

## Luftbildarchäologie – multitemporal und multisensoral

HANS-ECKHARD HELLER

*Zum Dokumentationswert von alten Luftbildern für die Luftbildarchäologie*

### 1. Definition und Fragestellung

Der „Dokumentationswert“ alter Luftbildaufnahmen läßt sich durch den Unterschied quantifizieren, der sich daraus ergibt, daß archäologische Objekte in älteren Luftbildern (20, 30, älter als 50 Jahre) noch in bedeutend höherer Anzahl erkennbar sind als heutzutage vom Blick aus dem Flugzeug heraus.

Folgende Fragen leiten sich aus dieser Definition ab:

Welches Ausmaß hat die landwirtschaftliche Nutzungssteigerung, -intensivierung innerhalb von 20 Jahren erreicht?

Wie stark hat dadurch der archäologische Informationsgrad gelitten?

### 2. Datenbasis

Zugrunde liegen Arbeiten über die Luftbildsuche von Ringwallanlagen im Gebiet Schotenheide der Gemeinde Rodewald in Niedersachsen. Ausgangsmaterial waren Luftbilder des Archives des Landesvermessungsamtes in Hannover: Schwarz-Weiß Normal- und Weitwinkel-Luftaufnahmen aus den Jahren 1965, 1972, 1974, 1978 und 1984. Der gebräuchliche Bildmaßstab bei den Senkrechtaufnahmen im Standardformat 23 x 23 cm liegt bei 1 : 12 000.

Zur digitalen Verarbeitung wurde die älteste Aufnahme (03/65) herangezogen, weil sie den höchsten historischen Dokumentationswert erwarten ließ; die jüngste Aufnahme aus 04/84 sollte im Vergleich dazu dienen, eine Aussage über den Objektverlustgrad zu machen.

### 3. Bildverarbeitung und Auswertung

Zwischenschritte bis zur Bildinterpretation und damit dem Identifizieren und Auszählen der gefundenen Objekte waren verschiedene Methoden der Bildaufbereitung und Bildverbesserung (Histogrammlinearisierung, Rauschfilterung, Kantenverstärkung, interaktive Kontrastveränderung) mit dem Programm PhotoStyler unter Windows 95, einem der vielen auf dem Markt befindlichen Bildverarbeitungspakete.

Bei der visuellen Interpretation wurde die Unterscheidung zwischen gut und kaum erkennbaren Objektklassen getroffen. Einen Überblick gibt die Gegenüberstellung der beiden Luftbildausschnitte (1965/1984) mit den Kreismarkierungen (Abb. 1).

Die Durchmusterung der Testszene von 1984 ergab 25 Objekte, von denen fünf noch gut (I) erkennbar, die restlichen 20 kaum (II) sichtbar sind. Die Haken in den markierten Kreisen zeigen die Identitäten zu Objekten, die an gleicher Stelle bereits 1965 zu finden waren. Weiße Flecken (9) sind neue Informationen, möglicherweise aus abweichenden klimatischen und bodenspezifischen Einflüssen.

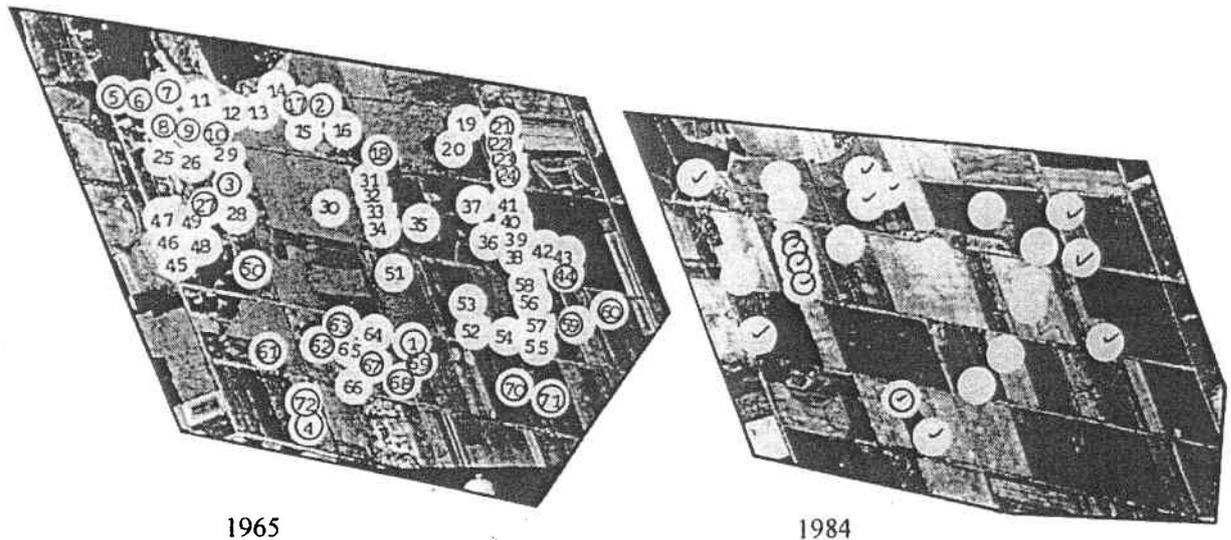


Abb. 1. Gefundene/vermutete Ringwallstrukturen.

