

**SCHRIFTENREIHE GALVANOTECHNIK
UND OBERFLÄCHENBEHANDLUNG**

Wasser und Abwasser

Behandlung und Kreislaufführung
in der Galvanotechnik und Metallindustrie

2. Auflage

Peter Winkel



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

Verlag der Fachzeitschrift „Galvanotechnik“

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 1. Auflage	5
Vorwort zur 2. Auflage	7
1 Einleitung	15
1.1 Allgemeines	15
1.2 Gesetzliche Regelungen	22
1.2.1 Allgemeine Grundlagen	22
1.2.2 Rechtsgrundlagen in der Deutschen Bundesrepublik	25
1.2.3 Rechtsgrundlagen in der Schweiz	30
1.2.4 Rechtsgrundlagen in Österreich	33
1.2.5 Regelungen im asiatischen Raum	35
1.2.5.1 Japan	36
1.2.5.2 Thailand	36
1.2.6 Sonstige Länder	36
2 Abwasserarten metallbearbeitender Betriebe und ihre Wirkungen	41
2.1 Allgemeines	41
2.2 Mechanisch und physikalisch belastete Abwässer	45
2.3 Saure und alkalische Metallbeizen	46
2.4 Galvanische Elektrolyte	48
2.5 Bäder zur stromlosen Metallabscheidung	48
2.6 Chromsäurelösungen	49
2.7 Abwässer aus Härtereien (Nitrate, Nitrite, Cyanide)	49
2.8 Glänz- und Polierbäder	50
2.9 Phosphorsäurehaltige Lösungen	51
2.10 Ungiftige Verunreinigungen	51
2.11 Komplexbildner	53
2.12 AOX – Chlororganika	54
3 Schädlichkeit der Abwässer	57
3.1 Schadenswirkungen verschiedener Ionen	57
3.2 Zulässige Schadstoffkonzentrationen im Abwasser	61

4 Maßnahmen zur Verminderung der Abwassermengen	63
4.1 Verminderung der Austragsverluste	63
4.2 Richtiges Spülen	67
4.2.1 Stand- und Sparspülung	69
4.2.2 Kaskadenspülung	73
4.2.3 Spülkombinationen	76
4.2.4 Spritzspültechnik	83
4.2.5 Automatische Steuerung der Spülwassermenge	85
4.3 Regeneration von Konzentraten	90
4.4 Kreislaufführung von Betriebswasser	91
4.5 Substitution kritischer Behandlungs-Chemikalien	92
4.6 Verdunsten und Verdampfen der Spülwässer	93
4.7 Mechanische Entzunderung	96
4.8 Fernleitungen	97
5 Grundsätzliche Verfahren zur Abwasserentgiftung	99
5.1 Übersicht	99
5.2 Trennung verschiedenartiger Abwässer	102
5.3 Analytische Kontrolle der Abwässer	105
5.4 Kontinuierliche und diskontinuierliche Abwasserbehandlung	107
5.4.1 Diskontinuierliche Entgiftung (Standverfahren, Chargenverfahren)	107
5.4.2 Kontinuierliche Behandlung (Durchlaufverfahren)	110
5.4.3 Automatische Entgiftung	111
6 Werkstoffauswahl, Apparatives	115
7 Regeneration, Kreislaufführung und Rohstoffrückgewinnung konzentrierter Lösungen	129
7.1 Allgemeines	129
7.2 Aufarbeitung von Eisenbeizen	130
7.2.1 Schwefelsaure Eisenbeizen	130
7.2.2 Salzsaurer Eisenbeizen	136
7.2.3 Phosphorsaure Eisenbeizen	141
7.2.4 Elektrolytische Aufbereitung von Eisenbeizen	141
7.3 Beizen von Nichteisenmetallen	142
7.3.1 Kupferbeizen	142
7.3.1.1 Kristallisationsverfahren	143

