

Inhaltsverzeichnis

Teil I: Einführung

1	Einleitung	1
1.1	Wissenschaftlich-technische Visualisierung	1
1.2	Visualisierung in der Meteorologie	2
1.3	Aufgabenstellung und Zielsetzung der Arbeit	3
1.4	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	4
1.5	Gliederung und Struktur	7
2	Meteorologische Daten und Simulationsmodelle	9
2.1	Eingangsdaten	9
2.2	Modelle	11
2.2.1	Das Globalmodell	12
2.2.2	Das Europamodell	13
2.2.3	Das Deutschlandmodell	13
2.3	Physikalische Parametrisierung	14
2.4	Das Modellgitter des Europamodells	15
2.4.1	Horizontale Gitteraufteilung	15
2.4.2	Vertikale Gitteraufteilung	17
2.5	Berechnete und abgeleitete Daten	18
2.6	Bedeutung der Computergraphik für die Meteorologie	19

Teil II: Stand der Technik

3	Visualisierungstechniken	21
3.1	Klassifizierung verfügbarer Visualisierungstechniken	22
3.2	Visualisierungstechniken für skalare Daten	24
3.2.1	Zweidimensionale skalare Daten	24
3.2.2	Dreidimensionale skalare Daten	27
3.3	Visualisierungstechniken für Vektordaten	29
3.4	Visualisierungstechniken für multivariate Daten	30

VIII

4	Visualisierungssysteme	33
4.1	Monolithische Turnkeysysteme	33
4.1.1	ISVAS3 und ICV des Fraunhofer-IGD	34
4.1.2	McIDAS der University of Wisconsin-Madison	35
4.1.3	VISSD der University of Wisconsin-Madison	37
4.1.4	MeteoVis der Tsinghua-Universität	38
4.1.5	IGS, MAP und Diagnose des DWD	40
4.1.6	Triton i7 von Kavouras	41
4.1.7	AccuWeather	42
4.1.8	Nimbus von SINTEF / Metaphor Systems	43
4.1.9	EarthWatch 2000	43
4.1.10	WEATHERproducer von WSI	44
4.1.11	Weather News International	45
4.2	Datenflußorientierte Application Builder	45
4.2.1	apE	46
4.2.2	AVS	55
4.2.3	IRIS Explorer	56
4.2.4	Khoros	57
4.3	Diskussion	58

Teil III: Neuartige Verfahren und Aspekte

5	Interaktion in Visualisierungssystemen	60
5.1	Interaktion als Hilfe zur Wahrnehmung	60
5.2	Verstehen der Daten	61
5.3	Semantische Interaktion in datenflußorientierten Systemen	63
5.3.1	Interaktionstypen	63
5.3.2	Konzept der semantischen Interaktion	65
5.3.3	Der Eingabe-Anwort-Zyklus	66
5.3.4	Die Visualization-Input-Pipeline	67
5.3.5	Realisierung und Ergebnisse	70
5.4	Zusammenfassung	72
6	Zeit in der Visualisierung	74
6.1	Motivation für eine umfassende Zeitkontrolle	74
6.2	Was ist Zeit?	75
6.3	Modellierung der Zeit als 4. Dimension	76
6.4	Konzepte zur Zeitkontrolle	78
6.4.1	Mathematische Handhabung der Zeitkontrolle	79
6.4.2	Abschätzung von Bildgenerierungszeiten	79
6.4.3	Interpolation in der Zeit	81
6.4.4	Zeitkontrolle durch den Anwender	82
6.4.5	Austausch von einer Raum- und der Zeitachse	82
6.5	Architektur und Schnittstelle	83

6.5.1	Das Animationsmodul	84
6.5.2	Die Schnittstelle zum Visualisierungssystem	85
6.6	Zusammenfassung und Ergebnisse	86
7	Kontextabhängigkeit der Visualisierung meteorologischer Daten	88
7.1	Geographischer Kontext	89
7.1.1	Berücksichtigung des geographischen Kontextes	89
7.1.2	Bewältigung der Komplexität von digitalen Geländemodellen	90
7.2	Zeitkontext	106
7.3	Zielgruppe der Visualisierung	106

