

# Inhaltsverzeichnis

	<i>Peter Mischke:</i>	
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>15</b>
1.1	Geschichtlicher Rückblick .....	15
1.2	Wirtschaftliche Bedeutung der Lacke und Farben .....	16
1.3	Einteilung und stofflicher Aufbau von Beschichtungsstoffen .....	17
1.4	Technologie der Lacke und Farben – „Lacktechnologie“ .....	19
1.5	Literatur .....	20
<b>2</b>	<b>Lackrohstoffe</b>	<b>21</b>
	<i>Peter Mischke:</i>	
2.1	Filmbildner .....	21
2.1.1	Allgemeine Polymerkunde .....	21
2.1.1.1	Grundbegriffe .....	21
2.1.1.2	Polymerisationsgrad, molare Masse, Molmassenverteilung .....	26
2.1.1.3	Sekundär- und Aggregatstrukturen von Polymeren .....	28
2.1.1.4	Vernetzte Polymere .....	30
2.1.1.5	Allgemeines zu Polymerlösungen .....	31
2.1.1.6	Löslichkeit und Löslichkeitsparameter .....	32
2.1.1.7	Unverträglichkeiten .....	36
2.1.1.8	Viskosität von Polymerlösungen .....	36
2.1.1.9	Wässrige Systeme .....	39
2.1.1.10	Mechanisches Verhalten von Polymeren – Viskoelastizität .....	42
2.1.1.11	Messtechnische Erfassung der Viskoelastizität .....	45
2.1.1.12	Temperaturabhängigkeit des Polymerverhaltens – Glasübergangstemperatur .....	47
2.1.2	Natürliche Filmbildner .....	50
2.1.2.1	Naturharze .....	50
2.1.2.2	Öle, oxidative Trocknung .....	50
2.1.2.3	Bitumen, Asphalt, Pech .....	54
2.1.3	Modifizierte Naturstoffe .....	54
2.1.3.1	Modifizierte Naturharze .....	54
2.1.3.2	Modifizierte Öle .....	56
2.1.3.3	Cellulosederivate .....	57
2.1.3.4	Modifizierter Naturkautschuk .....	59
2.1.4	Synthetische Filmbildner .....	59
2.1.4.1	Gesättigte Polyester .....	59
2.1.4.2	Ungesättigte Polyester .....	64
2.1.4.3	Strahlenhärtende Acrylate .....	67
2.1.4.4	Alkydharze .....	68
2.1.4.5	Acrylharze/Acrylatharze .....	71
2.1.4.6	Kunststoffdispersionen .....	74
2.1.4.7	Formaldehyd-Kondensate .....	76
2.1.4.8	Epoxid-Systeme .....	81
2.1.4.9	Polyurethan-Systeme .....	88
2.1.4.10	Siliciumhaltige Filmbildner .....	95
2.1.4.11	Sonstige Filmbildner .....	98
2.1.5	Nachwachsende Rohstoffe für die Bindemittelchemie .....	102

