

K.-A. van Oeteren Korrosionsschutz durch Beschichtungsstoffe

Grundlagen – Verfahren – Anwendungen

Band 2

Mit 604 Abbildungen und 488 Tabellen

Carl Hanser Verlag München Wien 1980

Inhalt

Band 1

	Vorwort	VII
1	Einführung	1
1.1	Stahl in der Technik	1
1.1.1	Substitution von Stahl	2
1.1.1.1	Arteigene Substitution	2
1.1.1.2	Artfremde Substitution	2
1.1.2	Der Trend beim Stahl	4
1.1.3	Stahlbeton oder Stahl?	5
1.1.3.1	Wirtschaftlichkeit des Stahlbaus	7
	• Gesamtkosten berücksichtigen	7
	• Zunahme der Wettbewerbsfähigkeit	8
1.2	Wertverluste infolge Korrosion	8
1.2.1	Statistische Angaben	15
1.2.2	Ermittlung der Wertverluste	15
1.2.3	Instandsetzungskosten durch Schäden infolge von Korrosion	17
1.3	Korrosionsschutz, ein Gebiet der industriellen Schadensverhütung	18
1.4	Verfahren zur Verhütung der Korrosion	20
1.4.1	Korrosionschemie, die wissenschaftliche Grundlage	21
1.4.2	Korrosionsanalyse – Korrosionstopographie; Voraussetzung für den Korrosionsschutz	21
1.4.3	Folgerung aus den steigenden Anforderungen auf dem Korrosionsschutz-Sektor	22
1.5	Aufwendungen für den Korrosionsschutz	22
1.5.1	Korrosionsschutzmarkt und Arbeitskräftebedarf	28
1.6	Tätigkeit technisch-wissenschaftlicher Organisationen in der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Korrosion und des Korrosionsschutzes	30
	Literatur	31
2	Korrosion	32
2.1	Was ist Korrosion?	32
	• Die Korrosionsbeurteilung metallischer Werkstoffe – ein psychologisches Problem?	33
2.2	Ursache der Korrosion	35
2.3	Voraussetzung für eine Korrosion	36
2.4	Schädigende und nichtschädigende Korrosion?	36
2.5	Elektrochemische Spannungsreihe	37
2.6	Korrosionsreaktionen	41
2.6.1	Chemische Korrosionsreaktionen	42

VI	Inhalt	
2.6.2	Elektrochemische Korrosionsreaktionen	42
2.7	Mechanismus der Korrosion	42
2.8	Arten der Werkstoffzerstörung	44
2.8.1	Werkstoffzerstörung durch Korrosion	45
	Literatur	46
3	Die wichtigsten Korrosionsarten	47
3.1	Ebenmäßige Korrosion (gleichmäßiger Flächenabtrag)	47
3.2	Muldenförmige Korrosion (ungleichmäßiger Flächenabtrag unter Narbenbildung)	48
3.3	Lochförmige Korrosion (örtlicher Flächenabtrag) – Lochfraß	48
3.4	Spezielle Korrosionsarten ohne mechanische Beanspruchung	49
3.4.1	Spaltkorrosion	49
3.4.2	Kontaktkorrosion	50
3.4.3	Berührungskorrosion	50
3.4.4	Selektive Korrosion	51
	• Interkristalline Korrosion (IK)	51
	• Spongiose	51
	• Entzinkung	51
3.4.5	Streustromkorrosion (Fremdstromkorrosion, Korrosion durch vagabundierende Ströme)	51
3.4.6	Stillstandskorrosion	52
3.4.7	Filigran – oder Fadenzorrosion	52
3.4.8	Zunderung, Verzunderung	52
3.4.9	Anlaufen	53
3.5	Taupunktkorrosion	53
3.5.1	Kondenswasserkorrosion	53
3.5.2	Mikrobiologische Korrosion	53
3.6	Korrosion bei gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung	54
3.6.1	Spannungsrißkorrosion	54
3.6.2	Schwingungsrißkorrosion (Korrosionsermüdung)	55
3.6.3	Erosionskorrosion	55
3.6.4	Kavitationskorrosion	55
3.6.5	Reibkorrosion	55
3.7	Korrosionselemente	56
3.7.1	Unterschiedliche Metalle; Kontaktkorrosion	56
3.7.2	Unterschiedliche Stoffe	56
3.7.3	Unterschiedliche Spannungs- und Verformungsverhältnisse	56
3.7.4	Konzentrationsunterschiede • Belüftungskorrosion, Evans-Element, Belüftungselement	57
3.7.5	Lokalelemente	61
3.7.6	Unterschiede in der Temperatur eines Elektrolyten	62
3.7.7	Großflächige Korrosionselemente	62
3.8	Korrosionsbeständigkeit von Eisen und Stahl, heute und in früheren Jahrhunderten	62
3.8.1	Betrachtungen zur Abhängigkeit der Korrosion von den Korrosionseinflüssen und der Materialzusammensetzung	62

3.8.2	Korrosionsbeständigere niedriglegierte Stähle	66
	Literatur	66
4	Art des Korrosionsangriffes	68
4.1	Atmosphärische Korrosion	68
4.1.1	Klimagebiet (klimatische Umgebungseinflüsse)	69
4.1.1.1	Grundbestandteile der Luft	69
	• Temperatur und Feuchte	71
	• Temperatur	71
	• Relative Luftfeuchtigkeit	72
4.1.1.2	Feuchtigkeits-Kondensation infolge Temperaturwechsels (Schwitzwasserbildung)	74
4.1.1.3	Niederschlag	74
4.1.1.4	Klimafaktoren	74
4.1.2	Atmosphärentyp	74
4.1.2.1	Landatmosphäre	76
4.1.2.2	Stadtatmosphäre	76
4.1.2.3	Industriatmosphäre	77
4.1.2.4	Meeresatmosphäre	77
4.1.2.5	Tropenklima	79
4.1.3	Anomale Atmosphären	80
4.1.3.1	Luftverunreinigungen	80
4.1.3.2	Luftverunreinigungen als Korrosionsstimulatoren	85
	• Schwefeldioxid	86
	• Sonstige gasförmige Luftverunreinigungen	88
	• Chlorid	88
	• Stäube	89
	• Korrosionsreaktionen an Stahl und Zink durch Schwefeldioxid aus der Atmosphäre	91
4.1.4	Aufstellungskategorie	95
4.1.5	Korrosivität verschiedener Klimate, Atmosphärentypen und Aufstellungskategorien	95
4.1.6	Einflüsse von Form, Masse und Lage eines Metallkörpers auf dessen Korrosion	98
4.2	Korrosion in Wässern	99
	• Einfluß der Wasserarten	99
4.3	Korrosion in Böden	104
	• Einfluß der Bodenarten	104
4.4	Korrosion durch chemische Einflüsse	105
4.5	Korrosionsgeschwindigkeit	106
	• Schwierigkeit von Voraussagen über die Korrosionsgeschwindigkeit, z. B. an der Atmosphäre	108
4.5.1	Korrosionsgeschwindigkeit von Stahl	109
4.5.1.1	Atmosphäre	109
4.5.1.2	Böden	112
4.5.1.3	Wässer	112
4.5.2	Korrosionsgeschwindigkeit von Zink	112

4.5.2.1	Atmosphäre	112
4.5.2.2	Böden	118
4.5.2.3	Wässer	119
4.6	Korrosionsprodukte	120
4.6.1	Korrosionsprodukte des Eisens	122
4.6.1.1	Morphologie des Rostes	122
4.6.2	Korrosionsprodukte des Zinks	126
•	Zinkoxidschichten	126
•	Zinkpatina	127
•	Weißrost (Zinkrost)	129
•	Zinkkorrosionsprodukte	129
	Literatur	129
5	Korrosionsschutzverfahren	132
5.1	Aktive Korrosionsschutzverfahren	132
5.1.1	Eingreifen in den Korrosionsvorgang	133
5.1.1.1	Entfernung angreifender Stoffe – Beeinflussung angreifender Stoffe	133
5.1.1.2	Inhibitoren	133
5.1.1.3	Eingriff in den elektrochemischen Vorgang (Kathodischer Schutz)	134
5.1.2	Korrosionsschutzplanung	137
5.1.2.1	Korrosionsschutzgerechte Gestaltung	138
•	Vermeidung ungünstiger Bedingungen und ungünstiger Lage	138
•	Vermeidung ungünstiger Profile und Konstruktionen	139
•	Erläichterung der Reinigung, Entrostung und der Korrosionsschutzarbeiten	141
•	Erleichterung durch Vorrichtungen zur Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten	142
•	Zweckmäßige Werkstoffauswahl und Kombination	142
5.1.2.2	Korrosionsbeständige oder -träge Stähle	144
•	Nichtrostende Stähle	144
•	Wetterfeste Stähle (niedriglegierte Stähle) WT	144
..	Richtiges Konstruieren	
..	Konversions-Primer	
..	Wann können wetterfeste Stähle nicht ohne Beschichtung eingesetzt werden?	
..	Beschichtung niedriglegierter Stähle	
5.2	Passive Korrosionsschutzverfahren	149
5.2.1	Anorganische Überzüge	149
5.2.1.1	Oxidschichten (Glühen)	149
5.2.1.2	Brünieren	152
5.2.1.3	Phosphatschichten	152
5.2.2	Metallische Überzüge	156
5.2.2.1	Schmelztauch-Überzüge	156
•	Verzinnen	156
•	Verzinken (Feuerverzinkung)	157
•	Verbleiung	163

	• Feueraluminieren	164
5.2.2.2	Diffusionsmetallüberzüge	165
	• Chromdiffusion	165
	• Sherardisieren	165
	• Pulveralitisierung (Kalisieren, Pulveralitisieren)	166
5.2.2.3	Plattierte Metallüberzüge	166
5.2.2.4	Metallspritzüberzüge; thermisches Spritzen (Spritzmetallisierung)	168
	• Metallspritzwerkstoffe	170
	• Zink-Metallspritzschichten	171
	• Aluminium-Metallspritzschichten	172
	• Kombinierte Metallspritzschichten	172
	• Blei-Metallspritzschichten	172
	• Korrosionsschutz durch Metallspritzüberzüge	173
	• Flammsspritzen	174
	• Lichtbogenspritzen	176
	• Plasmaspritzen	177
	• Vorbereiten des Grundwerkstoffes (Haftgrundes) für das Metallspritzen	177
	• Entstehung der Metallspritzschicht	179
	• Dichtigkeit von Metallspritzschichten	180
	• Nachbehandlung der Metallspritzschichten; Porendichtung; Nachverdichten (sealing)	181
	.. Natürliche Porendichtung	
	.. Mechanische Porendichtung (Frottieren)	
	.. Physikalische Porendichtung (Imprägnierung)	
	.. Chemische Porendichtung	
	• Prüfung von Metallspritzschichten	183
	• Kosten beim Metallspritzen	184
	• Wirtschaftlichkeit des Korrosionsschutzes mit Metallspritzschichten ..	185
5.2.2.5	Elektrolytische (galvanische) Metallüberzüge	185
5.2.2.6	Metallabscheidung ohne äußere Stromquelle	187
5.2.2.7	Vakuum-Aufdampfverfahren durch Kathodenzerstäubung und Hochvakuum-Verdampfung (Vacuum Coating)	187
5.2.3	Nichtmetallische Überzüge (anorganisch)	190
5.2.3.1	Silikatüberzüge (Emaillieren)	190
5.2.3.2	Zementüberzüge	192
	• Einbetonierung	193
	• Zementmörtelauskleidung	193
	• Torkretierung	193
5.2.4	Nichtmetallische Überzüge (organisch)	193
5.2.4.1	Bituminöse Überzüge	193
5.2.4.2	Gummi-(Kautschuk-)Überzüge	195
5.2.4.3	Kunststoffüberzüge	195
	<i>Flächenhafte Halbzeuge</i>	
	• Kunststoff-Folierung	195
	• Kunststoff-Kaschierungen	197
	• Kunststoff-Auskleidung und Ummantelung	198
	<i>Dreidimensionale Halbzeuge</i>	
	• Kunststoff-Schrumpfüberzüge	198

	<i>Pulverbeschichtung</i>	
	• Kunststoff-Wirbelsintern	200
	• Elektrostatisches Kunststoffpulverspritzen (EPS)	202
	• Kunststoff-Flammspritzen	204
	<i>Kunststoffdispersionen</i>	
	• Echte Dispersionen	205
	• Kunststoff-Plastisole und -Organosole	206
5.2.4.4	Kunststoff-Korrosionsschutzbeläge	206
5.2.4.5	Beschichtung durch Lackierung und Coil-Coating	207
	• Lackierung	207
	.. Industrielacke	
	.. Applikationsmethoden	
	.. Lacktrocknung	
	• Coil-Coating (Bandbeschichtung)	224
	.. Allgemeines	
	.. Beschichtungstypen	
	.. Verfahrenstechnik	
	... Naßbeschichtung	
	... Folienbeschichtung (Kaschierung)	
	.. Prüfung von Coil-Coating-Beschichtungen	
5.2.4.6	Plastische Korrosionsschutzbinden	232
	• Allgemeines	232
	• Ausführungsarten	232
	• Ausführung des Oberflächenschutzes	234
5.2.5	Vorübergehender (temporärer) Korrosionsschutz	234
5.2.5.1	Aktive Korrosionsschutzverfahren	234
	• Verbesserung der Atmosphäre	234
	.. Trocknungsmittel	
	.. Luftentfeuchtung	
	.. Infrarotstrahlen	
	.. Dampfphaseninhibitor	
	.. Wasserverdrängung (dewatering fluids)	
5.2.5.2	Passive Korrosionsschutzverfahren	237
	• Abziehbare Kunststoffsichten	237
	.. Kaltplastik	
	.. Warmplastik	
	.. Cocoon	
	• Lackartige Mittel	238
	• Phosphatschichten	238
	• Ölige, fettartige Schutzmittel	238
	• Plastische, schmierfettartige Mittel	238
	• Lösungsmittelhaltige Mittel auf Fett-Ölbasis	238
	• Verarbeitungstechnik der Korrosionsschutzmittel	238
	Literatur	239
6	Oberflächenvorbereitung; Reinigung, Entzunderung und Entrostung	244
6.1	Oberflächenzustände und Güteklassen	244
6.1.1	Reinheit unbeschichteter Metalle, vorzugsweise von Stahl	244

