

Vorlesung im Rahmen des
Lehrveranstaltung „Biotechnologie der
Holzverbundwerkstoffe“

Klebetechnologie

Dr. Christian Schöpfer

Tel: 0551 - 39 9745

mailto: cschoep@gwdg.de

Klebetechnologie - Definitionen

Klebstoff

DIN 16920 definiert einen Klebstoff als einen nichtmetallischen Stoff, der Füge­teile durch Flächenhaftung und innere Festigkeit (Adhäsion und Kohäsion) verbinden kann

Kleben

Fügen gleicher oder ungleicher Werkstoffe unter Verwendung eines Klebstoffes

Klebfläche

Die zu klebende Fläche eines Füge­teils

Klebefuge

Zwischenraum zwischen zwei Klebeflächen, der durch eine Klebschicht ausgefüllt ist

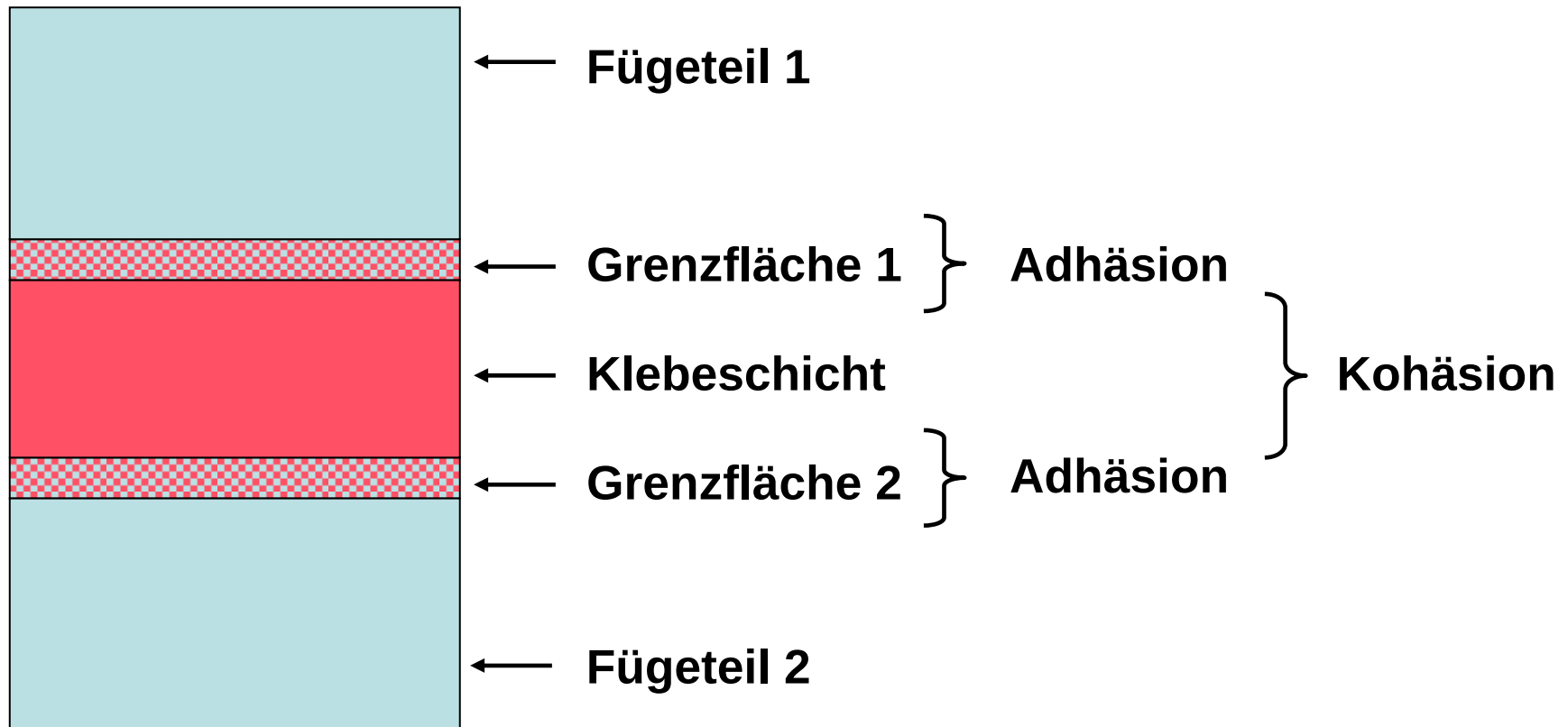
Klebschicht

Abgebundene oder noch nicht abgebundene Klebstoffschicht zwischen den Füge­teilen

Fügeteil

Körper, der an einen anderen Körper geklebt werden soll oder geklebt ist

Schematischer Aufbau einer Klebung



Adhäsion

„Adhäsion beschreibt die Gesetzmäßigkeit der Haftung von Klebeschichten an Fügeiteiloberflächen“

Spezifische Adhäsion

Alle chemischen und physikalischen Adhäsionserscheinungen, die auf Haupt- und Nebenvaleizkräfte beruhen

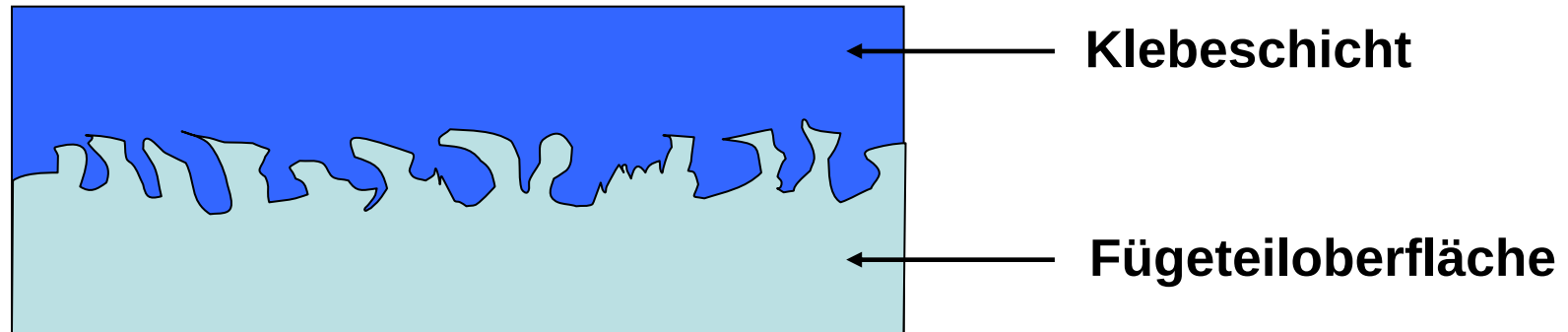
Mechanische Adhäsion

Mechanische Verankerung der Klebschichten von ursprünglich flüssigen Klebstoffen in Poren, Kapillaren und Hinterschneidungen

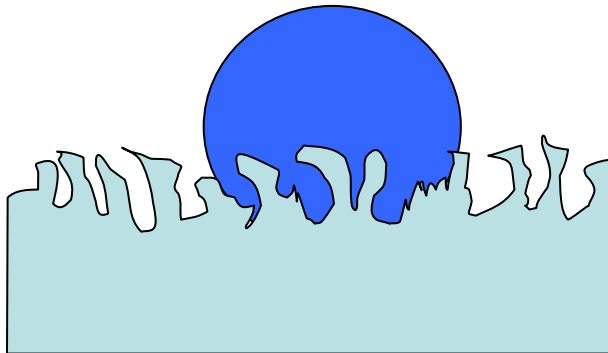
Autohäsion

Makromoleküle mit hoher Beweglichkeit, die unter Druck zu einer gegenseitigen Diffusion mit nachfolgender Verklammerung von Kettensegmenten fähig sind (Kautschukelastische Polymerschichten)

