
1 Einteilung und Aufbau der Klebstoffe

1.1 Begriffe und Definitionen

Aus dem täglichen Sprachgebrauch sind zur Beschreibung klebender Substanzen verschiedene Ausdrücke, wie z.B. Leim, Kleister, Kleber oder sonstige Namen, die ihren Ursprung z.T. in alten Zunfttraditionen oder Anwendungsmöglichkeiten haben, bekannt. Ergänzend hierzu finden auch Begriffe Verwendung, die in Zusammenhang mit verarbeitungstechnischen Gesichtspunkten, z.B. Lösungsmittelklebstoff, Haftklebstoff, oder nach der auftretenden Verfestigungsart, z.B. Reaktionsklebstoff, Schmelzklebstoff gewählt werden. Als einheitlichen Oberbegriff, der die anderen gebräuchlichen Begriffe für die verschiedenen Klebstoffarten einschließt, definiert DIN EN 923 einen *Klebstoff* als einen „*nichtmetallischen Stoff, der Füge­teile durch Flächenhaftung und innere Festigkeit (Adhäsion und Kohäsion) verbinden kann*“. Unter Klebstoffen sind demnach Produkte zu verstehen, die gemäß ihrer jeweiligen chemischen Zusammensetzung und dem vorliegenden physikalischen Zustand zum Zeitpunkt des Auftragens auf die zu verbindenden Füge­teile oder während ihrer Erwärmung (z.B. Klebstofffolien) eine Benetzung der Oberflächen ermöglichen und in der Klebfuge die für die Kraftübertragung zwischen den Füge­teilen erforderliche Klebschicht ausbilden. Ergänzend sind die folgenden Definitionen zu erwähnen:

- **Kleben:** Fügen gleicher oder ungleicher Werkstoffe unter Verwendung eines Klebstoffes;
- **Klebung:** Verbindung von Füge­teilen, hergestellt mit einem Klebstoff (der Begriff „Klebung“ ist also an die Stelle der bisher allgemein gebrauchten Bezeichnung „Kle­bverbindung“ getreten);
- **Klebläche:** Die zu klebende oder geklebte Fläche eines Füge­teils bzw. einer Klebung;
- **Klebfuge:** Zwischenraum zwischen zwei Kleblächen, der durch eine Klebschicht ausgefüllt ist;
- **Klebschicht:** Abgebundene oder noch nicht abgebundene Klebstoffschicht zwischen den Füge­teilen (Bemerkung: Um eine einheitliche Beschreibung sicherzustellen, wird in diesem Buch, wenn nicht anders vermerkt, unter der Klebschicht ausschließlich die abgebundene, also im festen Zustand vorliegende Klebschicht verstanden);

- **Fügeteil:** Körper, der an einen anderen Körper geklebt werden soll oder geklebt ist;
- **Abbinden:** Verfestigen der (flüssigen) Klebschicht. Zur Begriffsbestimmung im Hinblick auf „Härtung“ bzw. „Aushärtung“ siehe Abschnitt 12.3.4.
- **Abbindezeit:** Zeitspanne, innerhalb der die Klebung nach dem Vereinen der Fügeteile eine für die bestimmungsgemäße Beanspruchung erforderliche Festigkeit erreicht.

In der Vergangenheit hat sich der Begriff „strukturelles Kleben“ vielfältig eingeführt. Eine exakte Definition ist bisher nicht geprägt worden, doch ist davon auszugehen, dass mit dieser Ausdrucksweise eine durch das Kleben mögliche konstruktive Gestaltung mit hoher Festigkeit bzw. Steifigkeit bei weitgehend gleichmäßiger und günstiger Spannungsverteilung beschrieben werden soll. Weiterhin charakterisiert dieser Begriff auch die Forderung an eine Klebung, die an sie gestellten mechanischen und durch Alterungsvorgänge bedingten Beanspruchungen dauerhaft ohne Versagen zu erfüllen.

1.2 Einteilung der Klebstoffe

Es hat in der Vergangenheit nicht an Bemühungen gefehlt, die bekannten Klebstoffe nach bestimmten Kriterien mittels allgemein verständlicher und aussagekräftiger Ordnungsprinzipien zu systematisieren. Hierbei hat sich gezeigt, dass mit zunehmender Universalität der Darstellungen die Aussagekraft für den interessierten Anwender gemindert wird. Eine Beschreibung der Systematik der Klebstoffe soll sich daher darauf beschränken, zwei der wichtigsten Ordnungsprinzipien darzustellen und die für diese charakteristischen Zusammenhänge in kurzer Form zu erläutern.

