

Schriftenreihe Galvanotechnik

Beizen von Metallen

Dr. Rafael Rituper



EUGEN G. LEUZE VERLAG · D-7968 SAULGAU/WÜRTT.

Verlag der Fachzeitschrift „Galvanotechnik“

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	.17
1.1	Allgemeines	.17
1.2	Art und Herkunft der Verunreinigungen	.17
1.3	Definition des Beizens	.20
1.3.1	Entzundern	.20
1.3.2	Entrosten	.21
1.3.3	Dekapieren bzw. Aktivieren	.21
1.4	Vorbehandlungsprozesse und Bedeutung des Beizens für die Oberflächenbehandlung	.21
1.4.1	Beizen in metallurgischen Fertigungsprozessen	.22
1.4.2	Beizen als Bestandteil von Reinigungsprozessen	.25
1.5	Literatur zu Kapitel 1	.26
2	Grundlagen des Beizens	.27
2.1	Chemische und elektrochemische Vorgänge	.28
2.2	Löslichkeit des Grundmetalls, der Oxidarten und des Zunders in Säuren	.31
2.3	Beizgeschwindigkeit	.33
2.3.1	Einfluß des Oberflächenzustandes und der Zunderausbildung auf die Beizgeschwindigkeit	.33
2.3.2	Einfluß der chemischen Zusammensetzung des Metalls auf die Beizgeschwindigkeit	.34
2.3.3	Einfluß der Art, Konzentration und Reinheit der verwendeten Mineralsäure	.35
2.3.4	Einfluß der Temperatur der Beizflüssigkeit und des Beizgutes auf die Beizgeschwindigkeit	.35
2.3.5	Einfluß des Sauerstoff- und Oxidationsmittel-Gehaltes auf die Beizgeschwindigkeit	.36
2.3.6	Einfluß der Relativbewegung zwischen dem Beizgut und der Beizflüssigkeit auf die Beizgeschwindigkeit	.37
2.4	Beizbadzusätze	.38
2.4.1	Beizbeschleunigende Stoffe	.38
2.4.2	Beizinhibitoren	.40
2.4.3	Zusatzstoffe mit kombinierter Wirkung	.43
2.5	Wasserstoffaufnahme beim Beizen	.43
2.5.1	Vorgänge der Wasserstoffaufnahme	.43
2.5.2	Einfluß der Beiztemperatur	.45
2.5.3	Einfluß der Säurekonzentration und der Beizdauer	.45
2.5.4	Andere Einflüsse	.47
2.5.5	Beseitigung des beim Beizen aufgenommenen Wasserstoffs	.48

2.6	Beizrückstände	48
2.7	Beizschäden und Beizfehler	49
2.7.1	Anätzungen und Lochfraß	49
2.7.2	Beizblasen	50
2.8	Literatur zu Kapitel 2	51
3	Anlagentechnik	52
3.1	Allgemeines	52
3.2	Bautechnik	52
3.2.1	Säureschutz für Betonkonstruktionen	52
3.2.2	Stahlkonstruktionen	56
3.2.3	Be- und Entlüftung von Beizhallen	56
3.2.4	Medien- und Energieversorgung	57
3.3	Konstruktion der Behandlungsbehälter	58
3.3.1	Behälter aus Natursteinen und Holz	58
3.3.2	Behälter aus Stahlbeton	58
3.3.3	Stahlbehälter mit Schutzauskleidung	58
3.3.4	Behandlungsbehälter aus Kunststoff	60
3.3.5	Verbundkonstruktionen	62
3.4	Abdeckung und Absaugung von Beizbädern	63
3.4.1	Offene Behälter mit lokaler Absaugung	63
3.4.2	Offene Behälter mit Abdeckung	63
3.4.3	Verfahrbare Absaughauben	65
3.4.4	Tunnelbeizanlagen	65
3.4.5	Großräumige Einhausung von Kleinbeizanlagen	67
3.4.6	Geschlossene Durchzugsbeizanlagen	67
3.4.7	Werkstoffe für Abdeckungen	68
3.5	Badbeheizung und -kühlung, Wärmerückgewinnung, Energiesparmaßnahmen	69
3.5.1	Wärmebedarf und Wärmeverluste	69
3.5.2	Beheizungssysteme	70
3.5.3	Badkühlung	72
3.5.4	Integrierte Energiekonzepte	74
3.6	Chemikalienlagerung, Transport- und Pumpsysteme	74
3.6.1	Chemikalienlagerung	75
3.6.2	Chemikalientransport	77
3.6.3	Rohrleitungssysteme	77
3.6.4	Pumpen und Armaturen	80
3.7	Beizsysteme und ihre Transporttechnik	81
3.7.1	Beizen in Körben und Trommeln, an Schlaufen und Haken	81
3.7.2	Bewegung des Beizgutes	83
3.7.3	Beizen unter Vibration	84
3.7.4	Spritzbeizen	87
3.7.5	Hochleistungsbeizen für Bänder	88
3.7.6	Turbulenzbeizen	90
3.7.7	Schubbeizen	92
3.7.8	Vertikalbeizen	93
3.7.9	Sonderausführungen	93
3.8	Prozeßsteuerung und Automatisierung	94
3.8.1	Automatisierungssysteme	94