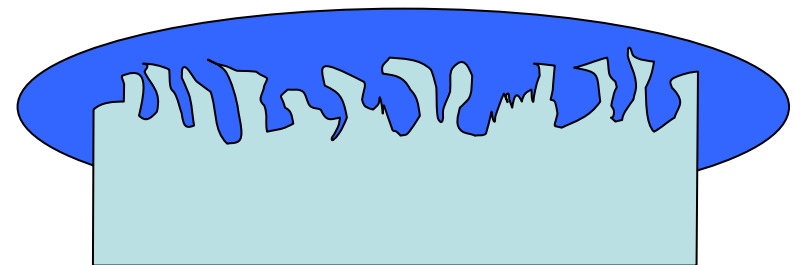
Mechanische Adhäsion



**Hochviskoser
Klebstoff**



**Niedrigviskoser
Klebstoff**



Kohäsion - Prinzip

- Kohäsion beschreibt die „innere Festigkeit“ eines Stoffes
- Die „innere Festigkeit“ basiert auf der Wirkung von Anziehungskräften zwischen gleichartigen Atomen bzw. Molekülen ein und desselben Stoffes
- Mechanische Verklammerung der fadenförmigen, linearen Molekülketten
- Homöopolare Bindungen der einzelnen Molekülketten

Kohäsionsfestigkeit - Einflussfaktoren

Kohäsionsfähigkeit ist eine Werkstoff- und Temperatur-abhängige Größe

Metalle

Flüssigkeiten

Gase



**Kohäsionsfähigkeit
nimmt ab**

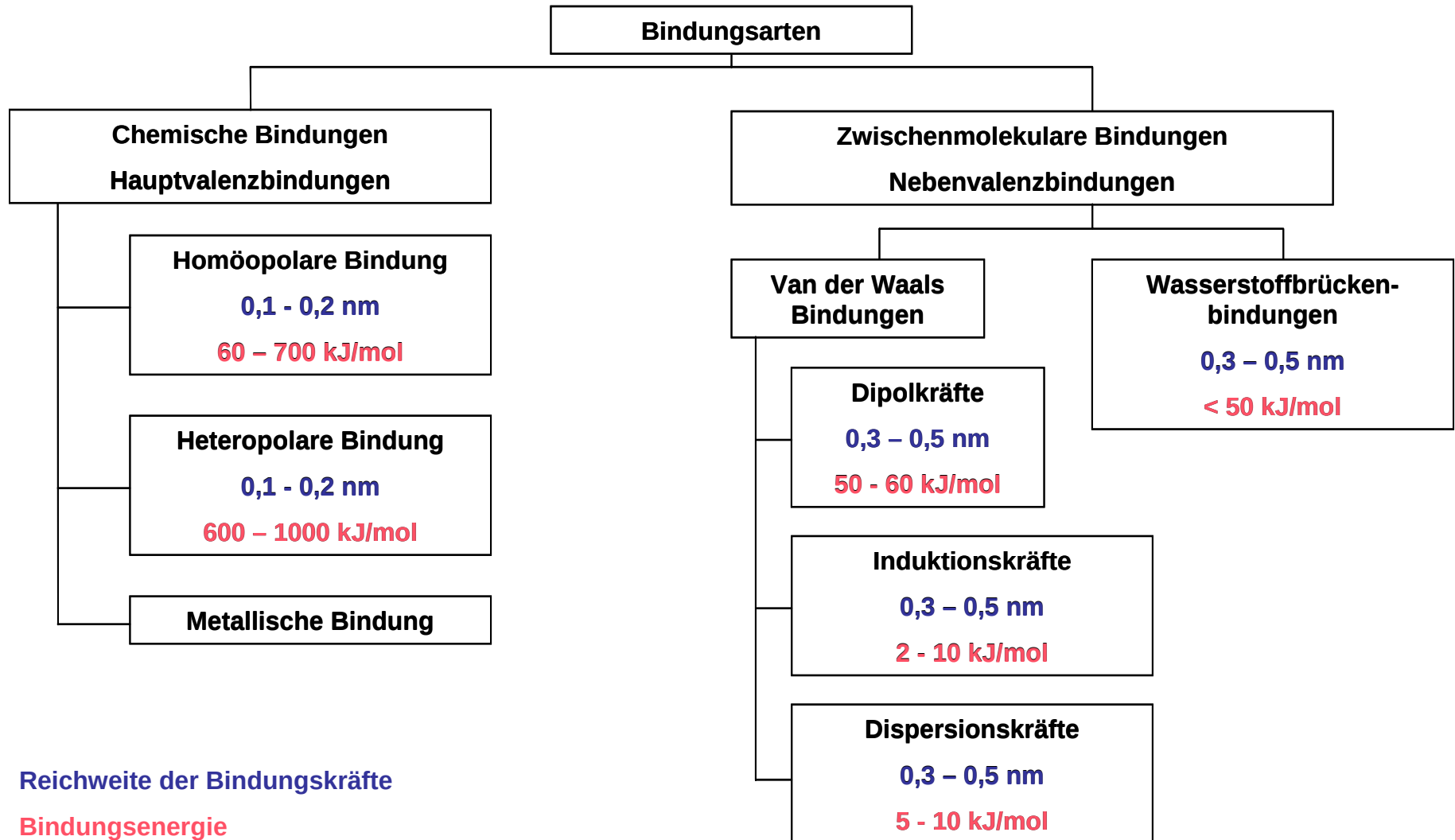


Niedrige Temperatur

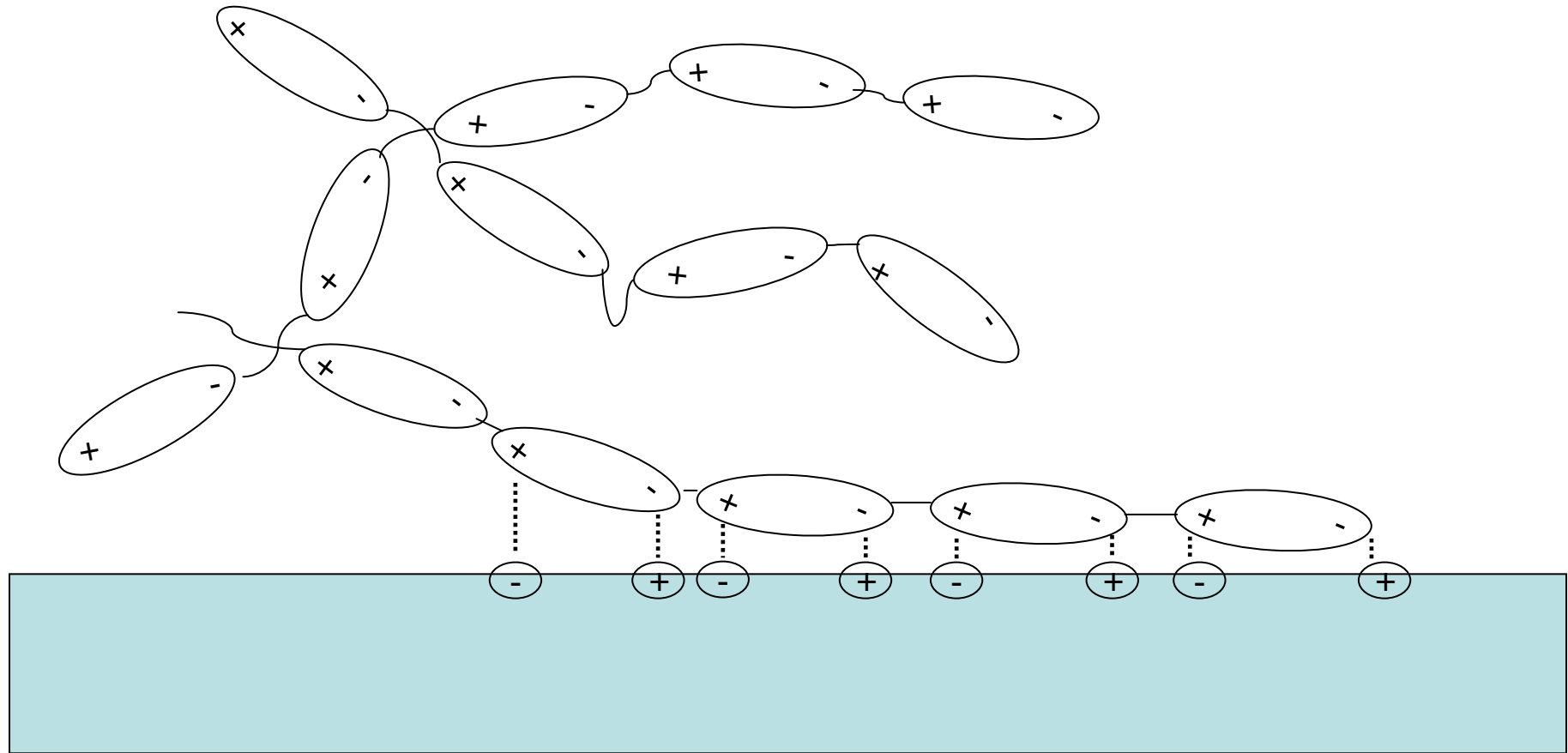
Hohe Temperatur

Das Molekulargewicht eines Polymers ist charakteristisch für den späteren Vernetzungsgrad. Der „kritische Polymerisationsgrad“ liegt zwischen 50 und 100 aneinander gelagerter Moleküle

Bindungsarten in Klebungen

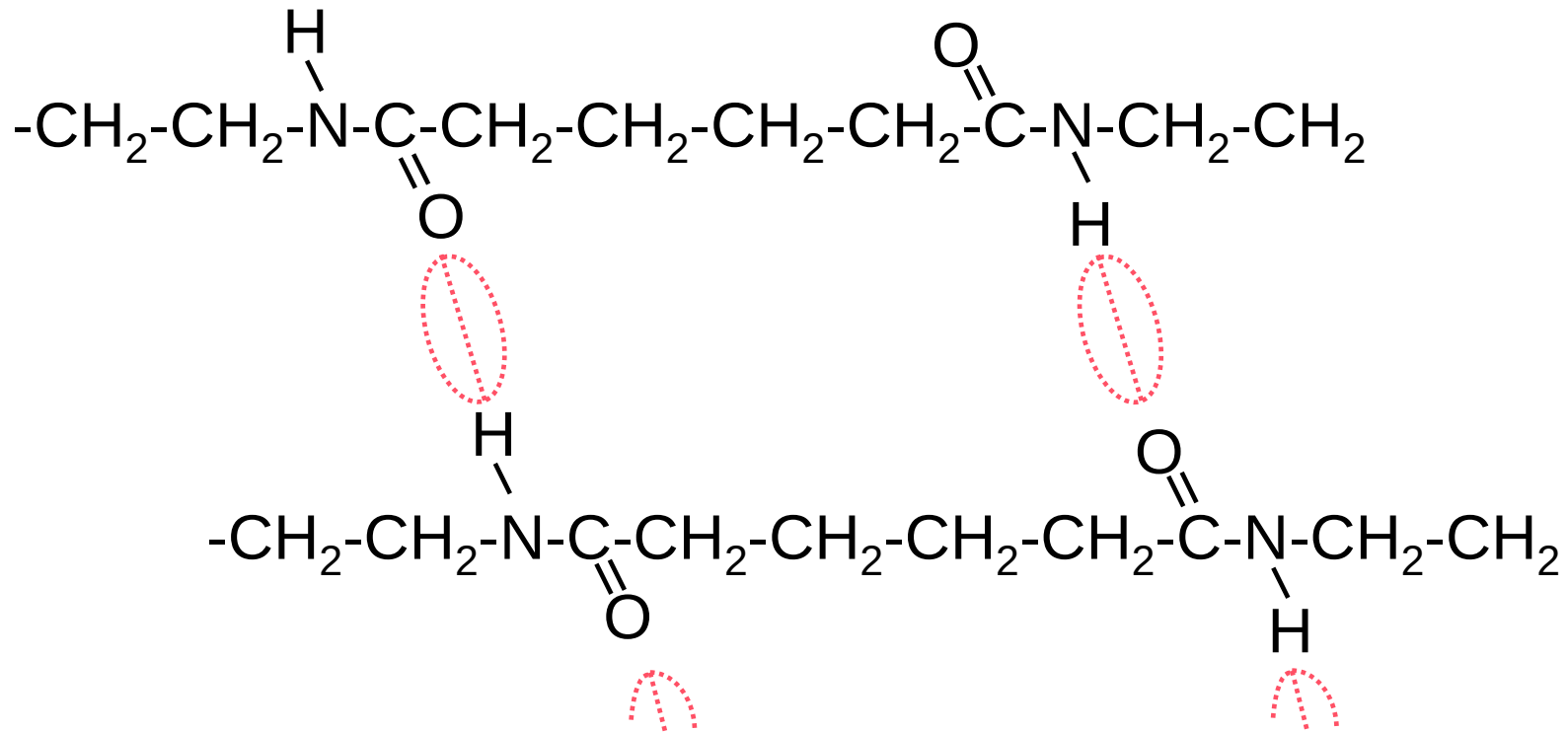


Dipolkräfte



Ausbildung von Adhäsionskräften infolge von Dipolwirkungen zwischen den Molekülen

