

# Erfahrungen mit digitaler Luftbildauswertung für die Praxis der Denkmalpflege

Günter Hell / Otto Teschauer

■ 1 Ehemalige Burg „Schloßbuckel“, Gemeinde Waghäusel – Gemarkung Kirrlach (Lkr. Karlsruhe). Übersichtsaufnahme v. Norden mit Befestigungsgräben und südlich anschließenden, verlandeten Rinnen im reifen Getreidefeld. Luftaufnahme v. 12. 7. 1990 (O. Braasch). Luftbildarchiv LDA Stuttgart: L 6716/008-02.



Luftbilder für archäologische Zwecke wurden schon seit Ende des 1. Weltkrieges verwendet. Mittels Luftbildern konnte man z. T. überhaupt solche Bodendenkmäler erst erkennen und Zusammenhänge besser deuten (z. B. Wiegand 1920; Crawford 1938). Die zahlreichen, im Auftrag der Bodendenkmalpflege durchgeführten Befliegungen in den sechziger Jahren vor allem im Rheinland (Scollar 1965), seit etwa 1980 auch im süddeutschen Raum und verstärkt seit 1990 in Baden-Württemberg (Braasch 1983; 1994) erbrachten eine Fülle von Aufnahmen bekannter, zu einem erheblichen Anteil aber auch bis dahin unbekannter archäologischer Bodendenkmäler. In den zuständigen Bildarchiven geordnet, stehen diese als wichtige Primärquelle potentiellen Interessenten (Denkmalschutzbehörden, Museen, Universitäten, Heimatpflegern usw.) zur Verfügung. Bereits jetzt zeichnet sich ab, daß viel zu oft das Luftbild die „Enddokumentation“ sein wird. Es liegt in der Natur der Sache, Materialfülle und Informations-

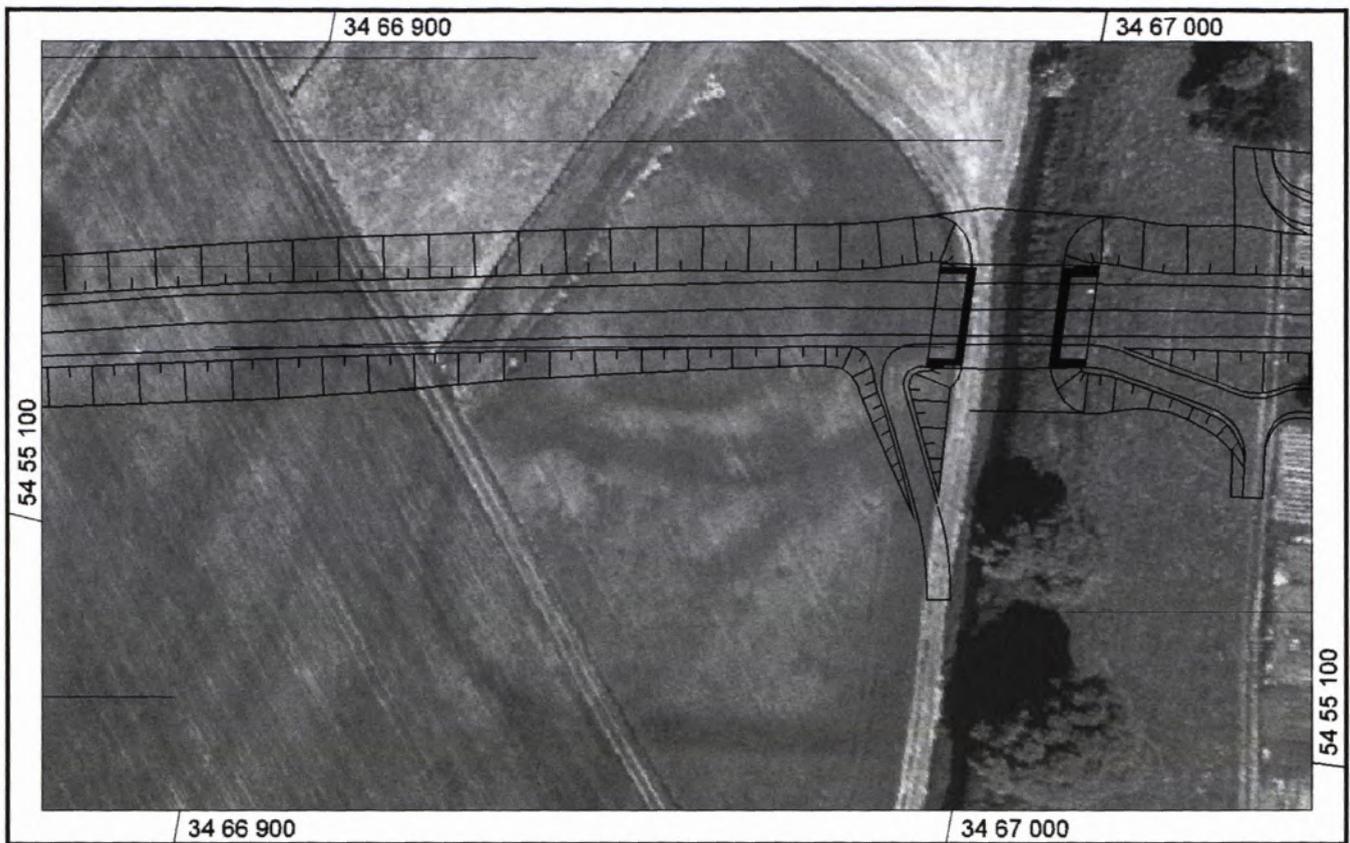
dichte des vorhandenen Bildbestandes für qualifizierte Stellungnahmen (Behördenanhörungen) und in den Fällen, die zeit- und kostenaufwendige archäologische Ausgrabungen erfordern, zur gezielten, an repräsentativen Ausschnitten orientierten Grabungsvorbereitung zu nutzen.