1.2.1 Einteilung nach der chemischen Basis

Wie Bild 1.1 zeigt, werden zwei Gruppen unterschieden, und zwar die auf organischen und anorganischen Verbindungen basierenden Klebstoffe. Von diesen beiden Gruppen stellen die organischen Klebstoffe den weitaus größten Anteil dar und von diesen werden wiederum die Klebstoffe auf künstlicher Basis am häufigsten eingesetzt.

Als wesentliche Unterscheidungskriterien ergeben sich entsprechend dieser Einteilung:

- Die unterschiedlichen *Klebfestigkeiten* und *Alterungsbeständigkeiten* innerhalb der organischen Verbindungen, die bei Klebstoffen auf künstlicher Basis wesentlich höhere Werte aufweisen.
- Die *Verarbeitungs-* und *Anwendungstemperaturen*. Klebstoffe auf organischer Basis werden im Vergleich zu den anorganischen Verbindungen bei

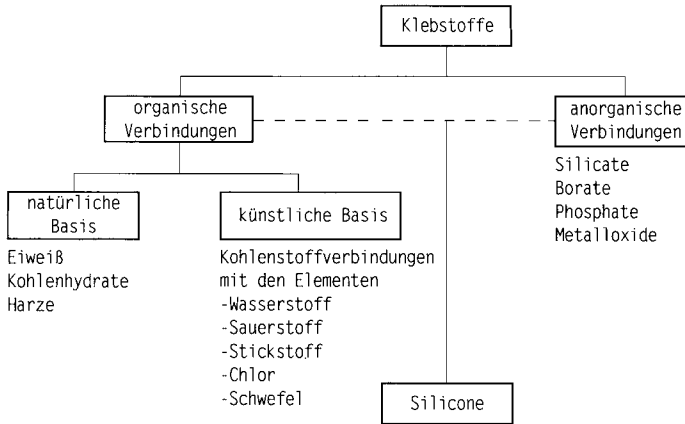


Bild 1.1. Einteilung der Klebstoffe nach der chemischen Basis

niedrigeren Temperaturen verarbeitet und besitzen ihnen gegenüber daher auch nur eine geringere thermische Beständigkeit.

Die Silicone stellen ihrer Art nach Verbindungen mit organischen und anorganischen Merkmalen dar.

1.2.2

Einteilung nach dem Abbinde Mechanismus

Dieser Einteilung liegen die folgenden Kriterien zugrunde (Bild 1.2):

- **Molekülzustand zu Beginn des Klebens.** Bei den *chemisch reagierenden Systemen* liegen reaktionsbereite Monomer- bzw. Prepolymermoleküle gleicher oder verschiedener Art vor, die zeit- und/oder temperaturabhängig, ggf. unter Anwendung von Druck, miteinander in der Klebfuge zu der polymeren Klebschicht reagieren. Die *physikalisch abbindenden Systeme* bestehen bereits aus Polymerverbindungen, die über Lösungsmittelsysteme oder erhöhte Temperaturen in einen benetzungsfähigen Zustand gebracht werden bzw. durch Druckanwendung Adhäsionskräfte mit den Fügeflächen ausbilden (Abschn. 3.4.7). In der Klebfuge findet demnach keine chemische Reaktion mehr statt.
- **Anzahl der an der Reaktion beteiligten Komponenten.** Bei den *chemisch reagierenden Systemen* bewirken in der Regel zwei miteinander gemischte Reaktionspartner die Klebschichtbildung (Zweikomponenten-Reaktionsklebstoffe, Abschn. 2.2.1.5 und 2.2.2.2) oder ein Reaktionspartner findet die zweite für die Reaktion erforderliche „Komponente“ in den chemischen Bedingungen der Klebfuge (z. B. Feuchtigkeit) vor (Einkomponenten-Reaktionsklebstoffe, Abschn. 2.1.1.1 und 3.1.2).