Wasserstoffbrückenbindungen



Wasserstoffbrückenbindungen am Beispiel eines Polyamids

Charakteristische Bindungsarten von Klebstoffelementen

Bindungsart	Chemische Struktur	Beispiel
Kohlenstoff-Kohlenstoff	$ \begin{array}{c} \quad \quad \quad \quad \\ -C-C-C- \quad C=C \\ \quad \quad \quad \quad \end{array} $	Phenol-Formaldehyd-Harz
Esterbindung	$ \begin{array}{c} -C-O- \\ \\ O \end{array} $	Polyester
Etherbindung	$ \begin{array}{c} \quad \\ -C-O-C- \\ \quad \end{array} $	Epoxide
Amidbindung	$ \begin{array}{c} -C-N- \\ \quad \\ O \quad H \end{array} $	Polyamide
Urethanbindung	$ \begin{array}{c} -CH_2-N-C-O-CH_2- \\ \quad \\ H \quad O \end{array} $	Polyurethane

Funktionelle Gruppen in Monomermolekülen

Gruppe	Formel
Hydroxyl	-OH
Amino	-NH ₂
Säure	-COOH
Aldehyd	-CHO
Isocyanat	-N=C=O
Vinyl	-CH=CH ₂
Merkapto	-SH
Chlorid	-CL
Epoxid	-HC-CH ₂ -O
Cyan	-CN

Aufbau der Klebstoffe

Monomer

Ausgangsprodukt, dessen Moleküle einzeln vorliegen und die in Gegenwart von mindestens zwei funktionellen Gruppen zu einem Polymer reagieren

Polymer

Organischer Stoff, dessen hohes Molekulargewicht auf dem vielfachen des Grundmoleküls (Monomer) beruht

