

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	5 (1998), 1	S. 23 – 30	8 Abb., 2 Tab., 2 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	------------------------

## Beiträge der Fernerkundung zur Lösung von Umweltproblemen in der Oderregion

HORST WEICHELT & RENÉ GRIESBACH

Auf Initiative der Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA, jetzt DLR) wurden während des Hochwassers an der Oder im Juli/August 1997 Maßnahmen ergriffen, um das Potential der Fernerkundungstechnologie für das Informationsmanagement bei Hochwasserereignissen bewerten zu können bzw. zu nutzen (DARA-Initiative „ODER-HOCHWASSER“). Insbesondere gehörte zu diesen Maßnahmen die Sammlung und Bereitstellung digitaler Fernerkundungsdaten der betroffenen Gebiete.

### 1. Satellitendaten

Im folgenden wird eine kurze Zusammenfassung der charakteristischen Merkmale der in Frage kommenden Sensoren gegeben. Listen mit der ausführlichen Datenübersicht enthält eine im Rahmen des o.g. Vorhabens erarbeitete Vorstu-

die (s. unter Literatur). Darin sind, soweit recherchierbar, sämtliche verfügbare Satellitenszenen der hier genannten Sensoren aus dem Einzugsgebiet der Oder für das Jahr 1997 aufgeführt. Tabelle 1 enthält eine Übersicht der im Datenpool des DLR enthaltenen Satellitenfernerkundungsdaten, die vorrangig unmittelbar während des Hochwasserereignisses aufgenommen worden waren und an verschiedenen Stellen, darunter dem uve Fernerkundungszentrum Potsdam, weiterverarbeitet und ausgewertet wurden.

#### 1.1. Landsat-TM

Das amerikanische Fernerkundungssatellitensystem Landsat-TM (Thematic Mapper) liefert seit 1982 kontinuierlich Daten in 7 Multispektralkanälen mit einer Bodenauflösung von ca. 30m in den VIS-, NIR- und SWIR-Kanälen und 120m im

Tab. 1

Übersicht der im Satellitendatenpool der DARA/DLR enthaltenen Fernerkundungsdaten vom Oder - Hochwasser 1997

Satellit / Sensor	Anzahl Szenen	Aufnahmedatum	Aufgenommenes Gebiet	Bemerkungen
Landsat-TM	1	22.07.97	Oder-Mündung bis Frankfurt/O	wolkenfrei
IRS-1C LISS	1	25.07.97	Oder-Mündung bis Frankfurt/O	stark bewölkt
IRS-1C LISS	1	30.07.97	Warthe und Oder in Polen	stark bewölkt
IRS-1C LISS	1	16.09.97	Oderbruch	
IRS-1C PAN	1	16.09.97	Oderbruch	
MSU-E	1	10.08.97	Oder-Mündung bis Frankfurt/O	
Radarsat (Stand.)	1	20.07.97	Polen bei Wroclaw	
Radarsat (Fine)	2	23.07.97	Oderbruch bis Neißemündung	Daten der BfG
Radarsat (Fine)	3	27.07.97	Szczecin bis Oderbruch	Daten der BfG
Radarsat (Stand.)	3	30.07.97	Gartz bis Neiße	
Radarsat (Fine)	4	02.08.97	Schwedt bis Neiße	
Radarsat (Fine)	2	09.08.97	Hohensaaten bis Eisenhüttenstadt	
Radarsat (Fine)	1	27.08.97	Oderbruch	
Radarsat (Fine)	1	02.09.97	Oder/Neiße Mündung	
ERS-2	1	12.07.97	Opole	
ERS-2	4	15.07.97	Polen	
ERS-2	1	21.07.97	Frankfurt/Oder, Eisenhüttenstadt	
ERS-1	1	05.08.97	Frankfurt/Oder	
ERS-2	1	06.08.97	Frankfurt/Oder, Polen	

Thermal-Infrarot-Kanal. Eine Szene umfaßt dabei eine Fläche von ca. 180 x 180 km<sup>2</sup>. Stereomöglichkeiten sind bei diesem Sensor nicht gegeben. Die für thematische Landanwendungen optimierte Auswahl der Spektralkanäle erlaubt jedoch ein weites Anwendungsspektrum zur Analyse und Interpretation verschiedener thematischer Sachverhalte. Das Einzugsgebiet der Oder wird von den Szenen der Streifen 189 - 192 und der Reihen 24 - 27 vollständig erfaßt.

### 1.2. SPOT

Das französische Fernerkundungssatellitensystem SPOT liefert seit 1986 routinemäßig Satellitendaten mit einer Szenengröße von 60 x 60 km<sup>2</sup>. Multispektrale Datensätze haben dabei eine Bodenauflösung von ca. 20 m, panchromatische Daten erreichen 10 m. Durch die bei diesem Sensor mögliche Veränderung der Blickrichtung kann ein vorgegebenes Gebiet aus unterschiedlichen Winkeln aufgenommen werden, wodurch sich prinzipiell die Möglichkeit der Gewinnung von Stereodaten ergibt. Die daraus ableitbaren Geländehöhen haben jedoch nur eine Genauigkeit von mehreren Metern.

Das Oder-Einzugsgebiet einschließlich der Nebenflüsse wird von den Szenen der Streifen K58 und K61 bis K71 abgedeckt. SPOT-Daten sind nur aus der Zeit vor und nach dem Ereignis verfügbar, Aufnahmen vom Juli bis Mitte August 1997 sind nicht vorhanden.

### 1.3. IRS-1C

Das indische Fernerkundungssystem liefert seit Sommer 1996 ebenfalls sowohl panchromatische als auch multispektrale Daten gleichzeitig. Die multispektralen Datensätze haben dabei eine Bodenauflösung von ca. 23 m bei einer Szenengröße von 140 x 140 km<sup>2</sup>, die panchromatischen Datensätze erreichen ca. 6 m Bodenauflösung bei einer aufgenommenen Fläche von 70 x 70 km<sup>2</sup>.

