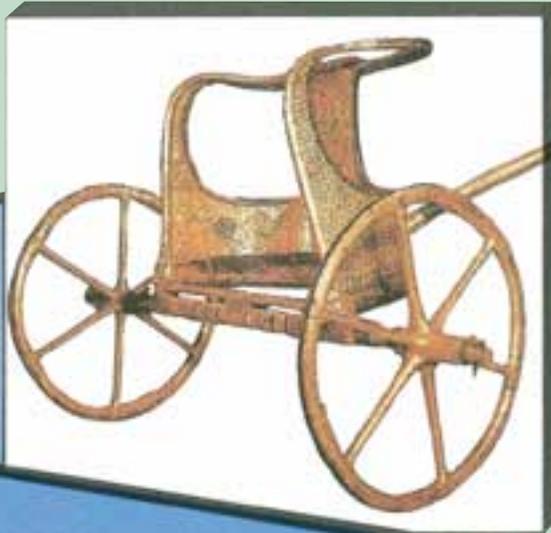
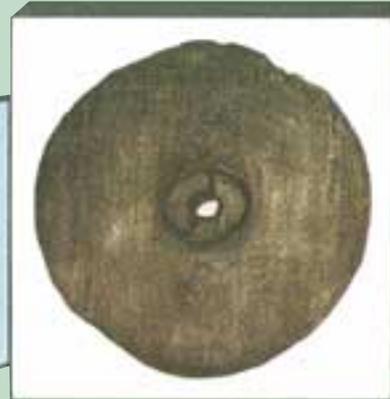


# Werkstoffe und technische Entwicklung: das Rad



**Holz**  
Prunkwagen  
(Tutanchamun)  
14. Jahrhundert  
v. Chr.

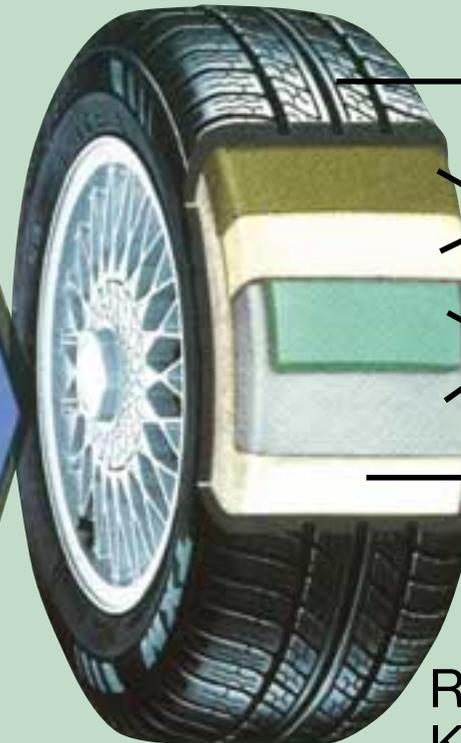


**Holz**  
Scheibenrad

3. Jahrtausend  
v. Chr.



**Holz und Eisen**  
römisches Speichenrad  
2. Jahrhundert n. Chr.



Lauffläche:

**Gummi**

Abdeckungen:

**Synthesefaser**

Gürtellagen:

**Stahlcord**

Karkasse:

**Fasergewebe**

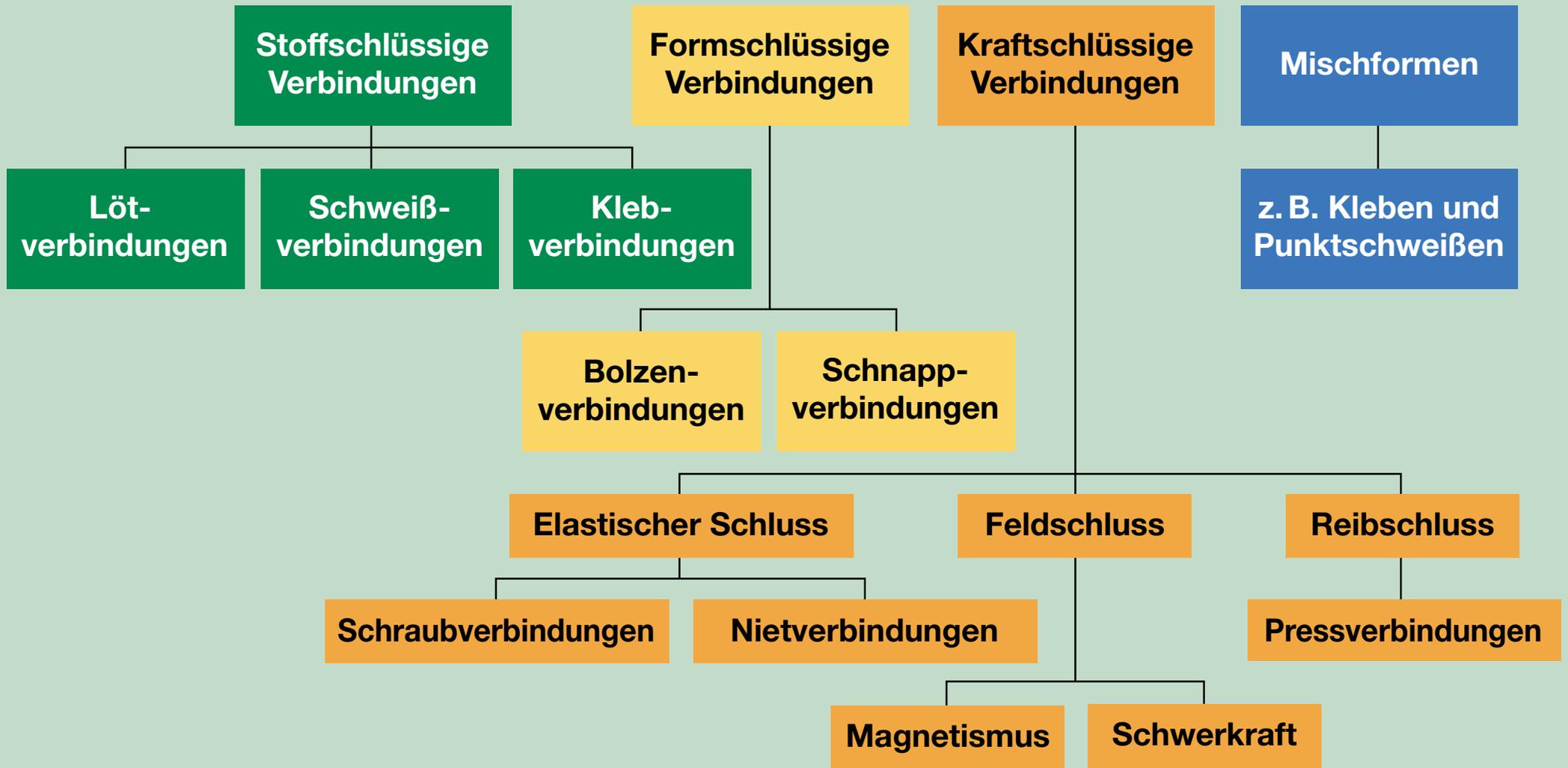
Felge:

