

# Inhalt

	Verzeichnis der Autoren . . . . .	XXIII
	Verzeichnis der benutzten Formelzeichen und Symbole . . . . .	XXV
<b>1</b>	<b>Historische Entwicklung des Korrosionsschutzes</b> . . . . .	<b>1</b>
	von <i>W. v. Baeckmann</i>	
1.1	Korrosionsschutz für erdverlegte Rohrleitungen . . . . .	1
1.2	Korrosionsschutz durch Beschichtungen . . . . .	9
1.3	Geschichte des kathodischen Schutzes . . . . .	10
1.4	Entwicklung des Streustromschutzes . . . . .	19
1.5	Literatur . . . . .	22
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Korrosion und des elektrochemischen Korrosionsschutzes</b> . . . . .	<b>25</b>
	von <i>W. Schwenk</i>	
2.1	Was sind Korrosionsvorgänge, Korrosionsschäden und Schutzmaßnahmen? . . . . .	25
2.2	Elektrochemische Korrosion . . . . .	26
2.2.1	Die metallischen Werkstoffe . . . . .	26
2.2.2	Die wäßrigen Elektrolytlösungen . . . . .	29
2.2.3	Elektrochemische Phasengrenzreaktionen . . . . .	31
2.2.3.1	Thermodynamische Grundlagen . . . . .	32
2.2.3.2	Elektrochemische Kinetik . . . . .	34
2.2.4	Mischelektroden . . . . .	37
2.2.4.1	Homogene Mischelektroden . . . . .	37
2.2.4.2	Heterogene Mischelektroden oder Elementbildung . . . . .	38
2.2.5	Bemerkungen zur Stromverteilung . . . . .	42
2.3	Die Potentialabhängigkeit von Korrosionsgrößen . . . . .	43
2.3.1	Nahezu gleichförmiger Flächenabtrag . . . . .	44
2.3.1.1	Flächenkorrosion aktiver Metalle . . . . .	44
2.3.1.2	Flächenkorrosion passiver Metalle . . . . .	48
2.3.2	Lochkorrosion . . . . .	50
2.3.3	Spannungsrißkorrosion . . . . .	52
2.3.4	Schwingungsrißkorrosion (Korrosionsermüdung) . . . . .	55
2.3.5	Anwendungsgrenzen für elektrochemische Schutzverfahren . . . . .	56
2.4	Zusammenstellung von Schutzpotentialen bzw. -bereichen für wichtige Systeme . . . . .	58
2.5	Literatur . . . . .	60

<b>3</b>	<b>Grundlagen und Praxis der elektrischen Meßtechnik</b>	63
	<i>von W. v. Baeckmann u. W. Schwenk</i>	
3.1	Die elektrischen Meßgrößen: Strom, Spannung und Widerstand	63
3.2	Bezugselektroden	66
3.3	Die Potentialmessung	68
3.3.1	Grundlagen der Potentialmessung stromdurchflossener Elektroden	68
3.3.2	Potentialmessungen in der Anwendung	74
3.3.2.1	Meßgeräte und ihre Eigenschaften	74
3.3.2.2	Potentialmessungen an Rohrleitungen und Behältern	77
3.3.2.3	Potentialmessung bei Streustrom-Beeinflussung	80
3.3.2.4	Potentialmessung bei Wechselstromeinfluß	81
3.3.3	Schutzkriterien in der Anwendung	82
3.3.3.1	Pragmatische Schutzkriterien für unlegierte Eisenwerkstoffe	82
3.3.3.2	Potentialmessung mit externen Meßproben	84
3.3.3.3	Impulsmethode	87
3.3.3.4	Wechselstrommethode	87
3.4	Die Strommessung	88
3.4.1	Allgemeine Hinweise für Strommessungen	88
3.4.2	Die Rohrstrom-Messung	89
3.4.3	Die Messung der Schutzstromdichte und des Umhüllungswiderstandes	90
3.5	Die Widerstandsmessung	94
3.5.1	Widerstandsmeßgeräte	94
3.5.2	Messung des spezifischen Bodenwiderstandes	95
3.5.3	Messung des Erdausbreitungswiderstandes	99
3.6	Fehlerortung	100
3.6.1	Messung von Fremdkontakten	101
3.6.1.1	Ortung mit Gleichstrom	101
3.6.1.2	Ortung mit Wechselstrom	102
3.6.2	Ortung heterogener Oberflächenbereiche durch Feldstärkemessungen	104
3.6.2.1	Ortung von Lokalanoden	104
3.6.2.2	Ortung von Umhüllungsschäden	106
3.6.2.3	Intensivmessungen	111
3.7	Literatur	112
<b>4</b>	<b>Korrosion in Wässern und Erdböden</b>	115
	<i>von G. Heim u. W. Schwenk</i>	
4.1	Entstehung und Wirkung von schützenden Deckschichten	115
4.2	Bedingungen für die Entstehung von Korrosionselementen	117
4.3	Korrosionsgefährdung durch galvanische Beeinflussung und Streuströme	118

