

Herausgegeben von
Peter Peißker und Mark Huckshold

Handbuch Feuerverzinken

vormalig herausgegeben von Peter Maaß
und Peter Peißker

Vierte Auflage

Zn

The cover features a photograph of a large industrial facility, possibly a zinc smelter, with multiple parallel metal structures and water cascading over them. A circular graphic with a grey gradient background and a white border contains the chemical symbol 'Zn' in a white, sans-serif font with a slight red shadow effect.

*Herausgegeben von
Peter Peißker und
Mark Huckshold*

Handbuch Feuerverzinken

*Herausgegeben von
Peter Peißker und Mark Huckshold*

Handbuch Feuerverzinken

Vierte Auflage

Vormalig herausgegeben von Peter Maaß und Peter Peißker

WILEY-VCH
Verlag GmbH & Co. KGaA

Herausgegeben von

Peter Peißker
Leipzig
Deutschland

Mark Huckshold
Mettmann
Deutschland

Das Titelbild wurde vom Institut
Feuerverzinken GmbH, Düsseldorf, zur
Verfügung gestellt.

Vierte Auflage

■ Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

**Bibliografische Information der
Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2016 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA,
Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Umschlaggestaltung Adam-Design, Weinheim
Satz le-tex publishing services GmbH, Leipzig,
Deutschland

Print ISBN 978-3-527-33767-5
ePDF ISBN 978-3-527-68656-8
ePub ISBN 978-3-527-68657-5
Mobi ISBN 978-3-527-68658-2
oBook ISBN 978-3-527-68655-1

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur vierten Auflage *XI*

Einleitung *XIII*

In memoriam Dr. Peter Maaß *XV*

Autorenliste *XVII*

- 1 Die Geschichte der Feuerverzinkung 1**
M. Huckshold
 - 1.1 Geschichtliche Entwicklung von Zink 1
 - 1.2 Die Erfindung der Feuerverzinkung 2
 - 1.3 Der wirtschaftliche Aufstieg der Feuerverzinkung 2
 - Literatur 5

- 2 Theoretische Grundlagen 7**
W.-D. Schulz, M. Huckshold und S. Six
 - 2.1 Korrosionsschutzverfahren 7
 - 2.2 Die Schichtbildung beim Feuerverzinken (Stückverzinken) 10
 - 2.2.1 Allgemeines 10
 - 2.2.2 Einfluss der Stahlzusammensetzung, Schmelzetemperatur und Tauchdauer auf die Schichtbildung in unlegierten Zinkschmelzen 15
 - 2.2.3 Strukturen von Zinküberzügen 19
 - 2.2.4 Allgemeine Theorie der Schichtbildung [9–12] 23
 - 2.2.5 Zinkschmelzen 30
 - 2.2.6 Flüssigmetallinduzierte Spannungsrissskorrosion (LMAC/LME) 34
 - 2.2.7 Schichtausbildung auf Verzinkungskesseln 36
 - 2.3 Korrosionsschutz durch Zinküberzüge 37
 - 2.3.1 Allgemeines 37
 - 2.3.2 Korrosion an der Atmosphäre 42
 - 2.3.3 Korrosion in Wässern 46
 - 2.3.4 Korrosion in Erdböden 49
 - 2.3.5 Korrosion im Betonbau 50

- 2.3.6 Korrosion in der Landwirtschaft 51
- 2.3.7 Korrosion in nicht wässrigen Medien 53
- 2.3.8 Korrosionsverhalten höher legierter Zinküberzüge 53
- 2.3.9 Korrosionsprüfung 54
 - Literatur 54

- 3 Bau und Ausrüstungen von Feuerverzinkungsanlagen 59**
P. Peißker, M. Huckshold, R. Cramer, C. Kaßner, J. Koglin, P. Kordt, F. Nerat, A. Lüling, N. Prinz und F. Schmelz
- 3.1 Anlagenplanung und Ausführung 59
 - 3.1.1 Vorplanung 60
 - 3.1.2 Vorschriften und Genehmigungen 62
 - 3.1.3 Technische Ausrüstungen sowie bauliche und rechtliche Anforderungen 66
- 3.2 Anlagenlayout und Aufstellungsvarianten 75
 - 3.2.1 Geradliniger Durchlauf 76
 - 3.2.2 Geradliniger Durchlauf mit seitlichem Rüstbereich und Kreisringbahn im Verzinkungsbereich 78
 - 3.2.3 U-Förmiger Durchlauf 79
 - 3.2.4 Längliche Aufstellungsvariante mit Automatikverteilerkran und Tunneltrockner, auch Doppeltauchungen möglich 81
 - 3.2.5 T-förmiger Durchlauf mit getrennten Rüstbereichen und Drehweichen 84
- 3.3 Innerbetrieblicher Transport 86
 - 3.3.1 Auf- und Abrüststationen 86
 - 3.3.2 Gestelle, Traversen, Hilfsvorrichtungen 86
 - 3.3.3 Krananlagen 91
 - 3.3.4 Fördereinrichtungen 99
 - 3.3.5 Automatisierungstechnik 100
- 3.4 Anlagen zur Oberflächenvorbereitung und Nachbehandlung 104
 - 3.4.1 Behälter 104
 - 3.4.2 Heizplatten 106
 - 3.4.3 Anlagentechnik zur Prozessoptimierung beim Beizen 107
 - 3.4.4 Einhausung von Vorbereitungsanlagen (gekapselte Systeme) 108
 - 3.4.5 Anlagen für die Aufbereitung von Spülwässern 112
 - 3.4.6 Anlagentechnik zur Flussmittelaufbereitung 113
- 3.5 Trockenöfen 117
- 3.6 Verzinkungskessel aus Stahl 120
 - 3.6.1 Verzinkungsöfen für Stahlkessel 123
 - 3.6.2 Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Umwälzbeheizung 125
 - 3.6.3 Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Flächenbrennerbeheizung 126
 - 3.6.4 Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Impulsbrennerbeheizung 127
 - 3.6.5 Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Induktionsbeheizung 128
 - 3.6.6 Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Widerstandsbeheizung 128

- 3.7 Verzinkungsöfen für keramische Kessel 129
 - 3.7.1 Verzinkungsöfen für keramische Kessel mit Tauchbrennerbeheizung 130
 - 3.7.2 Verzinkungsöfen für keramische Kessel mit Oberflächenbeheizung 131
 - 3.7.3 Verzinkungsöfen für keramische Kessel mit Rinneninduktor 132
- 3.8 Verzinkungskesseleinhausungen 133
 - 3.8.1 Querstehende Einhausung, stationär 133
 - 3.8.2 Querstehende kranverfahrbare Einhausung 135
 - 3.8.3 Längsgehende Einhausung 136
- 3.9 Sonstige Ausrüstungen am Verzinkungskessel 137
 - 3.9.1 Geräte zur Reinhaltung der Zinkschmelze 137
 - 3.9.2 Geräte zum Ziehen von Hartzink und Hartzinkformen 138
 - 3.9.3 Zinkpumpen 139
- 3.10 Anlagen zur Luftreinhaltung 141
 - 3.10.1 Lüftungssysteme 142
 - 3.10.2 Erfassungssysteme 143
 - 3.10.3 Rückhaltesysteme 148
 - 3.10.4 Saugzuggebläse 160
 - 3.10.5 Ableitung der Emissionen 162
 - 3.10.6 Filteranlagen 164
- 3.11 Anlagen für Sonderverfahren 164
 - 3.11.1 Automatische Kleinteilverzinkungsanlage 164
 - 3.11.2 Automatische Roboterschleuderverzinkungsanlagen, Korb- und Gestellverzinkung 167
 - 3.11.3 Rohrverzinkungsanlagen 169
- Literatur 170