3.8.2	Funktionsebenen	95
3.8.3	Automatisierungsgrade	95
3.8.4	Automatisierung der Verfahrensabläufe	95
3.8.5	Badanalyse und Chemikaliendosierung	97
3.9	Nebenanlagen	99
3.9.1	Regenerier- und Aufbereitungsanlagen	99
3.9.2	Abwasserbehandlung	99
3.9.3	Abluftreinigung	100
3.10	Literatur zu Kapitel 3	100
4	Mittel zum Beizen, zur Vorbehandlung vor dem Beizen und zur Nachbehandlung der gebeizten Beizgutoberfläche	102
4.1	Allgemeines	102
4.1.1	Gefahren beim Umgang mit Chemikalien	102
4.1.2	Allgemeine Richtlinien zum Versand, Transport und zur Lagerung von Chemikalien	104
4.1.3	Werkstoffe für Einrichtungen zum Transport und zur Lagerung von Chemikalien	107
4.2	Anorganische Säuren	110
4.2.1	Salzsäure	110
4.2.2	Schwefelsäure	111
4.2.3	Petersäure	113
4.2.4	Phosphorsäure	114
4.2.5	Chromsäure	115
4.2.6	Flußsäure	116
4.2.7	Sulfaminsäure	117
4.3	Organische Säuren	118
4.3.1	Eigenschaften verschiedener organischer Säuren	118
4.3.2	Verwendung organischer Säuren in der Beiztechnik	119
4.4	Andere in der Beiztechnik verwendete Hilfsmittel	120
4.4.1	Natronlauge	120
4.4.2	Wasserstoffperoxid	120
4.4.3	Kaliumpermanganat	121
4.4.4	Natriumcarbonat	122
4.4.5	Weitere Natrium- und Kaliumsalze	122
4.4.6	Eisensalze	124
4.4.7	Andere Hilfsmittel	125
4.5	Herstellung von Beizlösungen	126
4.5.1	Herstellung verdünnter Beizlösungen	126
4.5.2	Berechnungen zur Herstellung von Beizlösungen	127
4.6	Literatur zu Kapitel 4	131
5	Gefahren und Schutzmaßnahmen beim Beizen	132
5.1	Direkte Gefahren und Schutzmaßnahmen	132
5.2	Indirekte Gefahren	134
5.3	Literatur zu Kapitel 5	135
6	Vor- und nachgeschaltete Verfahren	136
6.1	Reinigen und Entfetten	136
6.1.1	Allgemeines	136
6.1.2	Verfahrensarten	136
6.2	Beizentfetten	138