2.1.5.1	Rohstoffquellen und Ausgangssubstanzen.....	102
2.1.5.2	Verfahren und Prozesse .....	102
2.1.5.3	Beispiele zu nachwachsenden Rohstoffen .....	104
2.1.5.4	Ausgewählte Beispiele für Bindemittel aus nachwachsenden Rohstoffen .....	106
	<i>Michael Groteklaes:</i>	
2.2	Lösemittel .....	108
2.2.1	Einteilung und Definitionen .....	108
2.2.2	Charakterisierung und Einteilung von Lösemitteln.....	109
2.2.2.1	Lösevermögen.....	109
2.2.2.2	Lösemittel, die sich nicht an Wasserstoffbrückenbindungen beteiligen.....	110
2.2.2.3	Lösemittel mit mäßig starker Wasserstoffbrückenbindung.....	111
2.2.2.4	Lösemittel mit starker Wasserstoffbrückenbindung.....	113
2.2.3	Eigenschaften .....	114
2.2.3.1	Flüchtigkeit .....	114
2.2.3.2	Polarität.....	118
2.2.3.3	Oberflächenspannung.....	118
2.2.3.4	Dichte .....	118
2.2.3.5	Viskosität.....	119
2.2.3.6	Weitere physikalische Eigenschaften.....	121
2.2.3.7	Physiologische Eigenschaften.....	121
2.2.4	Lösemittel in Beschichtungsstoffen.....	122
2.2.4.1	Lösemiteleinflüsse auf Lack- und Lackierungseigenschaften .....	122
2.2.4.2	Lösemittel in Low Solid- und Medium Solid-Lacken.....	123
2.2.4.3	Lösemittel in High Solid-Lacken .....	123
2.2.4.4	Lösemittel in Wasserlacken.....	124
2.3	Pigmente und Füllstoffe .....	125
2.3.1	Definitionen und Einteilung von Pigmenten .....	125
2.3.2	Physikalische Grundlagen .....	126
2.3.2.1	Pigmentmorphologie.....	126
2.3.2.2	Optik von Pigmenten .....	130
2.3.2.3	Wechselwirkungen zwischen Pigment und umgebendem Medium .....	135
2.3.3	Weißpigmente.....	137
2.3.3.1	Titandioxid-Pigmente.....	137
2.3.3.2	Andere Weißpigmente.....	144
2.3.4	Schwarzpigmente .....	145
2.3.4.1	Einteilung .....	145
2.3.4.2	Pigmentruße .....	145
2.3.5	Anorganische Buntpigmente.....	149
2.3.5.1	Allgemeine Eigenschaften .....	149
2.3.5.2	Oxidische und Oxidhydroxid-Pigmente.....	150
2.3.5.3	Cadmumpigmente .....	153
2.3.5.4	Chromat-Pigmente.....	154
2.3.5.5	Bismutvanadat-Pigmente.....	154
2.3.5.6	Eisenblau-Pigmente .....	155
2.3.5.7	Ultramarin-Pigmente .....	155
2.3.6	Organische Buntpigmente .....	155
2.3.6.1	Allgemeine Eigenschaften .....	155
2.3.6.2	Einteilung von organischen Pigmenten.....	156
2.3.6.3	Optische Eigenschaften organischer Pigmente .....	158
2.3.6.4	Anwendungsgebiete für organische Pigmente .....	159
2.3.7	Effektpigmente .....	160
2.3.7.1	Metalleffektpigmente.....	160
2.3.7.2	Perlglanz- und Interferenz-Pigmente.....	163

---

2.3.7.3	Einarbeitung von Effektpigmenten in Lacke .....	164
2.3.7.4	Effektausbildung .....	165
2.3.8	Funktionelle Pigmente .....	166
2.3.8.1	Korrosionsschutzpigmente .....	166
2.3.8.2	Leitfähige Pigmente .....	170
2.3.9	Füllstoffe .....	171
2.3.9.1	Definition und Einteilung von Füllstoffen .....	171
2.3.9.2	Herstellung von Füllstoffen .....	173
2.3.9.3	Einige häufig verwendete Füllstoffe .....	174
2.3.9.4	Nanopartikel .....	177
2.3.10	Farbstoffe .....	177
2.4	Additive .....	180
2.4.1	Einteilung und Definition .....	180
2.4.2	Grenzflächenaktive Additive .....	180
2.4.2.1	Entschäumer und Entlüfter .....	180
2.4.2.2	Oberflächenadditive .....	185
2.4.3	Rheologieadditive .....	190
2.4.3.1	Allgemeines .....	190
2.4.3.2	Verdickungsmittel .....	191
2.4.3.3	Thixotropierungsmittel .....	193
2.4.4	Lichtschutzmittel .....	194
2.4.5	Biozide .....	197
2.4.6	Netz- und Dispergiermittel .....	198
2.4.7	Katalysatoren und Sikkative .....	201
2.4.8	Mattierungsmittel .....	202
2.5	Literatur .....	203