- 4 Betrieb von Feuerverzinkungsanlagen 173**
P. Peißker, M. Huckshold, R. Cramer, H. Herwig, C. Kafzner, A. Lüling, F. Nerat, N. Prinz und W.-D. Schulz
 - 4.1 Wareneingang, Lagerung, Auf- und Abrüstung 174
 - 4.1.1 Wareneingang und Lagerung unverzinkter Bauteile 174
 - 4.1.2 Auf- und Abrüsten 176
 - 4.1.3 Lagern verzinkter Bauteile 177
 - 4.2 Technologie der Oberflächenvorbereitung 178
 - 4.2.1 Einflussgrößen 178
 - 4.2.2 Mechanische Oberflächenvorbereitungsverfahren 183
 - 4.2.3 Chemisches Reinigen und Entfetten 185
 - 4.2.4 Spülen 195
 - 4.2.5 Beizen 198
 - 4.2.6 Flussmittelbehandlung 216
 - 4.2.7 Trocknen 222
 - 4.3 Technologie der Feuerverzinkung 223
 - 4.3.1 Verfahrenstechnische Varianten 223

- 4.3.2 Einstellen der Zinkschmelze 230
- 4.3.3 Betriebsweise des Verzinkungskessels 242
- 4.3.4 Der Verzinkungsvorgang 248
- 4.3.5 Nachbehandlung von feuerverzinktem Stahl 252
- 4.3.6 Nacharbeit und Ausbessern 256
- 4.3.7 Kollieren 258
- 4.4 Lagern von Chemikalien und Hilfsstoffen 259
- 4.5 Behandlung von Abfällen 260
 - 4.5.1 Allgemeines 260
 - 4.5.2 Stahl- und Zinkstaub 262
 - 4.5.3 Entfettungslösungen 262
 - 4.5.4 Beizlösungen/Altbeizen 262
 - 4.5.5 Flussmittellösungen 264
 - 4.5.6 Zinkhaltige Abfälle 264
 - 4.5.7 Weitere Abfälle, Reststoffe 265
- 4.6 Umweltschutz 266
 - 4.6.1 Immissionsschutz im Betrieb 268
 - 4.6.2 Wartung und Instandhaltung, Prüfpflichten 269
 - 4.6.3 Praktische Maßnahmen zum Umweltschutz 270
- 4.7 Arbeitssicherheit 273
 - 4.7.1 Gesetzliches Regelwerk im Arbeitsschutz in der Übersicht 273
 - 4.7.2 Lärm und Lärmschutz 276
 - 4.7.3 Arbeitsräume und -bereiche 277
 - 4.7.4 Betriebsanweisungen/Unterweisungen 282
 - 4.7.5 Persönliche Schutzausrüstungen 282
 - 4.7.6 Umgang mit Gefahrstoffen 286
 - 4.7.7 Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz 287
 - 4.7.8 Gesetzliche Beauftragte im Umwelt- und Arbeitsschutz 287
- 4.8 Managementsysteme in Feuerverzinkereien 288
 - 4.8.1 Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO 9001 288
 - 4.8.2 Umsetzung der DIN EN ISO 9001 in Feuerverzinkereien 289
 - 4.8.3 Umweltmanagementsysteme 298
 - 4.8.4 Weitere Managementsysteme 299
- Literatur 300

- 5 Anwendung der Feuerverzinkung 305**
 - M. Huckshold*
 - 5.1 Eigenschaften feuerverzinkter Überzüge 305
 - 5.2 Anwendungsmöglichkeiten und Beispiele für die Feuerverzinkung 309
 - 5.2.1 Allgemeines 309
 - 5.2.2 Metallhandwerk 310
 - 5.2.3 Stahlbau 311
 - 5.2.4 Fassaden 311
 - 5.2.5 Energietechnik 312
 - 5.2.6 Verkehrstechnik 313

5.2.7	Feuerverzinkter Betonstahl	313
5.2.8	Landwirtschaft	313
5.2.9	Maschinenbau	314
5.2.10	Fahrzeugbau	315
5.2.11	Duplex-Systeme	315
5.3	Normen und Regelwerke zum Feuerverzinken	316
5.3.1	DIN EN ISO 1461	316
5.3.2	DIN EN ISO 14713, Teile 1 und 2	317
5.3.3	DAST-Richtlinie 022	319
5.3.4	Feuerverzinkte Verbindungsmittel nach DIN EN ISO 10684	321
5.3.5	Feuerverzinkte Rohre nach DIN EN 10240	321
5.3.6	Feuerverzinkter Betonstahl – Normen und Regelwerke	322
5.3.7	Bandverzinken nach DIN EN 10346 und DIN EN 10143	323
5.3.8	Duplex-Systeme	324
5.3.9	Weitere Regelwerke	326
5.4	Feuerverzinkungsgerechtes Konstruieren und Fertigen	326
5.4.1	Allgemeines	326
5.4.2	Stahlsortenauswahl	328
5.4.3	Oberflächenvorbereitung	330
5.4.4	Grundsätze der baulichen Durchbildung	330
5.4.5	Ausbessern von Fehlstellen	343
5.4.6	Abnahme und Prüfungen	343
5.5	Fehlererscheinungen versus Abweichungen von normativen Vorgaben	343
5.5.1	Überblick zu Fehlererscheinungen an feuerverzinktem Stahl	343
5.5.2	Prüfung der Einhaltung normativer Vorgaben für feuerverzinkte Stähle	345
5.6	Wirtschaftlichkeit der Feuerverzinkung	351
5.6.1	Allgemeines	351
5.6.2	Wirtschaftliche Kriterien bei der Korrosionsschutzwahl	352
5.6.3	Erstschutzkosten	352
5.6.4	Schutzdauer	352
5.6.5	Folge- und Instandsetzungskosten	354
	Literatur	355
6	Beschichten von feuerverzinktem Stahl – Duplex-Systeme	357
	<i>S. Berger und A. Schneider</i>	
6.1	Grundlagen	357
6.2	Oberflächenvorbereitung des Zinküberzuges für die Beschichtung	361
6.2.1	Forderungen an die Oberfläche der zu beschichtenden Zinküberzüge	361
6.2.2	Oberflächenvorbereitungs- und -behandlungsverfahren	362
6.3	Beschichtungsverfahren, Beschichtungsstoffe	366
6.3.1	Flüssigbeschichten und Flüssigbeschichtungsstoffe [2]	366
6.3.2	Pulverbeschichten und Pulverbeschichtungsstoffe [3]	368

