

ÜBER DIE HERSTELLUNG TOPOGRAPHISCHER UND THEMATISCHER KARTEN AUS HOCHBEFLIEGUNGEN

Hans-Günter Gierloff-Emden

1. Voraussetzungen, Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten der Anwendung:
Ultra High Altitude Photography (UHAP)

Der Einsatz von Luftbildaufnahmen aus großen Höhen ist zur Herstellung von topographischen und thematischen Karten in den Maßstäben 1:100000 bis 1:25000 geeignet.

Das in den USA entwickelte Aufklärungsflugzeug "U-2" erreicht eine Dienstgipfelhöhe von 21500 m und kann mit einer RC-8-Kamera hochauflösende Luftbilder im Maßstab 1:125000 aufnehmen. Im Jahre 1979 begann das EROS-Data Center (EDC, Sioux Falls, South Dakota) mit der Auslieferung der ersten 9 inch (23 x 23 cm) Farbinfrarotbilder (CIR) im Maßstab 1:58000 und von Schwarzweißbildern (BW) im Maßstab 1:80000 für das US "National High Altitude Photography Program" (NHAP) zur Herstellung neuer topographischer Kartenwerke in den USA. High Altitude-Luftaufnahmen in Maßstäben 1:60000 bis zu 1:100000 wurden seit 15 Jahren auch von Privatfirmen anderer Länder mit verschiedenen Maschinen geflogen, z. B. auch in der BRD. Die UHAP stellt die obere Höhengrenze von Aufnahmen der Erde von Flugzeugen als Systemträger dar (20-25 km). Diese liegt oberhalb der atmosphärischen Turbulenzen und der Jet-Stream-Schichten. Diese UHAP-Aufnahmen fanden in den USA auch Anwendungen für zivile Zwecke.

Satelliten als Systemträger finden ihre untere Grenze für den orbitalen Einsatz zur Gewinnung von Aufnahmen der Erde bei ≥ 200 km.

Bez.	Objektiv	Film Format in.	erfaßte Fläche	nom. Auflösung aus 19500 m Flughöhe
RC-10	6 in f4	9 x 9	29,7 x 29,7 km (16 x 16 n. mi.)	3 - 8 m
RC-10	12 in f4	9 x 9	14,8 x 14,8 km (8 x 8 n. mi.)	1,5 - 4 m
HR-732	24 in f8	9 x 18	7,4 x 14,8 km (4 x 8 n. mi.)	0,6 - 3 m

Tab. 1: Kammer-Daten, Aufnahmeumfang und Bodenauflösung von UHAP

Vorteile der UHAP gegenüber konventionellen Luftbildaufnahmen und Satelliten-Systemen:

- Flächenumfang. Die aufgenommene Fläche einer einzigen UHAP liegt, in Abhängigkeit von Flughöhe und Brennweite (150 ... 300 mm), in der Größenordnung zwischen 180 ... 900 km². Bei einer "konventionellen" Luftaufnahme kann eine Fläche von 5 ... 25 km² als typisch gelten.
- Höhere Auflösung am Boden.
- Bestimmbarkeit des Aufnahmezeitpunktes. Repetitionsraten im Zeitintervall von Zeitskalen raumformender Prozesse:
 - Waldsterben: 2 ... 3 Jahre
 - Dürrekatastrophen (wie Sahelzone): 1 Jahr
 - Waldrodungen (Amazonasgebiet): 5 Jahre
 - Stadt-Umlandentwicklungen: 1 ... 5 Jahre
 - Freizeitanlagen: 1 ... 5 Jahre
 - Updating, d. h. Fortführung bestehender Kartenwerke: 2 ... 5 Jahre.
- Kostenfaktor. UHAP ist rationell im Vergleich zu konventionellen Luftbildaufnahmen wegen des großen Flächenumfangs.
- Besonderheiten größerer Ausdehnung (z. B. tektonische Strukturen), die in kleinmaßstäbigen Aufnahmen als ganzes Phänomen erkennbar sind, können z. T. auf großmaßstäbigen Photographien nicht erkannt werden.