6.2.1	Beizentfetten in sauren Lösungen	138
6.2.2	Beizentfetten in alkalischen Lösungen	140
6.3	Behandlung in alkalischer Kaliumpermanganatlösung	140
6.3.1	Beseitigung von Verkokungs- und Beizrückständen	140
6.3.2	Vorentzunderung vor dem Beizen	141
6.4	Spülen	142
6.4.1	Bedeutung des Spülprozesses	142
6.4.2	Spülsysteme	144
6.4.2.1	Fließspülen (Einfach- und Kaskadenspülen)	144
6.4.2.2	Spritzspülen	145
6.4.2.3	Stand- bzw. Sparspülen	146
6.4.2.4	Vergleich unterschiedlicher Spülsysteme	146
6.4.3	Spülwasserqualität und Einstellung der Spülwassermengen	148
6.5	Nachbehandlung gebeizter Oberflächen	149
6.5.1	Neutralisieren	149
6.5.2	Temporärer Korrosionsschutz	151
6.5.2.1	Passivieren	151
6.5.2.2	Konservieren	151
6.5.3	Trocknen	152
6.5.4	Lagerung und Transport der gebeizten Ware	153
6.6	Literatur zu Kapitel 6	154
7	Arten des Beizens	155
7.1	Chemisches Beizen	155
7.1.1	Tauchbeizen	155
7.1.2	Kontinuierliches Beizen	156
7.2	Elektrolytisches Beizen	156
7.2.1	Kathodisches Beizen	157
7.2.2	Anodisches Beizen	159
7.2.3	Elektrolytisches Beizen mit Polwechsel	160
7.2.4	Beizen im Mittelleitervorgang	160
7.2.5	Beizen mit gleichzeitiger Metallabscheidung	162
7.2.6	Elektrolytisches Entrosten in alkalischen Lösungen	163
7.3	Beizverfahren besonderer Art	163
7.3.1	Spezialbeizen	163
7.3.2	Beizen in der Gasatmosphäre	164
7.4	Literatur zu Kapitel 7	165
8	Beizen von Eisenmetallen	166
8.1	Beizen von Stahl	166
8.1.1	Entstehung von Zunder und Rost auf der Stahloberfläche und deren Einfluß auf die Beizbarkeit	166
8.1.1.1	Entstehung von Rost- und Zunderschichten	166
8.1.1.2	Beizbarkeit und Zunderaufbau	169
8.1.2	Das Beizen von Stahl in sauren Beizlösungen	172
8.1.2.1	Das Beizen in Schwefelsäure	173
8.1.2.1.1	Reaktionsvorgänge	173
8.1.2.1.2	Zusammenhang zwischen Zunderdicke und Beizzeit	173
8.1.2.1.3	Einfluß der mechanischen Vorentzunderung auf die Beizgeschwindigkeit	174

