

LEHRBUCHREIHE GALVANOTECHNIK

Dr. Bernd Andreas

Galvanotechnik in Frage und Antwort

komplett überarbeitete und erweiterte Auflage

7. Auflage

 **LEUZE
VERLAG**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 7. Auflage	5
1 Theoretische Grundlagen	20
1.1 Grundlagen der anorganischen Chemie	20
1.1.1 Chemische Elemente	20
1.1.1.1 Atom – Molekül	21
1.1.1.2 Atomaufbau der chemischen Elemente	21
1.1.2 Periodensystem der Elemente	27
1.1.3 Chemische Bindung	31
1.1.4 Stoffmengen	34
1.1.5 Einteilung der chemischen Verbindungen in der anorganischen Chemie	36
1.1.5.1 Oxide	36
1.1.5.2 Säuren	38
1.1.5.3 Basen	45
1.1.5.4 Salze	48
1.1.6 Lösungen	52
1.1.7 Chemische Reaktionen	53
1.1.7.1 Reaktionsgleichungen	54
1.1.7.2 Reaktionsbedingungen	55
1.1.7.3 Reaktionswärme	55
1.1.7.4 Oxidation – Reduktion	55
1.1.8 Ionentheorie	57
1.1.8.1 Elektrolytische Dissoziation	57
1.1.8.2 Dissoziationsgrad – Starke und schwache Elektrolyte	59

1.1.8.3	Ionenreaktionen	60
1.1.8.4	pH-Wert	64
1.2	Grundlagen der Elektrochemie	65
1.2.1	Spannungsreihe der Metalle	65
1.2.2	Anwendung der Spannungsreihe der Metalle.....	69
1.2.3	Elektrochemische Korrosion.....	70
1.2.4	Verlauf der Elektrolyse	72
1.2.5	Spannungsverhältnisse bei der Elektrolyse	73
1.2.6	Stromverhältnisse bei der Elektrolyse	77
1.2.7	Passivität der Anoden	81
1.3	Metalle und Legierungen	81
1.4	Grundlagen der organischen Chemie	83
1.5	Physikalische Grundlagen.....	93
1.5.1	Aggregatzustände.....	93
1.5.2	Masse und Gewichtskraft	97
1.5.3	Arbeit und Leistung.....	100
1.5.4	Licht und Glanz.....	102
1.6	Grundlagen der Elektrotechnik	105
2	Werkstoffkunde.....	117
2.1	Werkstoffe	117
2.2	Metalle	121
2.3	Legierungen	135
2.4	Eisen und Eisenlegierungen	143
2.5	Aluminium und Aluminiumlegierungen	160
2.6	Kupfer und Kupferlegierungen	166
2.7	Kunststoffe	170
2.8	Zur Herstellung und Formgebung	175
2.9	Elektrodevorgänge und Elektrokristallisation	178
2.9.1	Elektrodevorgänge.....	178
2.9.2	Elektrokristallisation	184

2.10	Werkstoffprüfung	191
2.10.1	Porenprüfung	192
2.10.2	Prüfung der Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften	195
2.10.3	Prüfung der Verschleißbeanspruchungen	196
3	Einrichtung galvanischer Betriebe	199
3.1	Arbeitsraum	199
3.2	Galvanische Anlagen und Zusatzeinrichtungen	203
3.2.1	Galvanische Anlagen	203
3.2.1.1	Warenträger und Behälter	206
3.2.1.1.1	Warenträger (Galvanisiergestelle, Glocken, Trommeln, Körbe)	206
3.2.1.1.2	Behälter (Form, Werkstoffe, Ausrüstungen in Arbeitsbehältern, Teile-Trockner)	209
3.2.2	Zusatzeinrichtungen	224
3.2.2.1	Absaugeinrichtungen, Zuluftseinrichtungen, Luftverdichter	224
3.2.2.2	Filter und Elektrolytreinigung	230
3.2.2.3	Wärmetauscher und Dosiereinrichtungen	241
3.2.2.4	Ansatzbehälter, Ablass- und Stapelbehälter für Elektrolyte, Be- und Entladestationen	242
3.2.2.5	Transporteinrichtungen	244
3.3	Elektrische Ausrüstung galvanischer Anlagen	246
3.3.1	Grundbegriffe	246
3.3.2	Gleichrichter	253
3.3.2.1	Transformator	254
3.3.2.2	Selengleichrichter	256
3.3.2.3	Schaltung von Gleichrichtern	263
3.3.3	Antriebsmotore	264
3.3.4	Messgeräte	266
3.3.5	Leitungsmaterial	269
4	Vorbehandlung der Ware	271
4.1	Allgemeines	271
4.2	Schleifen und Polieren mit Scheiben	273