<b>3</b>	<b>Lacksysteme, Rezeptierung, Filmbildung</b>	<b>205</b>
	<i>Michael Groteklaes:</i>	
3.1	Zusammensetzung von Beschichtungsstoffen.....	205
3.2	Grundlegende Rezepturparameter .....	207
3.3	Pigmentvolumenkonzentration und Filmeigenschaften.....	209
3.4	Lösemittelbasierende Beschichtungsstoffe.....	214
3.4.1	Low Solid- und Medium Solid-Systeme .....	214
3.4.2	High Solids .....	216
3.5	Wässrige Beschichtungsstoffe.....	219
3.5.1	Wasserlösliche und emulgierbare Systeme .....	219
3.5.2	Dispersionsfarben.....	220
3.6	Radikalisch härtende Beschichtungsstoffe .....	222
3.6.1	Allgemeines .....	222
	<i>Bernd Strehmel:</i>	
3.6.2	Vertiefende Darstellung der photonisch initiierten radikalischen Härtung.....	226
	<i>Michael Groteklaes:</i>	
3.7	Pulverlacke.....	235
3.7.1	Filmbildner.....	235
3.7.2	Additive.....	238
3.7.3	Pigmente.....	238
3.8	Anorganische Beschichtungsstoffe.....	238
3.8.1	Wasserglasfarben.....	238
3.8.2	Alkylsilikatfarben .....	239
3.9	Rezeptierung des Mahlansatzes.....	240
3.9.1	Allgemeines .....	240
3.9.2	High Solid-Systeme .....	242
3.9.3	Wässrige Systeme .....	243
	<i>Peter Mischke:</i>	
3.10	Filmbildung.....	244
3.10.1	Allgemeines .....	244
3.10.2	Physikalische Trocknung.....	245
3.10.2.1	Trocknung gelöster Bindemittel.....	245
3.10.2.2	Trocknung von Primärdispersionen .....	247
3.10.2.3	Trocknung von Polyurethandispersionen .....	249
3.10.3	Härtung (Vernetzung) flüssiger Beschichtungsstoffe .....	249
3.10.3.1	Allgemeine Prinzipien .....	249
3.10.3.2	Besonderheiten bei High Solids .....	252
3.10.3.3	Vernetzung wässriger Filmbildner .....	252
3.10.3.4	Vernetzung mit Strahlen.....	253
3.10.4	Härtung von Pulverlacken.....	253
3.11	Literatur .....	255
	<i>Thomas Brock:</i>	
<b>4</b>	<b>Herstellung von Beschichtungsstoffen</b>	<b>257</b>
4.1	Vorbemerkung.....	257
4.2	Allgemeines zur Lackherstellung - Struktur einer Lackfabrik.....	257
4.3	Verfahrensabläufe der Lackherstellung.....	258
4.4	Produktionsstrategien und Rezepturbeispiel.....	261
4.5	Apparative Aspekte der Lackproduktion .....	264
4.6	Der Pulverlack-Herstellungsgang.....	265
4.7	Ergänzendes zum Mischen und Lösen .....	265
4.8	Kneten.....	268

