

---

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Formelzeichen.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen.....</b>	<b>6</b>
2.1. Grundgleichungen / Vereinfachungen .....	6
2.2. Methode der Wandfunktionen.....	10
2.2.1. Vorbemerkungen .....	10
2.2.2. Übergangswandgesetz der Strömungsgrenzschicht.....	11
2.2.3. Übergangswandgesetz der Temperaturgrenzschicht.....	15
2.2.4. Literatur .....	17
2.3. Turbulenzmodellierung .....	19
2.3.1. Vorbemerkungen .....	19
2.3.2. Reynolds-Spannungs-Modell (RSM).....	21
2.3.3. Literatur .....	24
<b>3. Versuchsaufbau.....</b>	<b>29</b>
3.1. Beschreibung der Strömung .....	29
3.2. Gesamtkanal.....	30
3.3. Meßstrecke.....	32
3.4. Wandheizung .....	34
3.4.1. Aufbau .....	34
3.4.2. Theoretische Betrachtungen.....	39
<b>4. Meßsysteme und Meßwerterfassung.....</b>	<b>44</b>
4.1. Untersuchungen zur Meßzeit / statistische Genauigkeit.....	44
4.2. 3D - Laser-Doppler-Anemometer .....	45
4.2.1. Aufbau .....	46
4.2.2. Verschiebeeinheit .....	49

4.2.3. Wichtungsverfahren / Bias-Problem .....	50
4.2.4. Partikelgeneratoren / Monodisperser .....	55
4.3. Wanddruckmessungen .....	56
4.4. Messung der Wandschubspannung .....	57
4.5. Widerstandsthermometer / Cold - Wire .....	60
4.5.1. Prinzip .....	60
4.5.2. Kalibrierung .....	62
4.5.3. Zeitverhalten .....	64
4.6. Wandwärmestrom und Wandtemperaturverteilung .....	65
4.7. Betriebsparameter und automatisierter Meßbetrieb .....	67
4.8. Bestimmung der Wandabstände .....	69
<b>5. Voruntersuchungen zum Strömungs- und Temperaturfeld.....</b>	<b>72</b>
5.1. Zweidimensionalität des Strömungsfelds.....	72
5.1.1. Untersuchung der Zuströmung.....	72
5.1.2. Sichtbarmachung mit Wollfäden.....	74
5.1.3. Druckverteilung .....	76
5.1.4. Siebverschmutzungen durch Partikel .....	77
5.2. Untersuchungen zur Blasengröße.....	77
5.3. Nachweis konstanter Stoffwerte.....	79
5.4. Zweidimensionalität des Temperaturfelds .....	81
<b>6. Meßergebnisse .....</b>	<b>83</b>
6.1. Globale Ergebnisse .....	83
6.1.1. Strömungsfeld.....	83
6.1.2. Temperaturfeld .....	96
6.1.2.1. Stanton-Zahl .....	96
6.1.2.2. Temperaturprofile.....	98
6.2. Wandgesetze .....	101
6.2.1. Konstanten der Strömungsgrenzschicht.....	101
6.2.1.1. Bestimmung der Konstanten .....	101
6.2.1.2. Ergebnisse.....	106
6.2.1.3. Vergleich mit Untersuchungen anderer Autoren .....	108
6.2.2. Konstanten der Temperaturgrenzschicht.....	112

---

6.2.3. Analytische Funktionen der Wandkonstanten .....	115
6.3. Ergebnisse bzgl. der Turbulenzmodellierung .....	118
<b>7. Zusammenfassung.....</b>	<b>127</b>
<b>Anhang A1: Meßgrößen und Meßverfahren .....</b>	<b>132</b>
<b>Anhang A2: Vergleich verschiedener Strömungen mit druckinduzierter Ablösung .....</b>	<b>133</b>
<b>Anhang A3: Transformationsmatrix für 3D-LDA-Messungen .....</b>	<b>134</b>
<b>Anhang A4: Globale Grenzschichtgrößen .....</b>	<b>140</b>
<b>Anhang A5: Geschwindigkeitsprofile in Grenzschichtkoordinaten.....</b>	<b>141</b>
<b>Anhang A6: Schubspannungsverläufe.....</b>	<b>148</b>
<b>Anhang A7: Molekularer Wärmestrom .....</b>	<b>151</b>
<b>Anhang A8: Temperaturprofile in Grenzschichtkoordinaten .....</b>	<b>154</b>
<b>Anhang A9: Bilanzgleichungen .....</b>	<b>160</b>
<b>Anhang A10: Verläufe turbulenter Größen.....</b>	<b>178</b>
<b>Literatur.....</b>	<b>180</b>