4.4	Erdbodenkorrosion von unlegierten Eisenwerkstoffen . . . . .	119
4.4.1	Gleichmäßige Flächenkorrosion . . . . .	119
4.4.2	Elementbildung und örtliche Korrosion . . . . .	123
4.5	Erdbodenkorrosion von hochlegierten Stählen und Nichteisenmetallen	125
4.6	Literatur . . . . .	125
<b>5</b>	<b>Passiver Korrosionsschutz</b> . . . . .	127
	von <i>G. Heim</i> u. <i>N. Schmitz-Pranghe</i>	
5.1	Allgemeine Hinweise . . . . .	127
5.2	Elektrische Eigenschaften . . . . .	128
5.3	Mechanische Eigenschaften . . . . .	133
5.4	Physikalisch-chemische Eigenschaften . . . . .	137
5.5	Spezifischer Umhüllungswiderstand und Schutzstrombedarf . . . . .	141
5.6	Normen . . . . .	143
5.7	Anorganische Beschichtungen . . . . .	143
5.8	Literatur . . . . .	146
<b>6</b>	<b>Einwirkung des kathodischen Korrosionsschutzes auf Beschichtungen</b>	147
	von <i>W. Schwenk</i>	
6.1	Wirkung von Elektrolyseprodukten an Fehlstellen oder Poren in Beschichtungen . . . . .	147
6.2	Einfluß elektrischer Spannungen auf Stofftransport durch Beschichtungen . . . . .	154
6.2.1	Elektrolytische Reaktionen an der Grenze Werkstoff/Beschichtung . . . . .	154
6.2.2	Elektroosmotische Vorgänge . . . . .	154
6.3	Beurteilung der Korrosionsschutzwirkung . . . . .	156
6.4	Literatur . . . . .	157
<b>7</b>	<b>Galvanische Anoden</b> . . . . .	159
	von <i>H. Bohnes</i> u. <i>G. Heinrich</i>	
7.1	Allgemeine Hinweise . . . . .	159
7.1.1	Strominhalt galvanischer Anoden . . . . .	160
7.1.2	Stromabgabe galvanischer Anoden . . . . .	162
7.2	Anodenmaterialien . . . . .	164
7.2.1	Eisen . . . . .	164
7.2.2	Zink . . . . .	164
7.2.3	Aluminium . . . . .	167
7.2.4	Magnesium . . . . .	170