**Aluminium**

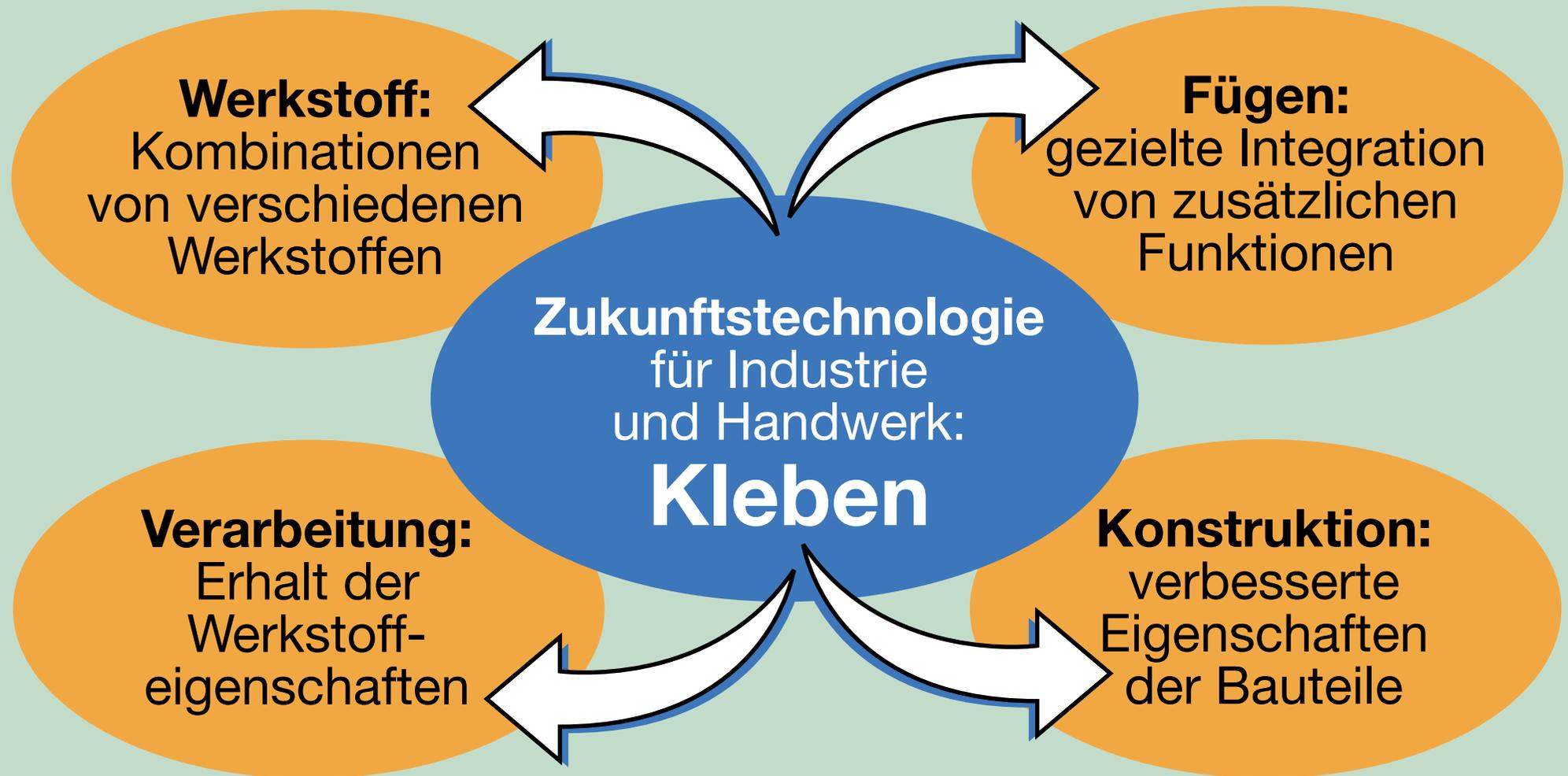
Rad für  
Kraftfahrzeug heute



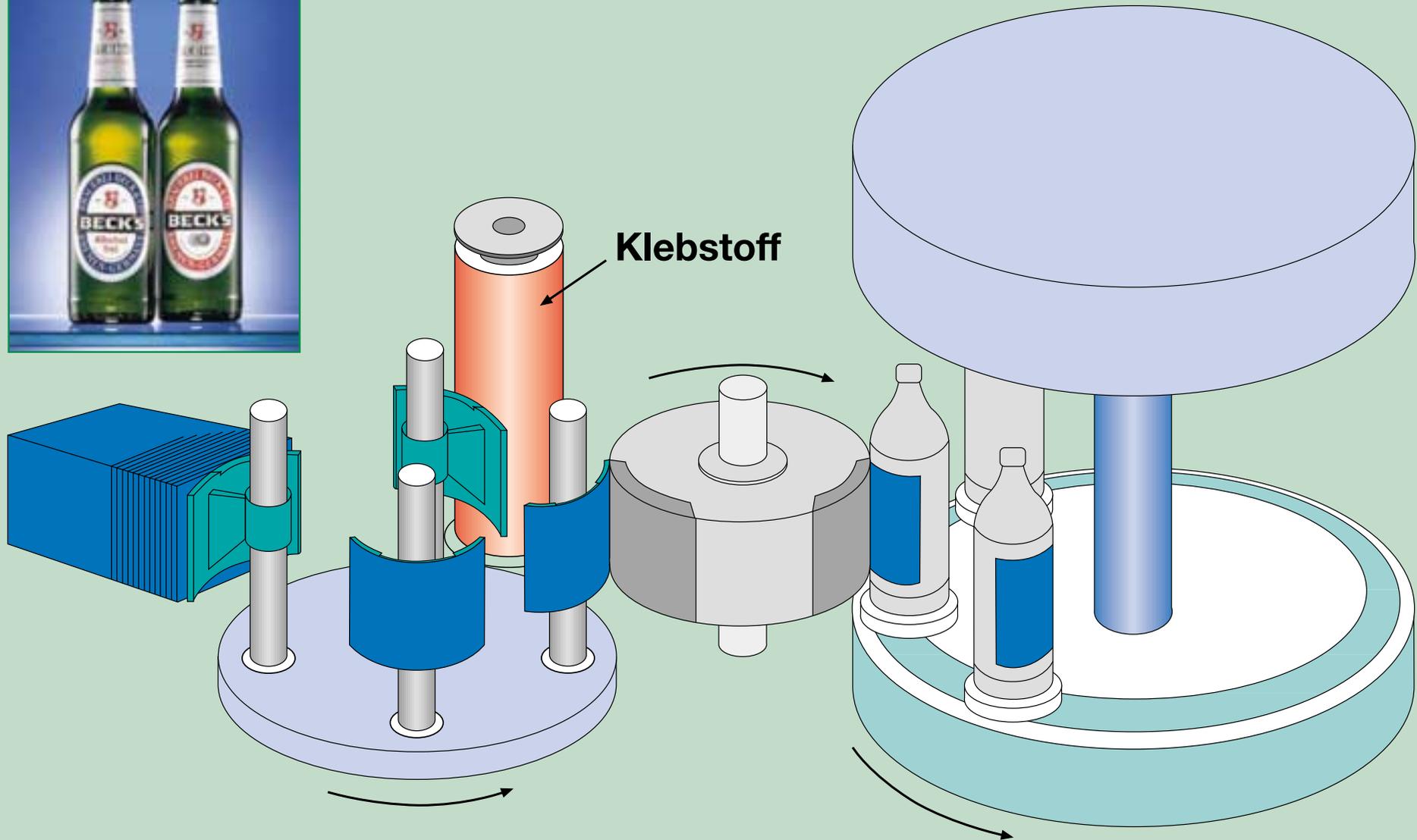
# Verbindungssystematik



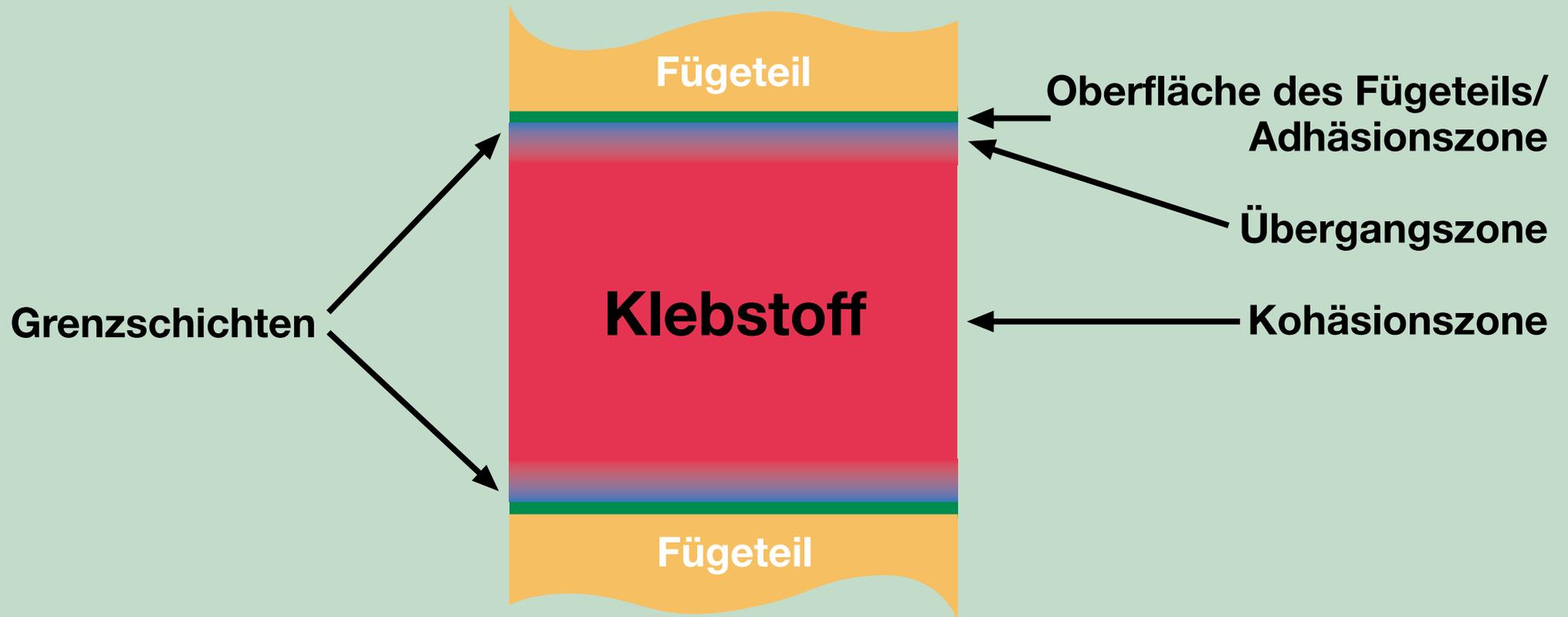
# Zukunftstechnologie Kleben



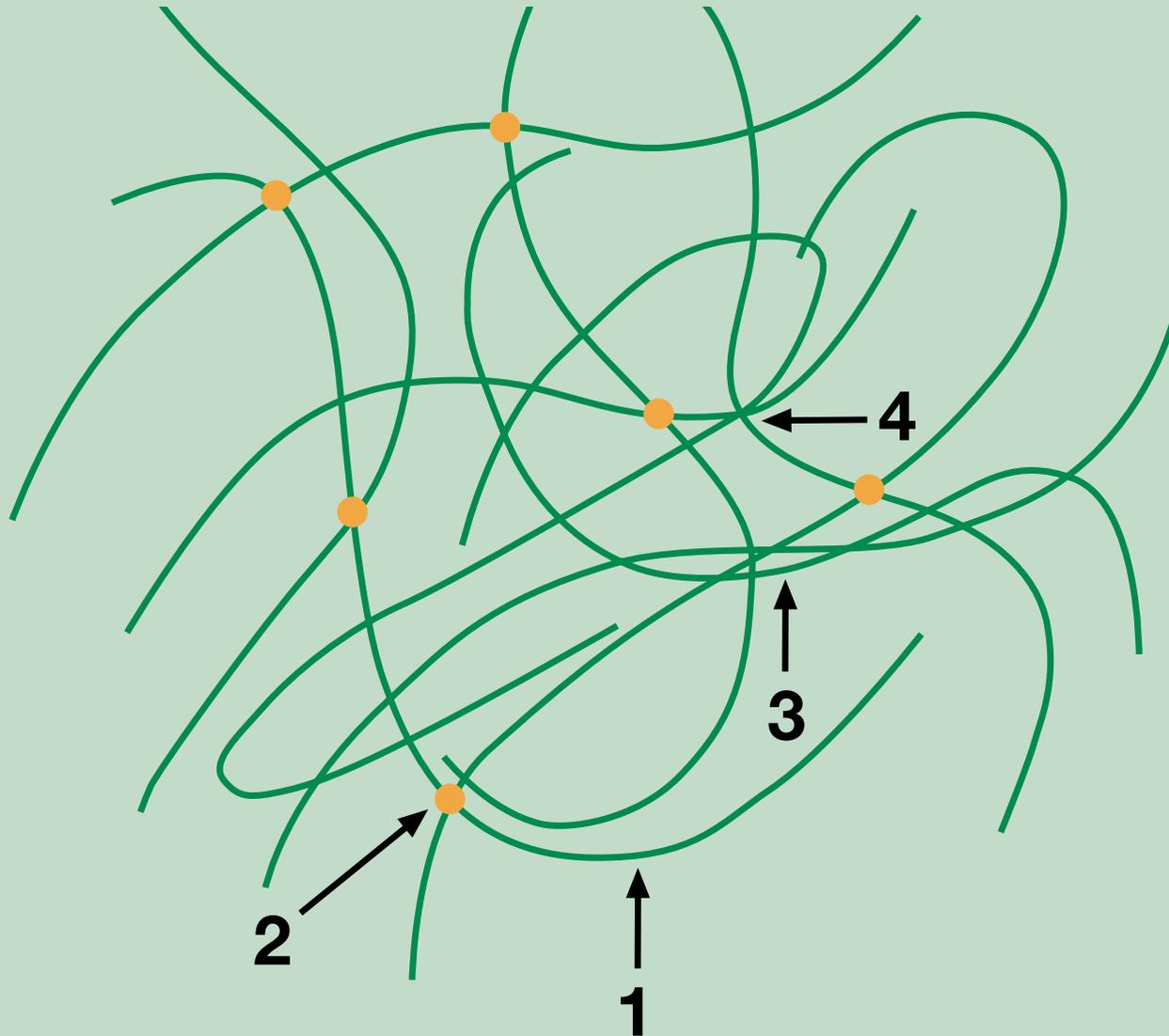
# Flaschenetikettierung



# Querschnitt einer Klebung



# Die Beiträge zur Kohäsionsfestigkeit eines Klebstoffs



# Einteilung der organischen Klebstoffe und Silicone nach dem Verfestigungsmechanismus

## physikalisch abbindende Klebstoffe

Schmelzklebstoffe

lösungsmittelhaltige  
Nassklebstoffe

Kontaktklebstoffe

Dispersionsklebstoffe

wasserbasierte Klebstoffe

Haftklebstoffe

Plastisole

## chemisch härtende Klebstoffe

### **Polymerisationsklebstoffe:**

Sekundenklebstoffe

Methylmethacrylate (MMA)

ungesättigte Polyester

anaerob härtende Klebstoffe

strahlenhärtbare Klebstoffe

### **Polykondensationsklebstoffe:**

Phenolharze

Silicone

Polyimide

Bismaleinimide

MS-Polymere

### **Polyadditionsklebstoffe:**

Epoxidharze

Polyurethane



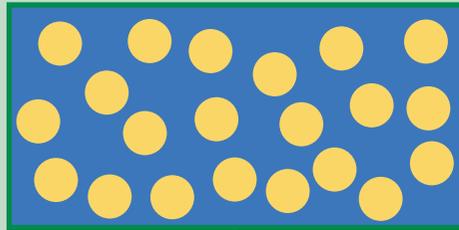
# Physikalisch abbindende Klebstoffe

Bezeichnung	Art der Abbindung	Basisrohstoffe	Anwendungsgebiete
Schmelzklebstoffe	Erstarren der Schmelze	Ethylen-Vinylacetat-Copolymere, Polyamide, Polyester u. a.	Verpackungsindustrie, Druck-, Textil-, Schuh-, Holz verarbeitende Industrie, Fahrzeugbau, Elektrotechnik
lösungsmittelhaltige Nassklebstoffe	Verdunsten von Lösungsmitteln	polymere Vinylverbindungen, Polymethylmethacrylat, Natur- und Synthesekautschuk u. a.	Druck- und Verpackungsindustrie, PVC-Rohrklebung, Haushaltsklebstoffe
Kontaktklebstoffe		Polychloroprene, Butadien-Acrylnitril-Kautschuk u. a.	Fußbodenverklebungen, Matratzen- und Schuhherstellung, Automobilindustrie
Dispersionsklebstoffe	Verdunsten von Wasser	nicht wasserlösliche Polymere des Vinylacetats, auch in Verbindung mit Comonomeren, Polyacrylsäureester u. a.	Verpackungsindustrie, Schuhherstellung, Lebensmittelindustrie, Holz verarbeitende Industrie
weitere wasserbasierte Klebstoffe		Glutin, Casein, Dextrin, Methylcellulose, Polyvinylalkohol u. a.	Papier, Tapeten
Haftklebstoffe	durch Oberflächenkontakt dauerklebrige Schichten	spezielle Polyacrylate, Polyvinylether, Naturkautschuk u. a.	Klebebänder für handwerkliche und industrielle Zwecke, Wundpflaster, Etiketten
Plastisole	Sol-Gel-Prozess durch Erwärmung	PVC und Weichmacher	Karosseriebau

