

Remote Sensing und Kartographie

Harold Haefner

Einleitung

Die Kartographie der siebziger Jahre steht vor einem gewaltigen Umbruch, der, in den Nachkriegsjahren in vielen kleinen Versuchen fast unmerklich einsetzend, in immer stärkerem Maße sichtbar wird. Zwei Entwicklungsrichtungen zeichnen sich dabei deutlich ab. Einerseits ist es die Computer-Kartographie, die besonders die thematische Karte revolutioniert, andererseits sind es die neuen Aufnahmeplattformen (wie Raketen, Satelliten) und die modernen Aufnahmeverfahren, die unter dem Begriff des «remote sensing» zusammengefaßt werden, die völlig neue und ungewohnte Darstellungen der Erdoberfläche ergeben.

Der vorliegende Bericht befaßt sich ausschließlich mit der zweiten Entwicklungsrichtung und möchte mit einigen neuen Verfahren und Begriffen bekannt machen und auf Bestrebungen, Versuche und Ergebnisse auf diesem Gebiet hinweisen, soweit sie die Kartographie beeinflussen können. Publikationen darüber bestehen kaum (1); die Informationen sind auf viele kleine Artikel und Informationsblätter verteilt.

Zum Begriff «remote sensing»

Unter dem Begriff «remote sensing of environment», der mit «Fernerkundungsverfahren» nur ungenügend ins Deutsche übersetzt werden kann, versteht man das Erfassen, Abtasten und Messen gewisser Eigenschaften eines Objektes auf Distanz, ohne daß Registriergerät und Objekt miteinander in Berührung stehen. Der bekannteste und am weitesten verbreitete Sensor ist die *Fliegerkamera*, mit der Ausschnitte der Erdoberfläche in schwarz-weiß oder farbigen Luftbildern festgehalten werden können. Daneben aber sind heute zahlreiche nicht-photographische Aufnahmesysteme in Gebrauch, die sozusagen das gesamte elektromagnetische Spektrum vom Ultraviolett über das sichtbare Licht, den Infrarot- und Mikrowellenbereich bis zu den Radiowellen ausnützen und entsprechend spezifische Anwendungsmöglichkeiten bieten (2). Neben diesen Aufnahmeverfahren der Raum- und Lufterkundung werden auch die dazugehörigen Datenverarbeitungssysteme und Informationstheorien im Begriff «remote sensing» miteingeschlossen. Eine hervorra-

gende Zusammenfassung über den heutigen Stand, sowohl in technischer Hinsicht wie auch bezüglich Anwendungsgebiete und Datenverarbeitung, gibt das vom National Research Council herausgegebene Buch über «remote sensing» (3). An dieser Stelle sollen nur jene Systeme der Datenerfassung und -verarbeitung weiterverfolgt werden, die die Kartographie nachhaltig beeinflussen können, wie Weltraumphotographie, Orthophotographie, Radarsysteme usw.

Weltraumphotokarten

Sie bilden eine Kombination von bestehender topographischer Karte und Weltraumphotographie. Vorausgeschickt sei, daß die bis anhin erstellten Karten absolut experimentell aufzufassen sind und – vorläufig – weder hinsichtlich dem anzustrebenden Auflösungsvermögen noch der geometrischen Genauigkeit den heutigen Anforderungen des normalen Gebrauchs entsprechen. Limitationen ergeben sich auch aus der sehr geringen Anzahl verwertbarer Raumphotos, die größere Gebiete (sozusagen als Reihenaufnahmen) bei wolkenlosem Himmel bedecken und von gleichmäßig guter Bildqualität sind. In den USA kommt vor allem der aride Südwesten in Frage, der bei verschiedenen Gemini- und Apollo-Flügen einigermaßen geschlossen aufgenommen wurde.

Der Inhalt einer Raumphotographie (schwarz-weiß) wird nun mit Hilfe eines Entzerrungsgerätes – verwendet wurde dazu das Wild-E-4-Instrument – in die bestehende Karte hineinprojiziert. Vom entzerrten Bild wird eine spezielle Druckplatte erstellt und mit der bestehenden Karte kombiniert. Daraus ergibt sich eine viel anschaulichere, plastischere und differenziertere Wiedergabe der Erdoberfläche. Die Art der Farbgebung bei der Reproduktion einer Weltraumphotographie ist ebenfalls noch ein weites Experimentierfeld; bis jetzt wurden vor allem braune und olive bis gelbgrüne Tonabstufungen ausprobiert.