4.3	Bandschleifen, Vorbehandlung von Kleinteilen und Strahlen.....	283
4.4	Elektropolieren.....	291
4.5	Mikrogeometrie geschliffener und polierter Oberflächen	296
4.6	Entfetten.....	296
4.7	Beizen von Metallen.....	314
5	Galvanisch abgeschiedene Metalle.....	327
5.1	Nickel.....	327
5.1.1	Eigenschaften von Nickel und Nickelsalzen.....	327
5.1.2	Eigenschaften von Nিকেlelektrolyten.....	330
5.1.3	Zusammensetzung und Arbeitsbedingungen von Nিকেlelektrolyten	333
5.1.3.1	Sulfatelektrolyte.....	333
5.1.3.2	Chloridelektrolyte	334
5.1.3.3	Sulfamatelektrolyte.....	337
5.1.4	Glanzvernicklung.....	339
5.1.5	Halbglanzvernicklung.....	341
5.1.6	Matt- und Schwarznickel.....	342
5.1.7	Nিকেlelektrolyte für Zinkdruckguss.....	346
5.1.8	Dickvernicklung.....	347
5.1.9	Nickel-Dispersionselektrolyte.....	348
5.1.10	Instandhaltung von Nিকেlelektrolyten.....	349
5.1.11	Nickelanoden und Elektrolytpflege	351
5.1.12	Eigenschaften von Nickel und Nickelschichtsystemen.....	355
5.1.13	Nickellegierungselektrolyte	361
5.2	Chrom.....	363
5.2.1	Eigenschaften und Verwendung von Chrom und Chromverbindungen.....	363
5.2.2	Grundlagen der Chromabscheidung.....	366
5.2.3	Struktur galvanischer Chromüberzüge.....	369
5.2.4	Chromelektrolyte und deren Arbeitsbedingungen.....	372
5.2.5	Anoden in Chromelektrolyten und Fehlererkennung beim Verchromen anhand der abgeschiedenen Schicht.....	381

5.2.6	Absaugeinrichtungen.....	383
5.2.7	Sonderchromelektrolyte	384
5.2.8	Chrom(III)-Elektrolyte	385
5.2.8	Korrosionsschutz durch Chromüberzüge	388
5.3	Kupfer	389
5.3.1	Eigenschaften von Kupfer und Kupfersalzen	389
5.3.2	Saure und neutrale Kupferelektrolyte.....	393
5.3.2.1	Schwefelsaure Kupferelektrolyte.....	394
5.3.2.2	Kupferfluoroborat-Elektrolyte	400
5.3.2.3	Kupferpyrophosphatelektrolyte	401
5.3.2.4	Cyanidhaltige Kupferelektrolyte.....	402
5.3.3	Kupferanoden	411
5.4	Kupferlegierungen.....	413
5.4.1	Legierungen.....	413
5.4.2	Elektrochemie von Messing	416
5.4.3	Messingelektrolyte	418
5.4.4	Messinganoden.....	422
5.4.5	Bronzeelektrolyte	422
5.5	Zink und Zinklegierungen.....	425
5.5.1	Eigenschaften von Zink, Zinklegierungen und Zinksalzen	425
5.5.2	Verzinkungsverfahren	427
5.5.3	Elektrolyte für die galvanische Verzinkung.....	436
5.5.4	Saure Zinkelektrolyte	437
5.5.4.1	Schwefelsaure Zinkelektrolyte.....	437
5.5.4.2	Chloridhaltige Zinkelektrolyte.....	438
5.5.4.3	Fluoroborathaltige Zinkelektrolyte	438
5.5.5	Cyanidhaltige Zinkelektrolyte.....	439
5.5.6	Cyanidfreie alkalische Zinkelektrolyte.....	444
5.5.7	Schwach saure Zinkelektrolyte.....	446
5.5.8	Zinkanoden.....	447
5.5.9	Nachbehandlung.....	447
5.5.10	Abscheidung von Zinklegierungen	450