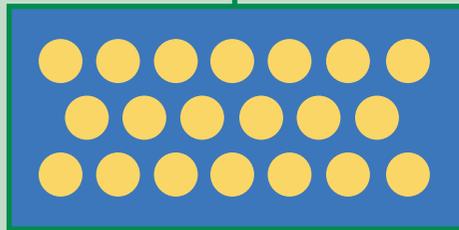




# Filmbildung einer Polyacrylatdispersion in der Klebfuge

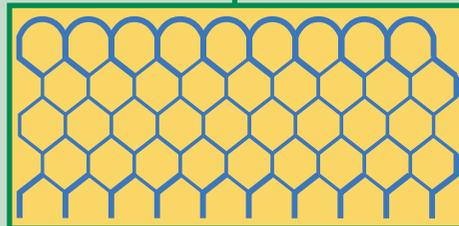


1. Verdunstung und  
Konzentration



2. Überwindung der  
elektrostatischen  
Abstoßung

3. Deformation der  
Dispersionsteilchen



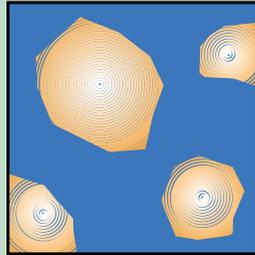
4. Ausbildung von Polymer-Kontakten  
(Koaleszenz) aufgrund von Kapillarkräften  
und Oberflächenspannungskräften



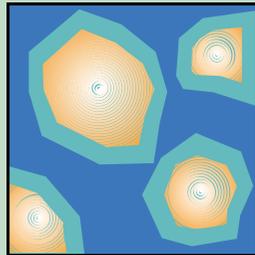
5. Verschmelzen der Teilchen  
und Interdiffusion



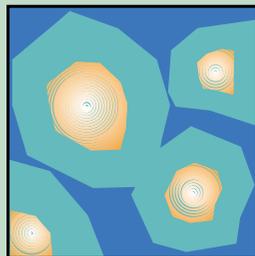
# Abbindemechanismus der Plastisole



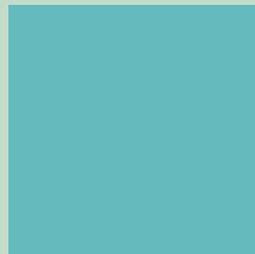
Paste aus hartem PVC-Korn in flüssigem Weichmacher (Plastisol)



Anquellung der Paste bei 40 °C



Vorgelierung ab 100 bis 120 °C



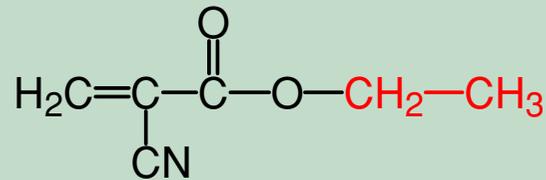
Sol-Gel-Prozess bei 160 bis 180 °C

# Chemisch härtende Klebstoffe

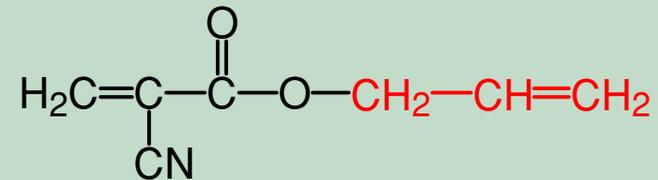
Bezeichnung	Art der Härtung	Basisrohstoffe	Anwendungsgebiete
<b>Cyanacrylate</b>	Polymerisation	Cyanacrylsäureester	Kleben von Kleinteilen; Kleben von Gläsern aller Art, Gewebeklebstoff, Sprühverbände
<b>Methylmethacrylate</b>		Methacrylsäuremethylester	Kunststoffkleben in Automobil- und Schienenfahrzeugbau
<b>Anaerob härtende Klebstoffe</b>		Diacrylsäureester von Diolen	Motoren, Elektromotoren, Schraubensicherungen, Welle-Nabe-Verbindungen
<b>Strahlenhärtbare Klebstoffe</b>		Epoxyacrylate, Polyesteracrylate	Kleben von Glas und transparenten Kunststoffen, Dentaltechnik
<b>Phenolformaldehydharze</b>		Phenole, Formaldehyd	Holzwerkstoffe, Kleben von Brems- und Kupplungsbelägen, strukturelle Aluminiumklebungen im Flugzeugbau
<b>Silicone</b>	Polykondensation	Polyorganosiloxane	Dichtungen; Automobilbau, Elektrotechnik; Spezialanwendungen in Luft- und Raumfahrt
<b>Polyimide</b>		Aromatische Tetracarbonsäureanhydride und aromatische Diamine	Metallklebungen im Luft- und Raumfahrtbereich
<b>Epoxidharzklebstoffe</b>		Oligomere Diepoxide und Polyamine oder Polyamidoamine	Strukturklebstoff im Fahrzeug- und Flugzeugbau, Karosseriebau, Elektronik, Verkleben von FVK, Reparaturklebungen
<b>Polyurethane</b>	Polyaddition	di- und ggfs. trifunktionelle Isocyanate, Polyole	Karosseriebau; Verbinden von Materialien mit stark unterschiedlichen Last- und Temperaturdehnungsverhalten, Glasscheibenkleben in Fahrzeugen



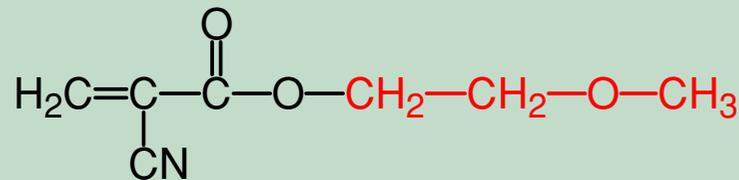
# Verschiedene Ester der $\alpha$ -Cyanacrylsäure



Cyanacrylsäureethylester

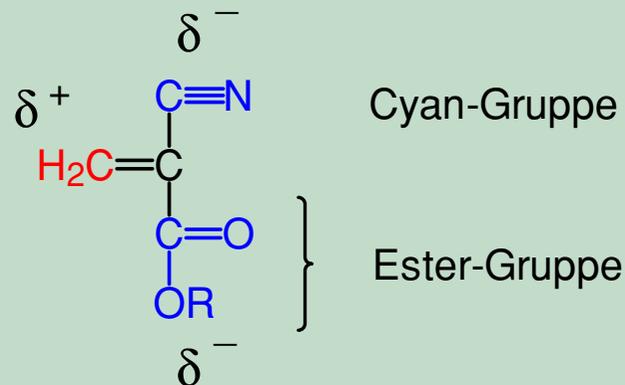


Cyanacrylsäureallylester



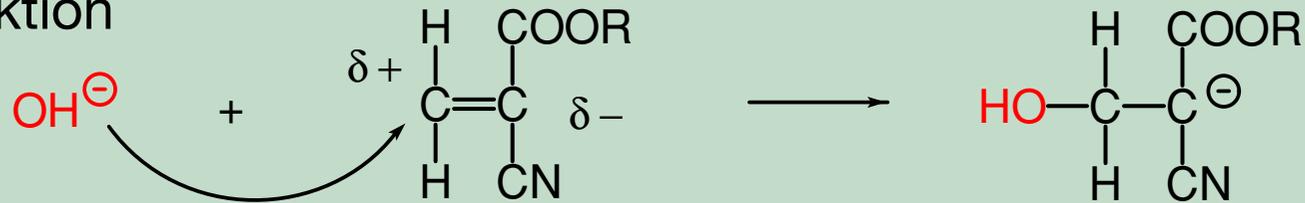
Cyanacrylsäuremethoxyethylester

## $\alpha$ -Cyanacrylsäureester: Ladungsverteilung

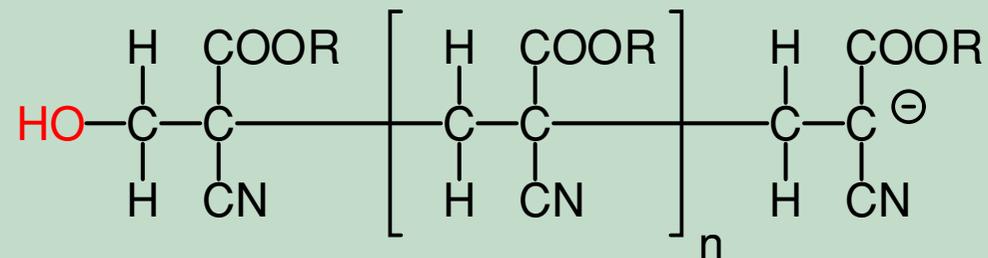
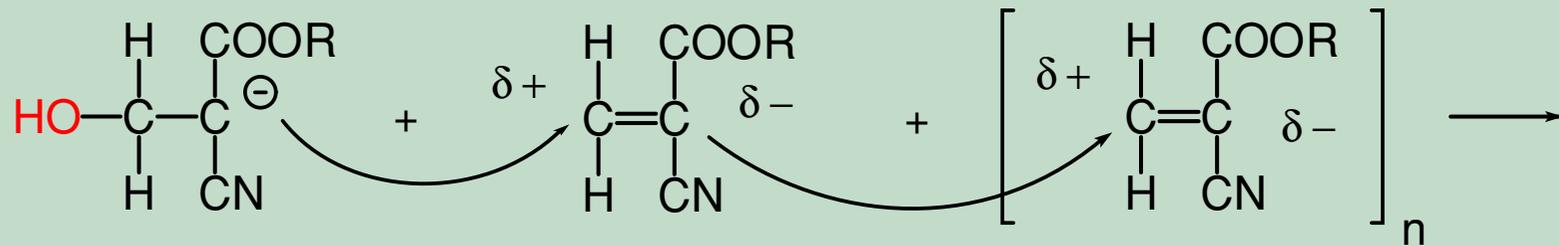


