



Axel Zenger

# Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung

Grundlagen und Praxis



Springer

Axel Zenger

# Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung

Grundlagen und Praxis

Mit 87 Abbildungen und 23 Tabellen

326/4001 INSTITUT  
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE  
UNIVERSITÄT HANNOVER  
HERRENHAUSER STR. 2 - 3019 HANNOVER



Springer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 DEFINITIONEN UND EINHEITEN .....</b>	<b>5</b>
2.1 BEGRIFFSBESTIMMUNG .....	5
2.1.1 <i>Emission</i> .....	5
2.1.2 <i>Immission</i> .....	6
2.1.3 <i>Deposition und Sedimentation</i> .....	6
2.2 VOLUMEN- UND MASSENKONZENTRATION .....	6
2.3 BEURTEILUNGSGRÖßEN.....	7
2.3.1 <i>Mittelwerte</i> .....	8
2.3.2 <i>Perzentilwerte</i> .....	8
2.3.3 <i>Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung</i> .....	9
2.4 GRENZ-, RICHT- UND VORSORGEWERTE.....	10
<b>3 TRANSPORT UND MISCHUNG .....</b>	<b>13</b>
3.1 PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN .....	15
3.1.1 <i>Advektion</i> .....	15
3.1.2 <i>Diffusion und Turbulenz</i> .....	16
3.2 NUMERISCHE BEHANDLUNG .....	27
3.2.1 <i>Finite Differenzen-Approximationen</i> .....	27
3.2.2 <i>Diskretisierungsfehler</i> .....	29
3.2.3 <i>Diskretisierungsgitter</i> .....	30
3.2.4 <i>FD-Approximation der Advektionsgleichung</i> .....	31
3.2.5 <i>FD-Approximation der Diffusionsgleichung</i> .....	34
3.2.6 <i>FD-Approximation der Advektions-Diffusionsgleichung</i> .....	35
3.2.7 <i>Stabilität der Finiten Differenzenverfahren</i> .....	37
3.2.8 <i>Numerische Diffusion</i> .....	40
3.2.9 <i>Möglichkeiten zur Minimierung der numerischen Diffusion</i> .....	42
3.3 TEILCHENSIMULATIONSMODELLE .....	45
<b>4 METEOROLOGISCHE EINFLUßGRÖßEN.....</b>	<b>49</b>
4.1 WINDRICHTUNG.....	49
4.1.1 <i>Regionale Variabilität der Windrichtung</i> .....	51
4.1.2 <i>Möglichkeit zur Übertragung benachbarter Windrosen</i> .....	53
4.1.3 <i>Höhenabhängigkeit der Windrichtung</i> .....	53

4.2 WINDGESCHWINDIGKEIT.....	55
4.2.1 Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit.....	57
4.2.2 Standort eines Windgebers.....	59
4.3 TURBULENZ.....	60
4.3.1 Isotropie.....	61
4.4 STABILITÄT DER ATMOSPHERE.....	62
4.4.1 Statische Stabilität.....	62
4.4.2 Dynamische Stabilität.....	67
4.4.3 Ausbreitungsklassen.....	69
4.4.4 Unterschiede verschiedener Einteilungsschemata.....	71
4.4.5 Stabilität und Ausbreitung.....	72
4.5 PRAXISORIENTIERTE WIND- UND AUSBREITUNGSSTATISTIK.....	73
4.5.1 TA-Luft-Format.....	74
4.5.2 DWD-(altes)-Format.....	75
4.5.3 Austal-Format.....	75
4.5.4 Visualisierung von Wind- und Ausbreitungsklassenstatistiken.....	76
4.5.5 Übertragung von Ausbreitungsklassenstatistiken.....	79
4.6 HÖHE DER MISCHUNGSSCHICHT.....	82
<b>5 GAUß-FAHNENMODELLE.....</b>	<b>83</b>
5.1 GRUNDLAGEN.....	84
5.1.1 Gauß-Puff-Modelle.....	84
5.1.2 Gauß-Fahnenmodelle.....	85
5.2 ANNAHMEN DES GAUß-FAHNENMODELLS.....	88
5.2.1 Zeitliche Konstanz der Sigma-Parameter.....	88
5.2.2 Räumliche Variation der Sigma-Parameter.....	88
5.2.3 Räumliche Konstanz des Windfeldes.....	89
5.2.4 Vernachlässigte Diffusion in Ausbreitungsrichtung.....	89
5.2.5 Mittelungszeiten.....	90
5.3 SIGMA-WERTE.....	90
5.3.1 Parametrisierung.....	91
5.3.2 Abhängigkeit von der aerodynamischen Rauigkeit.....	92
5.3.3 Repräsentativität der Sigma-Parameter.....	93
5.4 ANWENDUNGSVORAUSSETZUNGEN.....	94
5.5 TA-LUFT KONFORMES GAUß-FAHNENMODELL.....	94
5.5.1 Sigma-Werte.....	95
5.5.2 Mittlere Windgeschwindigkeit.....	96
5.5.3 Effektive Quellhöhe.....	96
5.5.4 Analyse ausgewählter Ausbreitungsbedingungen.....	97
5.5.5 Berechnung von Jahresmittel- und Perzentilwerten.....	98
5.6 GAUß-MODELL NACH TA-LUFT (1986).....	100
5.7 BERÜCKSICHTIGUNG EINER GERING AUSGEPRÄGTEN TOPOGRAPHIE... ..	105
5.8 GAUß-MODELL NACH VDI 3782/ BLATT 1.....	106
5.9 GENAUIGKEIT VON GAUß-FAHNENMODELLEN.....	107

