

Marlene Doobe *Hrsg.*

Kunststoffe erfolgreich kleben

Grundlagen, Klebstofftechnologien,
Best-Practice-Beispiele

 Springer Vieweg

Kunststoffe erfolgreich kleben

Marlene Doobe
(Hrsg.)

Kunststoffe erfolgreich kleben

Grundlagen, Klebstofftechnologien,
Best-Practice-Beispiele

 Springer Vieweg

Herausgeber
Marlene Doobe
Eltville, Deutschland

ISBN 978-3-658-18444-5

ISBN 978-3-658-18445-2 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-18445-2>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Thomas Zipsner

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany



ANLAGEN FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN

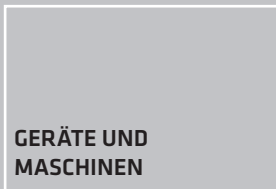
Solar
Wind



MARINE

TRANSPORTATION

Bus
LKW
Schiene
Sonderfahrzeuge



GERÄTE UND
MASCHINEN



GEBÄUDEELEMENTE

Fenster
Türen
Sandwichpaneele



MEHRWERT KLEBEN KLEBSTOFFVIELFALT FÜR HÖCHSTE ANSPRÜCHE

Sika Klebtechnologien eignen sich für die Einzel- sowie Serienfertigung und ermöglichen besondere Designgestaltungen. Unser Service umfasst zudem die Unterstützung bei der Auswahl geeigneter Applikationstechniken. Die Durchführung diverser Produktprüfungen rundet unser Leistungsspektrum ab.

SIKA VERFÜGT ÜBER LANGJÄHRIGE ERFAHRUNG MIT FOLGENDEN KLEBSTOFFTECHNOLOGIEN:

- Polyurethan-Kleb- und Dichtstoffe
- Acrylat-Klebstoffe
- Silan-terminierte Polymere (STP)
- Industrie-Silikone
- Epoxidharz-Klebstoffe
- Kontaktklebstoffe
- Reaktive und nicht-reaktive Hotmelts

SIKA DEUTSCHLAND GMBH

Kleben und Dichten Industrie, Stuttgarter Straße 139, 72574 Bad Urach
Tel: +49 (0) 7125 940 761, Fax: +49 (0) 7125 940 763, www.sika.de/industrie

BUILDING TRUST



Vorwort

Kunststoffe sind heute unverzichtbar für die Entwicklung innovativer Produkte. Müssen sie miteinander oder mit anderen Werkstoffen gefügt werden, gelingt dies häufig nur durch den Einsatz der Klebtechnik. Allerdings steigen hier die Anforderungen kontinuierlich. Das liegt zum einen daran, dass laufend neue Materialien auf den Markt kommen, die verbunden werden müssen. Zum anderen müssen die Fertigungskosten im Rahmen bleiben. Zusätzlich sind aber auch ein nachhaltiger Umgang mit Ressourcen und der Klimaschutz zu beachten. Hinzu kommen vielfältige anwendungsbezogene Eigenschaften, die erfüllt werden müssen. Und dass in diesem Spannungsfeld die Langzeitqualität neu entwickelter Bauteile oder Produkte für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens selbstverständlich ist, muss nicht weiter ausgeführt werden.

Vor diesem Hintergrund entstand die Idee, das Wissen zahlreicher Experten um das erfolgreiche Kleben von Kunststoffen aus Wissenschaft und Industrie in einem Standardwerk zu bündeln. Ergebnis ist dieses Buch, das jetzt in der 1. Auflage vorliegt und entsprechend der klebtechnischen Weiterentwicklung alle zwei bis drei Jahre aktualisiert und mit ergänzenden Beiträgen erscheinen soll.

Erklärtes Ziel ist zum einen, dem Anwender aus den verschiedensten Branchen mit diesem Werk das für die Lösung seiner klebtechnischen Aufgaben nötige Wissen zu vermitteln. Zum anderen soll das Buch die Basis für ein synergetisches Netzwerk zwischen Anwendern verschiedenster Zielbranchen der Klebtechnik, Klebstoff- und Geräteherstellern und nicht zuletzt Forschern auf diesem Gebiet darstellen. Dazu wurden alle Beiträge mit den Kontaktdaten der einzelnen Autoren ergänzt und zusätzlich das Autorenteam am Anfang des Buches namensalphabetisch aufgelistet.

Experten aus Industrie und Wissenschaft beschreiben in dieser 1. Auflage in insgesamt 41 Beiträgen die Leistungsfähigkeit der Klebtechnik. Nach einführenden Beiträgen über Kunststoffe, Grundlagen der Klebstoffe und Klebtechnik werden alle für das erfolgreiche Kleben von Kunststoffen wichtigen Aspekte behandelt. Darüber hinaus beleuchten zahlreiche Best Practice Beispiele aus verschiedensten Industriebranchen die anwendungstechnischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Klebtechnik beim Fügen von Kunststoffen.

Zur Entstehung von „Kunststoffe erfolgreich kleben“ haben viele beigetragen: An erster Stelle steht hier natürlich das Autorenteam – bestehend aus rund 70 Experten, de-

nen mein herzlicher Dank gilt. Besonders hervorheben möchte ich diese drei Autoren: Prof. Henning Gleich (inpro), Prof. Andreas Hartwig (Fraunhofer IFAM) und Dr. Hartwig Lohse (Klebtechnik Lohse). Alle drei Experten sind nicht nur Verfasser verschiedener Beiträge, sondern standen mir auch jederzeit beratend zur Seite. Dank gebührt schließlich meinen Kollegen Florian Mall und Thomas Zipsner für ihre Geduld bei der Umsetzung und dem Verlag für das Vertrauen in meine Arbeit auch als ehemalige Chefredakteurin der Zeitschrift adhäsion KLEBEN + DICHTEN.

Herausgeberin
Marlene Doobe



Innovative Klebetechnologie für Industrie und Medizintechnik



Hönle **Group.** – Industrial solutions.