Die *physikalisch abbindenden Systeme* bestehen grundsätzlich aus nur einer Komponente, nämlich dem bereits im endgültigen Zustand befindlichen Poly-

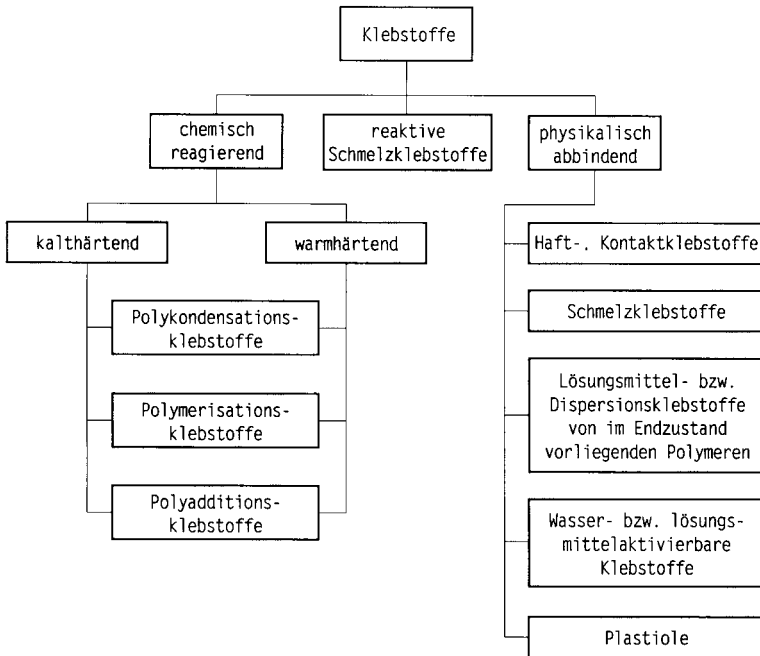


Bild 1.2. Einteilung der Klebstoffe nach dem Abbinde- und Mechanismus

mer, dem je nach den gegebenen Erfordernissen Stabilisatoren, Weichmacher oder auch Füllstoffe zugemischt sein können (Einkomponentenklebstoff).

Die in Bild 1.2 erwähnten *reaktiven Schmelzklebstoffe* stellen eine Kombination beider Abbinde- und Mechanismen dar. Sie werden in erwärmtem Zustand auf die Fügeteile aufgetragen, ergeben nach Abkühlung eine ausreichende Handhabungsfestigkeit der Klebung und härten anschließend über eine chemische Reaktion vollständig aus (Kombinationshärtung). Typische Vertreter dieser Klebstoffe sind auf Epoxidharzbasis (Abschn. 2.2.1.8) und Polyurethanbasis (Abschn. 2.2.2.5) aufgebaut.

In Zusammenhang mit der Problematik von Lösungsmittlemissionen gelten die in Abschnitt 12.5 aufgeführten Verordnungen, insbesondere die VOC- (volatile organic compounds) Richtlinie. Eine in der Praxis ebenfalls geläufige Einteilung der Klebstoffe in lösungsmittelfreie („100%“-) und lösungsmittelhaltige („nicht 100%“-) Systeme hat den Nachteil, dass die „nicht 100%“- Systeme sehr unterschiedliche Lösungsmittelgehalte aufweisen und somit – auf die verarbeitete Menge bezogen – keine Aussage hinsichtlich der tatsächlichen Lösungsmittlemission ermöglichen.

Die Einteilung der Klebstoffe nach ihrer Entstehungsreaktion und Polymerstruktur ergibt sich aus Tabelle 2.4, die Zuordnung der verschiedenen Basismonomere zu den einzelnen Klebstoffarten erfolgt bei der Einzelbeschreibung der Klebstoffe.

Weitere Ordnungskriterien, die in diesem Zusammenhang nicht näher behandelt werden sollen, wären z. B. die Einteilung nach der Verarbeitungsmethode, dem thermischen Verhalten, dem Einsatzzweck, den Klebeigenschaften oder den Lieferformen.

Ergänzende Literatur zu Abschn. 1.2: [F19, K81, K82].