# Aushärtung durch anionische Polymerisation

## 1. Startreaktion



## 2. Polymerisation

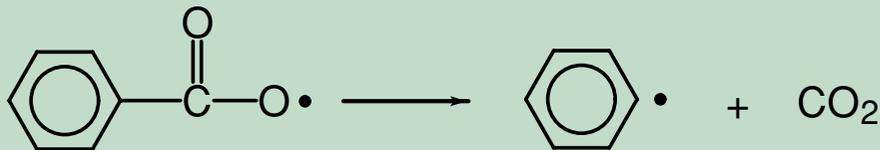
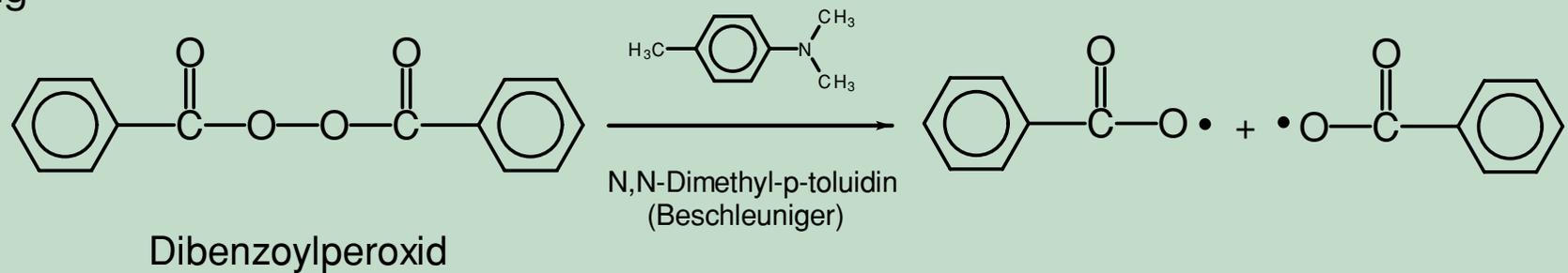


$\alpha$ -Cyanacrylsäureester-Polymer

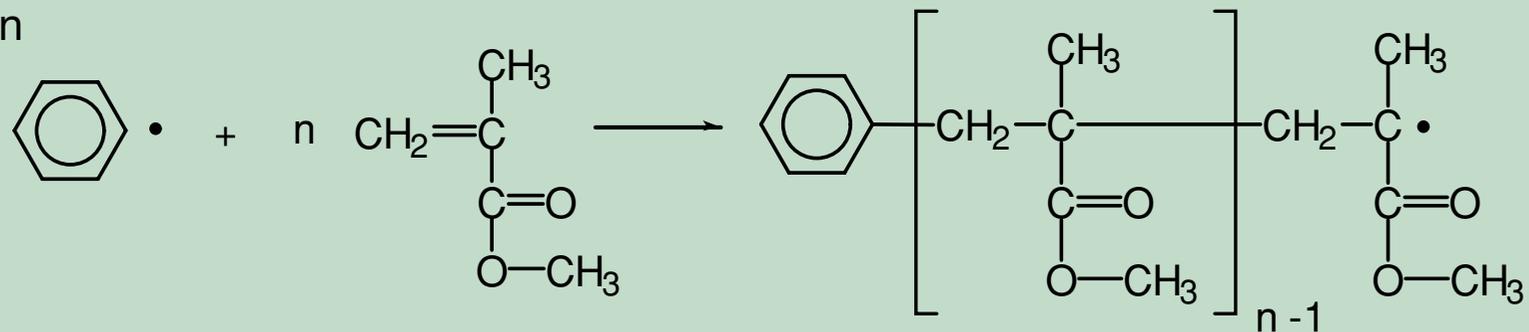


# Aushärtung durch radikalische Polymerisation des MMA

## 1. Radikalbildung



## 2. Polymerisation

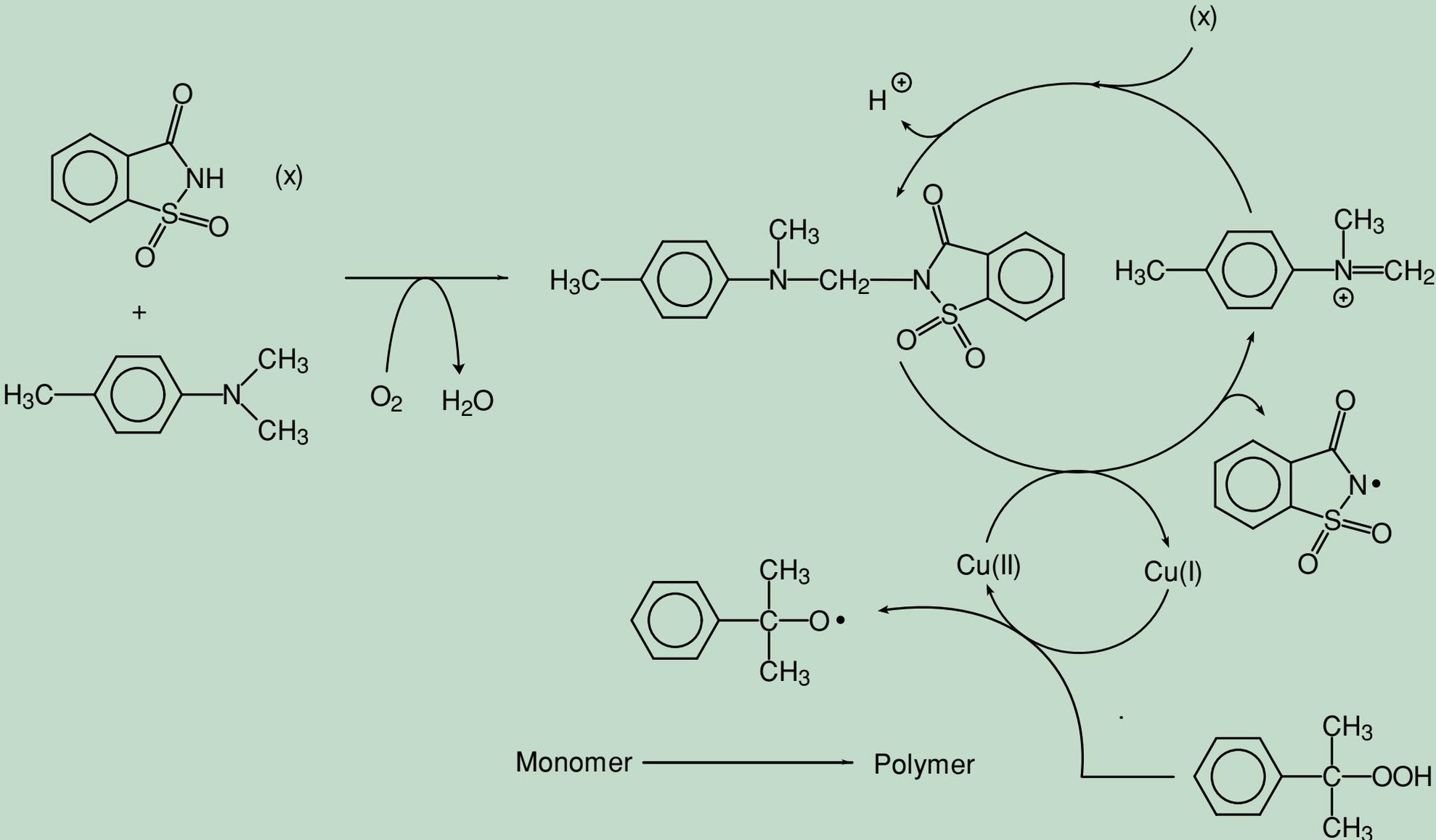


Methylmethacrylat

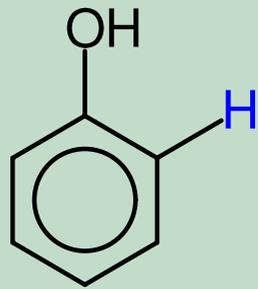




# Härtungssystem anaerob härtender Klebstoffe

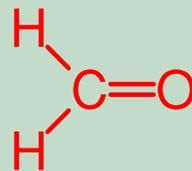


# Vorkondensation von Phenol mit Formaldehyd

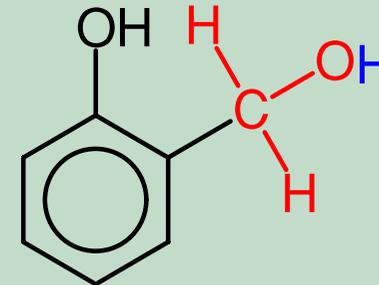


Phenol

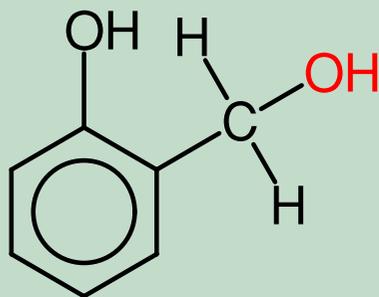
+



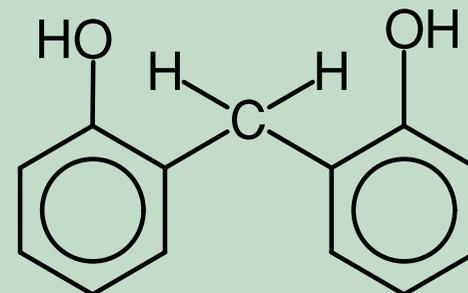
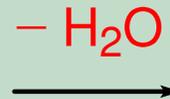
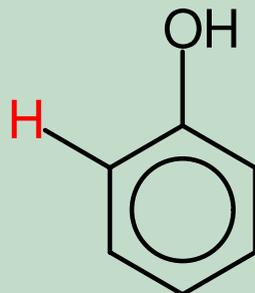
Formaldehyd



o-Methylolphenol  
(2-Hydroxybenzylalkohol)