Oligomer

Monomere mit wenigen Monomereinheiten

Homopolymer

Polymer, das nur aus einer Art von Monomereinheiten besteht

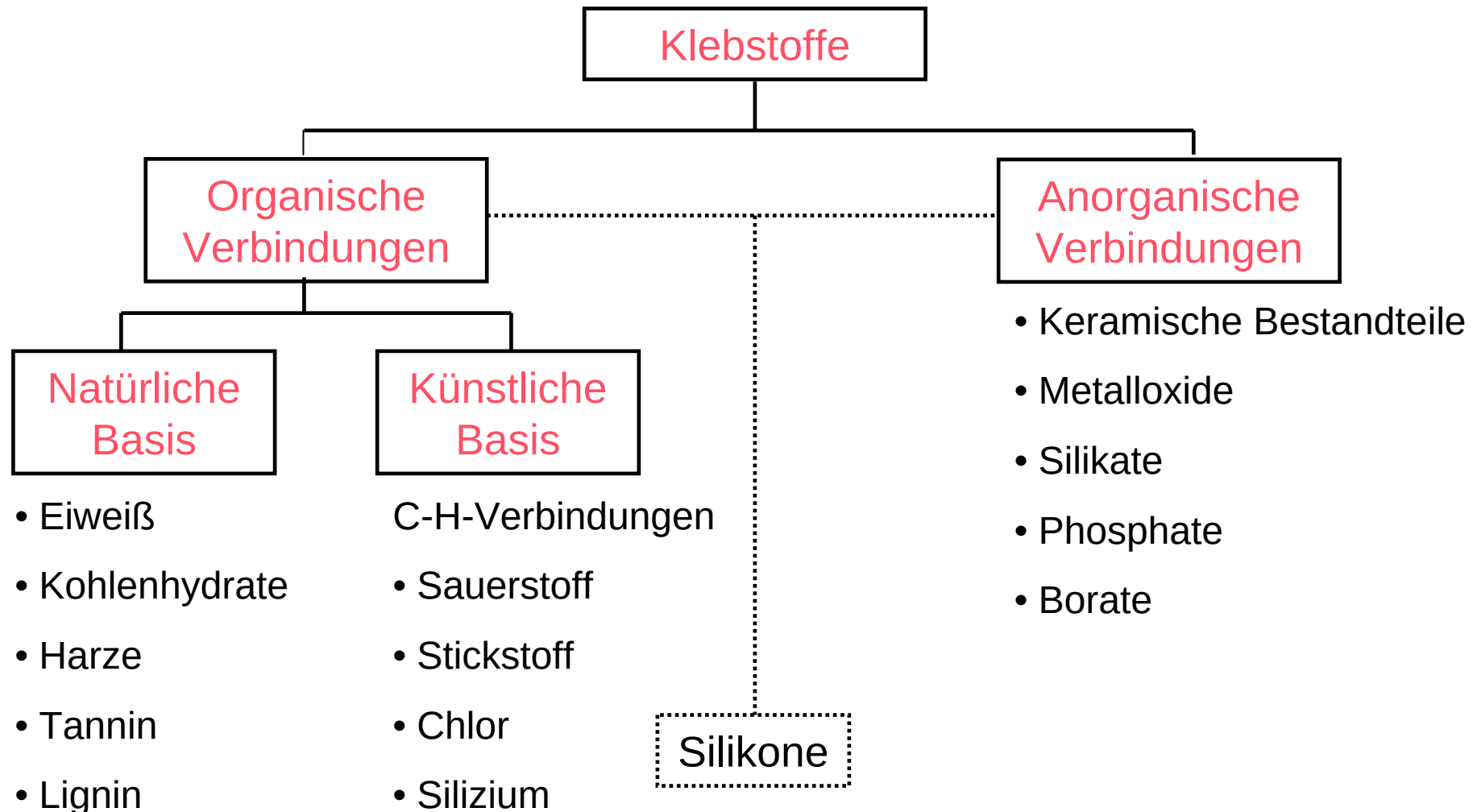
Co-Polymer

Mischpolymer, das aus mindestens zwei unterschiedlichen Monomeren aufgebaut ist

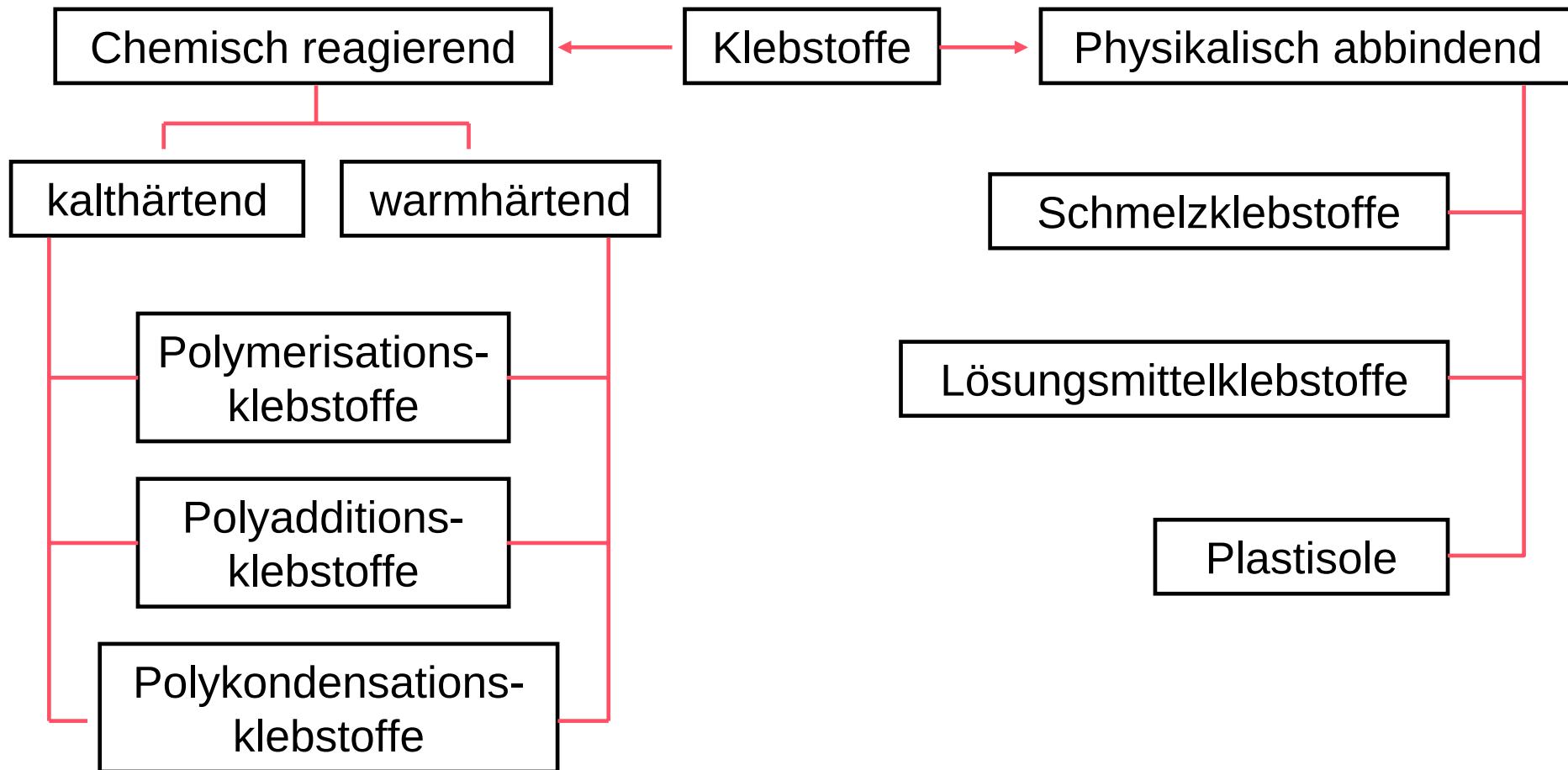
Pre-Polymer

Polymer, bestehend aus Monomeren ohne reaktive Gruppe

Klebstoffeinteilung nach der chemischen Basis



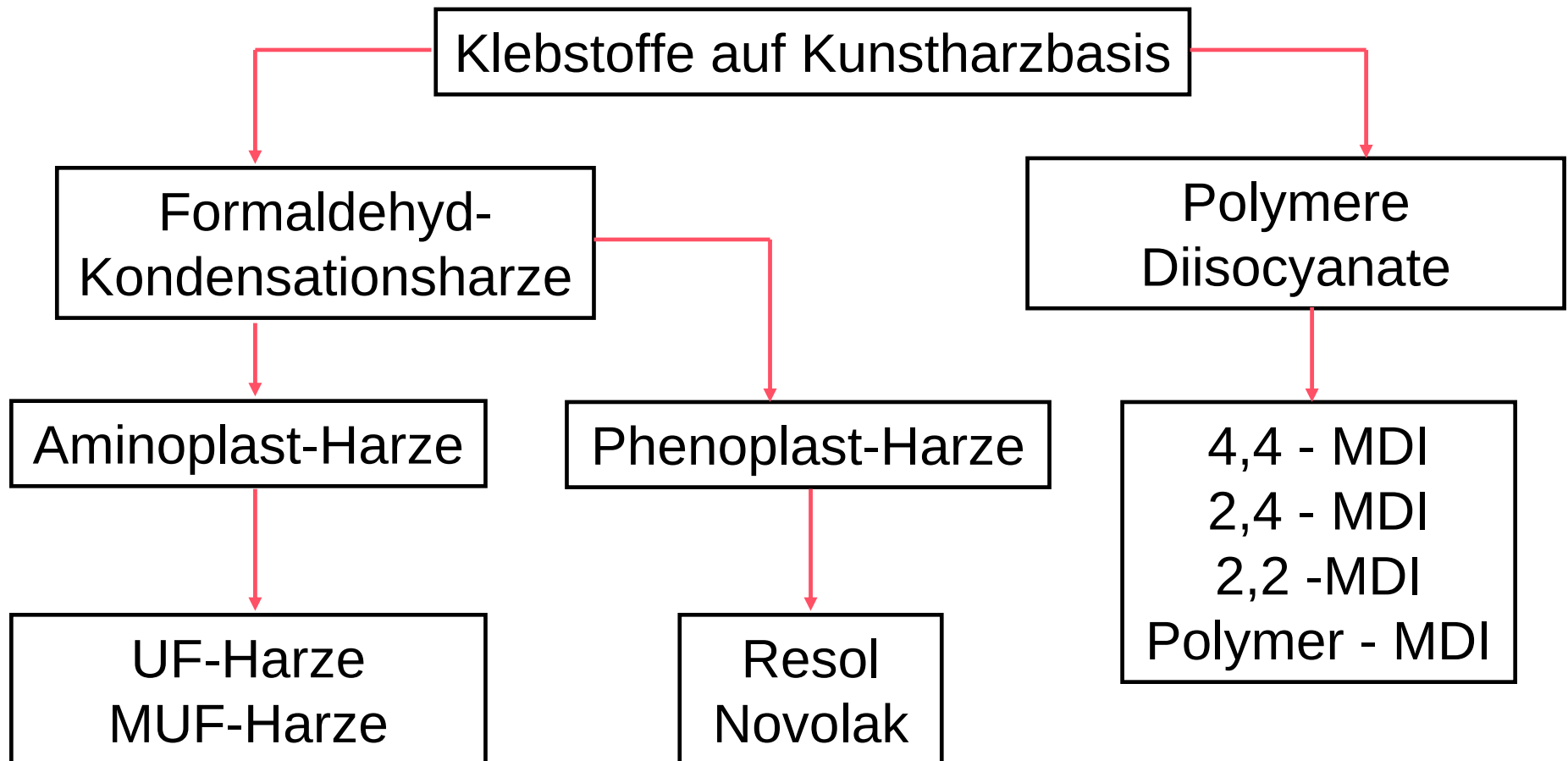
Klebstoffeinteilung hinsichtlich des Abbindemechanismus



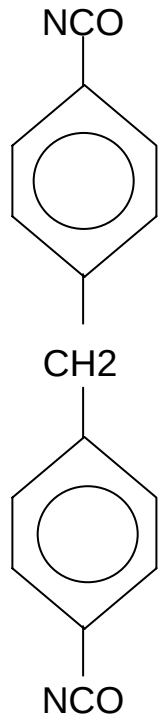
Polymerbildung

Gruppe	Produkte
