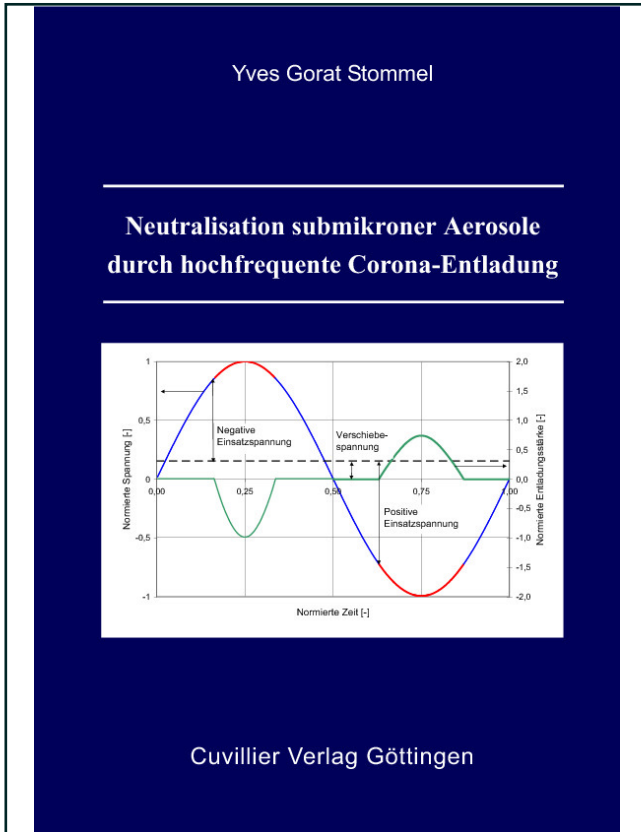




Yves Gorat Stommel (Autor)
**Neutralisation submikroner Aerosole durch
hochfrequente Corona-Entladung**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2192>

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen der Partikelaufladung.....	4
2.1	Feldaufladung	5
2.1.1	Unipolare Feldaufladung	5
2.1.2	Bipolare Feldaufladung	8
2.2	Diffusionsaufladung	8
2.2.1	Unipolare Diffusionsaufladung	8
2.2.1.1	Modell nach Fuchs: Annahmen	10
2.2.1.2	Modell nach Fuchs: Die Grenzkugel	10
2.2.1.3	Modell nach Fuchs: Ionentransport außerhalb der Grenzkugel	11
2.2.1.4	Modell nach Fuchs: Ionentransport in die Grenzkugel	13
2.2.1.5	Modell nach Fuchs: Die Auftreffwahrscheinlichkeit nach Fuchs	14
2.2.1.6	Modell nach Fuchs: Die Auftreffwahrscheinlichkeit nach Wiedensohler	15
2.2.1.7	Modell nach Fuchs: Die Auftreffwahrscheinlichkeit nach Hoppel et al.	16
2.2.1.8	Modell nach Fuchs: Kombinationswahrscheinlichkeiten.....	19
2.2.1.9	Modell nach Fuchs: Anwendungsgrenzen.....	20
2.2.1.10	Modell nach Fuchs: Einflussgrößen	21
2.2.2	Bipolare Diffusionsaufladung.....	22
2.2.2.1	Die Boltzmann-Verteilung	22
2.2.2.2	Die Gleichgewichts-Ionenflux-Modelle	23
2.2.2.3	Vergleich der Auflademodelle zur bipolaren Diffusionsaufladung	26
2.2.2.4	Einflussgrößen	31
2.3	Kombinierte Feld- und Diffusionsaufladung.....	35
2.3.1	Unipolare kombinierte Aufladung.....	35
2.3.1.1	Modell der kombinierten Aufladung nach Lawless	38
2.3.2	Bipolare kombinierte Aufladung	41
2.4	Zusammenfassende Bewertung	42
3	Corona-Entladung.....	43
3.1	Positive Corona-Entladung.....	43
3.2	Negative Corona-Entladung	47
3.3	Weiteres zur Corona-Entladung (Gleichspannung).....	49
3.4	Corona-Entladung bei Wechselspannung.....	50
3.5	Chemie der Corona-Entladung	51
3.5.1	Ionenspezies.....	51
3.5.2	Ozon.....	54
3.6	Wechselwirkung zwischen Partikeln und der Corona-Entladung.....	58
3.7	Partikelproduktion aufgrund der Corona-Entladung.....	60
3.7.1	Partikelproduktion an der aktiven Elektrode	60