Die Luftbilder wurden beide im Frühjahr aufgenommen. Da es sich hier weitgehend um archäologische Bodenmerkmale, zum Teil durch feuchte Bodenverhältnisse beeinträchtigt, handelt und bis auf den schlechten Indikator Gras kein Vegetationsmerkmal auftritt, werden konstante äußere Einflüsse angenommen.

Unter Berücksichtigung von Interpretationsfehlern hat sich der erwartete Objektverlust bestätigt. Der Verlustfaktor liegt bei gut erkennbaren Objekten wie bei kaum erkennbaren (> 80% und > 70%) in der gleichen Größenordnung. Neun neue Objekte sind als Folge von jüngeren Kultivierungsmaßnahmen zu sehen: Frisch umgebrochene Wiesen weisen relativ gut erhaltene Spurenmerkmale auf, die erst nach Jahren intensiveren Ackerbaus in ihrer Ausprägung zurückgehen. In diesem Symptom ist wohl auch der Hauptgrund für den Objektverlust zu sehen.

Qualitätsstufe	1965	1984	Verlustfaktor
I	30	5	> 80%
II	42	11	> 70%

Abb. 2. Ergebnismatrix: Auszählung der archäologischen Merkmalstypen.

Nicht zu unterschätzen ist der Umstand, daß über weite Flächen die zum Teil durch Erbteilung parzellierten Fluren in diesen altbesiedelten Räumen zur Erhaltung einer leistungs- und konkurrenzfähigen Agrarwirtschaft zusammengelegt wurden. Damit einher geht die Bearbeitung mit immer gewaltigeren Landmaschinen, die tiefer in den Boden eingreifen. Eine grobe Ausmessung der Senkrechtaufnahmen 1965 und 1984 ergab nachstehende Parzellenstruktur (Abb. 3).

Unser Auge erkennt auf den ersten Blick eine Vergrößerung der Flächen der Bewirtschaftungseinheiten. Die durchschnittliche Parzellengröße verdoppelte sich in 20 Jahren von 2 auf 4 ha. Nach Aufgliederung in Acker, Wiese, Wald folgt:

Nutzungsart	Flächengröße		Änderung
	1965	1984	
Acker	120	170	40%
Wiese	60	10	-80%
Wald	20	20	0%

#### 4. Analyse zum Dokumentationswert

An dieser Stelle kann sicherlich eine klare Aussage zum Dokumentationswert von äl-

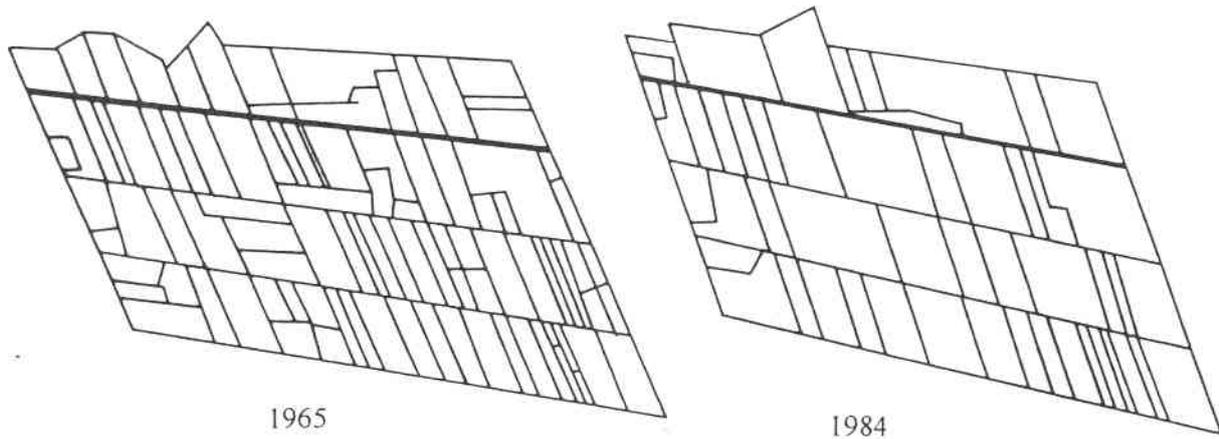


Abb. 3. Parzellenstruktur des Testgebietes.

teren Luftbildern gemacht werden. Wenn auch von Interpretationsfehlern bei der Durchmusterung auszugehen ist, läßt aber die Größenordnung des Ergebnisses die allgemeine und repräsentative Aussage zu, daß mit Ende des Zweiten Weltkrieges innerhalb von wenigen Jahrzehnten eine starke Reduzierung besonders bei den archäologischen Bodenmerkmalen eingetreten ist. Diese Aussage wird sich nicht nur auf andere vom wirtschaftlichen Entwicklungsstand her mit Deutschland vergleichbare Länder übertragen lassen. So besteht seit einigen Jahren im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit an der Ruhr-Universität Bochum ein deutsch-chinesisches Projekt mit dem Ziel, die Luftbildarchäologie in der VR China zu institutionalisieren. Grundlage sind hier im ersten Schritt 30 000 alte Luftbilder aus den USA, weil eine einzuleitende Flugprospektion finanziell nicht durchsetzbar ist, gleichzeitig der

wirtschaftliche Ausbau Chinas aber viele archäologische Opfer mit sich bringt.