## XIV Inhalt

7.3	Bettungsmassen . . . . .	173
7.4	Halterungen . . . . .	175
7.5	Anodenformen . . . . .	176
7.5.1	Stabanoden . . . . .	176
7.5.2	Platten- und Blockanoden . . . . .	177
7.5.3	Tankanoden . . . . .	178
7.5.4	Offshore-Anoden . . . . .	178
7.5.5	Sonderformen . . . . .	179
7.6	Qualitäts- und Eignungsprüfungen . . . . .	180
7.7	Vor- und Nachteile galvanischer Anoden . . . . .	181
7.8	Literatur . . . . .	182
<b>8</b>	<b>Fremdstrom-Anoden</b> . . . . . von <i>H. Bohnes</i>	183
8.1	Allgemeine Hinweise . . . . .	183
8.2	Anodenmaterialien . . . . .	184
8.2.1	Nichtedelmetalle . . . . .	184
8.2.2	Edelmetalle . . . . .	189
8.3	Isolierstoffe . . . . .	192
8.4	Kabel . . . . .	192
8.5	Anodenformen . . . . .	193
8.5.1	Anoden für Erdbodenverlegung . . . . .	193
8.5.2	Anoden für wäßrige Medien . . . . .	195
8.5.3	Anoden für den Außenschutz von Schiffen . . . . .	195
8.5.4	Anoden für den Innenschutz . . . . .	198
8.6	Literatur . . . . .	200
<b>9</b>	<b>Gleichrichter für Fremdstrom-Anlagen</b> . . . . . von <i>W. v. Baeckmann</i> u. <i>H. Kampermann</i>	201
9.1	Standort und Unterbringung . . . . .	201
9.2	Überwachung und Wartung . . . . .	203
9.3	Auslegung und Schaltung der Schutzstrom-Geräte . . . . .	203
9.3.1	Gleichrichter-Schaltung . . . . .	206
9.3.2	Auswahl der Gleichrichterzellen . . . . .	207
9.4	Festeinstellbare Schutzstrom-Geräte . . . . .	207
9.4.1	Hochspannungsfeste Schutzstrom-Geräte . . . . .	208
9.4.2	Festeinstellbare Schutzstrom-Geräte mit Konstantstrom-Verhalten . . . . .	209

9.5	Regelnde Schutzstrom-Geräte . . . . .	210
9.5.1	Potentialregelnde Schutzstrom-Geräte . . . . .	211
9.5.2	Stromregelnde Schutzstrom-Geräte . . . . .	212
9.6	Ausrüstung von Schutzstrom-Geräten . . . . .	212
9.7	Literatur . . . . .	213
<b>10</b>	<b>Fremdstrom-Anodenanlagen im Erdboden und Beeinflussungsfragen</b> von <i>W. v. Baeckmann</i> u. <i>W. Prinz</i>	<b>215</b>
10.1	Fremdstrom-Anodenanlagen . . . . .	216
10.1.1	Durchgehende horizontale Anodenanlagen . . . . .	216
10.1.2	Einzelanoden-Anlagen . . . . .	218
10.1.3	Tiefenanoden-Anlagen . . . . .	220
10.1.4	Wirtschaftliche Anoden-Auslegung . . . . .	223
10.2	Beeinflussung fremder Rohrleitungen und Kabel . . . . .	225
10.2.1	Beeinflussung durch den Spannungstrichter der Anoden . . . . .	226
10.2.2	Beeinflussung durch den kathodischen Spannungstrichter . . . . .	227
10.2.3	Aufhebung der Beeinflussung . . . . .	229
10.3	Literatur . . . . .	231
<b>11</b>	<b>Erdverlegte Rohrleitungen</b> . . . . . von <i>A. Baltes</i> , <i>F. Martin</i> u. <i>P. Pickelmann</i>	<b>233</b>
11.1	Voraussetzungen für den kathodischen Schutz von Rohrleitungen . . . . .	233
11.1.1	Elektrische Längsleitfähigkeit . . . . .	234
11.1.2	Begrenzung des Schutzbereiches und konstruktive Maßnahmen . . . . .	234
11.1.2.1	Isolierstücke . . . . .	234
11.1.2.2	Rohrdurchführungen bei Betonwänden . . . . .	236
11.1.2.3	Mantelrohre . . . . .	237
11.1.2.4	Maßnahmen bei elektrisch angetriebenen Betriebsmitteln . . . . .	237
11.1.2.5	Maßnahmen zur Vermeidung von Fremdkontakten . . . . .	238
11.1.3	Anforderungen an die Rohrumhüllung . . . . .	239
11.2	Meßstellen . . . . .	239
11.3	Planung der kathodischen Schutzanlage . . . . .	240
11.3.1	Wahl des Schutzverfahrens . . . . .	240
11.3.2	Größe des Schutzbereiches . . . . .	241
11.3.3	Standort der Schutzanlage . . . . .	242
11.3.4	Durchführung einer Probeeinspeisung . . . . .	243
11.3.5	Beispiele für die Planung einer Schutzanlage . . . . .	244
11.3.5.1	Neubau einer Rohrleitung . . . . .	244
11.3.5.2	Alte verlegte Rohrleitung . . . . .	244
11.4	Kontrolle des kathodischen Schutzes . . . . .	246
11.4.1	Inbetriebnahme und Nachmessung . . . . .	246
11.4.2	Überwachung und Dokumentation . . . . .	246