Inhaltsverzeichnis

Teil I Grundlagen, Vorbehandlung, Auslegung, Qualität

1	Grundlagen	3
	Henning Gleich, Andreas Hartwig, Hartwig Lohse, David Blass, Tobias Reincke, Stefan Kreling und Klaus Dilger	
1.1	Was Kleber über Kunststoffe wissen sollten	3
1.1.1	Einteilung und Eigenschaften	4
1.1.2	Trennmittel stören	7
1.1.3	Fasern verstärken Kunststoffe	8
1.1.4	Weichmacher	8
1.2	Das Phänomen der Haftung und warum das Vorbehandeln so wichtig ist	9
1.2.1	Kleben von Kunststoffen	9
1.2.2	Phänomen Haftung	10
1.2.3	Adhäsion zwischen Polymeren	11
1.2.4	Oberflächen-/Grenzflächenenergie	12
1.2.5	Grenzflächenenergie und Wechselwirkungsparameter	14
1.2.6	Warum das Vorbehandeln so wichtig ist	15
1.2.7	Vorbehandlung sichert den Prozess	18
1.2.8	Verbundfestigkeit beim Kleben	19
1.3	Welche Klebstoffklassen werden wo eingesetzt?	21
1.4	Duomere und thermoplastische Matrixmaterialien – Welche Anforderungen muss die Klebtechnik erfüllen?	32
1.4.1	Polymere Matrixsysteme	33
1.4.2	Eigenschaften der Matrixsysteme im Vergleich	33
1.4.3	Fertigungsverfahren und Verarbeitungsprozesse	34
1.4.4	Welchen Einfluss haben Additive und Füllstoffe?	35
1.4.5	Anwendungstechnische Anforderungen an Matrixsysteme	36
1.4.6	Herausforderungen beim Kleben	38
1.4.7	Zusammenfassung und Ausblick	41
	Literatur	42

2	Vorbehandlung von Kunststoffen	45
	Ralph Wilken, Henning Gleich, Christian Buske, Joachim Schübler, Uwe Lommatzsch, Elmar Moritzer, Christian Leister, Jens Krugmann, Eduard Kraus, Lukas Orf, Michael Heilig, Benjamin Baudrit, Peter Heidemeyer, Martin Bastian, Stefan Kreling, David Blass und Klaus Dilger	
2.1	Kunststoffe richtig vorbehandeln	45
2.1.1	Reinigungsverfahren	46
2.1.2	Mechanische Verfahren	48
2.1.3	Strahlverfahren	49
2.1.4	Vakuumsaugstrahlen	49
2.1.5	SaCo-Verfahren	50
2.1.6	CO ₂ -Schneestrahlen/Trockeneisstrahlen	50
2.1.7	Physikalische und chemische Vorbehandlungsverfahren	51
2.1.8	Niederdruckplasmaverfahren	52
2.1.9	Corona-Behandlung	53
2.1.10	Atmosphärendruck-Plasmajets	53
2.1.11	Plasmapolymerisation für haftvermittelnde Beschichtungen	55
2.1.12	Oberflächenaktivierung durch VUV-Strahlung	55
2.1.13	Beflammen	56
2.1.14	Silikatisieren	57
2.1.15	Einsatz von Primern und Aktivatoren	58
2.1.16	Beizen	59
2.1.17	Gasphasenfluorierung	59
2.1.18	Laserverfahren	60
2.1.19	Fazit	61
2.2	Atmosphärendruckplasma – Durchaus „nicht oberflächlich“	62
2.2.1	Plasma, der „Vierte Aggregatzustand“	62
2.2.2	Elektrisch neutraler Plasmastrahl	63
2.2.3	Umweltfreundliche Oberflächenaktivierung	64
2.2.4	Strukturelle Verklebung von Kühlaufbauten	66
2.2.5	Vorbehandlung von Kunststoff-Karosseriebaugruppen	67
2.2.6	In-Line Plasmatechnik im 2-Komponenten Spritzguss	68
2.2.7	Kleben von Türdichtungen im Fertigungsprozess	69
2.2.8	Schlussbemerkung	70
2.3	Vorbehandlung mit Plasma bei Atmosphärendruck –	
	Langzeitstabil kleben	70
2.3.1	Plasmabehandlung und Kleben	71
2.3.2	Aktivierung und Klebfestigkeit	72
2.3.3	Zeitbeständigkeit und Prozessabhängigkeit	73
2.3.4	Mechanismus der Aktivierung	75
2.3.5	Alterungsbeständigkeit und Primer	77

2.3.6	Plasmapolymerisation zur Abscheidung haftvermittelnder Schichten	77
2.3.7	Mechanismus der Haftvermittlung	79
2.3.8	Zusammenfassung	80
2.3.9	Dank	81
2.4	Alterung von plasmabehandelten Kunststoffen – Alles eine Frage der Zeit?	81
2.4.1	Untersuchungsmethode	82
2.4.2	Einfluss der Liegezeit	83
2.4.3	Einfluss der Lagerbedingungen	85
2.4.4	Fazit	86
2.5	UV-Laser-Vorbehandlung von Kunststoffen – Adhäsion per Excimer-Laser verbessern	87
2.5.1	Wirkung des UV-Lasers	88
2.5.2	Benetzungstheorien	89
2.5.3	Verwendete Materialien	91
2.5.4	UV-Laser Vorbehandlung	91
2.5.5	Analysemethoden	92
2.5.6	Ergebnisse der Modifikation mittels UV-Laser-Vorbehandlung	93
2.5.7	Einfluss auf die Oberflächenenergie	93
2.5.8	Zugfestigkeit	94
2.5.9	Fazit und Ausblick	95
2.6	Vorbehandlung von duroplastischem CFK – Laserstrahlung – eine verschleißfreie Alternative für die Serie?	97
2.6.1	Photochemische und -thermische Wechselwirkung	98
2.6.2	Absorption der Laserstrahlung in Matrix und Fasern	98
2.6.3	Exemplarische Ergebnisse kurz zusammengefasst	100
2.6.4	Ausblick: Klebvorbehandlung in Serienprozessen	103
2.7	Faserverbundwerkstoffe unterdruckstrahlen – Sauber und prozesssicher vorbehandeln	104
2.7.1	Technologie des Unterdruckstrahlens	105
2.7.2	Exemplarische Ergebnisse	106
2.7.3	Einsatz alternativer Strahlmittel	112
2.7.4	Herausforderungen im Einsatz für komplexe Bauteile	113
2.7.5	Berührungsloses Unterdruckstrahlen	114
2.7.6	Fazit	116
	Literatur	117
3	Auslegung geklebter Kunststofffügeteile	123
	Marc Wünsche, Katharina Henkel, Dominik Teutenberg, Gerson Meschut und Sebastian Mailänder	
3.1	Multi-Material-Design – Faserverstärkte Kunststoffe strukturell kleben	123