8.1.2.1.4	Einfluß von Säurekonzentration und -temperatur auf die Beizgeschwindigkeit	175
8.1.2.1.5	Einfluß des Eisen(II)-sulfatgehaltes auf die Beizgeschwindigkeit	178
8.1.2.1.6	Einfluß des Inhibitors auf die Beizgeschwindigkeit	180
8.1.2.1.7	Andere Einflüsse auf die Beizgeschwindigkeit	181
8.1.2.2	Das Beizen in Salzsäure	182
8.1.2.2.1	Reaktionsvorgänge	182
8.1.2.2.2	Zusammenhang zwischen Zunderdicke und Beizzeit	182
8.1.2.2.3	Einfluß der mechanischen Vorentzunderung auf die Beizgeschwindigkeit	184
8.1.2.2.4	Einfluß der Säurekonzentration und -temperatur auf die Beizgeschwindigkeit	185
8.1.2.2.5	Einfluß des Eisen(II)-chlorids auf die Beizgeschwindigkeit	187
8.1.2.2.6	Einfluß von Inhibitoren auf die Beizbarkeit	188
8.1.2.2.7	Andere Einflüsse auf die Beizbarkeit in Salzsäure	191
8.1.2.3	Das Beizen in Phosphorsäure	192
8.1.2.3.1	Reaktionsvorgänge	192
8.1.2.3.2	Die Einflüsse von Beizparametern auf die Beizgeschwindigkeit in Phosphorsäure	192
8.1.2.3.3	Betriebsbedingungen beim Beizen in Phosphorsäure	195
8.1.2.4	Das Beizen in Salpetersäure	195
8.1.2.5	Das Beizen in Sulfaminsäure	196
8.1.2.6	Das Beizen in Säuregemischen	197
8.1.2.7	Vergleich von Beizverfahren in sauren Lösungen	200
8.1.3	Das Beizen in neutralen oder schwach sauren Lösungen	200
8.1.4	Beizen mit anorganischen Verbindungen	201
8.1.5	Beizen mit organischen Verbindungen	201
8.1.6	Das Beizen in alkalischen Lösungen	201
8.1.7	Das elektrolytische Beizen von Stahl	208
8.1.7.1	Verfahren und Beizbedingungen	208
8.1.7.2	Elektrolyseparameter und Beizbarkeit	210
8.2	Beizen von Gußeisen	215
8.2.1	Verunreinigungen und deren Entfernung	215
8.2.2	Verfahrensschritte	215
8.3	Beizen von nichtrostenden Stählen	217
8.3.1	Allgemeines	217
8.3.2	Entstehung des Zunders und dessen Einfluß auf die Beizbarkeit	219
8.3.3	Löslichkeit von Oxiden und die Beizbarkeit	225
8.3.4	Verfahrensschritte beim Entzundern von nichtrostenden Stählen	226
8.3.5	Verfahren zur vorausgehenden Entzunderung und deren Einfluß auf die Beizbarkeit in Mineralsäuren	229
8.3.5.1	Mechanisches Strahlen	229
8.3.5.2	Vorbeizen in wäßrigen Lösungen	229
8.3.5.3	Vorentzundern im Salzbad	230
8.3.6	Verfahren zum Beizen in wäßrigen Lösungen	232

8.3.6.1	Beizen von nichtrostenden Stählen in Salpeter-/ Flußsäuregemischen	232
8.3.6.2	Beizen von nichtrostenden Stählen in Salpetersäure	242
8.3.6.3	Beizen nichtrostender Stähle in Schwefelsäure	242
8.3.6.4	Andere Beizverfahren	243
8.3.7	Verfahren zum elektrolytischen Beizen in wäßrigen Lösungen	245
8.3.8	Passivieren	245
8.4	Aktivieren der Eisen- und Stahloberfläche vor einer weiteren Oberflächenveredlung	250
8.5	Literatur zu Kapitel 8	250
9	Beizen von Nichteisenmetallen	253
9.1	Beizen von Kupfer und Kupferlegierungen	253
9.1.1	Entstehung der Zunderschicht und chemisches Verhalten	253
9.1.2	Verfahren zum Beizen	256
9.1.2.1	Allgemeines über das Beizen von Kupfer und Kupferlegierungen	256
9.1.2.2	Beizen von Kupferlegierungen	256
9.1.2.3	Elektrolytisches Beizen	258
9.1.3	Verfahren zum Brennen	259
9.1.3.1	Vorbrennen	259
9.1.3.2	Glanzbrennen	261
9.1.3.3	Mattbrennen	261
9.1.4	Nachbehandlung	262
9.1.5	Verfahren zum Glanzbeizen	263
9.1.5.1	Salpetersäurehaltige Glanzbeizen	263
9.1.5.2	Chromsäurehaltige Glanzbeizen	263
9.1.5.3	Wasserstoffperoxidhaltige Glanzbeizen	265
9.1.5.4	Andere Verfahren zum Glanzbeizen	266
9.1.6	Aktivieren vor einer Oberflächenveredelung	267
9.2	Beizen von Aluminium und Aluminiumlegierungen	267
9.2.1	Entstehung der Oxidschicht und chemisches Verhalten	267
9.2.2	Alkalische Reinigungs- und Beizverfahren	268
9.2.3	Saure Beizverfahren	271
9.2.4	Glanzbeizen	273
9.2.5	Aktivieren	275
9.3	Beizen von Magnesium und Magnesiumlegierungen	278
9.3.1	Oxidation und chemisches Verhalten	278
9.3.2	Beizverfahren	280
9.3.3	Schutzbeizen	280
9.3.4	Aktivieren	282
9.4	Beizen von Zink und Cadmium	282
9.4.1	Allgemeines	282
9.4.2	Beizverfahren	283
9.4.3	Glanzbeizen	283
9.4.4	Elektrolytisches Beizen	285
9.5	Beizen von Zinn und Blei	286
9.5.1	Allgemeines	286
9.5.2	Beizen von Zinn	287
9.5.3	Beizen von Blei	287

