

Dipl.-Ing. Ottmar Beierl, München

**Elektromagnetische  
Verträglichkeit  
beim Blitzeinschlag  
in ein Gebäude**

Reihe **21**: Elektrotechnik

Nr. **93**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>1 Grundlagen</b>	<b>5</b>
1.1 Beschreibung von Blitzentladungen	5
1.1.1 Wirkungsparameter von Blitzströmen	5
1.1.2 Analytische Blitzstromfunktionen	7
1.1.3 Gemessene Blitzströme	8
1.1.4 Spektrum von Blitzströmen	8
1.1.5 Blitzkanal	9
1.2 Experimentelle Bestimmung blitzbedingter transients Vorgänge	12
1.2.1 Aufgabenstellung und konventionelle Meßmethoden	12
1.2.2 Hochrechnung der Meßergebnisse auf die Verhältnisse beim realen Blitzeinschlag	13
1.2.3 Charakterisierung von Ableiter-Schleifenanordnungen mit Hilfe von Übertragungsfunktionen	14
1.2.4 Bestimmung der Übertragungsfunktionen von Ableiter-Schleifenanordnungen	15
1.2.5 Vierpolmodell einer Ableiter-Schleifenanordnung	20
1.3 Berechnung blitzbedingter transients Vorgänge	21
1.3.1 Anforderungen	21
1.3.2 Realisierungsmöglichkeiten	23
1.3.3 Dünndrahtmodell	24
1.3.4 Integralgleichung des elektrischen Feldes	24
1.3.5 Vereinfachte Modellbildung	28
1.3.6 Behandlung leitungsgebundener Vorgänge durch elektrische Ersatzschaltbilder	28
1.3.7 Beschreibung der Einkopplung des elektromagnetischen Feldes durch Ersatzquellen	30
1.3.8 Einfluß der Erdoberfläche	35
1.3.9 Modellbildung des Blitzkanals	36
1.3.10 Zusammenfassung	41
<b>2 Messung von Blitzströmen</b>	<b>42</b>
2.1 Die Blitzmeßstation auf dem Hohen Peißenberg	42
2.1.1 Lage der Blitzmeßstation	43
2.1.2 Meß-, Aufzeichnungs- und Auswertetechnik	44
2.2 Ergebnisse der Blitzstrommessungen	45
2.2.1 Beschreibung von Teilblitzen	47

2.2.2	Typische Blitzstromverläufe . . . . .	48
2.2.3	Transientes Verhalten des Fernmeldeturms auf dem Hohen Peißenberg . . . . .	56
2.2.4	Übersicht über die gemessenen Blitzeinschläge . . . . .	60
2.2.5	Spektrale Auswertung . . . . .	66
2.3	Zusammenfassung — Zukunftsperspektiven . . . . .	69
<b>3</b>	<b>Modellversuch</b> . . . . .	<b>71</b>
3.1	Anforderungen an die Versuchsanordnung . . . . .	71
3.2	Realisierung der Versuchsanordnung . . . . .	72
3.3	Einspeisung von Testströmen . . . . .	74
3.4	Meßeinrichtungen . . . . .	75
3.4.1	Meßwertübertragung . . . . .	76
3.4.2	Strommessung . . . . .	77
3.4.3	Spannungsmessung . . . . .	78
3.4.4	Digitale Meßwertaufzeichnung und Auswertung . . . . .	79
3.4.5	Zusammenfassung . . . . .	79
3.5	Störsignale bei der Messung . . . . .	79
3.6	Verbesserung des Signal-/Störabstands . . . . .	82
3.6.1	Korrelierte Mittelung im Zeitbereich . . . . .	83
3.6.2	Digitale Filterung und Bandbreitenbegrenzung . . . . .	85
3.7	Verbesserung der Zeitaufösung durch 'Random Sampling' Meßtechnik . . . . .	87
<b>4</b>	<b>Computersimulation</b> . . . . .	<b>88</b>
4.1	Programmsystem . . . . .	88
4.1.1	Eingabe und Aufbereitung der Geometriedaten . . . . .	89
4.1.2	Erstellung des Ersatzschaltbilds . . . . .	91
4.1.3	Netzwerkberechnung . . . . .	91
4.1.4	Integration der Feldberechnung in die Netzwerkanalyse . . . . .	95
4.1.5	Ausgabe und Darstellung der Ergebnisse . . . . .	97
4.2	Rechenmodelle . . . . .	97
4.2.1	Quasistationäres Modell . . . . .	98
4.2.2	Wanderwellenmodell . . . . .	98
4.2.3	"Voll gekoppeltes Modell" . . . . .	99
4.3	Optimierung der Berechnung . . . . .	99
4.4	Implementierungsmöglichkeiten . . . . .	101
4.4.1	Speicherplatz . . . . .	101
4.4.2	Rechenzeitbedarf . . . . .	102
<b>5</b>	<b>Anwendungsbeispiele und Ergebnisse</b> . . . . .	<b>103</b>
5.1	Quasistationäre Untersuchungen . . . . .	103
5.1.1	Stromverteilung in Modellblitzschutzsystemen . . . . .	104
5.1.2	Induzierte Schleifenspannungen . . . . .	105
5.1.3	Möglichkeiten und Grenzen . . . . .	107
5.2	Schnell veränderliche Vorgänge . . . . .	107
5.2.1	Verhalten schnell veränderlicher Ströme . . . . .	109
5.2.2	Berechnungsmöglichkeiten schnell veränderlicher Vorgänge . . . . .	112

5.2.3	Möglichkeiten und Grenzen . . . . .	114
5.3	Wanderwellenbetrachtung . . . . .	115
5.3.1	Einfluß des Blitzkanals . . . . .	115
5.3.2	Simulation des Reflexionsverhaltens von Blitzströmen auf dem Fernmeldeturm auf dem Hohen Peißenberg . . . . .	119
5.3.3	Möglichkeiten und Grenzen . . . . .	120
5.4	Experimentelle Untersuchung von Ableiter-Schleifenanordnungen unter Verwendung systemtheoretischer Beschreibungsmethoden . . . . .	121
5.4.1	Messung der Übertragungsfunktion . . . . .	121
5.4.2	Vierpolmodell . . . . .	123
5.4.3	Verifikation der Modellbildung . . . . .	123
5.4.4	Anwendungsbeispiel . . . . .	124
5.4.5	Möglichkeiten und Grenzen . . . . .	129
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>130</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>134</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>144</b>
A.1	Formeln zur Berechnung der Gegeninduktivitäten . . . . .	144
A.2	Bestimmung des mittleren Wellenwiderstands eines dünnen, zylindrischen Leiters . . . . .	147
A.3	Laufzeitbestimmung der Stromwanderwellen auf dem Fernmeldeturm (Blitzmeßstation Peißenberg) . . . . .	150
A.4	Formelzeichen und Abkürzungen . . . . .	152