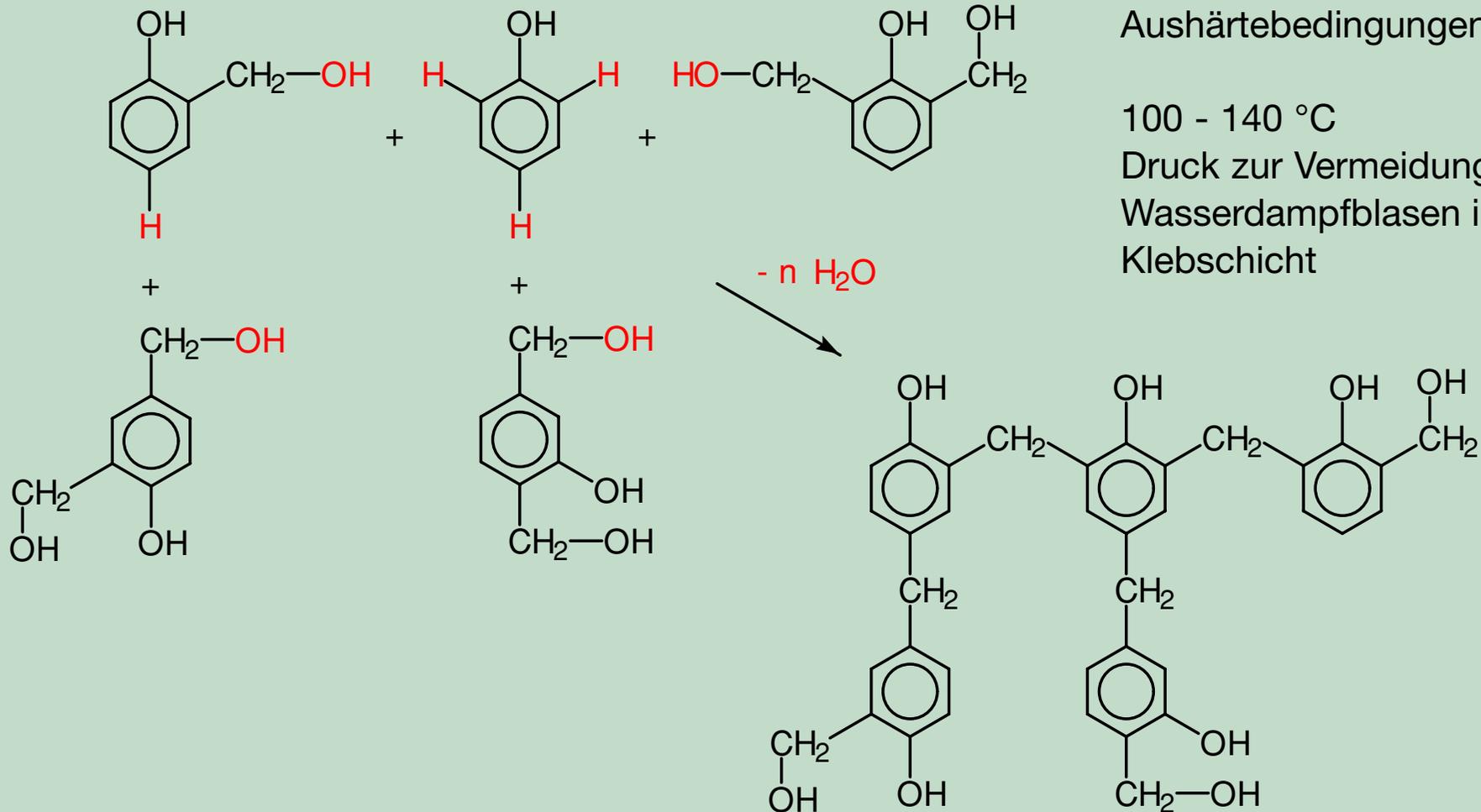
+



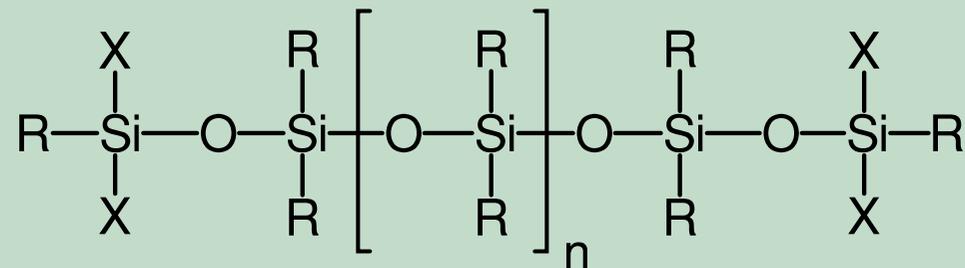
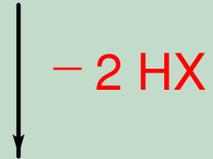
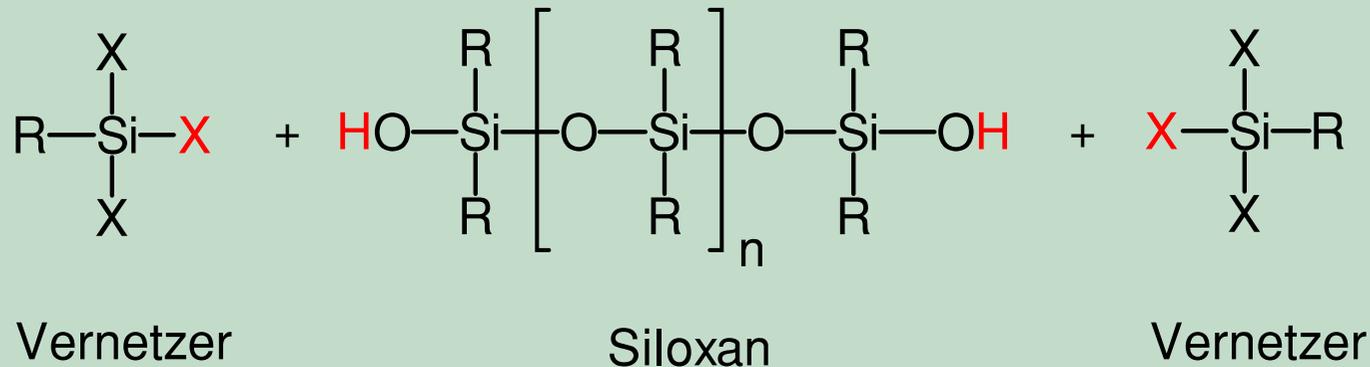
Phenolformaldehyd-Kondensat



# Aushärtereaktion des Phenolformaldehydharzes



# Blockierung von Siloxanen mit Vernetzern



R = organischer Rest;

X = Abgangsgruppe

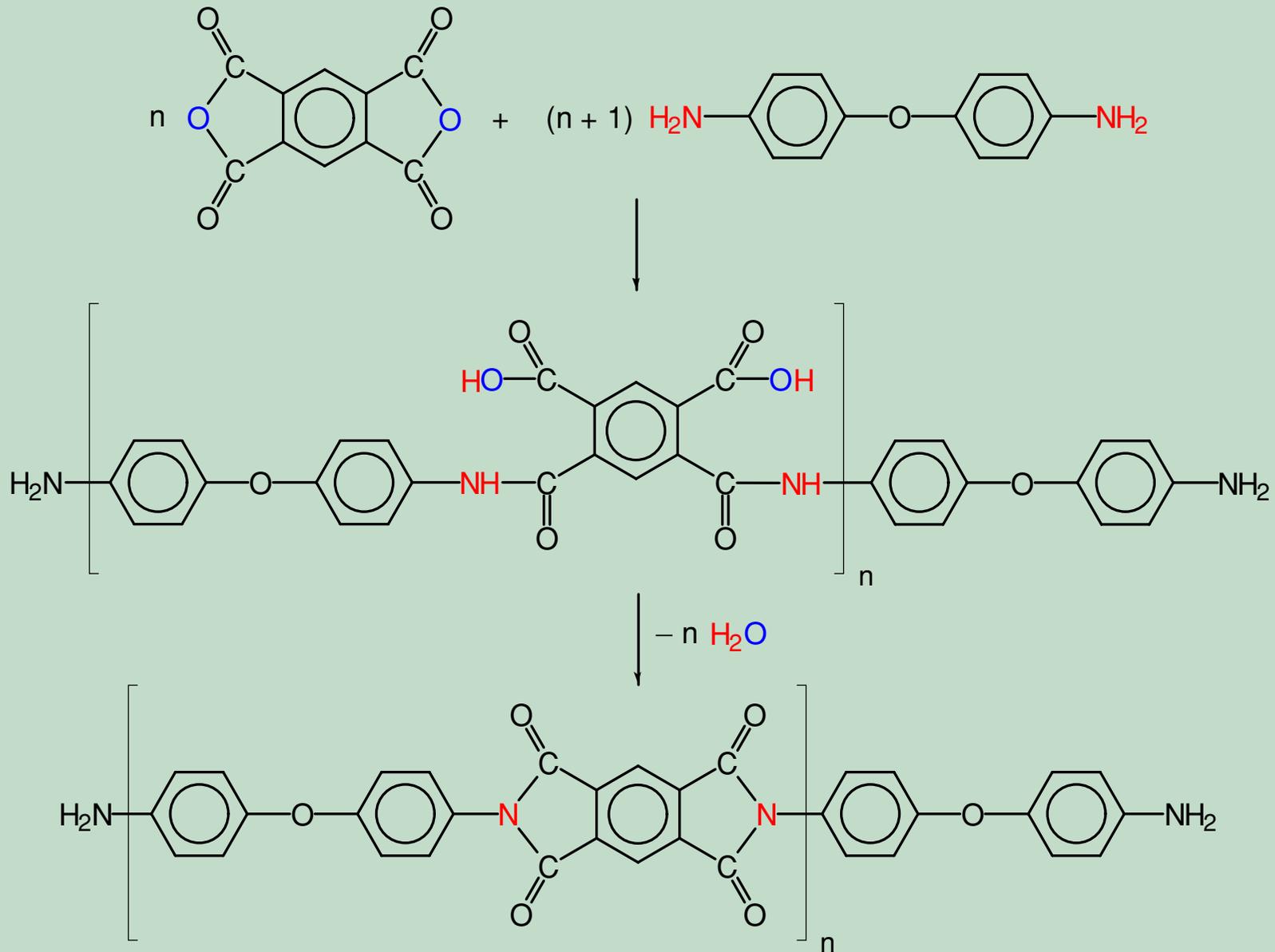
z.B. -NR<sub>2</sub>, -OCOCH<sub>3</sub>, -OR