#### 5. Bildhafte Beispiele von Ringwall-Objekten

Nach der Quantifizierung der Größenordnungen soll anhand von zwei konkreten Objekten des Testgebietes die fortlaufende Zerstörung und damit abnehmende Erkennbarkeit konkretisiert werden. In beiden Fällen wurden die bei der Landesvermessung Hannover verfügbaren Jahrgänge 1965, 1972, 1974 und 1978 herangezogen:

##### a) Bodenmerkmal auf Acker (Landwirt Erich Duensing) (Abb. 4)

Im ersten Bild (1965) zeigt sich das Bodenmerkmal der Ringwallstruktur in einer selten schönen Ausprägung mit erkennbaren Details: Ein Kernring im Inneren und kon-

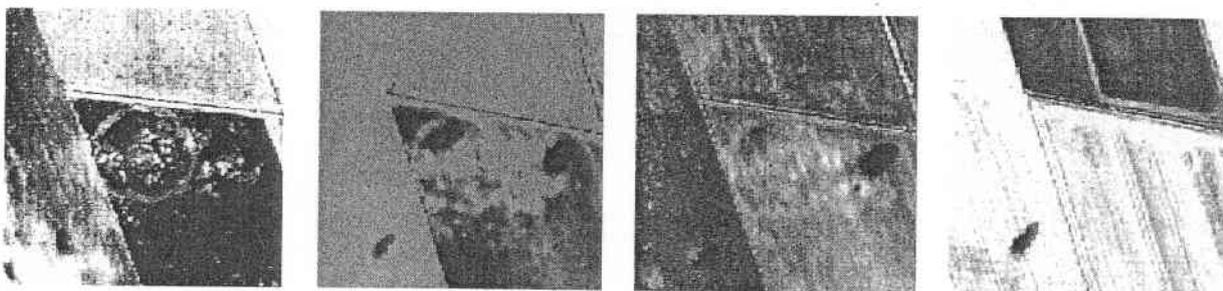


Abb. 4. Zeitlicher Verfall der Erkennbarkeit bei der Ringwallanlage auf dem Gelände Duensing.

zentrisch dazu eine äußere Wall-/Grabenkonstruktion. Die Ausschnitte der folgenden Zeitpunkte (1972, 1974, 1978) machen die fortschreitende Verwaschung der Strukturen deutlich, im wahrsten Sinne des Wortes ein Abtauchen in den Untergrund und somit aus der Vogelperspektive kaum noch identifizierbar. Das Bild aus dem Jahr 1984 wurde weggelassen, da ebensowenig Information vorhanden ist wie schon 1978.

b) Bodenmerkmal auf Acker (Landwirt Friedel Poppe) (Abb. 5)

Bei dieser Bildsequenz liegt ein Sonderfall vor: Im ersten und zweiten Bild ist das Objekt noch in seiner dreidimensionalen Ausprägung sichtbar, zum einen mit Laubbäumen und Gestrüpp bewachsene Ringstruktur, zum anderen wahrscheinlich unmittelbar nach seiner Abholzung (1972). Das heißt, wären in der näheren Umgebung keine vergleichbaren Anlagen mehr vorhanden, wären diese Bilder von 1965/1972 wohlmöglich die einzigen Zeitzeugen geblieben.

Nachdem die Ergebnisse des ersten Abschnittes den hohen Dokumentationswert älterer Archivbilder gezeigt haben, konnte in Form von Bildsequenzen die zunehmende „Degenerierung“ einzelner Objekte als Folge intensiver Bodeneingriffe sichtbar gemacht werden. In diesem Zusammenhang

wird ein weiterer Vorzug der Archivbilder des Landesvermessungsamtes deutlich:

Von der Aufgabenstellung her wurden (und werden) die Luftbilder für die Zwecke der Fortführung und Aktualisierung der Topographischen Kartenwerke geflogen mit einer mehr als 50%igen Längsüberlappung. Somit sind sie auch in der dritten Dimension (Höhe) ausmeßbar.

Unter einem Stereoskop ließe sich der Ringwall räumlich betrachten und durch eine Stereoauswertung mit dreidimensionalen Koordinaten in seiner einstigen Struktur rekonstruieren.

Um auf die abgebildete Sequenz zurückzukommen, zeigt sich im dritten Bild der Ringwall nach dem Umpflügen (1974) als das klassische archäologische Bodenmerkmal in seiner unwiderbringlich klaren Ausstrahlung mit starken Kontrasten, nun aber verebnet und weit weniger aussagekräftig. Noch weniger und kaum noch zu erkennen ist er auf dem abschließenden Bild (1978).