9.6	Beizen von Nickel und Nickellegierungen	288
9.6.1	Allgemeines	288
9.6.2	Beizen von Nickel und Nickellegierungen	289
9.6.3	Glanzbeizen von Nickel und Nickellegierungen	293
9.6.4	Elektrolytisches Beizen	293
9.6.5	Aktivieren von Nickel und Nickellegierungen vor dem Galvanisieren	295
9.7	Beizen von Titan und Titanlegierungen	295
9.7.1	Allgemeines	295
9.7.2	Beizverfahren	296
9.7.3	Glanzbeizen und Aktivieren	299
9.8	Beizen von Edelmetallen	299
9.8.1	Allgemeines	299
9.8.2	Beizen von Silber	301
9.8.3	Beizen von Gold	302
9.8.4	Beizen von Platinmetallen	302
9.9	Beizen von weiteren Metallen	303
9.9.1	Beizen von Molybdän, Wolfram und ihren Legierungen	303
9.9.2	Beizen von Zirkonium, Hafnium und ihren Legierungen	306
9.9.3	Beizen von Tantal und Niob	307
9.9.4	Beizen von sonstigen Metallen	309
9.10	Literatur zu Kapitel 9	309
10	Andere auf dem Prinzip des Beizens beruhende Verfahren	311
10.1	Ätzen	311
10.1.1	Chemisches Ätzen	311
10.1.1.1	Vorbehandlung und Ätzgrund	311
10.1.1.2	Ausführungsformen	313
10.1.1.3	Ätzlösungen	314
10.1.1.4	Nachbehandlung geätzter Oberflächen	314
10.1.2	Chemisches Abtragen	314
10.1.3	Elektrolytisches Ätzen (Elysieren)	318
10.1.4	Sonderätzverfahren	320
10.2	Entgraten, Glänzen und Polieren	321
10.2.1	Chemisches Entgraten	321
10.2.2	Chemisches Glänzen oder Polieren	323
10.2.3	Elektrolytisches Entgraten	323
10.2.4	Elektrolytisches Glänzen und Polieren	323
10.3	Verfahren zum Entfernen von Korrosionsschutzüberzügen	327
10.3.1	Entfernen metallischer Überzüge (Entmetallisieren)	327
10.3.2	Entfernen von chemisch erzeugten Überzügen	329
10.3.3	Entfernen von anodisch erzeugten Überzügen	330
10.3.4	Entlacken	330
10.3.5	Entemaillieren	332
10.4	Sonderverfahren	333
10.4.1	Behandlung in Salzschnmelzen	333
10.4.1.1	Allgemeines	333
10.4.1.2	Oxidierend wirkende Salzschnmelzen	335
10.4.1.3	Reduzierend wirkende Salzschnmelzen	336