- 6.4 Ausführungsfehler/Qualitätsabweichungen bei Duplex-Systemen 373
- 6.4.1 Ausführungsfehler Feuerverzinkung/Nachbearbeitung 373
- 6.4.2 Ausführungsfehler Oberflächenvorbereitung des Zinküberzuges 377
- 6.4.3 Ausführungsfehler Beschichtung 379
- 6.4.4 Schadensfälle ohne eindeutige Ursachenzuordnung 382
- Literatur 383

Anhang A Normenliste 385

Anhang B Übersicht gesetzlicher Regelwerke 393

**Anhang C Arbeitshilfe zum Übergang von der ISO 9001:2008
auf die ISO 9001:2015 405**

**Anhang D Physikalische Metallkonstanten der für die Feuerverzinkerei
wichtigen Metalle 411**

**Anhang E Spezifische Schnellprüfmethoden zur Ermittlung der Art
des Überzugmetalls und der Rohstoffe 415**

**Anhang F Formeln und Molekularmassen von Verbindungen
für die Feuerverzinkerei 417**

Stichwortverzeichnis 421

Vorwort zur vierten Auflage

Durch Feuerverzinken wird auf Stahl zum Zwecke des Korrosionsschutzes ein Zinküberzug im Schmelztauchverfahren aufgebracht. In Deutschland werden dadurch jährlich ca. fünf Mio. Tonnen Stahl mit steigender Tendenz dauerhaft vor Korrosion geschützt.

Das Stückverzinken nach DIN EN ISO 1461, eine Verfahrensvariante des Schmelztauchverzinkens bei der die Bauteile nach der Fertigung im Tauchprozess verzinkt werden und dadurch einen vollständigen Zinküberzug erhalten, ist Gegenstand dieses Buches. Neben den hervorragenden mechanischen Eigenschaften führen derartige Zinküberzüge bei Freibewitterung über Jahrzehnte zu einem wartungsfreien Korrosionsschutz. Dieses Eigenschaftsprofil erschließt der Stückverzinkung vielseitige Anwendungen mit Schwerpunkten im Gewerbe-, Wohnungs- und Industriebau, im Stahl-, Verkehrs-, Fahrzeug- und Maschinenbau, in der Energietechnik, Landwirtschaft und vielen anderen mehr.

Der Mitbegründer der industriellen Feuerverzinkung, Professor Dr. Heinz Bablik, hat in seinem 1941 erschienenen Buch „Das Feuerverzinken“ erstmals umfassend grundlegende, wissenschaftliche Erkenntnisse über dieses Fachgebiet dargelegt, in die Praxis überführt und veröffentlicht. Das Buch ist seit den 60er-Jahren des letzten Jahrhunderts vergriffen.

Die Herausgeber und Mitautoren dieses Handbuches schließen nahtlos an die Arbeit von Bablik an. Sie haben jahrzehntelange theoretische und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der Feuerverzinkung sowie der dazu gehörenden Anlagentechnik gesammelt und setzen sich dafür ein, dass dieses Wissen von den Anfängen bis zur Gegenwart erhalten bleibt und fortgeschrieben wird.

Mit der 4. Auflage dieses Handbuches wollen die Autoren dieses interessante Fachgebiet in dem „Handbuch Feuerverzinken“, das 1970 erstmals und danach 1993 und 2008 erschienen ist sowie in vier Sprachen übersetzt wurde, dem technischen Fortschritt anpassen und auch einen Blick in die Zukunft werfen. Seit dem Erscheinen der letzten Auflage 2008 sind auf dem Gebiet der Stückverzinkung zahlreiche neue, auch europäische Normen und Vorschriften erschienen. Aber auch auf den Gebieten der Wissenschaft und Technik, der Nachhaltigkeit, Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes ist die Zeit für die Feuerverzinkung nicht stehen geblieben.

Sowohl die Grundlagen als auch die neuen Sachverhalte wollen die Autoren praxisbezogen einem breiten Leserkreis vermitteln, vor allem aber dem technischen Personal in den Feuerverzinkereien sowie Konstrukteuren, Ingenieuren und denen, die auf den Gebieten Feuerverzinken und Korrosionsschutz im Bauwesen, Stahl- und Metallbau, der Landwirtschaft sowie vergleichbaren Gebieten als Anwender des Verfahrens tätig sind.

Die wissenschaftlichen, aber vorwiegend praktischen Ausführungen in diesem Buch repräsentieren den breiten fachlichen und praktischen Erfahrungsschatz der Herausgeber und des gesamten Autorenteam.

Eine wesentliche Grundlage für diese 4. Auflage bildet das Engagement der bisherigen Mitherausgeber Dr. Peter Maaß und Dr. Peter Peißker sowie die Arbeiten der folgenden, vorhergehenden und jetzt nicht mehr aktiven Autoren der 1.-3. Auflage: S. Astermann, H.-J. Böttcher, Dr. W. Eibisch, W. Friehe, H. Hesse, G. Hoffmann, Dr. C.-L. Horstmann, L. Hörig, J.-P. Kleingarn, Dr. R. Köhler, C.-L. Kruse, J. Marberg, R. Martin, R. Mintert, G. Neumann, M. Petters, G. Scheer, W. Simon, Prof. Dr. Schwenk, M. Thiele und A. Wiegand.

Abschließend möchten wir uns bei dem Verlag bedanken, der uns auch bei der 4. Auflage unbürokratisch unterstützt hat. Ein besonderer Dank gilt vor allem Herrn Dr. Preuß, Frau Dr. Wüst, Frau Noatsch, Frau Möws, sowie deren Kollegen für die gute Zusammenarbeit.

Leipzig/Mettmann, April 2016

Peter Peißker und Mark Huckshold

Einleitung

Das Feuerverzinken ist ein volkswirtschaftlich bedeutungsvolles Korrosionsschutzverfahren für Stahlanwendungen vielfältigster Art und Weise. Von den Gesamtaufwendungen an Zink für den Korrosionsschutz durch Zinküberzüge entfallen weltweit ca. 95 % auf das Feuerverzinken, davon ca. 35 % auf das in diesem Buch beschriebene diskontinuierliche Feuerverzinken entsprechend der Norm DIN EN ISO 1461 (Stückverzinken), die übrigen 65 % auf das kontinuierliche Feuerverzinken von Stahlbreitband und Draht. Circa 4 % entfallen auf das galvanische Verzinken und der Rest auf andere Verfahren, z. B. Spritzverzinken und Sherardisieren.

