

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	1
1.1 Kleben als Fügeverfahren .....	1
1.2 Vorteile und Nachteile des Klebens .....	2
1.3 Begriffe und Definitionen .....	3
<b>2 Aufbau und Einteilung der Klebstoffe</b> .....	5
2.1 Aufbau der Klebstoffe .....	5
2.1.1 Kohlenstoff als zentrales Element .....	5
2.1.2 Monomer – Polymer .....	6
2.1.3 Polymerbildung .....	7
2.2 Einteilung der Klebstoffe .....	7
2.2.1 Klebstoffe, die durch eine chemische Reaktion aushärten (Reaktionsklebstoffe) .....	7
2.2.2 Klebstoffe, die ohne eine chemische Reaktion aushärten (physikalisch abbindende Klebstoffe) .....	8
2.2.3 Lösungsmittelhaltige und lösungsmittelfreie Klebstoffe .....	9
2.2.4 Klebstoffe auf natürlicher und künstlicher Basis .....	9
2.2.5 Klebstoffe auf organischer und anorganischer Basis .....	9
2.2.6 Anwendungsbezogene Klebstoffbezeichnungen .....	10
<b>3 Vom Klebstoff zur Klebschicht</b> .....	13
3.1 Reaktionsklebstoffe – Grundlagen .....	13
3.1.1 Topfzeit .....	13
3.1.2 Mischungsverhältnis der Komponenten .....	14
3.1.3 Einfluss der Zeit auf die Klebstoffaushärtung .....	15
3.1.4 Einfluss der Temperatur auf die Klebstoffaushärtung .....	16
3.2 Zweikomponentige (2K-) und einkomponentige (1K-) Reaktionsklebstoffe .....	17
3.2.1 2K-Reaktionsklebstoffe .....	18
3.2.2 1K-Reaktionsklebstoffe .....	18
3.3 Eigenschaften der Klebschichten .....	19
3.3.1 Thermoplaste .....	19
3.3.2 Duromere .....	19
3.3.3 Elastomere .....	21
3.3.4 Glasübergangstemperatur .....	21
3.3.5 Kriechen .....	22
<b>4 Wichtige Reaktionsklebstoffe</b> .....	23
4.1 Epoxidharzklebstoffe .....	23
4.1.1 Epoxidharzklebstoffe, zweikomponentig .....	23
4.1.2 Epoxidharzklebstoffe, einkomponentig .....	25
4.1.3 Reaktive Epoxidharz-Schmelzklebstoffe .....	25
4.1.4 Eigenschaften und Verarbeitung der Epoxidharzklebstoffe .....	25
4.2 Polyurethan-(PUR-)Klebstoffe .....	26

4.2.1	Polyurethanklebstoffe, zweikomponentig (lösungsmittelfrei).....	26
4.2.2	Polyurethanklebstoffe, einkomponentig (lösungsmittelfrei) .....	27
4.2.3	Reaktive Polyurethan-Schmelzklebstoffe (lösungsmittelfrei).....	28
4.2.4	Polyurethan-Lösungsmittelklebstoffe, einkomponentig.....	29
4.2.5	Polyurethan-Lösungsmittelklebstoffe, zweikomponentig.....	29
4.2.6	Polyurethan-Dispersionsklebstoffe .....	29
4.3	Acrylatklebstoffe .....	31
4.3.1	Cyanacrylatklebstoffe.....	32
4.3.2	Strahlungshärtende Klebstoffe .....	33
4.3.3	Methacrylatklebstoffe.....	34
4.3.4	Anaerobe Klebstoffe .....	36
4.4	Ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze) .....	37
4.5	Phenolharzklebstoffe .....	38
4.6	Silicone .....	39
4.7	Zusammenfassung Reaktionsklebstoffe.....	40
4.8	Klebstofffolien.....	41
4.9	Dichtstoffe .....	41
4.10	Polymermörtel.....	42
<b>5</b>	<b>Physikalisch abbindende Klebstoffe.....</b>	<b>43</b>
5.1	Schmelzklebstoffe.....	43
5.2	Lösungsmittelklebstoffe.....	45
5.3	Kontaktklebstoffe.....	48
5.4	Dispersionsklebstoffe.....	49
5.5	Plastisole .....	50
5.6	Haftklebstoffe, Klebebänder .....	50
5.7	Klebestreifen.....	52
5.8	Klebestifte .....	53
5.9	Klebstoffe auf Basis natürlicher Rohstoffe.....	53
5.10	Klebstoffe auf anorganischer Basis .....	54
<b>6</b>	<b>Bindungskräfte in Klebungen.....</b>	<b>55</b>
6.1	Bindungskräfte zwischen Klebschicht und Füge­teil (Adhäsion).....	55
6.2	Benetzung .....	57
6.3	Oberflächenspannung .....	58
6.4	Bindungskräfte innerhalb einer Klebschicht (Kohäsion).....	59
<b>7</b>	<b>Herstellung von Klebungen.....</b>	<b>61</b>
7.1	Oberflächenbehandlung.....	61
7.1.1	Oberflächenvorbereitung.....	62
7.1.1.1	Säubern .....	62
7.1.1.2	Passend machen .....	62
7.1.1.3	Entfetten.....	62
7.1.1.4	Entfettungsmittel.....	63
7.1.2	Oberflächenvorbehandlung .....	64
7.1.2.1	Mechanische Oberflächenvorbehandlung.....	64
7.1.2.2	Physikalische und chemische Oberflächenvorbehandlung .....	66
7.1.2.3	Beizen .....	66
7.1.2.4	Oberflächenschichten und Unterwanderungskorrosion.....	67