7.3.1.2	Hydroxidfällung	143
7.3.1.3	Zementation	144
7.3.1.4	Elektrolytische Aufbereitung	144
7.3.1.5	Retardation	145
7.3.1.6	Kombinierte Verfahren	147
7.3.2	Beizen für andere Metalle	148
7.4	Galvanische Bäder und andere Prozeßlösungen zur Metallbehandlung	149
7.4.1	Schwermetallhaltige Lösungen	149
7.4.2	Edelmetallhaltige Lösungen	153
7.4.3	Cyanidische Lösungen	157
7.4.3.1	Oxidative Entgiftung	157
7.4.3.2	Entgiftung durch Fällungsverfahren (Berliner Blau, Berliner Weiß)	165
7.4.3.3	Elektrolytische Cyanid-Zerstörung	167
7.4.3.4	Katalytische Verbrennung	167
7.4.4	Chromsäure Konzentrate	168
7.4.5	Anodisierbäder	169
7.5	Konzentrate aus der Leiterplattenfertigung	171
7.5.1	Ammoniakalische Ätzlösungen	171
7.5.2	Salzsaure Ätzlösungen für Leiterplatten	172
7.5.3	EDTA-Rückgewinnung aus stromlos arbeitenden Kupferbädern	173
7.5.4	Fotoresist-Lösungen für Leiterplatten	174
7.6	Foto-Fixierbäder	176
7.7	Wäßrige Entfettungslösungen	177
7.8	Verfahrensüberblick	178
7.9	Zentrale Entgiftungsanlagen	179
8	Aufbereitung verdünnter Abwässer	181
8.1	Entfernung mechanischer Verunreinigungen	182
8.1.1	Feste Verunreinigungen	182
8.1.2	Flüssige Verunreinigungen, Öle, Fette, Lösemittel	185
8.1.2.1	Organische Lösemittel	185
8.1.2.1.1	Halogenierte Kohlenwasserstoffe (HKW)	185
8.1.2.1.2	Halogenfreie Lösemittel	189
8.1.2.2	Öle und Fette	189
8.1.2.2.1	Schwerkraftabscheider	189
8.1.2.2.2	Skimmer	191
8.1.2.2.3	Koaleszenzabscheider	191
8.1.3	Emulsionen	194
8.1.3.1	Einfache chemische Spaltung	194
8.1.3.2	Öl-Adsorber	195
8.1.3.3	Druckentspannungsflotation	196
8.1.3.4	Elektroflotation	197
8.1.3.5	Elektrokoagulation	197
8.1.3.6	Thermische Spaltung	198
8.1.3.7	Separatoren	200
8.1.3.8	Sonstige Verfahren	204
8.1.4	Lackierabwässer	204
8.1.5	Netzmittel (Tenside)	208

8.2 Chemische Reinigung der Abwässer	209
8.2.1 Neutralisation und Schwermetallfällung, Grundlagen	209
8.2.1.1 Saure Abwässer – Metallfällung	211
8.2.1.1.1 Karbonatfällung	214
8.2.1.1.2 Kalkfällung	215
8.2.1.1.3 Sulfid-Fällung	216
8.2.1.1.4 Flockungsmittel zur Restmetalladsorption	218
8.2.1.1.5 Biochemische Schwermetallbindung	219
8.2.1.2 Alkalische Abwässer	221
8.2.2. Durchführung der Neutralisation	224
8.2.3. Entgiftung von Chromsäure	230
8.2.4. Entgiftung von Cyaniden	235
8.2.5. Entgiftung von Nitriten	245
9 Automatische Entgiftung und Neutralisation	249
9.1 Grundlagen	249
9.2 Meßketten	261
9.2.1 Bezugselektroden	261
9.2.2 pH-Messung	261
9.2.3 Cyanidmessung	266
9.2.4 Chromat- und Nitritmessung	267
9.2.5 Konstruktives	268
9.2.6 Messung von Öl im Wasser	269
9.3 Praktische Ausführung der automatischen Entgiftung	271
9.3.1 Standentgiftung, Chargenentgiftung	271
9.3.2 Durchlaufentgiftung	274
9.3.3 Sicherheitsmaßnahmen	278
9.3.4 Teilautomatik	278
10 Direkt-Behandlung von Abwässern	280
10.1 Allgemeines	280
10.2 Lancy-Verfahren	281
10.2.1 Entgiftungslösungen	284
10.2.1.1 Chromat-Entgiftung	285
10.2.1.2 Cyanid-Entgiftung	285
10.2.1.3 Metall-Fällung	285
10.2.2 Verfahrenspraxis	286
10.2.3 Spülwasser-Kreislauf	287
10.2.4 Gesamtbetrachtung	288
10.3 Peuser-Bartolo-Verfahren	289
10.4 Zusammenfassung	292