- UHAP ersetzen nach dem Aufnahmeumfang der Szene konventionelle Photo-Mosaik; in solchen Mosaiken gibt es unterschiedliche Qualität der einzelnen Aufnahmen und Einflüsse durch die Reproduktion. Dadurch kann die Erkennung und Interpretation von regionalen Merkmalen der Skalengröße von mehr als einem Mosaikanteil eingeschränkt werden.

UHAP ist rationell im Vergleich zu Satellitenbildaufnahmen wegen des einfachen technologischen Einsatzes, der Logistik und der Auswertung in Mono- und Stereo-Bildmaterial, der Auswahl der Aufnahmezeiten sowie in der kürzeren Zeit und in dem geringen Aufwand der Bodenkontrolle (ground truth), da die zu kartierenden Objekte wegen der vergleichsweise höheren Bodenauflösung zum Teil direkt mit der Bildauswertung als Information gewonnen werden können, d. h. die Objekte sind nicht nur erkennbar, sondern auch identifizierbar.

2. Relation der Skalen von Aufnahmemaßstab, Flächendeckung, Bodenauflösung von UHAP im Vergleich zu großmaßstäbigen Luftaufnahmen und zu MC-Orbital-Aufnahmen

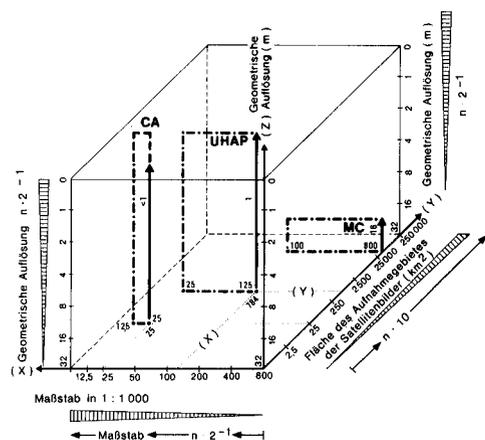


Abb. 1: Bildmaßstab, Fläche des Aufnahmegebietes und geometrische Auflösung am Boden.

Isometrische Darstellung der Parameter der Fernerkundungssysteme
 Parameter: Wiedergabe im Diagramm:
 Maßstab der Originalphotographie x (horizontal)
 Fläche des Aufnahmegebietes des Bildes y (diagonal)
 Geometrische Auflösung des Systems z (vertikal)

System	Aufnahmemaßstab (gerundet)	Fläche des Aufnahmegebietes (km ²)	Geometrische Auflösung am Boden (m)
CA: Konventionelle Luftaufnahmen	1 : 25000	25	< 1
UHAP: Ultra High Aerial Photography	1 : 125000	784	1 - 5
MC: Metric-Camera Aufnahme auf Space Shuttle	1 : 800000	35721	10 - 20

Linien: Originalmaßstäbe

Gerissene Linien: Vergrößerte Aufnahme des Fernerkundungssystems für die kartographische Arbeit

Der "Sprung" der Bodenauflösung nach Pixeln von der Größenklasse 30 m auf die Größenklasse 20 m ist nicht sehr relevant, da mit diesem Sprung der Auflösung keine wesentlich neuen Objektklassen der Erdoberfläche erfaßt werden (z. B. Gebäude, Felder nach Landnutzung etc.). Der "Sprung" der Bodenauflösung nach Objekten von der Größenklasse 15 - 20 m (Minimum Visible von MC) auf die Größenklasse 3 m (UHAP) ist relevant, da hiermit die Möglichkeit der Interpretation und der Kartenherstellung im Maßstab 1 : 50000 und 1 : 25000 erreicht wird.