5.6	Cadmium.....	451
5.6.1	Eigenschaften von Cadmium und Cadmiumsalzen.....	451
5.6.2	Cyanidhaltige Cadmiumelektrolyte.....	453
5.6.3	Saure Cadmiumelektrolyte.....	455
5.6.4	Cadmiumanoden	456
5.6.5	Nachbehandlung.....	457
5.7	Zinn, Blei und Zinn-Blei-Legierungen	458
5.7.1	Eigenschaften und Verwendung von Zinn und Blei sowie ihren Salzen.....	458
5.7.2	Saure Zinnelektrolyte	463
5.7.3	Alkalische Zinnelektrolyte	465
5.7.4	Nachbehandlung verzinnter Teile.....	467
5.7.5	Bleiabscheidung	468
5.7.6	Zinn-Blei-Legierungsabscheidung.....	469
5.8	Silber	470
5.8.1	Eigenschaften von Silber und Silbersalzen	470
5.8.2	Vorbehandlung	471
5.8.3	Silberelektrolyte	473
5.8.4	Glanzsilberelektrolyte	475
5.8.5	Silberanoden.....	476
5.8.6	Besteckversilberung	477
5.8.7	Nachbehandlung.....	478
5.9	Gold.....	479
5.9.1	Eigenschaften von Gold und Goldsalzen	479
5.9.2	Vergoldungsverfahren	481
5.9.3	Goldelektrolyte.....	482
5.9.4	Goldanoden	487
5.10	Platinmetalle.....	488
5.10.1	Allgemeines.....	488
5.10.2	Rhodium.....	488
5.10.3	Platin	491
5.10.4	Palladium.....	492

5.11 Eisen.....	494
5.11.1 Eigenschaften von Eisen und Eisensalzen.....	494
5.11.2 Eisenelektrolyte.....	495
6 Metallabscheidung ohne äußere Stromquelle	499
6.1 Allgemeines	499
6.2 Metallabscheidung durch Ladungsaustausch.....	500
6.2.1 Tauchverfahren.....	500
6.2.2 Kontaktverfahren.....	504
6.2.3 Reduktionsverfahren	505
7 Kunststoffe und Nichtleiter	519
7.1 Galvanisieren von Nichtleitern.....	519
7.2 Galvanisieren von Kunststoffen	522
8 Galvanisieren von Leiterplatten.....	545
8.1 Leiterplattenarten, Basismaterial	545
8.2 Bohren und Vorreinigung	553
8.3 Sieb- und Fotodruck	558
8.4 Durchkontaktierung	562
8.5 Ätzen	567
8.6 Aktivieren und chemisches Verkupfern	572
8.7 Galvanisches Verkupfern und weitere Verfahrensschritte	579
9 Oberflächenbehandlung von Aluminium.....	588
9.1 Aluminium	588
9.2 Chemische Oxidation von Aluminium.....	593
9.3 Anodische Oxidation von Aluminium.....	596
9.3.1 Allgemeines.....	596
9.3.2 Vorbehandlung	597
9.3.3 Bildung der Oxidschicht.....	598
9.3.4 Eigenschaften der Oxidschicht.....	601
9.3.5 Färben der Oxidschicht	603