3.7.2	Nachgelagerte Partikelproduktion	61
3.8	Stromfluss und Ladungsträger in der aktiven und passiven Corona-Zone	62
3.9	Zusammenfassende Bewertung	64
4	Stand der Technik	65
4.1	Unipolare Partikelauflader.....	65
4.2	Bipolare Partikelauflader (Neutralisatoren)	71
4.2.1	Auslegungsregeln für Neutralisatoren	71
4.2.2	Neutralisatoren.....	74
4.2.2.1	Neutralisatoren auf Basis von α - oder β - Strahlung.....	74
4.2.2.2	Neutralisatoren auf Basis von Röntgen- oder UV-Strahlung.....	80
4.2.2.3	Neutralisatoren auf Basis von Corona-Entladung	81
4.2.3	Zusammenfassende Bewertung	84
5	Versuchs- und Messaufbau.....	86
5.1	Der elektrische Neutralisator	86
5.2	Aerosolproduktion und -führung	88
5.3	Messeinrichtungen.....	89
5.3.1	Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS).....	89
5.3.2	Faraday Cup Elektrometer (FCE).....	93
5.3.3	Elektrometer FTE	93
5.3.4	Gleichstrom-Messgerät.....	95
5.3.5	Ozon- und Feuchte-Sensoren.....	95
5.4	Messstrecken	95
5.4.1	U-I-Charakteristika des EN (Messstrecke 1).....	95
5.4.2	Partikelabscheidung im EN (Messstrecke 2).....	96
5.4.3	Partikelproduktion im EN (Messstrecke 3)	96
5.4.4	Ozonproduktion im EN (Messstrecke 4)	97
5.4.5	Ungeladener Aerosolanteil nach der Neutralisation (Messstrecke 5).....	97
5.4.6	Verhältnis einfach negativ zu positiv geladener Partikel nach der Neutralisation (Messstrecke 6)	98
5.4.7	Die sich ergebende Partikelgrößenverteilung (SMPS) nach der Neutralisation (Messstrecken 7 und 8)	99
6	Praktische und theoretische Voruntersuchungen	101
6.1	Vorbetrachtungen zur bipolaren Ladungsverteilung	101
6.2	Aufladung mit den radioaktiven Quellen	105
6.3	Aufladung mit dem elektrischen Neutralisator.....	109
6.4	Vergleich der Aufladung mit den radioaktiven Quellen und dem EN	111

7	Die Auslegung des elektrischen Neutralisators.....	112
7.1	Das Funktionsprinzip.....	112
7.2	Das innere Volumen	113
7.3	Die Frequenz und die Spannung.....	115
7.4	Die aktive Elektrode	119
7.4.1	Vorbetrachtungen	119
7.4.2	Form der aktiven Elektrode	120
7.4.3	Material der aktiven Elektrode	122
7.4.4	DC-Strom-Spannungs-Charakteristiken der aktiven Elektrode	124
7.5	Die passive Elektrode	127
7.6	Die Ionenfalle	129
8	Die Regelung des elektrischen Neutralisators.....	131
8.1	Problemstellung	131
8.2	Eigenverhalten des EN unter Verwendung einer der aktiven Elektrode nachgeschalteten Kapazität.....	134
8.2.1	Funktionsprinzip	134
8.2.2	Überlegungen zur Auslegung der Kapazität.....	138
8.2.3	Experimentelle Ergebnisse	140
8.2.3.1	Voruntersuchungen.....	140
8.2.3.2	Ungeladene Aerosole.....	143
8.2.3.3	Geladene Aerosole.....	148
8.2.3.4	Ozon- und Partikelproduktion	151
8.2.3.5	Zusammenfassende Bewertung	153
8.3	Eigenverhalten des EN unter Verwendung eines der aktiven Elektrode nachgeschalteten RC -Gliedes	154
8.3.1	Funktionsprinzip	154
8.3.2	Experimentelle Ergebnisse	155
8.4	Eigenverhalten des EN unter Verwendung einer integrierten Kapazität	159
8.4.1	Funktionsprinzip	159
8.4.2	Teflonbeschichtete Metallelektrode	160
8.4.3	Glasbeschichtete Metallelektrode.....	162
8.5	Eigenverhalten des EN unter Verwendung zweier Kapazitäten an der aktiven und passiven Elektrode	165
8.6	Regelung des Entladestroms.....	166
8.7	Regelung mit Hilfe von Aerosolabscheidung und –ladungsmessung	167
8.7.1	Theoretische Überlegungen.....	167
8.7.2	Praktische Umsetzung	170
8.7.3	Experimentelle Ergebnisse	171
8.8	Regelung mit Hilfe von berührungsloser Messung der Aerosolladung	174
8.9	Zusammenfassende Bewertung	175