### 1.4. Russische Satellitenfernerkundungsdaten

Aufnahmen russischer Fernerkundungssatelliten vom Hochwasserereignis 1997 an der Oder liegen lediglich vom Multispektralscanner MSU-E vor. Dieses System liefert Daten in drei Spektralkanälen (0,5 - 0,9 µm) mit einer geometrischen Bodenauflösung von 35 - 40 m bei einer Schwadbreite von ca. 40 km.

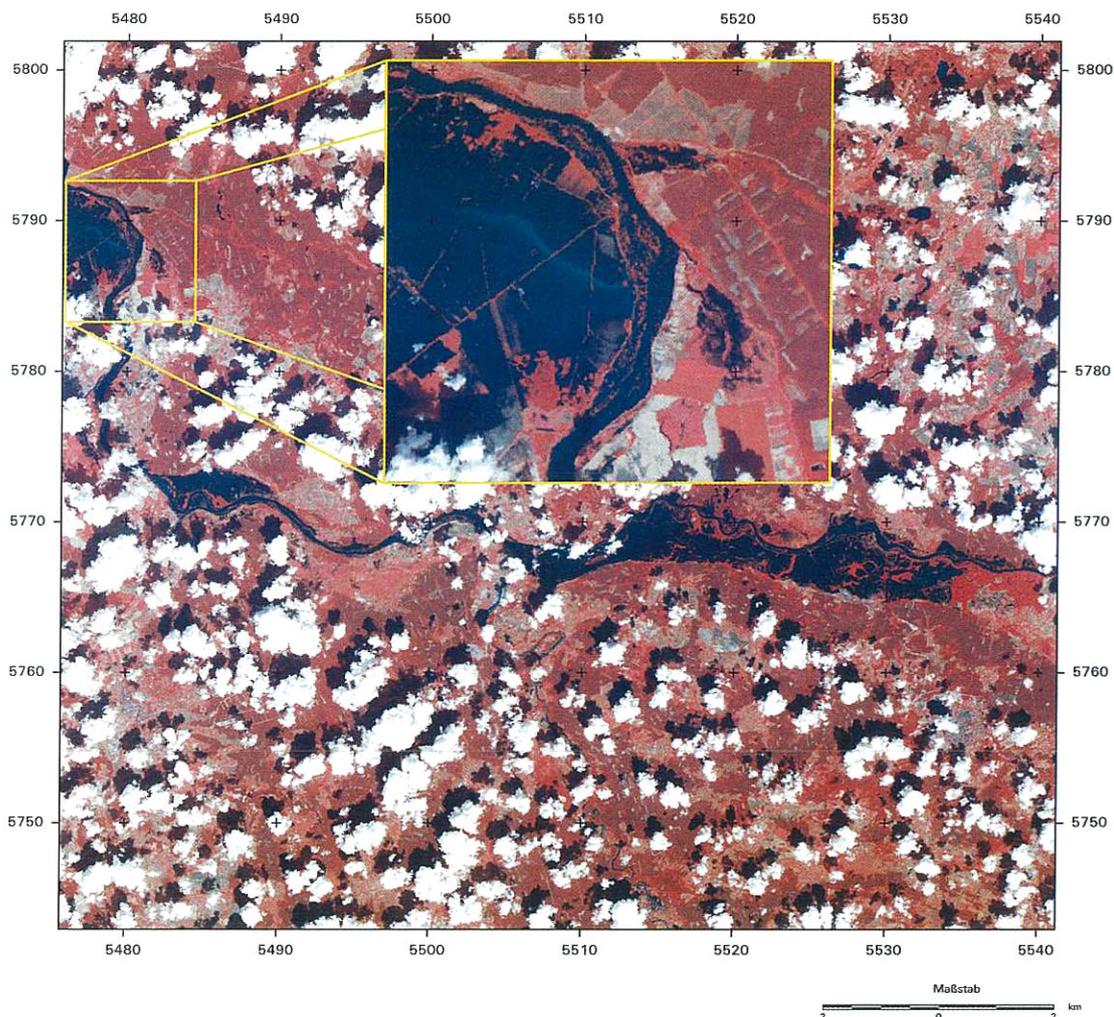


Abb. 1

Oder bei Grosno, Ratzdorf, Aurith (Ausschnittvergrößerung: Dammbrech bei Aurith) Satellitenaufnahme IRS-1C LISS III vom 30.07.1997, Koordinaten: Gauß-Krüger Ellipsoid Bessel

Aufnahmen russischer photographischer Fernerkundungssysteme, insbesondere der hochauflösenden Weltraumkameras KFA-1000 und KWR 1000 sowie der Multispektralkamera MK4 existieren nur aus den Jahren 1991, 1992 und 1995.

### 1.5. ERS-1/2

Der aktive Mikrowellensensor des ERS-1 liefert SAR-Daten seit 1991. Diese Radaraufnahmen spiegeln insbesondere Materialeigenschaften (elektrische Leitfähigkeit) und Oberflächeneigenschaften (Struktur und Rauigkeit) der aufgenommenen Objekte wider. ERS-2 wurde im April 1995 gestartet und ist technisch mit dem ERS-1 identisch. Die Sensoren arbeiten im C-Band bei einer Wellenlänge von 5,6 cm (5,3 GHz) mit einer vertikalen Polarisation. Die Bodenauflösung der ERS-Satellitendaten liegt bei ca. 30 m, die erfaßte Fläche beträgt 100 x 100 km<sup>2</sup>. Im Unterschied zu den relativ feststehenden Orbits der optischen Satelliten ist für die ERS-1/2 - Satelliten eine permanente Verschiebung der Satellitenbahnen charakteristisch, so daß eine Lageübersicht der einzelnen Szenen in der Form wie beim Landsat-TM oder SPOT nicht möglich ist. Daher erfolgt beim ERS1 und ERS-2 eine fortlaufende Numerierung der Orbits, deren jeweilige Lage dann für die entsprechenden Szenen aus den mitgelieferten Koordinaten entnommen werden muß.