9.3.6	Oxidationsverfahren	606
9.3.7	Hartanodisieren von Aluminium	609
9.3.8	Prüfung der Oxidschicht.....	611
9.4	Glänzen von Aluminium	612
9.5	Galvanisieren von Aluminium.....	615
10	Erzeugung chemischer Schutzschichten auf Eisen und Zink.....	618
10.1	Phosphatieren	618
10.1.1	Allgemeines.....	618
10.1.2	Chemische Grundlagen	620
10.1.3	Eigenschaften der Phosphatschicht	624
10.1.4	Arbeitsweise beim Phosphatieren von Nichteisenmetallen	626
10.1.5	Phosphatierbehälter	626
10.1.6	Verwendung als Haftgrund.....	626
10.2	Chromatieren	630
11	Entmetallisieren	635
12	Metallfärbungen.....	644
12.1	Definitionen und Vorbehandlung.....	644
12.2	Kupfer und Kupferlegierungen	646
12.2.1	Färbungen mit Schwefelleber.....	646
12.2.2	Lüstersudfärbung.....	646
12.2.3	Färbungen in Salzschnmelzen.....	647
12.2.4	Schwarz- und Braunfärbung.....	648
12.2.5	Patinafärbung	649
12.3	Eisen.....	649
12.3.1	Anlauffärben.....	649
12.3.2	Brünieren.....	650
12.3.3	Schwarzfärben von Stahl.....	653
12.4	Silber	653
12.4.1	Allgemeines.....	653
12.4.2	Altsilberfärbung	653
12.5	Nachbehandlung.....	654

13 Galvanoformung	656
13.1 Allgemeines	656
13.2 Modelle	657
13.3 Trennschicht, Beispiele, Elektrolyte	660
14 Verfahren der Abwasserbehandlung und Recyclingtechnik in der Galvanotechnik	663
14.1 Verfahren der Abwasserbehandlung	663
14.1.1 Gesamtsystem in der Galvanik und Verunreinigungen des Abwassers	663
14.1.2 Grundlagen der Abwasserbehandlung	664
14.1.2.1 Neutralisation	665
14.1.2.2 Fällung von Metallen	667
14.1.2.3 Löslichkeit gefällter Niederschläge	670
14.1.2.4 Fällung anionischer Schadstoffe	670
14.1.2.5 Behandlung von Metallkomplexverbindungen	672
14.1.2.6 Entgiftungsverfahren	674
14.1.2.6.1 Cyanid-Entgiftung	674
14.1.2.6.2 Entgiftung von Chrom(VI)-Verbindungen	676
14.1.2.6.3 Nitrit-Entgiftung	677
14.1.2.7 Elimination von Ammoniak	678
14.1.2.8 Elimination halogenierter Kohlenwasserstoffe	678
14.1.2.9 Elimination von CSB-verursachenden Stoffen	680
14.1.2.10 Emulsionshaltiges Abwasser	681
14.1.3 Abwasserbehandlungsanlagen	684
14.1.3.1 Hauptprozess	684
14.1.3.2 Entwässerungsverfahren	686
14.1.3.2.1 Sedimentation	687
14.1.3.2.2 Entwässerung von Dünnschlamm	687
14.1.3.3 Verfahren zur Nachbehandlung	688
14.1.3.3.1 Kiesfiltration	689
14.1.3.3.2 Adsorption durch Aktivkohle	689
14.1.3.3.3 Selektiv arbeitende Ionenaustauscher	690
14.1.3.3.4 pH-Endkontrolle	691