3.1.1	Prüfkonzept	124
3.1.2	Vergleichbarkeit der Probenformen	125
3.1.3	Unterschiedliches Versagensverhalten	126
3.1.4	Einflussgrößen auf das Verbindungsverhalten	127
3.1.5	Faserarchitektur und -orientierung	128
3.1.6	Beanspruchungsart	130
3.1.7	Matrixsystem	131
3.1.8	Klebstoffsystem	132
3.1.9	Konstruktive Gestaltung	133
3.2	Stahl mit Kunststoffen kleben – Relativverschiebungen elastisch ausgleichen	134
3.2.1	Auswahl des Klebstoffs	135
3.2.2	Bestimmung der Klebschichtgeometrie	136
3.2.3	Experimentelle Auslegung der Verbindung	137
3.2.4	Fazit	139
	Literatur	140
4	Qualitätssicherung und Prüfverfahren	141
	Andreas Groß, Hartwig Lohse, Henning Gleich, Jens Holtmannspötter, Michael Wetzels, Jürgen von Czarnecki, Rolf Brucksch, Eduard Kraus, Benjamin Baudrit, Peter Heidemeyer, Martin Bastian und Frank Thomsen	
4.1	Qualitätssicherung in der Klebtechnik – Die neue DIN 2304 und ihr Nutzen für die Praxis	141
4.1.1	Kerngedanke der ISO 9001	144
4.1.2	Qualitätssicherung auf Basis der ISO 9001	145
4.1.3	DIN 2304 – eine Norm für Anwender	147
4.1.4	Kernelement 1: Klassifizierung der Klebungen	148
4.1.5	Kernelement 2: Klebaufsichtspersonal (KAP)	150
4.1.6	Kernelement 3: Nachweisführung	150
4.1.7	Perspektive: Zertifizierung gemäß DIN 2304	151
4.1.8	DIN 6701 – ein Erfolgsmodell	152
4.1.9	Fazit	153
4.2	Lebensdauervorhersage – Alterungseffekte im Zeitraffertest	153
4.2.1	Die Idee der Zeitraffertests	154
4.2.2	Exemplarische Tests	155
4.2.3	Grenzen der Zeitraffertests	158
4.2.4	Festlegung von Bedingungen für Zeitraffertests	159
4.2.5	Fazit	161
4.3	Hochauflösende Darstellung von Grenzflächen – Analyse- und Präparationsmethoden gut kombiniert	162
4.3.1	REM-Aufnahmen im Vergleich	164
4.3.2	Analyse nichtleitender Oberflächen	165

4.3.3	Angepasste Probenpräparation	166
4.3.4	Präparation per Ionenstrahl	166
4.3.5	Vorbehandlungsprozesse besser verstehen	168
4.3.6	Fazit	170
4.4	Neue Methoden zur Prüfung geklebter Kunststoffe – Der Festigkeit schnell auf der Spur	170
4.4.1	Zusammenfassung und Ausblick	177
4.5	Benetzung und Haftung normgerecht messen – Was die DIN 55660 regelt	178
4.5.1	Bestimmung der Oberflächenenergie	180
4.5.2	Optische Oberflächenspannungsmessung des Klebstoffs	182
4.5.3	Adhäsionsarbeit – Maß für initiale Klebfestigkeit	183
4.5.4	Grenzflächenspannung: Maß für Langzeitstabilität	184
4.5.5	Fazit	185
	Literatur	185

Teil II Klebstofftechnologien

5	Polyurethanklebstoffe zum Kleben von Kunststoffen	189
	Sergio Grunder, Stefan Schmatloch und Andreas Lutz	
5.1	1K-PUR-Klebstoffe für Mischkonstruktionen – Dynamisch hoch belastbar	189
5.1.1	Eigenschaften im Vergleich	192
5.1.2	Breites Einsatzfeld	194
5.1.3	Maschinell gut zu verarbeiten	195
5.1.4	Fazit und Ausblick	196
5.2	Composites strukturell kleben – Effizient und dauerhaft gefügt mit 2K-PUR-Systemen	196
5.2.1	Allgemeine Eigenschaften	199
5.2.2	Composites vorbehandlungsfrei kleben	202
5.2.3	Mischen und Dosieren	206
6	Epoxidharzklebstoffe zum Kleben von Kunststoffen	207
	Arno Maurer, Christian Lammel, Mathias Beck, Elmar Moritzer, Norman Friedrich und Julian Berger	
6.1	Kleben und Vergießen per Induktionshärtung – Auch Kunststoffe sekundenschnell fügen	207
6.1.1	Bisherige Projekte und Ergebnisse	208
6.1.2	Entwicklung und Qualifizierung induktionsgeeigneter Klebstoffe	209
6.1.3	Bestimmung der Aufheizparameter	211
6.1.4	Schlussfolgerung und Ausblick	212