6.1.1.1	Prüfung der Reinheit	246
6.1.1.2	Prüfung der Reinheit von Metalloberflächen bei hydrophoben Verunreinigungen	246
	• Benetzbarkeitsprüfung	246
	.. Wasserbenetzungstest	
	.. Alkoholbenetzungstest	
	• Fluoreszenztest	248
	• Chemische Methoden	248
	• Gravimetrische Methoden	248
6.1.1.3	Prüfung der Reinheit von Metallflächen bei hydrophilen Verunreinigungen	248
6.1.1.4	Prüfung der Reinheit entrosteter und entzunderter Stahloberflächen	249
	• Optische Prüfung entrosteter und entzunderter Stahloberflächen	249
	• Chemische Prüfung entrosteter und entzunderter Stahloberflächen ..	249
	• Elektrische Prüfung entrosteter und entzunderter Stahloberflächen ..	249
	.. Elektrische Prüfung nach H. A. Möller	
	.. Fotoelektrische Prüfung entrosteter und entzunderter Stahloberflächen nach dem Reflektometerverfahren	
6.1.2	Rostgrad unbeschichteten Stahls	251
6.1.3	Güteklassen für die Vorbereitung von Stahloberflächen – Norm-Reinheitsgrade	252
6.1.3.1	Optische Prüfung von Stahloberflächen, Fotostandards	252
	• Lupenreine Strahlentrostung	257
6.1.3.2	Unterschiedliches Aussehen der Oberflächen nach einer Strahlentrostung	257
	• Ausgangszustände von Stahloberflächen vor einer Strahlentrostung	257
	• Unebenheiten von Stahloberflächen bei der Strahlentrostung	257
	• Unterschiedliche Rauheit von Stahloberflächen nach dem Strahlen ..	258
6.1.3.3	Beispiele für das unterschiedliche Aussehen der Oberfläche bei Korrosionsangriffen oder Stahlentrostung	258
	• Unterschiedlicher Angriff durch das begrenzte Vorliegen artfremder Deckschichten	258
	.. Korrosion an artfremden Deckschichten	
	.. Schutz an artfremden Deckschichten	
	.. Unterschiedlicher Abtrag durch beschädigte arteigene Deckschichten	
	.. Unterschiedlicher Abtrag der Stahloberfläche durch das Vorliegen unterschiedlich entfernbarer arteigener Deckschichten (Walzhautschatten)	
6.1.4	Rauheit unbeschichteter Metalloberflächen	261
6.1.4.1	Prüfung der Rauheit	261
6.1.5	Verrostungsgrad von beschichteten Stahloberflächen	267
6.1.5.1	Europäische Skala des Verrostungsgrades von Anstrichen und DIN 53 210 Bezeichnung des Rostgrades von Anstrichen	268
6.1.5.2	Fontana-Rostgradskala	268
6.1.5.3	Wiederholt-Skala	270
6.1.6	Beschichtungs- oder Anstrichwert	270
6.1.7	Beschichtungszustand	272

6.2	Vorbereitung der Stahloberfläche für das Aufbringen von Beschichtungen; allgemeine Gesichtspunkte	273
6.2.1	Artfremde und arteigene Verunreinigungen	273
6.3	Reinigung von Stahl und anderen Metalloberflächen sowie vorhandener Beschichtungen vor nachfolgenden Korrosionsschutzbeschichtungen	276
6.3.1	Allgemeines	276
6.3.2	Mechanische und chemische Reinigungsverfahren, Entfetten	277
6.3.2.1	Absanden, Abschmirgeln, Abschleifen, Glühen, Scheuern	280
6.3.2.2	Organische und anorganische Reinigungsmittel	281
	• Lösemittel	281
	• Wäßrige Emulsion hochsiedender organischer Lösemittel	282
	• Wasserlösliche alkalische Reinigungsmittel	282
	• Wasserlösliche saure Reinigungsmittel	282
6.3.3	Dampfstrahlreiniger	282
	• Bewegliche Geräte	282
	• Ortsfeste Geräte	282
	• Hochdruckspritzstrahl zur Innenreinigung von Behältern	282
	• Dampfstrahlphosphatierung	283
	• Anwendung von Dampfstrahlreinigungsgeräten	283
	.. Entfettung von Metallflächen	
	.. Säuberung alter Beschichtungsflächen für die Neubeschichtung	
	.. Trocknung feuchter Flächen	
	.. Entfernung von Salzablagerungen u. a. auf dem Beschichtungs- untergrund bzw. zwischen den einzelnen Beschichtungen	
	.. Entwässerung (Entkonservierung) von Maschinen	
6.4	Entrostungs- und Entzunderungsverfahren, Allgemeines	285
6.4.1	Anwendung der Entrostungsverfahren	285
6.4.1.1	Abhängigkeit von der Art und Form des zu entrostenden Gegenstandes	287
6.4.1.2	Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Stahloberfläche	288
6.4.1.3	Abhängigkeit von den örtlichen Möglichkeiten des Einsatzes	289
6.4.1.4	Abhängigkeit von der Art des aufzubringenden Beschichtungsstoffes bzw. Überzuges	289
6.4.2	Bewertung der Entrostungsverfahren	289
6.4.2.1	Veränderung der Oberfläche	289
6.4.2.2	Haftung der Beschichtung bzw. Überzüge und die Art des Entrostungsverfahrens	292
6.4.2.3	Schutzdauer von Beschichtungen in Abhängigkeit vom Entrostungsverfahren und Beschichtungstypus	293
	• Einfluß der Dauer der Freilagerung ungeschützten Stahles auf die Schutzdauer von nachfolgenden Beschichtungen	297
6.4.3	Norm-Reinheitsgrade (Entrostungsgrade)	297
	• Zustand der zu entrostenden Oberfläche	299
	• Art der jeweiligen Korrosionsbelastung	299
	• Art des aufzubringenden Beschichtungsstoffes	299
6.5	Entrostungs- und Entzunderungsverfahren, Ausführung	300
6.5.1	Mechanische Verfahren	300

6.5.1.1	Handentrostung	301
6.5.1.2	Maschinelle Entrostung	302
	● Schleifmittel; Schleifscheiben und Schleifpapier	304
	● Rotierende Drahtbürsten	306
	● Klop-, und Schlagwerkzeuge	307
	● Lufthammer	308
	● Schlagscheiben und Rostfräser	308
	● Druckluft-Nadelentrostler	310
6.5.2	Strahlverfahren	313
	● Sandwäsche (Sandwashing)	314
	● Überstrahlen	314
6.5.2.1	Druckluftstrahlen (Freistralen)	314
6.5.2.2	Druckluftstrahlen (Strahlkammer/-halle)	317
	● Großraumstrahlen	318
6.5.2.3	Schleuderstrahlen	319
6.5.2.4	Staubfreies Strahlen	320
	● Vacu-Blast-Verfahren	320
	● Educt-O-Matic-Verfahren	321
	● Magstar-Verfahren	321
	● System W. Braun	323
6.5.2.5	Naß-Strahlen, Druckwasserstrahlen, Wasser-Strahlen	323
	● Verhinderung der Neurostbildung	324
	.. Welchen Einfluß haben diese Inhibitoren auf nachfolgende Korrosionsschutzmaßnahmen, z. B. Beschichtungen?	
	.. Prüfung der eventuellen Beeinflussung der Beschichtung durch den Inhibitor	
	● Naß-Strahlen	325
	● Druckwasserstrahlen	326
	● Wasser-Strahlmittel	326
6.5.2.6	Strahlmittel	328
	● Strahlmittel-Unterscheidungsmerkmale	328
	● Eisen- bzw. Stahlstrahlmittel	328
	● NE-Strahlmittel	330
	● Mineralische Strahlmittel	330
	● Schlacken-Strahlmittel	331
	● Anorganische Strahlmittel	332
	● Organische Strahlmittel	332
	● Mehrfach- und Einwegstrahlmittel	332
	● Auswirkung der Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe auf die Verwendung von Quarzsand als Strahlmittel	332
	● Praxisgesichtspunkte für die Wahl der Strahlmittel	334
	.. Korngröße des Strahlmittels	
	.. Einschluß von Strahlmittel in das Strahlgut	
	.. Rißbildung bei der Verformung von Stahl durch Stahldrahtstrahlmittel	
	.. Korrosionsverhalten von Beschichtungen in Abhängigkeit vom Strahlmittel	
	● Strahlmittel-Trocknung	338
6.5.3	Thermische Entrostung-Flammstrahlen	338
6.5.3.1	Praktische Gesichtspunkte für die Flammstrahlentrostung	341

XIV	Inhalt	
6.5.3.2	Flammphosphatieren	344
•	Durchführung	345
6.5.4	Chemische Entrostung	345
6.5.4.1	Abwittern der Walzhaut	345
•	Unterschiedliche Haftung des Zunders von Stahl beim Abwittern bzw. bei der Strahlentrostung	347
6.5.4.2	Beizen	348
•	Beizverfahren	350
•	Beiztechniken	350
•	Schmelzbeizen	350
•	Beizen oder Strahlen als Oberflächenvorbereitung für Beschichtungen	350
6.5.4.3	Entrostung durch Pasten	350
6.5.4.4	Rostumwandler	355
6.5.5	Mikrobielle Entrostung	355
6.5.6	Entrostung in feuergefährlichen Betrieben; funkenfreie Entrostung	355
•	Zur Entstehung zündfähiger Funken	356
•	Funkenbildung durch funkenfreie Werkzeuge	356
•	Zündung von Gasgemischen durch Funken	357
•	Steigende Anwendung der funkenfreien Entrostung	357
•	Standpunkt verschiedener Stellen zur funkenfreien Entrostung	358
•	Geerdete Strahldüsen für Strahl-Entrostungsarbeiten in feuergefährlichen Betrieben	360
•	Naß-Strahlen als Oberflächenvorbereitung in feuergefährlichen Betrieben	360
6.5.6.1	Verwendung von Beschichtungen mit Aluminiumpulver als Pigment in feuergefährlichen Betrieben	361
6.6	Leistung und Kosten der Entrostungsverfahren	361
6.6.1	Handentrostung	363
6.6.2	Strahlentrostung	363
6.6.3	Flammstrahlen	366
6.6.4	Beizen	369
6.7	Entfernung von Beschichtung durch Abbrennen, Ablaugen, Abbeizen ...	370
•	Abbrennen	370
•	Ablaugen und Abbeizen	370
6.8	Reinigung und Nachbehandlung entrosteter Flächen	371
6.8.1	Vorläufiger Schutz der vorbereiteten Oberflächen vor Korrosion	373
6.8.2	Oberflächenfehler des Werkstoffes; Schweißperlen, Walzfehler u. a.	373
6.8.3	Vorbereiten von Verbindungsstellen (Schweiß-, Niet- und Schraubverbindungen)	376
6.8.4	Vorbereiten von Oberflächen mit Zink- oder Aluminiumüberzügen	376
6.9	Rauheit von Stahloberfläche und Korrosionsschutz	378
6.9.1	Rauheit	378
6.9.2	Rauhtiefe	379
6.9.2.1	Korrosionsschutz und Rauhtiefe	380
6.9.2.2	Verbrauch an Beschichtungsstoffen und Rauhtiefe	382
6.9.2.3	Haftung und Rauhtiefe	383

6.9.2.4	Rauhtiefe und Strahlmittel	384
•	Korngröße des Strahlmittels	384
•	Auftreffwinkel des Strahlmittels	386
•	Härte und Form des Strahlmittels	387
•	Strahldauer	387
•	Verschleißzustand des Strahlmittels	387
•	Grundrauhigkeit vor dem Strahlen; Primärprofil	387
•	Form der Oberflächenaufrauhung	387
6.10	Schutzmaßnahmen bei der Ausführung von Entrostungsarbeiten	387
	Literatur	388
7	Zunder (Walzhaut) und Rost unter Beschichtungen	391
7.1	Beschichtungen auf Zunder (Walzhaut)	391
7.1.1	Was ist Zunder?	391
•	Walzzunder	392
•	Glühhaut	392
•	Anlauffarben	392
7.1.2	Aufbau und Entstehung der Zunderschichten	392
7.1.3	Zunder (Walzhaut) als Korrosionsschutz	393
7.1.4	Entfernung des Zunders (Walzhaut)	396
7.2	Beschichtungen auf Rost	396
7.2.1	Was ist Rost?	396
7.2.2	Möglichkeiten von Beschichtungen auf Rost	397
7.2.2.1	Rostumwandler	399
•	Vergleichsversuche zweier Rostumwandler unter Öl-Bleimennige-Zinkoxid-Deckbeschichtungen	401
•	Versuche mit Tannin-Rostumwandler	403
•	Flammphosphatierung	404
7.2.2.2	Penetrier-Beschichtungsstoffe	404
7.2.2.3	Stabilisations-Beschichtungsstoffe	405
7.2.2.4	Weitere Methoden für die Beschichtung auf Rost	405
7.2.3	Beschichtungen auf chemisch verseuchter Stahloberfläche – Korrosionsstimulatoren und Rostinertisation –	406
7.2.3.1	Korrosionsstimulatoren	406
7.2.3.2	Rostinertisation	410
•	Chemische Methoden	411
•	Flammphosphatierung	411
•	Spezielle Beschichtungsstoffe	411
•	Zink-Metallspritzschichten	411
•	Wetterfeste Baustähle, niedriglegierte Stähle	411
•	„Norm“-Rost für die Prüfung von Beschichtungen auf Rost	412
7.2.4	Beschichtungen auf Restrost	412
	Literatur	414
8	Korrosionsschutz im Stahlbauwerk –	
	Ablieferungsbeschichtung – Fertigungsbeschichtung (Shop-Primer) –	
	Walzstahlkonservierung	416

