

FORSCHUNGSBERICHTE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Nr. 3171 / Fachgruppe Maschinenbau/Verfahrenstechnik

Herausgegeben vom Minister für Wissenschaft und Forschung

Dipl. -Ing. Martin Sommerfeld
Prof. Dr. rer. nat. Hans Grönig

Stoßwellenlabor des Instituts für Luft- und Raumfahrt
der Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Aachen

Grenzschichten in
Gas-Teilchen-Strömungen
hinter Stoßwellen



Westdeutscher Verlag 1983

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Sommerfeld, Martin:

Grenzschichten in Gas-Teilchen-Strömungen
hinter Stosswellen / Martin Sommerfeld ; Hans
Grönig. - Opladen : Westdeutscher Verlag,
1983.

(Forschungsberichte des Landes Nordrhein-
Westfalen ; Nr. 3171 : Fachgruppe Maschi-
nenbau, Verfahrenstechnik)

NE: Grönig, Hans:; Nordrhein-Westfalen: For-
schungsberichte des Landes ...

© 1983 by Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen
Herstellung: Westdeutscher Verlag
ISBN 978-3-531-03171-2 ISBN 978-3-322-87719-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-322-87719-2

Inhalt

Bezeichnungen

Indizes

1. Einleitung	1
2. Versuchsanlage	2
2.1 Stoßrohr	2
2.2 Teilchenzufuhrsystem	3
2.3 Versuchsstäube	4
2.4 Meßtechnik	4
3. Charakteristika der Stoßwellenausbreitung in Gas-Teilchen- Gemischen	7
3.1 Phenomenologie und Grundgleichungen	7
3.2 Widerstandsgesetz	13
3.3 Berechnung der instationären Stoßwellenausbreitung	15
3.4 Versuchsergebnisse und Vergleich mit der Theorie	16
4. Stoßgrenzschicht in Gas-Teilchen-Gemischen	21
5. Berechnung der Stoßgrenzschicht für Gas-Teilchen-Gemische mit Hilfe von finiten Differenzen	22
6. Experimentelle Untersuchung der Stoßgrenzschicht	40
7. Entmischungseffekte in der Stoßgrenzschicht	44
8. Zusammenfassung	47
9. Literatur	49

Bezeichnungen

A	Koeffizient Gl. (5.41)
a	Schallgeschwindigkeit
A_0	
A_1	
A_2	Koeffizienten Gl. (5.30)
A_3	
A_4	
B	Koeffizient Gl. (5.41)
B_0	
B_1	Koeffizienten Gl. (5.40)
B_2	
B_3	
C	Koeffizient Gl. (5.41)
c	spezifische Wärme der Teilchen
c_f	Reibungskoeffizient
c_p	spezifische Wärme des Gases bei konst. Druck
c_v	spezifische Wärme des Gases bei konst. Volumen
c_w	Widerstandsbeiwert
D	Koeffizient Gl. (5.41)
D_p	Teilchendurchmesser
E	Koeffizient Gl. (5.41)
F	Variable Gl. (5.41)
F_A	Auftriebskraft auf die Teilchen
F_p	Widerstandsterm
F_{px}	Widerstandsterm in x-Richtung
F_{py}	Widerstandsterm in y-Richtung

G	Variable Gl. (5.30)
g_n	Koeffizient Gl. (5.37)
k	Wärmeleitfähigkeit des Gases
$M_s = \frac{u_s}{a_1}$	Stoßmachzahl
M_{s0}	Anfangsstoßmachzahl bei $x = 0$
Nu	Nusselt-Zahl
p	Druck
Pr	Prandtl Zahl
Q_p	Wärmeübergangsterm
R	Gaskonstante
R_p	Teilchenradius
$Re = \frac{ u-u_p D_p}{\nu}$	Reynolds-Zahl
T	Temperatur
t	Zeit
u	Geschwindigkeit
u_s	Stoßgeschwindigkeit
v	Normalkomponente der Geschwindigkeit
W_x	bezogener Widerstandsterm in x-Richtung
W_y	bezogener Widerstandsterm in y-Richtung
W_n	Koeffizient Gl. (5.37)
x,y	karthesische Koordinaten
α	Koeffizient Gl. (5.33)
β	Koeffizient Gl. (5.33)
γ	Koeffizient Gl. (5.33)
γ_s	Verhältnis der spezifischen Wärmen
δ	Koeffizient Gl. (5.33)
$\delta = c/c_p$	Verhältnis der spezifischen Wärme der Teilchen zur spezifischen Wärme des Gases
δ	Grenzschichtdicken

δ_T	Temperaturgrenzschichtdicke
δ_u	Geschwindigkeitsgrenzschichtdicke
ε	Volumenanteil der Teilchen
$\eta = \frac{m_p}{m}$	Ladungszahl
$\eta = y^*/\sqrt{x^*}$	Transformierte Koordinate
λ_m	Relaxationslänge (Geschwindigkeit)
λ_T	Relaxationslänge (Temperatur)
μ	dynamische Zähigkeit
ν	kinematische Zähigkeit
ρ	Dichte
ρ_p	Dichte des Teilchenmaterials
τ_m	Relaxationszeit (Geschwindigkeit)
τ_T	Relaxationszeit (Temperatur)

Indizes

E	Gleichgewicht
e	äquivalentes Gas
p	Teilchen
S	Stoß
w	Wand
0	Anfangszustand
—	stoßfestes System
*	dimensionslose Größen
1	Zustand vor dem Stoß
2	Zustand hinter dem Stoß
3	Zustand in Region 3
4	Zustand im Hochdruckteil