6.2	Laserdurchstrahlkleben von opaken Kunststoffen – Schnell und zuverlässig	213
6.2.1	Laserdurchstrahlkleben	214
6.2.2	Auswahl der Materialien	214
6.2.3	Untersuchung der Einflussparameter	214
6.2.4	Statistischer Versuchsplan	217
6.2.5	Einfluss der Klebschichtdicke	217
6.2.6	Einfluss der Laserleistung	218
6.2.7	Einfluss der Einwirkzeit	219
6.2.8	Fazit und Ausblick	220
	Literatur	221
7	Acrylatklebstoffe zum Kleben von Kunststoffen	223
	Stefanie Wellmann, Jutta Messering und Nico Nuyts	
7.1	Schnelles Kleben mit UV-Klebstoffen – Lichthärtung auch im Schatten .	223
7.1.1	Radikalische Härtung	224
7.1.2	Kationische Härtung	224
7.1.3	Dualhärtung	225
7.1.4	UV-initiierte Katalyse	226
7.1.5	Alterungsverhalten	228
7.1.6	Fazit	230
Teil III Best-Practice-Beispiele		
8	Transportwesen und allgemeine Industrieranwendungen	233
	Tobias Reincke, David Blass, Stefan Kreling, Klaus Dilger, Henning Gleich, Manfred Peschka, Andreas Hartwig, Matthias Popp, Andreas Lühring, Sascha Gramsch-Kempkes, Christian Walther, Robert Hailer, Hermann Sedlmaier, Roland Schumacher, Hartwig Lohse, Jens Holtmannspötter, Florian Feucht, Jean Christjan Meyer, Jens Freese und Jürgen von Czarnecki	
8.1	Kleben von Faserverbundwerkstoffen – Beispiele aus dem Flugzeug- und Automobilbau	234
8.1.1	Kleben versus mechanische Verbindungsverfahren	235
8.1.2	Branchentypisches Kleben von FVK	237
8.1.3	Klebstoffsysteme zum Kleben von FVK	237
8.1.4	Einsatzgebiete von Klebstoffen im Flugzeug	239
8.1.5	Herausforderungen beim Kleben von FVK im Flugzeug	241
8.1.6	Prozesskette für das Kleben von FVK im Flugzeug	244
8.1.7	Praxisbeispiel: Kleben im Flugzeug	245
8.1.8	Einsatzgebiete von Klebstoffen im Automobilbau	247
8.1.9	Herausforderungen beim Kleben von FVK im Automobil	248

8.1.10	Prozesskette für das Kleben von FVK im Automobilbau	249
8.1.11	Praxisbeispiel: Kleben im Automobilbau	250
8.1.12	Zusammenfassung und Ausblick	251
8.1.13	Dank	251
8.2	Kunststoffe fügen im Aggregatbereich – Dichtkleben von Motoranbauteilen	252
8.2.1	Dichtkleben unterschiedlicher Werkstoffpaarungen	253
8.2.2	Klebstoffscreening	255
8.2.3	Prozess- und Prüftechnik	257
8.2.4	Zusammenfassung und Ausblick	260
8.3	Multi-Material-Design – Kleben – so einfach wie Bolzenschweißen	261
8.3.1	Klebtechnische Prozessschritte trennen	261
8.3.2	Kein Hantieren und Dosieren	263
8.3.3	Ausblick	266
8.4	Lichthärtung – Transparente Kunststoffe prozesssicher kleben	267
8.4.1	Der Verarbeitungsprozess	268
8.4.2	Mechanische Eigenschaften	270
8.4.3	Duale Härtung	270
8.4.4	Beispiel: Lautsprecherklebung	270
8.4.5	Beispiel: Kleben von mechanischen Befestigungselementen	273
8.4.6	Beispiel: LED-Blitzlicht für Mobiltelefone	275
8.4.7	Fazit	278
8.5	CFK-Dach M3 CSL – Erfolgreiche Leichtbaustrategie dank Klebtechnik	278
8.5.1	Die Idee der verbesserten Fahrdynamik	278
8.5.2	Auswahl des Fügeverfahrens	279
8.5.3	Darstellung der Fügebauteile	280
8.5.4	Anforderungen an das Klebstoffsystem	281
8.5.5	Auswahl des Klebstoffs	281
8.5.6	Absicherungsmaßnahmen bei Produkt und Prozess	284
8.5.7	Klebstoff-Einfluss auf die Fahrzeug-Torsionssteifigkeit	284
8.5.8	Umfangreiche mechanische Prüfungen	286
8.5.9	Crashfestigkeit des gesamten Fahrzeuges	287
8.5.10	Klebprozess in der Montage	288
8.5.11	Zusammenfassung	288
8.6	Thermoplastische Systemlösungen im Automobilbau – Langzeitbeständig und wirtschaftlich	289
8.6.1	Richtig vorbehandeln	291
8.6.2	Prüfmethoden	293
8.6.3	Klebstoffauswahl	294
8.6.4	Reduzierte Fertigungskosten	295
8.6.5	Intelligenter Leichtbau	296
8.6.6	Elektromagnetisches Fügen	299

