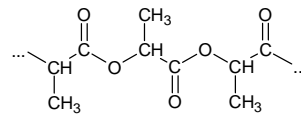
Die Hydroxylgruppe der Carboxylgruppe kann sich mit der Hydroxylgruppe des anderen Moleküls unter Abspaltung von H_2O verbinden. Es handelt sich also um eine Kondensationsreaktion. Für die Verknüpfung von 3 Monomeren kann man z.B. aufstellen:



Beachten Sie folgende Anmerkungen zur Reaktionsgleichung:

- Zur Besseren Übersichtlichkeit wurden einige C-Atome farblich hervorgehoben.
- Bei der Kondensationsreaktion spaltet sich das O der Carboxylgruppe ab, das O der allein stehenden OH-Gruppen bleibt bestehen! (Dies haben wir auch schon bei der Besprechung des genauen Mechanismus der Veresterung kennen gelernt).

Zur Bildung eines Makromoleküls laufen viele Kondensationsreaktionen ab, es handelt sich also um eine *Polykondensation*. Hier ein Ausschnitt aus dem Makromolekül.



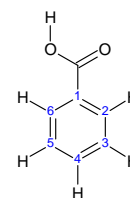
Ob es sich um einen Thermoplast handelt entscheiden Sie bitte selbst. Wenn Sie nicht wissen, wie Sie das entscheiden sollen, dann überlegen Sie ob die Makromoleküle über Elektronenpaarbindungen untereinander verknüpft sind. Lesen Sie dazu den entsprechenden Abschnitt aus dem Buch .

3.3.2. Ob der Stoff wasserlöslich ist, entscheidet sich vor allem daran, ob im Stoff polare Hydroxylgruppen vorhanden sind. Dies ist bei diese, Kunststoff nicht der Fall. Außerdem können große Makromoleküle meist gar nicht makromolekular in Lösung gehen, es entsteht mehr oder weniger eine gequollene Masse und keine echte Lösung (sondern eine kolloidale Lösung).

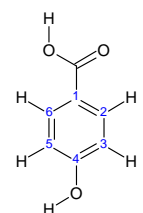
3.4

3.4.1 Benzoesäure ist eine wichtige aromatische Carbonsäure, deren Strukturformel man auswendig können muss. Was dann 4-Hydroxybenzoesäure ist, kann man dann selbst herleiten

4-Hydroxybenzoesäure ist bifunktionell, meint hier, dass das Molekül 2 Hydroxylgruppen besitzt. So sind hintereinander geschaltete Kondensationsreaktionen, also Polykondensation, möglich. Benzoesäure hingegen ist monofunktionell, kann also, das nur eine funktionelle Gruppe (Carboxylgruppe), keine Makromoleküle bilden.

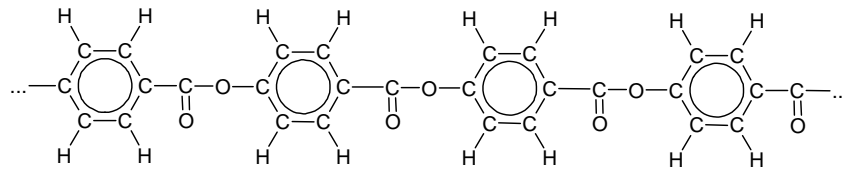


Benzoessäure



4-Hydroxy-Benzoesäure

3.4.2 Ein Strukturformelausschnitt aus dem durch Polykondensation hervorgehenden Makromolekül:



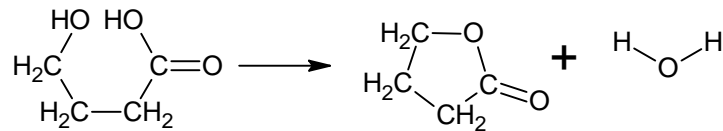
3.4.3 Die Makromoleküle sind untereinander nicht verknüpft. Was das für Auswirkungen hat, und viel wichtiger, warum es zu diesen Auswirkungen kommt, lesen sie am besten im Buch „elemente2“ (Stichwort: Thermoplast).

3.5

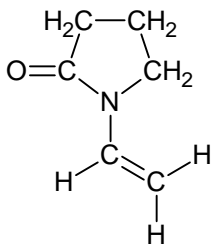
3.5.1 Wenn Sie 3.3. erfolgreich gelöst haben, so dürfte Ihnen die Aufgabe leicht vorkommen. Schauen Sie dort nach, wenn Sie zur Beantwortung Hilfe brauchen.