Dadurch, daß für das Testgebiet Luftbilder aus fünf verschiedenen Jahren vorliegen, kann ein „Film“ über die Jahrzehnte hinweg erstellt werden, der aus den Momentbildern der jeweiligen Jahre besteht. So läßt sich von Aufnahmezeitpunkt zu Aufnahmezeitpunkt der Wandel des Landschaftsbildes verfolgen, mit den Methoden des „Morphing“ der digitalen Bildverarbeitung. Nach Abgleich der Einzelbilder, kön-

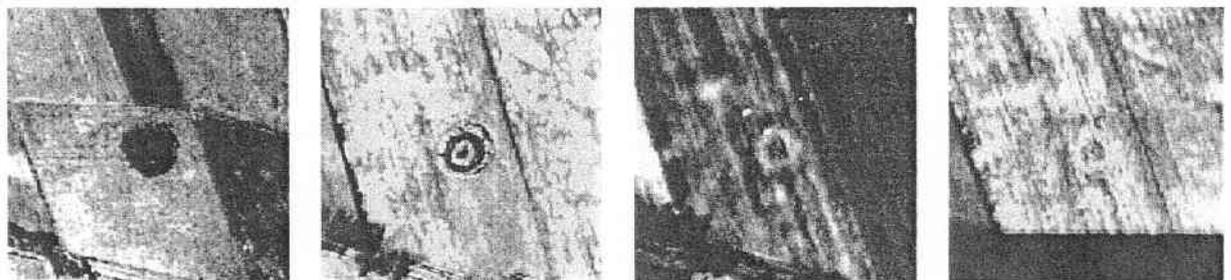


Abb. 5. Zeitlicher Verfall der Erkennbarkeit bei der Ringwallanlage auf dem Gelände Poppe.

nen die Zwischenzeiträume in Form von neu generierten Bildern interpoliert werden. Eine Präsentationsform kann bei höherer Interpolationsdichte eine Video-Animation sein, aber auch mit weniger Bildern zeigt eine Dia-Show auf dem PC die Bildzwischenstände.

#### 6. Archäologische Schrägaufnahme/Photogrammetrische Vertikalaufnahme

Grundsätzlich kann hier zwischen „Archäologischer Schrägaufnahme“ (AS) und „Photogrammetrischer Vertikalaufnahme“ (PV) unterschieden werden. Otto Braasch spricht treffend von „aktuellen thematischen Schrägluftbildern“ und „zweckfremden Senkrechtaufnahmen“.

Außer dem Dokumentationswert gibt es weitere Parameter mit unterschiedlichen Vorzügen und Nachteilen bei beiden Aufnahmekonfigurationen, auf die zusammenfassend kurz hingewiesen werden sollte.

Bewegt man sich bei den AS mit klein- bis mittelformatigen Handkameras in Flughöhenbereichen um 150 m bis 1200 m (Bildmaßstab 1 : 1000 bis 1 : 20 000), so entstehen die PV in Höhen von 1800 m bis 3600 m mit mehreren Größenordnungen teureren Reihenmeßkammern (Bildgröße 23 x 23 cm, Bildmaßstab 1 : 12 000).

Die geometrische Stabilität ist bei der Meßkammer mit primärer Blickrichtung bei der Kartenherstellung höher als bei handelsüblichen Photokameras, somit für eine anstehende Absteckung der gefundenen Objekte im Feld besser ausmeßbar; außerdem genießt die PV aufgrund der senkrechten Aufnahmerichtung Vorteile wegen ihres kartenähnlichen Charakters, wobei die AS große Maßstabsunterschiede vorweist.

Von der Flächenabdeckung her bietet die AS mit vielleicht max. 1 km<sup>2</sup>, dagegen die PV mit ca. 8 km<sup>2</sup> „mehr Information auf dem Bild“, und ist so handlicher zu verarbeiten.

Kann aber die PV bei den luftbildarchäologischen Oberflächenmerkmalen lediglich

Boden- oder Feuchtmerkmale berücksichtigen, so kann die AS das volle Spektrum abdecken von Schatten-, Boden-, über Vegetations-, Schnee- und Reife- bis zum Flutmerkmal. Hier stellt sich jedoch die Frage: Was nützen mir die unschlagbaren Vorzüge dieser Merkmale, wenn die Objekte am Boden schon zu sehr zerstört sind, vielleicht nur noch mit geophysikalischen Methoden detektierbar, im alten Luftbild aber konserviert sind?

#### 7. Diskussion der unterschiedlichen Datenbasen

Gängige Praxis ist heutzutage die zielgerichtete Suche nach Bodendenkmälern vom Flugzeug aus und ihr Festhalten in Form von Schrägaufnahmen, was sicherlich unter Berücksichtigung der vorauszusetzenden Umgebungsbedingungen (Klima, Fruchtstand etc.) gute Ergebnisse liefert. Aber selbst wenn die Luftbilder der Landesvermessungen eine andere Zielsetzung haben, so wiegt der altersbedingte Dokumentationswert die überwiegend fehlenden luftarchäologischen Voraussetzungen sicherlich mehr als auf (zurückhaltend formuliert). So kann die Flugprospektion immer noch eindrucksvolle Ergebnisse bringen, wenn im Verfahrensablauf vorhandenes Archivmaterial vorab zielgerichtet gesichtet wird.

Will man also das historische Potential der Archivbilder nutzen, muß man wissen, wo sie zu finden sind: Jedes Bundesland hat beim Landesvermessungsamt ein amtliches Luftbildarchiv; private Luftbildhersteller können hilfreich sein. Neben verschiedenen Bundes- und Landesbehörden sind in Niedersachsen zu nennen: Kampfmittelbeseitigungsdienst, Hauptstaatsarchiv, Landesbildstelle.