XVI	Inhalt	
8.1	Allgemeines	416
8.2	Klassischer Korrosionsschutz ab Fabrik	418
8.2.1	Reiseanstrich und Werkstattgrundbeschichtung	418
8.3	Neuzeitlicher Korrosionsschutz im Stahlbauwerk oder ab Walzwerk	419
8.4	Ablieferungs-Grundbeschichtung im Stahlbauwerk	421
8.4.1	Schichtdicke	424
8.4.2	Art der Oberflächenvorbereitung	424
8.4.3	Prüfung von Ablieferungs-Grundbeschichtungen	424
8.4.4	Schäden durch Transport, Montage und Lagerung	424
8.4.5	Schutzdauer von Grundbeschichtungen	426
8.4.6	Reinigung der Werkstatt-Grundbeschichtung	427
8.5	Walzstahlkonservierung	427
8.5.1	Allgemeines	428
8.5.2	Verfahrenstechnik der Walzstahlkonservierung	428
8.5.3	Fertigungsbeschichtungen (Shop-Primer)	429
8.5.3.1	Applikationstechnik	430
8.5.3.2	Schichtdicke	432
8.5.3.3	Vorteile für den Stahlbauer bei Einsatz von konservierten Walzstahles	434
8.5.4	Überschweißbarkeit von Fertigungsbeschichtungen	435
8.5.4.1	Der Einfluß von Fertigungsbeschichtungen auf technologische Güte- werte der Schweißverbindungen	435
	• Einfluß auf die Zugfestigkeit	436
	• Einfluß auf Streckgrenze, Biegewinkel und Kerbschlagzähigkeit	436
	• Einfluß von Poren auf die Dauerfestigkeit	436
	• Die Ursache der Porenbildung bei dem Überschweißen	436
	.. Oberflächenzustand des Schweißgutes	
	.. Rauigkeit der Oberflächen und Schnittkanten	
	.. Nahtarten und Schweißverfahren	
	.. Art des Fertigungsbeschichtungsstoffes	
	• Brennhof	439
	• Umgehung schweißtechnischer Schwierigkeiten	439
8.5.5	Arbeitssicherheit; Geruchsbelästigung und/oder Gesundheitsschäden bei Schweißarbeiten an Stahl mit Beschichtung	439
	• Bindemittel-Pyrolyseprodukte	440
	• Pigment-Pyrolyseprodukte	440
8.5.6	Prüfungen für Fertigungsbeschichtungen	443
	Literatur	443
9	Korrosionsschutz durch Beschichtungsstoffe	444
9.1	Allgemeine Gesichtspunkte	444
9.2	Grundvoraussetzungen für einen optimalen Korrosionsschutz durch Beschichtungsstoffe	445
9.3	Der Beschichtungsstoff-Hersteller; Lackindustrie	445
9.3.1	Die Größenordnung	445
9.3.2	Die Struktur	447
9.3.3	Die Produkte	447
9.3.4	Der Markt	448

9.3.5	Die Zukunft	448
9.4	Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz	449
9.4.1	Differenzierte und kombinierte Schutzmaßnahmen im Korrosionsschutz ..	452
9.4.2	Der Trend Korrosionsschutz ab Fabrik	452
9.4.3	Die Bewährung von Beschichtungen an Objektbeispielen	453
9.4.4	Abgrenzung zu anderen Einsatzgebieten von Beschichtungsstoffen	453
9.5	Begriffsbestimmungen für Anstrichstoffe bzw. Anstriche für den Korrosionsschutz durch die Einführung der Bezeichnung Beschichtungsstoff bzw. Beschichtung	462
9.5.1	Anstrich	462
9.5.2	Lackierung	463
9.5.3	Beschichtung – Beschichtungsstoffe	463
9.5.4	Beschichtung	464
9.5.5	Terminologie – Untergrund oder Oberfläche; Untergrund- oder Oberflächenvorbehandlung bzw. -vorbereitung	465
9.5.6	Rostschutzanstrich oder Korrosionsschutzanstrich (Korrosionsschutz-Beschichtung) welche Terminologie ist richtig?	465
9.5.7	Leichter Korrosionsschutz – schwerer Korrosionsschutz	466
9.6	Bedarf und Kosten an Korrosionsschutz-Beschichtungsstoffen	467
9.6.1	Bedarf an Korrosionsschutz-Beschichtungsstoffen	467
9.6.2	Kosten für den Korrosionsschutz durch Beschichtungsstoffen	467
9.6.3	Kostenanteil des Korrosionsschutzes an den Gesamtkosten des Objektes ..	475
9.7	Kostenvergleich verschiedener Korrosionsschutzverfahren	476
9.7.1	Kosten des Duplex-Systems	478
9.7.2	Schutzdauer und Kosten des Duplex-Systems	478
9.8	Schutzdauer von Korrosionsschutzbeschichtungen	479
9.8.1	Schutzdauer von Beschichtungen in Abhängigkeit von der Atmosphäre ...	481
9.8.2	Schutzdauer der Beschichtung in geschlossenen und in Freiluftanlagen ...	482
9.8.3	Abhängigkeit der Schutzdauer von der Art der Metalloberfläche	482
9.8.4	Abhängigkeit der Schutzdauer von der Stahlzusammensetzung	482
9.8.5	Abhängigkeit der Schutzdauer von der Geometrie der beschichteten Flächen	483
9.8.6	Verkürzte Schutzdauer von Korrosionsschutzbeschichtungen?	483
9.8.7	Verstärkte Belastung von einzelnen Beschichtungen durch veränderte Beschichtungstechnik	485
9.9	Versuch einer Kosten- und Nutzungsdauerermittlung der wichtigsten Korrosionsschutzsysteme	486
	Literatur	493
10	Ermittlung und Wirtschaftlichkeit des erforderlichen Korrosionsschutzes, Topographie der Korrosions- bzw. Beschichtungsbeanspruchung	494
10.1	Ermittlung des erforderlichen Korrosionsschutzes	495
	• Maximaler Korrosionsschutz	495
	• Optimaler Korrosionsschutz	495
10.1.1	Nutzungsdauer des Bauwerks	495
10.1.2	Zulässige Abrostungsgrenze	496

10.1.3	Korrosivität des Standortes bzw. der einwirkenden Medien und der damit verbundenen Korrosionsgeschwindigkeit	496
10.1.4	Schutzdauer und Kosten des jeweiligen Korrosionsschutzverfahrens	496
10.1.5	Kosten der verschiedenen Korrosionsschutzverfahren	497
10.1.6	Korrosionsschutzwert-Schutzdauer	498
10.1.7	Arbeitskräftesituation	499
10.1.8	Preis der Stahlkonstruktion	499
10.1.9	Schrotterlös	499
10.1.10	Konstruktive und technologische Bedingungen	499
10.1.11	Architektonische Gesichtspunkte	499
10.2	Die Wirtschaftlichkeit des Korrosionsschutzes	500
10.2.1	Kostenanteil der Beschichtungsstoffe an den Gesamtkosten	501
10.2.2	Wirtschaftlichkeitsrechnung bei Korrosionsschutzbeschichtungen	502
10.2.2.1	Optimierung des Korrosionsschutzes	505
•	Festkosten	508
..	Baustelleneinrichtung	
..	Rüstung	
..	Organisatorische Kosten	
..	Entrostung	
•	Höhere Kosten der Wiederholungsarbeiten	509
..	Geringere Zeitwert des Geldes	
..	Steigenden Lohnkosten	
..	Höhere Kosten durch Entfernung des alten Korrosionsschutzes	
..	Betriebsstillstand, -Einschränkung, -Behinderung	
•	Geringere Schutzdauer des Erneuerungs-Korrosionsschutzes	509
•	Bei dem Zeitpunkt der Erneuerungsbeschichtung oder der Ausbesserung fehlender Mittel	510
•	Die Nutzungsdauer des Objektes	510
•	Nicht ausreichende Beständigkeit des preisgünstigeren Korrosionsschutzsystems bei stärkerer Beanspruchung als erwartet	510
•	Keine exakte Vorherbestimmung der Schutzdauer von Korrosionsschutzsystemen	511
•	I und R Kostenrechnung im Korrosionsschutz	511
•	Alternative: Korrosionsschutz oder kein Schutz	511
..	Beschichtung bis zur Zerstörung oder Auffrischungs-Beschichtung	
•	Einsatz hochwertiger Korrosionsschutzsysteme unter Reduzierung der Schichtdicke zur Einsparung der Kosten	512
10.2.3	Objekt-Inspektion und Ausbesserung der Beschichtungen	513
10.2.4	Korrosionsschutz bezogen auf Nutzungsdauer des Objektes	515
10.2.4.1	Welche Korrosionsschutzsysteme ermöglichen einen Schutz auf Nutzungsdauer?	517
•	Duplex-Systeme	517
•	Dickschichtige Beschichtungen	517
10.3	Topographie der Korrosions- bzw. Beschichtungsbeanspruchung	517
10.3.1	Allgemeines	517
10.3.2	Differenzierte Schutzmaßnahmen erfordern eine Topographie	519
10.3.3	Ermittlung der Beanspruchung	519
10.3.4	Topographie verschiedener Objekte	525

	Inhalt	XIX
10.3.5	Beispiele für die falsche Einschätzung von Beanspruchungen	525
10.3.5.1	pH-Wert und Säurekonzentration	532
	Literatur	534
11	Korrosionsschutz-Beschichtungsstoffe – Allgemeines	535
11.1	Zusammensetzung von Beschichtungsstoffen	535
	• Einteilung der Beschichtungsstoff-Bestandteile in Festkörper und Flüchtiges	536
	• Einfluß der Zusammensetzung und Herstellung auf die Eigenschaften der Beschichtung	536
11.1.1	Bindemittel	538
11.1.1.1	Bindemittelanteil, z.B. Ölgehalt von Beschichtungsstoffen	540
11.1.2	Pigmente und Füllstoffe (Extender)	542
11.1.3	Lösemittel und Verdünner	542
11.1.4	Hilfsstoffe	543
11.2	Trocknung; Filmbildung von Beschichtungsstoffen	543
11.2.1	Trocknungsarten	543
11.2.1.1	Filmbildung physikalisch	546
11.2.1.2	Filmbildung chemisch durch Oxydation	546
11.2.1.3	Filmbildung physikalisch-chemisch durch Oxydation	547
11.2.1.4	Filmbildung chemisch durch Polyaddition	547
11.2.1.5	Filmbildung chemisch durch Polymerisation	548
11.2.1.6	Filmbildung chemisch durch höhere Temperaturen – ofentrocknende Beschichtungsstoffe –	549
11.2.2	Trocknungs-Phasen und ihre Prüfung	549
11.2.3	Einfluß der Anwendung höherer Temperaturen auf den Chemismus der Trocknung und die Verbesserung der Beschichtungseigenschaften	550
11.2.4	Trocknungsgeschwindigkeit	551
11.2.4.1	Einfluß variierender Klimabedingungen auf die Trocknungsgeschwindigkeit	551
	• Temperatur	551
	• Luftfeuchtigkeit	552
	• Luftzirkulation	553
11.2.4.2	Einfluß atmosphärischer Verunreinigungen und Abgase auf die Trocknungsgeschwindigkeit	553
11.3	Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz	553
11.3.1	Welcher Beschichtungsstoff ist der richtige?	574
11.3.1.1	Erstellung eines Korrosionsschutzplanes	579
	• Doppelfunktion von Beschichtungen	580
	• Aufwand und Nutzeffekt	580
	• Auswahl von Korrosionsschutzsystemen nach den zu erwartenden Beanspruchungen	580
	• Ermittlung der Beanspruchung	582
	• Beanspruchungsklassen für Korrosionsschutzsysteme	582
11.3.2	Normung von Beschichtungsstoffen oder Festlegung von Gebrauchseigenschaften?	584