7.1.3	Oberflächennachbehandlung.....	68
7.1.3.1	Primer .....	68
7.1.3.2	Klimatisierung .....	68
7.2	Klebstoffverarbeitung.....	69
7.2.1	Vorbereitung der Klebstoffe .....	69
7.2.1.1	Viskositätseinstellung.....	69
7.2.1.2	Homogenisierung.....	69
7.2.1.3	Klimatisierung .....	69
7.2.2	Mischen der Klebstoffe.....	70
7.2.2.1	Industrielle Verarbeitung.....	70
7.2.2.2	Handwerkliche Verarbeitung.....	70
7.2.2.3	Dynamische Mischer .....	71
7.2.2.4	Statische Mischer.....	72
7.2.3	Auftragen der Klebstoffe.....	73
7.2.3.1	Auftragsverfahren.....	74
7.2.3.2	Kaschieren – Laminieren .....	75
7.2.3.3	Auftragsmenge.....	75
7.2.4	Fixieren der Fügeiteile .....	76
7.2.5	Aushärten der Klebstoffe .....	78
7.2.5.1	Trocknen, Ablüften.....	78
7.2.5.2	Härtung, Aushärtung .....	78
7.3	Reparaturkleben.....	79
7.3.1	Metallische Bauteile.....	79
7.3.2	Kunststoffe.....	81
7.3.2.1	Starre Werkstoffe.....	81
7.3.2.2	PVC-Folien.....	82
7.3.2.3	Gummierte Fasergewebe .....	82
7.4	Fehlermöglichkeiten beim Kleben und Abhilfemaßnahmen .....	83
7.5	Sicherheitsmaßnahmen bei der Verarbeitung von Klebstoffen .....	86
7.5.1	Voraussetzungen bei der Klebstoffverarbeitung am Arbeitsplatz.....	86
7.5.2	Verhaltensregeln bei der Verarbeitung von Klebstoffen.....	87
7.6	Qualitätssicherung .....	88
7.7	Klebtechnische Ausbildung.....	90
<b>8</b>	<b>Klebstoffauswahl .....</b>	<b>91</b>
8.1	Vorbemerkungen .....	91
8.2	Einflussgrößen auf die Klebstoffauswahl.....	92
8.2.1	Fügeiteileigenschaften.....	93
8.2.2	Anforderungen an die Klebung.....	93
8.2.3	Voraussetzungen in der Fertigung .....	94
8.2.4	Verarbeitungstechnische Einflussgrößen der Klebstoffe .....	94
8.2.5	Eigenschaftsbezogene Einflussgrößen der Klebstoffe und Klebschichten.....	95
8.3	Auswahlkriterien .....	98
<b>9</b>	<b>Klebtechnische Eigenschaften wichtiger Werkstoffe .....</b>	<b>102</b>
9.1	Metalle.....	102
9.1.1	Allgemeine Grundlagen .....	102