## XVI Inhalt

11.5	Kathodischer Schutz in Stadtgebieten . . . . .	247
11.5.1	Schwierigkeiten und Maßnahmen für den kathodischen Schutz in Stadtgebieten . . . . .	247
11.5.2	Fremdkontakte und ihre Ortung . . . . .	248
11.5.3	Fehlerursachen . . . . .	249
11.6	Rohrleitungen für Wasser . . . . .	250
11.7	Fernwärme-Leitungen . . . . .	251
11.8	Literatur . . . . .	252
<b>12</b>	<b>Lagerbehälter und Tankläger</b> . . . . .	<b>255</b>
	von <i>K. Bierenbrodt</i> u. <i>K. Horras</i>	
12.1	Spezielle Probleme beim Behälterschutz . . . . .	255
12.2	Vorbereitende Maßnahmen . . . . .	255
12.3	Lagerbehälter . . . . .	257
12.3.1	Schutzstrombestimmung, Beurteilung der Schutzobjekte, Kathoden- und Anodenanschlüsse . . . . .	257
12.3.2	Schutz mit galvanischen Anoden oder mit Fremdstrom . . . . .	260
12.3.3	Auslegung von kathodischen Schutzanlagen an Hand von praktischen Beispielen . . . . .	261
12.3.3.1	Kathodische Schutzanlage für einen Heizöl-Behälter mit galvanischen Anoden . . . . .	261
12.3.3.2	Kathodische Fremdstrom-Schutzanlage für eine Tankstelle . . . . .	263
12.4	Tankläger und Betankungsanlagen . . . . .	265
12.5	Besonderheiten beim kathodischen Schutz von Lagerbehältern und Rohrleitungen im Bereich von Eisenbahnen . . . . .	267
12.5.1	Allgemeine Hinweise . . . . .	267
12.5.2	Potential-Ausgleichleitungen, Isolierstücke in Rohrleitungen, Isolierstöße in den Gleisanlagen . . . . .	267
12.5.3	Bahnerde, Schutzerdung an elektrischen Bahnen, Rückströme, Schienenpotential . . . . .	268
12.5.4	Blitzschutz, Isolierstücke und Funkenstrecken . . . . .	269
12.5.5	Schutzstromverteilung, Beeinflussung . . . . .	269
12.5.6	Arbeiten an Rohrleitungen im Bahnbereich oder in Bahnnahe . . . . .	269
12.6	Maßnahmen beim Zusammenschalten unterschiedlicher Werkstoffe . . . . .	269
12.7	Berücksichtigung anderer Schutzmaßnahmen bei kathodischem Schutz . . . . .	271
12.8	Betrieb und Wartung von kathodischen Schutzanlagen . . . . .	272
12.9	Literatur . . . . .	272
<b>13</b>	<b>Lokaler kathodischer Korrosionsschutz von Industrieanlagen</b> . . . . .	<b>275</b>
	von <i>J. Pohl</i> u. <i>W. Prinz</i>	

