

Inhalt

Vorwort	V
1 Allgemeine Grundlagen	1
1.1 Verbindungen	3
1.1.1 Stoffschlüssige Verbindungen	4
1.1.2 Stoffschlüssige Verbindungstechniken	5
1.1.3 Verbindungsformen beim Kleben	6
1.1.4 Tragfähigkeit von Verbindungen	6
1.1.5 Spannungsverteilung in Verbindungen	7
1.1.6 Fügechnik und Kerbwirkung	10
1.1.7 Gestaltung stoffschlüssiger Verbindungen	14
1.1.8 Vergleich des Klebens mit anderen Fügeverfahren	17
1.1.9 Praxisbeurteilung des Klebens	17
1.2 Kurzabriss der geschichtlichen Entwicklung der Klebtechnik	19
1.3 Anwendungen der Klebtechnik	21
1.3.1.1 Maschinen- und Apparatebau	21
1.3.1.2 Feinwerktechnik und Elektronik	21
1.3.1.3 Fahrzeugbau	21
1.3.1.4 Bauindustrie	21
1.3.1.5 Holz- und Möbelindustrie	22
1.3.1.6 Bekleidung, Leder etc.	22
1.3.1.7 Papier- und Verpackungsindustrie	22
1.3.1.8 Medizinischer Bereich	22
1.3.1.9 Einige interessante Anwendungen der Klebtechnik	22
1.4 Vor- und Nachteile der Klebtechnik	23
1.4.1 Vorteile der Klebtechnik	23
1.4.2 Nachteile der Klebtechnik	24
1.5 Arbeits- und Umweltschutz beim Kleben	26
1.5.1 Anforderungen der Gefahrstoffverordnung an den Klebstoffanwender	28
1.5.1.1 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung	28
1.5.1.2 Schutzstufen	29
1.5.1.3 Grenzwerte beim Arbeitsschutz	29
1.5.2 Schutzmaßnahmen beim Kleben	30
1.5.2.1 Der Klebarbeitsplatz	30

1.5.2.2	Persönliche Schutz	30
1.5.3	Umweltschutz beim Kleben	31
1.6	Zusammenstellung klebtechnischer Normen.....	32
1.6.1	Begriffsbestimmungen der Klebtechnik sowie allgemeine physikalische und chemische Prüfverfahren	32
1.6.1.1	Deutsche Normen	32
1.6.1.2	Europäische Normen.....	32
1.6.1.3	Internationale Normen	33
1.6.2	Normen für Strukturklebstoffe:	33
1.6.2.1	Deutsche Normen	33
1.6.2.2	Europäische Normen.....	33
1.6.2.3	Internationale Normen	34
1.6.3	Normen für Klebstoffe für thermoplastisch Rohrsysteme.....	34
1.6.3.1	Europäische Normen.....	34
1.6.3.2	Internationale Normen	34
1.6.4	Normen für Klebstoffe im Bereich Holz und Nutzholzprodukte	35
1.6.4.1	Europäische Normen.....	35
1.6.5	Normen für Klebstoffe im Bereich Leder- und Schuhwerkstoffe	35
1.6.5.1	Europäische Normen.....	35
1.6.6	Normen für Klebebänder	36
1.6.6.1	Europäische Norm.....	36
1.6.7	Normen für den Einsatz von Klebstoffen im Bereich Papier, Pappe, Verpackungen und Hygieneprodukte	37
1.6.7.1	Europäische Normen.....	37
1.6.8	Normen für Klebstoffe im Bereich Haushalt, Hobby und Büro.....	37
1.6.8.1	Europäische Normen.....	37
1.6.8.2	Internationale Normen	38
1.6.9	Normen für Bauklebstoffe.....	38
1.6.9.1	Europäische Normen.....	38
1.6.10	Normen für Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten	38
1.6.10.1	Europäische Normen.....	38
1.6.11	Normen bez. der Qualität der Innenluft	39
1.7	Die Klebbarkeit von Bauteilen	40
1.7.1	Die Klebeignung der Werkstoffe	41
1.7.2	Die Klebeignung eines Werkstoffes wird beeinflusst durch:	41
1.7.3	Die Klebmöglichkeit.....	41
1.7.4	Die Klebstoffe beeinflussen die Klebfestigkeit durch:.....	42
1.7.5	Klebsicherheit	42
1.8	Lösen von Klebaufgaben	43
1.9	Die Reparaturklebung	50