3.5.2 Polyester laufen Gefahr durch Laugen gespalten zu werden. Die entsprechende Reaktion kennen Sie von der alkalischen Hydrolyse von Fetten (das sind ja auch Ester). Wenn Sie immer noch keine konkrete Vorstellung haben, was passiert, dann lesen Sie dort.

3.5.3 Eine Veresterung ist bei 4-Hydroxybutansäure auch intramolekular möglich:

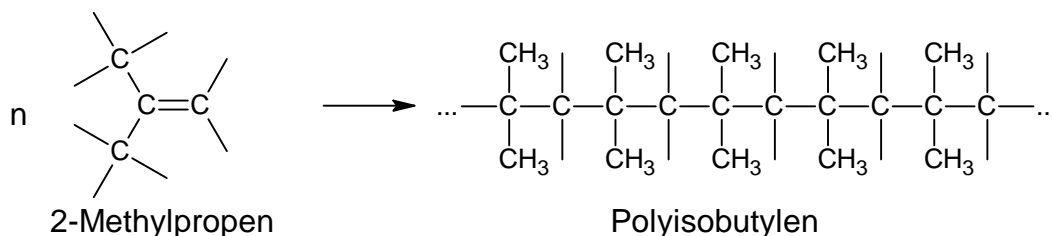


3.5.4 Die C-Kette lässt sich durch Polymerisation von C=C-Einheiten aufbauen, das Prinzip findet sich z.B. auch bei der Polymerisation von Ethen zu Polyethen oder von Styrol zu Polystyrol. Das Monomer muss eine entsprechende Doppelbindung besitzen. Entsprechend lautet die Strukturformel des hier gesuchten Monomers:

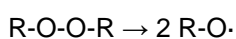


3.6

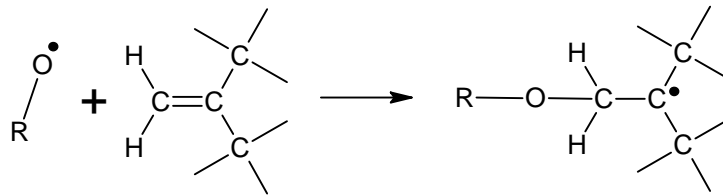
3.6.1 Es handelt sich um denselben radikalischen Polymerisationsmechanismus wie von Ethen zu Polyethylen oder von Styrol zu Polystyrol



3.6.2 Die O-O-Bindung im Peroxid ist relativ schwach und kann leicht homolytisch gespalten werden:

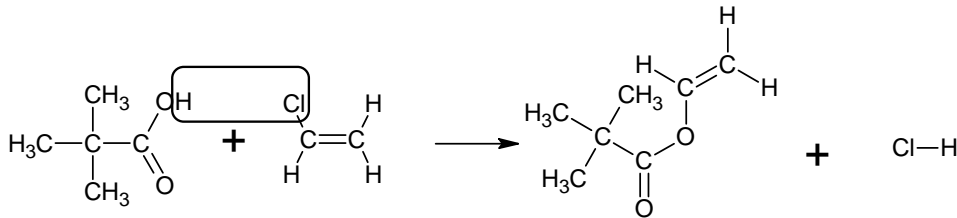


Ein so gebildetes Radikal kann sich an die Doppelbindung des 2-Methylpropens anlagern, am Nachbar-C-Atom entsteht wieder ein radikalischer Zustand. Hier kann es nun zur Kettenverlängerung durch die Anlagerung weiterer Monomere kommen.