11 Ionenaustauscher	294
11.1 Allgemeines	294
11.1.1 Einleitung	294
11.1.2 Grundlagen	299
11.1.3 Wirkungsweise	303
11.1.4 Die Austauscherharze	307
11.1.4.1 Mikroporige (Gel-)Harze	307
11.1.4.2 Makroporige (makroretikulare) Harze	309
11.2 Praktische Ausführung	311
11.2.1 Allgemeines	311
11.2.2 Filtration	315
11.2.3 Schaltungsarten	317
11.2.4 Regeneration	321
11.2.5 Tenside	323
11.2.6 Mischbetaustauscher	325
11.2.7 Selektivaustauscher (Schlußaustauscher)	327
11.3 Reinheitsgrade	330
11.4 Gegenstromregenerierung	333
11.4.1 Theoretische Grundlagen	333
11.4.2 Apparative Ausführung	336
11.4.3 Schichtbettverfahren	340
11.5 Automatische Ionenaustauscheranlagen	340
11.6 Kontinuierlich arbeitende Ionenaustauscheranlagen	344
11.7 Spezielle Anwendungen	346
11.7.1 Frischwasseraufbereitung	346
11.7.1.1 Allgemeines	346
11.7.1.2 Enthärtung	347
11.7.1.3 Teilentsalzung	349
11.7.2 Vollentsalzung und Kreislauführung	350
11.7.3 Reinstwasser	356
11.7.4 Verschiedene Anwendungen	358
11.7.4.1 Regenerierung von Behandlungslösungen	358
11.7.4.2 Wiedergewinnung von Substanzen	361
11.8 Für und wider Ionenaustauscher	364
12 Umkehrosmose und Ultrafiltration	367

13 Elektrodialyse, Säure-Dialyse	381
13.1 Elektrodialyse	381
13.2 Säure-Dialyse	386
13.2.1 Verfahrensprinzip	386
13.2.2 Anlagentechnik	386
13.2.3 Theoretische Grundlagen	389
13.2.4 Anwendungsbeispiele	391
13.2.4.1 Anodische Oxidation von Aluminium	391
13.2.4.2 Aluminium-Ätzen	392
13.2.4.3 Stahlbeize	394
14 Schlammbehandlung	395
14.1 Sedimentation	395
14.1.1 Grundlagen	395
14.1.2 Klärbecken	398
14.1.3 Flockung	403
14.2 Filtration	407
14.2.1 Dünnschlamm	408
14.2.2 Direktfiltration	415
14.2.3 Membranfiltration	416
14.3 Schlammensorgung – Verwertung	417
14.3.1 Verwertung	417
14.3.2 Sonderabfallentsorgung	418
14.3.3 Schlamm-Trocknung	419
14.3.3.1 Deponiegebühren als Basis einer Wirtschaftlichkeitsrechnung	420
14.3.3.2 Trocknungs-Verfahren	421
14.3.3.2.1 Luft-Trocknung	421
14.3.3.2.2 Band-Trockner	421
14.3.3.2.3 Etagen-Trockner	423
14.3.3.2.4 Trockenluft-Generator	423
14.3.3.3 Kostensituation und Wirtschaftlichkeit	423
14.3.3.4 Ausblick	425
15 Wirtschaftlichkeitsaspekte	427
15.1 Allgemeines	427
15.2 Gesamtbetrachtungsweise	428
15.3 Was bedeutet Wirtschaftlichkeit im Umweltschutz?	429
15.4 Kostenfaktoren	429
15.5 Zusammenfassende Betrachtung	430
16 Abwasseranalytik	434
16.1 Konventionelle Analytik	434