9.1.1.1	Festigkeit.....	102
9.1.1.2	Undurchlässigkeit gegenüber Lösungsmitteln.....	102
9.1.1.3	Unlöslichkeit in Lösungsmitteln.....	103
9.1.1.4	Wärmeleitfähigkeit.....	103
9.1.1.5	Temperaturbeständigkeit.....	103
9.1.2	Oberflächenvorbehandlung.....	103
9.1.3	Klebarkeit wichtiger Metalle.....	103
9.1.3.1	Aluminium und Al-Legierungen.....	104
9.1.3.2	Edelmetalle.....	104
9.1.3.3	Edelstähle.....	104
9.1.3.4	Kupfer.....	104
9.1.3.5	Messing.....	104
9.1.3.6	Stähle, allgemeine Baustähle.....	105
9.1.3.7	Verzinkte Stähle, Zink.....	105
9.1.4	Klebstoffe für Metallklebungen.....	105
9.2	Kunststoffe.....	106
9.2.1	Allgemeine Grundlagen.....	106
9.2.2	Klassifizierung der Kunststoffe.....	106
9.2.3	Identifizierung von Kunststoffen.....	108
9.2.4	Oberflächenvorbehandlung.....	108
9.2.4.1	Corona-Verfahren.....	109
9.2.4.2	Niederdruckplasma.....	109
9.2.4.3	Atmosphärendruck-Plasma.....	109
9.2.4.4	Beflammen (Kreidl-Verfahren).....	109
9.2.4.5	Mechanische Verfahren.....	110
9.2.5	Kunststoffe, die in organischen Lösungsmitteln löslich oder quellbar sind.....	110
9.2.6	Kunststoffe, die in organischen Lösungsmitteln nicht löslich oder quellbar sind.....	112
9.2.7	Kunststoffschäume.....	112
9.2.8	Kleben von Kunststoffen mit Metallen.....	113
9.2.9	Kleben weichmacherhaltiger Kunststoffe.....	114
9.3	Glas.....	114
9.3.1	Oberflächenvorbehandlung.....	114
9.3.2	Glas – Glas – Klebungen.....	114
9.3.3	Glasklebungen mit strahlungshärtenden Klebstoffen.....	115
9.3.4	Glas – Metall – Klebungen.....	116
9.4	Gummi und Kautschukprodukte.....	116
9.5	Holz und Holzprodukte.....	117
9.6	Poröse Werkstoffe.....	118
<b>10</b>	<b>Festigkeit, Berechnung und Prüfung von Klebungen.....</b>	<b>119</b>
10.1	Begriff der Festigkeit.....	119
10.2	Prüfverfahren.....	121
10.2.1	Prüfung der Klebfestigkeit.....	121
10.2.2	Spannungen in einschnittig überlappten Klebungen.....	123
10.2.3	Prüfung der Schubfestigkeit.....	124
10.2.4	Prüfung des Schälwiderstandes.....	124

---

10.2.5 Prüfverfahren für Kurz- und Langzeitbeanspruchungen.....	127
10.3 Elastisches Kleben.....	128
10.4 Welle-Nabe-Verbindungen.....	130
<b>11 Industrielle Anwendungen des Klebens.....</b>	<b>131</b>
11.1 Kleben in der Luft- und Raumfahrt.....	131
11.2 Kleben im Fahrzeugbau.....	132
11.3 Kleben in der Elektronik.....	135
11.4 Kleben von optischen Bauteilen.....	136
11.5 Kleben und Dichten in der Bauindustrie.....	136
<b>12 Konstruktive Gestaltung von Klebungen.....</b>	<b>139</b>
<b>13 Anhang.....</b>	<b>147</b>
13.1 Ausgewählte Umrechnungsfaktoren angelsächsischer Einheiten und SI-Einheiten für klebtechnische Berechnungen.....	147
13.2 Ausgewählte deutsch-englische und englisch-deutsche Begriffe aus dem Gebiet des Klebens.....	148
<b>14 Literatur.....</b>	<b>169</b>
<b>15 Ausgewählte Fachbegriffe der Klebtechnik.....</b>	<b>171</b>
<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>185</b>