

Remote sensing of atmospheric water vapour
for numerical weather prediction

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium

(dr. rer. nat.)

eingereicht am

Fachbereich Geowissenschaften

der Freien Universität Berlin

von

Dipl.-Met. Peter Albert

geboren am 05. 05. 1971 in Grünstadt

Januar 2004

1. Gutachter

Prof. Dr. Jürgen Fischer

2. Gutachter

Prof. Dr. Nils Gustafsson

Tag der Disputation:

7. Mai 2004

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Arbeit selbständig ohne fremde Hilfe verfasst und nur die angegebene Literatur und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Peter Albert 27. 01. 2004

Contents

1	Introduction	1
2	Remote sensing of atmospheric water vapour	3
2.1	Line absorption	9
2.2	Sensitivity studies and error analysis	15
2.3	Application to satellite measurements	21
3	A near-real-time processing system for satellite data	27
4	Validation of satellite-based water vapour measurements	33
4.1	Validation with the ARM-SGP Microwave Water Radiometer	33
4.2	Validation with GPS	37
4.3	Validation with radio soundings	39
4.3.1	Water vapour above land	40
4.3.2	Water vapour above clouds	41
4.4	Validation summary	43
5	Assimilation of water vapour measurements	46
5.1	3D Variational data assimilation	46
5.2	MODIS data for data assimilation	50
5.2.1	Bringing MODIS data into the HIRLAM grid	50
5.2.2	MODIS observation error statistics	52
5.3	The assimilation experiment	55
5.3.1	Innovation vectors	55

5.3.2	Assimilation increments	62
5.3.3	Impact of MODIS data on forecast	69
6	Conclusion and Outlook	74
	Zusammenfassung	76
	Appendix	78
	Acknowledgements	80
	Figures	82
	Tables	88
	Bibliography	90