1.3 Aufbau der Klebstoffe

Der chemische Aufbau der (organischen) Klebstoffe ist dem der Kunststoffe und der entsprechenden Ausgangsprodukte sehr eng verwandt. Die aus diesen Klebstoffen durch entsprechende chemische Reaktionen sich ausbildenden Klebschichten sind daher den organischen Polymerverbindungen zuzuordnen. Die auch als „Polyreaktionen“ bezeichneten Bildungsmechanismen führen dabei zu Molekülstrukturen, die je nach ihrem Aufbau die Eigenschaften der Klebschichten sehr wesentlich bestimmen. Für das Verständnis des chemischen Aufbaus von Klebstoffen und Klebschichten ist daher die Kenntnis der folgenden Zusammenhänge wichtig:

- Der chemische Aufbau der jeweiligen Monomere,
- die vom Monomer zum Polymer führenden Reaktionsmechanismen,
- die Struktur der Polymere.

Für die Begriffe Monomer und Polymer gelten folgende Definitionen:

- **Monomer:** Ausgangsprodukt, dessen Moleküle einzeln vorliegen und die in Folge Vorhandenseins von mindestens zwei funktionellen (reaktionsfähigen) Gruppen in der Lage sind, durch eine chemische Reaktion ein Polymer zu bilden.
- **Polymer:** Organischer Stoff, dessen hohes Molekulargewicht auf der vielfachen Wiederkehr eines Grundmoleküls (Monomer, Struktureinheit) beruht. Bei Polymeren mit nur wenigen Monomereinheiten spricht man von *Oligomeren*. Linear aufgebaute Oligomere mit einer größeren Anzahl von Monomereinheiten (sog. Makromonomere), die an beiden Enden funktionelle Gruppen aufweisen, werden als telechelische Polymere (*Telechele*) bezeichnet (Telomerisation). Als *Homopolymer* bezeichnet man ein Polymer, das nur aus einer Art von Monomereinheiten bei gleichartiger Verknüpfungsweise der Monomere aufgebaut ist. Unter einem *Copolymer* bzw. *Mischpolymer* ist ein Polymer zu verstehen, das sich aus verschiedenartigen (mindestens zwei) Monomereinheiten aufbaut (Abschn. 2.1.3).
- **Prepolymere** sind Polymere, die nur aus einer begrenzten Anzahl von Monomeren bestehen, aber noch reaktive Gruppen (Abschn. 1.3.1) aufweisen. Ihre Viskosität liegt in der Regel deutlich über der der reinen Monomere.

Der Schwerpunkt der folgenden Betrachtungen liegt bei den Klebstoffen auf Basis der künstlichen organischen Verbindungen, da diese den größten Anwendungsbereich besitzen.

1.3.1

Chemischer Aufbau der Monomere

Als wesentliche Elemente sind am Aufbau der organischen Klebstoffe Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Chlor (Cl), Schwefel (S) und Silizium (Si) beteiligt. Die in Tabelle 1.1 dargestellten kennzeichnenden Bindungsarten dieser Elemente untereinander sind für Klebstoffe charakteristisch. Der Zusammenhalt der Atome oder Atomgruppen untereinander erfolgt dabei über Hauptvalenzbindungen (Abschn. 6.1).

Die Vielfalt der Reaktionsmöglichkeiten der erwähnten Elemente mit- und untereinander ergibt außerordentlich große Variationen zur Erzielung spezifischer Klebstoffeigenschaften. Entscheidend für die Reaktionsfähigkeit der Monomermoleküle zu Polymerverbindungen ist das Vorhandensein funktioneller, d. h. reaktionsfähiger Atomgruppierungen in einem Monomer. An diesen Stellen erfolgt bei der Reaktion die Verknüpfung der Einzelmoleküle zu dem Makromolekül.

Die wichtigsten funktionellen Gruppen für Klebstoffe sind in Tabelle 1.2 wiedergegeben. Neben der Vereinigung der Monomere zu der Polymerklebschicht als lastübertragende Komponente in einer Klebung müssen die Monomere ebenfalls in der Lage sein, während der Aushärtung der Klebschicht im Grenzschichtbereich zu den Füge-teilen ausreichende Adhäsionskräfte zu bilden. Wie bei der Beschreibung der Adhäsion noch näher erläutert wird (Abschn. 6.1.4 und 6.2.1), ist hierfür das Vorhandensein von Atomen oder Atomgruppierungen mit polaren Eigenschaften sowie ihre gegenseitige Zuordnung innerhalb eines Moleküls eine wesentliche Voraussetzung.