8.6.7	Fazit und Ausblick	301
8.7	Schnelle Reparatur faserverstärkter Kunststoffe – Dauerhaft und wirtschaftlich	301
8.7.1	Kleben als werkstoffgerechte Fügetechnik für die Reparatur	302
8.7.2	Stand der Technik	303
8.7.3	Automatisierung der Reparaturstellenvorbereitung	304
8.7.4	Fazit	308
	Literatur	309
9	Bauwesen	313
	Till Vallée, Simon Fecht, Cordula Grunwald, Michael Adam und Hartwig Lohse	
9.1	Einsatz von Faserverbundwerkstoffen im Bauwesen – Tragend geklebt	313
9.1.1	Geklebte Anschlüsse	314
9.1.2	Rechnerische Auslegung geklebter Anschlüsse	315
9.1.3	Geklebte Anschlüsse und deren Auslegung	316
9.1.4	Bemessung unter Berücksichtigung der lokalen Spannungsspitzen	319
9.1.5	Anwendung	320
9.1.6	Zusammenfassung	320
9.2	Faserverbundstrukturen im Baubereich – Klebstoffe ermöglichen neue Wege	321
9.2.1	Fügeverfahren für Faserverbundwerkstoffe	322
9.2.2	Beispiel 1: Geklebte Brücke	324
9.2.3	Kleben der Fachwerkstruktur	327
9.2.4	Beispiel 2: Restaurierung von Stuckdecken mit GFK	329
9.2.5	Beispiel 3: Kleben von Fassadenelementen	330
9.2.6	Zusammenfassung und Ausblick	332
	Literatur	332
10	Verpackungsindustrie	335
	Hermann Onusseit, Zbigniew Czech, Agnieszka Kowalczyk und Adrian K. Antosik	
10.1	Kleben in der Verpackungsindustrie – Kunststoffe ökonomisch und ökologisch fügen	335
10.1.1	Tüten, Beutel und Säcke	338
10.1.2	Kunststoffflaschen/Etikettierung	339
10.1.3	Faltschachteln	342
10.1.4	Ausgießer von Getränkeverpackungen	345
10.1.5	Palettensicherung	346
10.1.6	Ausblick	346
10.2	Siliconhaftklebebänder – Ohne Ende im fliegenden Wechsel	347
10.2.1	Aufbau der Siliconspleißbänder	348

10.2.2	Herstellung von Siliconhaftklebstoffen	351
10.2.3	Peroxidische Vernetzung	352
10.2.4	Platinkatalysierte Vernetzung	354
10.2.5	Fazit	355
Literatur	356
11	Elektronikindustrie	357
	Ralf Hose	
11.1	Warmhärtende Klebstoffe – Temperaturempfindliche Kunststoffe kleben	357
11.1.1	Schwierige Umgebungsbedingungen im Automobil	358
11.1.2	Schnelle Prozesse trotz Niedertemperaturhärtung	358
11.1.3	Schnelle Prozesse durch Dualhärtung	361
11.1.4	Anwendungen im Automobil	362
11.1.5	Zusammenfassung	363
Literatur	363
12	Holz- und Möbelindustrie	365
	Eduard Kraus, Benjamin Baudrit, Peter Heidemeyer, Martin Bastian, Hartmut Henneken, Ingo Horsthemke und Christian Terfloth	
12.1	Geklebte Holz-Kunststoff-Verbunde Im Außeneinsatz – Wie sind beste Langzeiteigenschaften erreichbar?	365
12.1.1	Zielsetzung	366
12.1.2	Theoretische Grundlagen	366
12.1.3	Experimentelles	367
12.1.4	Ergebnisse	368
12.1.5	Fazit	372
12.2	Möbelkanten kleben mit PUR-Schmelzklebstoffen – State of the Art auf dem Weg in die Zukunft	373
12.2.1	Methoden zur Kantenklebung	375
12.2.2	Klebstoff als Funktionsschicht	377
12.2.3	Steigende Qualitätsansprüche	377
12.2.4	PUR-Schmelzklebstoffe für jedermann	378
12.2.5	Monomerarme bzw. monomerreduzierte Systeme	380
12.2.6	Nachwachsende Rohstoffe liegen im Trend	381
12.3	Folieren statt Lackieren – Produktveredelung durch innovative Klebtechnik	384
12.3.1	Folierte Holzwerkstoff-Oberflächen	384
12.3.2	Folierte Metalltafeln	386
12.3.3	Neues Verfahren zur Metallkaschierung	387
12.3.4	Einsatzbeispiele für folierte Bleche	388
12.3.5	Folierte Bedruckstoffe	389
12.3.6	Neues Verfahren zur Effekt-Veredelung	390

12.3.7 Ausblick	391
Literatur	392
13 Schiffbau	395
Nikolai Glück, Linda Fröck, Markus Brede, Oliver Klapp, Christof Nagel, Andreas Wulf, Thomas Reinert und Sven Exner	
13.1 Fügen im Schiffbau – Kleben statt schweißen	395
13.1.1 Kleben auf Beschichtungen	396
13.1.2 Analyse geeigneter Oberflächenbehandlungsverfahren	397
13.1.3 Mögliche Verschmutzungen identifizieren	397
13.1.4 Geeignete Reinigungsverfahren auswählen	398
13.1.5 Zusätzliche Oberflächenaktivierung	399
13.1.6 Prüfmatrix	400
13.1.7 Bestimmung der Reinigungswirkung	400
13.1.8 Ermittlung potentieller Schädigungen	402
13.1.9 Fazit	406
13.1.10 Ausblick	406
13.2 Mit Klebstoffen konstruieren – „Easy-to-use“-Dimensionierung im Schiffbau	407
13.2.1 Berechnungsbeispiel: geklebte Stahl-Sandwich-Platten	407
13.2.2 Berechnungsbeispiel: Montageklebung Polycarbonat-Fensterscheibe	410
13.2.3 Fazit	411
Literatur	413
14 Medizintechnik	415
Astrid Wagner	
14.1 Kleben in der Medizintechnik – Sterilisationsfest und spaltfrei verbunden	415
14.1.1 Identifikation von Anforderungsprofilen	416
14.1.2 Welche Belastungen liegen vor?	417
14.1.3 Prüfung der chemischen Stabilität	418
14.1.4 Prüfung der thermomechanischen Stabilität	419
14.1.5 Einfluss von Kontamination und Alterung	420
14.1.6 Zusammenfassung und Ausblick	421
Literatur	422
Sachverzeichnis	423

Autorenverzeichnis

Michael Adam Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: michael.adam@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dipl.-Ing. Adrian K. Antosik Institute of Chemical Organic Technology, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, ul.Pulaskiego 10, 70-322 Szczecin, Polen

E-Mail: psa_czech@wp.pl

Prof. Dr.-Ing. Martin Bastian SKZ - Das Kunststoff-Zentrum, Friedrich-Bergius-Ring 22, 97076 Würzburg, Deutschland

