

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XIV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 Auslegung eines Kernkraftwerks gegenüber Kühlmittelverluststürfen	3
2.1.1 Das Sicherheitskonzept in kerntechnischen Anlagen	3
2.1.2 Der Kühlmittelverluststürfen	5
2.1.2.1 Atmosphärencharakteristik	8
2.1.2.2 Auswirkungen von Aerosolen auf den menschlichen Organismus	11
2.1.3 Sicherheitsbehälter eines Kernkraftwerks	12
2.2 Aerosole	13
2.2.1 Partikelentstehung	15
2.2.2 Partikeltransportphänomene in ruhenden Aerosolen	16
2.2.3 Partikeltransportphänomene in Aerosolströmungen	20
2.2.4 Elektrostatische Aufladung von Partikeln	21
2.2.5 Optische Aerosoleigenschaften	23
2.3 Feuchte und ihre Auswirkung auf Aerosole	26
<b>3 Stand der Technik</b>	<b>29</b>
3.1 Aerosolcharakterisierung	29
3.1.1 Filtermessung	30
3.1.2 Aerodynamic Particle Sizer Spectrometer	33
3.1.3 Scanning Mobility Particle Sizer	34
3.1.4 Auswertung und Vergleich unterschiedlicher Aerosolmessverfahren	37
3.1.5 Probenentnahme	38
3.1.5.1 Probenentnahme aus strömenden Aerosolen	39
3.1.5.2 Probenentnahme aus nahezu ruhenden Aerosolen	41
3.1.5.3 Aerosolverdünnung	43
3.1.6 Überwachung radioaktiver Partikel im Kernkraftwerk	47
3.2 Feuchtemesstechnik	49
3.2.1 Feuchtemesstechnik in der Reaktorsicherheitsforschung	49
3.2.2 Feuchtemesstechnik im Kernkraftwerk	51
3.3 Aufbau der zu untersuchenden optischen Messgeräte	52
3.3.1 Fast Aerosol SPectrometer	52
3.3.2 Steam-FASP	57
3.3.3 Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy	62
3.4 Auswirkungen einer Stürfenatmosphäre auf die Messtechnik	65
<b>4 Auslegung und Aufbau der Versuchsanlage</b>	<b>69</b>
4.1 Charakteristik einer Atmosphäre im Kühlmittelverluststürfen	69
4.2 Auslegung und Umsetzung einer aerosolgerechten Strömungsführung	71

4.3	Verfahrenstechnische Auslegung und Beschreibung der Versuchsanlage IN-EX im Forschungszentrum Jülich . . . . .	73
4.3.1	Gasversorgung . . . . .	77
4.3.2	Partikelerzeugung . . . . .	79
4.3.2.1	Pulverdispergierer mit Bürste . . . . .	79
4.3.2.2	Zweistoffdüsensystem . . . . .	84
4.3.3	Aerosolkonditionierung . . . . .	90
4.3.4	Druckgerät IN-EX . . . . .	96
4.3.5	Abgasbehandlung . . . . .	101
4.3.6	Aerosolcharakterisierung . . . . .	105
4.3.7	Sicherheitskonzept der Versuchsanlage IN-EX . . . . .	108
4.4	Diskussion der Messgenauigkeit . . . . .	111
4.4.1	Fehlerbetrachtung konventioneller Sensoren . . . . .	111
4.4.2	Fehlerbetrachtung der Aerosolcharakterisierung . . . . .	114
<b>5</b>	<b>Versuchsdurchführung und Ergebnisse</b>	<b>121</b>
5.1	Qualifizierung des Partikelmessgeräts FASP . . . . .	121
5.1.1	Versuchsmatrix . . . . .	127
5.1.2	Versuchsaufbau . . . . .	127
5.1.3	Versuchsdurchführung . . . . .	128
5.1.4	Ergebnisse . . . . .	134
5.1.5	Bewertung der Versuchsergebnisse . . . . .	159
5.2	Qualifizierung der Feuchtemessgeräte Steam-FASP und TDLAS . . . . .	161
5.2.1	Versuchsmatrix . . . . .	162
5.2.2	Versuchsaufbau . . . . .	163
5.2.3	Versuchsdurchführung . . . . .	165
5.2.4	Ergebnisse . . . . .	169
5.2.5	Bewertung der Versuchsergebnisse . . . . .	197
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>201</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>205</b>
<b>A</b>	<b>Messprinzip von Impaktoren</b>	<b>213</b>
<b>B</b>	<b>Verwendete Instrumentierung</b>	<b>219</b>
<b>C</b>	<b>Partikeldichten und Gesamtpartikelanzahl</b>	<b>229</b>
<b>D</b>	<b>Boxplots der statistischen Tests</b>	<b>233</b>
D.1	Levene Test . . . . .	234
D.2	ANOVA . . . . .	241
<b>E</b>	<b>Temperaturverläufe zu Versuch 3 der Feuchtequalifizierung</b>	<b>249</b>