In den Luftaufnahmen enthaltene Informationen liegen nicht in unmittelbarer Kartenform vor, sondern in der jeweiligen Bildgeometrie mit ihren Verzerrungen. Für die angestrebte Auswertung und Interpretation muß daher zunächst eine auf die jeweiligen Bedürfnisse zugeschnittene, geometrische Umsetzung des Bildinhaltes auf der Basis gängiger Kartengrundlagen erfolgen. Mit diesem Beitrag soll über erste praktische Erfahrungen mit digitaler Bildverarbeitung berichtet werden, die im Rahmen eines im Frühjahr 1995 begonnenen Projektes an der Außenstelle Karlsruhe des Landesdenkmalamtes Baden-Württemberg (Referat Mittelalterarchäologie) erarbeitet wurden.

## Luftaufnahmen zur Interpretation archäologischer Befunde

Der umfangreiche, mittlerweile zur Verfügung stehende Luftbildbestand, der periodisch ergänzt wird und archäologische, aber auch durch Menschenhand hervorgerufene, historische Gelände- und Landschaftsveränderungen dokumentiert, weist Besonderheiten auf, die ihn von den Ergebnissen der für photogrammetrische Meßzwecke sonst üblichen Standardbefliegungen z. B. für die Erstellung und Fortführung von topographischen Karten der Landesvermessung unterscheidet:

- Kleinbilddaufnahmen mit üblichen Amateurkameras (Brennweiten von 80–200 mm); keine speziellen photogrammetrischen Aufnahmekameras;
- häufig große Bildneigungen (keine Bilder senkrecht nach unten);
- das Objekt wird möglichst gut von allen Seiten erfaßt (keine regelmäßigen Bildverbände);



■ 2 Ehemalige Burg „Schloßbuckel“, Gemeinde Waghäusel – Gemarkung Kirrlach (Lkr. Karlsruhe). Befestigungsgräben mit Einblendung der zukünftigen Straßentrasse (der Bildausschnitt ist am Lageplan des Planungsvorhabens orientiert). Entzerrter, maßstäblicher Luftbildausschnitt, Luftaufnahme v. 30. 5. 1990 (O. Braasch). Luftbildarchiv LDA Stuttgart: L 6716/008-2. M. 1 : 1000.

– keine im Landeskoordinatensystem bekannten und im Bild zu identifizierenden Punkte (Paßpunkte), um den Zusammenhang zwischen dem aufgenommenen Bild und den gesuchten Koordinaten der archäologischen Objekte zu beschreiben;  
 – die Bilder sind oft über mehrere Jahre verteilt.

So existieren zu einem Objekt häufig unterschiedliche und zu verschiedenen Zeitpunkten erstellte Aufnahmen mit wechselnden Bodenmerkmalen (Abb. 5 u. 6). Daß zudem u. U. mit den unterschiedlichsten Kammern und Brennweiten operiert wurde, kommt erschwerend hinzu. Zum Vergleich ist ein unbearbeitetes Bild (Abb. 1), – das „Rohmaterial“ der Auswertung – exemplarisch neben einen bearbeiteten, maßstäblichen Ausschnitt desselben Objektes (Abb. 2) gestellt.

### Kartengrundlagen

Nach Fixierung und Ansprache der vom Piloten erkannten und im Bild festgehaltenen Objekte auf Grundlage der amtlichen topographischen Karte 1 : 50 000 erfolgt zunächst im Luftbildarchiv des Landesdenkmalamtes die Festlegung innerhalb der politischen Einheiten, also Kreis-, Gemeinde- bzw. Gemarkungsgrenzen. Erst dadurch kann der Bezug zur lokalen Topographie und damit zu mögli-

cherweise bereits bekannten archäologischen Fundstellen bzw. Denkmälern hergestellt werden kann. Der nächste Schritt innerhalb des Bearbeitungsablaufes erfolgt im allgemeinen in den Außenstellen des Landesdenkmalamtes, die den Regierungspräsidien (Freiburg, Karlsruhe, Stuttgart, Tübingen) zugeordnet sind und über die relevanten und detaillierten Hintergrundinformationen – Ortsakten, Inventarisierungsergebnisse, vor allem aber über flächendeckende, großmaßstäbliche Kartensätze älterer und neuerer Ausgaben – verfügen. Für den badischen Landesteil, dem die hier vorgestellten archäologischen Objekte angehören, ist dies die vom Landesvermessungsamt herausgegebene „Deutsche Grundkarte“ im Maßstab 1 : 5000. Es hat sich gezeigt, daß dieses Kartenwerk für das weiter unten beschriebene Auswerteverfahren mit erzielbaren Endmaßstäben 1 : 2500 bis 1 : 1500 bestens geeignet ist, vorausgesetzt, daß aktuelle Geländeverhältnisse und Fortführungsstand der Karten übereinstimmen. Die Grundlagen der hier vorgestellten Objekte, die beide in Planungsgebieten liegen, bieten besonders günstige, in der Praxis leider seltene Voraussetzungen, da sie auf eigens angefertigten, aktuellen Karten im Maßstab 1 : 1000 bzw. 1 : 2000 basieren, die von den zuständigen Planungsbehörden zur Verfügung gestellt wurden. Als Faustregel gilt: je näher die Kartengrundlage

dem gewünschten Endmaßstab (1 : 1000) und je aktueller die Planaufnahme ist, desto besser sind die Voraussetzungen für die anschließende Bearbeitung.