3.7

3.7.1 Es handelt sich um eine Kondensationsreaktion.



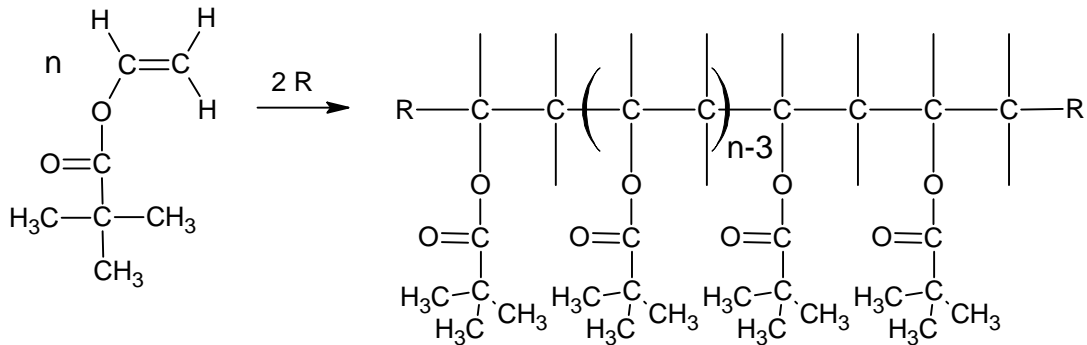
Pivalinsäure

Vinylchlorid

Pivalinsäurevinylester

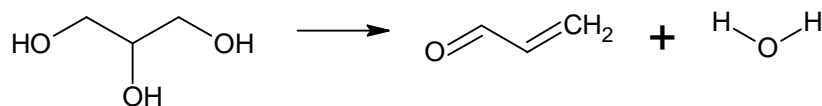
Stoff "X": Chlorwasserstoff

3.7.2 Es handelt sich um eine Polymerisierung an einer Doppelbindung, also analog der Reaktion die von Ethen (Ethylen) zu Polyethen (Polyethylen) führt.



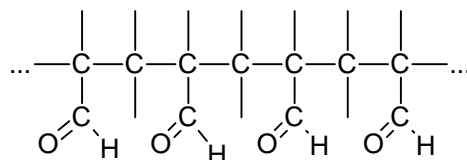
3.8

3.8.1



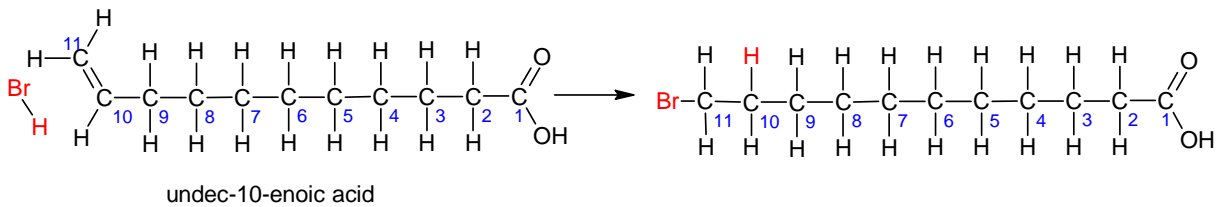
3.8.2 Es handelt sich auch hier um eine Polymerisation an der C=C-Doppelbindungen

Ausschnitt:

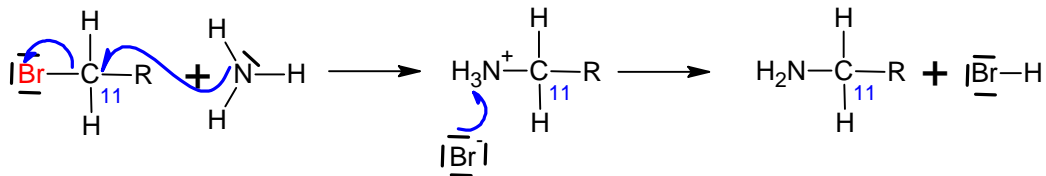


3.9

3.9.1. Es handelt sich um eine elektrophile Addition. Hier wird Bromwasserstoff an die Doppelbindung addiert. Details können Sie dem Schulbuch S. 199 (z.B. Abbildung B7) entnehmen.

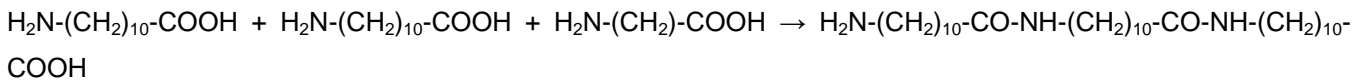


3.9.2. Im nächsten Schritt muss das Brom gegen die Aminogruppe -NH_2 ersetzt werden. Es handelt es sich also um eine Substitutionsreaktion, konkreter um eine nucleophile Substitution. Details zum Mechanismus finden Sie im Schulbuch S. 204. Betrachtet man nur das entscheidende C-Atom und fasst den Rest des Moleküls als Rest R zusammen, so kann man schreiben:

