Visualisierung und Quantifizierung von Überschwemmungsbereichen am Mittellauf der Elbe

- GIS-gestützte Modellierung von Überschwemmungen -

Sören Steinbach

**ERDSICHT - EINBLICKE IN GEOGRAPHISCHE
UND GEOINFORMATIONSTECHNISCHE ARBEITSWEISEN**

Schriftenreihe des Geographischen Instituts der Universität Göttingen,
Abteilung Kartographie, GIS und Fernerkundung

Herausgegeben von Prof. Dr. Martin Kappas

ISSN 1614-4716

Sören Steinbach

**VISUALISIERUNG UND QUANTIFIZIERUNG
VON ÜBERSCHWEMMUNGSBEREICHEN
AM MITTELLAUF DER ELBE**

GIS-gestützte Modellierung von Überschwemmungen

ibidem-Verlag
Stuttgart

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Dieser Titel ist als Printversion im Buchhandel
oder direkt bei *ibidem* (www.ibidem-verlag.de) zu beziehen unter der

ISBN 978-3-89821-530-5.

∞

ISSN: 1614-4716

ISBN-13: 978-3-8382-5530-9

© *ibidem*-Verlag
Stuttgart 2012

Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und elektronische Speicherformen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in or introduced into a retrieval system, or transmitted, in any form, or by any means (electronical, mechanical, photocopying, recording or otherwise) without the prior written permission of the publisher. Any person who does any unauthorized act in relation to this publication may be liable to criminal prosecution and civil claims for damages.

Vorwort des Herausgebers

Die Reihe „Erdsicht – Einblicke in geographische und geoinformationstechnische Arbeitsweisen“ soll Forschungsergebnisse und Arbeiten im Bereich der Erdsystemforschung vorstellen. Die Betrachtung der Erde als System ist als Inhalt heutiger und zukünftiger geowissenschaftlicher Gemeinschaftsforschung dringend gefordert. Die Herausforderungen liegen zum einen in der Erforschung der grundlegenden Erdsystemprozesse sowie in der Erforschung der vielfältigen Interaktionen zwischen den verschiedenen Teilbereichen des Systems Erde. Hierzu zählen Wechselwirkungen zwischen fester Erde und Atmosphäre, zwischen der Landoberfläche und der Hydrosphäre oder zwischen Biosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre. Der Mensch steht dabei mit seinen zentralen Nutzungsansprüchen (Ernährung – agrare Landnutzung – Ressourcennutzung) im Mittelpunkt eines vielfach vernetzten Erdsystems. Der Mensch verändert Landschaften und Atmosphäre und greift somit in alle Skalenbereiche des Erdsystems ein. Insofern müssen diese Veränderungen beobachtet und bewertet werden, damit Konzepte für ein nachhaltiges Erdsystemmanagement auf den unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen entwickelt werden können. Die neuen Geoinformationstechniken (Geographische Informationssysteme – GIS; luft- und Satellitengestützte Fernerkundungssysteme) helfen dabei das System Erde zu beobachten und zu begreifen. Ohne diese Techniken ist eine ganzheitliche Betrachtung der Erde und eine flächenhafte Bereitstellung von Informationen über das Erdsystem nicht möglich.

Die vorliegende Arbeit von Herrn Steinbach entstand am Geographischen Institut der Universität Göttingen in der Abteilung Kartographie, GIS & Fernerkundung (Prof. Dr. M. Kappas) und beschäftigt sich mit der GIS-gestützten Modellierung von Überschwemmungen im Bereich des Mittellauf der Elbe. GIS-gestützte Bewertungen von Wassereinzugsgebieten und insbesondere von Flussgebieten werden immer bedeutsamer, da sich die Randbedingungen dieser Systeme stetig ändern. Naturnahe Flächen innerhalb von Flusseinzugsgebieten werden umgewandelt in Nutzflächen und verändern nachhaltig das „Response“-Verhalten eines Einzugsgebiets bei Hochwasserereignissen.