13.1	Anwendungsbereiche . . . . .	275
13.2	Besonderheiten des Lokalen kathodischen Korrosionsschutzes . . . . .	275
13.3	Durchführung des Lokalen kathodischen Korrosionsschutzes . . . . .	277
13.3.1	Rohrleitungen in Kraftwerken . . . . .	277
13.3.2	Rohrleitungen in Raffinerieanlagen . . . . .	280
13.3.3	Anlagen mit kleinen Stahl-Beton-Fundamenten . . . . .	282
13.4	Literatur . . . . .	284
<b>14</b>	<b>Fernmeldekabel</b> . . . . .	<b>285</b>
	von <i>C. Gey</i> u. <i>K.-H. Ortmann</i>	
14.1	Verlegung . . . . .	285
14.2	Passiver Korrosionsschutz . . . . .	286
14.3	Aktiver Korrosionsschutz . . . . .	287
14.3.1	Streustromschutz . . . . .	287
14.3.2	Kathodischer Schutz mit Fremdstrom-Anoden . . . . .	290
14.4	Literatur . . . . .	292
<b>15</b>	<b>Starkstromkabel</b> . . . . .	<b>293</b>
	von <i>J. Pohl</i> , <i>W. Prinz</i> u. <i>W. Schwenk</i>	
15.1	Eigenschaften erdverlegter Starkstromkabel . . . . .	293
15.2	Kathodischer Korrosionsschutz für Stahlrohre von Hochspannungskabeln . . . . .	294
15.2.1	Abgrenzeinheiten . . . . .	294
15.2.1.1	Abgrenzeinheit mit Ohmschem Widerstand . . . . .	295
15.2.1.2	Abgrenzeinheit mit Silicium-Dioden . . . . .	296
15.2.1.3	Abgrenzeinheit mit Nickel-Cadmium-Zelle . . . . .	296
15.2.1.4	Abgrenzeinheit mit Polarisationszelle . . . . .	297
15.2.2	Errichtung von kathodischen Korrosionsschutzanlagen . . . . .	297
15.2.3	Kontrolle des kathodischen Schutzes . . . . .	298
15.3	Streustrom-Schutz . . . . .	299
15.4	Literatur . . . . .	299
<b>16</b>	<b>Streustrom-Beeinflussung und Streustrom-Schutz</b> . . . . .	<b>301</b>
	von <i>J. Pohl</i> u. <i>W. v. Baeckmann</i>	
16.1	Ursachen der Streustrom-Beeinflussung . . . . .	301
16.1.1	Korrosion durch Gleich- und Wechselstrom . . . . .	301
16.1.2	Streustrom erzeugende Gleichstrom-Anlagen . . . . .	301
16.1.3	Allgemeine Maßnahmen an Gleichstrom-Anlagen . . . . .	302
16.2	Gleichstrom-Bahnen als Verursacher von Streuströmen . . . . .	302
16.2.1	Bestimmungen für Gleichstrom-Bahnen . . . . .	302

16.2.2	Berechnung der Schienenspannungen . . . . .	305
16.2.2.1	Berechnungsgrundlagen . . . . .	305
16.2.2.2	Spannungsgefälle auf auslaufenden Strecken . . . . .	307
16.2.2.3	Potentialverteilung im Netzkern . . . . .	308
16.2.3	Abschätzung der Größe der Streuströme . . . . .	310
16.2.4	Besonderheiten bei Tunnelanlagen . . . . .	311
16.3	Schutzmaßnahmen an beeinflussten Anlagen . . . . .	313
16.3.1	Streustrom-Ableitung und -Absaugung . . . . .	313
16.3.2	Gemeinsame Streustrom-Schutzmaßnahmen im Stadtgebiet . . . . .	319
16.3.3	Kathodischer Schutz von gut umhüllten Rohrleitungen bei Streustrom-Einfluß . . . . .	320
16.4	Streuströme in Hafenanlagen . . . . .	321
16.5	Literatur . . . . .	322
<b>17</b>	<b>Seewasserbauten und -Rohrleitungen</b> . . . . .	<b>323</b>
	von <i>W. v. Baeckmann</i> u. <i>G. Heinrich</i>	
17.1	Kathodische Korrosionsschutz-Verfahren . . . . .	324
17.1.1	Schutz mit galvanischen Anoden . . . . .	325
17.1.2	Schutz mit Fremdstrom . . . . .	326
17.1.2.1	Aufstellung der Schutzstrom-Geräte . . . . .	326
17.1.2.2	Anoden-Anordnung . . . . .	326
17.1.2.3	Kabel und Installation . . . . .	329
17.1.2.4	Einstellung der Schutzanlage und Wartung . . . . .	329
17.2	Anwendungen . . . . .	329
17.2.1	Spundwände . . . . .	330
17.2.2	Pfahlgründungen . . . . .	330
17.2.3	Offshore-Rohrleitungen . . . . .	333
17.3	Stromverteilung und Potentialmessung . . . . .	334
17.4	Literatur . . . . .	336
<b>18</b>	<b>Kathodischer Schutz von Schiffen</b> . . . . .	<b>337</b>
	von <i>H. Bohnes</i> u. <i>G. Heinrich</i>	
18.1	Wasserseitige Einflußgrößen . . . . .	337
18.1.1	Gelöste Salze und Feststoffe . . . . .	337
18.1.2	Belüftung und Sauerstoffgehalt . . . . .	338
18.1.3	Strömungsgeschwindigkeit beim fahrenden Schiff . . . . .	339
18.1.4	Temperatur- und Konzentrationsdifferenzen . . . . .	340
18.2	Werkstoffseitige Einflußgrößen und Beschichtungen . . . . .	340
18.3	Kathodischer Korrosionsschutz des Unterwasserschiffes . . . . .	342
18.3.1	Berechnung des Schutzstrombedarfs . . . . .	343
18.3.2	Schutz durch galvanische Anoden . . . . .	343