XX	Inhalt	
11.3.3	Deklaration der Basis von Korrosionsschutz-Beschichtungsstoffen	585
●	Kennzeichnung des Oberflächenlieferzustandes von Stahl	588
	Literatur	588
12	Korrosionsschutz-Beschichtungen	589
12.1	Eigenschaften von Beschichtungen	589
12.2	Wirkungsweise von Beschichtungen	592
12.2.1	Passive Beschichtung; Barriereeffekt	594
12.2.2	Aktive Beschichtung; Korrosionsinhibitor	596
●	Inhibierung	596
●	Kathodischer Schutz	596
●	Anodischer Passivierung	597
●	Inertisation	599
12.2.2.1	Korrosion an Fehlstellen von Beschichtungen	600
12.3	Aufbau von Beschichtungen	600
●	Anzahl der Grund- bzw. Deckbeschichtungen bei drei- bzw. vierfachem System	601
12.3.1	Grundbeschichtung	602
12.3.2	Deckbeschichtung	605
12.3.3	Aktiver Korrosionsschutz in allen Schichten (defense in depth)	606
12.3.4	Zur Frage der Kombination von verschiedenartigen Beschichtungen zu einem Beschichtungssystem	606
12.3.5	Unterschiedliche Beschichtungsstoffe für innen oder außen bei normaler Beanspruchung?	609
12.3.6	Farb- bzw. Farbtonunterschiede der einzelnen Beschichtungen eines Beschichtungssystems	610
12.3.7	Spachtel unter Korrosionsschutz-Beschichtungen	611
12.3.8	Zusätzliche Beschichtung von Behältern an Überlaufstellen zur Vermeidung zu starker Verschmutzungen bzw. Zerstörungen	611
12.3.8	Zusätzliche Beschichtung von Behältern an Überlaufstellen zur Vermeidung zu starker Verschmutzungen bzw. Zerstörungen	611
	Literatur	611
13	Pigmente für Korrosionsschutz-Beschichtungsstoffe	613
13.1	Allgemeines	613
13.1.1	Pigmentklassen	613
13.1.2	Allgemeine Gesichtspunkte	615
13.1.3	Struktur und Teilchengröße der Pigmente	618
13.1.4	Pigmentvolumenkonzentration	622
13.2	Korrosionsschutzpigmente	623
13.2.1	Allgemeines-Definition	623
13.2.2	Wirkungsweise	624
●	Verbesserung der mechanischen Filmeigenschaften	624
●	Chemische Wirkungsweise	624
●	Elektrochemische – passivierende Wirkungsweise	625
13.2.3	Einteilung	625
13.2.4	Bleipigmente	626

13.2.4.1	Bleimennige	626
13.2.4.2	Bleicyanamid	631
13.2.4.3	Basisches Bleisilicochromat	632
13.2.4.4	Bleistaub	632
13.2.4.5	Basisches Bleisulfat (Sulfo-Bleiweiß)	634
13.2.4.6	Calciumplumbat	634
13.2.4.7	Bleisuboxid	635
13.2.4.8	Graubleimennige	636
13.2.4.9	Bleiphosphat, Bleiphosphit	636
13.2.5	Chromatpigmente	636
13.2.5.1	Verschiedene Chromate	640
•	Bariumchromat	640
•	Bleisilicochromat (basisches Bleichromat)	640
•	Calciumchromat	640
•	Bariumkaliumchromat	640
•	Strontiumchromat	640
13.2.5.2	Zinkchromat	641
•	Zinkkaliumchromate	641
•	Zinktetrahydroxichromate	641
13.2.5.3	Organische Chromatpigmente	642
13.2.6	Zinkpigmente	642
13.2.6.1	Verschiedene Zinkpigmente	642
•	Zinkchromat	642
•	Zinkphosphat	642
13.2.6.2	Zinkstaub	642
•	Zinkstaub - Zinkoxid	646
13.2.7	Phosphatpigmente	646
13.2.7.1	Bariumphosphat	647
13.2.7.2	Bleiphosphat	647
13.2.7.3	Chromphosphat	647
13.2.7.4	Zinkphosphat	647
13.2.8	Phosphitpigmente	648
13.2.9	Sonstige Korrosionsschutzpigmente	648
13.2.9.1	Bariummetaborat	648
13.2.9.2	Bariumsilikat	649
13.2.9.3	Chromfluorid	649
13.2.9.4	Eisenmennige	649
13.2.9.5	Mehrphasenpigmente	650
13.2.9.6	Molybdat- und Wolframatpigmente	650
13.2.9.7	Inhibitoren	650
13.2.9.8	Ferleukit	654
13.3	Pigmente für Deckbeschichtungen	654
13.3.1	Allgemeines	654
13.3.2	Aluminiumpulver	654
13.3.3	Antimonweiß	657
13.3.4	Bleiweiß	657
13.3.5	Bauxit	658
13.3.6	Chromoxidgrün und Chromoxidhydratgrün	658

13.3.7	Nichtrostendes Stahlpulver – Edelstahlpulver	659
13.3.8	Eisenglimmer	659
13.3.9	Eisenoxide	661
•	Eisenoxiduloxid-Hammerschlag	662
13.3.10	Titandioxid-Titanweiß	662
13.3.10.1	Titandioxid	662
13.3.10.2	Titanweiß	663
13.3.11	Zinkweiß (Zinkoxid) – Farbenzinkoxid	664
13.1.11.1	Zinkweiß	664
13.1.11.2	Farbenzinkoxid	664
13.4	Füllstoffe (Extender)	666
13.4.1	Allgemeines	666
13.4.2	Asbestine	667
13.4.3	Bariumsulfat (Schwerspat, Blanc fixe)	667
13.4.4	Calcite	667
13.4.5	Glimmer (Kalium-Aluminiumsilikat)	668
13.4.6	Graphit	668
13.4.7	Kaolin und Kieselsäure	668
13.4.8	Siliciumkarbid	668
13.4.9	Talkum (Magnesiumsilikat)	669
13.5	Korrosionsschutzprüfung von Pigmenten	669
13.5.1	Allgemeines	669
13.5.2	Prüfung	670
13.5.2.1	Korrosionsschutztest von Pigmenten	670
•	Test nach U. R. Evans	670
•	Test nach M. F. Clay	671
13.5.2.2	Physikalisch-chemische und elektrochemische Prüfverfahren	672
•	Kurzprüfung von Korrosionsschutzpigmenten speziell in Grundbeschichtungen; Korrosionsschutzwert	672
13.5.2.3	Praktische Korrosionsschutzprüfung	672
13.6	Trockenstoffe (Sikkative)	674
	Literatur	675
14	Bindemittel	678
14.1	Allgemeines	678
14.2	Öle (OL)	678
14.3	Alkydharze (AK)	681
14.3.1	Modifizierte Alkydharze	682
•	Harzmodifizierte Alkydharze	682
•	Vinylalkydharze	682
•	Urethanalkydharze	682
•	Silikonalkydharze	682
•	Metallverstärkte Alkydharze	682
•	Epoxidalkydharze	683
14.4	Bituminöse Stoffe, Bitumen (B) Teer (T)	683
14.5	Chlorkautschuk (RUC)	684
14.6	Cyklo kautschuk (RUI)	685

14.7	Polyvinylchlorid (PVC), Vinylchlorid-Copolymerisate	686
14.8	Siliconharz (SI)	687
14.9	Silikate, Alkali- und Alkylsilikate	688
14.10	Epoxidharz (EP)	689
14.11	Polyurethan (PUR)	689
14.12	Acrylharz (AY), Polyacrylatharze	690
14.13	Elastomere, Basis Polyolefine und Chlorbutadien	692
	• Polyäthylen, chloriert (PEC)	692
	• Polypropylen, chloriert (PP)	692
	• Polyäthylen, chlorsulfoniert (CSM)	692
	• Polychloropren	692
14.14	Polyvinylbutyral (PVB)	693
14.15	Sonstige Bindemittel	693
	Literatur	694
15	Lösemittel und Verdüner für Beschichtungsstoffe	695
15.1	Allgemeines	695
15.2	Einteilung der Lösemittel	695
15.2.1	Physikalische Eigenschaften	695
15.2.2	Zugehörigkeit zu chemischen Stoffklassen	696
	• Aliphatische Kohlenwasserstoffe	697
	• Aromatische Kohlenwasserstoffe	697
	• Terpen-Kohlenwasserstoffe	697
	• Chlor-Kohlenwasserstoffe	697
	• Alkohole und Glykole	697
	• Ester und Glykolester	697
	• Ketone	700
15.2.3	Einteilung nach praktischen Gesichtspunkten	700
15.3	Verdüner	701
15.4	Einfluß der Lösemittel und Verdüner auf die Viskosität	702
15.5	Einfluß der Lösemittel und Verdüner auf Trocknungs- und Beschichtungsfehler	704
15.6	Einfluß der Lösemittel und Verdüner auf den Schutzwert der Beschichtung	705
	Literatur	706
16	Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz – nach der Bindemittelbasis	707
16.1	Öl-(OL-)Beschichtungsstoffe	707
16.1.1	Faktisiertes Leinöl	709
16.1.2	Öl/Harz (Öllacke)	710
16.2	Alkydharz-(AK-)Beschichtungsstoffe	711
16.3	Bituminöse Beschichtungsstoffe	714
	• Ungefüllte und gefüllte bituminöse Beschichtungsstoffe	716
	• Farbige bituminöse Beschichtungsstoffe	720
	• Verhalten bituminöser Beschichtungen an der Atmosphäre	720
	• Schwierigkeiten bei Teer-Beschichtungen auf Bitumen-Beschichtungen	722

• Beschichtungen auf bituminösen Beschichtungen	722
• Physiologische Wirkung von Teer und Bitumen bei der Applikation ..	723
• Aktive Korrosionsschutzgrundbeschichtungen unter bituminösen Beschichtungen	724
16.3.1 Bitumen-(B-)Beschichtungsstoffe	724
16.3.2 Steinkohlenteer- bzw. -Pech-(T-)Beschichtungsstoffe	726
16.3.2.1 Steinkohlenteerlösungen	727
16.3.2.2 Plastifizierte Steinkohlenteerlösungen	728
16.3.2.3 Teerpechemulsionen	728
16.3.2.4 Steinkohlenteer-Schmelz- oder Heißmassen	728
16.3.2.5 Steinkohlenteer- bzw. -Pech-Epoxid- oder Polyurethan-Kombination	728
16.4 Chlorkautschuk-(RUI-)Beschichtungsstoffe	728
16.4.1 „Reine“ Chlorkautschuk-Beschichtungsstoffe	729
16.4.2 Chlorkautschuk-Kombinations- (z. B. Alkydharz-)Beschichtungsstoffe ...	733
16.4.3 Chlorkautschuk-Emulsionen	734
16.4.4 Dickschicht-Chlorkautschuk-Beschichtungsstoffe	734
16.5 Cyclo kautschuk-(RUI-)Beschichtungsstoffe	737
16.6 Chlorierte Polypropylen-Beschichtungsstoffe	739
16.7 Polyvinylchlorid-(PVC-)Beschichtungsstoffe	740
16.8 Siliconharz-(SI-)Beschichtungsstoffe	741
16.8.1 Siliconharzmodifikationen, z. B. Siliconalkyde	743
16.9 Butyl titanat-Beschichtungsstoffe	743
16.10 Zement-Beschichtungsstoffe	743
16.11 Silikat-Beschichtungsstoffe	744
16.12 Fluorkunststoff-Beschichtungsstoffe	744
• Polytetrafluoräthylen (PTFE)	745
• Polyvinylidenfluorid (PVDF)	745
• Polyvinylfluorid (PVF)	746
• Polytetrafluoräthylen-(PTFE-)Phenolharz	746
• Polytetrafluoräthylenpropylen (FEP)	746
• Perfluorpolymere (PFA)	747
16.13 Epoxidharz-(EP-)Beschichtungsstoffe	747
16.13.1 Zweikomponenten-Beschichtungsstoffe	749
16.13.1.1 Epoxidharz-Amin	753
16.13.1.2 Epoxidharz-Polyamid	754
16.13.1.3 Epoxidharz-Isocyanat	755
16.13.1.4 Epoxidharz-Ketimin	755
16.13.1.5 Epoxidharz-Dispersionen	755
16.13.2 Einkomponenten-Beschichtungsstoffe lufttrocknend	756
16.13.2.1 Epoxidharzester (EPE)	756
16.13.2.2 Epoxid-Alkydharze	756
16.13.2.3 Epoxidierte Öle	756
16.13.3 Einkomponenten-Beschichtungsstoffe ofentrocknend	756
16.13.3.1 Epoxidharz kombinationen mit Melamin-, Harnstoff- oder Phenolharz ...	756
16.14 Polyurethan-(PUR-)Beschichtungsstoffe	758
16.14.1 Zweikomponenten Beschichtungsstoffe	758

16.14.2	Einkomponenten Beschichtungsstoffe	761
16.14.2.1	Feuchtigkeitshärtendes Polyurethan	761
16.14.2.2	Urethanöl und Urethanalkydharz	762
16.15	Epoxidharz-Teer-(EP-T-) bzw. Polyurethan-Teer-(PUR-T-) Beschichtungsstoffe	762
16.15.1	Epoxidharz-Teer (EP-T)	763
	• Aktive Grundbeschichtung unter Epoxidharz-Teer-Beschichtung ...	767
	• Feuerverzinkung, Zink, Aluminium als zu beschichtende Oberfläche ..	768
	• Aluminium-, Zink-, Blei-Metallspritzschichten als zu beschichtende Fläche	768
16.15.2	Polyurethan-Teer (PUR-T)	768
16.16	Polyacrylharz-(AY-)Beschichtungsstoffe	769
16.16.1	„Reine“ Polyacrylharz-Beschichtungsstoffe	769
16.16.2	Polyacrylatdispersionen	771
16.16.3	Polyacrylat in Kombination mit anderen Kunstharzen	771
16.16.4	Polyacrylat-Polyisocyanat	771
16.17	Ungesättigte Polyester-(UP-)Beschichtungsstoffe	771
16.18	Elastomere-Beschichtungsstoffe (kautschukartige Beschichtungen)	775
16.18.1	Chlorsulfoniertes Polyäthylen (CSM)	778
16.18.2	Polychloropren (Chlorbutadien)	778
16.19	Zweikomponenten- oder Reaktions-Beschichtungsstoffe	779
16.19.1	Begriffsbestimmung	779
	• Zweikomponenten-Beschichtungsstoff beziehungsweise -Kombination mit bituminösen Stoffen	784
16.19.2	Filmbildung von Zweikomponenten-Beschichtungsstoffen	784
16.19.3	Verbund zwischen den einzelnen Schichten eines Zweikomponenten-Beschichtungssystems	785
	• Prüfung auf maximale Vernetzung von Zweikomponenten-Beschichtungen	786
16.19.4	Kombination verschiedener Zweikomponenten Beschichtungsstoffe in einem Beschichtungssystem	787
16.19.5	Ein- oder Mehrkomponenten Beschichtungsstoffe?	788
16.20	Aluminiumpulver-Beschichtungsstoffe	789
16.20.1	Hitzebeständige Beschichtungen	790
16.20.2	Korrosionsschutz-Deckbeschichtungen	790
16.20.3	Reflexions-Beschichtungen	791
16.20.4	Isolations-Beschichtungen	791
16.20.5	Aluminiumpulverhaltige Beschichtungsstoffe	791
16.20.6	Aluminiumpigmentierte Beschichtungsstoffe in explosionsgefährdeten Räumen	791
16.21	Bleistaub-Beschichtungsstoffe	792
16.22	Bleimennige-Beschichtungsstoffe	794
16.22.1	Bleimennige auf Fertigungsbeschichtungen	795
16.22.2	Beschichtungen auf Restrost	796
16.22.3	Bleimennige im Bereich von Schweißnähten	796
16.22.4	Dickschichtige Beschichtungen	796
16.22.5	Spritzen von Bleimennige	796