Als Fallbeispiel dient die Hochwasserkatastrophe vom August 2002 an der Elbe. Ziel dieser Arbeit ist es, den Ablauf der Überschwemmungen durch ein „Floodriskmanagement“ zu visualisieren. Ergebnisse dieser Simulationen können Anrainern und Hilfsorganisationen eine Vorschau auf mögliche Ernstfälle geben.

Martin Kappas

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Einleitung	1
1.2	GIS gestützte Modellierung von Überschwemmungen	2
1.3	Zielsetzung	3
1.4	Definition von Hochwasser und DGM	4
1.5	Problemstellung und Idee der Arbeit	5
1.6	Verwendete Hard- und Software	7
1.7	Aufbau der Arbeit	7
2	DAS EINZUGSGEBIET DER ELBE	11
2.1	Abgrenzung, Lage und Fläche	11
2.2	Der Flussverlauf der Elbe – von der Quelle bis zur Mündung	16
2.3	Das Arbeitsgebiet	18
2.3.1	Beschreibung	18
2.3.2	Karte und Übersicht	20
3	DAS KLIMA IM EINZUGSGEBIET DER ELBE	21
3.1	Allgemeines zum Klima in Deutschland	21
3.2	Das Klima im Einzugsgebiet der Elbe	21
3.3	Hydrologische Charakteristika	24
3.4	Anthropogene Einflüsse auf die Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet der Elbe.	25
4	DIE GEOLOGIE DER ELBE	29
4.1	Einleitung	29

4.2 Die Flussgeschichte	30
4.3 Die Einflüsse des Quartärs	31
4.4 Die Flussgeologie	33
5 METEOROLOGISCHE URSACHEN VON HOCHWASSERKATASTROPHEN.....	35
5.1 Meteorologische Situation im Sommer 2002.....	35
5.1.1 Das Niederschlagsgeschehen der ersten 12 Tage im August 2002.....	35
5.1.2 Der Vergleich zum klimatologischen Mittel 1961 - 1990.....	42
5.2 Meteorologische Situationen in der Vergangenheit	43
5.2.1 Zur Entstehung sommerlicher Hochwassersituationen	43
5.2.2 Der Wetterablauf im Juli 1954	45
5.3 Klimatologischer Vergleich mit Hochfluten der Vergangenheit	46
5.4 Einordnung des Elbehochwassers unter die Großereignisse der letzten Jahre in Deutschland	50
6 FERNERKUNDUNG IN DER HYDROLOGIE	54
6.1 Einleitung	54
6.2 Physikalische Grundlagen der Fernerkundung	55
6.3 Anwendung in der Gewässerfernerkundung	58
6.3.1 Physikalische Grundlagen	58
6.3.2 Die Entwicklung in der Gewässerfernerkundung.....	62
6.4 Der Sensor Landsat 7 ETM+	64
6.4.1 Allgemeine Informationen zum Satelliten Landsat 7 ETM+	64
6.4.2 Die Kanäle (Bänder) des Landsat 7 ETM+	65
6.4.3 Anwendungsbereiche	66
6.4.4 Programm-Management.....	67

6.4.5	Orbit und Sensor	67
6.4.6	Internationales Bodensegment	69
6.4.7	Satellitendaten und Katastrophenmanagement am Beispiel der Hochwasserkatastrophe an der Elbe 2002	69
7	VISUALISIERUNG VON ÜBERSCHWEMMUNGSBEREICHEN AN DER ELBE	70
7.1	Die Software „Floodarea“ als ArcView-Erweiterung.....	70
7.2	Vorverarbeitung (Pre-Processing) der Daten	73
7.2.1	Die Satellitenbilder des Sensors Landsat 7 ETM+	73
7.2.1.1	Geocodierung	76
7.2.1.2	Atmosphärenkorrektur	78
7.2.1.3	Klassifikation	80
7.2.1.3.1	Unüberwachte Klassifikation	81
7.2.1.3.2	Überwachte Klassifikation	83
7.2.2	Das DGM (Digitales Gelände Modell)	86
7.2.3	Die Karten.....	88
7.3	Verarbeitung (Processing)	90
8	SCHLUßBETRACHTUNG.....	97
8.1	Zusammenfassung	97
8.2	Diskussion.....	100
9	LITERATURVERZEICHNIS	103
9.1	Buch- und Aufsatzquellen.....	103
9.2	Internetquellen	107
10	ANHANG	I
10.1	Anhang I	I