## Photogrammetrisches Auswerteverfahren

Um den archäologisch interessanten Bildinhalt nun in eine einheitliche Kartengrundlage umzusetzen, gibt es in der Photogrammetrie eine Reihe von möglichen Auswerteverfahren. Eine Zusammenstellung der Verfahren unter der Berücksichtigung der oben angesprochenen Besonderheiten der Aufnahmen findet man bei Hell 1990.

## Mathematisches Modell

Zur geometrischen Auswertung der Bilder ist es erforderlich, zuerst die Abbildungsgeometrie des aufgenommenen Bildes zu beschreiben. Der mathematische Zusammenhang von Bild und Karte kann durch das mathematische Modell „Zentralprojektion“ in Form von zwei Transformationsgleichungen mit acht unbekanntem Größen formuliert werden. Diese acht Parameter können über Paßpunkte (Punkte die im Bild zu identifizieren sind und deren Ergebniskordinaten bekannt sind) bestimmt werden. Nach der Bestimmung der Unbekannten ist der Zusammenhang

zwischen Bild und Karte bekannt und es können beliebig viele weitere Objektpunkte des Bildes in die Karte umgerechnet werden.

Für die Anwendung dieser einfachen Beziehung ist eine Grundvoraussetzung, daß das abgebildete Gelände – einschließlich der erkennbaren Befunde – als Ebene anzusehen ist. Abweichungen davon, was in der Praxis durch die Höhenunterschiede gegeben ist, haben einen direkten Einfluß auf die Genauigkeit des erreichten Ergebnisses (z. B. Schwidewsky/Ackermann 1976). Weiter wirkt sich die Abweichung des realen Abbildungsgeometrie der verwendeten Objektivs gegenüber der Formel der zugrunde liegenden Zentralprojektion (Objektivverzerrung) ebenfalls in der Genauigkeit des Ergebnisses aus.

## Verwendete Hard- und Software

Erforderlich für die Bearbeitung ist die Möglichkeit, Positionen im Bild mit hoher Präzision messen zu können. Als Rechnerplattform steht in der Außenstelle Karlsruhe ein PC (Pentium 75 MHz, mit CD-Laufwerk, 1,5 GB Festplatte, DTP-Scanner und Farbintenstrahldrucker DIN A4) zur Verfügung. Für die Auswertung der Kleinbilder, wurde eine low-cost-Lösung auf der Basis von digitalen Bildern angestrebt. Für die Umsetzung der Or-

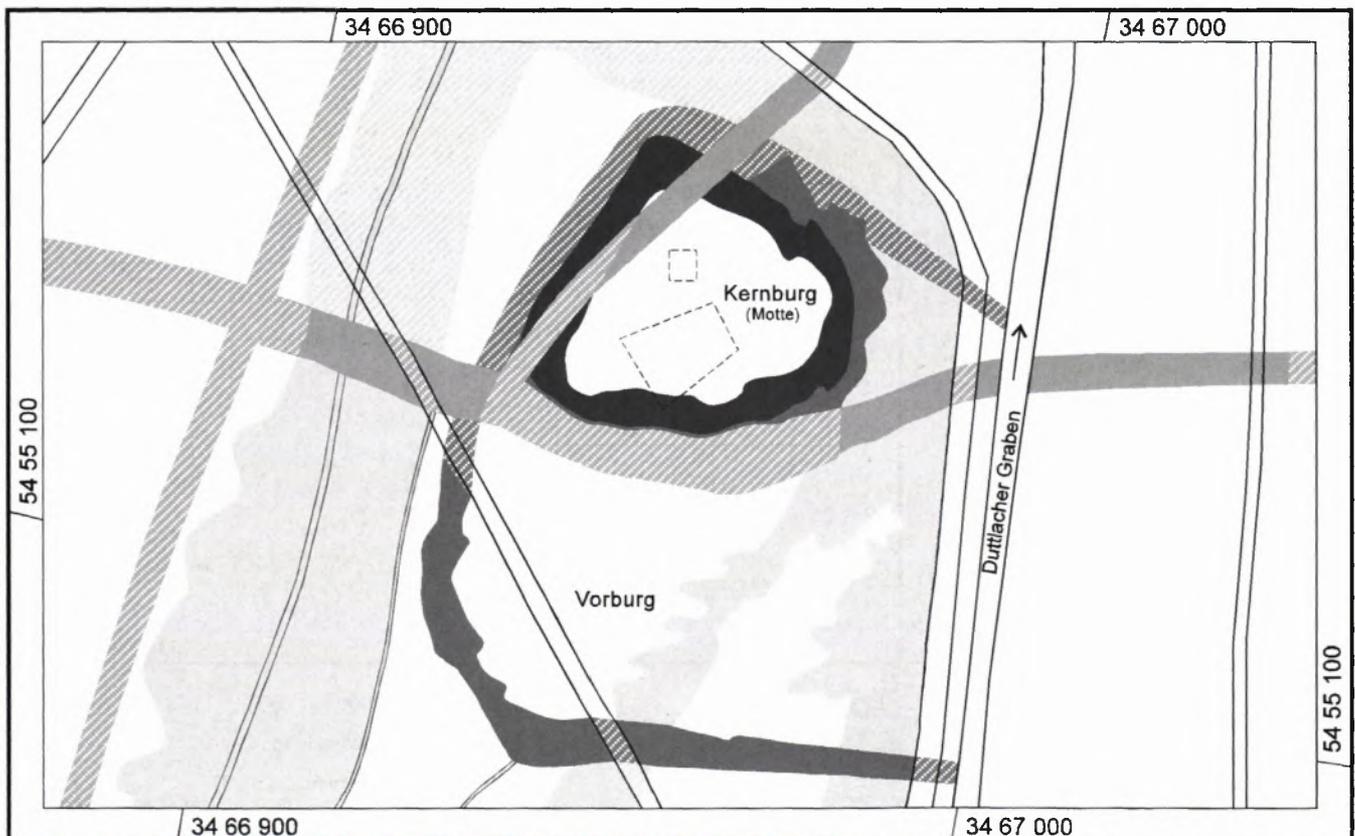
ginaldias mit einer für die Aufgabe notwendige Auflösung gibt es eine Reihe von Möglichkeiten:

