

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> . . . . .	1
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> . . . . .	7
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> . . . . .	17
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	Duromere . . . . .	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 abbindende 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	Klebarkeit 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</b>	<b>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</b>	<b>Konstruktive Gestaltung von Klebungen . . . . .</b>	<b>183</b>
<b>13</b>	<b>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</b>	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>223</b>
<b>15</b>	<b>Ausgewählte Fachbegriffe der Klebtechnik . . . . .</b>	<b>225</b>
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>257</b>