E-Mail: m.bastian@skz.de, URL: <http://www.skz.de>

Dr. Benjamin Baudrit SKZ - Das Kunststoff-Zentrum, Friedrich-Bergius-Ring 22, 97076 Würzburg, Deutschland

E-Mail: b.baudrit@skz.de, URL: <http://www.skz.de>

Dipl.-Ing. Mathias Beck IFF GmbH - Induktion, Fügetechnik, Fertigungstechnik Ismaning, Deutschland

E-Mail: mathias.beck@iff-gmbh.de, URL: <http://www.iff-gmbh.de>

Julian Berger Kunststofftechnik Paderborn, Universität Paderborn, Warburger Straße 100, 33098 Paderborn, Deutschland

M.Sc. David Blass Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs), Technische Universität Braunschweig Braunschweig, Deutschland

E-Mail: d.blass@tu-braunschweig.de, URL: <http://www.ifs.tu-braunschweig.de>

Dr. Markus Brede Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: markus.brede@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dr.-Ing. Rolf Brucksch Patent- und Markenamt München München, Deutschland

Dipl.-Ing. Christian Buske Plasmatreat GmbH, Queller Str. 76 - 80, 33803 Steinhagen, Deutschland

E-Mail: mail@plasmatreat.de, URL: <http://www.plasmatreat.de>

Prof. Dr. phil. Jürgen von Czarnecki Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB), Institutsweg 1, 85435 Erding, Deutschland

Prof. Dr. Zbigniew Czech Institute of Chemical Organic Technology, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, ul.Pulaskiego 10, 70-322 Szczecin, Polen

E-Mail: psa_czech@wp.pl

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dilger Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs), Technische Universität Braunschweig Braunschweig, Deutschland

E-Mail: k.dilger@tu-braunschweig.de, URL: <http://www.ifs.tu-braunschweig.de>

Sven Exner Fr. Lürssen Werft GmbH & Co. KG Bremen, Deutschland

E-Mail: sven.exner@luerssen.de, URL: <http://www.luerssen.com>

M.Sc. Simon Fecht Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: simon.fecht@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dipl.-Ing. Florian Feucht Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH Bobingen, Deutschland

Jens Freese Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB), Institutsweg 1, 85435 Erding, Deutschland

Dipl.-Wirt.-Ing. Norman Friedrich Kunststofftechnik Paderborn, Universität Paderborn, Warburger Straße 100, 33098 Paderborn, Deutschland

E-Mail: norman@familiefriedrich.org, URL: <http://www.ktpweb.de>

M.Sc. Linda Fröck Fraunhofer-Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik, Albert-Einstein-Str. 30, 18059 Rostock, Deutschland

E-Mail: linda.froeck@hro.ipa.fraunhofer.de, URL: <http://www.hro.ipa.fraunhofer.de>

Prof. Dr.-Ing. Henning Gleich inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH Berlin, Deutschland

E-Mail: henning.gleich@inpro.de, URL: <http://www.inpro.de>

Dipl.-Ing Nikolai Glück Fraunhofer-Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik, Albert-Einstein-Str. 30, 18059 Rostock, Deutschland

E-Mail: nikolai.glueck@hro.ipa.fraunhofer.de, URL: <http://www.hro.ipa.fraunhofer.de>

Dr.-Ing. Sascha Gramsch-Kempkes Stanley Engineered Fastening Tucker GmbH Gießen, Deutschland

E-Mail: sascha.gramsch-kempkes@sbdinc.com, URL: <http://www.stanleyengineeredfastening.com/brands/tucker>

Prof. Dr. Andreas Groß Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: andreas.gross@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.kleben-in-bremen.de>

Dr. Sergio Grunder Dow Europe GmbH, Bachtobelstraße 3, 8810 Horgen, Schweiz

E-Mail: sgrunder@dow.com, URL: <http://www.dow.com>

Dipl.-Ing. Cordula Grunwald Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: cordula.grunwald@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dipl.-Ing. Robert Hailer BMW Group, Knorrstraße 147, 80788 München, Deutschland

E-Mail: robert.hailer@bmw.de, URL: <http://www.bmwgroup.de>

Prof. Dr. Andreas Hartwig Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: andreas.hartwig@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dr.-Ing. Peter Heidemeyer SKZ - Das Kunststoff-Zentrum, Friedrich-Bergius-Ring 22, 97076 Würzburg, Deutschland

E-Mail: p.heidemeyer@skz.de, URL: <http://www.skz.de>

M.Sc. Michael Heilig SKZ - Das Kunststoff-Zentrum, Friedrich-Bergius-Ring 22, 97076 Würzburg, Deutschland

E-Mail: m.heilig@skz.de, URL: <http://www.skz.de>

M.Sc. Katharina Henkel Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Paderborn, Pohlweg 47-49, 33098 Paderborn, Deutschland

E-Mail: katharina.henkel@lwf.upb.de, URL: <http://www.lwf-paderborn.de>

Dr. Hartmut Henneken Jowat SE, Ernst-Hilker-Straße 10 – 14, 32758 Detmold, Deutschland

E-Mail: hartmut.henneken@jowat.de, URL: <http://www.jowat.de>

Dr.-Ing. Jens Holtmannspötter Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB), Institutsweg 1, 85435 Erding, Deutschland

E-Mail: jensholtmannspoetter@bundeswehr.org, URL: <http://www.baainbw.de/wiweb>

Dipl.-Ing. Ingo Horsthemke Jowat SE, Ernst-Hilker-Straße 10 – 14, 32758 Detmold, Deutschland

E-Mail: ingo.horsthemke@jowat.de, URL: <http://www.jowat.de>

Dr.-Ing. Ralf Hose Delo Industrie Klebstoffe GmbH & Co. KGaA, Delo-Allee 1, 86949 Windach, Deutschland