### 1.6. RADARSAT

Ebenfalls im Mikrowellenbereich arbeitet seit 1996 das kanadische SAR-System RADARSAT. Der grundsätzliche Bildinhalt ist mit dem der ERS-Daten vergleichbar,

Unterschiede ergeben sich durch die andere Polarisation (HH) des RADARSAT im Vergleich zum ERS-1/2 und den flacheren Einstrahlungswinkel. Darüber hinaus hat RADARSAT eine verbesserte Bodenauflösung, die für den Standard-Mode bei ca. 15 m, beim Fine-Mode sogar bei 7 m liegt. Die Größe einer Radarsat-Szene beträgt 100 x 100 km<sup>2</sup> im Standard-Mode und 50 x 50 km<sup>2</sup> im Fine-Mode.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen ausgewählte Beispiele für Satellitenfernerkundungsdaten, so den Ausschnitt einer IRS-Szene mit einem Oder-Abschnitt bei Grosno (Polen), wobei am linken Bildrand und in der Ausschnittsvergrößerung noch ein Teil der überfluteten Ziltendorfer Niederung erkennbar ist (Abb. 1). Die Ausschnittsvergrößerung vermittelt einen Eindruck vom Auflösungsvermögen dieser Satellitendaten. Abbildung 3 ist ein Mosaik aus zwei aufeinanderfolgenden RADARSAT-Aufnahmen, bei denen zusätzlich die aus den Daten extrahierten Wasserflächen blau eingefärbt und das Straßennetz auf deutscher Seite in das Bild integriert wurde.

Benutzte Quellen für diese Recherchen:

SPOT Image [http://www.spotimage.fr/anglaise/offer/catalogoc\\_cons.html](http://www.spotimage.fr/anglaise/offer/catalogoc_cons.html)

Landsat-TM [http://www.eurimage.it/einet/einet\\_home.html](http://www.eurimage.it/einet/einet_home.html)

ERS <http://www.earth1.esrin.esa.it:8888/eeo/eeo1.15/eomews2>

GISIS - Recherchesystem des DLR

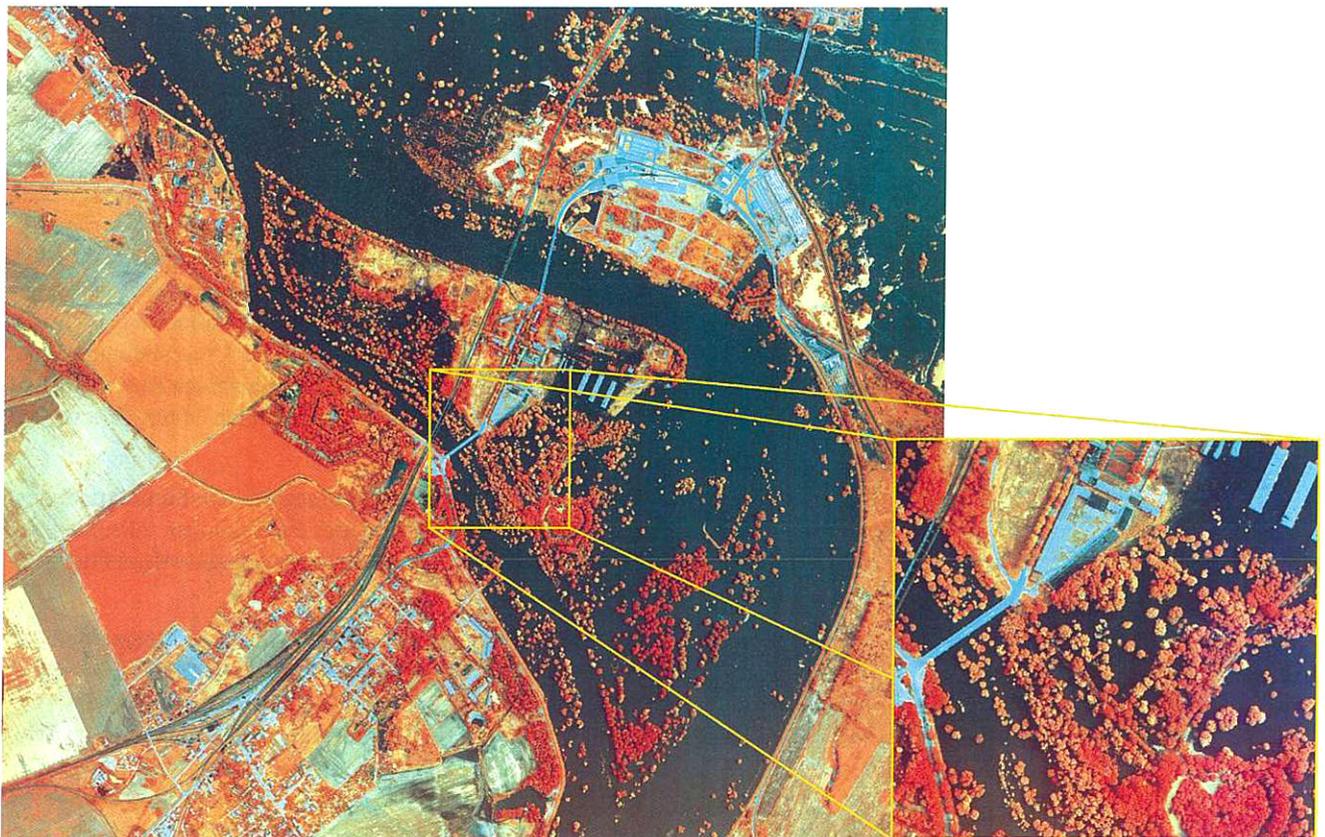


Abb. 2

Oder bei Küstrin mit Ausschnittsvergrößerung. Satellitenaufnahme IRS-1C LISS II vom 30. 07. 1997.