10.2 Anhang II	II
10.3 Anhang III	XXII
10.4 Anhang IV	XXVIII

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Einordnung des Einzugsgebiets der Elbe in Europa.....	14
Abb. 2: : Das Einzugsgebiet der Elbe	15
Abb. 3: Karte des Arbeitsgebietes	20
Abb. 4: Klimadiagramme der Städte Dresden, Wittenberg und Magdeburg nach W. Köppen)	23
Abb. 5: Foto der verheerenden Flut	24
Abb. 6: Die Teileinzugsgebiete der Elbe	27
Abb. 7: Gliederung des Quartärs	29
Abb. 8: Frühpleistozäne und Elster-kaltzeitliche Elbeläufe	32
Abb. 9: Faziesschema für Gerinnesedimentation	34
Abb. 10: Faziesschema für Auesedimentation)	34
Abb. 11: Satellitenbild (sichtbarer Kanal von NOAA16) für das Starkniederschlagsereignis vom 6. August 2002	36
Abb. 12: Satellitenbild (sichtbarer Kanal von NOAA16) mit Zugbahn des Tiefdruckgebietes ILSE für das Starkniederschlagsereignis vom 11.-13. August 2002,(vgl. auch Abb.16 „Die Zugbahn einer Vb-Wetterlage“)).....	37
Abb. 13: Aus meteorologischen Radar- und Niederschlagsdaten abgeleitete Sechsstunden-Summen der Niederschlagshöhe für den Zeitraum vom 11. bis 13. August 2002.....	39
Abb. 14: Niederschlagsverteilung über dem Elbeeinzugsgebiet vom 01.08.-10.08.2002	41
Abb. 15: Niederschlagsverteilung über dem Elbeeinzugsgebiet vom 11.08.-13.08.2002	41
Abb. 16: Die Zugbahn einer Vb-Wetterlage nach van Bebbers	45
Abb. 17: Durchfluss an den Pegeln Magdeburg und Dresden im Vergleich der Jahre 1954/2002	47

Abb. 18: Durchfluss an den Pegeln Torgau und Wittenberg im Vergleich der Jahre 1954/2002	47
Abb. 19: Hochwasserstände am Pegel Dresden	48
Abb. 20: Satellitenbild (NOAA) vom 12. August 2002 12.00 Uhr UTC mit Position der Frontensysteme	50
Abb. 21: Wasserstandsganglinien der verschiedenen Flusshochwasser im Vergleich....	51
Abb. 22: Abflussganglinien der verschiedenen Flusshochwasser im Vergleich.....	52
Abb. 23: Hochwasserganglinien Dresden/Elbe und Maxau/Rhein im Vergleich	53
Abb. 24: Das elektromagnetische Spektrum.....	56
Abb. 25: Interaktionen elektromagnetischer Strahlung	58
Abb. 26: Prozesse der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre und an der Erdoberfläche auf dem Weg zum Sensor	60
Abb. 27: Absorptions- und Rückstreuprozesse im Wasserkörper.....	61
Abb. 28: Links : Absorptionseigenschaften der verschiedenen Wasserinhaltsstoffe ...	62
Abb. 29: Vergleich der spektralen Auflösung der Sensoren LANDSAT TM und Meris	64
Abb. 30: Der Sensor Landsat 7 ETM+	65
Abb. 31: Eine Landsat 7 ETM+ und Orbit-Darstellung	68
Abb. 32: Satellitenbild in minimum-distance-classification vom 20. August 2002 (Kanäle 7,4,1 – Farben: Wasser = blau, Wald = grün, Acker = gelb, Siedlung = rot).....	73
Abb. 33: Satellitenbild in minimum-distance-classification vom 14. August 2000 (Kanäle 7,4,1 – Farben: Wasser = blau, Wald = grün, Acker = gelb, Siedlung =rot).....	74
Abb. 34: Das Satellitenbild vom 20.08.2002 (Überschwemmung) mit der Elbe vom 14.08.2000 („Normpegel“)......	75
Abb. 35: In dem Dendrogramm wird der hierarchische Ablauf der Aggregation von „single linkage“ dargestellt. Bei einer Vorgabe drei Klassen zu generieren, entstehen hier die Gruppen [ABE], [CDF] und [G].....	82
Abb. 36: Scattergramm	85