Die in den letzten 20–30 Jahren deutlich zurückgegangene atmosphärische Korrosionsbelastung führt in den meisten Anwendungsbereichen von stückverzinktem Stahl zu einem wartungsfreien Korrosionsschutz, da Korrosionsschutzdauer und der Nutzungszeitraum der Erzeugnisse oft identisch sind. Diese Eigenschaft gepaart mit hoher mechanischer Robustheit des Zinküberzuges verleiht diesem Verfahren und seinen Produkten einen hohen Stellenwert im schweren Korrosionsschutz.

In den sechs Abschnitten des Buches werden Grundlagen vermittelt und die Voraussetzungen aufgezeigt, die zur Erzielung normgerechter Zinküberzüge notwendig sind. Das umfasst u. a. die Bereiche Verfahrens- und Anlagentechnik zum Feuerverzinken, die technischen und gesetzlichen Vorgaben zum Betreiben von Feuerverzinkungsanlagen sowie Informationen zu Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten der Feuerverzinkung und Konstruktions- und Fertigungsvorgaben für Anwender des Verfahrens. Alle Sachverhalte werden detailliert beschrieben und vielfach mit Abbildungen, Diagrammen und Tabellen untersetzt und illustriert.

Beginnend mit einer geschichtlichen Einleitung zur Entwicklung der Feuerverzinkung werden die theoretischen Grundlagen zur Feuerverzinkung und zum Korrosionsschutz praxisnah dargestellt. Dem schließen sich die drei Hauptkapitel dieses Buches an.

Ersteres konzentriert sich auf die Anlagentechnik und beschreibt alle baulichen und ausrüstungstechnischen Aspekte einer Feuerverzinkerei. Diese hat sich durch den technischen Fortschritt der letzten Jahre wesentlich verändert. Je nach Produktgruppe gibt es heute beispielsweise gekapselte, teil- und vollautomatisier-

te Verzinkungsanlagen. Diese Entwicklung trägt zu einer wesentlichen Steigerung der Produktivität bei.

Das dann folgende Kapitel beschreibt unter der Überschrift „Betrieb von Feuerverzinkungsanlagen“ alle technologischen Sachverhalte, die insbesondere für die tägliche Arbeit im Unternehmen relevant sind. Hierbei stehen zum einen die wirtschaftlichkeits- und qualitätsorientierte Steuerung der einzelnen Prozesse und zum anderen die Umsetzung der gesetzlichen Bestimmungen im Bereich Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz im Vordergrund. Auch auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik Feuerverzinken werden zahlreiche produktionssteigernde, praktische Erfahrungen und Neuentwicklungen aufgezeigt. Im Vordergrund steht dabei der Einsatz von Techniken, bei denen keine Abwässer und Abfälle anfallen, sondern durch Kreislaufwirtschaft alle anfallenden Stoffe der Wieder- und Weiterverwertung intern und extern zugeführt werden können. Aktuelle Themen wie Energieeinsparung, Emissions- und Immissionsschutz sowie Recycling und Nachhaltigkeit werden mit betrachtet.

Ein weiterer Abschnitt befasst sich mit der Anwendungsbreite der Feuerverzinkung und mit den für den optimalen Korrosionsschutz notwendigen Konstruktions- und Fertigungsanforderungen. Dieses Kapitel richtet sich in erster Linie an Planer, Ingenieure und Schlosser, Metall- und Stahlbauer, die den Korrosionsschutz Feuerverzinken anwenden und einsetzen.

Neben der Feuerverzinkung werden abschließend auch ergänzende Systeme in Form von Duplex-Systemen beschrieben. Dabei wird der Zinküberzug durch zusätzliche organische Beschichtungssysteme weiter veredelt. Dazu werden die Verfahrensvarianten Nass- und Pulverbeschichten betrachtet und ausführlich behandelt. Die geeigneten Beschichtungsstoffe und die dazugehörige Oberflächenvorbereitung werden erläutert und Fehlerquellen bei der Applikation verständlich aufgezeigt.

Ein umfassender Anhang mit vollständigen Verweisen auf technische Normen und gesetzliche Regelwerke zum Feuerverzinken schließt dieses Fachbuch ab.

In memoriam Dr. Peter Maaß

Dr. Peter Maaß (1938–2012), der Co-Herausgeber der ersten drei Auflagen des Handbuches Feuerverzinken, studierte an der Universität Leipzig Ökonomie und promovierte 1981 an der Technischen Hochschule in Leipzig. In einem Zusatzstudium erwarb er an der TU Chemnitz (damals Karl-Marx-Stadt) den Fachingenieur für Korrosionsschutz.

Im in Leipzig ansässigen VEB Metalleichtbaukombinat (MLK) leitete Dr. Maaß von 1968–1990 die Bilanzierung der Feuerverzinkungsleistungen für die insgesamt knapp 50 Feuerverzinkereien der DDR mit einer Jahreskapazität von ca. 120 000 t, für die das MLK verantwortlich zeichnete. Davon entfiel etwa die Hälfte auf die drei Feuerverzinkereien im MLK. In dieser Zeit erfolgten auch der Bau und die Inbetriebnahme der Großverzinkerei Calbe, die damals die größte Feuerverzinkungsanlage Deutschlands war.

1970 wurde der *Fachausschuss Feuerverzinken der Kammer der Technik (FA Feuerverzinken)* gegründet, dessen Vorsitzender Dr. Maaß bis 1990 war. Verdient gemacht hat sich der Ausschuss insbesondere durch die Organisation der jährlich stattfindenden Qualifizierungslehrgänge für das leitende Personal in den Verzinkereien und in der Berufsausbildung mit dem Ergebnis des Berufsbildes „Korrosionsschutzfacharbeiter“.

1968 gelang es Dr. Maaß mit dem VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig einen Verlag zu finden, der seinem Wunsch, den Druck eines Fachbuches Feuerverzinken, realisierte und 1970 die erste Auflage „*Handbuch Feuerverzinken*“ herausgegeben hat. Weitere Auflagen folgten 1993 und 2008. Das Buch ist zusätzlich auch in den Sprachen Englisch, Polnisch und Russisch erschienen und hat vielen Fachkollegen bei der Errichtung einer Feuerverzinkerei sowie der Beantwortung fachspezifischer Fragen geholfen.

Zur politischen Wende 1990 war Dr. Maaß an der Überführung der ostdeutschen Feuerverzinkungsgremien in den Verband Deutscher Feuerverzinkereien beteiligt. Er selbst war Mitarbeiter des Büros Nordost des Verbandes und bis zu seiner Pensionierung 2003 als beratender Ingenieur tätig.

Dr. Maaß war Zeit seines Berufslebens mit der Ausbildung des Nachwuchses befasst. Er war Autor und Mitautor von Büchern zur Qualifizierung und Berufsausbildung auf den Fachgebieten Feuerverzinken und Korrosionsschutz. Das heutige Berufsbild „Oberflächenbeschichter“ ist zu einem großen Teil auch sein Verdienst.

Autorenliste

Folgende Autoren haben an der Erstellung der vierten Auflage mitgewirkt.