2	Adhäsion und Haftfestigkeit	55
2.1	Haftung an Oberflächen	55
2.1.1	Hauptvalenzbindungen	59
2.1.2	Nebervalenzbindungen.....	60
2.1.3	Mechanische Verklammerung	60
2.1.4	Diffusion.....	61
2.1.5	Elektrische Doppelschichten	62
2.1.6	Dynamische Adhäsion	62
2.1.7	Benetzungstheorie.....	62
2.1.8	Kohäsion	63
2.1.9	Adhäsion, Haftung, Haftfestigkeit, Kleb- bzw. Abreißfestigkeit	63
2.2	Veränderung der Haftung durch Alterung (Enthaftungsvorgänge)	66
2.2.1	Alterungsmechanismen	70
2.2.2	Alterung des Klebstoffs oder der Beschichtung	72
2.2.3	Alterungsvorgänge in der Adhäsionszone	73
2.2.4	Blasenbildung	74
2.2.5	Bondlinekorrosion.....	75
2.2.6	Alterung der beschichteten bzw. geklebten Werkstoffe.....	77
2.3	Einflussfaktoren auf die Alterung	79
2.3.1	Beschichtungs- bzw. Klebstoffeinfluss	79
2.3.2	Oberflächeneinfluss	82
2.3.3	Werkstoffeinfluss.....	84
2.3.4	Umgebungseinfluss.....	86
2.3.4.1	Luftfeuchtigkeit und Wasser.....	86
2.3.4.2	Temperatureinfluss	89
2.3.4.3	Medieneinfluss.....	90
2.3.4.4	Einfluss mechanischer Belastung.....	90
2.3.4.5	Energiereiche Strahlen.....	90
2.3.4.6	Kombinierter Umgebungseinfluss.....	91
2.4	Nassfestigkeit	93
2.5	Besteht ein Zusammenhang zwischen Haftung und Benetzung?	97
2.5.1.1	Benetzungstheoretische Ansätze.....	97
2.5.1.2	Oberflächenspannung und Haftung	98
2.5.1.3	Einfluss des benetzenden Mediums.....	102
2.5.1.4	Erweiterte Anforderungen: gleiche Oberflächenspannungen	103
2.5.1.5	Polare und disperse Oberflächenspannungsanteile	104
2.5.1.6	Erweiterte Anforderungen nach Wu	108
2.5.1.7	Auswertung der Ergebnisse.....	110
2.5.1.8	Problematik der Haftungsmessung.....	111
2.5.1.9	Ansätze der Adhäsionstheorie	111
2.5.1.10	Benetzungsmessung	111
2.5.1.11	Übertragbarkeit der Benetzungsergebnisse	112
2.5.1.12	Zeitabhängige Benetzbarkeit.....	112
2.5.1.13	Oberflächenspannung des Klebstoffs.....	113
2.5.1.14	Oberflächenspannung des Fügeteils	114
2.5.1.15	Oberflächenspannung des Klebstoffs.....	114
2.5.1.16	Temperatureinfluss auf die Oberflächenspannung	115
2.5.1.17	Berücksichtigung anderer Adhäsionstheorien.....	115

2.5.1.18	Anfangshaftung und Alterung	115
2.5.1.19	Resümee.....	115
2.5.1.20	Qualitätssicherung	116
3	Haftungsverbesserung durch Vorbehandlung.....	119
3.1	Warum Vorbehandeln?.....	121
3.2	Oberflächenvorbehandlungen.....	125
3.2.1	Beurteilungskriterien für die Oberflächenvorbehandlung.....	130
3.2.2	Liegezeit.....	132
3.2.3	Entwicklungstendenzen	135
3.2.4	Charakterisierung der Oberflächenvorbehandlung.....	135
3.3	Die Oberfläche	136
3.3.1	Metalloberflächen.....	136
3.3.2	Kunststoffoberflächen.....	137
3.3.3	Oberflächen verstärkter und gefüllter Kunststoffe	138
3.3.4	Glasoberflächen	140
3.3.5	Mit der Zeit veränderliche Oberflächen.....	140
3.3.6	Beschichtete Oberflächen.....	141
3.3.7	Geometrische Struktur der Oberfläche.....	141
3.4	Reinigen.....	142
3.4.1	Reinigungsverfahren	144
3.4.1.1	Lappenreinigung	144
3.4.1.2	Badreinigung.....	145
3.4.1.3	Reinigen im Ultraschallbad	146
3.4.1.4	Spritzreinigen	147
3.4.1.5	Reinigen mit Reinigungssprays	147
3.4.1.6	Dampfentfetten	147
3.4.2	Reinigungsmittel	148
3.4.2.1	Reinigungsmittel für Kunststoffe.....	149
3.4.2.2	Umweltproblematik der Reinigungsmittel.....	151
3.4.2.3	Arbeitsschutz beim Umgang mit Reinigungsmitteln	152
3.4.2.4	Organische Lösemittel	153
3.4.2.5	Wässrige Reiniger	153
3.4.2.6	Regeneration und Beseitigung erschöpfter Reinigungsmittel	155
3.4.3	Reinigen im Plasma	156
3.4.4	Reinigen mit CO ₂ bzw. Trockeneis.....	157
3.4.5	Reduzieren von Oxyden im Niederdruckplasma	157
3.4.6	Entstauben.....	158
3.4.7	Bewertung der gereinigten Oberfläche.....	158
3.4.8	Betaute Oberflächen.....	159
3.5	Mechanische Vorbehandlung.....	161
3.5.1	Wirkungsmechanismus.....	162
3.5.2	Weitere Effekte der mechanischen Vorbehandlung.....	163
3.5.3	Zusammenhang zwischen Haftfestigkeit und Rauhtiefe	163
3.5.4	Werkstoffeinfluss.....	165
3.5.5	Umwelt- und Arbeitsschutz	165
3.5.6	Schmirgeln.....	166