- Originaldias direkt mit einem Reproscanner hoher Auflösung scannen;
- Farbvergrößerungen mit einem Scanner für Desktop-Publishing scannen;
- Originaldias bei einer Reproanstalt auf eine Photo-CD (Kodak) übertragen lassen.

Der letzte Weg hat den Vorteil, daß zum einen die analogen Dias digital gesichert sind und weiter, daß diese direkt von der CD ohne weitere Zwischenspeicherung im Rechner benutzt werden können. Dadurch ist der notwendige Speicherplatz auf der Platte deutlich reduziert, da für ein Farbbild in der notwendigen höchsten Auflösung ca. 4 MB Daten anfallen.

Ein weiterer Vorteil der digitalen Bilder ist die Möglichkeit, die u. U. un- deutlich erkennbaren Bewuchsmerkmale der Bodendenkmäler mit Bild-

■ 3 Ehemalige Burg „Schloßbuckel“, Gemeinde Waghäusel - Gemarkung Kirrlach (Lkr. Karlsruhe). Geomorphologische Merkmale, Befestigungsgräben, älteres Wegenetz (der Bildausschnitt ist am Lageplan des Planungsvorhabens orientiert). Digitale Umzeichnung des ergänzten Luftbildbefundes. M. 1 : 1000.



verarbeitungsprogrammen farblich und im Kontrast so zu ändern, daß sich die archäologischen Befunde schärfer abheben und damit leichter interpretiert werden können.

Für praktische Durchführung der Auswertung wurden an der Außenstelle Karlsruhe in Kooperation mit der Fachhochschule Karlsruhe zwei Vorgehensweisen mit Standardprogrammen auf PC-Basis getestet.

a) Das erste Programm läuft unter Windows und wird in vielen Bereichen eingesetzt. Beispielsweise wird diese Software im polizeilichen Beweissicherungsverfahren, in der Bau- forschung usw. benutzt. Die Paßpunkte müssen in numerischer Form (Koordinaten) dem System eingegeben werden. Die Paßpunkte werden im digitalen Bild mit der Maus angeklickt (Bildkoordinatenmessung). Nach dem Ende der Messung erfolgt die Berechnung der Transformationsparameter für die eigentliche Umbildung des digitalen Bildes. Als Ergebnis liegt ein neues digitales Bild in der Kartengeometrie – im Rahmen der systembedingten Fehler – vor und kann durch Überzeichnung in einem Graphikprogramm auf die archäologischen Inhalte ausgewertet werden.

b) In Verbindung mit einem CAD- Programm (Konstruktionsprogramm für viele Bereiche wie z. B. Architektur, Maschinenbau, Vermessung) gibt es ein Zusatzmodul, welches es erlaubt, neben der eigentlichen Vektorzeichnung des CAD-Systems, Rasterbilder unter der gleichen Oberfläche zu nutzen. Für die gestellte Aufgabe ist besonders die Option der geometrischen Transformation der digitalen Bilder nützlich. Hierbei wird nicht auf die Koordinaten der Paßpunkte zurückgegriffen, sondern eine CAD- Zeichnung (Vektorgraphik) als Einpaßgrundlage benutzt. Die Paßpunkte werden in der Zeichnung und im Bild angeklickt, daraus wieder die Parameter der Transformation berechnet, das Bild geometrisch transformiert und mit der Vektorzeichnung überlagert. Die Interpretation des Bildinhaltes (d. h. Nachzeichnen und ggf. graphische Umsetzung der relevanten Bildinformation) kann jetzt unmittelbar im CAD-System erfolgen.

■ 4 Ehemalige Burg „Schloßbuckel“, Gemeinde Waghäusel – Gemarkung Kirrlach (Lkr. Karlsruhe). Befestigungsgräben und Umgebung mit ehemaliger Waldgrenze. Generalisierte, digitale Umzeichnung des Luftbildbefundes auf der Grundlage des Kartenblattes 6716/20 der Deutschen Grundkarte. Hrsg. v. Landesvermessungsamt Baden-Württemberg. M. 1 : 2500.

Für den Arbeitsablauf hat sich die zweite Möglichkeit als besser erwiesen. Es ist möglich die Kartengrundlagen zu scannen, diese automatisch in Vektorzeichnungen – lesbar vom CAD-System – umzusetzen und die so extrahierten Vektoren im CAD-System unmittelbar als Einpaßdaten zu verwenden. Es entfällt somit das Ermitteln von Koordinaten der Paßpunkte aus der Karte, und es kann sogleich das entzerrte Bild visuell auf Einpaßfehler überprüft werden, da es ja mit den Kartengrundlagen überlagert ist.

