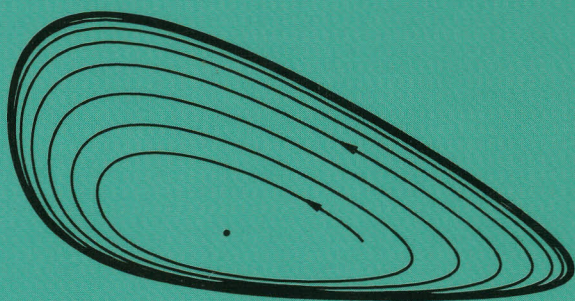


Ulrike  
Wacker

# Qualitative Analyse von dynamischen Systemen der Wolkenmikrophysik



**W&T**  
WISSENSCHAFT &  
TECHNIK VERLAG

# Qualitative Analyse von dynamischen Systemen der Wolkenmikrophysik

Ulrike Wacker

324/3990

INSTITUT

FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE

UNIVERSITÄT HANNOVER

HERRENHÄUSER STR. 2 · 30419 HANNOVER

Wissenschaft und Technik Verlag  
Berlin

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Modelle zum Kondensationswachstum von Tropfen	5
2.1	Vorbemerkungen	5
2.2	Modellgleichungen und Gleichgewichtszustände für ein Ensemble gleichartiger Tropfen	7
2.3	Stabilitätsanalyse	15
2.3.1	Lineare Stabilitätsanalyse	15
2.3.2	Thermodynamische Methode	16
2.3.3	Stabilitätsbedingung nach Lyapunov	17
2.3.4	Stabilität der Gleichgewichtszustände	19
2.4	Nichtlineare Effekte: Bifurkationen, Bistabilität und Hysterese-Erscheinung	24
2.5	Spitzenkatastrophe und Faltenlinien	28
2.6	Ein System mit zwei Tropfenklassen	33
3	Modelle zur Koagulation von Tropfen und Eisteilchen	41
3.1	Vorbemerkungen	41
3.2	Wolkenmikrophysikalische Prozesse und ihre Parametrisierung	44
3.3	Das nichtlineare dynamische Modell für eine offene Wolkenschicht	49
3.4	Einfluß einer Niederschlagsquelle auf die Entwicklung einer Wasserwolke	52
3.5	Einfluß der Eigenschaften von Niederschlagsteilchen auf die dynamische Struktur des Systems	56
3.5.1	Konstante externe Quellrate von Wolkenwasser	56
3.5.2	Autokatalytische externe Quellrate von Wolkenwasser	60
3.5.3	Einfluß des Break-up-Prozesses	61
3.5.4	Allgemeine Bemerkungen	62
3.6	Wettbewerbseffekte zwischen verschiedenen Sorten von Niederschlagsteilchen	64
3.6.1	Das Modellsystem	64
3.6.2	Analytische Behandlung eines Spezialfalles	65
3.6.3	Fallstudie: Flache Niederschlagseisteilchen	67
3.6.4	Fallstudie: Regentropfen und bereifte Eispartikel	72
4	Zusammenfassung und ergänzende Bemerkungen	75
A	Verwendete Konzepte in der Theorie dynamischer Systeme	81
A.1	Nichtlineare Dynamik und nichtlineare Prozesse	81
A.2	Abgeschlossene und offene Systeme	82
A.3	Strukturelle Stabilität und Bifurkation	83
A.4	Dissipative Strukturen, Selbstorganisation und Attraktoren	85
A.5	Selektion	86

B	Ableitung von thermodynamischen Zusammenhängen zu Kapitel 2	89
B.1	Ableitung einer differentiellen Beziehung zwischen Gasphasentemperatur und Tropfenmasse . . . . .	89
B.2	Ableitung einer Gleichung für die Entropieänderung . . . . .	91
C	Ableitung der in Kapitel 3 verwendeten Parametrisierungsansätze für die Akkreszenz-/Bereifungsrate und den Sedimentationsfluß	93
D	Stabilitätsuntersuchungen zu Abschnitt 3.6.2 für Wettbewerbssituationen zwischen mehreren Sorten von Niederschlagsteilchen	97
	Literaturverzeichnis	105
	Danksagung	109