Tabelle 1.1. Charakteristische Bindungsarten der am Aufbau von Klebstoffen beteiligten Elemente

Bindungsart	chemische Struktur	Beispiele
Kohlenstoff-Kohlenstoff-Einfach- und Doppelbindung	$\begin{array}{c} & & & & & \\ -C- & C- & C- & & C= & C \\ & & & & & \end{array}$ ebenfalls verzweigte Ketten und -C-C-Ringstrukturen	Polyethylen Polyisobutylen Phenol-Formaldehyd-Harz
Esterbindung	$\begin{array}{c} -C-O- \\ \\ O \end{array}$	Polyester
Etherbindung	$\begin{array}{c} & & \\ -C-O-C- \\ & & \end{array}$	Epoxide
Amidbindung	$\begin{array}{c} -C-N- \\ & \\ O & H \end{array}$	Polyamide
Urethanbindung	$\begin{array}{c} -CH_2-N-C-O-CH_2- \\ & \\ H & O \end{array}$	Polyurethane

Tabelle 1.2. Funktionelle Gruppen in Monomermolekülen

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

Diese Zusammenhänge und der strukturelle Aufbau der Klebstoffe werden bei der Behandlung der verschiedenen Klebstoffsysteme im Einzelnen erläutert, da es sich als zweckmäßig erwiesen hat, den Aufbau der Klebstoffe nach ihrer chemischen Formulierung zu beschreiben. Von diesem grundsätzlichen Aufbau leiten sich dann ebenfalls die entsprechenden Reaktionsmechanismen ab, die zu den Klebschichten mit ihren jeweiligen Eigenschaften führen.

Es ist jedoch bereits an dieser Stelle wichtig zu erwähnen, dass es nicht möglich ist, aus der Kenntnis der Zusammensetzung eines Klebstoffs oder aus dem strukturellen Aufbau der Basismonomere Rückschlüsse auf das Verhalten der Klebschicht in der Klebung zu ziehen. Für eine Aussage müssen in jedem Fall die Reaktionsbedingungen Temperatur, Zeit und Druck berücksichtigt werden, da sie die Art der Reaktion und das entstehende Polymerprodukt entscheidend beeinflussen (Abschn. 3.1.1).

Bei der Betrachtung des chemischen Aufbaus der Klebstoffe ist weiterhin festzustellen, dass zur Erzielung optimaler Klebschichteigenschaften auch Monomermischungen eingesetzt werden können, um die jeweils vorteilhaften Eigenschaften der Basismonomere miteinander zu kombinieren oder gegensätzliche Eigenschaften in ihren Auswirkungen (z.B. sprödes – flexibles Verhalten) zu kompensieren. Als weitere Maßnahmen zur Beeinflussung der Klebschichteigenschaften und der Reaktionsmechanismen bieten sich Zusätze ergänzender Klebstoffkomponenten an, wie z.B. Stabilisatoren, Katalysatoren, Antioxidantien, Weichmacher usw. Diese Möglichkeiten werden im Zusammenhang mit den entsprechenden Klebstoffen detaillierter beschrieben.

Bei der Konzeption des chemischen Aufbaus eines Klebstoffs stehen demnach die folgenden beiden Überlegungen im Vordergrund:

- Monomere einzusetzen, die aufgrund des inneren Zusammenhaltes der aus ihnen entstehenden Molekülketten oder -vernetzungen eine ausreichende Festigkeit aufweisen, um die entsprechenden Kräfte zwischen den Füge-teilen übertragen zu können.
- Monomere einzusetzen, die auf Basis ihres strukturellen Aufbaus ein adhäsives Verhalten zu den Füge-teiloberflächen aufweisen.

1.3.2

Aufbau der Polymere

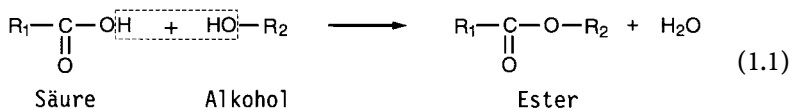
1.3.2.1

Reaktionsmechanismen zur Polymerbildung

Es gibt verschiedene Reaktionsmechanismen, allgemein als Polyreaktionen bezeichnet, die von den niedermolekularen (monomeren) zu den hochmolekularen (polymeren) Verbindungen führen. Voraussetzung für den Ablauf dieser Reaktionen ist in jedem Fall, dass es sich bei den Monomermolekülen um mindestens bifunktionelle Verbindungen handelt.