- **S. Berger**, Dresden
(Abschn. 6.3.2)
- **R. Cramer, N. Prinz, A. Lüling**, Altena
(Abschn. 3.6, Abschn. 3.9, Abschn. 4.3.3)
- **H. Herwig**, Hagen
(Abschn. 4.2.6)
- **M. Huckshold**, Mettmann
(Kapitel 1, Abschn. 2.1, Kapitel 3, Abschn. 4.3.5, Abschn. 4.5, Abschn. 4.7, Abschn. 4.8, Kapitel 5)
- **Ch. Kafsner**, Heilbad Heiligenstadt
(Abschn. 3.1.2, Abschn. 3.1.3.4, Abschn. 3.1.3.5, Abschn. 3.10, Abschn. 4.4–4.7)
- **J. Koglin**, Warendorf
(Abschn. 3.2, Abschn. 3.3)
- **P. Kordt**, Hagen
(Abschn. 3.5, Abschn. 3.6, Abschn. 3.7, Abschn. 3.11)
- **F. Nerat**, Wies (Österreich)
(Abschn. 3.4, Abschn. 4.2.5)
- **P. Peißker**, Leipzig
(Kapitel 3, 4, 5)
- **F. Schmelz**, Gelsenkirchen
(Abschn. 3.4.5, Abschn. 3.4.6)
- **A. Schneider**, Altenbach
(Abschn. 6)
- **W.-D. Schulz**, Dresden
(Abschn. 2.2; Abschn. 2.3, Abschn. 4.2.6)
- **S. Six**, Dresden
(Abschn. 2.3)

Ein Dank für die unterstützende Zuarbeit richtet sich an

- **J. Graf**, Hof
- **F. Simonsen**, Darmstadt

1

Die Geschichte der Feuerverzinkung

M. Huckshold

1.1

Geschichtliche Entwicklung von Zink

Zink ist ein natürliches Element und demzufolge so alt wie die Erdkruste selbst. In der Natur kommt Zink in metallischer Form nicht vor, sondern nur als Bestandteil von Verbindungen wie beispielsweise in Galmeierz (Zinkkarbonat) und schwefelhaltigen Zinkblenden.

Lange vor der Entdeckung von Zink als Metall wurden in China, Indien und Persien bereits im Altertum Zinkerze oft unbewusst zur Herstellung von Messing (Kupfer-Zink-Legierung) eingesetzt. Weiterhin ist überliefert, dass die Römer unter Kaiser Augustus (20 v. Chr. bis 14 n. Chr.) im heutigen Europa die ersten waren, die aus einer Kupfer- und Zinkermischung den Rohstoff für Messingmünzen erschmolzen.

Erst 1374 erkannten die Inder Zink als „neues“ Metall. In alten hinduistischen Schriften aus dieser Zeit finden sich erste Beschreibungen von Herstellungsverfahren für Zinkmetall aus Erzen. Im späten 13. Jahrhundert beschreibt *Marco Polo* die Herstellung von Zinkoxid in Persien. Dort wurde das Oxid zur Behandlung von Augenentzündungen angewendet. Gegen Anfang des 17. Jahrhunderts entdeckten auch europäische Wissenschaftler wie der Dominikanermönch *Albertus Magnus*, der deutsche Gelehrte *Georgius Agricola* und *Paracelsus* die Bedeutung des neuen Metalls. Bereits 1720 wurde im englischen Swansea in größerem Umfang Zink gewonnen. Durch *A. Swab* wird die Zinkgewinnung aus Galmei in Schweden im Jahr 1742 in großem Maßstab realisiert. 1743 errichtete *William Champion* in Bristol die erste Zinkhütte mit einer Jahreskapazität von ca. 200 t. Weitere Hütten entstanden anschließend in Oberschlesien (1812) und im Aachen-Lütticher Raum [1, 2].

In Deutschland gelang es erstmals *A.S. Marggraf* metallisches Zink herzustellen, der 1746 in Berlin Zink durch Destillation von Zinkoxid mit Kohle unter Luftabschluss gewann. Zu industrieller Bedeutung in Deutschland kam es jedoch erst deutlich später ab dem Jahre 1820 [2]. Nach nur wenigen Jahren war so viel Zink auf dem Markt, dass 1826 der „Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes

in Preußen“ einen Preis für die Auffindung einer Massenanwendung des Zinks ausgesetzt hatte [3].

In den USA begann man mit der Zinkerzeugung erst im Jahre 1838. Die dortige Zinkproduktion erfreute sich, bedingt durch die reichen Erzvorkommen, einer rasanten Entwicklung. Bereits im Jahre 1907 lag die Jahresproduktion an Zink in den USA über der in Deutschland, das bis dahin der größte Zinkerzeuger war [2].

1.2

Die Erfindung der Feuerverzinkung

Im Jahre 1742 entdeckte der französische Chemiker *Malouin* die Möglichkeit, Eisen- und Stahlteile in flüssigem Zink mit einem Überzug aus diesem Metall zu versehen und erfand damit die Grundlagen des Feuerverzinkens. Verfahrenstechnisch ähnelte seine Beschreibung der heutigen Nassverzinkung, wobei die zu verzinkenden Bauteile durch eine Flussmittelerde in die Zinkschmelze eingetaucht werden. Eine industrielle Anwendung scheiterte zu dieser Zeit jedoch, da es noch kein wirtschaftliches Verfahren zur Reinigung von Eisen- bzw. Stahloberflächen gab.

Erst viele Jahre später im Jahr 1836 entwickelte der Ingenieur *Stanislaus Sorel* ein Verfahren zum Reinigen von Eisen- und Stahloberflächen durch Beizen. Diese Entdeckung wurde am 10. Mai 1837 patentiert und war die Grundlage für die praktische Einführung des Feuerverzinkens. Dies war die Geburtsstunde eines wirtschaftlichen Verfahrens, Eisen- und Stahlteile nach der Reinigung der Oberflächen durch Eintauchen in geschmolzenes Zink gegen Korrosion zu schützen.

1.3

Der wirtschaftliche Aufstieg der Feuerverzinkung

Mit dem Ausbau der Fabriken und der Infrastruktur stieg im 19. Jahrhundert die Nachfrage nach Eisen und Stahl. Zum Schutz gegen Rost musste ein Verfahren angewendet werden, das die stählernen Anlagenteile – Signalanlagen, Werkstätten, Bahnhofshallen – vor dem raschen Verfall schützt. Bleiweiß und Mennige waren bekannt, aber giftig und teuer. Zinkweißfarben gaben zwar der deutschen Farbenindustrie eine enorme Entwicklung, doch wurden die Erwartungen der Eisenbahn mit diesen Zinkfarben in Bezug auf den Rostschutz nicht voll erfüllt [4]. Zum Schutz des Eisens vor dem Rost bediente man sich zu dieser Zeit bereits des Elementes Zinn zur Erzeugung metallischer Überzüge. *F. Releaux* schrieb im Jahr 1836:

„Hiernach lag der Gedanke nahe, das Eisen zu verzinken, da Zink sich gegen alle anderen Metalle positiv verhält und diese also durch Berührung mit ihm geschützt werden, während es selbst oxydiert wird. ... Man verzinkt denn auch in ziemlicher Ausdehnung Telegraphendrähte, Seildraht, Schrauben und Nägel, Steinklammern, Bleche, Kanonenkugeln usw.“

[5].

