

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ziele der Arbeit	2
1.2	Gliederung	2
1.3	Anmerkung	2
2	Stand der Technik	3
2.1	Durchflusssnormale	3
2.2	Durchflussmessung bei erhöhter Temperatur	4
2.3	Prüfmodi	5
2.4	Analytische Beschreibung von Strömungen	6
2.4.1	Exponentialprofil	7
2.4.2	Gersten-Profil	7
2.4.3	Tangens Hyperbolicus Profil	8
2.5	LDA-Grundlagen	9
2.6	Durchflussmessung mittels LDA	12
2.7	Auswahl der LDA	15
3	Aufbau des Normals	17
3.1	Optischer Zugang	17
3.2	LDA-Systeme	20
3.3	Traversiersysteme	23
3.4	Funktion des laseroptischen Durchflusssnormals	23
4	Unsicherheitsanalyse	27
4.1	Messunsicherheitsanalyse gemäß GUM	27
4.2	Messunsicherheit Wirkdruckverfahren Venturi-Düse	29
4.3	Unsicherheitsanalyse für LDA-Messungen	32
4.4	Unsicherheit der Geschwindigkeitsmessung	32
4.4.1	Partikelfolgevermögen	32
4.4.2	LDA-Rückführung	35
4.4.3	Statistischer Einfluss	37
4.4.4	Durchflussschwankungen	41
4.4.5	Geschwindigkeits-Bias	46
4.5	Unsicherheit des Messortes	47
4.5.1	Ausdehnung des Messvolumens	47
4.5.2	Positionierungsunsicherheit	53
4.5.3	Strahlverfolgungsrechnung	56
4.5.4	Unsicherheit der Querschnittsfläche	64

4.6	Unsicherheit der Integration	65
4.6.1	Beschreibung der Integration	65
4.6.2	Diskretisierungsunsicherheit	66
4.6.3	Bestimmung optimierter Sample-Positionen	72
4.6.4	Log-Regel	73
4.6.5	Rekonstruktion des Geschwindigkeitsprofils	75
4.6.6	Asymmetrie der Strömung	79
4.7	Zusammenfassung der Messunsicherheitsanalyse	81
5	Validierungsmessungen	85
6	Anmerkungen zur Übertragbarkeit	93
6.1	Stoffeigenschaften	93
6.2	Strömungsphysikalische Auswirkungen	93
6.3	Rückwirkung der Mediumtemperatur	94
6.4	Geometrie	94
7	Zusammenfassung	95
8	Ausblick	97
9	Danksagung	99
	Literatur	101
10	Anhang	111