

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1 Gasentladung kurzer Schlagweiten</b>	<b>3</b>
1.1 Modell: Zündsystem	3
1.2 Strom-Spannungscharakteristik einer Funkenstrecke	6
1.3 Atomare Vorgänge in einer Gasentladung	8
1.3.1 Emissionsprozesse	8
1.3.2 Beschreibung der Elementarprozesse	11
1.4 Durchschlagsmodelle	13
1.4.1 Townsend-Modell, Generationendurchschlag	13
1.4.2 Streamer-Modell	14
1.4.3 Paschengesetz	16
1.5 Zündverzugszeit	18
1.5.1 Statistische Streuzeit	18
1.5.2 Lawinenaufbauzeit	18
1.5.3 Funkenaufbauzeit	19
1.5.4 Statistische Analyse der dynamischen Zündspannung	20
<b>2 Elektrostatische Simulation</b>	<b>22</b>
2.1 Poisson-Gleichung	22
2.2 Finite-Differenzen-Methode	23
2.3 Generalisierte gekrümmte Koordinaten	24
2.3.1 Transformationsbeziehungen	24
2.3.1.1 Generalisierte Koordinaten	24
2.3.2 Metrische Tensor	25
2.3.3 Zentrale Differenzenformel	26
2.3.4 Implementierung der generalisierten Koordinaten	27
2.4 Behandlung von Dielektrika	27
2.5 Direkte Lösung der schwachbesetzten Matrix	29
2.5.1 Matrixabspeicherung	29
2.5.2 Cholesky-Zerlegung	30
2.6 Berechnung des elektrischen Feldes mit der Shepard-Methode	30

<b>3</b>	<b>Monte-Carlo-Simulation</b>	<b>32</b>
3.1	Grundlagen . . . . .	32
3.2	Freie Strömung . . . . .	33
3.3	Stoßprozesse . . . . .	33
3.4	Lokalisierung der Ladungsträger . . . . .	37
3.5	Stochastische Entwicklung einer Elektronenlawine . . . . .	38
3.5.1	Beispielrechnung in $N_2$ . . . . .	38
3.5.2	Test des Zufallsgenerators . . . . .	42
3.5.3	Swarmparameter: Vergleich mit Experimenten . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Photonenproduktion in der Gasentladung</b>	<b>48</b>
4.1	Gasprozesse . . . . .	48
4.2	Oberflächeneffekte . . . . .	51
4.2.1	Beispielrechnung in Luft mit Platin als Elektrodenwerkstoff: Entwicklung von Tochterlawinen . . . . .	51
4.3	Rechenzeitoptimierung durch Clusterung: Grundlagen und Konzepte . . . . .	54
4.3.1	Einteilung in Energiegruppen . . . . .	54
4.3.2	Verifikation: Driftgeschwindigkeit der Elektronen . . . . .	56
<b>5</b>	<b>Verifikation an der Messkugelfunkenstrecke</b>	<b>58</b>
5.1	Simulationsergebnisse . . . . .	58
5.1.1	Analytische Abschätzung der Lawinenaufbauzeit und Vergleich mit der Simulationsrechnung . . . . .	65
<b>6</b>	<b>Anwendung auf die Zündkerze</b>	<b>67</b>
6.1	Parameterstudien . . . . .	71
6.1.1	Variation des Druckes . . . . .	71
6.1.1.1	$p = 5$ bar . . . . .	71
6.1.1.2	$p = 6-7$ bar: Phasenübergang . . . . .	71
6.1.1.3	$p = 8$ bar . . . . .	72
6.1.2	Bestimmung der Zündwahrscheinlichkeit . . . . .	82
6.1.2.1	Messaufbau zur Bestimmung der Zündwahrscheinlichkeit mit dem Zündkerzentyp FR7DE/B20204 von Bosch . . . . .	82
6.1.2.2	Simulation: Variation des Startpunktes des Startelektrons . . . . .	83
	<b>Zusammenfassung</b>	<b>88</b>
	<b>Anhang</b>	<b>91</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>97</b>
	<b>Verzeichnis der Formelzeichen</b>	<b>104</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>109</b>