

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Kleben als Fügeverfahren	1
1.2	Vorteile und Nachteile des Klebens	2
1.3	Begriffe und Definitionen	4
<b>2</b>	<b>Aufbau und Einteilung der Klebstoffe</b>	<b>7</b>
2.1	Aufbau der Klebstoffe	7
2.1.1	Kohlenstoff als zentrales Element	7
2.1.2	Monomer – Polymer	9
2.1.3	Polymerbildung	9
2.2	Einteilung der Klebstoffe	10
2.2.1	Klebstoffe, die durch eine chemische Reaktion aushärten (Reaktionsklebstoffe)	10
2.2.2	Klebstoffe, die ohne eine chemische Reaktion aushärten (physikalisch abbindende Klebstoffe)	10
2.2.3	Lösungsmittelhaltige und lösungsmittelfreie Klebstoffe	12
2.2.4	Klebstoffe auf natürlicher und künstlicher Basis	12
2.2.5	Klebstoffe auf organischer und anorganischer Basis	12
2.2.6	Anwendungsbezogene Klebstoffbezeichnungen	13
2.3	Klebstoffzusätze und haftvermittelnde Substanzen	14
2.3.1	Härter	14
2.3.2	Vernetzer	15
2.3.3	Beschleuniger, Katalysatoren	15
2.3.4	Haftvermittler	15
2.3.5	Füllstoffe	16
<b>3</b>	<b>Vom Klebstoff zur Klebschicht</b>	<b>17</b>
3.1	Reaktionsklebstoffe – Grundlagen	17
3.1.1	Topfzeit	18
3.1.2	Mischungsverhältnis der Komponenten	18
3.1.3	Einfluss der Zeit auf die Klebstoffaushärtung	19

3.1.4	Einfluss der Temperatur auf die Klebstoffaushärtung . . . . .	20
3.2	Zweikomponentige (2K-) und einkomponentige (1K-) Reaktionsklebstoffe . . . . .	22
3.2.1	2K-Reaktionsklebstoffe . . . . .	22
3.2.2	1K-Reaktionsklebstoffe . . . . .	23
3.3	Eigenschaften der Klebschichten . . . . .	24
3.3.1	Thermoplaste . . . . .	25
3.3.2	Duomere . . . . .	25
3.3.3	Elastomere . . . . .	26
3.3.4	Thermomechanische Eigenschaften . . . . .	27
3.3.5	Kriechen . . . . .	28
<b>4</b>	<b>Wichtige Reaktionsklebstoffe . . . . .</b>	<b>29</b>
4.1	Epoxidharzklebstoffe . . . . .	29
4.1.1	Epoxidharzklebstoffe, zweikomponentig . . . . .	29
4.1.2	Epoxidharzklebstoffe, einkomponentig . . . . .	31
4.1.3	Reaktive Epoxidharz-Schmelzklebstoffe . . . . .	31
4.1.4	Eigenschaften und Verarbeitung der Epoxidharzklebstoffe . . . . .	32
4.2	Polyurethan (PUR-) Klebstoffe . . . . .	33
4.2.1	Polyurethanklebstoffe, zweikomponentig (lösungsmittelfrei) . . . . .	33
4.2.2	Polyurethanklebstoffe, einkomponentig (lösungsmittelfrei) . . . . .	34
4.2.3	Reaktive Polyurethan-Schmelzklebstoffe (lösungsmittelfrei) . . . . .	36
4.2.4	Polyurethan-Lösungsmittelklebstoffe, einkomponentig . . . . .	36
4.2.5	Polyurethan-Lösungsmittelklebstoffe, zweikomponentig . . . . .	37
4.2.6	Polyurethan-Dispersionsklebstoffe . . . . .	37
4.3	Acrylatklebstoffe . . . . .	38
4.3.1	Cyanacrylatklebstoffe . . . . .	39
4.3.2	Strahlungshärtende Klebstoffe . . . . .	41
4.3.3	Methacrylatklebstoffe . . . . .	42
4.3.4	Anaerobe Klebstoffe . . . . .	44
4.4	Ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze) . . . . .	46
4.5	Phenolharzklebstoffe . . . . .	46
4.6	Silicone . . . . .	47
4.7	Zusammenfassung Reaktionsklebstoffe . . . . .	48
4.8	Klebstofffolien . . . . .	49
4.9	Dichtstoffe . . . . .	50
4.10	Polymermörtel . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Physikalisch abbildende Klebstoffe . . . . .</b>	<b>53</b>
5.1	Schmelzklebstoffe . . . . .	53
5.2	Lösungsmittelklebstoffe . . . . .	55
5.3	Kontaktklebstoffe . . . . .	58
5.4	Dispersionsklebstoffe . . . . .	60