E-Mail: ralf.hose@delo.de, URL: <http://www.delo.de>

Dr. Oliver Klapp Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: ovliver.klapp@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dr.-Ing. Agnieszka Kowalczyk Institute of Chemical Organic Technology, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, ul.Pulaskiego 10, 70-322 Szczecin, Polen

E-Mail: psa_czech@wp.pl

M.Sc. Eduard Kraus SKZ - Das Kunststoff-Zentrum, Friedrich-Bergius-Ring 22, 97076 Würzburg, Deutschland

E-Mail: e.kraus@skz.de, URL: <http://www.skz.de>

Dr.-Ing. Stefan Kreling Konzernforschung Werkstoffe und Fertigungsverfahren Fügeverfahren, K-GERW/F, Volkswagen Aktiengesellschaft Wolfsburg, Deutschland

E-Mail: paul.stefan.kreling@volkswagen.de, URL: <http://www.volkswagen-ag.de>

Dipl.-Ing. Jens Krugmann Kunststofftechnik Paderborn, Universität Paderborn, Warburger Straße 100, 33098 Paderborn, Deutschland

E-Mail: jenskrugmann@googlemail.de, URL: <http://www.ktpweb.de>

Prof. Dr.-Ing. Christian Lammel IFF GmbH - Induktion, Fügetechnik, Fertigungstechnik Ismaning, Deutschland

E-Mail: christian.lammel@iff-gmbh.de, URL: <http://www.iff-gmbh.de>

Dipl.-Ing. Christian Leister Kunststofftechnik Paderborn, Universität Paderborn, Warburger Straße 100, 33098 Paderborn, Deutschland

E-Mail: christianleister@web.de, URL: <http://www.ktpweb.de>

Dr. Hartwig Lohse Klebtechnik Dr. Hartwig Lohse e.K., Hofberg 4, 25597 Breitenberg, Deutschland

E-Mail: hlohse@hdyg.de, URL: <http://www.how-do-you-glue.de>

Dr. Uwe Lommatzsch Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: lom@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dipl.-Ing. Andreas Lühring Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: andreas.luehring@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dr. Andreas Lutz Dow Europe GmbH, Bachtobelstraße 3, 8810 Horgen, Schweiz

E-Mail: alutz@dow.com, URL: <http://www.dow.com>

M.Sc. Sebastian Mailänder Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Paderborn, Pohlweg 47-49, 33098 Paderborn, Deutschland

E-Mail: sebastian.mailaender@lwf.upb.de, URL: <http://www.lwf-paderborn.de>

Dr. Arno Maurer Polytec PT GmbH, Polytec-Platz 1-7, 76337 Waldbronn, Deutschland

E-Mail: a.maurer@polytec-pt.de, URL: <http://www.polytec-pt.de>

Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Paderborn, Pohlweg 47-49, 33098 Paderborn, Deutschland

E-Mail: gerson.meschut@lwf.uni-paderborn.de, URL: <http://www.lwf-paderborn.de>

Jutta Messering Wellmann Technologies GmbH, Hauptstraße 96, 67159 Friedelsheim, Deutschland

Dipl.-Ing. Jean Christjan Meyer Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB), Institutsweg 1, 85435 Erding, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer Kunststofftechnik Paderborn, Universität Paderborn, Warburger Straße 100, 33098 Paderborn, Deutschland

E-Mail: elmar.moritzer@ktp.upb.de, URL: <http://www.ktpweb.de>

Dr. Christof Nagel Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: christof.nagel@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Nico Nuyts Wellmann Technologies GmbH, Hauptstraße 96, 67159 Friedelsheim, Deutschland

Dr. Hermann Onusseit Onusseit Consulting, Elsa-Brandström-Str. 17, 42781 Haan, Deutschland

E-Mail: h.onusseit@t-online.de

M.Sc. Lukas Orf SKZ - Das Kunststoff-Zentrum, Friedrich-Bergius-Ring 22, 97076 Würzburg, Deutschland

E-Mail: L.orf@skz.de, URL: <http://www.skz.de>

Dipl.-Ing. Manfred Peschka Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: manfred.peschka@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dr. Matthias Popp Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: matthias.popp@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

M.Sc. Tobias Reincke Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs), Technische Universität Braunschweig Braunschweig, Deutschland

E-Mail: t.reincke@tu-braunschweig.de, URL: <http://www.tu-braunschweig.de>

Thomas Reinert Meyer Werft GmbH & Co. KG Papenburg, Deutschland

E-Mail: reinert@meyerwerft.de, URL: <http://www.meyerwerft.de>

Dr. Stefan Schmatloch Dow Europe GmbH, Bachtobelstraße 3, 8810 Horgen, Schweiz

E-Mail: sschmatloch@dow.com, URL: <http://www.dow.com>

Dipl.-Ing. Roland Schumacher Dürr Systems AG, Wolftratshausen, Deutschland

E-Mail: roland.schumacher@durr.com, URL: <http://www.durr.com>

Joachim Schübler Plasmamatreat GmbH, Queller Str. 76 - 80, 33803 Steinhagen, Deutschland

E-Mail: mail@plasmamatreat.de, URL: <http://www.plasmamatreat.de>

Hermann Sedlmaier BMW Group, Knorrstraße 147, 80788 München, Deutschland

E-Mail: hermann.sedlmaier@bmw.de

Dr. Christian Terfloth Jowat SE, Ernst-Hilker-Straße 10 – 14, 32758 Detmold, Deutschland

E-Mail: christian.terfloth@jowat.de, URL: <http://www.jowat.de>

Dr.-Ing. Dominik Teutenberg Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Paderborn, Pohlweg 47-49, 33098 Paderborn, Deutschland

E-Mail: dominik.teutenberg@lwf.upd.de, URL: <http://www.lwf-paderborn.de>

Dr. Frank Thomsen Krüss GmbH, Borsteler Chaussee 85, 22453 Hamburg, Deutschland

E-Mail: f.thomsen@kruss.de, URL: <http://www.kruss.de>

Dr. Till Vallée Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: till.vallee@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Dr.-Ing. Astrid Wagner Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH, Robert-Bosch-Straße 27-29, 63225 Langen, Deutschland