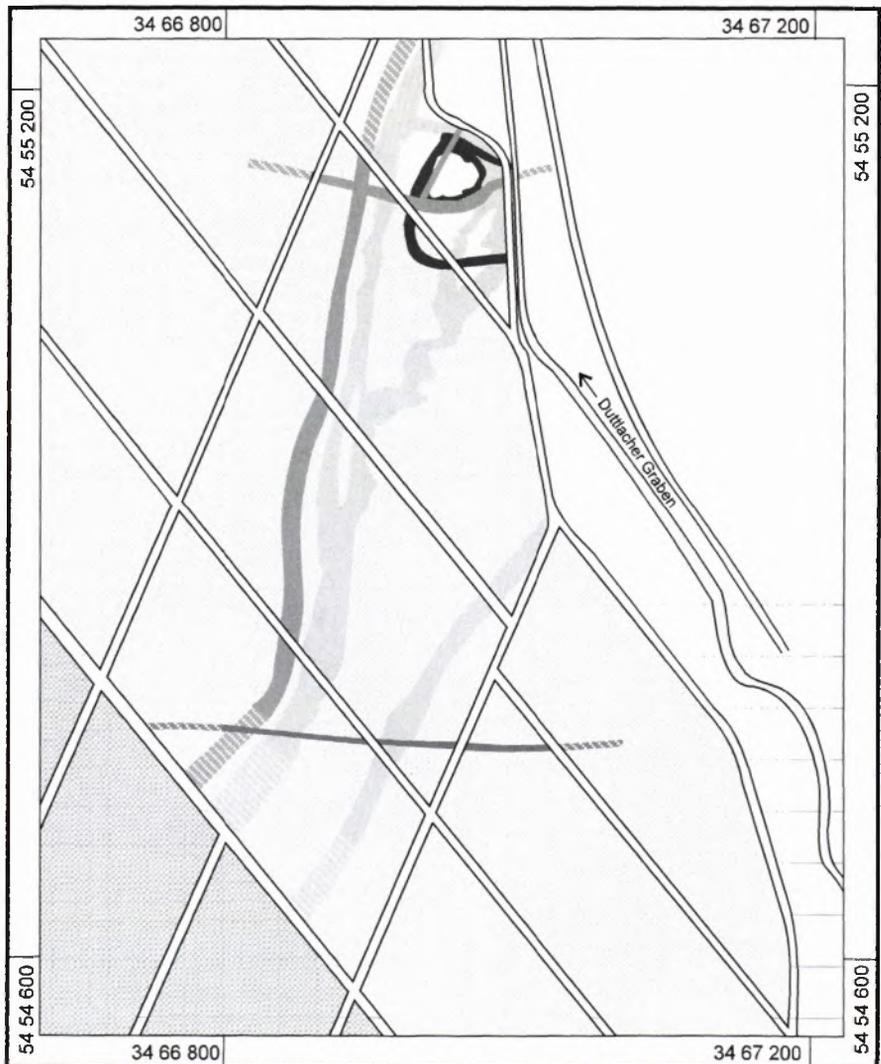
### Beispiele

An zwei in jüngerer Zeit bearbeiteten Beispielen aus dem nordbadischen Raum, einer mittelalterlichen Tiefburg und einer früh – hochmittelalterlichen Dorfwüstung, soll das geschilderte

Verfahren demonstriert werden. Die Bearbeitung beider Objekte ist durch aktuelle, nicht abzuwendende Überplanung veranlaßt und dient im Rahmen der Grabungsvorbereitung dazu, Flächenausdehnungen zu ermitteln, Objektkenntnisse zu verbessern und – so weit möglich – potentielle Grabungsansätze zu formulieren.

Aus technischen Gründen können hier nur reduzierte Schwarz-Weißfassungen der im DIN A4-Format und farbig angelegten Primärzeichnungen vorgestellt werden.

Etwa 1,5 km südlich der Gemeinde Kirrlach, eines hochmittelalterlichen Ausbauortes im Hardtwald der Rhein- niederterrasse nördlich von Karlsruhe, ist seit Mitte der 80er Jahre auf Luftbildern mehrfach eine kleine Befestigung in Erscheinung getreten. Die



 Graben	 Ergänzungen
 Leitung	 heutige Bewaldung
 Altwege	 ehem. Bewaldung (1920)
 verlandete Rinnen	



■ 5 Mittelalterliche Dorfwüstung „Vogelstang“, Stadt Mannheim. Luftbildbefunde der Siedlung und Altweg im reifen Getreidefeld, während der Ausgrabung 1990. Übersichtsaufnahme von Süden v. 19. 7. 1990 (O. Braasch). Luftbildarchiv LDA Stuttgart: L 6516/107-01.

■ 6 Mittelalterliche Dorfwüstung „Vogelstang“, Stadt Mannheim. Luftbildbefunde der Siedlung, Altweg und geomorphologischen Merkmale nach Ausbau der Straßentrasse. Übersichtsaufnahme von Südwest v. 9. 6. 1992 (O. Braasch). Luftbildarchiv LDA Stuttgart: L6516/107.



Die bisher nicht sicher identifizierte mittelalterliche Dorfwüstung Vogelstang am Ortsrand Mannheims ist seit längerem durch Oberflächenbegehungen bekannt. Sie liegt im westlichen Grenzbereich der fruchtbaren Böden des Neckarschwemmkonges zwischen Heidelberg und Mannheim, eines Raumes, der seit ältesten Zeiten sowohl durch hohe Siedlungsdichte wie durch häufigen Standortwechsel charakterisiert ist. Aus der unmittelbaren Umgebung sind seit den 30er Jahren zahlreiche Fundstellen vor- und frühgeschichtlicher Zeitstellung bekannt geworden.