Polymerisationsklebstoffe C-C Doppelbindungen im Molekül Katalysatoren oder Radikale Strahlung (UV, Elektronenstrahl)	Acrylate Ein- und Zweikomponenten- Polymerisationsklebstoffe Strahlungshärtende Klebstoffe
Polyaddition Anlagerung von verschiedenen reaktiven Monomermolekülen unter gleichzeitiger Wanderung eines Wasserstoffatoms	Epoxydharze Polyurethane
Polykondensation Die Reaktion von zwei Monomeren zu einem Polymermolekül unter Abspaltung von Säure, Wasser, Alkohol	Harnstoff-Formaldehyd-Harze Phenol-Formaldehyd-Harze

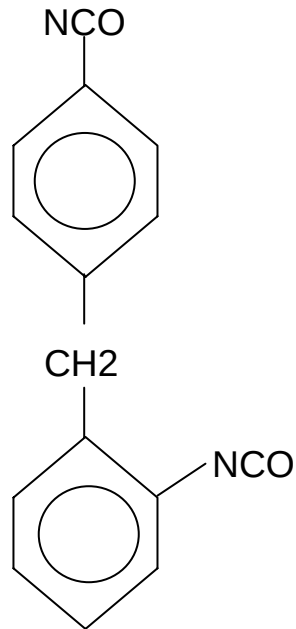
Einteilung der Klebstoffe auf Kunstharzbasis