10.4.1.4	Elektrolytische Salzschnmelzen	338
10.4.2	Entrußen und Entfernen von Ölkohle in organischen Ölkohleentfernern	339
10.4.3	Entfernen von Schweißrückständen	339
10.4.4	Entfernen von Kunststoffbeschichtungen und Kunststoffrückständen	340
10.4.5	Entfernen von Kessel- und Milchstein	340
10.4.6	Entfernen von diversen Verunreinigungen mit Spezialmitteln	340
10.5	Literatur zu Kapitel 10	340
11	Mechanische Verfahren	342
11.1	Strahlen	342
11.1.1	Verfahrensarten	342
11.1.2	Einsatzgebiete	345
11.1.3	Strahlmittel	345
11.2	Schleifen, Bürsten und Polieren	348
11.3	Gleitschleifen von Kleinteilen	350
11.4	Andere mechanische Verfahren	353
11.4.1	Umformende Verfahren	353
11.4.2	Reinigung im Putzkasten	353
11.4.3	Elektronenstrahlentzundern	353
11.4.4	Walzverfahren	353
11.4.5	Hochdruckwasserstrahlen	353
11.4.6	Kryogenentlackung	354
11.5	Literatur zu Kapitel 11	354
12	Chemisch oder mechanisch reinigen?	355
12.1	Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren	355
12.2	Bevorzugte Einsatzgebiete	355
12.3	Oberflächenbeschaffenheit	359
12.4	Literatur zu Kapitel 12	360
13	Qualitätssicherung	361
13.1	Allgemeines	361
13.1.1	Qualität und ihre Sicherung	361
13.1.2	Umfang der Qualitätssicherung	361
13.2	Physikalische und elektrochemische Prüfgrößen	363
13.2.1	pH-Wert	363
13.2.2	Temperatur	363
13.2.3	Dichte	364
13.2.4	Oberflächenspannung	364
13.2.5	Leitfähigkeit	365
13.2.6	Elektrolyseparameter	365
13.3	Analyse der Prozeßblösungen	366
13.3.1	Probenahme	366
13.3.2	Naßchemische Analysenmethoden	366
13.3.3	Instrumentelle Analysenmethoden	366
13.3.4	Beispiele für Titrationsbestimmungen in der Beiztechnik	367
13.4	Bestimmung der Wirkung von Beizverfahren	375
13.5	Abwasser- und Abluftkontrolle	375
13.6	Literatur zu Kapitel 13	376
14	Regenerieren und Aufbereiten von Beizbädern	377

14.1 Allgemeines	377
14.2 Regenerieren und Aufbereiten von eisenhaltigen Beizbädern	379
14.2.1 Salzsaurer Beizbäder	379
14.2.1.1 Pyrohydrolyseverfahren	380
14.2.1.1.1 Wirbelschichtverfahren	382
14.2.1.1.2 Sprühhöfverfahren	384
14.2.1.1.3 Verwertung des Eisenoxides	385
14.2.1.2 Retardationsverfahren	385
14.2.1.3 Dialyseverfahren	387
14.2.1.4 Elektrolytische Verfahren	389
14.2.1.5 Andere Verfahren	390
14.2.2 Schwefelsaurer Beizbäder	391
14.2.2.1 Kristallisationsverfahren	393
14.2.2.1.1 Kristallisation mit indirekter Kühlung	394
14.2.2.1.2 Zyklonkristallerverfahren	394
14.2.2.1.3 Vakuumkühlkristallisation	395
14.2.2.1.4 Verwertung von Eisen(II)-Sulfat-Heptahydrat	398
14.2.2.2 Aufbereitung von Schwefelsäure-Beizbädern nach dem Retardations- oder Dialyseverfahren	398
14.2.2.3 Elektrolytische Regenerierv Verfahren	398
14.2.2.4 Andere Verfahren	399
14.2.3 Salpeter-/Flußsäure-Beizbäder	400
14.2.3.1 Flüssig-Flüssig-Extraktionsverfahren	400
14.2.3.2 Kristallisationsverfahren	403
14.2.3.3 Pyrohydrolyseverfahren	404
14.2.3.4 Verfahren mit bipolarer Membrantechnik	404
14.2.3.5 Retardationsverfahren	407
14.2.3.6 Dialyseverfahren	407
14.2.3.7 Outokumpu-Verfahren	407
14.2.3.8 Kawasaki-Verfahren	410
14.2.4 Andere eisenhaltige Beizbäder	410
14.2.4.1 Phosphorsaurer Beizbäder	410
14.2.4.2 Flußsaure Beizbäder	411
14.2.4.3 Neutralsalzhaltige Bäder	412
14.3 Regenerieren und Aufbereiten von nichteisenmetallhaltigen Beizbädern	412
14.3.1 Kupferhaltige Beizbäder	412
14.3.1.1 Kristallisationsverfahren	414
14.3.1.2 Elektrolytische Kupferabscheidung	416
14.3.1.3 Retardationsverfahren	417
14.3.1.4 Hydroxidfällung	418
14.3.1.5 Zementationsverfahren	418
14.3.1.6 Aufbereitung von Salpeter-/Schwefelsäure-Brennen	419
14.3.1.7 Kombinierte Regenerierv Verfahren	421
14.3.1.7.1 Zinkron-Verfahren	421
14.3.1.7.2 GSW-Verfahren	422
14.3.2 Aluminiumhaltige Beizbäder	424
14.3.2.1 Alkalische, aluminiumhaltige Bäder	424
14.3.2.1.1 Hydrolyseverfahren	424
14.3.2.1.2 Fällungsverfahren mit Kalziumoxid	426
14.3.2.1.3 Andere Regenerierv Verfahren	427