Der Bau einer neuen, die Dorfwüstung tangierenden Straßentrasse, führte zu einer eingeschränkten archäologischen Untersuchung, die in den Sommermonaten 1990 von der Außenstelle Karlsruhe des Landesdenkmalamtes durchgeführt wurde (Lutz 1990). Auf der etwa 100 bis zu 60 m messenden Untersuchungsfläche wurden Überreste einer längerfristig belegten mittelalterlichen Siedlung mit Grubenhäusern, zahlreichen Pfostengruben und mindestens zwei größeren Pfostenbauten nachgewiesen (Abb. 6. u. 8). Die seit 1990 vorliegenden Luftbildserien der Fundstelle zeigen nordöstlich der Grabungsfläche charakteristische Gruppierungen von Grubenhäusern, die in entsprechender Ausbildung durch die Grabung erfaßt und damit als Beleg für die Siedlungsausdehnung in dieser Richtung gewertet werden können. In der „Lücke“ zwischen ergrabenen und im Luftbild erkennbaren Befunden ist mit einer hohen Dichte von Besiedlungsresten zu rechnen, die nur vage ausgebildet sind und sich vorläufig einer detaillierten, zeichnerischen Umsetzung entziehen. Die Höhenlinienangaben der Grundkarte in Verknüpfung mit charakteristischen Bewuchsmerkmalen der Luftaufnahmen liefern die Erklärung der spezifischen, an der topographischen Situation orientierten Siedlungsposition. Diese war auf der Nordseite eines Geländerückens angelegt worden, des-

zweiteilige Anlage von trapezförmigem Umriss, liegt am Westrand eines in der Neuzeit regulierten Baches, dem Duttlachgraben. Aufgrund ihrer Größe und typischer Merkmale ist sie vom Piloten zu Recht als Überrest einer früh- bis hochmittelalterlichen Burg angesprochen worden. In den aus den 80er Jahren stammenden Inventarisationsunterlagen des Landesdenkmalamtes wird der Umgebungsbereich wegen des Flurnamens „Schloßbuckel“ – ohne präzisere Angaben und mit Fragezeichen versehen – als möglicher Standort einer mittelalterlichen Tiefburg geführt. Seit Frühjahr 1996 liegt hier eine nicht mehr abzuwendende Überplanung durch die Trassenführung einer Umgehungsstraße vor, was unmittelbarer Anlaß für die Bearbeitung der vorliegenden Luftbildserien war. Die maß-

stäbliche Auswertung ergibt, daß die Innenfläche der Kernanlage etwa 30 auf 30 Meter mißt und von einem deutlich erkennbaren Graben von drei bis fünf Meter Breite umfaßt wird (Abb. 2 u. 3). Ein zweiter, äußerer Graben, der im Osten der Kernanlage ansetzt, umzieht eine südlich anschließende Fläche von ca. 40 auf 65 Meter und schloß wohl an den östlich vorbeiziehenden Bach an. Undeutliche „Schatten“ im Inneren der Kernanlage sind möglicherweise als Reste ehemaliger Innenbauten zu deuten. Die Luftaufnahmen zeigen ferner, daß die Burg am Schnittpunkt eines relativ jüngeren, lokalen Wegenetzes liegt, das seinerseits jedoch älter als die in Waldabteilungen und Großflurlagen der unmittelbaren Umgebung erhaltenen Wege des barocken Alleensystems sein muß (Abb. 4).

sen halbmondförmige Bildung auf einander überschneidende, verlandete Neckarschlingen zurückgeht (Abb. 6). Ferner ist auf den Luftaufnahmen ein östlich der Siedlung vorbeiziehender, breiter Altweg erkennbar. Es ist offensichtlich eine von Nord nach Süd gerichtete Verbindung, die deutlich an den naturräumlichen Gegebenheiten orientiert ist. Alter und Bedeutung sind vorderhand jedoch nicht näher zu bestimmen (Abb. 6-8).