## 2. Flugzeugfernerkundungsdaten

### 2.1. Historische Luftbilder

Historische Luftbilder bilden ein wertvolles Basisdatenmaterial und können insbesondere Informationen zum Untergrund und zur Entwicklung bzw. Veränderung von Nutzungsstrukturen liefern. Detaillierte Informationen zu Aufnahmezeitpunkten, Verfügbarkeit und den jeweils aufgenommenen Gebieten sind beim Bundesarchiv, Luftbild-/Kartenarchiv in Berlin, dem Landesvermessungsamt Brandenburg, dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg und der Staatsbibliothek zu Berlin / Preußischer Kulturbesitz, Kartenabteilung erhältlich.

Insbesondere sind folgende Luftbilder erfaßt und für thematische Arbeiten verwendbar:

- Reichsluftbilder: Die Reichsluftbilder sind Luftbildkarten im Maßstab 1 : 25 000 in den Nomenklaturen der Meßtischblätter TK25.

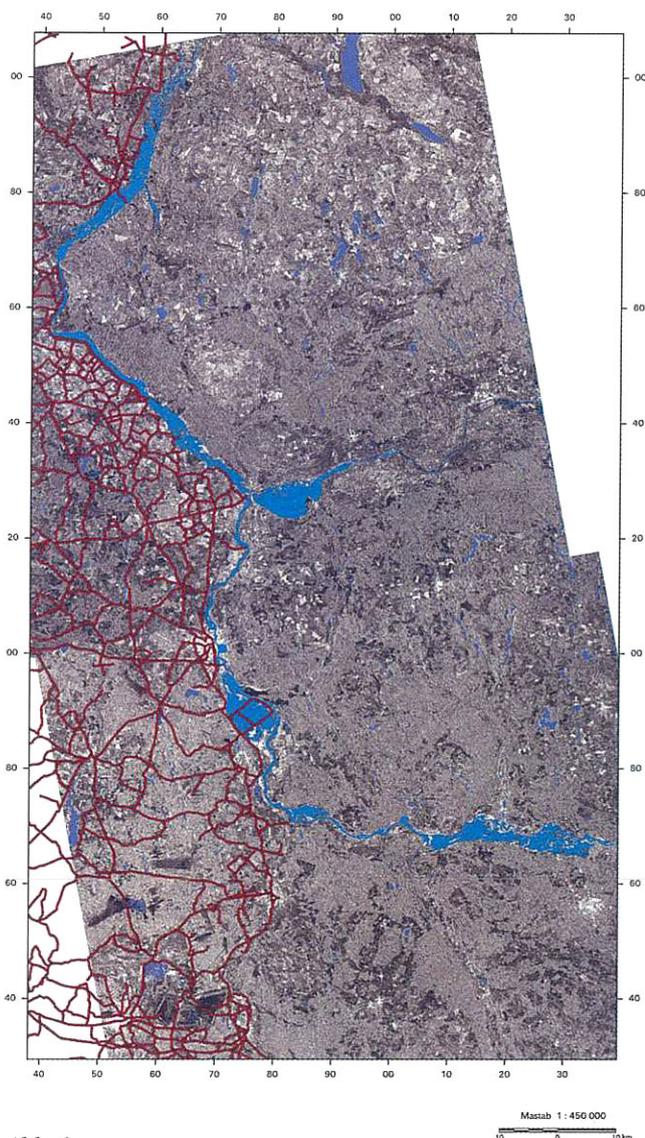


Abb. 3  
RADARSAT-Aufnahme (Standard-Mode) vom 30. 07. 1997  
Extrahierte Wasserflächen: blau  
Straßennetz Brandenburg: rot

- Kriegsluftbilder II. Weltkrieg: Es handelt sich dabei in der Regel um Luftbilder der deutschen Luftaufklärung, die den Frontverlauf von Februar bis April 1945 im Odergebiet dokumentieren. Amerikanische Luftbilder entstanden bei/nach taktischen Luftangriffen auf Verkehrsknotenpunkte und auf die Ö Raffinerie Küstrin sowie zu Ende des Krieges in sehr kleinen Maßstäben zur Übersicht über das von den russischen und polnischen Truppen besetzte Gelände.
- Nachkriegsluftbilder 1953: Die Luftbilder wurden von den damaligen sowjetischen Luftstreitkräften aufgenommen. Der Bildmaßstab beträgt 1 : 22 000, das Bildformat mißt 30 x 30 cm<sup>2</sup>, die Kammerkonstante ist etwa 200 mm und die Längs- und Querüberdeckung sind 70 und 30 Prozent. Die Zuordnung erfolgt in den Nomenklaturen der Topographischen Karte der ehemaligen DDR, Staatliche Ausgabe (AS).
- Luftbilder aus dem Zeitraum 1961/65 bis 1975/80: Bei diesen Luftbildern handelt es sich um topographische Luftbilder in den Maßstäben, 1 : 10 000, 1 : 12 500 und 1 : 18 000. Das polnische Territorium und militärische Objekte sind abgedeckt, insbesondere ab 1965/66.
- Luftbilder aus dem Zeitraum 1981 bis 1997: Das Landesvermessungsamt Brandenburg hat den Bestand an Luftbildern von 1981 bis 1989 von der Berliner Spezialflug GmbH (BSF), Nachfolger der INTERFLUG, übernommen. Dieser Bestand ist flächendeckend für das Odergebiet vorhanden und ist in den Nomenklaturen der TK100 und TK50, staatliche Ausgabe der ehemaligen DDR, auf Flugübersichten registriert. Militärische Sperrgebiete und die polnische Seite wurden auf den Luftbildern abgedeckt.

