



Gerald Hauser (Autor)

Qualifizierung von Rußpartikeln durch Kombinationen von elektrostatischen Feldeinflüssen

Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen



TU Clausthal

Quantifizierung von Rußpartikeln durch Kombination von elektrostatischen Feldeinflüssen

Gerald I. Hauser

Promotion an der Technischen Universität Clausthal

Band 80



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8980>

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
1.1	Motivation	1
1.2	Aufgabenstellung	3
2	Stand der Partikelmesstechnik	4
2.1	Ausgewählte Rußmessverfahren	4
2.1.1	Schwärzungszahl	4
2.1.2	Fotoakustisches Messverfahren	5
2.1.3	Laser Induced Incandescence Soot Analyser (LI ² SA)	6
2.1.4	Streulichtverfahren	7
2.1.5	Rußladungsverfahren nach Pegasor	8
2.1.6	Mobilität geladener Partikel	9
2.1.7	Resistiver Partikelsensor	10
2.2	Verwendete Vergleichsmessgeräte	11
2.2.1	Licht Absorptionsverfahren (Opazimetrie)	11
2.2.2	Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)	14
2.2.2.1	Konditionierung der Abgasprobe	15
2.2.2.2	Radial Differential Mobility Analyzer (RDMA)	15
2.2.2.3	Condensation Particle Counter (CPC)	16
2.3	Anforderung an die Rußmesstechnik	17
2.3.1	On-Board-Diagnose (OBD)	17
2.3.2	Einsatz im Messgerät	18
2.3.3	Vergleich der verschiedenen Rußmessverfahren	18
2.3.3.1	OBD-Verfahren	18
2.3.3.2	Analyse durch Abgasprobenahme	19
3	Grundlegende Eigenschaften von Rußpartikeln	21
3.1	Charakterisierung von Partikeln am Beispiel von Ruß	21
3.1.1	Entstehung von Ruß	21
3.1.2	Aufbau von Primärpartikeln	22

3.1.3	Definition des Partikeldurchmessers d_p agglomerierter Partikel	25
3.1.4	Definition der Partikel Fraktalität D_f	26
3.1.5	Fraktalität und Anzahl von agglomerierten Partikeln	28
3.2	Bewegung von Partikeln	30
3.2.1	Reibungskraft der Partikel.....	30
3.2.1.1	Die freie Weglänge λ des Trägergases [68]	31
3.2.1.2	Cunningham-Korrektur[69].....	32
3.2.2	Wirkung von elektrischen Feldern auf elektrisch leitende Partikel	33
3.2.2.1	Boltzmann Ladungsverteilung der Partikel	34
3.2.2.2	Coulombkraft	37
3.2.2.3	Influenzierte Kraftwirkung auf elektrisch leitende Partikel.....	37
4	These zur Funktionsweise des Rußladungsverfahrens	40
4.1	Rußsensor nach Smolenski [13]	40
4.2	Neue Ladungssensorbauart	44
5	Grundlagen der mathematischen Modellbildung	47
5.1	Elektrisches Feld der Elektrodenanordnung des Sensors.....	47
5.2	Die unterschiedlichen Kraftwirkungen auf die Partikel im Vergleich	51
5.3	Driftgeschwindigkeit der Partikel.....	53
5.3.1	Beschleunigungszeit der Partikel	56
5.4	Anlagerung der Partikel an umströmten Drähten	57
5.4.1	Umströmen der Elektrodendrähte.....	57
5.4.2	Iterative Berechnung der Partikelflugbahn.....	59
5.4.3	Unabhängigkeit von der Gasgeschwindigkeit	63
5.5	Eigenschaften von Dendriten auf der Elektrodenoberfläche	66
5.5.1	Ladungsverteilung entlang des Dendritens.....	67
5.5.2	Berechnung der Dendritenladung.....	72
5.5.3	Das elektrische Feld eines Dendriten.....	76
5.5.4	Wachstum von Dendriten durch elektrische Felder	78
5.6	Mathematisches Modell zur Vorhersage des Messsignals	79
5.6.1	Driftgeschwindigkeit der Partikel an der Messelektrode	79

5.6.2	Der Ladungsstrom an der Messelektrode.....	81
5.7	Diskussion des mathematischen Modells.....	86
6	Vergleich der modellierten Ergebnisse mit realen Messungen.....	88
6.1	Versuchsdurchführung.....	89
6.1.1	Beschreibung des Versuchsaufbaus.....	89
6.1.2	Beschreibung des hergestellten Rußsensors	90
6.2	Charakterisierung des Dieselabgases.....	91
6.2.1	Partikelgrößenverteilung im Abgas des Dieselmotors.....	91
6.2.2	Vergleich berechneter mit gemessener Partikelanzahlkonzentration	94
6.3	Berechnung des Messsignals mit Hilfe des mathematischen Modells.....	96
6.4	Vergleich mit Prüfstandsmessungen	99
6.4.1	Linearität und Geschwindigkeitsabhängigkeit des Messsignals	99
6.4.2	Einfluss der Hochspannung auf das Messsignal.....	101
7	Zusammenfassung und Ausblick	103
7.1	Zusammenfassung	103
7.2	Fazit	106
7.3	Weiterführende Themen	107