4.9	Dispergieren, Dispergierapparate.....	268
4.9.1	Allgemeines zum Dispergieren .....	268
4.9.2	Beanspruchungsmechanismen beim Dispergieren .....	269
4.9.3	Dispergieren mit dem Dissolver.....	269
4.9.4	Dispergieren mit der Dreiwalze .....	272
4.9.5	Dispergieren mit Rührwerkskugelmühlen .....	273
4.9.5.1	Dispergiermechanismus in Gegenwart von Mahlkörpern .....	273
4.9.5.2	Aufbau und Betriebsparameter von Rührwerkskugelmühlen.....	273
4.9.5.3	Verweilzeitverteilung in einer Rührwerkskugelmühle.....	277
4.9.5.4	Passagen- und Zirkulationsverfahren .....	278
4.9.6	Dispergieren im Extruder bei der Pulverlack-Herstellung.....	280
4.10	Filtrieren .....	281
4.11	Ergänzendes zur Herstellung wasserverdünnbarer Lacke und Farben .....	283
4.12	Literatur .....	283
	<i>Michael Groteklaes:</i>	
<b>5</b>	<b>Untergründe und ihre Vorbehandlung</b>	<b>284</b>
5.1	Allgemeines .....	284
5.2	Grundlagen der Haftung .....	285
5.3	Metalluntergründe.....	288
5.3.1	Metalle und ihre Oberflächen .....	288
5.3.2	Die wichtigsten Metalluntergründe .....	288
5.3.2.1	Stahl.....	288
5.3.2.2	Zink, verzinkter Stahl.....	289
5.3.2.3	Aluminium .....	289
5.3.2.4	Weitere metallische Werkstoffe .....	290

5.3.3	Beseitigung festhaftender Schichten .....	290
5.3.3.1	Mechanische Verfahren, Strahlen .....	291
5.3.3.2	Flammstrahlen .....	292
5.3.3.3	Beizen .....	292
5.3.4	Reinigen, Entfetten .....	293
5.3.5	Aufbringen von Konversionsschichten .....	293
5.3.6	Handwerkliche Vorbereitung von Metalluntergründen .....	296
5.4	Kunststoffuntergründe .....	297
5.4.1	Kunststoffe, Kunststoffoberflächen und ihre Lackierbarkeit .....	297
5.4.2	Vorbehandlung von Kunststoffen .....	298
5.5	Holz und Holzwerkstoffe als Untergründe .....	301
5.5.1	Holz .....	301
5.5.2	Holzwerkstoffe .....	303
5.5.3	Vorbehandlung von Holz und Holzwerkstoffen .....	303
5.5.3.1	Planbearbeiten und Glätten .....	304
5.5.3.2	Einige Hinweise zum Holzschutz .....	305
5.6	Mineralische Untergründe .....	306
5.6.1	Zusammensetzung und Eigenschaften .....	306
5.6.2	Vorbehandlung mineralischer Untergründe .....	310
5.7	Literatur .....	312
<b>6</b>	<b>Applikation und Trocknung</b>	<b>313</b>
	<i>Thomas Brock:</i>	
6.1	Applikationsarten und Einsatzkriterien .....	313
6.2	Streichen, Rollen, Ziehen, Wischen .....	313
6.3	Gießen .....	315
6.4	Walzen .....	315
6.5	Tauchen, Fluten und verwandte Verfahren .....	316
6.6	Elektrotauchlackierung .....	317
6.6.1	Elektrochemische Grundlagen .....	317
6.6.2	Anlagentechnik und Badsteuerung .....	321
6.6.3	Entwicklungstrends und Einsatzgebiete .....	323
6.7	Spritzverfahren .....	323
6.7.1	Zerstäubungsarten ohne elektrostatische Aufladung .....	324
6.7.1.1	Pneumatische Zerstäubung .....	324
6.7.1.2	Hydraulische Zerstäubung .....	328
6.7.1.3	Neuere Verfahrensvarianten .....	328
6.7.2	Elektrostatische Zerstäubung .....	329
6.7.3	Hochrotations-Zerstäubung .....	332
6.7.4	Filmbildung nach der Spritzapplikation .....	334
6.7.5	Zweikomponenten-Anlagentechnik bei der Spritzapplikation .....	334
6.7.6	Anwendungsbereiche .....	335
6.8	Pulverbeschichten .....	335
6.8.1	Pulversintervverfahren .....	336
6.8.2	Elektrostatisches Pulverbeschichten .....	336
6.9	Lackier-Anlagentechnik .....	339
6.9.1	Kabinenluft-Technik .....	339
6.9.2	Abluftreinigung .....	341
6.9.3	Lackversorgung .....	343
6.9.4	Automatisierung von Lackierprozessen .....	343
6.9.5	Fördersysteme .....	344