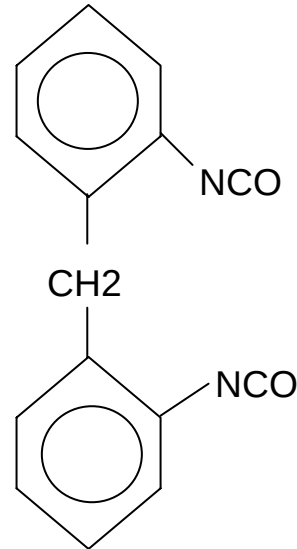
Polymere Diisocyanate



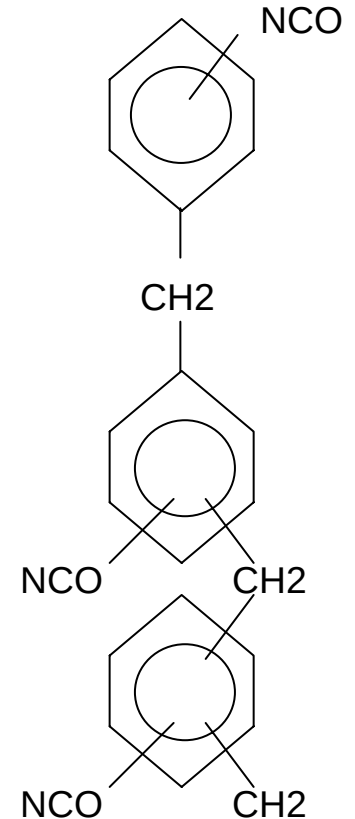
4,4-MDI



2,4-MDI



2,2-MDI



Polymer-MDI

Kondensationsharze auf Formaldehydbasis

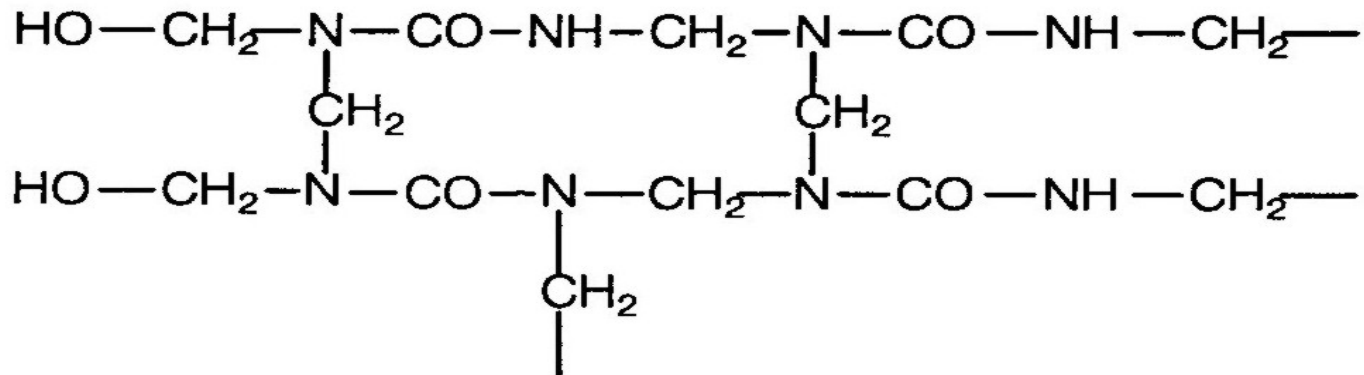
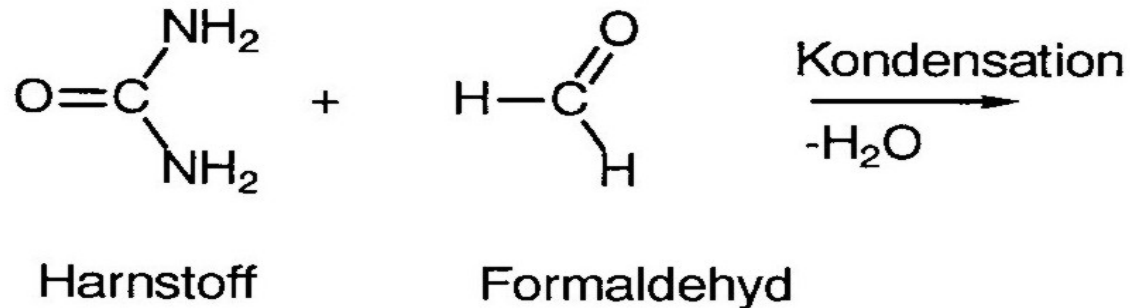
- Wässriges System, keine organischen Lösungsmittel
- Einfache Handhabung und Verarbeitung
- Breites Anwendungsspektrum
- Optimale Restholzverwertung
- Kalt- und Heißverleimung möglich
- Gute Kombination mit anderen Bindemittelsystemen
- Lange Topfzeit
- Hohe Festigkeit der Verleimung
- Niedriger Preis und gesicherte Verfügbarkeit
- Farblose Aushärtung
- Duroplastisches Verhalten
- Gute Beschichtbarkeit
- Schnelle Aushärtung

Harnstoff-Formaldehyd-Harze

Besitzt eine Aminogruppe ($-\text{NH}_2$), die entweder in Form einer **Aminbindung** ($\text{R}-\text{NH}_2$) oder einer **Amidbindung** ($\text{R}-\text{CO}-\text{NH}_2$)

Herstellung von UF-Harzen besteht aus einer **Additionsreaktion** in schwach saurer Lösung und einer anschließenden **Polykondensationsreaktion** in saurem Milieu

Harnstoff-Formaldehyd-Harze



Harnstoff-Formaldehydharz (Aminoplast)

Reduzierung des U/F Molverhältnisses

U / F Molverhältnis	Anwendungszweck
1 : 1,85	Klassischer UF - Sperrholzleim
1 : 1,55	Formaldehydarker Sperrholzleim in Kombination mit HCHO Fängern
1 : 1,60	Ehemaliger „E3-Spanplattenleim“
1 : 1,30	Ehemaliger „E2-Spanplattenleim“
1 : 1,05	„E1-Spanplatten- und MDF-Leim“
1 : < 1	Span- und MDF-Leime HCHO arm

Herabsetzung des U/F Molverhältnisses

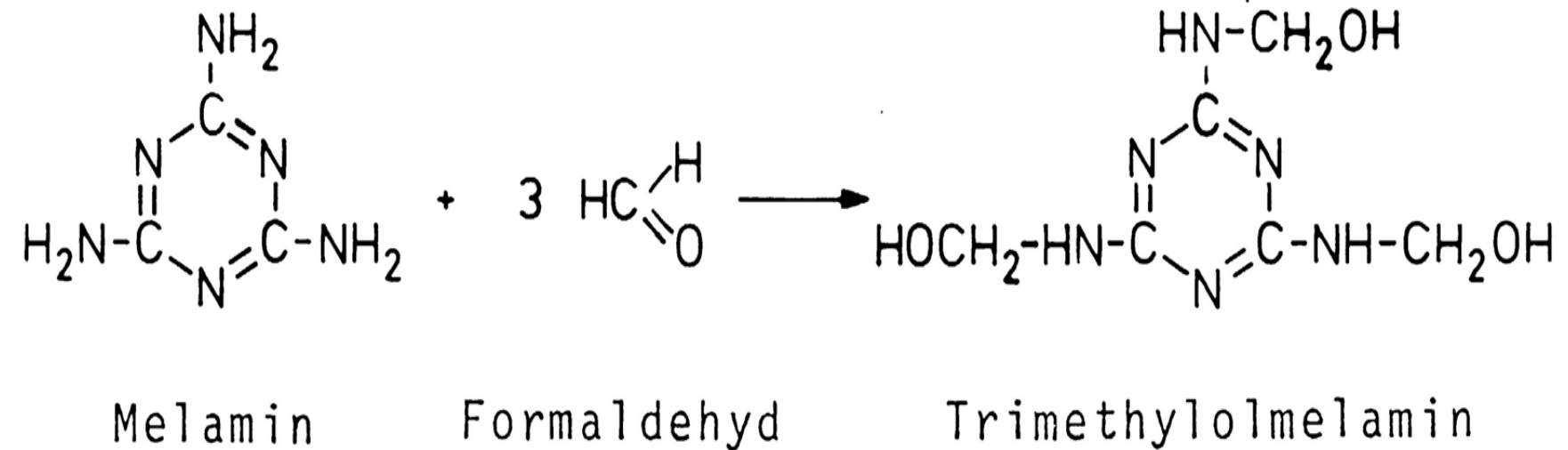
Sinken

- Die Reaktivität des Harzes
- Die Viskosität des Harzes
- Der Vernetzungsgrad des ausgehärteten Harzes

Steigen

- Die Wasseraufnahme des ausgehärteten Harzes
- Die mit Wasser extrahierbaren Bestandteile aus dem Werkstoff
- Die Gelierzeit der Leimflotte

Melamin-Harze



Phenol-Formaldehyd-Harze

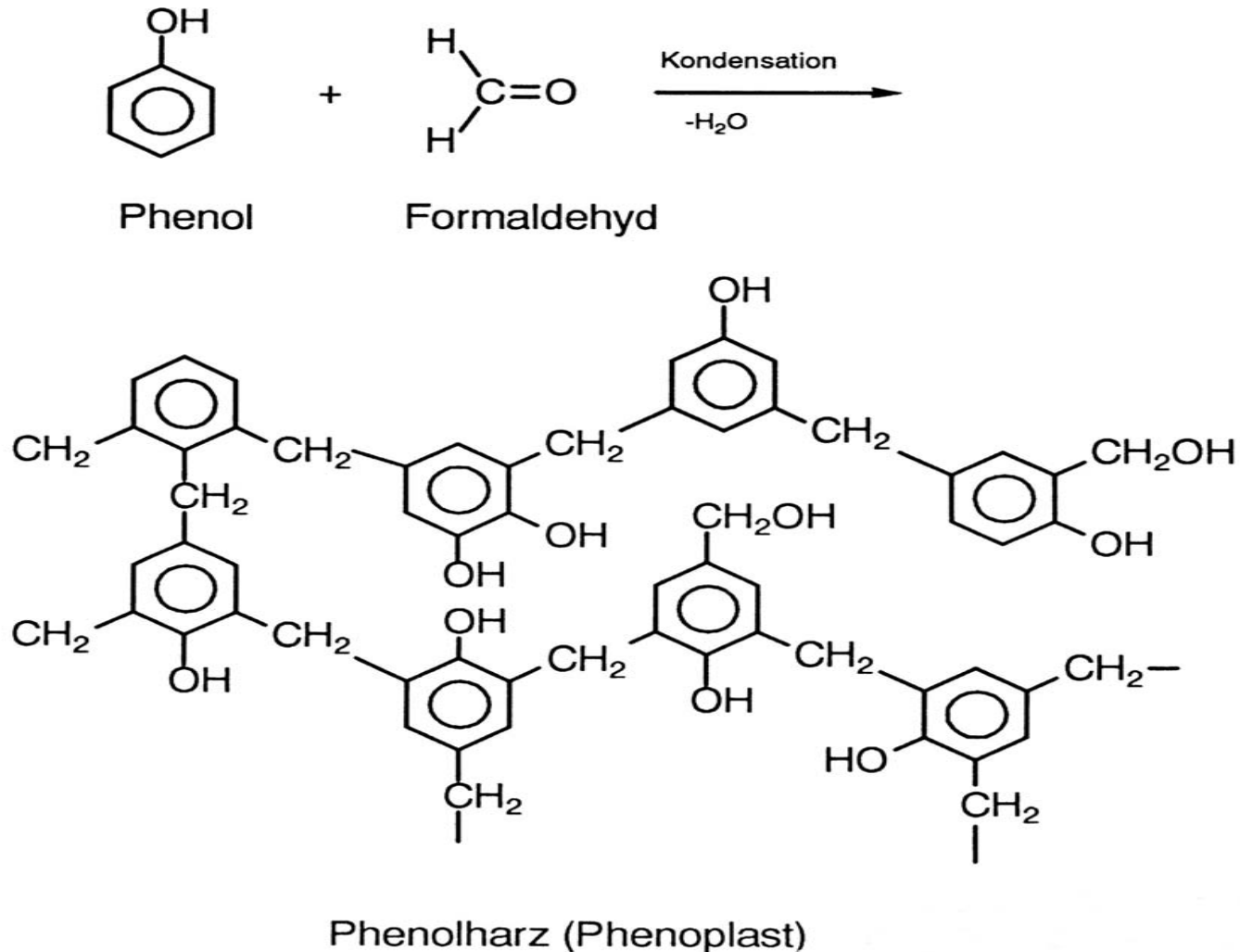
Phenoplast, der zur Gruppe der Polymerverbindungen gehört