### 2.2. Befliegungen während des Oder-Hochwassers

Neben anderen von verschiedenen Auftraggebern veranlaßten Luftbildflügen (vgl. z.B. SCHULZ 1987) wurden auch mehrere Befliegungen des Oder-Hochwassergebietes im Rahmen der DARA-Initiative „ODER-HOCHWASSER“ Ende Juni 1997 initiiert, um mit modernen Mitteln der Fernerkundung eine maximal mögliche Dokumentation des Hochwasserereignisses für wissenschaftliche Untersuchungen zur Ableitung zukünftiger Präventivmaßnahmen zu sichern. Dabei wurden Luftaufnahmen des gesamten Grenz-Oderverlaufes gewonnen.

Unter Leitung und Koordinierung des uve Fernerkundungszentrums Potsdam fanden drei Befliegungen verschiedener Flußabschnitte mit konventionellen und neuartigen Flugzeugfernerkundungssensoren statt.

Die erste Befliegung mit der DPA-Kamera deckte den Bereich Frankfurt/Oder bis Gartz und Teile des Warthe-Rückstaus auf polnischem Territorium ab und fand am 04.08.1997 statt (Abb. 4). Diese digitale Kamera zeichnet drei im Winkel von 25° (in Flugrichtung) zueinander angeordnete panchromatische Kanäle und 4 nadirorientierte Kanäle im roten, grünen, blauen und nahem infraroten Bereich auf. Die panchromatischen Kanäle dienen zur Gewinnung von Stereobildern des Befliegungsgebietes. Die technischen Daten der Befliegung enthält Tabelle 2.

Tab. 2

Übersicht ausgewählter technischer Parameter von Flugzeugfernerkundungssensoren, die während des Oder - Hochwasser 1997 zum Einsatz kamen.

	DPA	HRSC	Daedalus	RMK
Flughöhe	ca. 2300 m	ca. 3400 m	ca. 3500 m	
Streifenlänge	ca. 140 km	ca. 20 km	ca. 120 km	
Streifenbreite	ca. 3200 m	ca. 700 m	ca. 6500 m	5250 m
Querüberdeckung	30 %	40 %	30 %	13 %
Längsüberdeckung				60 %
Bodenauflösung:				
PAN (Stereo)	0,27 m	0,135 m		
Multispektral	0,55 m	0,135x0,54	8,3 m im Nadir	-
Maßstab				1 : 20 000

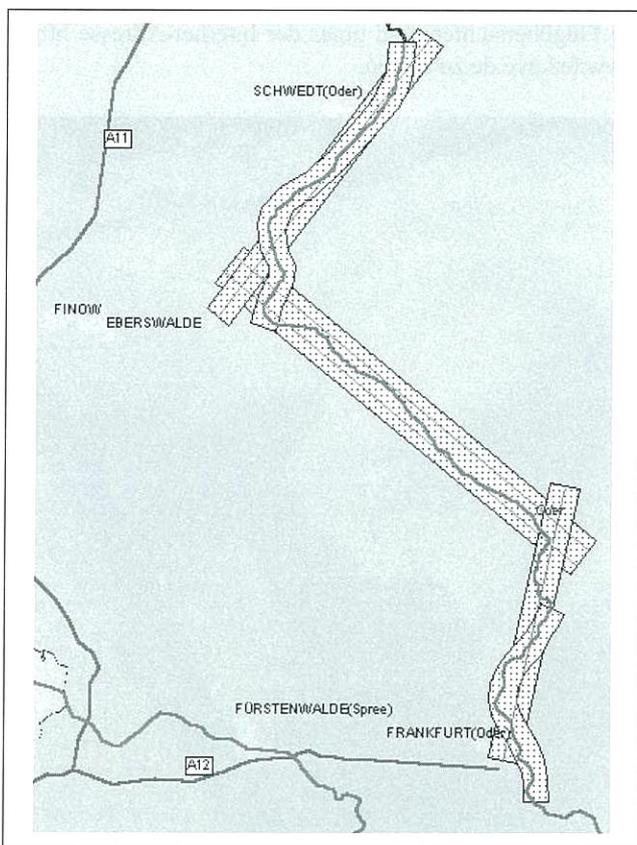


Abb. 4  
Lage der von der DPA-Kamera am 04.08.97 aufgenommenen Gebiete

Der Flußlauf im Oderbruch wurde durch zwei parallele Streifen aufgenommen. Große Teile von Flußwindungen, die durch den geradlinigen Verlauf der Flugtrassen nicht erfaßt werden konnten, wurden zusätzlich durch krummlinige Flugtrassen aufgenommen.

Die aufgenommenen Daten werden bei der DASA-LFK GmbH ausgelesen und vorkorrigiert und danach am Institut für Photogrammetrie (ifp) der Universität Stuttgart präzise photogrammetrisch projiziert.