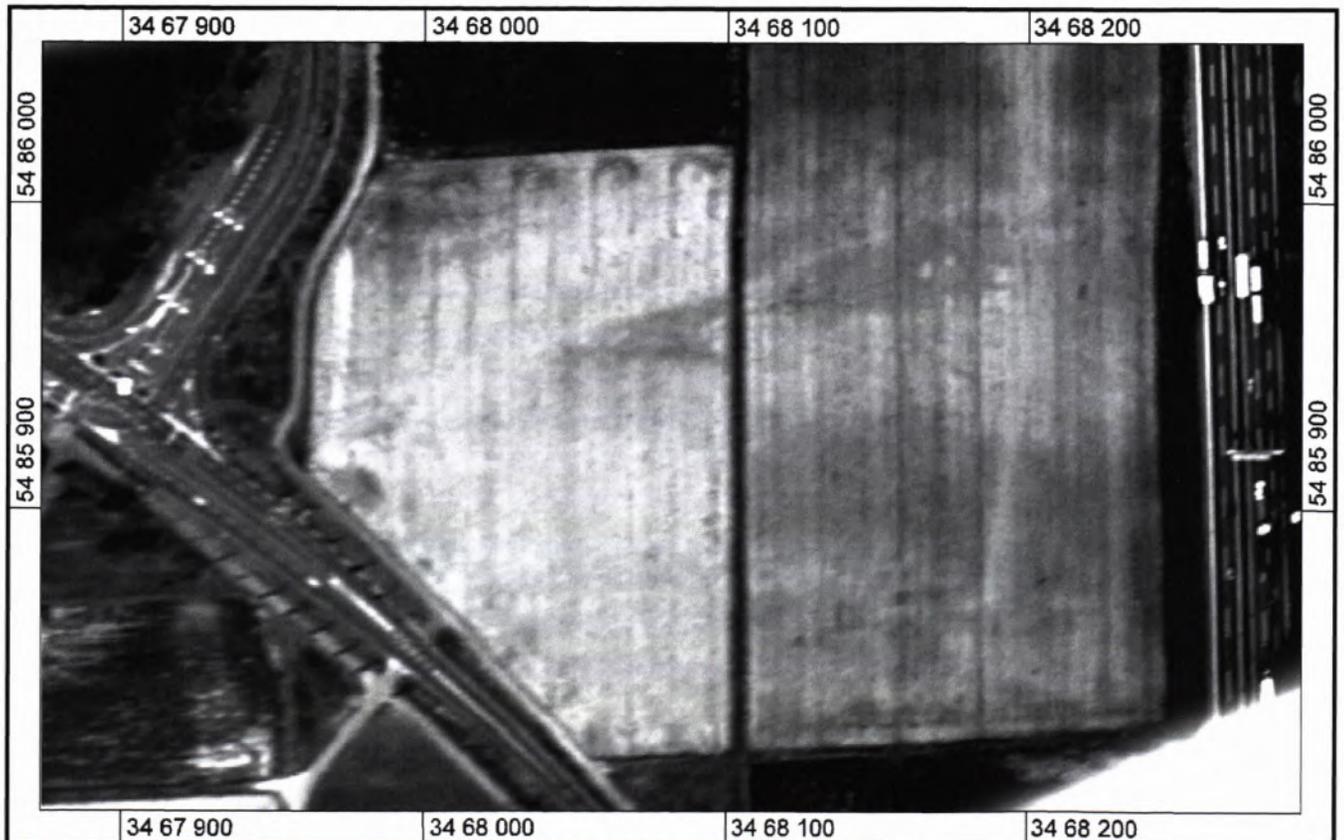
Zusammenfassend sollen noch einige Gesichtspunkte angesprochen werden: Im Vergleich der Auswertungsergebnisse mit Grabungsplänen (an hier nicht vorgestellten Objekten unterzogen), traten Unstimmigkeiten an den Anschlüssen nur im vorher abgeschätzten Rahmen von ca. 1 m bis max. 2 m in der Natur auf. Aufgrund der vorhandenen Unterlagen (Bildmaterial, Paßpunkte) kann das Ergebnis aus photogrammetrischer Sicht als recht brauchbar angesehen werden und ist auch durch aufwendigere Verfahren kaum zu verbessern. – Vom photogrammetrischen Standpunkt wäre zur Verringerung der geometrischen Fehler für sehr unebenes Gelände das Verfahren der Orthoprojektion (differentielle Entzerrung) möglich. Die Orthoprojektion – heute ebenfalls mit Verfahren der digitalen Bildverarbeitung durchgeführt – ist eine Methode, von Bildern in stark bewegtem Gebiet mit großen Hö-

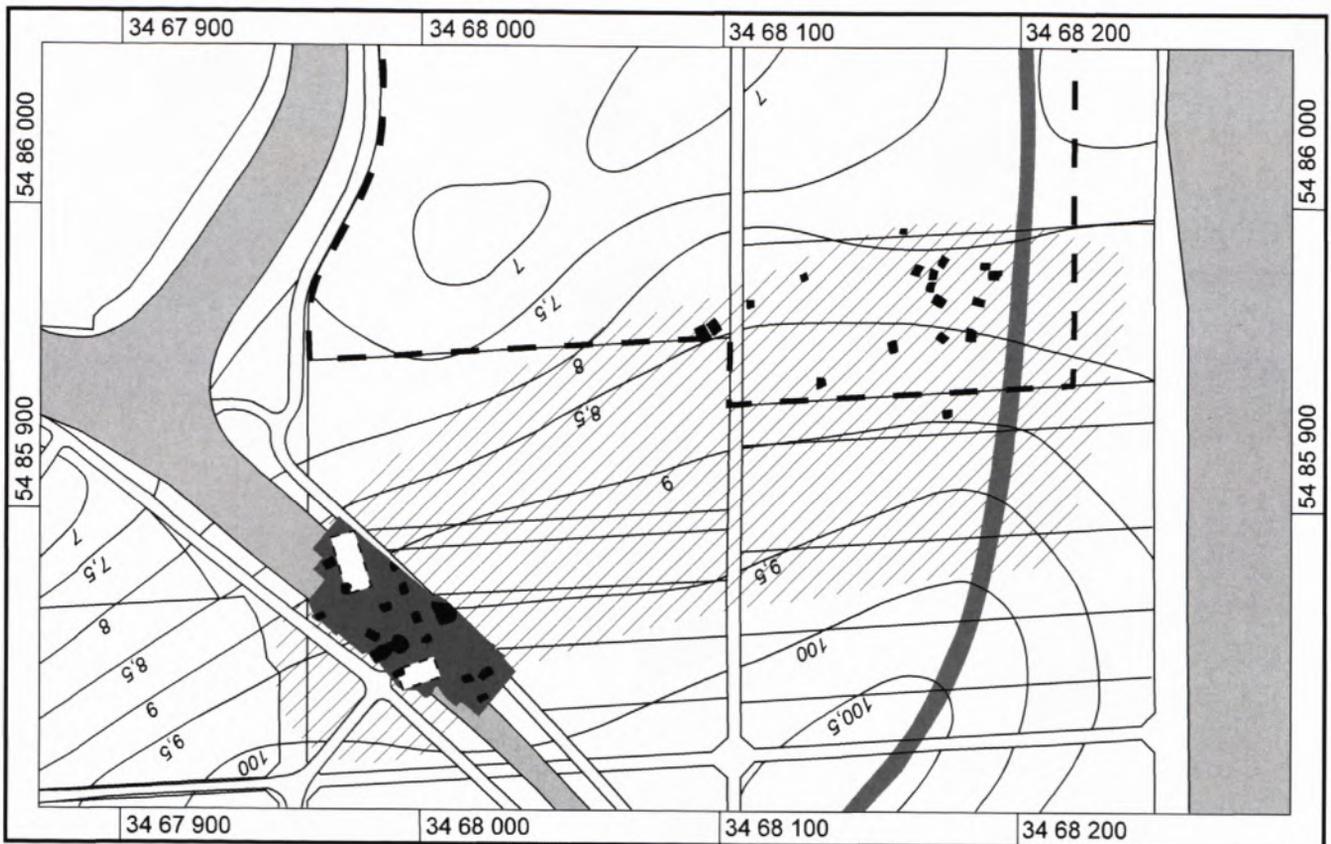
henunterschieden Halbtonbilder in einer echten Kartengeometrie herzustellen. Allerdings sind hier neben den Paßpunkten noch Höheninformationen in Form eines Digitalen Geländemodells notwendig. Dieses liegt zwar von Baden-Württemberg in einer für diese Zwecke sicher ausreichenden genauen Form vor, muß aber erst vom Landesvermessungsamt beschafft werden. Auch ist die dafür notwendige Software nicht unbedingt auf PC lauffähig und nicht gerade billig.

