

# wissenschaft + technik

Taschenausgaben

Hans J. Lugt

## Wirbelströmung in Natur und Technik



G. Braun Karlsruhe

176/2775 INSTITUT  
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE  
UNIVERSITÄT HANNOVER  
HERRENHAUSER STR. 2 • 3000 HANNOVER 21

# Wirbelströmung in Natur und Technik

DK 551.511  
551.46  
551.513

von

Dr.-Ing. Hans J. Lugt

Wissenschaftlicher Berater US-Navy  
Washington D.C.

Mit 358 Bildern und 29 Tafeln

## Inhaltsverzeichnis

### Erster Teil

1.	Historischer Überblick	
1.1	Mythos und Frühgeschichte	1
1.2	Antike und Mittelalter	6
1.3	Die Renaissance	16
1.4	Die kartesische Wirbeltheorie	21
1.5	Die Zeit der klassischen Mechanik	24
1.6	Die Bedeutung des Wirbelbegriffs im 20. Jahrhundert	26
2.	Grundbegriffe und kinematische Betrachtungen	
2.1	Zwei Definitionen	31
2.2	Rotation und Erhaltungssatz der Materie	35
2.3	Stromlinien und Teilchenbahnen	38
2.4	Kann man Wirbel sehen?	46
2.5	Das Spektrum der Wirbel	49
3.	Die Eigenschaften einfacher Wirbel	
3.1	Zustandsgrößen und Grundgesetze	53
3.2	Die zwei Grundarten der ebenen Wirbel	57
3.3	Der Eimerversuch	66
3.4	Der Ausflußwirbel	68
3.5	Die Bewegung mehrerer Punktwirbel	72
3.6	Gekrümmte Wirbelröhren	78
4.	Vorticity	
4.1	Erzeugung und Ausbreitung von Vorticity	83
4.2	Dynamische Ähnlichkeit	86
4.3	Numerische Experimente	88
4.4	Die Bewegung bei sehr kleinen Reynoldszahlen	91
4.5	Grenzschicht und Scherströmung	101
4.6	Die klassische Vorticitytheorie	104
4.7	Die Lanchester-Prandtl-Hypothese vom Flug	107
4.8	Rad, Propeller und Bumerang	114
5.	Ablösung	
5.1	Strömungsablösung und Wirbelbildung	126
5.2	Wirbel hinter einer Kante	135
5.3	Wirbelablösung	140
5.4	Zur Evolution schnellschwimmender Fische	162
5.5	Freie Ringwirbel	167
6.	Instabilität und Turbulenz	
6.1	Was ist Instabilität?	179
6.2	Instabilität von Scherströmung und Grenzschicht	181
6.3	Periodische Wirbelausbreitung	187
6.4	Rotierende Körper	204
6.5	Turbulenz	220
6.6	Strömungswiderstand und seine Kontrolle	225

## Zweiter Teil

7.	Flüssigkeitsbewegung in einem rotierenden System	
7.1	Absolute Rotation und Machsches Prinzip	233
7.2	Zentrifugalkraft und Corioliskraft	238
7.3	Dynamische Ähnlichkeit in einem rotierenden System	243
7.4	Hyperbolizität	246
7.5	Die Zirkulation in rotierenden Behältern	253
7.6	Instabilität in rotierenden Flüssigkeiten	267
8.	Dichteänderungen in Ozean und Atmosphäre	
8.1	Die Wasser- und Lufthülle der Erde	275
8.2	Auftriebs- und Abwärtsströmung	279
8.3	Bénardzellen	290
8.4	Wirbel und Vorticity in geschichteten Strömungen	294
8.5	Analogie zwischen rotierenden und geschichteten Medien	300
8.6	Rotation in geschichteten Medien	302
9.	Zirkulationen in Atmosphäre, Ozean und Erde	
9.1	Die allgemeine Zirkulation der Lufthülle	308
9.2	Ozeanzirkulationen	320
9.3	Der Golfstrom	327
9.4	Laborversuche und Computerrechnungen zum Verständnis atmosphärischer und ozeanischer Zirkulationen	332
9.5	Ein Exkurs in die Erdgeschichte	337
10.	Einzelwirbel in Atmosphäre und Ozean	
10.1	Bevorzugte Frequenzbereiche im Wirbelspektrum	344
10.2	Kaltfront und Gewitterfront als Entstehungs-ort lokaler Luftwirbel	346
10.3	Tornados und Wasserhosen	351
10.4	Sandhosen	362
10.5	Langmuirwirbel	365
10.6	Gezeitenwirbel	366
11.	Tropische Wirbelstürme	
11.1	Geschichtliches	374
11.2	Tropische Wirbelstürme im 20. Jahrhundert	375
11.3	Voraussetzungen für die Entstehung tropischer Wirbelstürme	379
11.4	Der tropische Wirbelsturm als Wärmekraftmaschine	383
12.	Extraterrestrische Wirbel	
12.1	Periodizität als Ordnungsprinzip	393
12.2	Das Sonnensystem	395
12.3	Rotierende Sterne	399
12.4	Exotische Wirbelsterne	404
12.5	Galaktische Wirbel	408
12.6	Die Grenzen menschlicher Erkenntnis	414
	Quellennachweis	420
	Sachverzeichnis	444
	Fachwörter: Deutsch - Englisch, Englisch - Deutsch	457