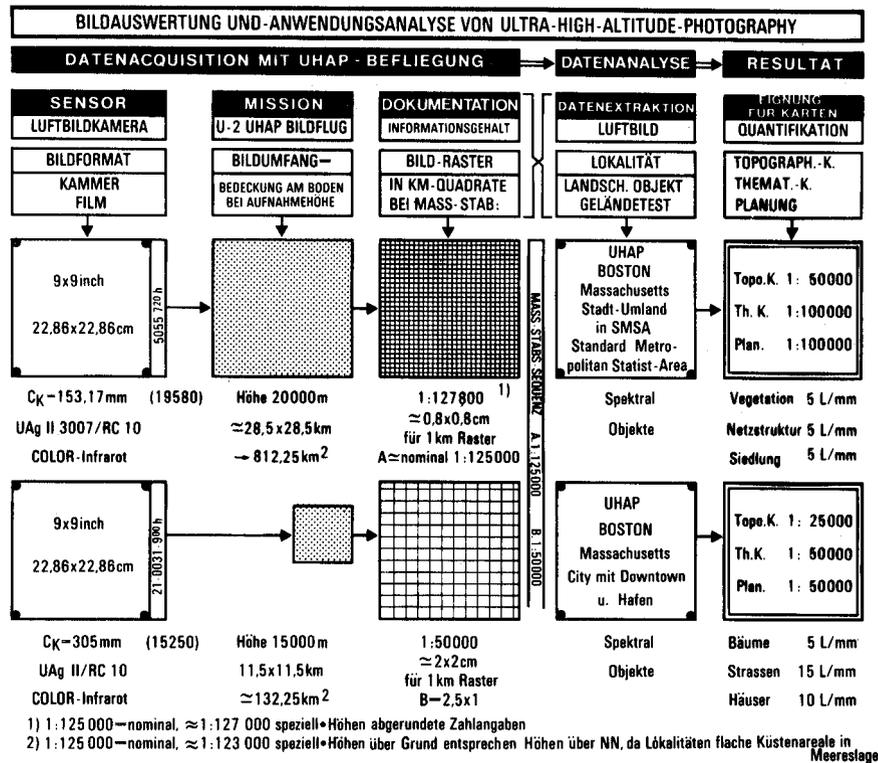


Abb. 2: Bildauswertung und -Anwendungsanalyse von Ultra High Altitude Photography

3. Möglichkeiten der Anwendung von Ultra High Altitude Photography

Bildauswertung von UHAP zur Anwendung für Kartographie von Stadt- und Stadt-Umlandregionen.

Bildqualität: Von den erworbenen UHAP als Infrarot-Film sind die der Maßstäbe 1 : 50000 sehr gut, die im Maßstab 1 : 125000 z. T. mit einem geringen Qualitätsabfall zum Bildrand behaftet. Das IR-Farbbild wurde zum Zwecke der Präsentation hier als Schwarz-Weiß-Bild reproduziert.

- Die Bildauswertung erfolgte monoskopisch.
- Stereopaare dieser Bilder waren nicht vorhanden.
- Die Bildauswertung hätte mittels Stereoeffekt verbessert werden können.

Für die Bildauswertung wurden Schemata zur quantitativen Analyse entwickelt, wobei Testareale nach stadtgeographisch ausgewählter Problematik behandelt werden.

Bildauflösung: Als Maße für die Bildauflösung wurden verwendet: L/mm, wie in der Kartographie und Lp/mm = Linienpaare/mm, entsprechend der Methode zur Auslegung von Balkensignalen.

Erkennbarkeitsgrenzen: Als kleinste Objekte konnten erkannt und identifiziert werden: im Maßstab 1 : 125000: 10 L/mm PKW (4 m), weiß auf dunkel, 1,5fach überstrahlend, Startbahnmarkierungen durch Überstrahlung.

1 : 50000: 15 L/mm Holme von Kränen (1,5 m), Triebwerke von Flugzeugen (1,5 m), Fahrbahnmarkierungen durch Überstrahlung.

Der Nachweis der Verwendungsmöglichkeit der UHAP für die einzelnen Maßstäbe für die aufgeführten Probleme A (Boston, Stadt-Umland), B (Boston Stadt) wird mit der Bildanalyse erbracht (vgl. Abb. 2, Auswerteschemata, und Abb. 3).