14.3.2.2	Saure, aluminiumhaltige Bäder	427
14.3.2.2.1	Retardationsverfahren	427
14.3.2.2.2	Andere Regeneriervverfahren	428
14.3.3	Weitere Beizbäder	429
14.3.3.1	Zink- und cadmiumhaltige Beizbäder	429
14.3.3.2	Zinn- und bleihaltige Beizbäder	430
14.3.3.3	Silber-, gold- und platinmetallhaltige Beizbäder	431
14.3.3.4	Beizbäder mit anderen Metallen	431
14.4	Literatur zu Kapitel 14	432
15	Umwelttechnik beim Beizen	435
15.1	Allgemeines	435
15.2	Abwasser und seine Behandlung	435
15.2.1	Maßnahmen zur Verminderung der Abwassermengen	436
15.2.2	Abwasserbehandlungsverfahren	438
15.2.2.1	Neutralisation und Schwermetallfällung	438
15.2.2.2	Chromatentgiftung	441
15.2.2.3	Nitritentgiftung	442
15.2.2.4	Cyanidentgiftung	443
15.2.2.5	Manganat- und Permanganatbehandlung	444
15.2.2.6	Schlammbehandlung	445
15.2.2.7	Neutralsalzfracht und Restmetallabsenkung	446
15.2.2.8	Meß-, Regel- und Steuertechnik	446
15.2.3	Behandlung von verschiedenen Beizabwässern	448
15.2.3.1	Salzsaure eisenhaltige Abwässer	448
15.2.3.2	Schwefelsaure eisenhaltige Abwässer	448
15.2.3.3	Salpeter-/Flußsäurehaltige Abwässer	449
15.2.3.4	Spülabwässer nach geschmolzenen Salzbadern	450
15.2.3.5	Andere Abwässer	451
15.3	Abluft und Abluftreinigung	451
15.3.1	Maßnahmen zur Verminderung der Abluftmengen und Schadstoffbelastung	452
15.3.2	Abluftreinigungsverfahren	454
15.3.3	Abluftreinigung bei verschiedenen Beizverfahren	455
15.3.3.1	Beizbäder mit Salzsäure	455
15.3.3.2	Beizbäder mit Schwefelsäure	457
15.3.3.3	Beizbäder mit Salpetersäure	457
15.3.3.4	Andere Beizbäder	462
15.4	Literatur zu Kapitel 15	463
16	Anhang 1	464
	Kombination der R-Sätze	465
	Sicherheitsratschläge (S-Sätze)	465
	Kombination der S-Sätze	466
17	Weitere Literaturhinweise	494
18	Sachverzeichnis	503
19	Produktinformationen aus der Industrie	514