Abb. 37: Das verwendete DGM in ArcView	87
Abb. 38: Die gescannten Karten L4142 Zahna (oben) und L 4342 Jessen	89
Abb. 39: Screenshot I	90
Abb. 40: Deichbruchganglinie bei Dautzschen	92
Abb. 41: Screenshot II	93
Abb. 42: Screenshot III	94
Abb. 43: Bedeutende Stromgebiete Mitteleuropas	XXIX
Abb. 44: Topographische Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Elbe.....	XXX
Abb. 45: Ausgewählte Pegelstationen im Einzugsgebiet der Elbe.....	XXXI
Abb. 46: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Schwarzen Elster	XXXII
Abb. 47: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Schwarzen Elster.....	XXXIII
Abb. 48: Internationaler Warn- und Alarmplan Elbe.....	XXXIV

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ausgewählte Flüsse im Elbeeinzugsgebiet und ihre hydrolog. Kenngrößen	13
Tab. 2: Die verschiedenen Flusssysteme und dazugehörige geographische Regionen im Einzugsgebiet der Elbe	17
Tab. 3: Die vermutlich größten Niederschlagshöhen variabler Größe mit dem Beispiel Zinnwald-Georgenfeld.....	38
Tab. 4: Aufzählung aller LANDSAT-Sensoren seit 1972.....	55
Tab. 5: Die Bänder des Satelliten Landsat 7 ETM+ und Anwendungsbereiche.....	66
Tab. 6: Die größten Hochwasser der Elbe am Pegel Dresden seit 1500	I
Tab. 7: Deichbruchganglinie der Universität Karlsruhe, Institut für Wasserwirtschaft	II

Tab. 8: Die Chronologie der Hochwässer in SachsenXXII

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	- Abbildung
AG	- Arbeitsgebiet
ATV-DVWK	- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
BfG	- Bundesanstalt für Gewässerkunde, http://www.bafg.de
bzw.	- beziehungsweise
CHMI	- Czech Hydrometeorological Institute
CPU	- Central Processing Unit (zentrale Recheneinheit)
CR	- Tschechische Republik
D	- Deutschland
DGM	- Digitales Gelände Modell
DKKV	- Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V.
dtv	- Deutscher Taschenbuch Verlag
ENVI	- Environment for Visualizing Images
ERS	- European Remote Sensing Satellites
et.al.	- und anderen (lat.:et altera)
ETM+	- Enhanced Thematic mapper plus
e.V.	- eingetragener Verein
GCP	- Ground Control Point
GIS	- Geographisches Informationssystem (Geo-Info-System)

h	- Stunde(n)
HQ100	- Hochwasser mit 100jährigem Wiederkehrintervall (HQ10, HQ20, HQ50 entsprechend den Jahren)
IGS	- International Ground Station
IKSE	- Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, http://www.ikse.de
IR	- Infrarot
LN	- Landwirtschaftliche Nutzfläche
l/s km ²	- Liter pro Sekunde auf den Quadratkilometer
m ü NN	- Meter über Normal Null
mm/a	- Millimeter pro Jahr
MODIS	- Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MQ	- Mittlerer Abfluss
MSS	- Multispectral Scanner
NASA	- National Aeronautics and Space Administration
NIR	- Nahes Infrarot
NOAA	- National Oceanic and Atmosphere Administration
o.ä.	- oder ähnliches
PAN	- panchromatisch (schwarz-weiß)
ROI	- Region of interest
s.	- siehe
s.o.	- siehe oben