Nach *Sorel's* Erfindung, die die wirtschaftliche Einführung der Feuerverzinkung bedeutete, begann dann in Frankreich und England die Erzeugung feuerverzinkter Gegenstände. Dies führte bald zu einem neuen Produktionszweig. Es entstanden die ersten Feuerverzinkereien für Blechwaren und Geschirre, wie Eimer, Gießkannen, Badewannen, Drähte und Eisenkonstruktionen.

1847 wurde die erste deutsche Feuerverzinkerei in Solingen in Betrieb genommen. Die Feuerverzinkung, damals nach dem Verfahren der Nassverzinkung, wurde als Handwerk durchgeführt, mit Zange und Rechen von Hand. Die Beheizung der Verzinkungskessel erfolgte damals noch mit Holzkohle, Kohle oder Koks. Eine Regelung der Temperaturen und des Wärmebedarfes erfolgten nur bedingt. Hilfs- und Betriebsstoffe wurden nach geheimen Rezepten selbst hergestellt [6]. Bis etwa 1920 erfolgte das Feuerverzinken noch „*in den Bahnen abergläubigster Empirie*“ [7]. 1926 haben die Brüder *Bablik* in Wien den Betrieb einer Feuerverzinkerei übernommen und in den 50er-Jahren des 20. Jahrhunderts zum Zentrum der Feuerverzinkung entwickelt. Dort wurden systematisch grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse zum Verfahren des Feuerverzinkens erarbeitet, gesammelt und in mehreren Büchern veröffentlicht. 1941 erschien das Buch „Das Feuerverzinken“ [7], welches über Jahrzehnte das Standardwerk zum Feuerverzinken darstellte.

Die Geschichte des Zinks ist im Vergleich zu der des Eisens eine kurze. Seit rund 300 Jahren beschäftigt man sich in Europa industriell mit Zink in metallischer Form. An die anfängliche Orientierungslosigkeit zur sinnvollen Verwendung von Zink schloss sich nach einem jahrzehntelangen Dornröschenschlaf durch begleitende Entdeckungen eine rasante Entwicklung der Herstellung und Anwendung von Zink in metallischer Form in Europa an. Als eine wesentliche Anwendung zeichnete sich schnell die Verzinkung von Eisen und Stahl ab. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden die ersten Feuerverzinkereien errichtet, deren Zahl schnell anstieg. Die damalige Arbeitsweise war wesentlich durch Alchemie und Empirie geprägt. Erst durch die grundlegenden wissenschaftlichen Arbeiten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde der Grundstein zur Überführung von der handwerklich geprägten Verzinkung hin zu einem industriellen Produktionsverfahren gelegt. Innerhalb dieser Entwicklung veränderte sich auch die Prozesstechnik in den Verzinkereien, die Alchemie wurde überwunden und es zog nach und nach eine geregelte Prozesstechnik auf einem technisch ansprechenden Niveau ein. Feuerverzinken ist heute ein nachhaltiges Verfahren mit einer umweltfreundlichen und abwasserfreien Verfahrenstechnik. Die Rückgewinnung überschüssiger Prozesswärme und interne Stoffkreisläufe führen zu einer effizienten Ausnutzung der eingesetzten Betriebsstoffe. Die anfallenden Abfälle werden recycelt und damit dem regionalen Rohstoffkreislauf wieder zugeführt. Vielfach sind die Verzinkungslinien mit halbautomatischer und zum Teil mit vollautomatisierter Prozesstechnik ausgestattet. Eine professionalisierte Logistik und elektronische Datenerfassung sichert dem Kunden heute vielfach eine Just-in-Time-Fertigung und eine transparente Dokumentation des Verzinkungsprozesses zu.

Die Verzinkung von Stahl zum Zwecke des Korrosionsschutzes stellt heute in Europa und weltweit die größte Anwendung von Zink dar. Weltweit wurden im

Jahr 2013 rund 13 Mio. Tonnen Zink gewonnen. Die Hälfte dieser Menge wird zum Korrosionsschutz für Stahl durch Feuerverzinken eingesetzt [1].

Zeittafel über die geschichtliche Entwicklung des Zink und der Feuerverzinkung [2, 8]

Altertum	Herstellung von Messing unter Verwendung von Kupfer und des Zinkerzes Galmei in China, Indien und Persien
1420	Der Erfurter Mönch <i>Valentinus</i> verwendet erstmalig das Wort „Zincum“ und vermutete hierunter ein „halbmetallisches Produkt“
1525/1526	Nennt <i>Paracelsus</i> das „Zinck“ einen Bastard der Metalle, benutzt aber „Zincken“ auch für Zinkerze (Galmei)
16. und 17. Jh.	Zink ist als Handelsartikel aus China und Ostindien in Europa auf dem Markt
1721	<i>Henkel</i> stellt in Oberschlesien erstmals metallisches Zink aus Galmei nach einem geheimen Verfahren her
1742	Erfindung der Feuerverzinkung durch den Franzosen <i>Malouin</i>
1742	Erste Zinkgewinnung in Schweden durch <i>Swab</i>
1743	Erste großtechnische Anlage zur Zinkgewinnung in England in Bristol
1746	<i>A.S. Marggraf</i> gelang die Herstellung von Zink in Deutschland
ab 1820	Zinkgewinnung erlangt industrielle Bedeutung
1836	<i>Stanislaus Sorel</i> entdeckt ein Verfahren zum Reinigen von Eisen und Stahl
10.5.1837	Patenterteilung für das Verfahren Eisen- und Stahlteile in geschmolzenem Zink vor Korrosion zu schützen an <i>Sorel</i>
nach 1840	Die ersten Feuerverzinkereien entstehen in Frankreich, England und Deutschland
1846	Patentanmeldung zur Feuerverzinkung von Halbzeug, insbesondere Blechtafeln
1847	Gründung der ersten Feuerverzinkerei in Solingen
1860	Patentanmeldung zur Feuerverzinkung von Draht im kontinuierlichen Durchlauf
1880	Entwicklung von galvanotechnischen Verfahren zum Schutz gegen das Rosten von Stahl und Eisen
1890	Erfindung des Sherardisierens durch <i>Sherard Cowper-Coler</i>
1911	Erfindung des Spritzverzinkens durch <i>M.K. Schoop</i>
1920–1930	Intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet des Feuerverzinkens
1936	Feuerverzinkung von Bändern kontinuierlich durch <i>Th. Sendzimir</i> in Polen
1950	1. Internationale Verzinkertagung des Europäischen Verbandes für allgemeine Verzinkung in Kopenhagen
1951	Gründung des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e. V. (GAV)
1958	Gründung der Abteilung Lohnverzinkereien im Fachverband Stahlblechverarbeitung
1967	Erste Veröffentlichung genormter Richtlinien für Zinküberzüge durch Feuerverzinken
1967	Umwandlung der Abteilung Lohnverzinkereien in den Verband der deutschen Feuerverzinkungsindustrie e. V. (VdF)
1994	Umfirmierung des VdF in Industrieverband Feuerverzinken e. V.
2013	Die Jahresweltproduktion an Zink beträgt 13 Mio. Tonnen, ca. die Hälfte davon wird zum Korrosionsschutz durch Verzinken eingesetzt
2015	Die Jahrestonnage der ca. 160 Feuerverzinkereien in Deutschland beträgt rund 1,8 Mio. Tonnen, in Europa gibt es ca. 700 Feuerverzinkereien