16.22.6	Temperaturbeständigkeit von Bleimennige	797
16.22.7	Art und Abhängigkeit der Bleimennige-Grundbeschichtung von der Zeit der Applikation bis zum Auftrag der nachfolgenden Beschichtung	797
16.23	Eisenglimmer-Beschichtungsstoffe	797
16.24	Nichtrostende Stahlpulver-, Edelstahlpulver-Beschichtungsstoffe	801
16.25	Zinkstaub-Beschichtungsstoffe	802
16.25.1	Zink im Korrosionsschutz	802
16.25.2	Zinkstaub-Beschichtungsstoffe	805
	• Bindemittel für Zinkstaub-Beschichtungsstoffe	805
16.25.2.1	Eigenschaften	806
	• Kathodische Schutzwirkung	806
	• Schutz durch Deckschichten	809
	• Chemische Beständigkeit	811
	• Wasser-Beständigkeit	812
	• Thermische Beständigkeit	812
	• Mechanische Beständigkeit	812
	• Vergleich der Zinkstaubgrund-Beschichtung, Zink-Metallspritzschicht, Feuerverzinkung	813
	• Vorteil der Zinkstaub-Beschichtungen für Grundbeschichtungen im Vergleich zu anderen Beschichtungen	814
	• Hygiene	814
16.25.3	Organische und anorganische Zinkstaub-Beschichtungsstoffe	815
16.25.3.1	Allgemeines	815
16.25.3.2	Alkalisilikat für Zinksilikat-Beschichtungen	818
	• Eigenschaften	819
16.25.3.3	Anwendungsgebiete	821
	• Oberflächenvorbereitung	821
	• Beschichtungsaufbau	823
	• Applikation	824
16.25.3.4	Deckbeschichtungen auf Zinkstaub-Grundbeschichtungen	824
	• Allgemeines	824
	• Haftungsschäden	824
	• Deckbeschichtungen für die Beschichtung auf frischen Zinkstaub-Beschichtungen	827
16.26	Wash Primer (Haftgrundmittel)	829
16.26.1	Allgemeines	829
16.26.1.1	Funktion des Wash Primers	830
16.26.1.2	Vorbereitung des Beschichtungsträgers	830
16.26.1.3	Applikation des Wash Primers	831
16.26.1.4	Beschichtungen auf Wash Primer	831
16.26.2	Zweikomponenten-Wash Primer	832
16.26.3	Einkomponenten-Wash Primer	833
16.26.4	Verstärkte Wash Primer	834
16.27	Lösemittelhaltige und freie Beschichtungsstoffe	834
16.27.1	Allgemeines	834
16.27.2	Lösemittelhaltige Beschichtungsstoffe	836
16.27.3	Lösemittelfreie Beschichtungsstoffe	837

	• Reaktive Verdüner	838
16.27.4	Wasserverdünnbare (Wasser-)Beschichtungsstoffe	838
	• Begriffsdefinition	839
	.. Dispersion, Emulsion, Suspension, Lösung, Dispersions- Beschichtungsstoffe, wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe	
16.27.4.1	Verschiedene wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe	841
	• Wäßrige Dispersionsbeschichtungsstoffe	841
	• Wassergelöste Beschichtungsstoffe	843
16.28	Kunststoffpulver-Beschichtungsstoffe	844
16.29	Thermisch oder wärmhärtende Beschichtungsstoffe (Einbrennbeschichtungsstoffe)	844
16.29.1	Allgemeines	844
16.29.1.1	Korrosionsbeständigere Werkstoffe oder beschichteter Stahl?	846
16.29.1.2	Vermeidung der Inkrustation	846
16.29.1.3	Wärmedurchgang bei beschichteten Oberflächen	847
16.29.1.4	Grundvoraussetzungen; Anforderungen an die zu beschichtenden Objekte	848
16.29.1.5	Applikation	848
16.29.1.6	Beschichtungsprozeß	848
16.29.1.7	Reparatur wärmegehärteter Beschichtungen	849
16.29.2	Beschichtungsstofftypus	849
16.29.2.1	Phenolharze	850
16.29.2.2	Epoxidharze	850
16.29.2.3	Siliconharz	851
16.29.2.4	Polyacrylharz	851
16.30	Verstärkte, armierte oder laminierte Beschichtung	851
16.30.1	Allgemeines	851
16.30.2	Armierungsmaterialien	852
16.30.3	Ausführung der Armierung	855
16.31	Spachtel	857
16.32	Dickschicht-Beschichtungsstoffe	857
16.32.1	Allgemeines	857
16.32.2	Dickschichtige Beschichtungen; High-Build	863
16.32.2.1	Thixotropie und Strukturviskosität	866
16.33	Kantenschutz-Beschichtungsstoffe	868
	Literatur	871

Band 2

17	Beschichtungsstoffe für spezielle Aufgaben	877
17.1	Wasserbeständige Beschichtungen	877
17.1.1	Beschichtungen für Unterwasserbeanspruchung	879

17.1.2	Beschichtungen auf feuchten und nassen Flächen, auf Flächen schneller Wasserbeanspruchung nach der Applikation, Beschichtungen unter Wasser	879
17.1.2.1	Beschichtungen auf feuchten und nassen Flächen	879
•	Beschichtungsstoffe für feuchte und nasse Flächen	882
•	Applikation auf feuchte oder nasse Flächen	882
17.1.2.2	Beschichtungen auf Flächen mit schneller Wasserbeanspruchung nach der Applikation	883
17.1.2.3	Beschichtungen unter Wasser	883
17.1.3	Heißwasserbeständige Innenbeschichtung	884
17.2	Anti-Kondensations-Beschichtung	885
17.3	Beschichtungen für chemische Beanspruchung	885
17.3.1	Allgemeines	885
17.3.2	Klassifizierung der chemischen Beanspruchung	886
17.3.2.1	Thermische Beanspruchung	890
17.3.2.2	Mechanische Beanspruchung	890
17.3.2.3	Radiochemische und strahlenchemische Beanspruchung	890
17.3.2.4	Elektrische Beanspruchung	890
17.3.2.5	Wasserdampfdiffusions-Beanspruchung	891
17.3.3	Methoden für die Auswahl von Beschichtungsstoffen bei chemischer Beanspruchung	891
17.3.3.1	Der Wert von Angaben in Beständigkeitslisten	891
17.3.3.2	Arten von Beständigkeitstabellen	893
•	Beständigkeitsprüfung	894
•	Chemische Resistenz	894
•	Physikalische Prüfung	895
•	Prüfung auf Geschmacksveränderung	895
17.3.4	Chemikalienfeste Beschichtungen	896
17.3.4.1	Allgemeines	896
17.3.4.2	Spezielles	898
•	Wasserdampfdurchlässigkeit	899
•	Blasenbildung	900
•	Einfluß der Oberflächenvorbereitung auf die Haftfestigkeit	901
•	Alterung	902
•	Verformung	903
•	Weitere Parameter	904
..	Pigmentvolumen-Konzentration	
..	Temperatur des Mediums	
..	Konzentration des Mediums	
17.3.5	Chemische Beanspruchung von Beschichtungen	907
17.3.5.1	Allgemeines	907
17.3.5.2	Säurebeanspruchung	908
17.3.5.3	Alkalienbeanspruchung	910
17.3.5.4	Salzbeanspruchung	911
17.3.5.5	Lösemittelbeanspruchung	911
17.3.5.6	Pflanzliche, tierische Öl- und Fettbeanspruchung	911
17.3.5.7	Fettsäurebeanspruchung	912
17.3.5.8	Mineralöl- und -fettbeanspruchung	912

17.3.5.9	Oxidationsbeanspruchung	912
17.3.5.10	Überlauffestigkeit von Beschichtungen	912
17.4	Beschichtungen für tropische Beanspruchung	913
17.4.1	Allgemeines	913
17.4.2	Termitenwidrige Ausrüstung von Beschichtungen	915
17.5	Reflektierende Beschichtungen von Behältern mit leicht verdunstenden Flüssigkeiten oder Gasen	916
17.5.1	Allgemeines	916
17.5.1.1	Einfluß des Farbtones auf die Verdunstungs- geschwindigkeit des Füllgutes	916
17.5.1.2	Prüfung der Reflexion von Behälteraußenbeschichtungen	917
17.5.2	Farbton für die Außenbeschichtung	919
17.5.2.1	Aluminiumpulver-Beschichtungen mit Reflexionswirkung bei hoher chemischer Beanspruchung	919
17.5.2.2	Kugelförmige Gasbehälter mit hellen Beschichtungen	921
17.6	Beschichtungen für Kernenergie (Kontaminierung und Dekontaminierung)	922
17.6.1	Verunreinigungen mit radioaktiven Stoffen	922
17.6.2	Dekontaminierbarkeit von Beschichtungen	923
17.6.2.1	Prüfverfahren der Dekontaminierbarkeit	924
17.6.3	Strahlungsbeständigkeit von Beschichtungen	925
17.6.3.1	Prüfung der Strahlungsbeständigkeit	928
17.7	Temperatur-, kälte-, wärme-, hitzebeständige Beschichtungen	928
17.7.1	Allgemeines	928
17.7.2	Kältebeständige Beschichtungen	928
17.7.2.1	Kälteeinwirkung auf Beschichtungen	928
17.7.2.2	Beschichtungsstoffe für niedrige Objekttemperaturen	929
17.7.3	Wärme- und hitzebeständige Beschichtungen	929
17.7.3.1	Wärme- und Hitze einwirkung auf Beschichtungen	929
17.7.3.2	Temperaturbeständigkeit von Beschichtungen	932
	• Beschichtungen für mittlere Temperaturbelastung	933
	• Dickschichtbeschichtungen für höhere Temperaturbelastung	933
	• Anwendung nicht temperaturbeständiger Beschichtungen bei temperaturbelasteten Objekten als Indikatorbeschichtung	933
	• Der Einfluß des Bindemittels	933
	• Der Einfluß der Pigmente	936
	.. Temperaturbeständigkeit von Bleimennige nur bis 80 °C?	
	.. Bleimennige als temperaturbeständige Grundbeschichtung unter Aluminiumpulver-Deckbeschichtung	
17.7.3.3	Spezielle Probleme bei temperaturbeständigen Beschichtungen	939
	• Angabe der Temperaturbeständigkeit von Beschichtungen	939
	• Gasdurchlässigkeit von Beschichtungen (Unterzunderung)	940
	• Die Ausdehnung von temperaturbeständigen Beschichtungen durch thermische Einwirkung	941
17.7.3.4	Prüfung der Temperaturbeständigkeit	941
17.7.3.5	Ausführung der Beschichtungsarbeiten	942

	• Temperaturermittlung des Objektes	945
	• Oberflächenvorbereitung	945
	• Anzahl der Schichten	945
	• Applikation	947
17.7.3.6	Andere Schutzverfahren bei hoher Hitzebeanspruchung	949
17.8	Dämmschichtbildende Brandschutzbeschichtungen (DSB) für tragende Stahlkonstruktionen, feuerhemmend (F30) nach DIN 4102 ..	950
17.8.1	Allgemeines	950
17.8.2	Methoden des Brandschutzes im Stahlbau	952
17.8.3	Dämmschichtbildende Brandschutz-Beschichtung	952
17.8.3.1	Beschichtungstechnische Voraussetzungen	955
	• Oberflächenvorbereitung	957
	• Applikation	957
	• Anwendung auf bereits beschichteten Oberflächen	957
	.. Prüfung der Eignung einer vorliegenden Beschichtung	
	• Kennzeichnung der Beschichtung	958
17.8.3.2	Kosten der Beschichtung	958
17.8.3.3	Qualitätskontrolle bei der Herstellung und Applikation	959
17.9	Schwer- und nichtentflammbare Beschichtungen	959
17.9.1	Allgemeines	959
17.9.1.1	Brandbegünstigende Beschichtungen	959
17.9.1.2	Schwerentflammbare Beschichtungen	959
17.9.1.3	Nichtentflammbare Beschichtungen	960
17.9.1.4	Dämmschichtbildende Brandschutz-Beschichtungen	960
17.10	Wärmeableitfähige Beschichtungen (Wärmeemission)	960
17.11	Ableitfähige Beschichtungen	961
17.12	Beschichtungen bei kathodischem Schutz	961
17.13	Antiadhäsive Beschichtungen, Beschichtungen gegen Anbacken	963
17.14	Beschichtungen mit besonderer Abriebfestigkeit (Verschleiß, Abrasion, Erosion)	963
17.15	Rutschfeste Beschichtungen / Antislip-Beschichtungen	965
17.16	Haftvermittler	966
17.17	Seal Coat – Sealer	966
17.18	Konversions-Primer für WT-Stähle	966
17.19	Saisonbeschichtung	967
17.20	Armierte Beschichtungen	967
17.21	Antischweißperlen-Beschichtung	967
17.22	Verstärkung der Beschichtung durch zusätzlichen Wollfettauftrag	968
17.23	Beschichtung in der Bodenzone	968
	• Erhöhte Beanspruchung der Stahlkonstruktion in Nähe des Erdbodens	968
	• Schutzmaßnahmen	970
17.24	Ausbessern der Feuerverzinkungsschicht von Stahl bei Beschädigungen oder nach langjähriger Bewitterung	971
17.25	Vermeiden von Kontakt- und Spaltkorrosion durch dauerplastische Korrosionsschutzpaste	972
	• Kontaktkorrosion	972
	• Spaltkorrosion	972
	• Schutz gegen Kontakt- und Spaltkorrosion	973