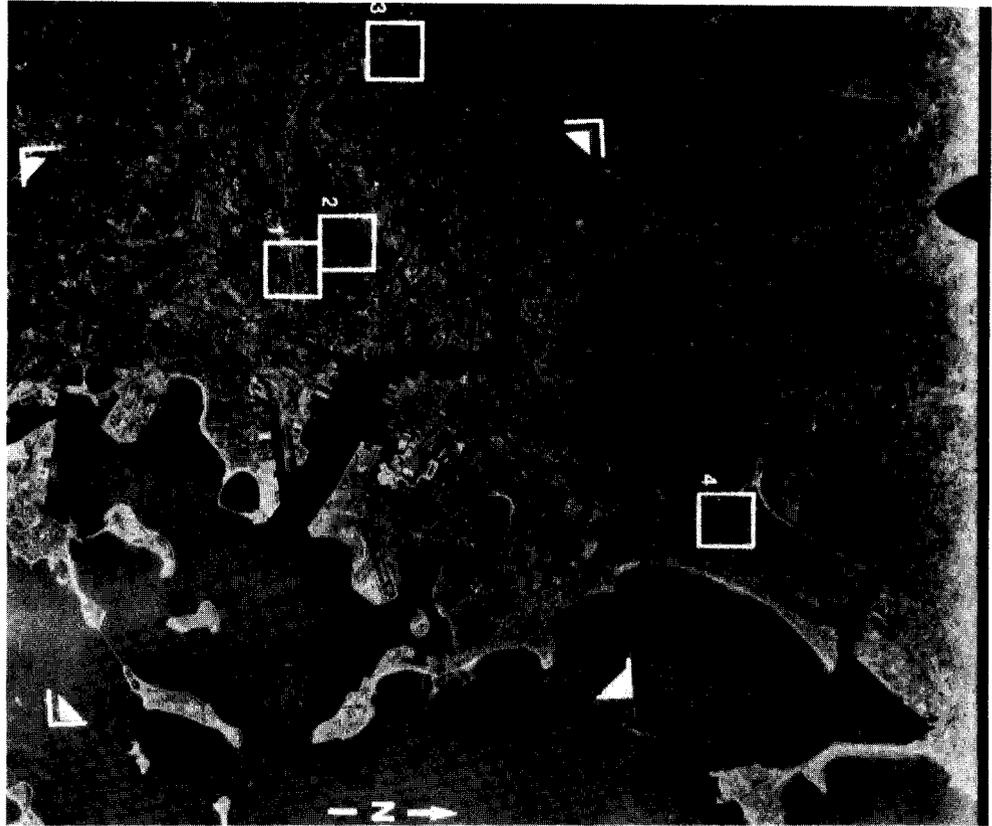
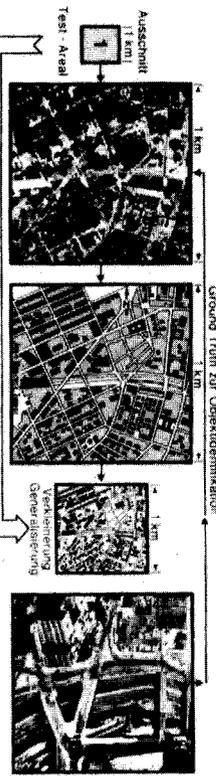
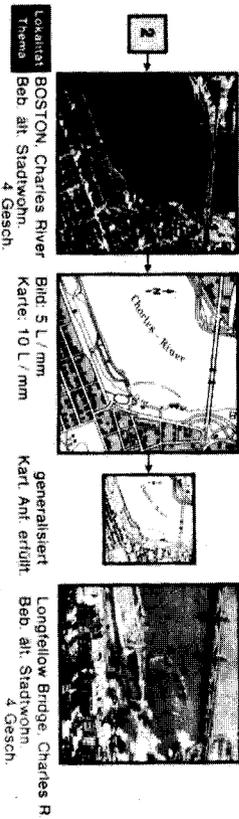


Abb. 3: UHAP Boston I: 25000 mit der Lage der UHAP Testareal
 1 - 4 (Ausschnitt), Flughöhe 20000 m.