	<i>Peter Mischke:</i>	
6.10	Trocknung, Härtung .....	346
6.10.1	Einbrennbedingungen .....	346
6.10.2	Überblick über Trocknungsverfahren.....	347
6.10.3	Umluft(Konvektions)-Trocknung .....	347
6.10.4	Infrarot-Trocknung .....	349
6.10.5	Strahlenthärtung .....	351
6.10.6	Elektrische Trocknungsverfahren.....	353
6.11	Literatur .....	353
	<i>Thomas Brock:</i>	
<b>7</b>	<b>Lackierprozesse</b>	<b>354</b>
7.1	Farben und Lacke: Markt und Einsatzbereiche .....	354
7.2	Autoserienlackierung.....	354
7.3	Autoreparaturlacke.....	361
7.4	Industrielle Kunststofflackierung .....	365
7.5	Lackierung von Schienenfahrzeugen .....	366
7.6	Bandbeschichtung/Coil Coating .....	366
7.7	Elektroisoliersysteme und Elektroniklacke .....	368
7.8	Andere Metalllackierungen.....	368
7.9	Lackierung von Holz und Holzwerkstoffen.....	370
7.10	Bautenschutz/Beschichtung mineralischer Untergründe.....	374
7.11	Abtrennung, Aufbereitung und Verwertung von Lack- und Lackierrückständen...	375
7.12	Entlacken .....	378
7.13	Qualitätsmanagement, Prozess- und Qualitätssicherheit.....	379
7.14	Literatur .....	382

	<i>Thomas Brock:</i>	
<b>8</b>	<b>Prüf- und Messtechnik</b>	<b>383</b>
8.1	Rheologie und Rheometrie.....	383
8.1.1	Rheologische Grundlagen .....	383
8.1.2	Praktische Bedeutung des Viskositätsverhaltens .....	386
8.1.3	Rheometrie: Messung des Fließverhaltens.....	387
8.1.4	Viskoelastizität.....	389
8.2	Kennzahlen von Lösemitteln und Flüssigprodukten.....	390
8.2.1	Zusammensetzung und Reinheit von Flüssigkeiten.....	391
8.2.2	Sicherheitstechnische Kenndaten.....	393
8.2.3	Anwendungsbezogene Kenndaten .....	393
8.3	Analytische Kennzahlen von Feststoffen .....	397
8.4	Prüfung von flüssigen Farben und Lacken .....	398
8.4.1	Optisch relevante Eigenschaften .....	398
8.4.2	Emissionen.....	404
8.4.3	Filmbildung, Verlauf und Vernetzung.....	404
8.4.4	Ringleitungsstabilität.....	407
8.5	Spezielle Prüfungen bei Pulverlacken .....	407
8.6	Beschichtungsmerkmale nach der Applikation.....	408
8.6.1	Schichtdickenmessung.....	408
8.6.2	Optische Filmeigenschaften, Farbe und Farbmessung .....	410
8.6.3	Mechanisch-technologische Filmeigenschaften .....	416
8.6.4	Licht- und Wetterbeständigkeiten.....	424
8.7	Lack- und Lackierschäden .....	430
8.8	Literatur .....	431
	<i>Thomas Brock:</i>	
<b>9</b>	<b>Umwelt- und Arbeitsschutz</b>	<b>432</b>
9.1	Luftreinhaltung und VOC-Emissionen.....	432
9.2	Wasserreinhaltung .....	435
9.3	Abfallgesetzgebung und Abfallwirtschaft.....	436
9.4	Arbeitssicherheit beim Umgang mit Lacken und Farben.....	437
9.5	Transporte .....	440
9.6	REACH .....	440
9.7	Ökobilanzen: Aussagen und Grenzen .....	442
9.8	Literatur .....	443
	<b>Anhang zur Nomenklatur</b>	<b>444</b>
	<b>Autoren</b>	<b>445</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>447</b>