

Radar-based precipitation classification in the Baltic Sea area

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades des
Doktors der Naturwissenschaften
am Fachbereich Geowissenschaften
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Andi Walther

geboren am 1.11.1968 in Berlin-Kaulsdorf

Berlin, Februar 2007

1. Gutachter: Prof. Dr. Jürgen Fischer

2. Gutachter: Prof. Dr. Ralf Bennartz

Tag der Disputation: 04 Mai 2007

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Andi Walther, die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe verfasst und nur die angegebene Literatur und die angegebenen Hilfsmittel verwendet zu haben!

Andi Walther

Lebenslauf

Name Andi Walther
Geburtsdatum 01.11.1968
Geburtsort Berlin-Kaulsdorf
Staatsangehörigkeit deutsch
Familienstand verheiratet, 2 Kinder

1975-1985 Polytechnische Oberschule Heinrich Heine, Erfurt
1985-1988 Ausbildung zum Facharbeiter der Nachrichtentechnik, Deutsche Post, Erfurt
1988-1993 Berufstätig als Techniker
1993-1995 Hochschulreife, Abendgymnasium Heidelberg
1995-2001 Studium der Meteorologie, Freie Universität Berlin, Abschluss mit der Note "Sehr gut"
2001-2006 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Weltraumwissenschaften, Freie Universität Berlin

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur klimatologischen Betrachtung eines wichtigen Bestandteils des Wasserkreislaufs im Ostseeraum: den Niederschlag. Niederschlag hat einen erheblichen Einfluss auf nahezu alle anderen Komponenten des Klimasystems. Es ist daher unerlässlich, diese Komponente in der ganzen Vielfalt ihres Auftretens zu betrachten. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der räumlichen und zeitlichen Variabilität des Niederschlags.

Die ursächliche Bedingung für das Entstehen von Niederschlag ist das Auftreten von Hebungsprozessen von Luft und die damit verbundene Wolkenbildung. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Verfahren entwickelt, welches den Niederschlag nach der Art der Hebung, also nach der Ursache seiner Entstehung einteilt. Dabei werden die Klassen *konvektiver Niederschlag* für die freie Hebung und *frontaler Niederschlag* für die erzwungene, großräumige Hebung verwendet.

Der Mensch ist in der Lage Fronten an Hand von Satellitenbildern oder großräumigen Niederschlagskarten zu erkennen. Für eine große Datenmenge war aber das Erstellen eines automatisierten Verfahrens notwendig. Der entwickelte Algorithmus basiert auf textueller und struktureller Auswertung von horizontalen Niederschlagskarten. Die Genauigkeit des Verfahrens wurde mit synoptischen Routinemessungen und Analysekarten des britischen Wetterdienstes abgeschätzt. Der *Hansen und Kuipers score* ist eine geeignete statistische Größe, um die Güte von Ja/Nein Entscheidungen auch mit ungünstiger Verteilung der Proben mit nur einer Zahl zu bewerten. Für die Validierung mit synoptischen Daten ergibt der *Hansen und Kuipers score* einen Wert von etwa 0,57 und für die Auswertung mit den Analysekarten einen Wert von 0,76. Das entspricht einer Trefferquote von 78% bzw. 90%. Es hat sich gezeigt, dass die Validierungsergebnisse unabhängig vom Ort und von der Jahreszeit des Niederschlags sind.

Das Verfahren wurde danach auf den Niederschlagsradardatensatz BALTRAD für die Jahre 2000 bis 2002 angewendet. Da quantitative Abschätzungen des Niederschlags aus Radarmessungen eine große Unsicherheit aufweisen, wurde ausschließlich die Auftrittshäufigkeit von Regenintensitäten oberhalb eines vordefinierten Schwellenwertes betrachtet. Es konnten eine Vielzahl klimatologisch relevanter Aussagen getroffen werden, sowohl genereller Natur als auch solche die ein besonderes Augenmerk auf Jahres- und Tagesgang legen. Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

- Frontaler Niederschlag dominiert den Ostseeraum mit zwei Dritteln des Gesamtniederschlags.
- Die Trennung in konvektiven und frontalen Anteil repräsentiert gleichzeitig nahezu

eine Trennung von Niederschlag mit tageszeitlicher Variabilität und ohne.

- Die tageszeitliche Variabilität des konvektiven Niederschlags über Land unterscheidet sich von dem über dem Meer. Das tageszeitliche Signal ist über Land erheblich größer, insbesondere im Sommer.
- Durch die automatisierte Interpretation von Hovmöller Diagrammen des frontalen Anteils konnte eine mittlere zonale West-Ost-Geschwindigkeit von Frontensystemen von etwa 7 m/s abgeschätzt werden.

Ein oft zitierter Mangel, der viele Klimamodelle betrifft, ist die Tatsache, dass die Tageszeit des maximalen Niederschlages zwei bis drei Stunden zu früh simuliert wird (Trenberth et al., 2003). Es wird vermutet, dass der konvektive Niederschlag unzureichend beschrieben ist. Das hier vorgestellte Verfahren erlaubt die Selektion von konvektiven Niederschlag und ist damit besonders geeignet, genauere Untersuchungen des konvektiven Tagesgangs durchzuführen. Im Kapitel 6 werden die Ergebnisse einer solchen Untersuchung für das Klimamodellsystem BALTIMOS vorgestellt.

Contents

1	Introduction	1
2	Essentials	5
2.1	Fundamentals	5
2.2	The radar data set BALTRAD	10
3	Methodology	15
3.1	Overview	15
3.2	Identification of contiguous rain regions	17
3.3	Parameters to describe a precipitation system	19
3.3.1	Shape descriptors	20
3.3.2	Texture information	22
3.4	Development of the classification tool	24
3.4.1	Selection of the training dataset	24
3.4.2	Statistical properties of the training dataset	25
3.4.3	Temporal and spatial adjustments	27
4	Validation	31
4.1	Comparisons with visually classified re-analysis fields	33
4.2	Comparisons with surface synoptic observations	34
5	Application	37
5.1	Data processing	37
5.2	Results	43
5.2.1	Overall geographical patterns	43
5.2.2	Seasonal and diurnal variations	44
5.2.3	Geographical patterns of diurnal cycle parameters	46
5.2.4	Frontal overpass statistics	49
5.3	Summary	55

6	Evaluation of a regional climate model	59
6.1	Motivation	59
6.2	Model, observational data and analysis methods	61
6.2.1	BALTIMOS simulations	61
6.2.2	Observational data	62
6.2.3	Methods of comparison	62
6.3	Results	63
6.3.1	General features	63
6.3.2	Frontal fraction	66
6.3.3	Diurnal cycle	69
6.4	Conclusions	73
7	Summary	79
	Bibliography	81
	A Precipitation maps	87
	B Hovmöller diagrams	91
	List of Figures	95
	List of Tables	99
	List of Acronyms	101