Verknüpfung der Phenolmoleküle erfolgt nach Wasserabspaltung über **Methylengruppe** oder **Dimethylenätherbrücke**

Resole: Wasserunlöslich nach dem Heißpressen

Novolake: Dauernd löslich und schmelzbar

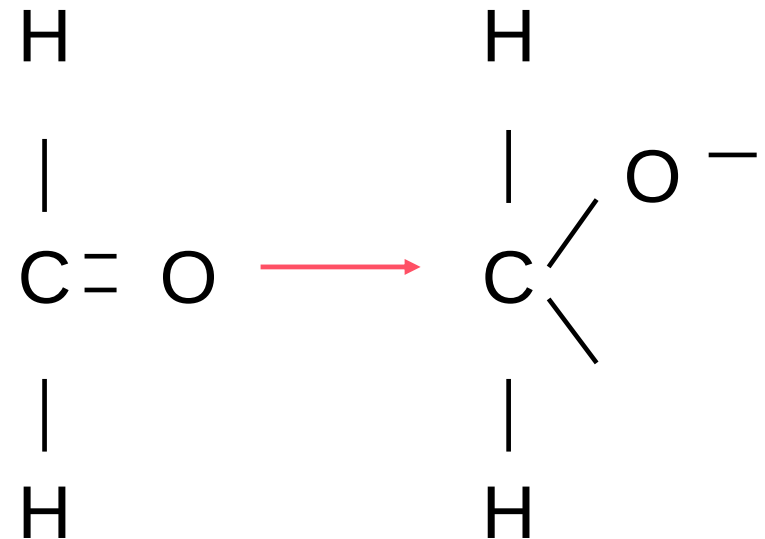
Phenol-Formaldehyd-Harze



Formaldehyd

Aufgrund seiner Bifunktionalität ist Formaldehyd in der Lage, als verknüpfende Komponente zu Molekülen mit funktionellen Gruppen zu dienen

Wichtigster Reaktionspartner für Phenole, Phenolderivate und Aminogruppen ($-\text{NH}_2$)



Formaldehyd - Richtwerte

Standard für dreischichtige Spanplatten liegt bei aktuell 7 mg Formaldehyd / 100 g Holzwerkstoff

Standard für Faserplatten (LDF, MDF, HDF) liegt zur Zeit bei 8 mg Formaldehyd / 100 g Holzwerkstoff

E₁ Platte soll einen Richtwert von 4 mg Formaldehyd / 100g Holzwerkstoff erfüllen

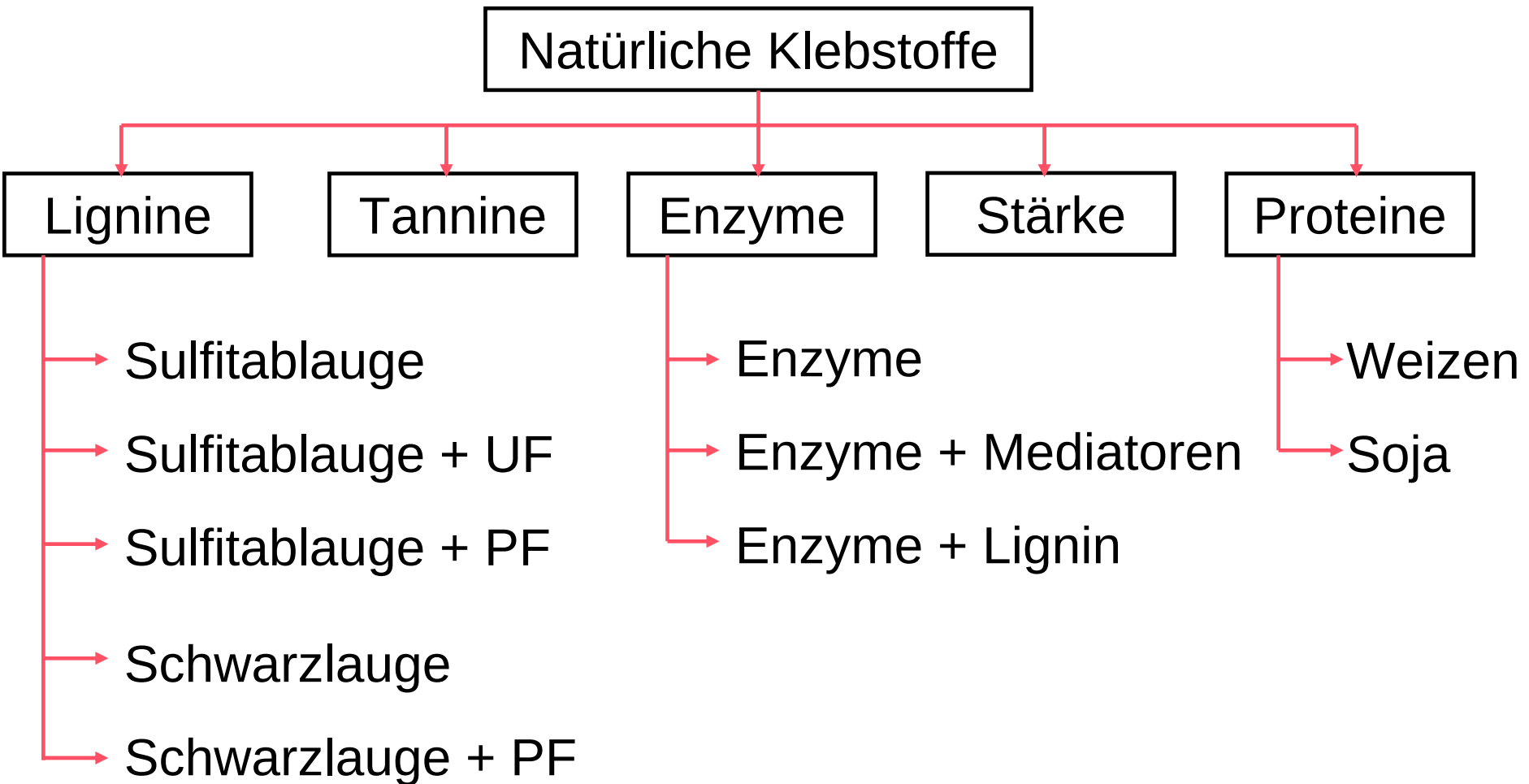
Japanese International Standard (JIS) beträgt 2 mg Formaldehyd / 100 g Holzwerkstoff