blockiertes Siloxan

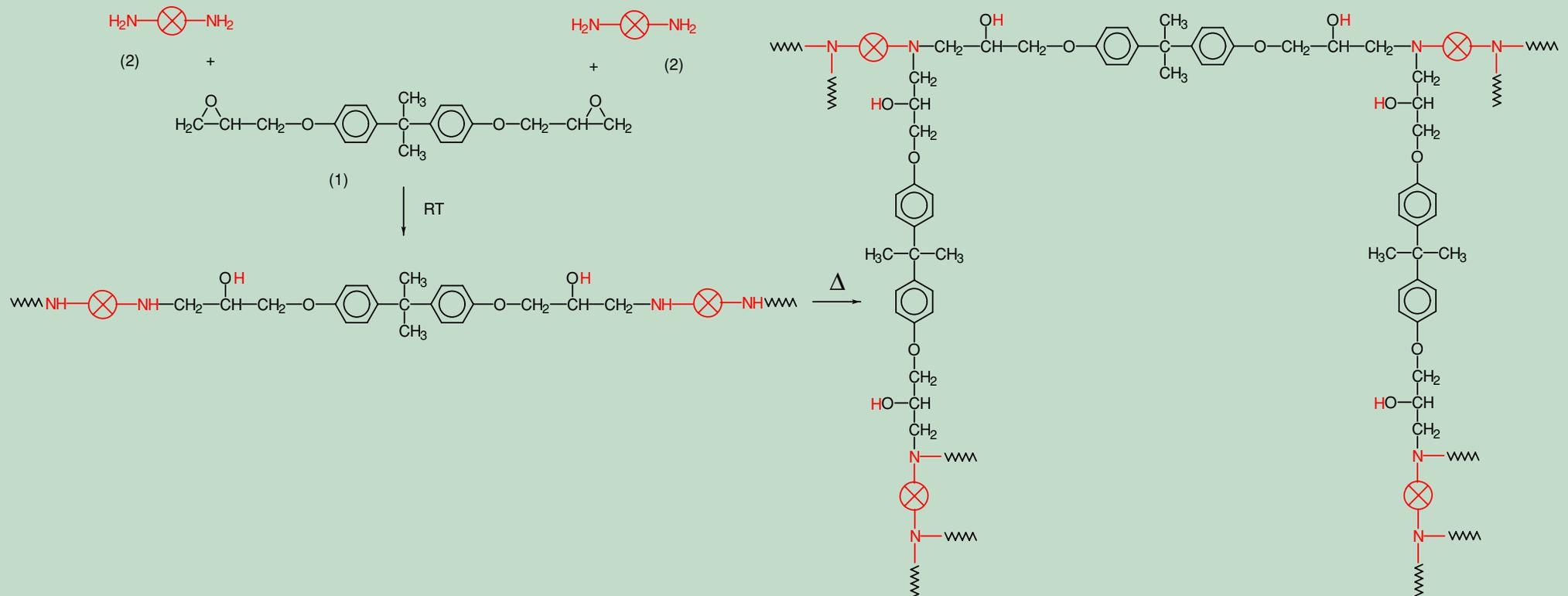




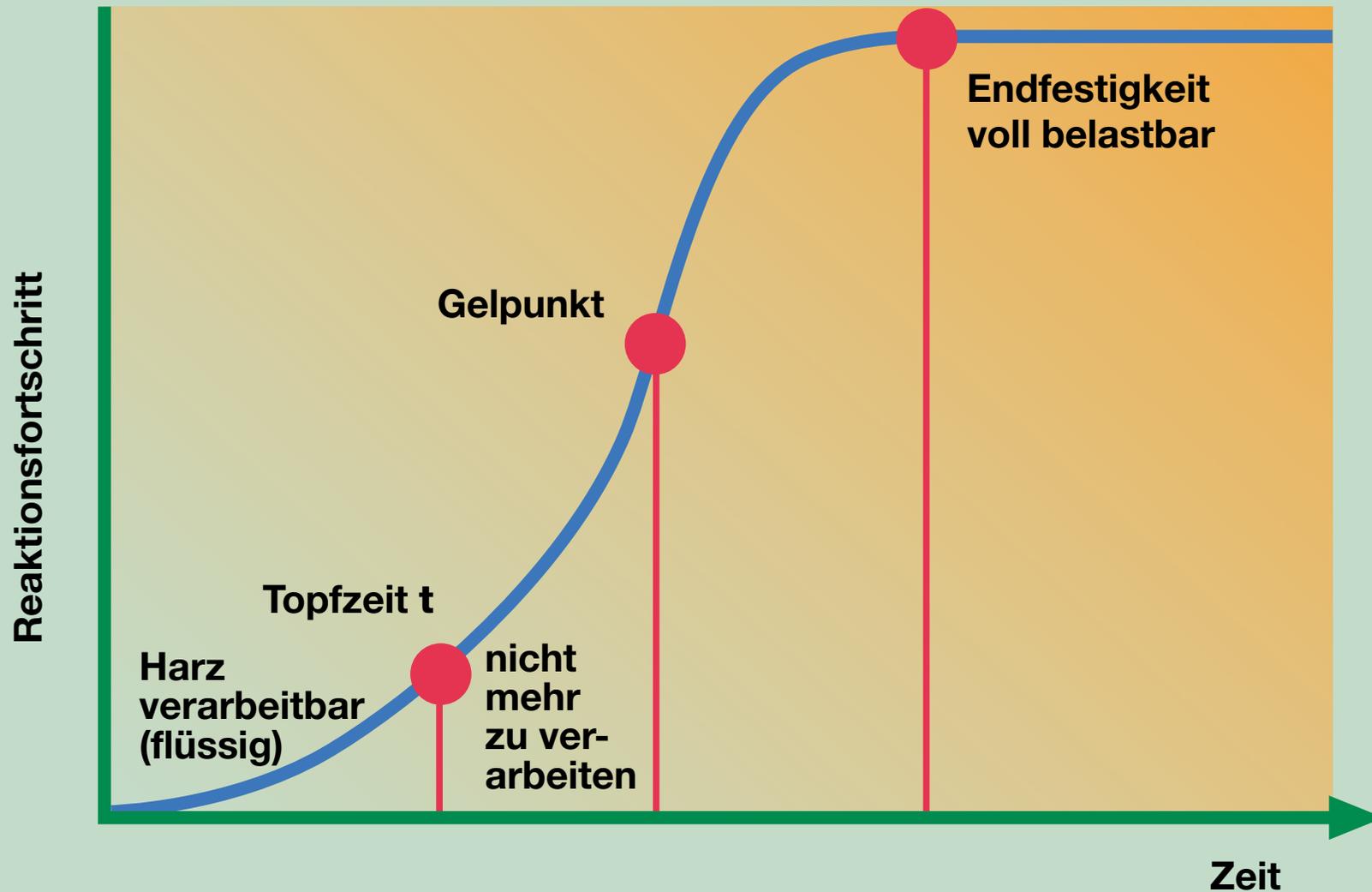
# Herstellung und Aushärtung der Polyimide



# Polyaddition von Diaminen (2) an Bisphenol-A-bis-Epoxid (1)



# Aushärtungsverlauf eines 2-K-Epoxidharzklebstoffs bei Raumtemperatur

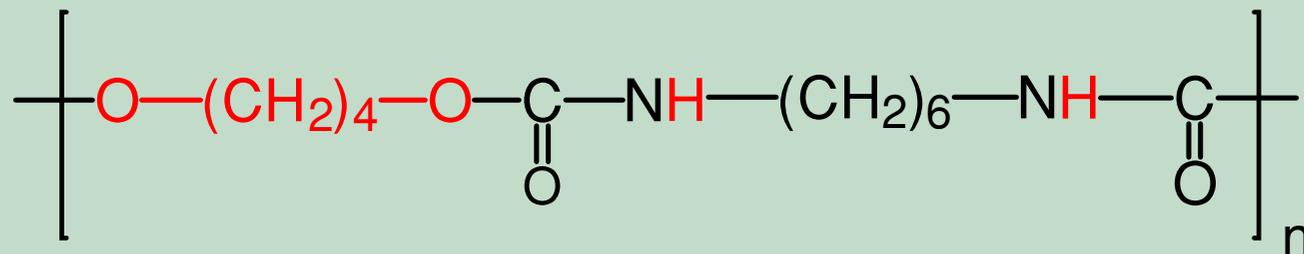


# Bildung von Polyurethanen



Hexamethylen-diisocyanat

1,4-Butylenglykol



Polyurethan



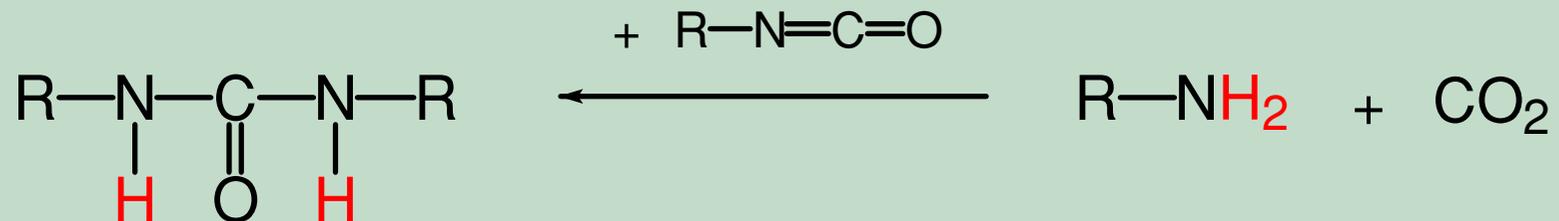
# Aktivierung des isocyanatgruppenhaltigen Prepolymers durch Feuchtigkeit



