

**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



**Sören Steinbach**

# **Visualisierung und Quantifizierung von Überschwemmungsbereichen am Mittellauf der Elbe**

## **GIS-gestützte Modellierung von Überschwemmungen**



***ibidem***

# **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

- 1     *Claudia Sültmann*  
GIS- und Satellitenbildgestützte Landnutzungsklassifikation mit  
Change detection im Westen der Côte d'Ivoire  
ISBN 3-89821-356-0
- 2     *Katharina Feiden*  
GIS - gestützte Analyse der zeitlichen und räumlichen Verteilung  
der Niederschlagsjahressummen (1961 - 1990) in der  
Dominikanischen Republik  
Charakteristika und Trends  
ISBN 3-89821-368-4
- 3     *Nicole Erler*  
GIS- und fernerkundungsgestützte Bewertung von „Natural Hazards“ im  
oberen Einzugsgebiet des Rio Yaque del Norte (Dominikanische Republik)  
ISBN 3-89821-409-5
- 4     *Martin Kappas, Frank Schöggel*  
Bodenerosion in der Dominikanischen Republik  
Eine vergleichende Studie zum Bodenabtrag auf Agrarflächen mit und ohne  
Erosionsschutzmassnahmen  
ISBN 3-89821-423-0
- 5     *Randy Thomsen*  
Change Detection – fernerkundungsgestützte Methoden zur Ableitung des  
Landnutzungswandels in den Tropen (Fallbeispiel Dominikanische Republik)  
ISBN 3-89821-433-8
- 6     *Sören Steinbach*  
Visualisierung und Quantifizierung von Überschwemmungsbereichen am  
Mittellauf der Elbe  
GIS-gestützte Modellierung von Überschwemmungen  
ISBN 3-89821-530-X

Sören Steinbach

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

GIS-gestützte Modellierung von Überschwemmungen

*ibidem*-Verlag  
Stuttgart

## Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

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

∞

ISBN: 978-3-8382-5530-9

© *ibidem*-Verlag  
Stuttgart 2005  
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.

## 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

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>DAS EINZUGSGEBIET DER ELBE .....</b>	<b>11</b>
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
<b>3</b>	<b>DAS KLIMA IM EINZUGSGEBIET DER ELBE .....</b>	<b>21</b>
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
<b>4</b>	<b>DIE GEOLOGIE DER ELBE.....</b>	<b>29</b>
4.1	Einleitung .....	29



<b>4.2 Die Flussgeschichte .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 Die Einflüsse des Quartärs .....</b>	<b>31</b>
<b>4.4 Die Flussgeologie .....</b>	<b>33</b>
<b>5 METEOROLOGISCHE URSACHEN VON HOCHWASSERKATASTROPHEN.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Meteorologische Situation im Sommer 2002.....</b>	<b>35</b>
5.1.1 Das Niederschlagsgeschehen der ersten 12 Tage im August 2002.....	35
5.1.2 Der Vergleich zum klimatologischen Mittel 1961 - 1990.....	42
<b>5.2 Meteorologische Situationen in der Vergangenheit .....</b>	<b>43</b>
5.2.1 Zur Entstehung sommerlicher Hochwassersituationen .....	43
5.2.2 Der Wetterablauf im Juli 1954 .....	45
<b>5.3 Klimatologischer Vergleich mit Hochfluten der Vergangenheit .....</b>	<b>46</b>
<b>5.4 Einordnung des Elbehochwassers unter die Großereignisse der letzten Jahre in Deutschland .....</b>	<b>50</b>
<b>6 FERNERKUNDUNG IN DER HYDROLOGIE .....</b>	<b>54</b>
<b>6.1 Einleitung .....</b>	<b>54</b>
<b>6.2 Physikalische Grundlagen der Fernerkundung .....</b>	<b>55</b>
<b>6.3 Anwendung in der Gewässerfernerkundung .....</b>	<b>58</b>
6.3.1 Physikalische Grundlagen .....	58
6.3.2 Die Entwicklung in der Gewässerfernerkundung.....	62
<b>6.4 Der Sensor Landsat 7 ETM+ .....</b>	<b>64</b>
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
<b>7</b>	<b>VISUALISIERUNG VON ÜBERSCHWEMMUNGSBEREICHEN AN DER ELBE .....</b>	<b>70</b>
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
<b>8</b>	<b>SCHLUßBETRACHTUNG.....</b>	<b>97</b>
8.1	Zusammenfassung .....	97
8.2	Diskussion.....	100
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>103</b>
9.1	Buch- und Aufsatzquellen.....	103
9.2	Internetquellen .....	107
<b>10</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>I</b>
10.1	Anhang I .....	I

<b>10.2 Anhang II .....</b>	<b>II</b>
<b>10.3 Anhang III .....</b>	<b>XXII</b>
<b>10.4 Anhang IV .....</b>	<b>XXVIII</b>

## 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 Sachsen .....	XXII
---	------