Bis heute wurden erstellt:

Blatt Phoenix NI 12-7, 1 : 250 000, März 1969 (4)
Das rund 20 000 km² große Gebiet ist in zwei Weltraumphotos von Apollo 9 (Hasselbladkamera, 80 mm Brennweite) enthalten. Es wurden zwei Kartenversionen ausgeführt:

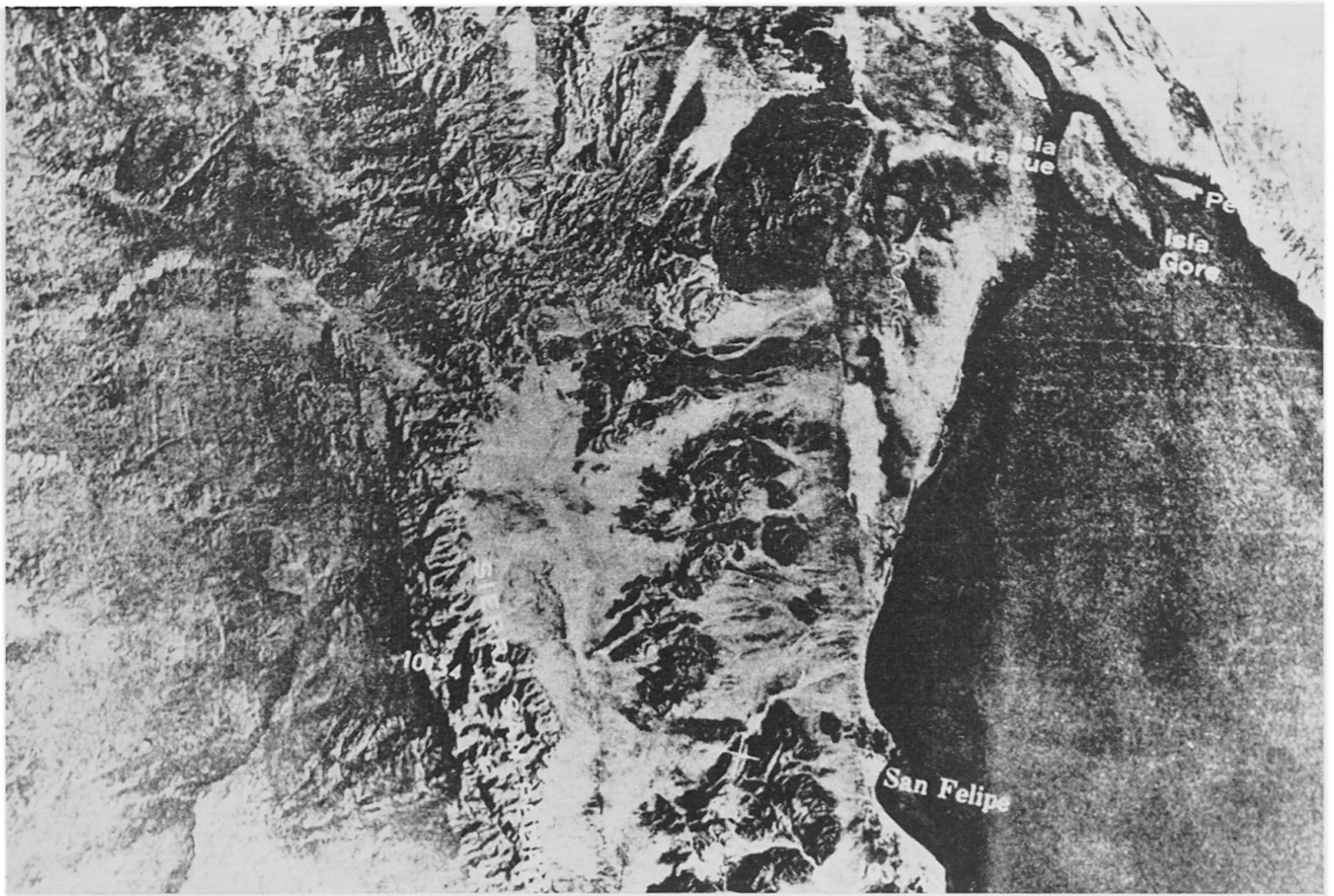


Abbildung 1. Verkleinerter Ausschnitt aus APOLLO 6 Photomaps. Wiedergegeben sind der nördlichste Teil des Golfes von Kalifornien mit der Colorado-Mündung, links die Ketten des Küstengebirges von Nieder-Kalifornien und rechts die Sonora-Wüste. (Reproduziert mit freundlicher Genehmigung der U.S. Geological Survey)

1. Mit Höhenkurven (200 Fuß Äquidistanz), in einem Brauntönen gedruckt;
2. ohne Höhenkurven, in einem olivbraunen Farbton gehalten.

