

Dr.-Ing. Peter Hasse

Prof. Dr.-Ing. Johannes Wiesinger

Handbuch für Blitzschutz und Erdung

4., bearbeitete Auflage

mit 236 Abbildungen und 33 Tabellen

Pflaum Verlag München

vde-verlag Berlin · Offenbach

Inhaltsverzeichnis

1	Entwicklung der Blitzforschung und des Blitzschutzes	15
1.1	Geschichte der Blitzforschung	15
1.1.1	Experimente mit Reibungselektrizität	15
1.1.2	Experimente mit Stangen und Drachen im Gewitterfeld	17
1.1.3	Messungen mit magnetischen Stäbchen	20
1.1.4	Messungen mit Klydonographen	20
1.1.5	Einführung des Oszillographen in die Blitzforschung	21
1.1.6	Messungen an hohen Türmen	22
1.1.7	Blitzzählungen	24
1.1.8	Messungen raketengetriggter Blitze	26
1.1.9	LEMP-Messungen.	29
1.1.10	Nachbildung der Blitzentladung im Laboratorium	30
1.1.11	Modellversuche zur Schutzraumbestimmung	31
1.1.12	Simulation des Blitzstromes im Laboratorium	32
1.2.	Geschichte des Blitzschutzes	35
1.2.1	Wettermaschinen und spitze Stangen	35
1.2.2	Geerdete Fangstangen	36
1.2.3	Erste Blitzschutz-Richtlinien in Deutschland	37
1.2.4	Gründung und Entwicklung des ABB	42
2	Entstehung einer Gewitterzelle	46
2.1	Gewittermeteorologie	46
2.2	Aufbau einer Gewitterzelle	47
3	Blitzentladung	50
3.1	Blitztypen	50
3.2	Wolke-Erde-Blitze.	52
3.3	Erde-Wolke-Blitze.	57
3.4	Getriggerte Blitze	58
4	Blitzhäufigkeit und Gewitterwarnung	61
4.1	Keraunischer Pegel	61
4.2	Blitzzählung	62

4.3	Blitzortung	67
4.4	Einschlaghäufigkeit	69
4.5	Blitzwarnung	70
5	Stromkennwerte von Erdblitzen	73
5.1	Grundsätzliche Blitzstromverläufe	73
5.2	Wirkungsparameter der Blitzströme	75
5.3	Maximalwert des Blitzstromes	76
5.4	Ladung des Blitzstromes	78
5.5	Spezifische Energie des Blitzstromes	81
5.5.1	Erwärmung von Leitern.	82
5.5.2	Kraftwirkung auf Leiter	83
5.6	Blitzstromsteilheit.	86
5.7	Analytischer Blitzstromverlauf	88
6	Magnetische Felder	91
6.1	Magnetisches Feld im Nahbereich	91
6.2	Berechnung der Gegeninduktivitäten von Schleifen	94
6.2.1	Analytisches Verfahren für Rechteckschleifen	95
6.2.2	Numerisches Verfahren für beliebige Schleifen	100
6.3	Magnetisch induzierte Spannungen und Ströme	102
6.3.1	Induzierte Spannungen	103
6.3.2	Induzierte Ströme	107
7	Elektromagnetisches Feld des Blitzkanals	111
7.1	Elektromagnetisches Feld eines Blitzkanalelements	111
7.2	Elektromagnetisches Feld während der Hauptentladung eines Wolke-Erde-Blitzes	113
7.3	Gefährdungswerte des LEMP	115
8	Prinzip des Blitzschutzes baulicher Anlagen	117
9	Fanganordnungen	125
9.1	Dimensionierung	125
9.2	Schutzbereich von Fanganordnungen	125
9.2.1	Schutzraummodell	126
9.2.2	Schutzraum grundsätzlicher Fanganordnungen	131
9.2.3	Schutzraum beliebiger Anordnungen	137
9.2.4	Schutzraum im Kleinen	138
10	Ableitungen	139