Diese Verbindungen können sich im Grundsatz von aliphatischen Strukturen (sog. *Alkyle* mit der allgemeinen Formel C_nH_{2n+1} , z. B. CH_3 -Methyl, C_2H_5 -Ethyl, C_3H_7 -Propyl) oder aromatischen Strukturen (sog. *Aryle* als Reste aromatischer Verbindungen, z. B. C_6H_5 -Phenyl) ableiten. Daneben kommen auch cycloaliphatische oder gemischte Alkyl-Aryl-Strukturen in Frage.

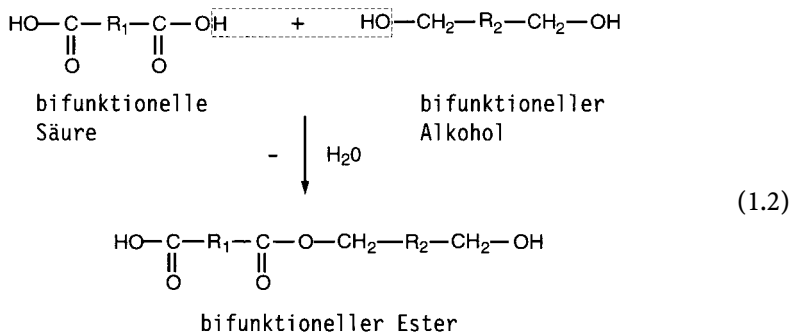
► *Beispiel 1.* Reaktion durch eine einfache Verknüpfung einer Säuregruppe mit einer Hydroxylgruppe unter Wasserabspaltung zu einem Ester:



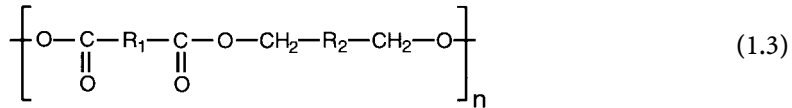
(R; R₁; R₂ = systembezogene organische Molekülstrukturen)

Da sowohl das Säure- als auch das Alkoholmolekül monofunktionell ist, kommt es nicht zur Ausbildung einer Polymerverbindung.

► *Beispiel 2.* Reaktion an mehreren Verknüpfungsstellen aufgrund des Vorhandenseins von mindestens zwei funktionellen Gruppierungen einer Säure und eines Alkohols zu einem Polyester:

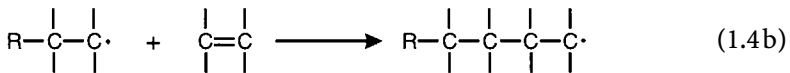


Dieser primäre (saure) Ester hat wegen seiner freien Säure- und Alkoholgruppen wiederum zwei Verknüpfungsstellen, sodass es bei der Weiterreaktion infolge des kontinuierlichen Molekülwachstums zum Entstehen eines Polyesters der allgemeinen Formel



kommt. Polyester

► *Beispiel 3.* Reaktionen von Molekülen mit einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung miteinander (zu diesem Beispiel wird insbesondere auf Abschn. 2.1.1.3.3 verwiesen):



Polyreaktionen sind demnach nur dann möglich, wenn die monomeren Ausgangsverbindungen mindestens bifunktionell sind. Als mögliche Reaktionsarten zur Polymerbildung werden generell unterschieden:

- Polymerisation (Abschn. 2.1),
- Polyaddition (Abschn. 2.2),
- Polykondensation (Abschn. 2.3).

Die genaue Beschreibung dieser drei Reaktionsarten erfolgt zweckmäßigerweise in Verbindung mit den für diese Reaktionen typischen Klebstoffsystemen, die in den genannten Abschnitten behandelt werden. Eine zusammenfassende Darstellung findet sich in Abschn. 2.4.

Bemerkung: Der Vollständigkeit halber sei noch auf eine vierte Reaktionsart, die der Vulkanisation, hingewiesen. Nach dieser Reaktion entstehen beispielsweise die in den Abschnitten 2.1.4 und 14.4 beschriebenen Kautschukpolymere.