Der Vergleich mit der normalen topographischen Karte zeigt eine viel anschaulichere und inhaltsreichere Darstellung der Erdoberfläche und ihres Nutzungsgefüges, besonders hinsichtlich Relief und morphologischer Formen, Bewässerungsgebiete, Flureinteilungen und Siedlungscharakteristik. Das Kartenbild kommt dem vom Flugzeug aus gewonnenen Anblick der Erdoberfläche recht nahe, wobei die grünliche Farbgebung der Wirklichkeit eher entspricht als die Brauntönung.

Blatt Phoenix South 1 : 500 000, August 1970 (5)
 Hier wird ein viel umfangreicheres, unmittelbar südlich anschließendes Gebiet zwischen 109° bis 116° w. L. und $31^{\circ}15'$ bis $33^{\circ}20'$ n. Br. dargestellt, das vom Küstengebirge westlich der Colorado-Mündung durch Arizona und New Mexico bis nach Texas hineinreicht (Kartenformat 133,5 x 46,5 cm). Als topographische Grundlage diente die World Aeronautical Chart (mit Höhenkurven); die Haupt-

farben sind helle braun-gelb-olive Töne. Bezüglich Farbwiedergabe ist erneut ein deutlicher Fortschritt erkennbar.

Photokarte: Corridor from Pacific Ocean to Louisiana. Mapped with Apollo Photography, 1 : 500 000. 1970 (6)

Auf vier Kartenblättern, die aus entzerrten und auf einen Maßstab von 1 : 500 000 vereinheitlichten Weltraumfotos zusammengesetzt sind, ohne Benützung einer topographischen Unterlage, wird ein Gebiet von über 300 000 km² erfaßt, das sich vom Pazifik südlich von San Diego, entlang der mexikanischen Grenze quer durch Texas bis an den Red River in Louisiana erstreckt. Hierfür genügten 18 Apollo-6-Photos, aufgenommen am 4. April 1968. Zusätzlich sind zur besseren Orientierung die Landes- und Staatsgrenzen, einige Koordinaten und ausgewählte Ortsnamen aufgedruckt. Nicht zu befriedigen vermag einzig der Graudruck, da im gewählten Raster zuviele Einzelheiten verloren gehen. Die Karten sind jedoch auch in photographischer Reproduktionen erhältlich (Abb. 1).