E₀ Platte bewegt sich im Bereich 0,5 bis 0,8 mg Formaldehyd / 100 g Holzwerkstoff

Formaldehyd - Messverfahren

- Perforator-Methode
- 1m³ Kammer-Methode
- Gasanalyseverfahren
- WKI - Flaschenmethode
- Japanese International Standard (JIS - Organisation)

Einteilung der natürlichen Klebstoffe



Bindemiteinsatz in der Holzwerkstoffindustrie

HWS	Bindemittel
Spanplatten	85 % UF-Harze, 15 % PF-, MUF-Harze und PMDI
Faserplatten	86 % UF-Harze, 10 % MUF-Harze, 4 % PMDI
OSB	80 % PF-Harze, 20 % PMDI, früher UF- und MUF-Harze
Sperrholz	Innenanwendung UF-Harze, Außenanwendung PF-Harze
Waferboards	Hauptsächlich PMDI, geringe Mengen PF-Harze

Zuschlagstoffe in der Holzwerkstoffindustrie

- **Hydrophobierungsmittel** auf Paraffinbasis
- **Formaldehydfängersubstanzen**
- **Härter**
- **Fungizide, Pestizide, etc.**

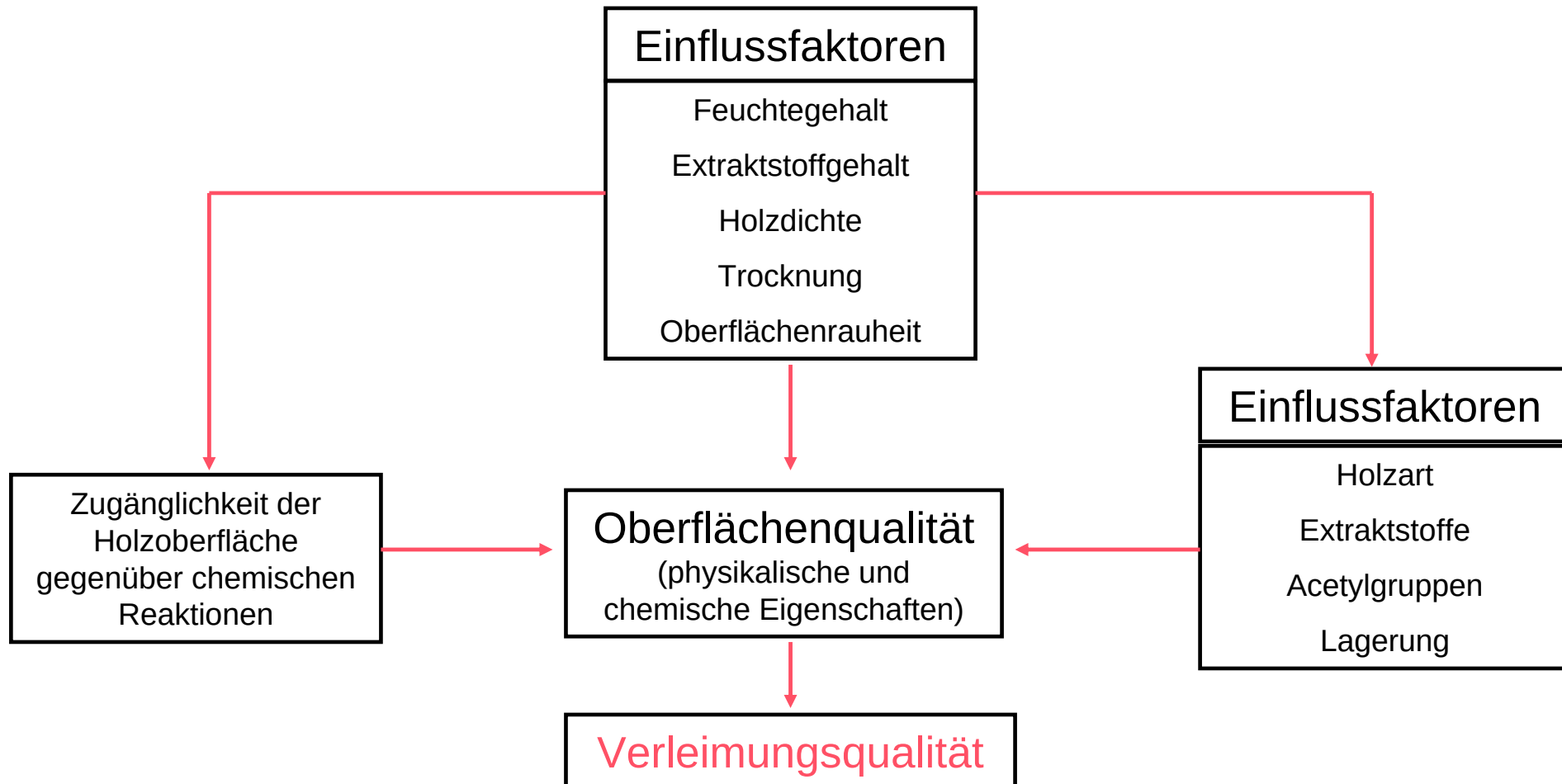
Bindemittelkosten

Bindemittel	Kosten (€ / Tonne atro)
UF - Harz	600
PF - Harz	900
MUF - Harz	750
PMDI	1.800

Einflussfaktoren auf die Verleimung

- Benetzung der Oberfläche
- Chemische Wechselwirkung zwischen Bindemittel, Zuschlagstoffen und Holz
- Verdichtung der Leimfuge

Holzabhängige Einflussfaktoren auf die Verleimungsqualität



Beleimungsverfahren in der Holzwerkstoffindustrie

- Blowline - Verfahren

LDF, MDF, HDF

- Trockenbeleimung

LDF, MDF, HDF, Spanplatten, OSB

- Stationäres Mischer-Verfahren

Spanplatten, OSB

Einfluss des Heißpressvorgangs

- Presstemperatur
- Wärme- und Feuchtetransport
- Pressdruck
- Leimansatz und Topfzeit
- Dampfdruck
- Leimauftrag
- Feuchtigkeit des Vlieses oder Spankuchens
- Verdichtung mit anfänglichem Spannungsaufbau und abschließendem Spannungsabbau

Presstechnologien in der Holzwerkstoffindustrie

- Einetagenpressen
- Mehretagenpressen
- Kalanderpresse
- Controllpressen

Bindemittelentwicklung

- Verfügbarkeit der Komponenten muss gesichert sein
- Feststoffgehaltserhöhung
- Viskosität
- Reaktivität, Aushärtung, Dauerhaftigkeit
- Handhabbarkeit mit bestehender Fertigungstechnologie

Charakteristika für Bindemittel

- Zusammensetzung
- Feststoffgehalt
- Eigenfarbe
- Geruch
- Reinheit
- Lagerstabilität
- Simple Handhabung
- Ökologisches Verhalten
- Kaltklebrigkeit
- Transport- und Verarbeitungsrisiken
- Verleimungsqualität
- Klimabeständigkeit
- Reaktivität, Durchhärtung, Vernetzung
- Viskosität
- Verträglich mit Zusatzstoffen
- Keine Emissionen

Literatur

- Habenicht, G. (1986): Kleben – Grundlagen, Technologie, Anwendungen. Springer-Verlag
- Dunky, M., Niemz, P. (2002): Holzwerkstoffe und Leime – Technologie und Einflussfaktoren. Springer-Verlag
- Hemingway, R. W., Conner, A. H. (1989): Adhesives from Renewable Resources. American Chemical Society, Washington D. C.
- Minford, J., D. (1991): Treatise on Adhesion and Adhesives. Marcel Dekker Inc.
- Roffael, E., Schäfer, M. (2002): Bedeutung der Extraktstoffe des Holzes in biologischer, chemischer und technologischer Sicht. Universitätsverlag der Georg-August-Universität Göttingen