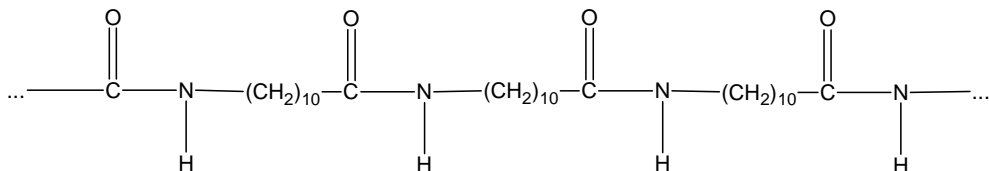


3.9.3

Es handelt sich um ein bifunktionelles Molekül, die Carboxylgruppe des einen Moleküls kann mit der Aminogruppe eines anderen Moleküls in eine Kondensationsreaktion reagieren. Fortgesetzte und hintereinander geschaltete Kondensationsreaktionen, also die Polykondensation, führt zum Makromolekül, hier einem Polyamid. Einen sehr ähnliche Reaktion führt von Aminosäuren (α -Aminocarbonsäuren) zu den Proteinen. Für die Verknüpfung von z.B. 3 Molekülen könnte man schreiben:



Ausschnitt aus dem Makromolekül:



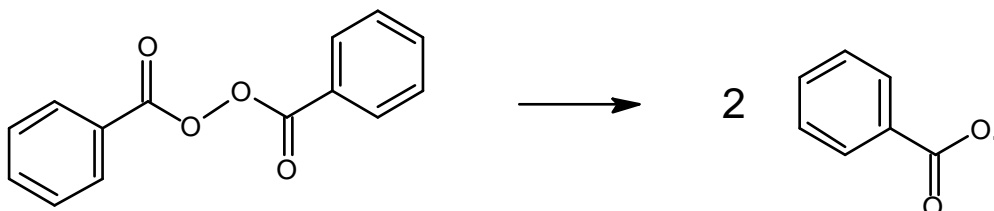
Es handelt sich um ein thermoplastisches Polyamid. Die Makromoleküle sind untereinander nicht durch Elektronenpaarbindungen verknüpft.

Durch „Verstrecken“ der Nylon-Fasern ordnen Sie die Makromoleküle, die die Faser bilden, über weite Bereiche linear zueinander aus. So entstehen z.T. kristalline Bereiche von parallel zueinander angeordneten Makromolekülen an. In einer solchen Anordnung können sich z.B. H-Brücken zwischen den Makromolekülen ausbilden, dadurch nimmt die Festigkeit zu.

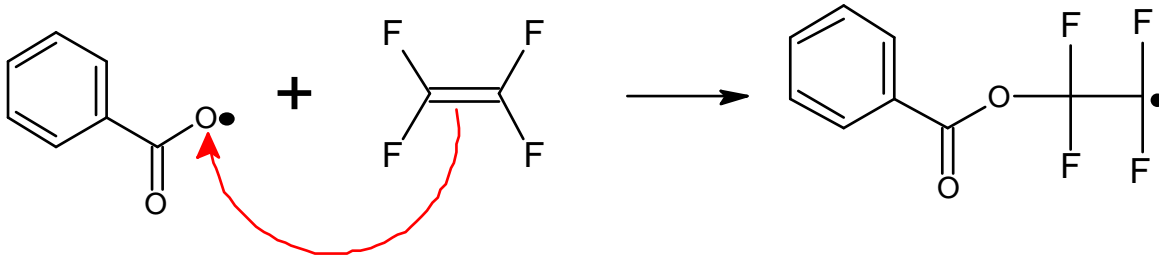
3.10

3.10.1.

Das Molekül wird gespalten (Reaktion I):



Reaktion II:



3.10.2. (jetzt nur für Chemie-Abiturienten wichtig, die noch alles wissen müssen!)

Bei Bildung von Makromolekülen nimmt die Entropie ab, denn ein ungeordneter Zustand mit vielen Monomeren geht in einen geordneteren Zustand über. $\Delta_R S$ ist also negativ.

Die Gibbs-Helmholtz-Gleichung lautet:

$$\Delta_R G = \Delta_R H - T \cdot \Delta_R S.$$

Laut Aufgabenstellung ist $\Delta_R H$ negativ, da die Reaktion exotherm.

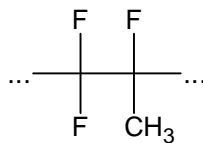
Man zieht von einem negativen Ausgangswert ($\Delta_R H$) einen immer stärker negativen Wert ab (mit steigender T wird $T \cdot \Delta_R S$ immer stärker negativ). Irgendwann ist der Wert $T \cdot \Delta_R S$ so stark negativ, dass er gerade $\Delta_R H$ entspricht. $\Delta_R S - T \cdot \Delta_R S$ wird an dieser Stelle Null. Wenn jetzt $T \cdot \Delta_R S$ noch negativer wird, dann wird $\Delta_R S - T \cdot \Delta_R S$ positiv. Bei einer bestimmten Temperatur wird also $\Delta_R G$ positiv, die Reaktion also endergonisch.