Das Material, das hier schlummert, sollte nicht unterschätzt werden, zumal die vielfältigen Möglichkeiten der digitalen Bildverarbeitung, -aufbereitung heute bereits bis an den heimischen PC reichen.



Abb. 6. CM-Stein.

### *Multisensorale Bilddaten für die Luftbildarchäologie*

#### 1. Urkunden/Volksmund zum Kloster Vorenhagen/Mariensee

Aufhänger für die luftbildarchäologischen Untersuchungen ist die Lage von Vorenhagen als Vorgängerstandort des Klosters Mariensee. In zwei Urkunden des Jahres 1215 wird die Verlegung des Konvents von Vorenhagen nach Mariensee und die Ausstattung des Klosters beschrieben.

Im Bereich Suderbruch (Kr. Soltau-Fallingb.-bostel)/Rodewald (Kr. Nienburg/W.) existieren noch Begriffe wie „Zehntscheune“, „Mönchskuhle“, „Klosterpfad“. Letzterer ist ein Weg, auf dem der Abtransport des Zehnten nach Mariensee erfolgt ist. Noch in den Nachkriegsjahren wurden die Schüler vom Dorflehrer zu Mauer- und Wallresten auf die Weide im Hespern geführt. Ein Grenzstein mit eingemeißeltem „CM“ ist

ein heute noch sichtbares Zeichen im oberen Randbereich des Hespern (Abb. 6).

#### 2. Mündliche Überlieferungen, bildhafte Daten

Bei bildhaften Daten soll unterschieden werden zwischen „kartographischen Produkten“ und „photographischen Aufnahmen“, wobei erstere eher am Rande erwähnt werden sollen.

Der vermutlich älteste kartographische Nachweis dürfte die Kurhannoversche Landesaufnahme (18. Jh.) sein (Abb. 7). Hier ist der Hespern als Klosterareal erkennbar: Die gesamte Fläche ist als Wald kartiert, mögliche Mauerreste im Innern sind von den Militärtopographen „hinweg-

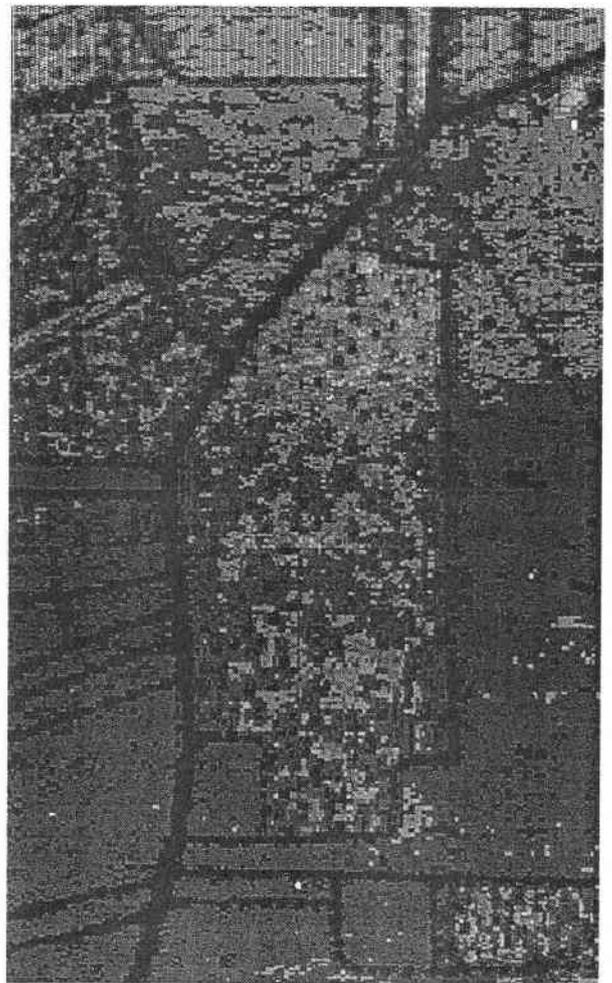


Abb. 7. Kurhannoversche Landesaufnahme.

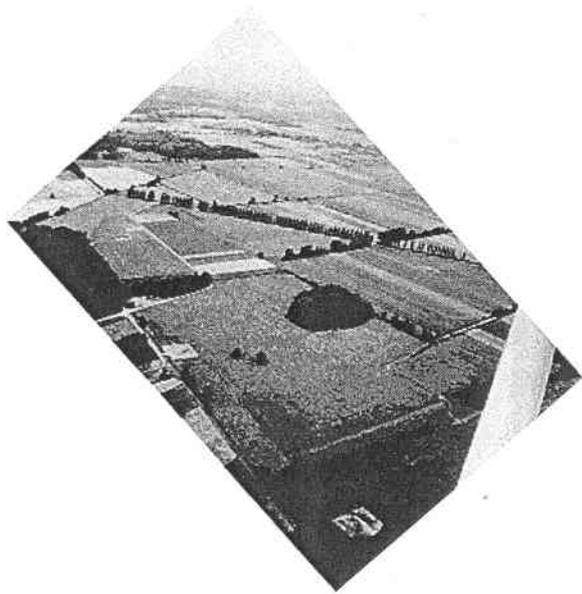


Abb. 8. Schrägaufnahme aus der Luft.

generalisiert“ worden. Die Preußische Landesaufnahme (1897), hier nicht gezeigt, läßt auf die Rodung im Zwischenzeitraum schließen.

