

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Kleben als Fügeverfahren	1
1.2	Vorteile und Nachteile des Klebens	2
1.3	Begriffe und Definitionen	4
2	Aufbau und Einteilung der Klebstoffe	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
3	Vom Klebstoff zur Klebschicht	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
4	Wichtige Reaktionsklebstoffe	29
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
5	Physikalisch abbindende Klebstoffe	53
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
6	Bindungskräfte in Klebungen	69
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
7	Herstellung von Klebungen	77
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
8	Klebstoffauswahl	111
8.1	Vorbemerkungen	111
8.2	Einflussgrößen auf die Klebstoffauswahl	112
8.2.1	Fügeteileigenschaften	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
9	Klebtechnische Eigenschaften wichtiger Werkstoffe	125
9.1	Metalle	125
9.1.1	Allgemeine Grundlagen	125
9.1.2	Oberflächenvorbehandlung	127
9.1.3	Klebbarkeit 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
10	Festigkeit, Berechnung und Prüfung von Klebungen	149
10.1	Begriff der Festigkeit	149
10.2	Prüfverfahren und Normen	151
10.2.1	Prüfung der Klebfestigkeit	152
10.2.2	Spannungen in einschrittig 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
11 Industrielle Anwendungen des Klebens	167
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
12 Konstruktive Gestaltung von Klebungen	183
13 Anhang	191
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
14 Literatur	223
15 Ausgewählte Fachbegriffe der Klebtechnik	225
Sachverzeichnis	257