3.5.7	Bürsten	166
3.5.8	Strahlen	167
3.5.9	Einflussparameter beim Strahlen	169
3.5.10	Strahlmittel	169
3.5.11	Trockeneisstrahlen	171
3.5.12	Rocatec-Verfahren, Saco-Verfahren	172
3.5.13	Strahlanlagen	174
3.5.14	Mechanische Bearbeitung	175
3.6	Chemische Vorbehandlung	177
3.6.1	Beizen	177
3.6.2	Verfahrensablauf	178
3.6.3	Beizen von Polymeren	178
3.6.4	Das Beizen von Metall	182
3.6.5	Beizen anderer Werkstoffe	185
3.6.6	Beizmittel	185
3.6.7	Reaktive Gase	185
3.7	Thermische Vorbehandlung	191
3.7.1	Verfahrensablauf	192
3.7.2	Wirkungsmechanismen	192
3.7.3	Beflammungsanlagen	194
3.7.4	Brenner	195
3.7.5	Das Silicoater-Verfahren	195
3.8	Elektrische Vorbehandlung	197
3.8.2	Niederdruckplasmabehandlung	202
3.8.2.1	Aufbau einer Niederdruckplasmaanlage	202
3.8.2.2	Ablauf der Niederdruckplasmabehandlung	203
3.8.2.3	Einflussfaktoren auf das Ergebnis einer Niederdruckplasmabehandlung	204
3.8.2.4	Einfluss der Behandlungsdauer	204
3.8.2.5	Werkstoffabtrag von der Oberfläche	206
3.8.2.6	Einfluss der Gasart	207
3.8.2.7	Erregerfrequenz	208
3.8.2.8	Plasmaleistung	209
3.8.2.9	Kammerdruck und Gasdurchfluss	209
3.8.2.10	Spaltgängigkeit	209
3.8.2.11	Kosten	210
3.8.2.12	Vor- und Nachteile	210
3.8.2.13	Geeignete Werkstoffe	210
3.8.2.14	Plasmapolymerisation	211
3.8.2.15	Plasmapolymerisation eines Primers	211
3.8.3	Coronaentladung	212
3.8.3.1	Verfahrensablauf	212
3.8.3.2	Einflussparameter	214
3.8.3.3	Behandlungsenergie	214
3.8.3.4	Elektrodenform und -werkstoff	216
3.8.3.5	Umgebungseinfluss	218
3.8.3.6	Formelektrode	219
3.8.3.7	Freistrahlelektrode	219
3.8.3.8	Nachführelektrode	222
3.8.4	Behandlung im Plasmastrom	222
3.8.5	Vorbehandelbare Werkstoffe	226

3.8.6	Coronabeschichten	227
3.9	Beschichten	230
3.9.1	Metallische Beschichtungen	231
3.9.2	Anorganische Beschichtungen (Phosphatieren)	232
3.9.3	Passivieren	232
3.9.4	Organische Beschichtungen (Farbe, Lack)	233
3.9.5	Haftvermittler, Primer	233
3.10	Energiereiche Strahlen	239
3.11	Kombinierte Vorbehandlungsverfahren	245
3.12	Peel-Ply oder Abreißgewebe	246
3.13	Einarbeiten klebfähiger Bereiche in Bauteile	247
3.14	Weitere Oberflächenvorbehandlungsmöglichkeiten	248
3.15	Möglichkeiten und Grenzen des Klebens unsauberer (verölter) Oberflächen	249
3.16	Werkstoffbezogene Vorbehandlungsverfahren und Möglichkeiten des Diffusionsklebens	255
3.16.1	Vorbehandlung von Metallen	256
3.16.2	Vorbehandlung von Kunststoffen	261
3.16.3	Vorbehandlung von Holz und Papier	268
3.16.4	Vorbehandlung von Glas und Keramik Etc.	269
3.16.5	Vorbehandlung von Naturstoffen	270
4	Klebstoffe	273
4.1	Allgemeines	275
4.1.1	Kriterien zur Klebstoffauswahl	275
4.1.2	Klebstoffkenndaten	277
4.1.3	Klebfestigkeiten	278
4.1.4	Vergleiche von mechanischen Klebstoffeigenschaften	279
4.1.5	Haftungs- und Abbindevorgänge beim Kleben	279
4.1.6	Abbindeverhalten und Klebstoffverarbeitung	281
4.1.7	Zusammensetzung der Klebstoffe	283
4.1.8	Schrumpfen beim Abbinden der Klebstoffe	284
4.1.9	Wärmebeständigkeit	285
4.1.11	Klebstoffviskosität	286
4.1.12	Klebstoffsteifigkeit	286
4.1.13	Toxizität	287
4.1.14	Elastische Klebstoffe	287
4.2	Diffusionskleben	289
4.2.1	Ablauf des Diffusionsklebens	289
4.2.2	Lösemittelhaltige Diffusionsklebstoffe	290
4.2.3	Diffusionskleben mit Reaktionsklebstoffen	294
4.2.4	Werkstoffe zum Diffusionskleben	294
4.2.5	Spannungsrisssbildung	294