3.10.3. **hier nur Lösungswörter!** PTFE ist unpolar, H_2O dagegen polar. So können beide Verbindungen nicht bindend wechselwirken. H_2O perlt ab.

3.10.4.

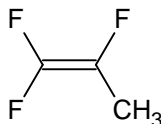
Halbstrukturformeln des Seitenkettenausschnitts: $- [CF_2-C(CH_3)F]_n -$

Strukturformel des Seitenkettenausschnitts:



Der Kunststoff wird über eine Polymerisation gebildet wird (da keine Peptidgruppen, Estergruppen und nur $\dots C-C-C \dots$ -Rückgrat. =>radikalische Polymerisation.

Strukturformelausschnitt des Monomes:

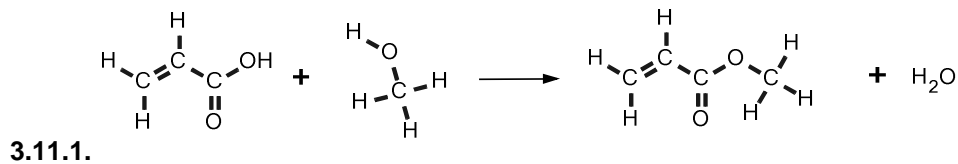


Vor allem wegen der $-SO_3H$ -Gruppe (Sulfonsäuregruppe), die H-Brücken zum H_2O ausbilden kann (sowohl passiv als auch aktiv) hat das Molekül hydrophile Eigenschaften. Weiterhin kann das Molekül das Proton der Sulfonsäuregruppe an H_2O abgeben, die Sulfonsäuregruppe ist also *sauer*. Auch dies erhöht die Hydrophilie, weil durch die Protonenabgabe Ionen entstehen. Im polaren Wasser lösen sich solche Ionen besser.



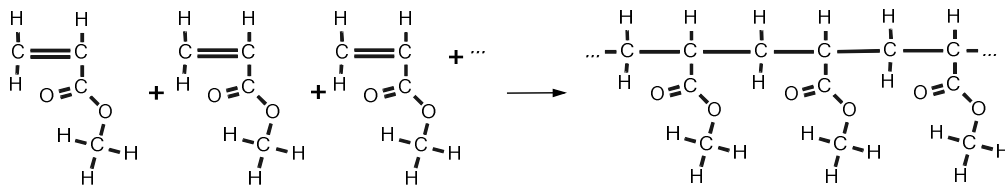
Weiterhin kann auch noch die Ethergruppe am Ansatz der Seitenketten (an den Verzweigungsstellen hin zu den Seitenketten) mit H₂O-Molekülen H-Brücken eingehen.

3.11. Zweikomponentenkleber



3.11.2.1. Dibenzoylperoxid spaltet sich in Radikale und kann damit die Kettenreaktion der Polymerisation starten, also die Aneinanderlagerung der Monomere. Es handelt sich um den Radikalstarter.

3.11.2.2. Es handelt sich um eine radikalische Polymerisation. Die Monomere werden verknüpft, indem die C-C-Doppelbindung aufgespalten werden.



3.11.2.3. Die Moleküllängen sind nicht alle identisch, sondern verteilen sich statistisch um eine mittlere Moleküllänge. Weiterhin gibt es bei Thermoplasten nur wenige Verknüpfungen zwischen den Ketten. Diese kommen durch die Ausbildung unpaarer Elektronen (Radikale) in den Kettenmitten zustande kommen, so dass es hier zu Verzweigungen kommt.

3.11.2.4. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Aushärtung hängt von der Anzahl der Ketten ab, die gleichzeitig im Gemisch wachsen können. Nutzt man nur wenig Startermoleküle, so können sich nur wenige Ketten durch Polymerisation verlängert werden. Entsprechend dauert es länger, bis alle Monomere in eine Kette eingebaut wurden. die Aushärtezeit verlängert sich also .Bei hohem Anfangsgehalt an Radikalstarter, werden die Makromolekülketten im Schnitt nur kürzer, wodurch die Festigkeit des Kunststoffes leidet.