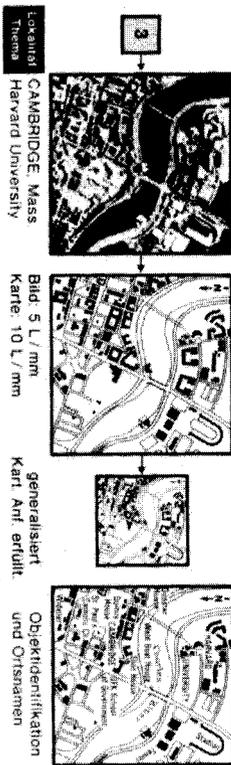
UHAP I: 125 000 • TEST FÜR VERWENDUNG ZUR KARTE 1: 50 000 • ORT BOSTON
 UAG II 3007. - K 153.17 Flughöhe 19600 m - U - 2 - Film CIR -> Repro schwarz / weiß
 UHAP UHAP - VERGROSSERER KARTIERUNG KARTE GELÄNDESTEST
 Ausschnitt 2 Aufl: 1: 25 000 Kart. 1: 25 000 1: 50 000 Boden (Annahme G.E.)
 Anfertigung: H.S. Barthel, Essen 1983



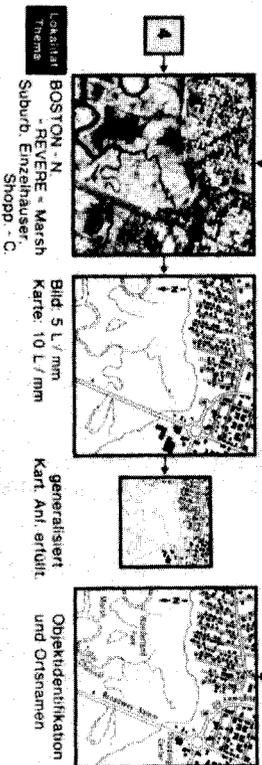
UHAP I: 125 000 für Karte 1: 50 000
 BOSTON - STADT Bild 5 L / mm Kart. Anf. erfüllt
 STRASSEN - Bebauung Karte: 10 L / mm
 generalisiert Aufn. aus 200 m Höhe
 Massachussets Tumpleke



UHAP II: 25 000 für Karte 1: 50 000
 BOSTON - Charles River Bild 5 L / mm Kart. Anf. erfüllt
 Bob. alt: Stadtwohn. 4 Gesch. Karte: 10 L / mm
 generalisiert Longfellow Bridge, Charles R.
 Massachussets Tumpleke



UHAP III: 25 000 für Karte 1: 50 000
 CAMBRIDGE - Mass Bild 5 L / mm Kart. Anf. erfüllt
 Harvard University Karte: 10 L / mm
 generalisiert Objektkartierung
 und Ortsnamen



UHAP IV: 25 000 für Karte 1: 50 000
 BOSTON - N. Bild 5 L / mm Kart. Anf. erfüllt
 REVERE - Marsh Karte: 10 L / mm
 generalisiert Objektkartierung
 und Ortsnamen
 Suburb. Einzelhäuser, Shopp. - C.