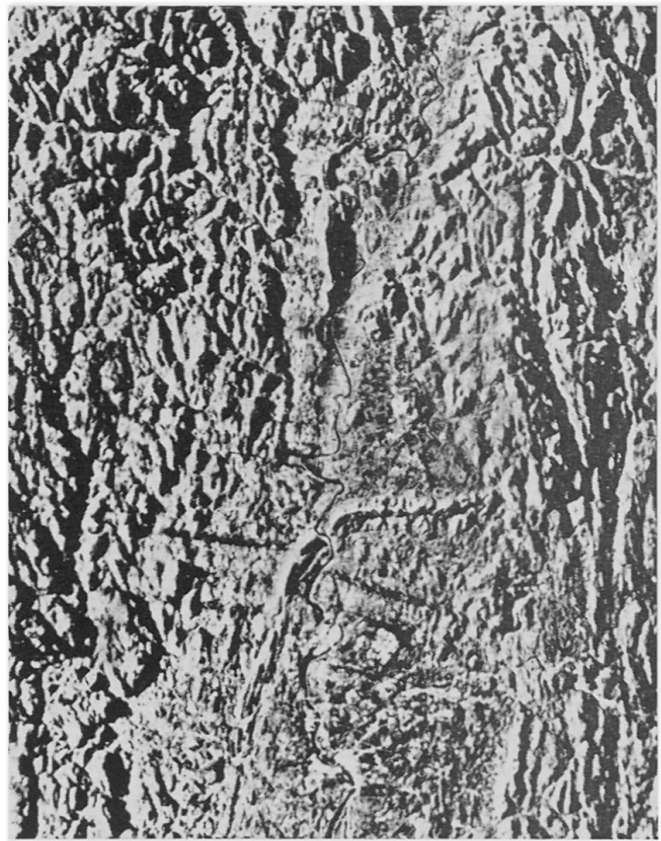


Abbildung 2a und b. Verkleinerter Ausschnitt aus «Side Looking Radar Mosaic of the State of Massachusetts», links die «West-looking», rechts die «East-looking»-Version. Abgebildet ist das Connecticut Valley, flankiert von den Birkshire Hills im W und dem zentralen Hochland im E (N am oberen Bildrand). Deutlich erkennbar sind unten Springfield mit den Brücken über den Fluß, Holyoke in einer Flußschleife, der das Tal querende Riegel der Mount Tom Range (im W), Holyoke Range (im E) und Greenfield am oberen Bildrand. (Mit freundlicher Genehmigung der U.S. Geological Survey)

Die Vorteile und Nützlichkeit derartiger Weltraum-Photokarten, als Ergänzung zur kleinmaßstäblichen topographischen Karte, bestehen in der viel naturgetreueren Geländewiedergabe, ihrem Detailreichtum an natur- und kulturgeographischen Formen (selbst Bahnlinien und Straßen sind klar erkennbar) und ihrer Eigenschaft als historisches Dokument, das einen einmaligen Landschaftszustand festhält.

Orthophotographie

Auch im großmaßstäbigeren Bereich hat man erfolgreich versucht, die Hauptvorteile von Luftbild und Karte miteinander zu kombinieren, wobei man die Totalität der in der photographischen Abbildung erfaßten Ausschnitte der Erdoberfläche mit der Grundrißtreue der Kartenprojektion im sogenannten *Orthophoto* vereinigt. Unter Orthophoto verstehen wir also «ein mittels Differentialentzerrung umgebildetes Luftbild, das in allen Teilen den gleichen Maßstab besitzt» (nach Schwidefsky, 1966).

Das Verfahren der Differentialentzerrung besteht aus einer streifenweisen Entzerrung eines Stereo-

modells. Dies kann entweder auf optischem (Gigas Zeiß GZ 1) oder elektronischem (Wild A 2000) Weg geschehen. Neuste Entwicklungen in Nordamerika entzerren nicht mehr streifenförmig, sondern innerhalb von kleinen Hexagonen (7). Über die technischen Grundlagen der Orthophotographie wird speziell auf die Arbeiten von Meier (8) und Schwidefsky (9) verwiesen.

Die Weiterverarbeitung des Orthophotos zur mehrfarbigen Orthophotokarte, die ganze Problematik der Reproduktions- und Drucktechnik, stellt ein Kapitel für sich dar. Darauf wird im Arbeitsbericht des Kartographischen Institutes der ETH (10) und bei Beck (11) näher eingegangen.

Orthophotos und Orthophotopläne werden besonders zusammen mit modernen Inventarisierungsmethoden (12) einen immer größeren Anwendungskreis finden.

Radarkarten

Eine ganz andersartige Reflexionscharakteristik der im Mikrowellenbereich operierenden *aktiven* Radarsysteme vermag, als photographisches Bild

registriert, ein vollständig neues und fremd anmutendes Abbild der Erdoberfläche zu erzeugen. Ebenfalls verschieden gegenüber dem konventionellen Luftbild sind die sich aus der Aufnahmetechnik ergebenden geometrischen Beziehungen. Bis heute wurden vorwiegend einzelne Bilder oder Bildstreifen veröffentlicht. Zusammenhängende Aufnahmen größerer Gebiete in einer *Radarkarte* vereinigt, wurden erstmals von Panama (13) veröffentlicht, wobei der enorme Vorteil der fast vollständigen Witterungsunabhängigkeit der Radarsysteme gegenüber der konventionellen Luftphotographie für den Bereich der feuchten Tropen offenbar wurde. Neueste Radarkarten im Kleinmaßstab wurden kürzlich von den amerikanischen Staaten Kentucky (14) und Massachusetts (15) angefertigt. Sie zeichnen sich besonders durch eine hervorragende Reliefdarstellung aus. Radaraufnahmen lassen geologische, geomorphologische und hydrologische Formen besonders plastisch erscheinen, während andererseits Vegetation, Landnutzung, Siedlungs- und Verkehrsanlagen stark in den Hintergrund treten. Besonders interessant und aufschlußreich sind die beiden Photomosaik von Massachusetts, da je eines aus den ost- respektive westgerichteten Bildstreifen zusammengesetzt ist, wie sie beim heute üblichen seitwärtsgerichteten Aufnahmesystem, dem SLAR (Side Looking Airborne Radar), entstehen. Daraus ergeben sich zwei recht unterschiedliche Abbildungsergebnisse (Abb. 2a und 2b), aus denen sich vielseitige Hinweise auf das Aufnahmeverfahren und die Problematik der Radarbildinterpretation erahnen lassen.