5.5	Plastisole . . . . .	61
5.6	Haftklebstoffe, Klebebänder . . . . .	62
5.7	Klebestreifen . . . . .	64
5.8	Klebestifte . . . . .	64
5.9	Klebstoffe auf Basis natürlicher Rohstoffe . . . . .	64
5.9.1	Caseinleime . . . . .	65
5.9.2	Glutin(schmelz)leime . . . . .	66
5.9.3	Dextrinleime . . . . .	66
5.10	Klebstoffe auf anorganischer Basis . . . . .	66
<b>6</b>	<b>Bindungskräfte in Klebungen . . . . .</b>	<b>69</b>
6.1	Bindungskräfte zwischen Klebschicht und Füge­teil (Adhäsion) . . . . .	69
6.2	Benetzung . . . . .	71
6.3	Oberflächen­spannung . . . . .	73
6.4	Oberflächen­energie . . . . .	74
6.5	Bindungskräfte innerhalb einer Klebschicht (Kohäsion) . . . . .	75
<b>7</b>	<b>Herstellung von Klebungen . . . . .</b>	<b>77</b>
7.1	Oberflächen­behandlung . . . . .	78
7.1.1	Oberflächen­vorbereitung . . . . .	78
7.1.2	Oberflächen­vor­be­handlung . . . . .	80
7.1.3	Oberflächen­nach­be­handlung . . . . .	85
7.2	Klebstoff­ver­ar­bei­tung . . . . .	86
7.2.1	Vorbereitung der Klebstoffe . . . . .	86
7.2.2	Mischen der Klebstoffe . . . . .	87
7.2.3	Auftragen der Klebstoffe . . . . .	91
7.2.4	Fixieren der Füge­teile . . . . .	94
7.2.5	Aushärten der Klebstoffe . . . . .	95
7.3	Reparaturkleben . . . . .	98
7.3.1	Metallische Bauteile . . . . .	98
7.3.2	Kunststoffe . . . . .	100
7.4	Fehlermöglichkeiten beim Kleben und Abhilfemaßnahmen . . . . .	102
7.5	Sicherheitsmaßnahmen bei der Verarbeitung von Klebstoffen . . . . .	104
7.5.1	Voraussetzungen bei der Klebstoffverarbeitung am Arbeitsplatz . . . . .	105
7.5.2	Verhaltensregeln bei der Verarbeitung von Klebstoffen . . . . .	106
7.6	Qualitätssicherung – Qualitätsmanagement . . . . .	107
7.7	Klebtechnische Ausbildung . . . . .	109
<b>8</b>	<b>Klebstoffauswahl . . . . .</b>	<b>111</b>
8.1	Vorbemerkungen . . . . .	111
8.2	Einflussgrößen auf die Klebstoffauswahl . . . . .	112
8.2.1	Füge­teile­eigen­schaf­ten . . . . .	113