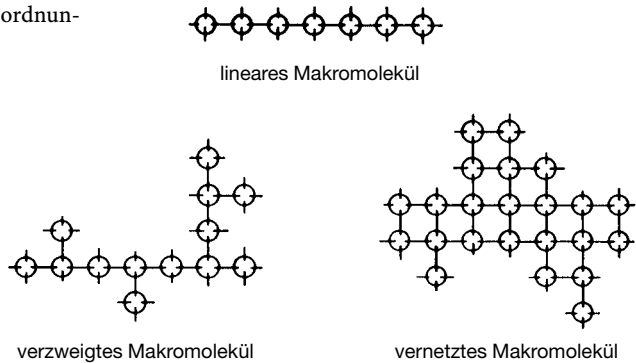
1.3.2.2

Struktur der Polymere

Je nach Funktionalität der reaktionsfähigen Gruppen in einem Monomermolekül kommt es zur Ausbildung unterschiedlicher Polymerstrukturen (Bild 1.3):

- Verbinden sich Monomermoleküle mit zwei endständigen funktionellen Gruppen (bifunktionell) miteinander, so entstehen fadenförmige oder auch lineare Makromoleküle;

Bild 1.3. Makromolekülanordnungen (schematisch)



- Reagieren bifunktionelle Monomere mit in der C-Kette verteilten reaktiven Gruppen, so kommt es zu Verzweigungen an den Molekülketten;
- Verbinden sich Monomere oder Zwischenprodukte überwiegend an je drei Stellen (trifunktionell) miteinander, so entstehen räumlich vernetzte Makromoleküle. Im idealen Endzustand besteht das gebildete Polymer aus einem einzigen in sich chemisch gebundenen Molekülnetz.

In Abhängigkeit von dem strukturellen Aufbau der Makromoleküle können die chemischen, physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Polymer-schichten sehr unterschiedlich sein. Als wesentliches Kriterium gilt hierbei das Verhalten unter Temperaturbeanspruchung, auf das bei der Beschreibung der wärmebeständigen Klebstoffe detailliert eingegangen wird (Abschn. 3.9). Eine generelle Einteilung der Polymere bezüglich ihrer mit der Molekülstruktur zusammenhängenden Eigenschaften sieht die folgenden Arten vor:

- **Thermoplaste.** Linear oder verzweigt aufgebaute Makromoleküle, die bei Erwärmung bis zur Fließbarkeit erweichen und sich durch Abkühlung wieder verfestigen. Sie sind also in der Lage, reversible Zustandsänderungen zu durchlaufen (z.B. Polyamide). Für den Zusammenhalt der linearen oder verzweigten Makromoleküle untereinander sind nur Nebervalenzbindungen (Abschn. 6.1.4) bestimmend. Im schmelzflüssigen Zustand besitzen die Molekülketten eine hohe freie Beweglichkeit, sodass eine kontinuierliche Neuordnung der Moleküle relativ zueinander möglich ist. Je nach Kettenaufbau können sie in amorphem oder teilkristallinem Zustand vorliegen.
- **Duromere.** Räumlich eng vernetzte Makromoleküle, die sich auch bei hohen Temperaturen nicht plastisch verformen lassen, also nach dem Aushärtungsprozess in einem starren, z.T. auch spröden, amorphen Zustand vorliegen. Ursache für die geringe Verformbarkeit ist die Tatsache, dass wegen der durch kovalente Bindungskräfte miteinander gebundenen Moleküle kein gegenseitiges Verschieben in der Polymerstruktur mehr möglich ist (z.B. Phenol-Formaldehydharze). Im Unterschied zu den linearen und verzweigten Thermoplasten zeichnet sich diese Verbindungsklasse ebenfalls dadurch aus, dass eine Unlöslichkeit in praktisch allen organischen Lö-

sungsmitteln vorliegt. Diese Tatsache hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl des Klebverfahrens zum Verbinden dieser Kunststoffe (Abschn. 14.1.1). Der für diese Stoffklasse häufig verwendete Begriff *Duroplast* ist keine exakte Wortwahl, da er nach *durus* (lat.) = hart und *plastikos* (griech.) = formbar, bildsam, einen „*hartweichen*“ Stoff bezeichnet.