Teil IV: Visualisierung für Meteorologen und Laien

8	Das Visualisierungssystem RASSIN	109
8.1	Einführung	109
8.2	Simulationsmodelle und Datentypen	110
8.2.1	Skalare Daten	110
8.2.2	Vektordaten	112
8.2.3	Multivariate Daten	113
8.3	Modellgitter	113
8.3.1	Berechnung der horizontalen Koordinaten	114
8.3.2	Berechnung der Vertikalkoordinaten	116
8.4	Datenverwaltung	121
8.4.1	Interne Datenklassen	121
8.4.2	Das zentrale Datenverwaltungsmodul	124
8.4.3	Schnittstellen des Datenverwaltungsmoduls	127
8.5	Berücksichtigung des Datenkontextes	129
8.5.1	Geographischer Kontext	129
8.5.2	Zeitlicher Kontext	130
8.6	Realisierte Visualisierungstechniken	131
8.6.1	Realisierte Verfahren für skalare Daten	131
8.6.2	Realisierte Verfahren für Vektordaten	133
8.6.3	Realisierte Verfahren für multivariate Daten	134
8.6.4	Darstellung des Datengitters	134
8.7	Benutzerschnittstelle und Interaktion	136
8.7.1	Laden der Daten	136
8.7.2	Zugriff auf die Parameter der Visualisierungstechniken	137
8.7.3	Interaktive Navigation im Datenraum	138
8.7.4	Wahl des Kontextes	139
8.8	Werkzeug zur wissenschaftlich-technischen Animation	139
8.8.1	Benutzerschnittstelle	140
8.8.2	Benutzerinformationen	141
8.8.3	Umfassende Zeitkontrolle	143
8.9	Zusammenfassung und Ergebnisse	144

9	Das Visualisierungssystem TriVis	146
9.1	Einführung	146
9.2	Simulationsmodelle und Datentypen	147
9.2.1	Meteorologische Daten	147
9.2.2	Geographische Kontextdaten	148
9.3	Interpolation	149
9.4	Visualisierung meteorologischer Daten für Laien	150
9.4.1	Hintergrundkarte	150
9.4.2	Wolkenobjekte	151
9.4.3	Farbtabelle für skalare Daten	151
9.4.4	Dynamik	153
9.4.5	Piktogramme	153
9.4.6	Vektorfelder	153
9.4.7	Weiterhin erforderliche wahrnehmungspsychologische Arbeiten	154
9.5	Zweidimensionale Visualisierungsverfahren	155
9.5.1	Satelliten- und Radardaten	155
9.5.2	Skalare Daten	157
9.5.3	Wolkendaten	158
9.5.4	Niederschläge	163
9.5.5	Zusätzliche Informationen	164
9.6	Dreidimensionale Visualisierungsverfahren	166
9.6.1	Satellitendaten	166
9.6.2	Skalare Daten	167
9.6.3	Realistische dreidimensionale Wolken	168
9.6.4	Niederschläge und Gewitter	171
9.6.5	Winddaten	173
9.6.6	Zusätzliche Informationen	174
9.6.7	Renderingtechniken	175
9.7	Präsentationskonzepte für 3D TV-Wetter	176
9.7.1	Ziele einer 3D TV-Wetterpräsentation	177
9.7.2	Redaktionelle Konzepte	178
9.8	Systemarchitektur	180
9.9	Bedienungsoberfläche	184
9.10	Anwendungen von TriVis	186
9.10.1	Einsatz im TV-Bereich	187
9.10.2	Einsatz bei Weather-on-Demand	187
9.11	Zusammenfassung und Ausblick	188

Teil V: Integration, Bedienung

10	Bedienungsoberflächen für meteorologische Visualisierungssysteme	190
10.1	Ergonomische graphische Bedienungsoberflächen	191
10.1.1	Aufgabenangemessenheit	191

10.1.2	Selbstbeschreibungsfähigkeit	192
10.1.3	Steuerbarkeit	192
10.1.4	Erwartungskonformität (Konsistenz)	193
10.1.5	Fehlerrobustheit	194
10.2	Modelle für Anwenderprofile und Systemanalysen	194
10.2.1	Der VDI-Modellrahmen und seine Abstraktionsebenen	194
10.2.2	Das Handlungsmodell	195
10.2.3	Das Anwendungsmodell	197
10.3	Anwendung der Modelle bei meteorologischen Applikationen	197
10.3.1	Visualisierungsaufgaben im operationellen Betrieb des DWD	198
10.3.2	Das Benutzermodell im operationellen Betrieb des DWD	199
10.3.3	Das Handlungsmodell im operationellen Betrieb des DWD	200
10.4	Konzept einer optimalen Bedienungsoberfläche	202
10.4.1	Spezielle Anforderungen	202
10.4.2	Beschreibung des Konzeptes	206
10.4.3	Aufbau der Bedienungsoberfläche	206
10.4.4	Systemnavigation am Beispiel eines Visualisierungsschrittes	208
10.4.5	Realisierung des Konzeptes	209
10.5	Zusammenfassung und Ausblick	210
11	Das Rahmensystem zur Visualisierung meteorologischer Daten	212
11.1	RASSIN und TriVis als Komponenten des Rahmensystems	212
11.2	Ein offenes System	213
11.3	Schnittstellen des offenen Rahmensystems	215

Teil VI: Schlußbetrachtungen

12	Anwendung und Bewertung des Systems	217
12.1	RASSIN	217
12.2	TriVis	219
13	Zusammenfassung und Ausblick	222
14	Literaturverzeichnis	225
Farbteil		237