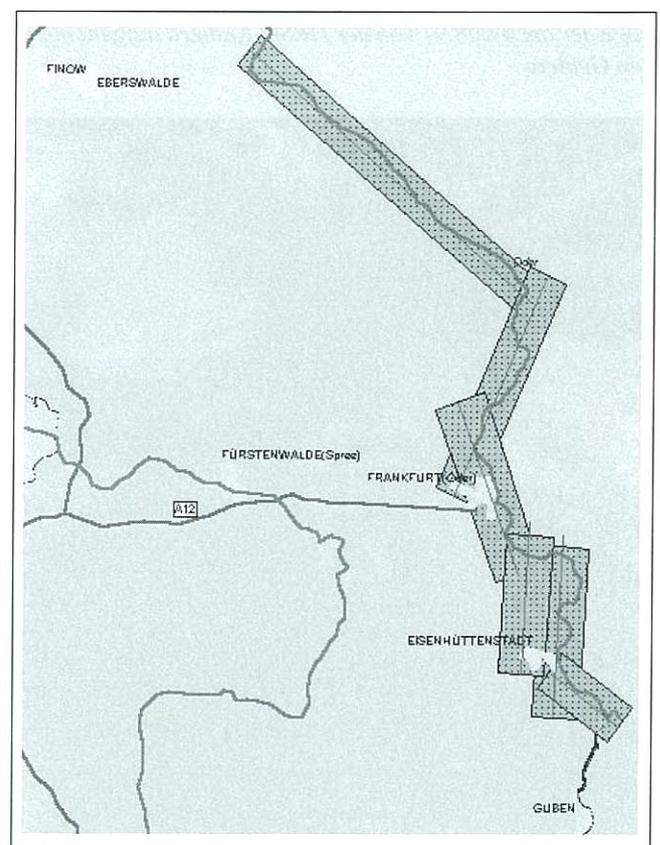


Abb. 5  
Lage der vom AMS-Scanner am 08.08.97 aufgenommenen Gebiete

Am 8. August 1997 konnte das Gebiet von der Neiße-Mündung bis Hohensaaten mit einem Flugzeug der DLR flächendeckend befliegen werden (Abb. 5). An Bord befand sich neben einer konventionellen Luftbildkamera der Multispektralscanner AMS Daedalus. Er zeichnet Informationen aus 10 Spektralkanälen mit einer Bodenauflösung von 8,3 m im Nadir auf. Bei einer Flughöhe von ca. 3 500 m ergab sich eine Streifenbreite von ca. 6 500 m. Die parallel eingesetzte Luftbildkamera RMK nahm einen 5 250 m breiten Streifen im Maßstab 1 : 23 000 auf Echtfarbfilm auf. Einen Tag spä-

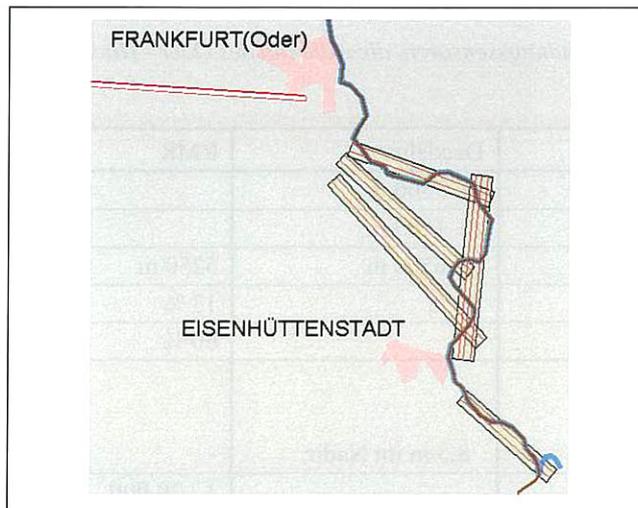


Abb. 6  
Lage der am 09.08.97 von der HRSC-Kamera aufgenommenen Gebiete

ter, am 9. August 1997, wurde das Gebiet von der Neiße-Mündung bis Eisenhüttenstadt und Gebiete der Ziltendorfer Niederung mit der hochauflösenden HRSC-Kamera befliegen (Abb. 6).

Dieses digitale System zeichnet ebenfalls panchromatische Daten zur Stereoauswertung und Multispektraldaten in neun Kanälen auf. Aus einer Flughöhe von 3 400 m wurde ein 700 m breiter Streifen mit einer Bodenauflösung von 13,5 cm im panchromatischen Bereich und 54 x 13,5 cm<sup>2</sup> im multispektralen Bereich erfasst. Die Daten werden vom DLR Berlin, Institut für Planetenerkundung, verarbeitet.

Die bearbeiteten Daten aller Befliegungen sind über das uve Fernerkundungszentrum Potsdam einsehbar und erhältlich. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen jeweils ein ausgewähltes Datenbeispiel der DPA, der HRSC-Kamera sowie des Dae-dalus-Multispektralscanners. Weitere Datenbeispiele sowie die Flugübersichten sind unter der Internet-Adresse <http://www.fe.z.uve.de> zu finden.