---

8.2.2	Anforderungen an die Klebung . . . . .	113
8.2.3	Voraussetzungen in der Fertigung . . . . .	114
8.2.4	Verarbeitungstechnische Einflussgrößen der Klebstoffe . . . . .	115
8.2.5	Eigenschaftsbezogene Einflussgrößen der Klebstoffe und Klebschichten . . . . .	115
8.3	Auswahlkriterien . . . . .	119
<b>9</b>	<b>Klebtechnische Eigenschaften wichtiger Werkstoffe . . . . .</b>	<b>125</b>
9.1	Metalle . . . . .	125
9.1.1	Allgemeine Grundlagen . . . . .	125
9.1.2	Oberflächenvorbehandlung . . . . .	127
9.1.3	Klebbbarkeit wichtiger Metalle . . . . .	127
9.1.4	Klebstoffe für Metallklebungen . . . . .	129
9.2	Kunststoffe . . . . .	129
9.2.1	Allgemeine Grundlagen . . . . .	129
9.2.2	Klassifizierung der Kunststoffe . . . . .	130
9.2.3	Identifizierung von Kunststoffen . . . . .	130
9.2.4	Oberflächenvorbehandlung . . . . .	132
9.2.5	Kunststoffe, die in organischen Lösungsmitteln löslich oder quellbar sind . . . . .	135
9.2.6	Kunststoffe, die in organischen Lösungsmitteln nicht löslich oder quellbar sind . . . . .	137
9.2.7	Faserverbundwerkstoffe (Composites) . . . . .	138
9.2.8	Kunststoffschäume . . . . .	138
9.2.9	Kleben von Kunststoffen mit Metallen . . . . .	139
9.2.10	Kleben weichmacherhaltiger Kunststoffe . . . . .	140
9.3	Glas . . . . .	140
9.3.1	Oberflächenvorbehandlung . . . . .	140
9.3.2	Glas-Glas-Klebungen . . . . .	141
9.3.3	Glasklebungen mit strahlungshärtenden Klebstoffen . . . . .	141
9.3.4	Glas-Metall-Klebungen . . . . .	143
9.4	Gummi und Kautschukprodukte . . . . .	144
9.5	Holz und Holzprodukte . . . . .	145
9.6	Poröse Werkstoffe . . . . .	147
<b>10</b>	<b>Festigkeit, Berechnung und Prüfung von Klebungen . . . . .</b>	<b>149</b>
10.1	Begriff der Festigkeit . . . . .	149
10.2	Prüfverfahren und Normen . . . . .	151
10.2.1	Prüfung der Klebfestigkeit . . . . .	152
10.2.2	Spannungen in einschnittig überlappten Klebungen . . . . .	153
10.2.3	Prüfung der Schubfestigkeit . . . . .	155
10.2.4	Prüfung der Zugfestigkeit . . . . .	155

---

10.2.5 Prüfung des Schälwiderstandes . . . . .	157
10.2.6 Normen zum Kleben und verwandten Gebieten . . . . .	158
10.2.7 Prüfverfahren für Kurz- und Langzeitbeanspruchungen . . . . .	160
10.3 Elastisches Kleben . . . . .	162
10.4 Welle-Nabe-Verbindungen . . . . .	164
<b>11 Industrielle Anwendungen des Klebens . . . . .</b>	<b>167</b>
11.1 Kleben in der Luft- und Raumfahrt . . . . .	167
11.2 Kleben im Fahrzeugbau . . . . .	168
11.3 Kombinierte (Hybrid-)Fügeverfahren . . . . .	173
11.4 Kleben im Maschinen- und Anlagenbau . . . . .	174
11.5 Kleben in der Elektronik . . . . .	176
11.6 Kleben von optischen Bauteilen . . . . .	178
11.7 Kleben und Dichten in der Bauindustrie . . . . .	179
11.8 Kleben in der Papierverarbeitung . . . . .	180
11.9 Kleben in der Verpackungsindustrie . . . . .	181
<b>12 Konstruktive Gestaltung von Klebungen . . . . .</b>	<b>183</b>
<b>13 Anhang . . . . .</b>	<b>191</b>
13.1 Ausgewählte Umrechnungsfaktoren angelsächsischer Einheiten und SI-Einheiten für klebtechnische Berechnungen . . . . .	191
13.2 Mechanische und physikalische Größen und Einheiten . . . . .	192
13.3 Wärmeausdehnungskoeffizienten und Wärmeleitfähigkeiten einiger Metalle, Nichtmetalle und Klebschichtpolymere . . . . .	193
13.4 Ausgewählte deutsch-englische und englisch-deutsche Begriffe aus dem Gebiet des Klebens . . . . .	195
<b>14 Literatur . . . . .</b>	<b>223</b>
<b>15 Ausgewählte Fachbegriffe der Klebtechnik . . . . .</b>	<b>225</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>257</b>