Literatur

- 1 <http://www.initiative-zink.de/basiswissen/das-metall-zink/geschichte-des-zinks>, (15.11.2015)
- 2 Johnen, H.J. (1981) Zink – Zink-Taschenbuch, (Hrsg. Zinkberatung e. V.), Metall Verlag.
- 3 N. N. (1846) *Bulletin du musee de l'Industrie*, **11**, 119; daraus: Polytechnisches Zentralblatt, Neue Folge, I, 960 (1847)
- 4 Winterhager, H. (1977) Der Zinck – seine Benutzungsarten in Naturwissenschaft und Technik im Laufe der Zeiten, in *25 Jahre (1951–1976) Gemeinschaftsanschluss Verzinken e. V.*, S. 34
- 5 Releaux, F. (1836) *Das Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrie IV: Die Behandlung der Rohstoffe*, Verlag O. Spaner
- 6 Kleingarn, J.P. (1975) Korrosionsschutz durch Feuerverzinken gestern, heute und morgen. *Industrie-Anzeiger*, **97**, 60.
- 7 Bablik, H. (1941) *Das Feuerverzinken*, Verlag von Julius Springer, Wien, Teil III.
- 8 Maaß, P. und Peißker, P. (2008) *Handbuch Feuerverzinken*, 3. Aufl., Wiley-VCH Verlag, Weinheim.

2 Theoretische Grundlagen

W.-D. Schulz, M. Huckshold und S. Six

2.1 Korrosionsschutzverfahren

Alle Methoden, Maßnahmen und Verfahren mit dem Ziel, Korrosionsschäden zu vermeiden, werden als Korrosionsschutz bezeichnet. Grundsätzlich unterscheidet man aktive und passive Maßnahmen. Eine Übersicht zeigt Abb. 2.1.

Beim *aktiven Korrosionsschutz* wird die Korrosion entweder durch die Werkstoffauswahl, durch Eingriff in den Korrosionsvorgang oder durch korrosionsschutzgerechtes Projektieren, Konstruieren und Fertigen vermieden bzw. redu-

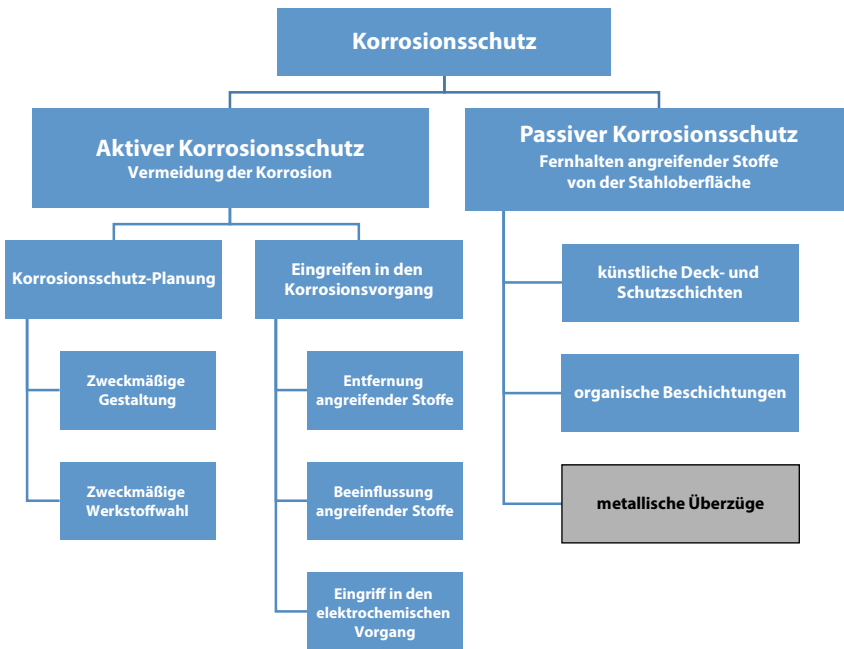


Abb. 2.1 Methoden, Maßnahmen und Verfahren des Korrosionsschutzes [1].

ziert. Diese Maßnahmen gelten generell und sind angepasst auch wesentliche Voraussetzungen für passive Korrosionsschutzmaßnahmen. Detaillierte Informationen liefern entsprechende Fachnormen wie DIN EN ISO 14713-2 für das Feuerverzinken, DIN EN ISO 12944 für organische Beschichtungssysteme sowie DIN EN ISO 2063 für Metallspritzüberzüge u. a. m.

Beim *passiven Korrosionsschutz* wird die Korrosion durch Trennung des metallischen Werkstoffs vom Korrosionsmedium durch aufgebraute Schutzschichten verhindert bzw. verzögert. Technische Voraussetzungen, die an eine Korrosionsschicht gestellt werden, sind:

- sie muss selbst ausreichend korrosionsbeständig sein,
- sie muss möglichst dicht sein,
- sie muss fest auf dem Grundwerkstoff haften,
- sie sollte gegenüber mechanischen Beanspruchungen eine gewisse Beständigkeit haben und
- eine gewisse Duktilität aufweisen.