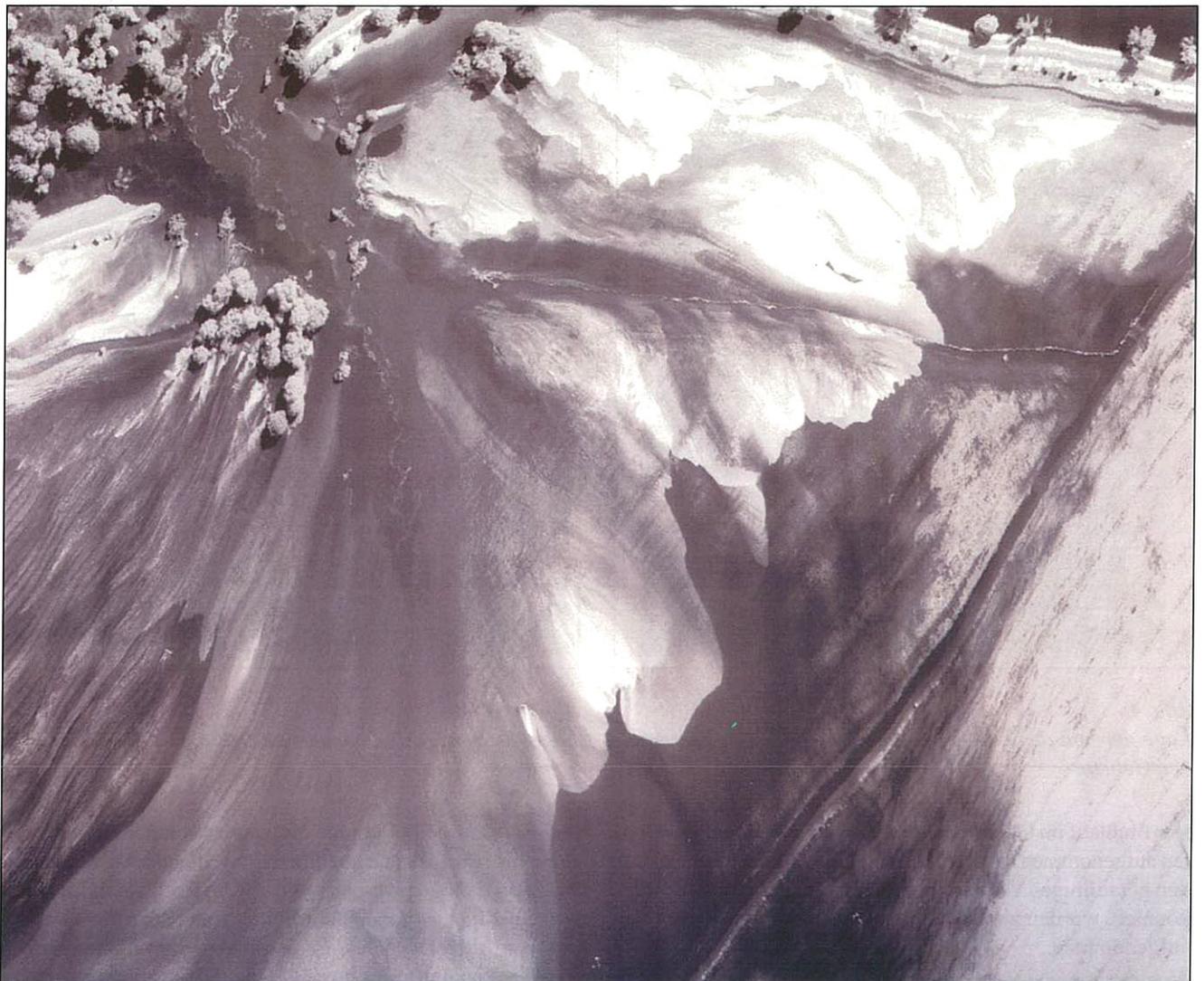


Abb. 7  
Deichbruch bei Aurith.  
HRSC-Aufnahme vom 09. 08. 1997 (Aufnahmehöhe: 3400 m, Auflösung: 13 cm/pixel, Bearbeitungslevel: Rohdaten)

### 3. Datenauswertung

Die Anstrengungen während des Hochwassers und unmittelbar danach waren zunächst darauf gerichtet, ein Maximum an aussagefähigen Satelliten- und digitalen Luftbilddaten vom Oder-Hochwasser zu gewinnen und erste Auswertungen dieser Daten durchzuführen. In der jetzt folgenden Arbeitsphase kommt es darauf an, diese Daten koordiniert und intensiv so auszuwerten und einzusetzen, daß ein größtmöglicher Beitrag zu allen im Rahmen des Aktionsplanes Oder zu klärenden Fragen und zu lösenden Aufgaben geleistet wird.

Aus den bisher bekannten Nutzeranforderungen von Fernerkundungsdaten lassen sich vorläufige inhaltliche Arbeitsschwerpunkte ableiten, die auf die Erarbeitung

- von Beiträgen zur Verbesserung der Hochwasservorhersage,
- von Methoden zur schnellen Informationsbereitstellung und zum Daten- und Informationsmanagement im Katastrophenfall sowie
- von Aussagen zu Schwachstellen und Risikopotentialen im Hochwasserschutz für die Oder

unter Nutzung von Fernerkundungsdaten gerichtet sein sollten.

Dabei müssen insbesondere folgende Aspekte und Aufgabenstellungen bearbeitet werden:

#### (1) Datengrundlage für die Hochwasservorhersage

- Erfassung und Bereitstellung hydrologischer Daten wie hydrologisches Netz im Einzugsgebiet, Abflußdaten, Stofftransport, Bodeneigenschaften, Wasseraufnahmekapazitäten, Flächennutzung
- Schaffung, Verbesserung oder Aktualisierung der topographischen Grundlage für das Oder-Einzugsgebiet, insbesondere der Geländehöhendaten
- Erfassung und Bereitstellung von Daten und Informationen aus dem letzten Hochwasserereignis im Juli/August 1997 an der Oder, dabei in erster Linie überflutete Flächen und Wasser/Land-Grenzlinien, Wasserspiegellagen und -höhen, Strömungs- und Sedimentfahnenbilder, Vernässungsstellen in Deichnähe und im Hinterland, Schwachstellen im Deich (soweit erkennbar).

#### (2) Informationsmanagement und Modellentwicklung:

- Entwicklung und Verbesserung von Hochwasser-Vorhersagemodellen für die Oder
- Entwicklung und Verbesserung von Methoden zur Aufbereitung von Fernerkundungsdaten sowie die operative Bereitstellung der abgeleiteten Informationen und Ergebnisse
- Entwicklung und Verbesserung der Informationsbereitstellung und des Informationsaustausches für die Katastrophenvorhersage und das Katastrophenmanagement
- Entwicklung und Aufbau eines GIS „ODER“ auf der Basis der unter Punkt 1 bereitgestellten Daten und der im Punkt 2 entwickelten Modelle und Methoden.