18.3.2.1	Größe und Stückzahl der Anoden . . . . .	343
18.3.2.2	Anordnung der Anoden . . . . .	345
18.3.2.3	Potentialmessung . . . . .	346
18.3.3	Schutz durch Fremdstrom . . . . .	347
18.3.3.1	Stromversorgung und Schutzgleichrichter . . . . .	348
18.3.3.2	Fremdstrom-Anoden und Meßelektroden . . . . .	349
18.3.3.3	Anordnung der Anoden und Meßelektroden . . . . .	350
18.4	Kathodischer Innenschutz von Tanks und Behältern . . . . .	351
18.5	Kathodischer Schutz von Wärmetauschern, Kondensatoren und Rohrleitungen . . . . .	353
18.6	Kathodischer Schutz von Bilgedecks . . . . .	353
18.7	Kathodischer Schutz von Docks . . . . .	354
18.8	Literatur . . . . .	354
<b>19</b>	<b>Kathodischer Schutz von Casings</b> . . . . .	<b>355</b>
	von <i>R. Graf</i>	
19.1	Allgemeine Hinweise . . . . .	355
19.2	Vorbereitende Messungen für den kathodischen Schutz . . . . .	356
19.3	Bau der kathodischen Schutzstrom-Anlagen . . . . .	360
19.4	Betrieb von kathodischen Schutzanlagen für Casings . . . . .	360
19.5	Literatur . . . . .	362
<b>20</b>	<b>Innenschutz von Behältern und Chemieapparaten</b> . . . . .	<b>363</b>
	von <i>H. Gräfen</i> u. <i>F. Paulekat</i>	
20.1	Besondere Merkmale für den Behälter-Innenschutz . . . . .	363
20.2	Kathodischer Korrosionsschutz . . . . .	364
20.2.1	Schutz mit galvanischen Anoden . . . . .	364
20.2.2	Schutz mit Fremdstrom . . . . .	367
20.2.2.1	Behälter für Kalt- und Warmwasser . . . . .	367
20.2.2.2	Anlagen in der chemischen Industrie . . . . .	371
20.3	Anodischer Korrosionsschutz . . . . .	374
20.3.1	Schutz mit Fremdstrom . . . . .	375
20.3.1.1	Neutrale und saure Medien . . . . .	377
20.3.1.2	Alkalische Medien . . . . .	379
20.3.1.3	Kombination mit Inhibitoren . . . . .	381
20.3.2	Schutz mit Lokalkathoden . . . . .	381
20.3.3	Schutz mit passivierenden Inhibitoren . . . . .	382
20.4	Trend in der Anwendung des elektrochemischen Innenschutzes . . . . .	383
20.5	Literatur . . . . .	383