11	Erdung	140
11.1	Begriffserläuterungen	140
11.2	Spezifischer Erdwiderstand und seine Messung	142
11.3	Blitzschutz-Erdungsanlagen	145
11.3.1	Ausbreitungswiderstand	145
11.3.2	Stoßerdungswiderstand	149
11.3.2.1	Effektive Erderlänge	149
11.3.2.2	Entladungen im Erdreich	153
11.4	Oberflächenerder	156
11.5	Tiefenerder	157
11.6	Ringerder	159
11.7	Fundamenterder	159
11.8	Potentialsteuerung	160
11.9	Erderwerkstoffe und Korrosion	160
11.9.1	Begriffe	161
11.9.2	Bildung galvanischer Elemente, Korrosion	162
11.9.3	Auswahl der Erderwerkstoffe	168
11.10	Zusammenschluß von Erdern aus verschiedenen Werkstoffen	171
11.11	Sonstige Korrosionsschutzmaßnahmen	173
11.12	Messen der Spannungsverteilung und des Ausbreitungswiderstandes	174
11.12.1	Spannungstrichter	175
11.12.2	Ausbreitungswiderstand von Erdern kleiner Ausdehnung	176
11.12.3	Ausbreitungswiderstand von Erdungsanlagen größerer Ausdehnung	176
12	Blitzschutz-Potentialausgleich	178
12.1	Anschluß- und Verbindungsbauteile, Potentialausgleichsschienen	180
12.2	Einbeziehen von spannungslosen Installationen, die in das zu schützende Volumen eintreten	184
12.3	Einbeziehen von spannungsführenden Installationen, die in das zu schützende Volumen eintreten	184
12.4	Einbeziehen von Installationen im zu schützenden Volumen	185
13	Magnetische Schirme	188
13.1	Schirme von Gebäuden, Räumen, Kabinen und Geräten	188
13.1.1	Geschlossene Blechschirme	189
13.1.2	Schirmgitter	192
13.1.3	Öffnungen in Schirmen	194
13.2	Stromdurchflossene Schirmrohre	196

14	Näherungen	203
15	Prüfverfahren und -generatoren für Blitzschutzbauteile und Schutzgeräte	207
15.1	Grundsätzliches zu Blitzstrom-Prüfanlagen	207
15.2	Grundgleichungen für C-L-R-Stoßstromkreise	209
15.2.1	Strom bei periodischer Dämpfung	210
15.2.2	Strom beim aperiodischen Grenzfall	212
15.2.3	Strom bei aperiodischer Dämpfung	213
15.2.4	Crowbar-Funkenstrecken in Stoßstromgeneratoren	214
15.2.5	Sinushalbwellenstrom	215
15.2.6	Überführung eines ungedämpften in einen aperiodisch gedämpften Stoßstrom	216
15.3	Prüfverfahren für Verbinder und Trennfunkenstrecken	218
15.4	Prüfverfahren für magnetische Induktionen	222
15.5	Prüfverfahren für Überspannungsschutzgeräte	223
16	Blitzschutz für Personen	226
16.1	Blitzgefahren	226
16.2	Blitzschutzmaßnahmen	231
17	Blitzschutzbestimmungen in der Bundesrepublik Deutschland	243
17.1	Allgemeine Bestimmungen, Normen	243
17.1.1	Normen für Schutzmaßnahmen	243
17.1.1.1	Blitzschutz	243
17.1.1.2	Überspannungsschutz, Isolationskoordination, Potentialausgleich und Erdung	247
17.1.2	Normen für Bauteile, Schutzgeräte und Prüfungen	253
17.1.2.1	DIN-Normen	253
17.1.2.2	DIN VDE-Normen	255
17.1.3	Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB)	257
17.1.4	Standardleistungsbuch (StLB)	257
17.1.5	Verordnungen der Länder	257
17.1.6	Blitzschutzformeln und Gefährdungskennzahlen	258
17.2	Bestimmungen in Sonderfällen	259
	Sachverzeichnis	266