17.26	Dichtstoffe für Spalte und Fugen	974
17.26.1	Dichtstoffe	974
17.26.2	Vorbehandlung der Fugen	974
17.26.3	Ausführung der Fugendichtung	975
17.26.4	Kleber als Dichtstoffe	976
17.27	Hohlraumausschäumung	977
17.28	Säurebau	977
17.29	Beschichtung für optische Funktionen	978
17.29.1	Farbdynamik	978
17.29.2	Bleimennige-, Bleicyanamid- bzw. Bleiweiß-Beschichtung als Indikator-Beschichtung für Schwefelwasserstoff	979
17.29.3	Kennzeichnungs-Beschichtung	980
17.29.4	Farbumschlag-Beschichtungen (Thermocolor u. a.)	985
	Literatur	985
18	Spezielle Anforderungen an Beschichtungen	988
18.1	Haftung von Beschichtungen	989
18.1.1	Allgemeines	989
18.1.2	Haftung von Beschichtungen	990
18.1.2.1	Art und Beschaffenheit der Beschichtung	990
18.1.2.2	Art und Beschaffenheit des Beschichtungsträgers (Oberflächenzustand)	992
18.1.2.3	Applikationstechnische Parameter	993
18.1.2.4	Einwirkung beim und nach dem Auftragen der Beschichtung	993
18.1.3	Kohäsion und Adhäsion von Beschichtungen	993
18.2	Benetzung des Beschichtungsträgers	994
18.3	Festigkeitseigenschaften von Beschichtungen	995
	• Dehnbarkeit, Geschmeidigkeit, Elastizität	995
18.4	Alterung von Beschichtungen	996
18.5	Oberfläche der Beschichtung	999
18.6	Glanzgrad von Beschichtungen	999
18.7	Farbkonstanz von Beschichtungen	1000
18.8	Farbvielfalt von Beschichtungen	1000
18.9	Einfluß der Atmosphäre auf Beschichtungen	1000
	• Niederschläge	1000
	• Temperatur	1001
	• Licht (Strahlen)	1001
	• Atmosphäralien (Verunreinigungen)	1001
18.10	Sorption (z. B. Wasseraufnahme, Quellung) und Permeabilität (Durchlässigkeit von gasförmigen und flüssigen Stoffen) von Beschichtungen	1002
18.10.1	Wasserdruck als Ursache von Beschichtungsschäden	1004
	• Arten des Wasserdrucks	1004
	.. Quellungsdruck	
	.. Kapillardruck	
	.. Hydraulischer Druck	
	.. Osmotischer Druck	
	.. Elektroosmotischer Druck	

18.10.2	Sorption; Quellung von Beschichtungen, z. B. Wasseraufnahme	1005
18.10.3	Permeabilität von Beschichtungen	1010
18.10.4	Diffusion durch Beschichtungen	1011
18.10.5	Osmose in Beschichtungen	1013
18.10.6	Elektroosmose in Beschichtungen	1013
18.10.7	Wirkung der Kondens-(Schwitz-)wasserbildung auf Beschichtungen	1016
18.11	Schichtdicke von Korrosionsschutzbeschichtungen	1017
18.11.1	Allgemeines	1017
18.11.1.1	Schutzwirkung und Schichtdicke	1018
	• Unterschiedliche Schichtdicke an einem Objekt in Abhängigkeit von der Beanspruchung	1020
18.11.1.2	Rauhtiefe und Schichtdicke	1021
	• Versuche zur Herabsetzung der Rauhtiefe	1023
18.11.2	Auf welche für den Korrosionsschutz wichtigen Parameter hat die Schichtdicke einen Einfluß?	1026
18.11.2.1	Haftung und Schichtdicke	1026
18.11.2.2	Härte, Elastizität und Schichtdicke	1026
18.11.2.3	Porigkeit und Schichtdicke	1027
18.11.3	Durch welche Parameter wird die Schichtdicke beeinflußt?	1027
18.11.3.1	Art der Applikationstechnik	1028
18.11.3.2	Art der Beschichtungsstoffe	1028
18.11.3.3	Verarbeitungsbedingungen	1029
	• Persönliche Arbeitstechnik	1030
	• Tageszeit	1032
	• Witterung	1032
	• Form des Beschichtungsträgers	1033
18.11.4	Schichtdickenmessung und Schichtdickenmeßgeräte	1033
18.11.4.1	Messung der Naßschichtdicke	1035
18.11.4.2	Messung der Trockenschichtdicke	1035
	• Kalibrierung von Schichtdickenmeßgeräten	1045
	• Anzahl der Messungen	1048
18.11.4.3	Schichtdicke oberhalb der Spitzen	1048
18.11.4.4	Schichtdickenmessung und Rauhtiefe	1050
18.11.4.5	Mindest-, mittlere, Soll-Schichtdicke	1051
	• Häufigkeitsverteilung von Schichtdicken	1051
	• Die verschiedenen Begriffe der Schichtdicke	1052
	.. Mindest-Schichtdicke	
	.. Mittlere Schichtdicke	
	.. Soll-Schichtdicke	
18.11.4.6	Einhaltung der Dicke der Einzelschichten auch bei Erzielung der Gesamtschichtdicke?	1056
18.11.4.7	Schichtdickenmessung als einzige Kontrolle bei einmaliger, auch dickschichtiger, Beschichtung für den Korrosionsschutz ist nicht ausreichend	1057
18.12	Porigkeit von Beschichtungen	1059
18.12.1	Bedeutung der Porigkeit für den Schutzwert	1061
	• Mikroskopische und makroskopische Poren	1061
	• Submikroskopische Poren	1062

18.12.2	Ursachen der Porigkeit	1062
	Literatur	1064
19	Anwendung von Korrosionsschutzsystemen; Beispiele	1066
19.1	Hochbau	1067
	• Verwaltungsgebäude	1067
	• Paletten-Silo	1068
	• Hallen-Konstruktion	1069
	• Bodenzone und einzubetonierende Zone einer Stützkonstruktion	1069
	• Sprungturm in einem Hallenbad	1071
	• Krankonstruktion	1071
19.1.1	Bauteile aus Hohlprofilen und Hohlkästen	1072
19.1.2	Stahlfenster, -fenstersprossen, Kabelpritschen	1077
19.1.3	Korrosionsschutz von Verbindungselementen	1079
	• Scher-/Lochleibungsverbindungen	1079
	• Hochfest-Verbindungen	1079
19.1.4	Heizkörper und Zubehör	1081
19.1.5	Sollen z. T. einbetonierte oder ausgemauerte Stahlkonstruktionen vorher beschichtet werden?	1085
	• Schutz von Stahlkonstruktionen bei Einbetonierung	1085
	• Schutz von Stahlkonstruktionen bei Ausfachungen	1086
19.2	Behälter (Tanks, Silos, Boiler)	1087
19.2.1	Gasbehälter	1089
19.2.1.1	Glockengasbehälter	1090
19.2.1.2	Scheibengasbehälter	1091
19.2.1.3	Kugelgasbehälter	1094
19.2.2	Lagerbehälter in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie	1096
19.2.3	Wasserbehälter	1100
	• Anforderungen an die Innenbeschichtung von Trinkwasserbehältern .	1103
19.2.4	Diverse Behälter	1104
19.2.5	Silos	1105
19.2.6	Lagerbehälter für Mineralölprodukte (Heizöl EL, Dieselmotorkraftstoff, Vergasermotorkraftstoff)	1106
19.3	Stahlrohre	1128
19.3.1	Außenkorrosionsschutz von Stahlrohren	1128
19.3.2	Innenkorrosionsschutz von Stahlrohren	1136
	• Stahl-Leitungsrohre mit Zementmörtel-(ZM-)Auskleidung	1137
	• Innenkorrosionsschutz von Gasrohren	1137
	• Innenkorrosionsschutz von verlegten Rohrleitungen	1137
19.3.3	Rohre für Konstruktionen (Konstruktionsrohre)	1138
19.3.4	Kennzeichnung von Rohren durch Beschichtungen	1140
19.4	Isolierte Rohre und Behälter	1141
	• Innenbeschichtung des Blechmantels aus feuerverzinkten Blechen und Beschichtung von zu isolierenden Behältern und Rohrleitungen	1141
	• Zur Frage des Korrosionsschutzes unter Polyurethan- Schaumisolierungen	1143

19.5	Maste (Tragwerke); Hochspannungs-, Oberleitungs-, Fernmelde-, Funkmaste u. a.	1145
19.6	Brückenbauten	1149
	• Allgemeines	1149
	• Brückenunteransichten stärker belastet als Seitenflächen und Aufbauten	1152
	• Beschichtung an der Unterseite von Fahrbahntafeln von Brückenbauten, Verhalten beim Einbringen des Gußasphaltes (Fahrbahnbelag)	1153
19.6.1	Stahlgeländer z.B. bei Brückenbauten	1153
19.6.2	Rohrbrücken	1153
19.7	Chemieanlagen	1158
19.8	Betriebe der Oberflächenbehandlung; Galvanikanlagen, Beizanlagen, Eloxalanlagen, Feuerverzinkung, Feuerverzinnung, Härtereien, Phosphatierungsanlagen	1159
19.9	Stahlwasserbau	1162
19.9.1	Allgemeines	1162
19.9.2	Beanspruchungen im Stahlwasserbau	1163
19.9.3	Beschichtungen im Stahlwasserbau	1167
19.9.3.1	Anforderungen	1167
19.9.3.2	Bituminöse Beschichtungen	1169
	• Bituminöse Heißmassen	1170
	• Gefüllte bituminöse Beschichtungen	1170
19.9.3.3	Chlorkautschuk-Beschichtungen	1171
19.9.3.4	Vinylharz- und Cyclokautschuk-Beschichtungen	1171
19.9.3.5	Epoxidharz-Beschichtungen	1171
	• Epoxidharz-Teer-Beschichtungen	1171
19.9.3.6	Polyurethan-Beschichtungen	1172
	• Polyurethan-Teer-Beschichtungen	1172
19.9.3.7	Ungesättigte Polyester- und Elastomer-Beschichtungen	1172
19.9.3.8	Zinkstaub-Beschichtungen	1172
19.9.4	Metallüberzüge	1172
19.9.5	Kathodischer Schutz	1173
19.9.6	Gesichtspunkte bei der Auswahl des Korrosionsschutzsystems	1173
19.9.7	Beschichtungsaufbau	1175
19.9.7.1	Haftbeschichtungen (Voranstrich, Haftanstrich)	1176
19.9.7.2	Aktive Korrosionsschutzgrundbeschichtung	1176
	• Zinkstaub-Grundbeschichtungen	1176
19.9.7.3	Deckbeschichtungen	1177
19.9.8	Naturversuche im Stahlwasserbau	1177
19.9.9	Spezielle Korrosionsschutzobjekte – Wasserkraftwerke	1177
19.9.9.1	Allgemeines	1177
19.9.9.2	Korrosionsschutz von Druckrohrleitungen	1178
	• Allgemeines	1178
	• Aggressivität des Wassers	1179
	• Abriebbeanspruchung	1180
	• Druckbeanspruchung	1180
19.9.9.3	Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten	1182

	• Zeit für die Konservierung	1183
	• Konstruktive Voraussetzungen	1183
	• Wasserhaltung	1183
	• Optimale Beschichtungsstoffe	1184
	• Oberflächenvorbereitung	1184
	• Luftkonditionierung – Klimatisierung	1185
	• Inspektion der Konservierung nach längerer Betriebszeit	1185
19.10	Nahrungsmittelindustrie, z. B. Brauereien, Molkereien, Schlachthöfe, Fischmärkte, Kühlhäuser	1186
	• Flaschenspülmaschinen	1187
	• Kühlzellen	1188
	• Getränkebehälter	1188
19.11	Industrieausrüstung, Maschinengehäuse, Motore	1188
	• Elektromotore	1188
	• Waggonwaage (Gleiswaage)	1190
	• Wasserberieselter Spritzstand	1190
	• Filterrahmen für Filterpressen	1190
	• Getriebekästen und Behälter für ölhydraulische Anlagen	1192
	• Gasflaschenbündel	1194
	• Stahlformen für Betonblöcke	1194
	• Stahlbehälter, Rohrleitungen mit Innengummierung	1195
	• Sauerstoffanlagen	1196
19.12	Wasserwirtschaft	1197
19.12.1	Wasserversorgung; als Beispiel	1197
	• Wasserhochbehälter	1197
19.12.2	Wasseraufbereitung	1198
	• Accelerator	1199
	• Kationen- und Anionentauscher	1199
19.12.3	Wasserrückgewinnung; als Beispiel	1202
	• Kühlturm	1202
19.12.4	Wasserkläranlagen	1202
	• Filtertrommel-Siebanlagen	1205
	• Räumbrücken	1205
	• Schneckenrotpumpen (Archimedische Schraube)	1205
19.13	Maritime Stahlkonstruktionen	1211
19.14	Schiffe und Wasserfahrzeuge	1211
19.15	Metallgewinnung, Hüttenindustrie	1212
19.16	Kraftwerke	1214
	• Stahlblechkamine	1214
19.17	Bergbau	1226
19.18	Kokerei	1227
19.19	Raffinerie	1227
19.20	Korrosionsschutz unterirdischer Anlagen; Rohrleitungen, Behälter u. a.	1232
19.21	Kalkbrennofen – Schachtofen	1240
19.22	Diverse Objekte	1242
19.22.1	Schutzplanken an Straßen	1242
19.22.2	Tankwagen und Fahrzeuge für Chemikalientransporte auf Schiene und Straße	1244
19.22.3	Container	1244