Isocyanat

Wasser

substituierte Carbaminsäure

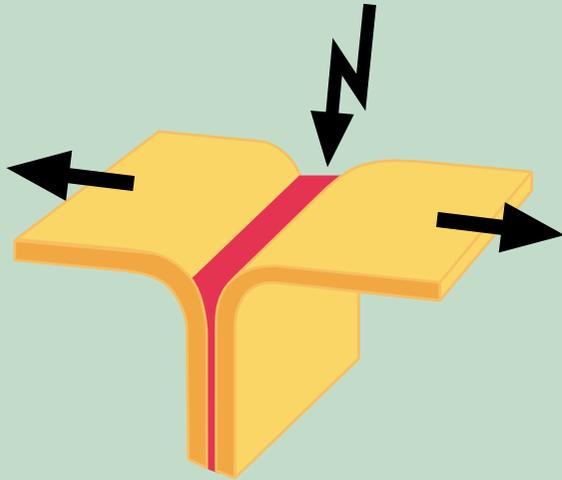


substituierter Harnstoff

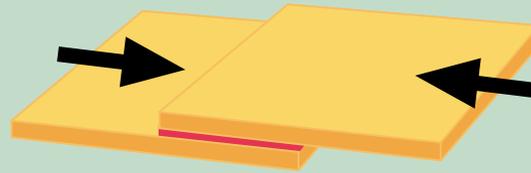
Amin



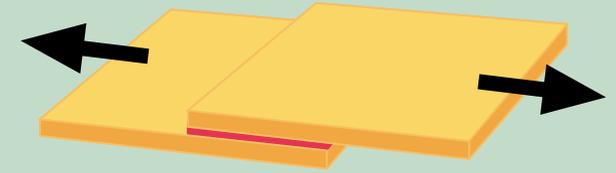
# Beanspruchungsarten einer Klebung



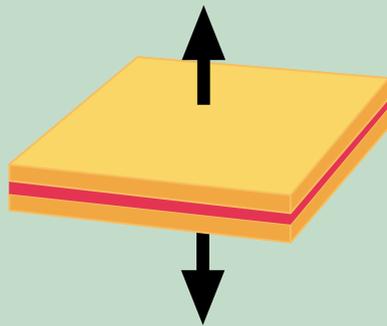
a) Schälbeanspruchung



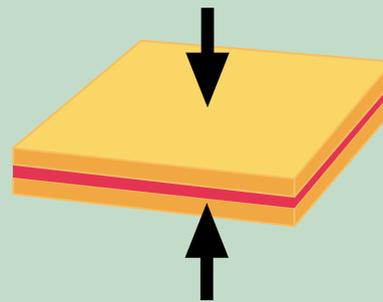
b) Schub-Scherbeanspruchung



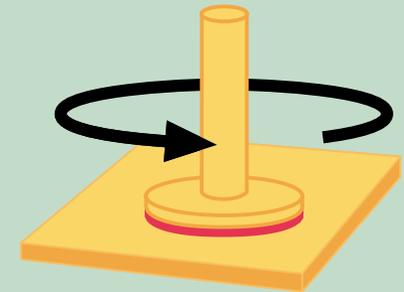
c) Zug-Scherbeanspruchung



d) Zugbeanspruchung



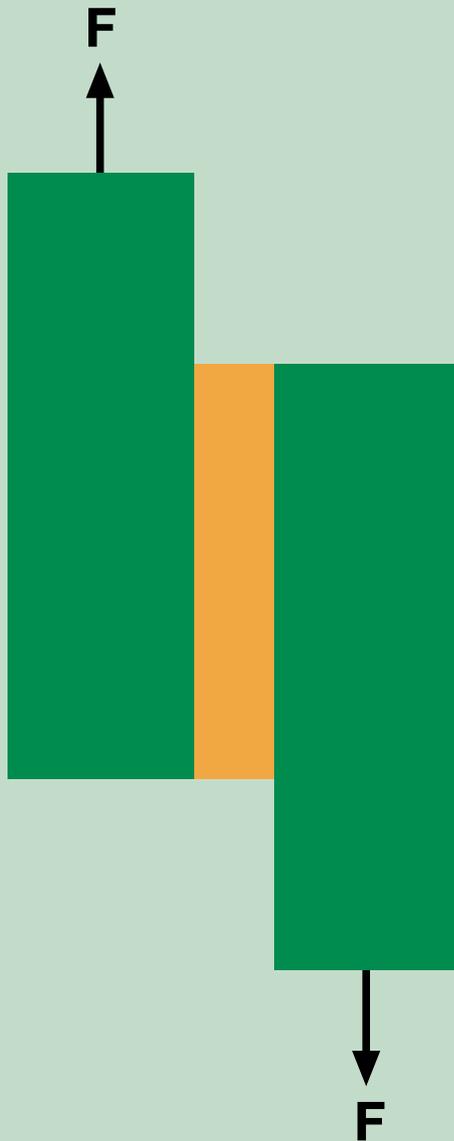
e) Druckbeanspruchung



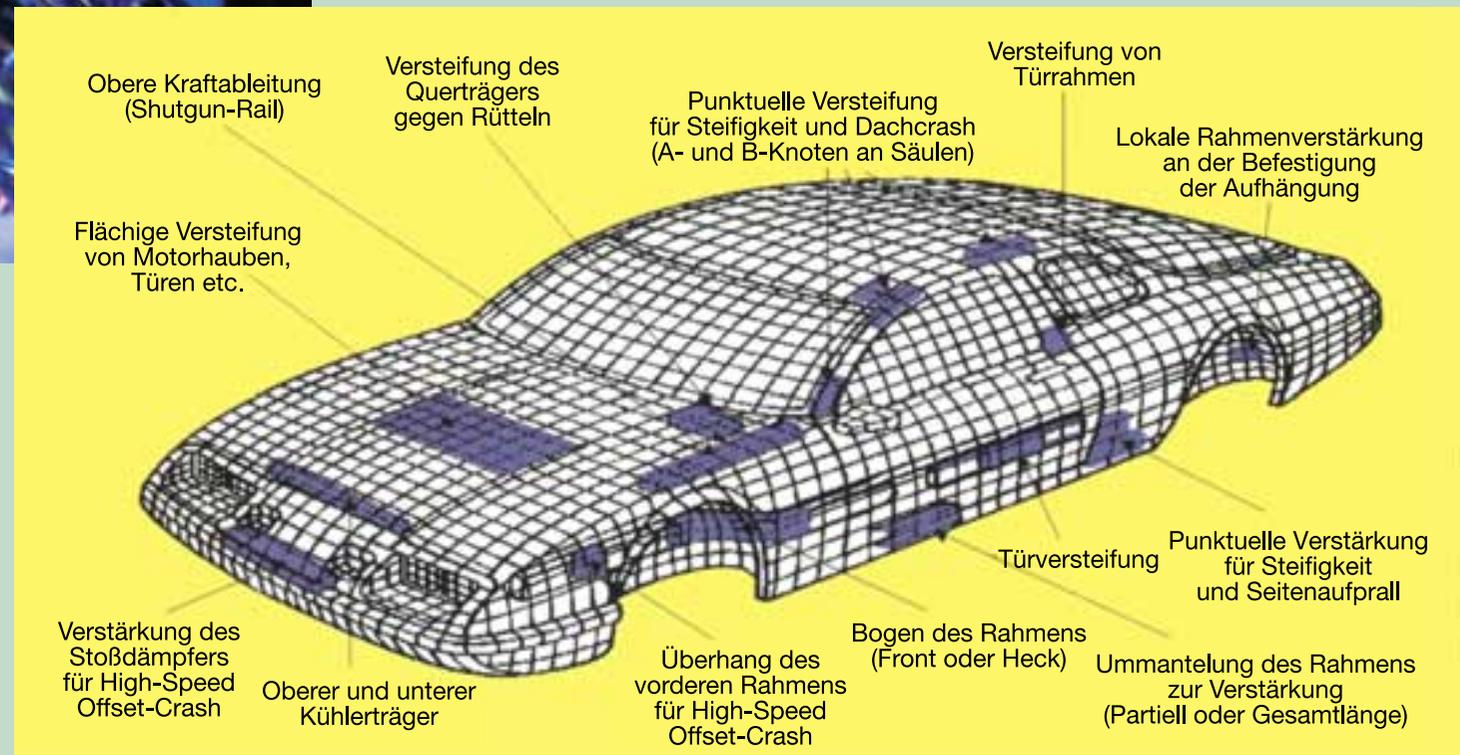
f) Torsionsbeanspruchung



# Zugscherversuch

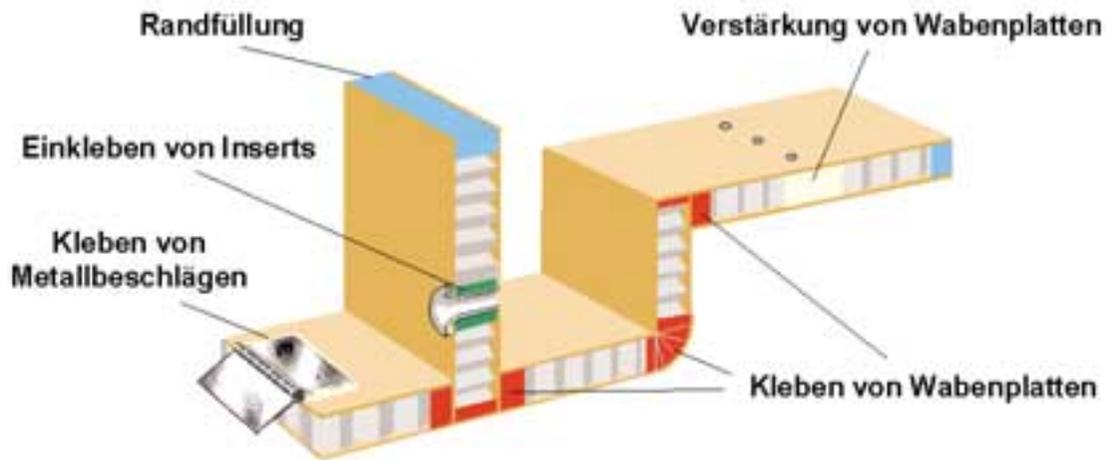


# Klebstoffanwendungen im Karosseriebau



# Kleben im Flugzeugbau

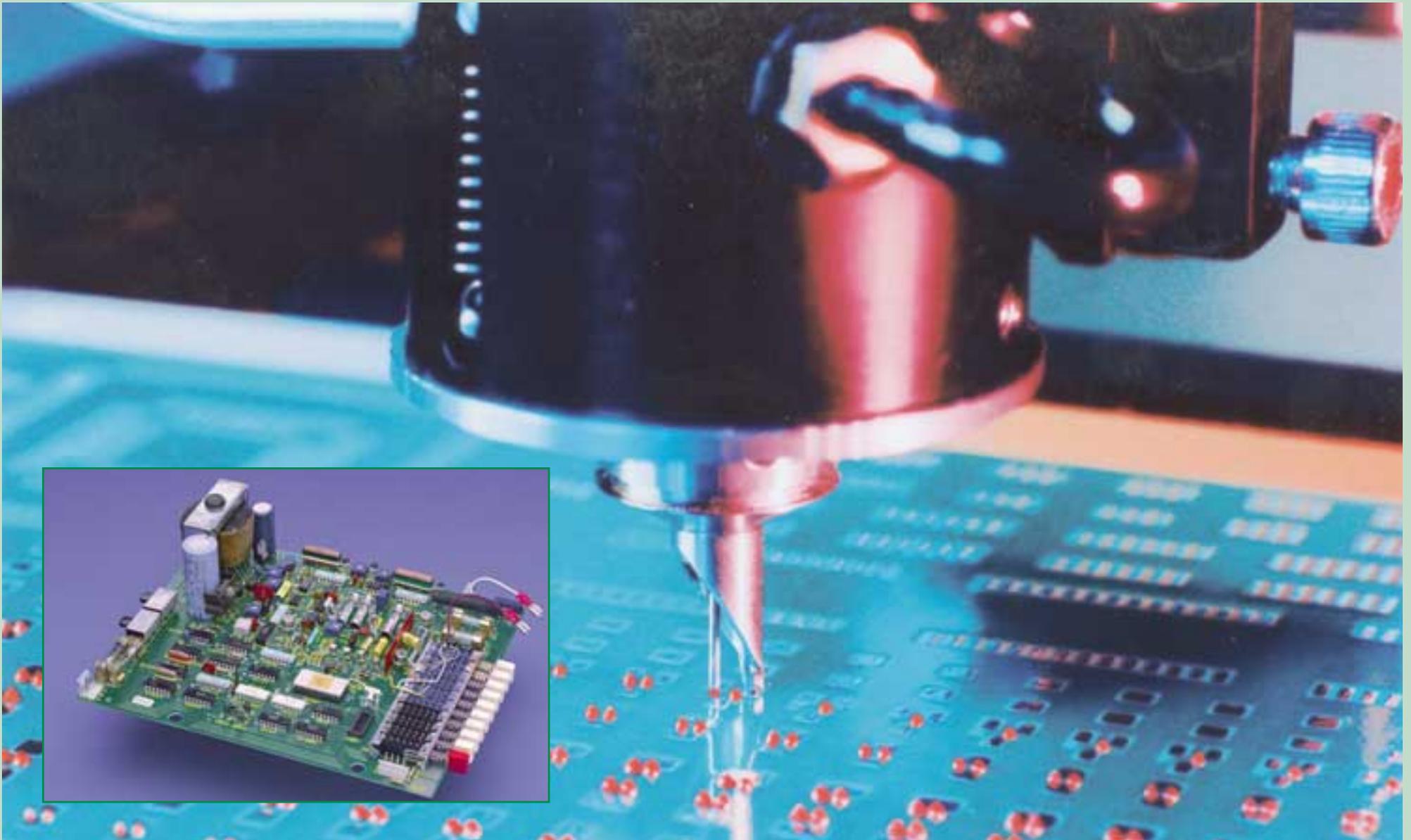
## Strukturen mit Leichtbau-Wabenplatten