<b>21</b>	<b>Innenschutz von Wassererwärmern</b> . . . . .	385
	von <i>U. Heinzelmann</i> u. <i>C.-L. Kruse</i>	
21.1	Werkstoffe für Wassererwärmer und mögliche Schutzverfahren . . .	385
21.2	Kathodischer Schutz von emaillierten Wassererwärmern . . . . .	386
21.3	Kathodischer Schutz mit Fremdstrom und elektrolytische Wasserbehand- lung . . . . .	391
21.4	Hygienische Anforderungen an den Korrosionsschutz von Trinkwas- ser-Behältern . . . . .	397
21.5	Literatur . . . . .	397
<b>22</b>	<b>Kosten und Wirtschaftlichkeit</b> . . . . .	399
	von <i>W. v. Baeckmann</i>	
22.1	Allgemeine Hinweise . . . . .	399
22.2	Kosten des kathodischen Schutzes für erdverlegte Rohrleitungen . . .	399
22.2.1	Galvanische Anoden . . . . .	400
22.2.2	Fremdstrom-Schutz . . . . .	402
22.2.3	Verlängerung der Lebensdauer der Rohrleitung . . . . .	403
22.3	Korrosionsschutz im Meerwasser . . . . .	405
22.4	Innenschutz . . . . .	406
22.4.1	Kathodischer Innenschutz . . . . .	406
22.4.2	Anodischer Innenschutz . . . . .	406
22.5	Literatur . . . . .	408
<b>23</b>	<b>Beeinflussung von Rohrleitungen mit geschweißten Rohrverbindungen durch Hochspannungsanlagen</b> . . . . .	409
	von <i>J. Pohl</i>	
23.1	Kapazitive Beeinflussung . . . . .	409
23.2	Ohmsche Beeinflussung . . . . .	411
23.2.1	Berührung unter Spannung stehender Leiter . . . . .	411
23.2.2	Auswirkungen von Spannungstrichtern . . . . .	412
23.3	Induktive Beeinflussung . . . . .	414
23.3.1	Berechnungsgrundlagen . . . . .	414
23.3.2	Beeinflussung durch 50-Hz-Erdkurzschluß-Ströme . . . . .	420
23.3.3	Beeinflussung durch Betriebsströme in 50-Hz-Drehstrom-Freileitungen	421
23.3.4	Beeinflussung durch 16 2/3-Hz-Ströme in Bahnfahrleitungen . . . . .	422
23.3.5	Ermittlung von zulässigen Grenzlängen . . . . .	424
23.3.6	Anschluß von Erdern an Rohrleitungen . . . . .	427
23.3.7	Berechnungsbeispiel . . . . .	429
23.4	Literatur . . . . .	430

<b>24</b>	<b>Strom- und Spannungsverteilung im stationären elektrischen Feld</b>	431
	<i>von W. v. Baeckmann u. J. Pohl</i>	
24.1	Der Ausbreitungswiderstand von Anoden und Erdern . . . . .	431
24.2	Beeinflussungsfaktor bei mehreren Anoden . . . . .	438
24.3	Potentialverteilung an der Erdoberfläche . . . . .	439
24.3.1	Bodenwiderstandsformel . . . . .	439
24.3.2	Anodischer Spannungstrichter . . . . .	440
24.3.3	Kathodischer Spannungstrichter beim Zylinderfeld . . . . .	441
24.4	Berechnung der Stromentweichung aus den Fahrschienen einer oberirdischen Gleichstrombahn . . . . .	442
24.4.1	System Fahrschienen–Rohrleitung . . . . .	443
24.4.2	System Fahrschienen–Erdboden . . . . .	446
24.4.2.1	Konzentrierte Stromeinspeisung . . . . .	446
24.4.2.2	Gleichmäßiger Strombelag . . . . .	447
24.5	Berechnung von Erdern mit Längswiderständen bei Gleichstrom-Einspeisung . . . . .	450
24.5.1	Endlicher Erder mit Längswiderstand . . . . .	451
24.5.2	Langer Erder mit Längswiderstand . . . . .	452
24.6	Strombedarf und Schutzbereich bei kathodischem Korrosionsschutz von Rohrleitungen . . . . .	452
24.6.1	Begrenzter Leitungsabschnitt . . . . .	452
24.6.2	Lange Rohrleitung mit Schutzanlage . . . . .	454
24.6.3	Allgemeine Hinweise zur Stromverteilung . . . . .	455
24.7	Literatur . . . . .	456
	<b>Register</b> . . . . .	459