19.23	Stahlleichtbau; tragende dünnwandige Bauteile	1246
	Literatur	1251
20	Beschichtung von NE-Metallen, Gußeisen und Grauguß	1252
20.1	Allgemeines	1252
	• Überzüge edler Metalle	1252
	• Überzüge unedler Metalle	1252
	• Allgemeine Gesichtspunkte	1252
	• Zustand der Oberfläche	1252
	• Dicke der Beschichtung	1253
	• Beschichtungsstoffe – Beschichtungen	1255
	• Applikation	1255
	• Korrosionsschutzgerechte Gestaltung	1255
20.2	Blei und Bleiüberzüge	1256
20.3	Kupfer und Kupferlegierungen	1257
20.4	Vercadmierter Stahl	1257
20.5	Magnesium und seine Legierungen	1257
20.6	Zinn und Zinnüberzüge	1258
20.7	Aluminium und Aluminiumlegierungen, Aluminiumüberzüge auf Stahlflächen	1258
	• Oberflächenzustände	1259
	• Vorbereitung	1259
	• Haftung von Beschichtungen	1261
	.. Mechanische Aufräuhung	
	.. Chemische Vorbehandlung	
	.. Haftungsvermittelnde Beschichtungen	
20.8	Zink und Zinküberzüge	1262
	• Allgemeines	1262
	• Haftung von Beschichtungen	1264
	.. Natürliche Aufräuhung der Oberfläche (Abwittern)	
	.. Mechanische Aufräuhung	
	.. Chemische Aufräuhung der Oberfläche	
	.. Auftragen eines Haftgrundmittels auf die Oberfläche	
	.. Direkte Beschichtung auf frischem feuerverzinktem Stahl	
20.9	Metallspritzschichten	1266
	• Allgemeines	1266
	• Ausbesserung von beschädigten Metallspritzschichten	1267
	• Schutz der Metallspritzschicht durch Beschichtungen	1267
	• Porendichtung (Porenverschluß) von Metallspritzschichten	1269
20.10	Gußeisen – Grauguß	1270
20.11	Wetterfeste Stähle (niedriglegierte Stähle) WT	1271
20.12	Nichtrostende Stähle (legierte Stähle)	1271
	Literatur	1271
21	Applikation von Beschichtungsstoffen	1272
21.1	Allgemeines	1272
	• Arten von Korrosionsschutzbeschichtungen	1273
21.1.1	Vorbereitung der Beschichtungsstoffe für die Applikation	1273

21.1.1.1	Aufrühren	1273
21.1.1.2	Mischen	1274
	● Mischen von verschiedenen Beschichtungsstoffen	1274
21.1.1.3	Verdünnen	1275
21.1.1.4	Lagerung von Beschichtungsstoffen	1276
	● Kälteeinwirkung bei der Lagerung	1277
21.1.2	Applikationsrichtlinien für Beschichtungsstoffe	1277
21.2	Applikation der einzelnen Beschichtungen	1278
21.2.1	Besondere Arbeiten	1279
	● Berührungsflächen	1279
	● Schweißbereich	1280
21.2.2	Vorbereiten bereits beschichteter Oberflächen zum weiteren Beschichten	1280
21.2.3	Instandhaltungsbeschichtung (Überholungs-, Ausbesserungsbeschichtung)	1280
	● Überholungsbeschichtung	1280
	● Ausbesserungsbeschichtung	1281
	.. kleine Ausbesserung	
	.. große Ausbesserung	
21.3	Witterungseinflüsse	1283
21.3.1	Temperatur	1283
21.3.1.1	Einfluß von niedrigen Temperaturen	1284
21.3.1.2	Einfluß von höheren Temperaturen	1285
21.3.1.3	Verarbeitungstemperatur	1286
21.3.2	Feuchtigkeit	1287
21.3.2.1	Einfluß der Luftfeuchtigkeit	1287
21.3.2.2	Einfluß der Niederschläge	1288
21.3.2.3	Einfluß der Jahreszeit	1288
21.3.2.4	Taupunkt; Taupunktunterschreitung	1290
	● Allgemeines	1290
	● Taupunkt – Temperatur – Luftfeuchte	1290
	.. Absolute Feuchte	
	.. Sättigungsfeuchte (Sättigungsdruck)	
	.. Relative Feuchte bzw. Luftfeuchte	
	.. Taupunkt	
	.. Sättigungsdefizit	
	.. Berechnung des Taupunktes	
	.. Taupunktmeßgeräte	
	.. Thermometer/Hygrometer	
	.. Taupunktspiegel	
21.3.3	Korrosionsschutzarbeiten bei ungünstigen Witterungsverhältnissen, z. B. im Winter oder bei niedrigen Objekttemperaturen	1299
21.3.3.1	Spezielle Beschichtungsstoffe	1300
	● Beschichtungsstoffe für feuchte Flächen	1300
	● Beschichtungsstoffe für niedrige Temperaturen bei der Applikation ..	1301
21.3.3.2	Spezial-Applikationstechniken	1301
	● Flammstrahlen	1301
	● Flammsspritzen	1301

• Heißspritzen	1301
• Trocknung feuchter Flächen	1301
21.3.3.3 Luftkonditionierung oder Klimatisierung	1301
• Warmluftgeräte	1302
• Chemische Lufttrocknung	1302
21.3.3.4 Feld-Korrosionsschutzanlagen	1303
21.4 Trockenzeit von Beschichtungsstoffen	1304
• Vermeidung einer Beanspruchung der Beschichtung bei der Beschichtungsausführung	1305
• Trockenzeit des Beschichtungssystems und der Einfluß auf die Schutzdauer	1305
• Maßnahmen bei Salzbefall u. a. bei der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten	1306
21.5 Reaktions-(Reife-)zeit von Beschichtungen	1306
21.5.1 Allgemeines	1306
21.5.2 Einfluß des Beschichtungsstofftypus	1307
21.5.3 Einfluß der Lösemittel	1307
21.5.4 Einfluß der Schichtdicke	1309
21.5.5 Einfluß der Temperatur	1309
21.5.6 Einfluß der Luftzirkulation	1311
21.5.7 Einfluß der Zeit zwischen dem Auftragen der einzelnen Schichten bei mehrschichtigen Beschichtungen	1312
21.5.8 Einfluß der Luftfeuchtigkeit und Atmosphärien	1313
21.5.9 Einfluß der Lösemittel	1313
21.6 Spezielle Objekte; Ausführung von Innenbeschichtungen in Behältern ...	1314
21.6.1 Allgemeines	1314
21.6.2 Maßnahmen nach der Oberflächenvorbereitung	1315
21.6.3 Organisation der Beschichtungs-Ausführung	1316
21.6.4 Besondere Hinweise	1317
21.6.4.1 Sauberkeit	1317
21.6.4.2 Beleuchtung	1317
21.6.4.3 Applikationsgeräte	1318
21.6.4.4 Belüftung	1318
21.6.4.5 Kontrollmaßnahmen	1319
21.6.4.6 Maßnahmen nach Beendigung der Innenbeschichtung	1320
21.7 Applikation von Zweikomponenten-Beschichtungsstoffen	1320
21.7.1 Abmessung der Härtermenge	1320
21.7.2 Das richtige Mischen	1321
21.7.3 Topfzeit oder pot life (Verarbeitungszeit)	1323
21.7.4 Vorreaktionszeit	1326
21.7.5 Trocknung und Härtung	1326
21.7.6 Einfluß der Reaktionszeit auf die Haltbarkeit	1327
21.7.7 Lagerung der einzelnen Komponenten	1327
21.7.8 Forderung an den Oberflächenzustand des Beschichtungsträgers	1327
21.7.9 Applikationstechnik	1327
21.7.10 Reinigung von Applikationsgeräten	1328
21.7.11 Verbund zwischen den einzelnen Schichten eines Zweikomponenten-Beschichtungssystems	1328

21.7.12	Entfernung von Ausschwitzungen vor Auftrag der nachfolgenden Beschichtung	1328
21.7.13	Sicherheitsmaßnahmen bei der Verarbeitung	1328
21.8	Pflege von Beschichtungen	1329
21.8.1	Pflegliche Behandlung	1329
21.8.2	Bewußte Pflege	1330
	• Alkalische und neutrale Mittel	1331
	• Polier- und Pflegeöle	1332
	• Poliermittel mit Schleifwirkung	1332
	Literatur	1332
22	Applikationstechnik	1333
22.1	Allgemeines	1333
22.2	Manuelle Applikationstechniken	1340
22.2.1	Pinselftechnik	1342
	• Ringpinself	1344
	• Winkelpinself	1346
	• Flächenstreicher, Flachpinself	1346
	• Besonders geformte Pinself Heizkörperpinself, Lampenputzer (Fitscher)	1346
22.2.2	Streichhandschuh	1346
22.2.3	Rolle – Walze	1349
22.2.4	Tauchen	1350
22.2.5	Fluten	1350
22.3	Maschinelle Applikationsverfahren	1351
22.3.1	Allgemeines	1351
	• Beschaffenheit der Beschichtungsstoffe für die Spritztechnik	1354
	• Ausführung der Spritzapplikation	1355
	• Beurteilung der aufgespritzten Beschichtung	1356
22.3.2	Niederdruckspritzen	1357
22.3.3	Hochdruckspritzen	1357
	• Spritzen mit Druckluft als Fördermittel	1357
	• Spritzdüse und Druck	1359
	• Luftbedarf	1359
	• Rund- oder Flachstrahl?	1360
	• Verschiedene Systeme der Beschichtungsstoffeinspeisung	1360
22.3.4	Höchstdruckspritzen; Airless-, luftfreies-, druckluftfreies Spritzen, Spritzen mit hydraulischem Druck	1362
	• Verschiedene Systeme der Beschichtungsstoffeinspeisung	1364
	• Verschmutzungen der Umgebung bei Anwendung des Höchstdruck-Spritzens	1366
22.3.5	Elektrostatisches Spritzen	1367
	• Elektrostatische Spritzgeräte	1368
	• Rein elektrostatische Handspritzgeräte	1369
	• Kombination des elektrostatischen mit anderen Spritzverfahren	1369
	• Pulverspritzen	1370
22.3.6	Zweikomponenten-Spritzen	1371
	• Mischen im Spritzstrahl	1371

	• Mischen erst kurz vor dem Versprühen • Prüfung der richtigen Einstellung von Zweikomponenten-Spritzgeräten	1372
22.3.7	Warm-, Heiß- und Flammsspritzen	1374
22.4	Spezielle Applikationstechniken	1378
22.4.1	Applikation lösemittelfreier Beschichtungsstoffe	1378
22.4.2	Thermische Spritzverfahren	1380
22.4.3	Moellerit-Pulver-Kaltspritzverfahren	1380
22.5	Druckluft zur Strahlentrostung und zum Spritzen von Beschichtungsstoffen	1382
22.5.1	Kompressoranlage	1383
22.5.2	Druckluftreiniger, Öl- und Wasserabscheider	1384
	Literatur	1385
23	Rüstung bei der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten	1386
23.1	Zweckentsprechende Vorrichtungen zur Erleichterung von Entrostungs- und Beschichtungsarbeiten; Rüstungserleichterungen	1390
23.2	Rollgerüste	1392
23.3	Schwebebühnen	1395
23.4	Fahrbare Rüstungen	1396
	Literatur	1399
24	Organisation des Korrosionsschutzes	1400
24.1	Allgemeines	1400
24.2	Welche Stelle beim Auftraggeber soll sich mit dem Korrosionsschutz befassen?	1400
24.2.1	Korrosionsschutzarbeitskreis	1401
24.3	Korrosionsschutzplanung	1401
	• Beanspruchung (Ermittlung) • Bisheriger Korrosionsschutz (Ermittlung) • Korrosionsschutz des gleichen Objektes bei anderen Firmen (Ermittlung) • Organisatorische Fragen – betriebsseitig • Organisatorische Fragen – kaufmännisch • Ausführung • Zeitplanung der Korrosionsschutzarbeiten • Korrosionsschutzarbeiten an Freiluftanlagen • Belastung der Umwelt durch Korrosionsschutzarbeiten und ihre Vermeidung	1402
24.3.1	Korrosionsschutzfragebogen	1408
24.3.2	Spezielle Gesichtspunkte	1412
	• Organisatorische Schwierigkeiten bei Korrosionsschutzarbeiten durch zusätzliche Arbeiten an angrenzenden Objektteilen • Entrümpelung der Objekte von nicht mehr gebrauchten Rohrleitungen, Anbauten usw. vor Beginn der Korrosionsschutzarbeiten.	1412
24.4	Aufstellung eines Korrosionsschutzbudgets	1413