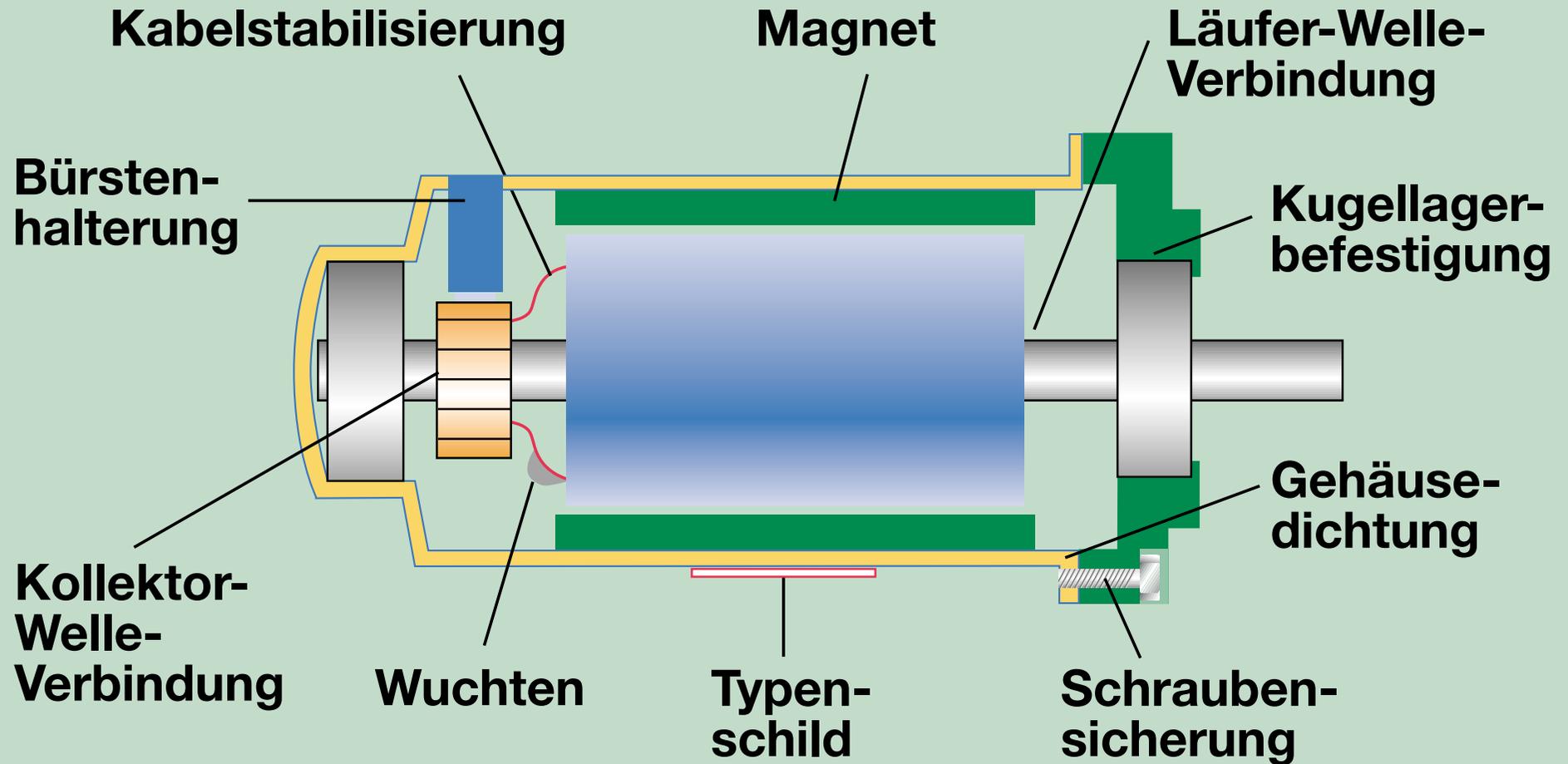
# Klebstoffanwendung im Containerbau



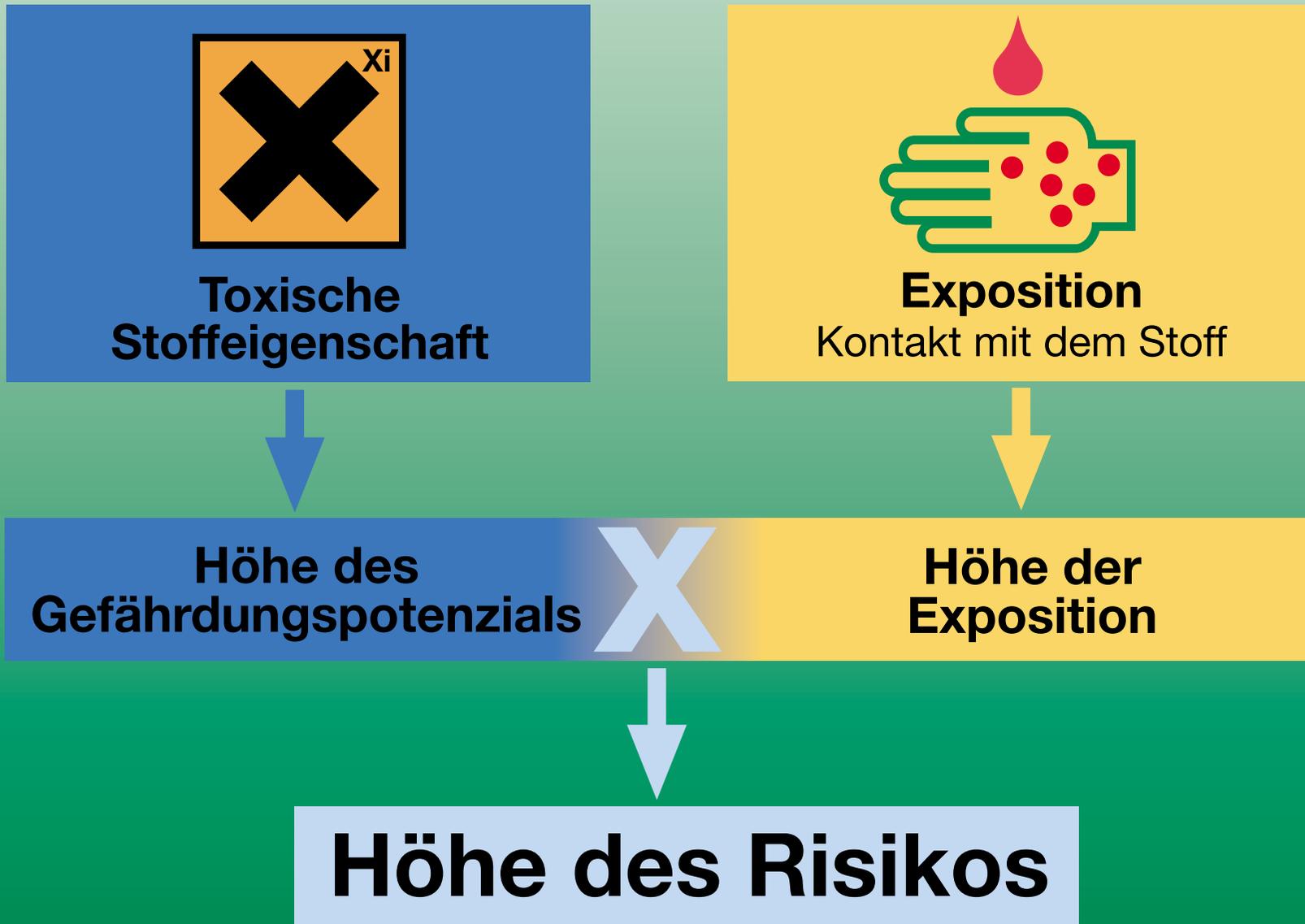
# Punktförmiger Klebstoffauftrag auf einer Leiterplatte



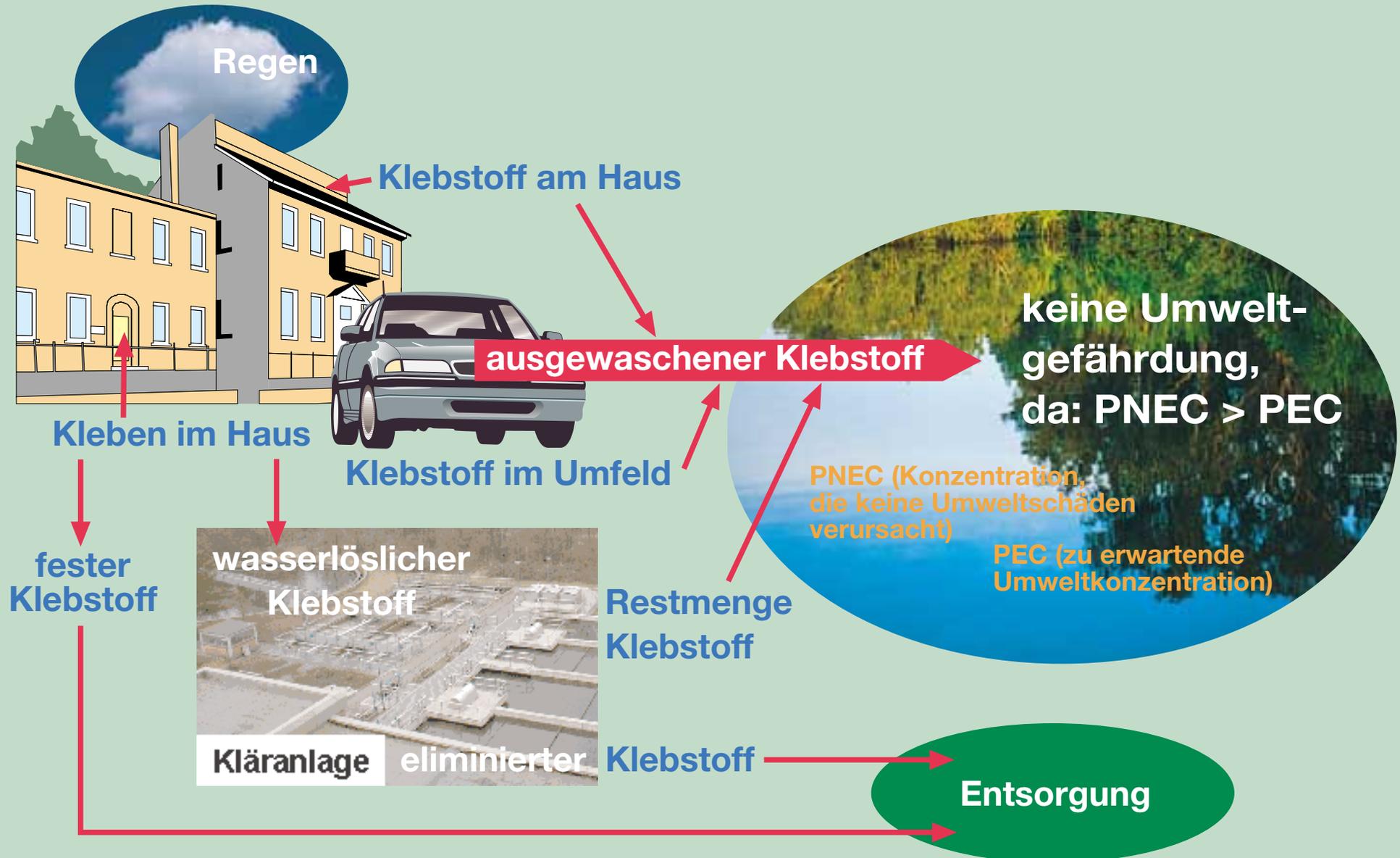
# Klebung im Elektromotorbau



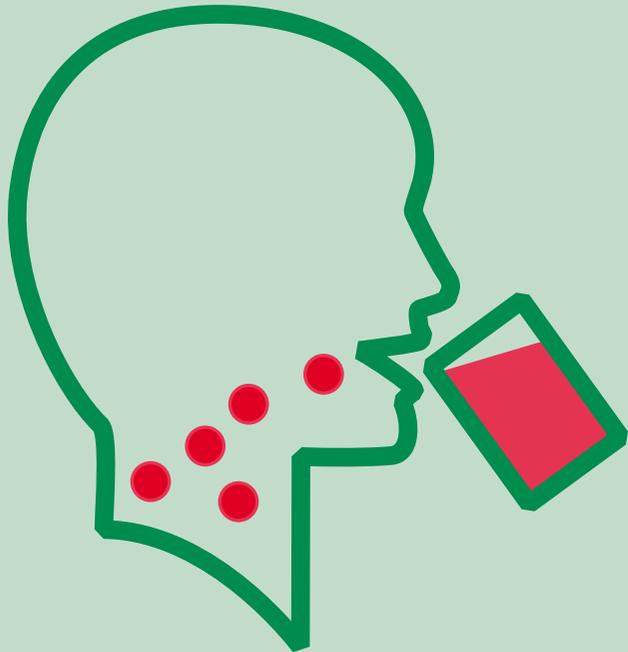
# Risikobewertung



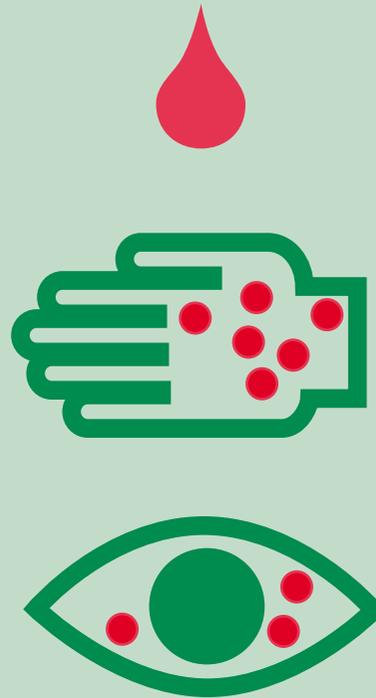
# Klebstoffe beim Endverbraucher



# Exposition



Das Verschlucken  
eines Stoffes (oral)



Die Aufnahme über  
die Haut oder über die  
Schleimhäute (dermal)



Das Einatmen  
(inhalativ)