Die im folgenden vorgestellten bildhaften (photographischen) Quellen können im einzelnen differenziert werden nach Aufnahmeplattform und Aufnahmesensor: Handelt es sich um ein Flugzeug oder um einen Satelliten als Trägerplattform; ist der Sensor eine klassische „hand-held“-Kamera, eine fest im Boden des Flugzeugs eingebaute photogrammetrische Kammer, ein „on-board“ elektronisches Satellitenabstastsystem? Aus dieser gewählten Unterscheidung resultiert der Begriff: Multisensorale Bilddaten.

### 3. Luft- und Satellitenbilder

#### a) Archäologische Schrägaufnahmen

Nachdem der potentielle Standort fixiert war, wurde das Areal mit dem Sportflugzeug umkreist. Das obenstehende Photo (Abb. 8) wurde im Juli 1984 aufgenommen. Es muß angemerkt werden, daß der Zeitpunkt eher zufällig gewählt war, ohne Berücksichtigung zu beachtender luftbild-

archäologischer Umgebungsparameter für die speziellen „Merkmalstypen“. So verwundert es nicht, daß im gesättigten Grün der Wiese z. B. keine Vegetationsmerkmale sichtbar werden. Durch gezielt geplante Aufnahmezeitpunkte kann noch etwas mehr erwartet werden.

Zur rein technischen Aufnahmekonfiguration kann folgendes gesagt werden: Die klein- bis mittelformatigen Handkameras werden in Flughöhen im Hundert-Meter-Bereich eingesetzt. Die geometrische Stabilität liegt hinter der einer photogrammetrischen Meßkammer. Durch die zusätzlich schräge Aufnahmerichtung ist das Bild auch nicht unmittelbar ausmeßbar. Unschlagbar aber ist der interpretative Gehalt, wenn gezielt luftarchäologische Merkmale gesucht und gefunden werden.

#### b) Photogrammetrische Senkrechtaufnahmen

Die Vertikalaufnahme hat eine für luftarchäologische Belange zweckfremde Aufgabenstellung: Zyklische Landesbefliegung zur topographischen Kartenerstellung und Kartenfortführung, um eine stete Aktualität zu gewährleisten.

Doch der historische Dokumentationswert 10, 20, 30 oder 40 Jahre zurückliegender Aufnahmezeitpunkte kann archäologische Merkmale konserviert haben, die infolge Bautätigkeit, intensiver tiefgreifender landwirtschaftlicher Bodenumwälzungen längst unsichtbar verwaschen sind.

Die Kammer hat ein Bildformat von 23 x 23 cm mit einer Bodenabdeckung von etwa 8 km<sup>2</sup>. Flughöhen sind 1800 bzw. 3600 m (Weit-, Normalwinkel). Für die Auswertung bzw. Ausmessung der Objektmerkmale zahlt sich die geometrische Stabilität aus. Die senkrechte Aufnahmerichtung ergibt beim Photo einen kartenähnlichen Charakter (1 : 12 000) ohne große Maßstabsunterschiede.

Für das folgende Beispiel liegt ein Luftbild des Jahres 1965 vor, hier aber ohne erkenn-

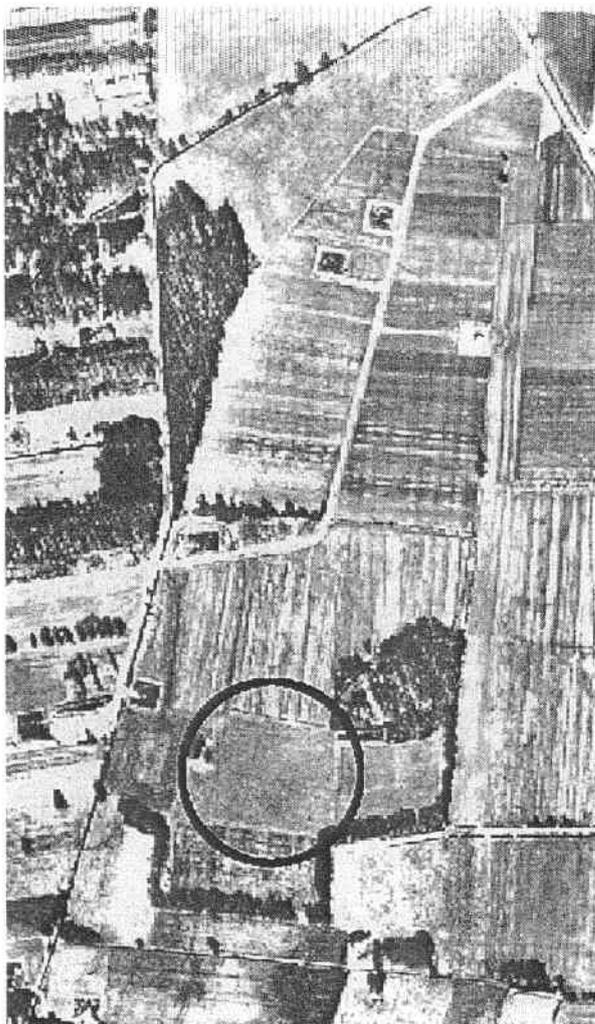


Abb. 9. Luftbild des Landesvermessungsamtes aus dem Jahr 1965.