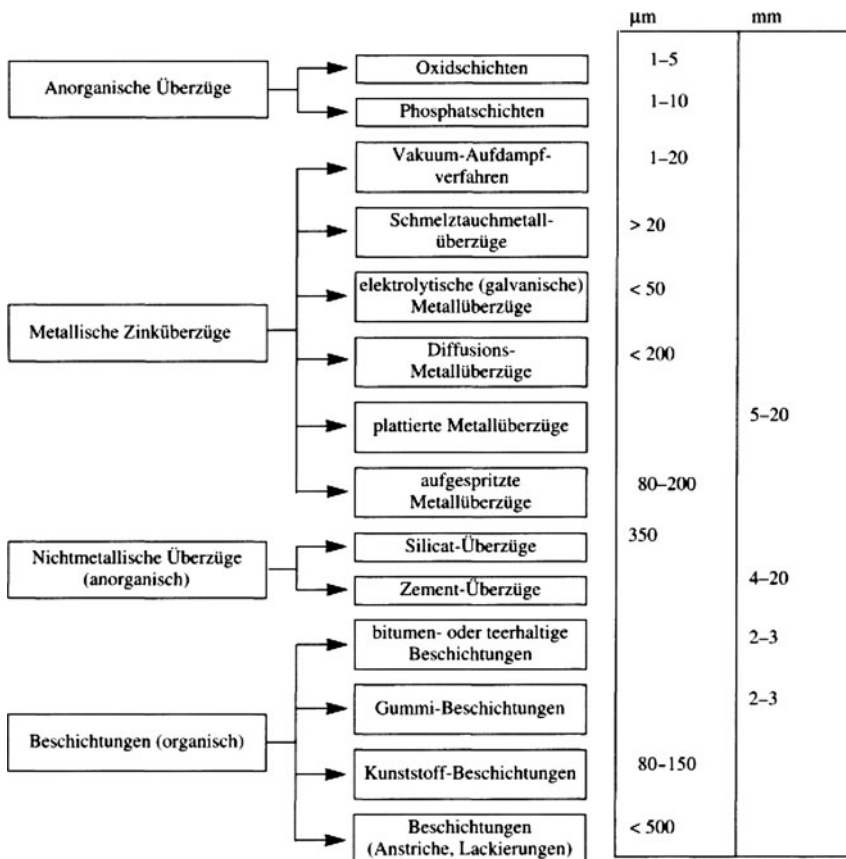


Abb. 2.2 Übersicht der Verfahren des passiven Korrosionsschutzes [1].

Wesentliche Voraussetzungen für das Wirksamwerden von Korrosionsschutzschichten sind eine fachgerechte Oberflächenvorbereitung und eine qualitätsgerechte Ausführung des Korrosionsschutzes.

Während Abb. 2.2 eine allgemeine Übersicht der Verfahren des passiven Korrosionsschutzes gibt, sind in Tab. 2.1 die wesentlichen Verzinkungsverfahren für Stahl erläutert.

Neben den in Tab. 2.1 beschriebenen Verfahren wird Zink auch bei weiteren Verfahren zum Zwecke des Korrosionsschutzes eingesetzt. Im Wesentlichen zu nennen sind hierbei zinkhaltige, organische Beschichtungssysteme wie Zink-

Tab. 2.1 Übersicht Verzinkungsverfahren [2].

1. Diskontinuierliches Feuerverzinken (Stückverzinken)

Diskontinuierliches Schutzverfahren, bei dem die zuvor gefertigten Teile in schmelzflüssiges Zink getaucht werden (Stückverzinken nach DIN EN ISO 1461; Rohrverzinken nach DIN EN 10240).



2. Kontinuierliches Feuerverzinken bzw. Band- oder Drahtverzinken

Kontinuierliches Schutzverfahren für Stahlband oder -draht. Der Zinküberzug entsteht in automatisch betriebenen Anlagen im Durchlaufverfahren durch schmelzflüssiges Zink (Bandverzinken nach DIN EN 10143 bzw. DIN EN 10346, Stahldraht nach DIN EN ISO 10244-1 und -2). Bandverzinkte Stähle sind Halbzeuge, die z. B. durch Umformen, Stanzen und Lochen zu fertigen Produkten weiterverarbeitet werden.



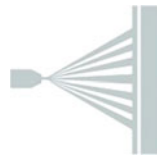
3. Galvanisches bzw. elektrolytisches Verzinken

Schutzverfahren durch Aufbringen eines Zinküberzuges in wässrigen Elektrolyten mit Gleichstrom. Verwendet werden meist saure, aber auch alkalische, zyanidfreie oder zyanidische Elektrolyte. Einzelbadverfahren (DIN EN 12329) oder Durchlaufverfahren (DIN EN 10152).



4. Thermisches Spritzen mit Zink bzw. Spritzverzinken

Mittels Flamme oder Lichtbogen wird aufgeschmolzenes Zink auf die Oberfläche des zu verzinkenden Teils aufgespritzt (DIN EN ISO 2063).



5. Metallische Überzüge mit Zinkstaub

Unter Verwendung von Zinkstaub werden auf geeigneten Werkstücken durch Diffusion (Sherardisieren nach DIN EN 13811) oder mechanisch (Mechanisches Plattieren nach DIN EN ISO 12683) Zinküberzüge erzielt.



staub- und Zinklamellenbeschichtungen. Auch wenn diese Verfahren umgangssprachlich fälschlicherweise oft mit dem Begriff „Verzinken“ (Kaltverzinken) in Verbindung gebracht werden, zählen diese nicht zu den Verzinkungsverfahren. Das gemeinsame Element aller Verzinkungsverfahren ist das Aufbringen eines im Wesentlichen aus Zink bestehenden metallischen Überzuges durch z. B. Schmelztauchverfahren, elektrochemische (galvanische) und thermische Spritzverfahren. Der kathodische Korrosionsschutz mittels Zinkanoden gehört ebenfalls nicht zu den Verzinkungsverfahren. Als Entscheidungshilfe für die Korrosionsschutzauswahl kann Tab. 2.2. dienen.

2.2

Die Schichtbildung beim Feuerverzinken (Stückverzinken)

2.2.1

Allgemeines

Grundlage für die Schichtbildungsvorgänge beim Stückverzinken sind die chemisch/metallurgischen Reaktionen zwischen Zink und Eisen. Durch wechselseitige Diffusion bilden sich intermetallische Zink-Eisen-Phasen. Einen umfassenden Überblick gibt Horstmann in [3]. Er geht davon aus, dass alle Reaktionen zwischen Eisen und Zink immer in Richtung des thermodynamischen Gleichgewichtes ablaufen, das sich nach ausreichend langer Reaktionsdauer einstellt. Die prinzipiellen Verhältnisse sind in Abb. 2.3 wiedergegeben. In Abhängigkeit von der Eisen- und Zinkkonzentration und der Verzinkungstemperatur bilden sich intermetallische Phasen mit der Bezeichnung Γ (Gamma), δ_1 (Delta 1) und ζ (Zeta) sowie abschließend die η -Phase (Eta-Phase) in der Zusammensetzung der Schmelze.

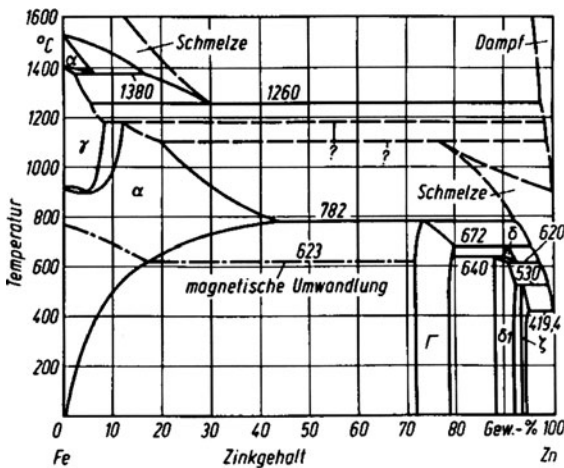


Abb. 2.3 Zustandsschaubild Eisen-Zink [3].