Schlußbemerkungen

Weltraumphotographien oder die Anwendung nichtphotographischer Aufnahmesysteme, wie z. B. Radar, eröffnen völlig neue Perspektiven, die uns einerseits große Landschaftsausschnitte in einem neuen Zusammenhang erkennen lassen und andererseits gewisse dem menschlichen Auge entzogene Phänomene sicht- und interpretierbar machen.

Daraus ergeben sich

- neue Abbildungsformen zur kartographischen Darstellung und Gestaltung der Erdoberfläche;
- neue Möglichkeiten für die thematische Kartographie (Zustandserfassung, Inventarisierung), speziell der Landnutzung, Vegetation, Geologie usw.;
- Möglichkeiten für die Ergänzung und Nachführung speziell kleinmaßstäblicher Karten;

Wieviele dieser Experimente sich schließlich in der Praxis durchzusetzen vermögen, bleibt abzuwarten. Sicher wird es interessant sein, die weitem Entwicklungen auf diesem Gebiet, besonders im Hinblick

auf die in naher Zukunft zu erwartenden wissenschaftlichen Satelliten (ERTS) und das Weltraumlabor (Spacelab), genau zu verfolgen.

Literatur

- 1 Hausknecht J. J. 1969: L'utilisation cartographique des photographies orbitales. *Bul. du Comité français de cartographie*, No 41, Aug./Sept.
 - 2 Haefner H. 1966: Neue Verfahren der Lufterkundung und ihre Anwendungsmöglichkeiten. *Erdkunde* XX, 2.
 - 3 National Research Council 1970: Remote Sensing, with Special Reference to Agriculture and Forestry. *Nat. Academy of Sciences*, Washington D.C.
 - 4 U. S. Geological survey 1970: Experimental Space Photomap, Blatt Phoenix NI 12-7, 1 : 250 000 (einschl. vervielf. Kommentar), Washington D. C.
 - 5 U.S. Geological Survey 1970: Experimental Space Photomap, Blatt Phoenix South, 1 : 500 000 (einschl. vervielf. Kommentar), Washington D. C.
 - 6 U.S. Geological Survey 1970. Apollo 6 Photomaps of the West East Corridor from the Pacific Ocean to Northern Louisiana (einschl. vervielf. Kommentar) Washington D. C.
 - 7 Hobrough G. L. und T. B. 1970: Image Correlator Speed Limits. Paper ISP-Comm. II – Meeting, München.
 - 8 Meier H. 1966: Theorie und Praxis des Orthoprojektors Gigas-Zeiß. *Zeiß-Mitteilungen*, 4 (2).
 - 9 Schwidewsky K. 1965: Die Orthophotokarte und die Entzerrungsverfahren für unebenes Gelände. *Bildm. und Luftbildwesen* 4.
 - 10 Spieß E. und Mitarbeiter 1970: Kommentare zu den Kartenproben und Reproduktionen des Orthophotos Châtel-St-Denis 1 : 25 000. Vervielf. Bericht, Kartographisches Inst. der ETH, Zürich.
 - 11 Beck W. 1967: Reproduktions- und drucktechnische Nachbildung und Umgestaltung von Orthophotos. *Bildmessung und Luftbildwesen* 3.
 - 12 Boesch H. 1970: *Geographie und EDV*, Uni 70, Nr. 5.
 - 13 Crandall C. J. 1969: Radar Mapping in Panama. *Photogramm. Engineering* XXXV, 7.
 - 14 Raytheon Autometric 1969: Kentucky Test Range (Side Looking Radar Mosaic). Alexandria Va.
 - 15 Grumann Aircraft Engineering Corporation 1968: Side Looking Radar Mosaic of the State of Massachusetts (1 : 500 000) East- und West-Looking Edition. Hergestellt für NASA und U.S. Geological Survey.
- Martin A.-M.: Neuere Verfahren der Kartenherstellung (mit Hilfe von Luft- und Satellitenaufnahmen) in den USA. *Kartographische Nachrichten* 20. 6, 1970.