bare Merkmalsstrukturen (Abb. 9). Vorweggenommen wird, daß das in den weiteren Beispielen sichtbare Klosterkreuz exakt in eine der zahlreichen Acker-/Wiesenparzellen des Hespens hineinfällt; ehemals vorhandene Mauerreste mögen also mitentscheidend für die Einteilung der Parzellenstrukturen gewesen sein. Geblieben ist im Jahre 1965 noch die Zehntscheune im linken Bereich.

c) Bilder der englischen Luftaufklärung 1945

Quelle ist das Archiv des Kampfmittelbeseitigungsdienstes Niedersachsen in Hannover. Diesem wurden englische Luftbil-

der für die Blindgängersuche zur Verfügung gestellt (Abb. 10); ursprünglich während und nach dem 2. Weltkrieg zu Aufklärungs-, Beobachtungszwecken und zur „Schadensinventur“ aufgenommen. Der Bildmaßstab der Hochbefliegungen liegt bei ca. 1 : 40 000; weitere Angaben zur Aufnahmekamera sind nicht bekannt. Die Bodenfläche deckt 10 x 10 km<sup>2</sup> ab.

Durch Ausschnittsvergrößerung des geschnittenen Bildes und Einsatz bildverarbeitender Maßnahmen konnte ein nicht mehr als 5 mm (!) großer „Fleck“ so extrahiert werden, daß ein kreuzförmiger Grundriß recht gut zum Vorschein kam. Das Original der Abbildung 10 ist so eingefärbt, daß das Kreuz in gelb-roter Pixelausprägung aus der weißen Rauhreflandschaft heraustritt. Die Klosterachse verläuft in W/O-Ausrichtung.

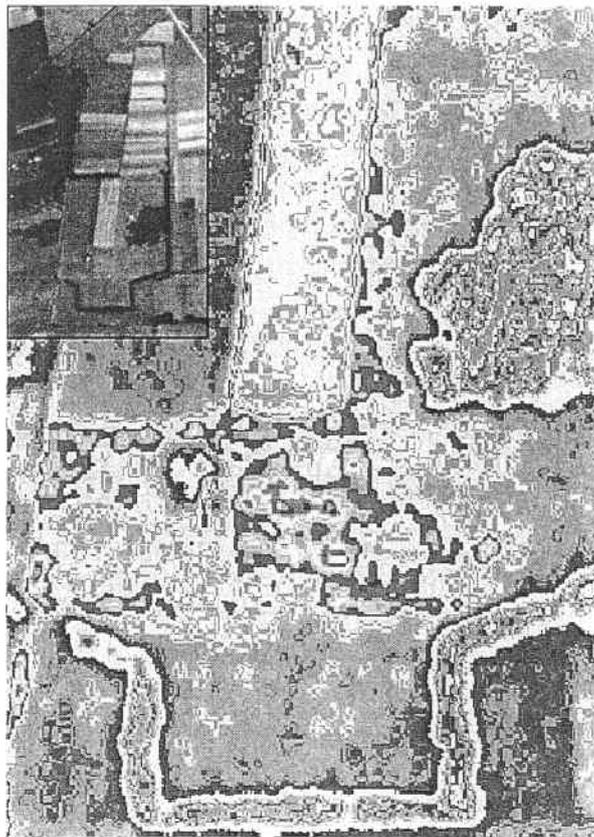


Abb. 10. Militärische Luftaufklärung 1945.

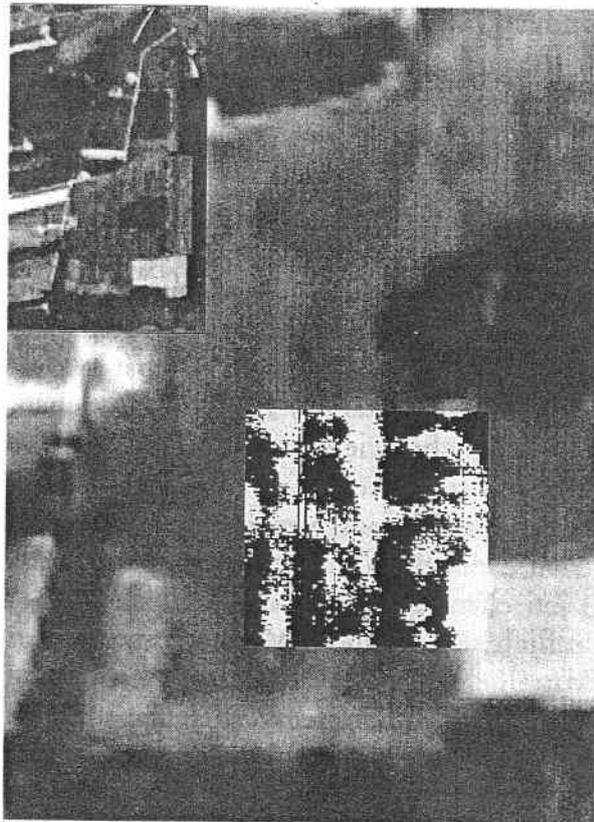


Abb. 11. KVR-1000-Satellitenbild.