- **Elastomere.** Weitmaschig vernetzte Makromoleküle, die bis zum Temperaturbereich chemischer Zersetzung nicht fließbar werden, sondern weitgehend temperaturunabhängig gummielastisch reversibel verformbar sind (z. B. Kautschukderivate).

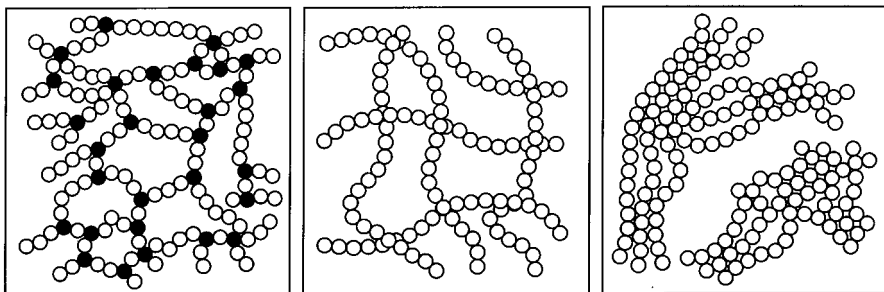
Für die Verwendung als Klebstoffe kommen mit Ausnahme spezieller Silicone und Polyurethane nur Basismonomere, die thermoplastische und duromere Klebschichten auszubilden in der Lage sind, zum Einsatz.

Eine schematische Darstellung der Makromolekülanordnungen von Thermoplasten und Duromeren zeigt Bild 1.4. Die Struktur der Makromoleküle wird hinsichtlich der in ihnen vorhandenen Bindungsverhältnisse demnach bestimmt durch:

- Die Struktur der Monomereinheiten,
- die Art ihrer Verknüpfung (Bild 1.3),
- die Verteilung von Hauptvalenzbindungen längs der Polymerkette und Nebenvalenzbindungen zwischen den Polymerketten (Abschn. 6.1).

Die formelmäßige Beschreibung eines Polymers wird in einfacher Weise durch die Darstellung einer Monomereinheit vorgenommen. In Formel (2.30) bezeichnet z. B. die eckige Klammer die Monomereinheit, der Index n gibt den Polymerisationsgrad an, d. h. die Anzahl der sich im Makromolekül wiederholenden Monomereinheiten.

Entsprechend der Anzahl Moleküle des oder der Monomere, die sich unter den gegebenen Bedingungen zu einem polymeren Molekül mit kovalenten



Duromer
vernetzte
Moleküle
amorph

Thermoplast
Faden-
moleküle
amorph

Thermoplast
Faden-
moleküle
teilkristallin

Bild 1.4. Aufbau von Polymerstrukturen aus Monomeren

Bindungen vereinigen, spricht man von nieder- oder hochmolekularen Produkten. Die Kenntnis des Polymerisationsgrades ergibt die Möglichkeit, das Molekulargewicht eines polymeren Stoffes zu berechnen, wobei berücksichtigt werden muss, dass sich bei einer Polymerisationsreaktion Makromoleküle mit unterschiedlichen Kettenlängen ausbilden. Somit kann nur ein Mittelwert des Molekulargewichtes angegeben werden (s. a. Abschn. 2.4).

Die Darstellung der Strukturformeln für die einzelnen Klebstoffe kann aus technischen Gründen nur in einer Ebene geschehen. Es ist aber grundsätzlich davon auszugehen, dass alle Moleküle in Wirklichkeit dreidimensional aufgebaute räumliche Konfigurationen bilden. Aus den angegebenen Strukturformeln ist daher die wirkliche sterische Anordnung der einzelnen Atome bzw. Atomgruppierungen nicht erkennbar. Diese Möglichkeit ist nur bei Verwendung sog. Kalottenmodelle gegeben, wie sie z. B. in [B22] beschrieben sind.

Der Aufbau der natürlichen Klebstoffe und der Klebstoffe auf anorganischer Basis wird in Verbindung mit den jeweiligen Einzelbeschreibungen erörtert (Abschn. 2.5 und 2.6). Die für das Verhalten der Klebschichten wichtigsten Eigenschaften dieser Polymere werden in Kapitel 4 „Eigenschaften der Klebschichten“ beschrieben.

Ergänzende Literatur zu Abschn. 1.3: [B1, B2, P28, P74, T15, V17].