
Kapitel 1:	Einleitung	1
1.1	Stand des Wissens	1
1.1.1	Fallstudien	1
1.1.2	Studien mit numerischen Modellen	3
1.2	Ziele dieser Arbeit	4
1.3	Arbeitsablauf und angewandte Mittel	5
Kapitel 2:	Einführung einer Turbulenzparametrisierung für MAMBO	8
2.1	Die Modellgleichungen von MAMBO mit turbulenter Reibung	8
2.2	Berechnung der turbulenten Quellterme	9
2.3	Bestimmung der vertikalen Diffusion	11
2.3.1	Schließung 1.5-facher Ordnung mit prognostischem K-Ansatz	11
2.3.2	Schließung 1.Ordnung mit diagnostischem K-Ansatz	13
2.4	Parametrisierung der horizontalen Diffusion	14
2.4.1	Explizite Berechnung der horizontalen Diffusion: Der K^x -Ansatz	14
2.4.2	Implizite Berechnung der horizontalen Diffusion: Der Shapiro-Filter	15
2.5	Parametrisierung der Prandtl-Schicht	17
2.6	Stabilitätsmaße in der Prandtl-Schicht	18
2.7	Bestimmung der Bodentemperatur in MAMBO	20
Kapitel 3:	Diskretisierung, Rand-, Anfangsbedingungen und großskalige Antriebe	23
3.1	Diskretisierung der Turbulenzparametrisierung	23
3.2	Diskretisierung der TKE-Gleichung	24
3.2.1	Die TKE-Advektion	24
3.3.2	Das TKE-Adjustment	25

3.3	Diskretisierung der Gradient-Richardson-Zahl-Gleichung	25
3.4	Randbedingungen	26
3.4.1	Untere Randbedingungen	26
3.4.2	Seitliche Randbedingungen	26
3.4.3	Obere Randbedingung	27
3.4.4	Probleme der Seitenrandbedingung in Verbindung mit dem Shapiro-Filter höherer Ordnung	28
3.5	Anfangsbedingungen und großskalige Antriebe	28
3.5.1	Die zwei verschiedenen Kaltfront-Typen (Temperaturfelder und Jets)	28
	a) LTJ (Lower Tropospheric Jet)	29
	b) UTJ (Upper Tropospheric Jet)	29
3.5.2	Anfangsprofile der Bodentemperatur	31
3.5.3	Großskaliger geostrophischer Antrieb	32
3.5.4	Modellsenkrechte Gradienten ohne turbulente Reibung	33
3.5.5	Modellsenkrechte Gradienten mit turbulenter Reibung	33
3.6	Ageostrophische Balancierung der Anfangsfelder	35
3.6.1	Initialisierung der Querkirkulation	35
3.6.2	Ageostrophische Balancierung der Grenzschicht, Reibungsdiastrophie	38
3.6.3	Berücksichtigung der Zeitvarianz des zonalen Grundstroms	39
3.7	Bezeichnung der in der Arbeit diskutierten Kaltfront-Simulationen	40
Kapitel 4:	Kaltfront-Simulationen, Fronten ohne großskaligen Antrieb	44
4.1	Die Standard-Plotausgaben von MAMBO	44
4.2	Lower Tropospheric Jet ohne großskaligen Antrieb (LTJ1)	45
4.3	Charakteristische Zonen an der LTJ1-Front mit turbulenter Reibung	57
4.4	Der Einfluß der Turbulenz-Schließung auf die Modellergebnisse	59
4.5	Upper Tropospheric Jet ohne großskaligen Antrieb (UTJ1)	61
4.6	Charakteristische Zonen an der UTJ1-Front mit turbulenter Reibung	65

Kapitel 5:	Kaltfront-Simulationen, Fronten mit großskaligem Antrieb	68
5.1	Der LTJ mit großskaligem Scherungs-Antrieb (LTJ3)	68
5.1.1	Der LTJ3 ohne turbulente Reibung (Lauf-Nr.3)	68
5.1.2	Der LTJ3 mit turbulenter Reibung (Lauf-Nr.13)	71
5.2	Der LTJ mit großskaligem Deformations-Antrieb (LTJ2)	76
5.2.1	Der LTJ2 ohne turbulente Reibung (Lauf-Nr.2)	76
5.2.2	Der LTJ2 mit turbulenter Reibung (Lauf-Nr.12)	79
5.3	Der UTJ mit großskaligem Scherungs-Antrieb (UTJ3)	81
5.3.1	Der UTJ3 ohne turbulente Reibung (Lauf-Nr.5)	81
5.3.2	Der UTJ3 mit turbulenter Reibung (Lauf-Nr.14)	84
5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse von Kapitel 5	88
Kapitel 6:	Frontogenese-Mechanismen reibungsbehafteter Kaltfronten	90
6.1	Die Terme der Frontogenese-Funktion nach Miller (1948)	90
6.2	Erläuterungen zu den Frontogeneseabbildungen (Abb.6.1 bis Abb.6.8)	90
6.3	Vergleich der frontogenetischen Strukturen verschiedener Frontsimulationen	91
6.3.1	Fronten ohne äußeren Antrieb (LTJ1 und UTJ1)	91
6.3.2	Fronten mit äußerem Antrieb (LTJ2, LTJ3 und UTJ3)	95
6.4	Zusammenfassung der Ergebnisse von Kapitel 6	104
Kapitel 7:	Sensitivitätsstudien	106
7.1	Der Einfluß der Strahlungsbilanz am Boden auf die Entwicklung der LTJ3-Front	106
7.2	Der Einfluß der Jahreszeit auf die Entwicklung der LTJ3-Front	117
7.3	Der Einfluß der Bodeneigenschaften auf die LTJ3-Front im Frühling	124
7.4	Zusammenfassung der Ergebnisse von Kapitel 7	129

Kapitel 8:	Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick	131
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	131
8.2	Ausblick	136
Anhang A:	Schritte zur Herleitung der TKE-ℓ-Schließung nach Arritt (1987)	137
A.1	Bestimmungsgleichungen für die Momente zweiter Ordnung	137
A.2	Die verschiedenen Schließungsniveaus für das Zweite-Momente-Modell (ZMM)	139
A.3	Einführung einer nicht-singulären Level-2.5-Schließung	143
A.4	Herleitung der Schließungskonstanten für die Parametrisierung der Fluß-Richardson-Zahl nach Yamada (1983)	146
Anhang B:	Terminologie der Hierarchie der Turbulenzschließungen	147
Anhang C:	Iterative Lösung der Ekman-Gleichungen	149
Literatur		151
Liste der verwendeten Symbole		155