9	Simulation.....	176
9.1	Einleitung.....	176
9.2	Simulation des elektrostatischen und Ionenraumladungsfeldes.....	176
9.2.1	Das Gleichungssystem.....	177
9.2.2	Die Berechnungsstrategie.....	178
9.2.3	Die Geometrie.....	179
9.2.4	Vorgaben für die Berechnung des elektrostatischen Feldes.....	181
9.2.5	Vorgaben für die Berechnung des Ionenraumladungsfeldes.....	182
9.2.6	Das Gitternetz.....	186
9.2.7	Der Solver.....	187
9.2.8	Ergebnisse.....	187
9.3	Berechnung des Strömungsfeldes.....	192
9.3.1	Das Gleichungssystem.....	192
9.3.2	Die Berechnungsstrategie.....	193
9.3.3	Die Geometrie.....	194
9.3.4	Vorgaben für die Berechnung des Strömungsfeldes.....	194
9.3.5	Das Gitternetz.....	195
9.3.6	Der Solver.....	195
9.3.7	Ergebnisse.....	196
9.4	Partikelbahnberechnung.....	200
9.4.1	Berechnung der Partikelaufladung.....	201
9.4.2	Berechnung der Partikelbewegung.....	201
9.4.3	Umsetzung.....	203
9.4.4	Ergebnisse.....	207
9.4.4.1	Orientierende Simulationen.....	207
9.4.4.2	Einfluss der Frequenz.....	212
9.4.4.3	Einfluss der Feldstärke.....	216
9.4.4.4	Einfluss des Ionenraumladungs-Zeit-Produktes.....	217
9.4.4.5	Einfluss der Verweilzeit.....	220
9.5	Zusammenfassende Bewertung.....	221
10	Zusammenfassung und Ausblick.....	223
Anhang	227
A.1	Ionenparameter.....	227
A.1.1	Die thermische Geschwindigkeit.....	227
A.1.2	Der Diffusionskoeffizient.....	227
A.1.3	Die freie Weglänge.....	228
A.1.4	Die elektrische Mobilität, die Masse und die Rekombinationswahrscheinlichkeit.....	230
A.1.5	Verwendete Ionenwerte.....	232
A.2	Der Partikel-Ion-Fangabstand.....	232

A.2.1	Berechnung des Ion-Ion-Fangabstandes.....	232
A.2.2	Berechnung des Partikel-Ion-Fangabstandes	234
A.3	Messung der Ladungsfraktionen kleiner Partikel.....	236
A.4	Aerosolneutralisatoren auf Basis von Radioaktivität	237
A.5	Bestimmung der Ionenkonzentration in radioaktiven Neutralisatoren.....	238
A.6	Symmetrie der Ladungsverteilung.....	240
A.7	Randbedingung an der aktiven Elektrode.....	241
A.7.1	Die Einsatzfeldstärke der Corona	241
A.7.2	Der Strom nach der U-I-Charakteristik	242
A.7.3	Die Geometrie der aktiven Elektrode	242
A.7.4	Die Änderung der Entladefläche mit dem elektrostatischen Feld.....	242
A.7.5	Die Änderung der lokalen Entladungsstärke mit dem elektrostatischen Feld	243
A.7.6	Die Aufteilung des Stroms als Funktion der Entladefläche und des elektrostatischen Feldes	244
A.8	Bestimmung des Eintrittsortes in den EN	246
Symbolverzeichnis.....		248
Literaturverzeichnis		255