Literatur

- /1/ Wray, J. R.: The Census Cities Project and Atlas of Urban and Regional Change. - In: Third Annual Earth Resources Program Review, Vol. I, Geology and Geography, NASA Manned Spacecraft Center, Houston, 1970.
- /2/ Doyle, F. J.: Cartographic Presentation of Remote Sensor Data. - In: Manual of Remote Sensing, Vol. II, S. 1077 - 1106, Falls Church, VA, 1975.
- /3/ Konecny, G.: Einsatz photogrammetrischer Kameras aus dem Weltraum für kartographische Anwendungen. - Atlas-Studie des BMFT 01QS019ZA/WF/WE0 275. - 2.4., Hannover, 1979.
- /4/ Gierloff-Emden, H.-G.: Super High Altitude Photography for Coastal Geomorphology. - ITC-Journal, 1982, 3, S. 313 - 316.
- /5/ Konecny, G., Schuhr, W. u. Wu, J.: Untersuchungen über die Interpretierbarkeit von Bildern unterschiedlicher Sensoren und Plattformen für die kleinmaßstäbige Kartierung. - BuL 50 (1982), S. 187 - 200.
- /6/ Sievers, J. u. Schürer, K.: Beiträge zur Bildqualität und Höhenmeßgenauigkeit von Reihenmeßkameraufnahmen aus größeren Flughöhen, BuL 50 (1982), S. 101 - 118.
- /7/ Gierloff-Emden, H.-G. u. Dietz, K. R.: Studie zur Auswertung und Verwendung von High Altitude Photography (HAP) kleinmaßstäbige Luftaufnahmen. - Studie im Auftrag des BMFT 513-8391 von 1981. Münchener Geographische Abhandlungen, LMU, Institut für Geographie, Heft 32, 1983.
- /8/ Gierloff-Emden, H.-G., Dietz, K. R., Halm, K.: Geographische Bildanalysen von Metric-Camera-Aufnahmen des Space-Shuttle-Fluges STS-9. - Münchener Geographische Abhandlungen, LMU, Institut für Geographie, Heft 33, 1985.

Zusammenfassung

Kleinmaßstäbige Luftbildaufnahmen (UHAP) vom Aufnahmesystemträger hochfliegendes Flugzeug (U-2 aus 20 km Höhe) werden hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeit für kartographische Zwecke untersucht. Die Aufnahmemaßstäbe um 1 : 125000 und der Bildumfang 28 x 28 km liegen zwischen denen der Daten, die von Aufnahmen mit Satelliten (Film, Scanner) und denen, die mit sogenannten "konventioneller Befliegung" (Flughöhe unter 10000 m) gewonnen werden. Die Analyse der Bilder von UHAP nach spektraler Information und Mustererkennung ergibt, daß sehr günstige Anwendungsmöglichkeiten für die Herstellung von Karten der Maßstäbe 1 : 100000 bis zu 1 : 50000 und bis zu 1 : 25000 nach topographischen und nach thematischen Aspekten bestehen, deren Präzision, Informationsgehalt und Repetitionsmöglichkeiten durch Einsatz dieser Flugmissionen denen der Satellitenmissionen für zahlreiche Zwecke und Anwendungen überlegen sind bzw. diese ergänzen.

ON THE PRODUCTION OF TOPOGRAPHIC AND THEMATIC MAPS FROM UHAP
(ULTRA HIGH ALTITUDE PHOTOGRAPHY)

Abstract

Small-scale aerial photographs UHAP taken from high altitude aircraft (U-2 from 20 km) are analyzed with regard to their cartographic applicability. The photo-scales of approximately 1 : 125000 and the depicted areas of 28 x 28 km lie between the dates taken from satellites (Film, Scanner) and those from conventional aircraft. The analysis of UHAP-photographs with regard to spectral information and pattern recognition demonstrates a very favorable applicability for the production of 1 : 100000 and 1 : 50000 scale maps, and with regard to topographic and thematic aspects also for scales up to 1 : 25000. Their precision, their information content and the possibility to repeat these flight missions make them for numerous purposes and applications superior to satellite missions. These analyses were carried out as a BMFT-study (no. 513-8391 between 1981 - 1983) by H.-G. Gierloff-Emden for the UHAP (mission altitudes of 20 km, as reported), and for NHAP-Program of the USA (mission altitude of 13 km) by K. R. Dietz /7/.

Prof. Dr. Hans-Günter Gierloff Emden
Lehrstuhl für Geographie und Geographische Fernerkundung
der Universität München
Luisenstr. 37
D - 8000 München 2