14.2	Verfahren der Recyclingtechnik	692
14.2.1	Verminderung von Abwasser im galvanischen Prozess	692
14.2.1.1	Spültechnik und Wasserführung	692
14.2.1.2	Verschleppung.....	692
14.2.1.3	Spülkriterium	693
14.2.1.4	Spülkaskade	694
14.2.1.5	Optimales Q/V -Verhältnis in der Vorspülkaskade.....	694
14.2.1.6	Spezielle Spültechniken	695
14.2.1.6.1	Chemische Spüle	695
14.2.1.6.2	Vortauchen	696
14.2.1.6.3	Spülkaskade	696
14.2.1.6.4	Erzielung extremer Spülkriterien	697
14.2.1.7	Spülen ohne Abwasser	697
14.2.2	Verminderung und Vermeidung von Abwasser und Abfall in den Nebenprozessen der galvanischen Beschichtung	698
14.2.2.1	Ionenaustauscher.....	698
14.2.2.1.1	Struktur der Ionenaustauscher	698
14.2.2.1.2	Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten gebräuchlicher Austauscherharze	700
14.2.2.1.3	Mischbettaustauscher.....	702
14.2.2.1.4	Verfahrenstechnik von Ionenaustauscheranlagen	703
14.2.2.2	Retardationsverfahren.....	704
14.2.2.3	Membranfiltration	706
14.2.2.3.1	Grundlagen	706
14.2.2.3.2	Membranaufbau.....	707
14.2.2.3.3	Anwendungsmöglichkeiten	709
14.2.2.4	Elektrolytische Verfahren.....	710
14.2.2.4.1	Elektrolyse	710
14.2.2.4.2	Elektrodialyse	712
14.2.2.5	Thermische Verfahren.....	714
14.2.2.5.1	Verdampfung.....	715
14.2.2.5.2	Verdunstung	716

15 Qualitätssicherung	719
15.1 Definitionen	719
15.2 Qualitätssicherung in der Galvanotechnik	722
15.3 Qualitätsmanagementsystem	728
15.4 Ermittlung von Qualitätsparametern	731
15.4.1 Untersuchungen mit der Hull-Zelle	731
15.4.2 Ermittlung der Schichtdicke	736
15.4.3 Prüfung der Haftfestigkeit	739
15.4.4 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit	742
15.4.5 Härteprüfung	747
15.4.6 Analyse von Lösungen	751
15.4.6.1 Gravimetrie und Titration	751
15.4.6.2 Kolorimetrie, Fotometrie und Atomabsorptionsspektroskopie	759
15.4.6.3 Elektrochemische Analysenmethoden	764
15.4.6.4 Zur qualitativen Analyse und Identifizierung von Ionen	772
15.4.6.5 Zur Elektrolytüberwachung/Bestimmung von Elektrolytbestandteilen	782
16 Arbeitsschutz und Gefahrstoffverordnung	794
16.1 Arbeitsschutz	794
16.1.1 Gesetze und Verordnungen	794
16.1.2 Berufsgenossenschaften und Unfallverhütungsvorschriften	802
16.1.3 Pflichten der Unternehmer, Führungskräfte und Arbeitnehmer	806
16.1.4 Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichen	810
16.1.5 Umgang mit elektrischen Anlagen	810
16.1.6 Brandschutz	811
16.1.7 Atemschutzfilter	814
16.1.8 Erste Hilfe	817
16.2 Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (GefStoffV)	821
16.2.1 Aufbau, Begriffe	821

16.2.2	Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung	824
16.2.3	Sicherheitsdatenblatt und Gefährdungsbeurteilung	837
16.2.4	Schutzmaßnahmen, Betriebsanweisung und Unterweisung.....	844
17	Umweltschutz	850
17.1	Umweltbereich Luft	854
17.2	Umweltbereich Wasser.....	861
17.3	Umweltbereich Abfall	876
Literaturverzeichnis		899
Gesetze und Verordnungen		902
Arbeits- und Gesundheitsschutz		902
Umweltschutz		902
Umweltbereich Luft.....		902
Umweltbereich Wasser.....		903
Umweltbereich Abfall.....		903
Stichwortverzeichnis		906