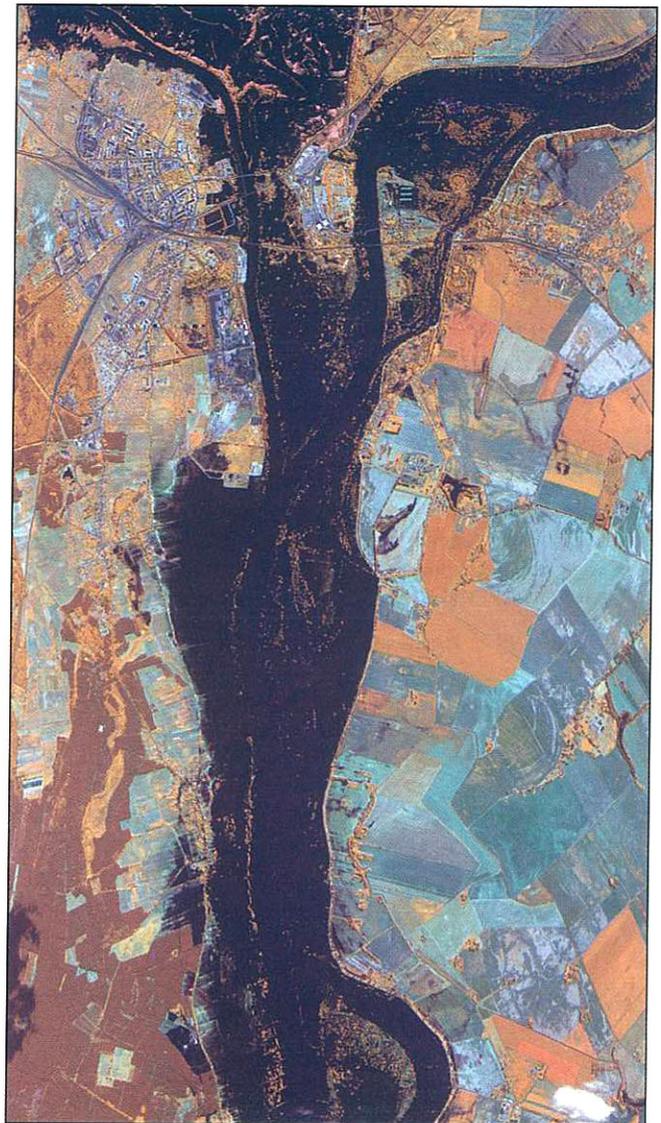


Abb. 8  
Oder bei Küstrin, Genschmarer Lose. Aufnahme vom 09. 08. 1997, AMS Daedalus Streifen 6–1, AMS-Kanäle 7, 9, 5 (rot, grün, blau)

#### (3) Ableitung thematischer Aussagen zu hochwasserrelevanten Fragen

- Ableitung von potentiellen Retentionsflächen
- Flächenbezogene Ableitung von Risikopotentialen für das Überschwemmungsrisiko und für ökologische Risiken (Kontaminationsrisiken)
- Ableitung von Anforderungen an die Hochwasserschutzeinrichtungen (z.B. Deiche) aus den Modell- und Simulationsrechnungen
- Untersuchungen zum Untergrund der Deiche und Ableitung von Aussagen zur Standsicherheit und zu untergrundbedingten Risikopotentialen der Deiche.

Diese vorläufigen Arbeitsschwerpunkte sind auf die konkreten thematischen Anforderungen der Nutzereinrichtungen und Institutionen zu beziehen und ein abgestimmter Themenkatalog zu erarbeiten.

Insgesamt hat die Initiative „Oder-Hochwasser“ der DARA/DLR bewiesen, daß es mit Hilfe von Fernerkundungstechnologien möglich ist, kurzfristig auf derartige Naturereignisse zu reagieren und Daten mit einem hohen Informationsgehalt bereitzustellen. Zukünftig gilt es, diese Möglichkeiten weiter auszubauen und vor allem die Ableitung von für den Katastrophenschutz relevanten Daten und Informationen zu beschleunigen. Durch die Verknüpfung mit terrestrisch gewonnenen Daten und mit Methoden der schnellen Datenkommunikation und raumbezogenen Informationsverarbeitung (GIS) wären damit dann die Voraussetzungen für ein dauerhaftes Monitoring- und Frühwarnsystem geschaffen.

### **Literatur**

Vorstudie für ein Verbundprojekt zur Auswertung und Interpretation der Fernerkundungsdaten des Oder-Hochwassers, Abschlußbericht, uve Fernerkundungszentrum Potsdam. Förderprojekt der DARA/DLR, FKZ 50EE9724. Potsdam, Dezember 1997.

SCHULZ, J. (1997): Hochwasser an der Oder. - PFG 4/97, S. 280-281

Anschrift der Autoren:

Dr. Horst Weichelt, Dipl.-Ing. René Griesbach  
uve Fernerkundungszentrum Potsdam  
Berliner Straße 50  
14467 Potsdam

### **Redaktioneller Hinweis**

Der Vortrag von R. A. DIETRICH (GKSS Geesthacht) „Numerische Modellierung von Sickerwasserströmungen in gesättigten und ungesättigten Deichregionen zur Beurteilung der Standsicherheit von Deichen“ vom 28. 10. 1997 wurde nachträglich an konkreten Daten von Oderdeichen überarbeitet.

Aus technischen Gründen kann dieser Beitrag erst in einem der nächsten Hefte der Brandenburgischen Geowissenschaftlichen Beiträge erscheinen.