<b>6 GEKOPPELTE WINDFELD-AUSBREITUNGSMODELLE.....</b>	<b>111</b>
6.1 WINDFELDMODELLE .....	112
6.1.1 <i>Diagnostische Strömungsmodelle</i> .....	112
6.1.2 <i>Prognostische Strömungsmodelle</i> .....	117
6.1.3 <i>Vertikale Bewegungsgleichung</i> .....	119
6.2 TURBULENZSCHLIEßUNG.....	121
6.2.1 <i>Schließung erster Ordnung</i> .....	122
6.2.2 <i>Schließung höherer Ordnung</i> .....	123
6.3 BESTIMMUNG DER AUSTAUSCHKOEFFIZIENTEN .....	123
6.4 EINGANGSGRÖßEN DER LAGRANGE-MODELLE.....	125
6.5 GENAUIGKEIT VON GEKOPPELTEN WIND- UND AUSBREITUNGSMODELLEN .....	125
6.5.1 <i>Standardsituation in ebenem Gelände</i> .....	126
6.5.2 <i>Topographisch moderat gegliedertes Gelände</i> .....	126
6.5.3 <i>Bebautes Gelände</i> .....	127
<b>7 MISKAM - BEISPIEL EINES PROGNOTISCHEN AUSBREITUNGSMODELLS.....</b>	<b>129</b>
7.1 VORBEMERKUNG .....	129
7.2 PHYSIKALISCHE UND NUMERISCHE GRUNDLAGEN .....	130
7.2.1 <i>Bewegungsgleichungen</i> .....	130
7.2.2 <i>Austauschkoeffizienten</i> .....	131
7.2.3 <i>Ausbreitungsmodell</i> .....	131
7.2.4 <i>Sedimentation und Deposition</i> .....	131
7.3 KENNGRÖßEN.....	132
7.4 BEDIENUNG VON MISKAM.....	132
7.4.1 <i>Aufbau der Eingabedateien für MISKAM</i> .....	133
7.4.2 <i>Durchführung der Rechnung und Ergebnisausgabe</i> .....	138
7.4.3 <i>Steuer-, Eingabe- und Ergebnisdateien</i> .....	143
7.4.4 <i>Größere Rechengebiete und geschachtelte Gitter</i> .....	144
7.4.5 <i>Berechnung statistischer Kenngrößen</i> .....	146
<b>8 ANHANG .....</b>	<b>147</b>
8.1 INSTALLATION DER DEMONSTRATIONSSOFTWARE.....	147
8.2 START DER DEMONSTRATIONSPROGRAMME .....	149
8.3 START VON MISKAM.....	149
<b>9 LITERATUR.....</b>	<b>151</b>