24.4.1	Welche Stelle auf der Auftraggeberseite soll die Gelder für den Korrosionsschutz bewilligen?	1415
24.5	Möglichkeiten der Beschaffung von Beschichtungsstoffen für den Auftraggeber	1415
24.6	Auswahl der Lieferfirmen für Beschichtungsstoffe	1419
24.6.1	Beschaffung von Beschichtungsstoffen; Ausschreibung / Kauf	1420
24.6.2	Wertanalyse beim Einkauf von Beschichtungsstoffen	1421
	• Parameter für die Wirtschaftlichkeit eines Beschichtungssystems	1421
	• Parameter für die Ergiebigkeit eines Beschichtungsstoffes	1422
	• Berücksichtigung aller erfaßbaren Werte	1423
	• Laborprüfung oder Versuchsbeschichtung	1425
24.6.2.1	Ergiebigkeit von Beschichtungsstoffen	1427
	• Theoretische Ergiebigkeit	1430
	• Praktische Ergiebigkeit	1431
24.6.3	Lieferung von Beschichtungsstoffen	1438
24.6.3.1	Probennahme	1438
24.6.3.2	Prüfung der Beschichtungsstoffe	1439
24.7	Ausschreibung (Leistungsverzeichnis) Angebot und Vergabe von Korrosionsschutzarbeiten	1439
24.7.1	Kalkulatorische Grundlagen für die Vergabe der Korrosionsschutzarbeiten	1441
	• Vergabe nach Aufmaß	1441
	• Vergabe nach Tonnen	1442
	• Vergabe im Stundenlohn	1443
	• Vergabe nach Stück-, Pauschal- oder Festpreis	1444
24.7.2	Zusatzbedingungen des Auftraggebers	1444
	• Vorbedingung für Korrosionsschutzarbeiten	1445
	• Muster	1446
24.7.3	Standardleistungsbuch für das Bauwesen (StLB), Leistungsbereich 035	1453
24.8	Kontrolle und Freigabe der Korrosionsschutzarbeiten	1460
24.9	Abnahme	1461
24.10	Dokumentation von Korrosionsschutzarbeiten und Korrosionsschutzobjekten	1461
24.10.1	Dokumentation bei der Ausführung	1461
24.10.2	Dokumentation am Objekt	1462
24.10.3	Objekt-Kartei	1462
24.11	Fachkräfte für den Korrosionsschutz und ihre Ausbildung	1464
	Literatur	1471
25	Gewährleistung und Garantie bei Korrosionsschutz-Beschichtungen	1472
25.1	Gewährleistung oder Garantie?	1472
25.1.1	Gewährleistungsvertrag	1472
	• Begriff	1472
	• Bedeutung eines Gewährleistungsversprechens	1475
25.1.2	Garantievertrag	1475

	• Begriff	1475
	• Bedeutung eines Garantieversprechens	1475
25.2	Warum Gewährleistung?	1478
25.3	Gewährleistung ja oder nein?	1480
25.4	Welcher Gewährleistungszeitraum (Frist) ist zur Absicherung des Auftraggebers bei Beschichtungsschäden technisch und juristisch gerechtfertigt?	1481
25.5	Gewährleistung aus der Sicht der Auftragnehmer	1482
25.5.1	Wonach richtet sich die Gewährleistungsdauer für Beschichtungen?	1488
25.5.2	Gewährleistungs-Vertrag	1490
	• Umfang der Gewährleistung	1490
	• Gewährleistungspflicht	1490
25.5.3	Verlängert sich bei Eintritt eines Gewährleistungsfalles die Gewährleistungsdauer?	1491
25.6	Abnahme	1491
25.6.1	Abnahme als rechtlicher Begriff	1491
25.6.2	Abnahme als technischer Begriff	1491
25.7	Organisatorische Fragen der Gewährleistung	1492
25.7.1	Kontrollflächen	1492
25.7.1.1	Kontrollflächen; ab welcher Objektgröße vertretbar	1499
25.7.1.2	Doppel-Kontrollflächen	1500
25.7.2	Wie darf nach Ablauf der Gewährleistung der Korrosionsschutz aussehen? Kein einziger Rostpunkt?	1501
25.7.3	Prüfungspflicht der Unternehmer bei vorliegenden Beschichtungen	1501
	Literatur	1502
26	Prüfung von Beschichtungsstoffen und Beschichtungen	1504
26.1	Physikalische Prüfung	1514
26.1.1	Beschichtungsstoff	1514
26.1.1.1	Ergiebigkeit	1514
26.1.1.2	Konsistenz und Viskosität (Auslaufzeit)	1520
26.1.1.3	Trockenzeit und Trocknungsstadien	1527
26.1.1.4	Flammpunkt, Brandgefährlichkeit	1530
26.1.1.5	Verarbeitbarkeit, Überarbeitbarkeit (Überstreichbarkeit), Durchschlagen	1531
26.1.1.6	Naßschichtdicke	1536
26.1.1.7	Dichte (spezifisches Gewicht)	1536
26.1.1.8	Lagerstabilität	1537
26.1.1.9	Topfzeit (pot life)	1539
26.1.1.10	Leitfähigkeit, elektrischer Widerstand	1540
26.1.2	Trockenfilm	1541
26.1.2.1	Kornfeinheit / Mahlfeinheit	1541
26.1.2.2	Deckvermögen	1541
26.1.2.3	Glanz	1544
26.1.2.4	Härte	1546
26.1.2.5	Verformbarkeit – Dehnbarkeit	1550

26.1.2.6	Elastizität – Geschmeidigkeit	1553
26.1.2.7	Haftfestigkeit	1555
26.1.2.8	Schlag- und Stoßfestigkeit	1560
26.1.2.9	Kratzfestigkeit	1563
26.1.2.10	Abrieb- und Verschleiß-(Scheuer-)festigkeit	1563
26.1.2.11	Trockenschichtdicke	1566
26.1.2.12	Dichtigkeit, Porigkeit	1566
26.1.2.13	Entflammbarkeit – Brandverhalten	1570
26.1.2.14	Temperaturbeständigkeit	1570
26.1.2.15	Temperatur-Wechselprüfung (Cold-Check-Test)	1571
26.1.2.16	Farbe und Farbdifferenz von Beschichtungen	1571
26.1.2.17	Reflexion	1572
26.1.2.18	Kreiden	1572
26.1.2.19	Licht- und Farbbeständigkeit	1573
26.1.2.20	Radioaktive Strahlungsbeständigkeit	1574
26.1.2.21	Leitfähigkeit, elektrischer Widerstand von Beschichtungen	1574
26.2	Langzeitprüfung; Bewitterung	1576
26.2.1	Allgemeines	1576
26.2.2	Natürliche Bewitterung in verschiedenen Klimatalagen	1576
26.2.3	Prüfkörper	1579
	• Lage der Prüfkörper	1579
	• Neigung der Prüfkörper	1579
	• Form der Prüfkörper	1579
	• Anzahl der Prüfkörper	1582
	• Bewußte mechanische Beschädigungen der Beschichtung	1582
	• Unbeschichtete Metallplatten zur Ermittlung der Luftaggressivität bei der Bewitterung mit Auslegen	1582
	• Applikationsbedingungen	1582
26.2.4	Natürliche Bewitterung am Objekt unter tatsächlichen Bedingungen	1583
26.2.5	Probleme der natürlichen Bewitterung; Reproduzierbarkeit	1583
26.2.6	Auswertung der Bewitterung	1585
26.2.7	Aussagewert der Bewitterung	1586
26.3	Kurzzeitprüfung; künstliche Bewitterung	1587
26.3.1	Allgemeines	1587
26.3.2	Grundlagen der künstlichen Bewitterung	1587
26.3.3	Methoden der künstlichen Bewitterung	1590
	• Erhöhung der Bestrahlungsintensität	1590
	• Erhöhung der Feuchtigkeitseinwirkung	1590
	• Erhöhung der Temperatur	1590
	• Erhöhung der Einwirkung von Korrosionsstimulatoren	1590
	.. Schwefeldioxidatmosphäre	
	.. Zerstäubte Salzlösungen	
	.. Wasserstoffperoxidhaltige Lösung	
	.. Rauchgas	
	.. Weitere Methoden	
	.. Versuche unter Tropenbeanspruchung	
26.3.4	Geräte zur künstlichen Bewitterung	1598
26.3.5	Beispiele für die Prüfung	1598
26.3.6	Probleme der künstlichen Bewitterung	1602

26.3.7	Auswertung der künstlichen Bewitterung	1605
	• Korrosion – Rostung	1606
	• Filiformkorrosion	1606
	• Beurteilung der Rostbildung bei rotbraunen Korrosionsschutz- beschichtungen, z. B. Shop-Primer	1606
	• Blasenbildung	1607
	• Rißbildung und Abblättern	1608
	• Dokumentation	1608
26.3.8	Allgemeines über den Aussagewert der künstlichen Bewitterung	1610
26.4	Chemische Widerstandsfähigkeit, Wasserbeständigkeit	1615
26.5	Korrosionsschutzwirkung	1618
26.6	Analyse von Beschichtungsstoffen	1618
26.6.1	Allgemeines	1618
26.6.2	Pigmentprüfung	1619
26.6.3	Bindemittelprüfung	1619
26.6.4	Lösemittel- und Verdünnerprüfung	1620
26.6.5	Bindemittel – Pigment	1621
26.6.6	Gehalt an flüchtigen und festen Bestandteilen	1621
26.6.7	Identitätsprüfung von Beschichtungsstoffen und Beschichtungen	1621
26.7	Prüfung am Objekt	1623
	Literatur	1626
27	Beschichtungsfehler und -schäden	1628
27.1	Allgemeines	1628
	• Aufklärung von Fehlern und Schäden, Ursachen und Folgerungen	1630
	• Korrosion (Unterrostung) unter Beschichtungen	1631
	• Unterrostung	1631
	• Häufige Fehler und Schäden bei Beschichtungsstoffen bzw. Beschichtungen	1632
	• Überrostung (Rostdiffusion)	1640
	• Durchrostungen	1640
	Literatur	1641
28	Arbeitssicherheit; Gesundheitsschutz und Unfallverhütung, Wasser- und Luftreinhaltung	1642
28.1	Gefährliche Arbeitsstoffe – Arbeitsstoffverordnung	1644
28.1.1	Allgemeines	1644
28.1.2	Kennzeichnung von Stoffen	1644
28.1.3	Kennzeichnung von Zubereitungen	1646
28.1.4	Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe (TRgA)	1650
28.2	Feuergefährlichkeit, Explosionsgefahr	1650
28.2.1	Gefahrenklasse	1650
28.2.2	Flammpunkt	1651
28.3	Gesundheitsschädliche Wirkung von Beschichtungsstoffen	1651
28.3.1	Bindemittel	1652
28.3.2	Pigmente und Extender	1652

	Inhalt	XLV
28.3.3	Löse- und Verdünnermittel	1652
28.3.4	Schweißdämpfe	1653
28.4	Schutz bei der Applikation von Beschichtungsstoffen	1653
28.4.1	Stäube (Spritznebel) bei der Spritzapplikation	1654
28.4.2	Schutz bei der Applikation lösemittelhaltiger Beschichtungsstoffe	1654
	• Geruchseinwirkung	1654
28.4.3	Schutz bei der Applikation von Mehrkomponenten-Beschichtungsstoffen	1655
28.4.4	Sicherheitsmaßnahmen bei der Verarbeitung von Beschichtungsstoffen in geschlossenen Räumen und Behältern u. a.	1657
28.5	Schutz bei Entrostungsarbeiten	1659
28.5.1	Stäube von Strahlmitteln	1659
28.6	Staubschutz	1660
28.7	Hautschutz	1660
28.8	Staub- und Atemschutz bei Arbeiten mit belastigenden, gesundheitgefährdenden oder gesundheitsschädlichen Stoffen in engen Räumen und bei Strahlentrostungsarbeiten	1660
28.8.1	Allgemeines	1660
28.8.2	Einteilung der Atemschutzgeräte nach DIN 3179	1661
28.8.2.1	Filtergeräte	1663
28.8.2.2	Schlauchgeräte (Frischlufthgeräte)	1664
	• Atemschutzgeräte für Strahlarbeiten	1669
28.8.2.3	Isoliergeräte	1670
28.9	Rüstung	1671
28.10	Gesetzliche Auflagen, Verordnungen und Richtlinien zur Wasser- und Luftreinhaltung	1672
	Literatur	1675
29	Normen, Vorschriften, Richtlinien	1676
29.1	Korrosion, Korrosionsprüfung und Korrosionsschutz	1676
29.2	Planung, Konstruktion, Überwachung und Gewährleistung	1680
29.3	Beschichtungsstoffe	1681
29.4	Prüfung von Beschichtungsstoffen	1681
29.5	Prüfung und Beobachtung von Beschichtungen	1682
29.5.1	Schichtdickenmessungen	1684
29.6	Untergrund und Oberflächenvorbereitung	1686
29.6.1	Geometrie und Rauheit von Oberflächen	1686
29.7	Beschichtungsausführung	1687
29.8	Korrosionsschutz für spezielle Objekte und Aufgaben	1687
29.9	Sicherheitsbestimmungen	1689
29.10	Kennfarben, Sicherheitsfarben	1689
29.11	Verdingungsordnung	1689
	Sachwortverzeichnis	1691
	Namenverzeichnis	1711
	Normenverzeichnis	1713