E-Mail: astrid.wagner@eu.panasonic.com, URL: <http://eu.industrial.panasonic.com>

Dipl.-Ing. Christian Walther Delo Industrie Klebstoffe GmbH & Co. KGaA, Delo-Allee 1, 86949 Windach, Deutschland

E-Mail: christian.walther@delo.de, URL: <http://www.delo.de>

Dr. Stefanie Wellmann Wellmann Technologies GmbH, Hauptstraße 96, 67159 Friedelsheim, Deutschland

E-Mail: stefanie@wellmanntech.de, URL: <http://www.wellmanntech.de>

Dr.-Ing. Michael Wetzel Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB), Institutsweg 1, 85435 Erding, Deutschland

Dr. Ralph Wilken Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: ralph.wilken@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Andreas Wulf Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Deutschland

E-Mail: andreas.wulf@ifam.fraunhofer.de, URL: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

M.Sc. Marc Wünsche Inometa GmbH, Planckstraße 15, 32052 Herford, Deutschland

E-Mail: mwu@inometa.de, URL: <http://www.inometa.de>

Teil I

Grundlagen, Vorbehandlung, Auslegung, Qualität

Henning Gleich, Andreas Hartwig, Hartwig Lohse, David Blass, Tobias Reincke, Stefan Kreling und Klaus Dilger

1.1 Was Kleber über Kunststoffe wissen sollten

Henning Gleich, Andreas Hartwig und Hartwig Lohse

Wenn heute innovative Produkte auf den Markt gebracht werden, sind meist Kunststoffe mit von der Partie. Sie können häufig nur durch den Einsatz der Klebtechnik zuverlässig gefügt werden – insbesondere wenn es darum geht, unterschiedliche

H. Gleich (✉)

inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH

Berlin, Deutschland

E-Mail: henning.gleich@inpro.de

A. Hartwig (✉)

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bereich Klebtechnik und Oberflächen

Bremen, Deutschland

E-Mail: andreas.hartwig@ifam.fraunhofer.de

H. Lohse (✉)

Klebtechnik Dr. Hartwig Lohse e.K.

Breitenberg, Deutschland

E-Mail: hlohse@hdyg.de

D. Blass (✉) · T. Reincke · K. Dilger

Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs), Technische Universität Braunschweig

Braunschweig, Deutschland

E-Mail: d.blass@tu-braunschweig.de

S. Kreling

Konzernforschung Werkstoffe und Fertigungsverfahren Fügeverfahren, K-GERW/F, Volkswagen Aktiengesellschaft

Wolfsburg, Deutschland

Kunststoffe miteinander oder Kunststoffe mit anderen Werkstoffen zu verbinden. Um dabei erfolgreiche Ergebnisse zu erzielen, sollte der Verarbeiter auch hinsichtlich der zu fügenden Kunststoffe über ein Basiswissen verfügen.

Wir leben in einer Welt, in der Kunststoffe omnipräsent sind und in nahezu jedem Produkt des täglichen Lebens vorkommen. Gründe hierfür gibt es viele – so zum Beispiel ihre einfache Verarbeitung und geringe Dichte. Außerdem sind sie preiswert und erfordern im Vergleich zu Alternativmaterialien oftmals auch einen geringeren Energiebedarf bei ihrer Herstellung und Verarbeitung. In einer großen Zahl von Fällen besteht ein Produkt aber nicht aus einem monolithischen Kunststoffteil, sondern wird aus den verschiedensten Komponenten zusammengesetzt. Meist beinhalten diese die unterschiedlichsten Materialien. Gerade für das Fügen verschiedener Werkstoffe ist die moderne Klebtechnik das prädestinierte Verfahren. Allerdings müssen die notwendigen technischen Eigenschaften erfüllt und gleichzeitig eine hohe Produktivität, Qualität und Zuverlässigkeit gewährleistet werden. Wie dies in der Praxis gelingt, veranschaulicht dieses Buch anhand eines Überblicks und zahlreicher Beispiele. Nur wenn man weiß, wie es funktioniert, ist die Klebtechnik das beste Fügeverfahren, um die genannten Randbedingungen zu erfüllen.

1.1.1 Einteilung und Eigenschaften

Bei Kunststoffen handelt es sich um synthetisch hergestellte Polymere, die mit verschiedensten Zusatzstoffen formuliert sind. Dies können Füllstoffe oder Fasern sein, aber auch Trennmittel, Weichmacher, Antioxidantien und UV-Stabilisatoren. Neben dem Polymer selber spielen alle diese Stoffe eine Rolle für das Klebverhalten – insbesondere dann, wenn sie sich an der Oberfläche befinden. In diesen Fällen ist dann vor dem Kleben in der Regel eine Reinigung oder Vorbehandlung notwendig. Die meisten Kunststoffe sind außerdem unpolar, was zu einer schlechten Benetzung – auch durch den Klebstoff – führt, und inert, d. h. sie werden von anderen Stoffen wenig angegriffen bzw. reagieren nicht mit diesen. Oftmals sind dies gewünschte Eigenschaften der Kunststoffe, erfordern aber eine Vorbehandlung, um eine hinreichende Verbundfestigkeit zu erzielen. Inzwischen sind auch Klebstoffe auf dem Markt, die selbst inerte Kunststoffe ohne Vorbehandlung zuverlässig kleben. Diese sind jedoch verhältnismäßig teuer und zeigen manchmal Nachteile bezüglich des Arbeitsschutzes und der Verarbeitbarkeit. Ihre Einsatzbreite ist daher noch sehr begrenzt. In der Praxis werden somit fast alle Kunststoffe vor dem Kleben vorbehandelt. Durch Formulierung lassen sich die Eigenschaften von Kunststoffen in einem hohen Maße anpassen, die Basiseigenschaften sind aber durch die verwendeten Polymere gegeben. Abb. 1.1 zeigt die Systematik.