#### d) Sowjetisches Satellitenbild

Denkbar ungeeignet scheinen Satellitenbilder mit Bodenauflösungen im Zehn-Meter-Bereich für die „feinen“ archäologischen Linearstrukturen. Höchste Auflösung bietet momentan der zivile französische SPOT-Satellit mit 10 m im panchromatischen Modus.

Durch die Öffnung des Ostblocks werden heutzutage auch höchstauflösende Bilddaten (< 10 m) auf unterschiedlichen Plattformen auf dem freien Markt angeboten. Das hier behandelte Bild (Abb. 11) stammt vom sowjetisch/russischen Erdbeobachtungs-, Spionagesatelliten der COSMOS-Serie. An Bord befindet sich das KVR-1000-Kamerasystem (Carl Zeiss Jena), welches die Bilder in (analoger) Filmform aufzeichnet. Da die Technik den US-Keyhole-Satelliten hinterherhinkte, schickte man die Plattform auf eine relativ instabile niedrige (polare) Umlaufbahn von nur 270 km.

Das langbrennweitige Objektiv ( $f = 1000$  mm) ergibt einen Bildmaßstab von ca.  $1 : 270\,000$ , das Blickfeld deckt am Boden eine Fläche von  $80 \times 80$  km<sup>2</sup> ab.

Der „Datentransfer“ zur Erde geschieht durch Absprengen der Filmspule (1800 Aufnahmen) und Landung per Fallschirm am Erdboden.

Heutige Anwendungsfelder dieser Daten liegen allgemein in der Vegetationskunde, Hydrologie, landwirtschaftlichen Nutzflächenkartierung und in Kartierungsaufgaben für Kartenwerke ab  $1 : 50\,000$ . Der archäologische Aspekt wird durch das markante Kreuz belegt, exakt an gleicher Stelle wie im englischen Aufklärungsbild (in unserem Fall: der schwellwertbestimmte „Binärbildausschnitt“), nicht jedoch in Form einer Aussenberandung des Grundrisses, sondern als zentrierte Längs- und Querachse. Der Grund kann in Diskretisierungssprüngen bei der Rasterdigitalisierung (3 m) der Photos liegen, weil sich die Strukturen in der Größenordnung der Pixelauflösung bewegen.

Das Klosterbild ist ein Ausschnitt aus dem großen Rasterbild der gesamten BRD, eine Datenmenge von 60 GByte speziell komprimiert auf 2 CD's (Faktor  $1 : 35$ ), lesbar in der Windows 95-Oberfläche. Auf jedem „normalen“ PC kann Deutschland „ge scrollt“ und „gezoomt“ werden in Übersichtsausschnitten von  $1 : 3\,000\,000$  bis zu Detailfenstern von bis zu  $1 : 10\,000$  ohne Auflösungsverlust.

#### 4. Datenquellen

Grundsätzlich gibt es bundesweit einen zentralen Nachweis aller durchgeführten Bildflüge. Dieser wird seit 1954 beim Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG) in Frankfurt/M. geführt. Seit 1972 sind hier auch Befliegungen nichtphotographischer Fernerkundungssysteme bzw. Angaben zu Satellitenbildaufzeichnungen enthalten.

Für den Bereich der Luftbilder können an erster Stelle die Vermessungsverwaltungen

der Länder genannt werden, wo in den Photogrammetriedezernaten Luftbildarchive gehalten werden. Weiterhin sind Archive und Sammlungen im allgemeinen bei fachspezifischen Landesinstituten und Bundesforschungsanstalten (Landeskunde, Geowissenschaften) vorhanden; auch sind die privaten Luftbildhersteller zu nennen.

Satellitenbilder und -daten sind bei einigen wenigen Gesellschaften im Bundesgebiet zu finden. Diese stellen für verschiedene internationale Satellitensysteme zahlreiche Datenprodukttypen unterschiedlicher radiometrischer/geometrischer Datenverarbeitungsqualität bereit in Form von einfachen Fotopapierkopien, Positiv- und Negativfilmen bis zu den reinen digitalen Daten auf Magnetbändern oder auf CD-ROM.

So gibt es das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) der Deutschen Luft- und Raumfahrttechnik (DLR) in Oberpfaffenhofen. Die höchstaflösenden Bilder (unter 10 m Bodenauflösung) der russischen Satelliten sind über den Erderkun-

dungs-Daten-Service der DORNIER-Satellitensysteme zu beziehen oder über die Gesellschaft für angewandte Fernerkundung (GAF) in München.

#### 5. Möglichkeiten/Schlußfolgerung

Wie die anschaulichen Ausschnitte zeigen, sollte nicht darauf verzichtet werden, auch „zweckfremde Aufnahmen“ (selbst in kleineren Bildmaßstäben) zu Rate zu ziehen, um möglichst viele und unterschiedliche Objektinformationen zu gewinnen.

Es konnte gezeigt werden, daß sogar extrem exotisches Material von ehemals sowjetischen Spionagesatelliten uns heute behilflich sein können. Mit konventionellen Mitteln des „Image-Processing“ kann Bildmaterial so aufbereitet werden, daß archäologische Merkmale gut kenntlich extrahiert und anschaulich dargestellt werden können.

*Dipl.-Ing. Hans-Eckhard Heller, Aplerbecker Straße 359, 44287 Dortmund.*