Denkbar wäre auch die Vorgehensweise des Mono-Plottings, einer Einzelbildauswertung unter gleichzeitiger Berücksichtigung eines Digitalen Höhenmodells (z. B. Betzler/Hell 1986). Auch die Überlagerung des vorliegenden Bildes mit einer perspektivischen Ansicht des Geländemodells in der gleichen Orientierung wie das Bild würde die maschenweise visuelle Übertragung des Bildinhalts ermöglichen (Reinwarth/ Oerter 1988).

Die Vorteile des geschilderten Verfahrens für die praktische Denkmalpflege liegen auf der Hand: Überlagern entzerrter Objektaufnahmen mit aktuellen Planungsvorhaben, Zusammenfügen der Information von Bildern aus aufeinander folgenden Befliegungsperioden in interpretierenden Zeichnungen, Grundlage für Planung und

■ 7 Mittelalterliche Dorfwüstung „Vogelstang“, Stadt Mannheim. Luftbildbefunde der Siedlung und des Altweges. Entzerrter, maßstäblicher Luftbildausschnitt. Luftaufnahme (O. Braasch). Luftbildarchiv LDA Stuttgart: L 6516/107-01. M. 1 : 2500.





Durchführung weiterführender Prospektionen, Weitergabe digitaler Ergebnisse an Planer bzw. Planungsbehörden. Die Möglichkeit, mit den gleichen Bearbeitungsschritten differenzierte Aufbereitungen der Ergebnisse nicht nur für Stellungnahmen, sondern auch für wissenschaftliche Zwecke und für Publikationen zu erstellen, sei in diesem Zusammenhang nur angedeutet.

#### Literatur:

- Betzler, M. u. Hell, G. 1986: Strenge Einzelauswertung am Analytischen Auswertegerät Planicomp C100. Allgemeine Vermessungsnachrichten 93, 1986, 205–208.
- Braasch, O. 1988: Luftbildarchäologie im Süddeutschland. Kleine Schriften zur römischen Besetzungsgeschichte Südwestdeutschlands 30. Stuttgart 1983.
- Braasch, O. 1994: Das archäologische Luftbild. In: Unterirdisches Baden-Württemberg. 250 000 Jahre Geschichte und Archäologie im Luftbild. Hrsg. von D. Planck u. a. Stuttgart 1994. 78 ff.
- Crawford, O. G. S. 1938: Luftbildaufnahmen von archäologischen Bodendenkmälern in England. Luftbild und Luftbildmessung 16, 1938, 9 ff.
- Hell, G. 1990: Photogrammetrische Auswerteverfahren in der Luftbildarchäologie. In: Festschrift für Rüdiger Finsterwalder zum 60. Geburtstag. Herausgegeben vom Institut für Photogrammetrie und Kartographie der Technischen Universität München. München 1990. 76 (mit Kartenbeilage).
- Lutz, D. 1991: Eine abgegangene Siedlung bei Mannheim-Wallstadt. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1990. Stuttgart 1991. 228 ff.
- Reinwarth, O. u. Oerter, H. 1988: Glaziologische und hydrologische Forschung am Vernagtferner in den Öztaler Alpen. Geographische Rundschau 40, 3, 1988, 32–39.
- Schwidersky, K. u. Ackermann, F. 1976: Photogrammetrie. Stuttgart 1976. 384 S.
- Scollar, I. 1965: Archäologie aus der Luft. Arbeitsergebnisse der Flugjahre 1960 und 1961 im Rheinland. Schriften des Rheinischen Landesmuseums Heft 1. Bonn 1965.
- Vertesalij, P. P. 1993: Neue Wege der Luftbildauswertung. In: Denkmalpflege in Baden-Württemberg, Nachrichtenblatt des Landesdenkmalamtes 3, 1993, 185 ff.
- Wiegand, Th. 1920: Sinai. Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutsch-Türkischen Denkmalschutzkommandos Heft 1. Berlin 1920.

-  Autobahn/Landesstrasse
-  befestigte Wege
-  Planungsgrenze
-  Altweg
-  Grabungsfläche
-  Siedlung (?)
-  Gruben
-  Pfostenbauten

■ 8 Mittelalterliche Wüstung „Vogelstang“, Stadt Mannheim. Grabungsbefunde (schematisiert), digitale Umzeichnung des Luftbildbefundes mit vermuteter Ausdehnung der Siedlungsfläche und Grenzen der geplanten Bebauungsgrenzen. M. 1 : 2500.

**Prof. Dr. Ing. Günter Hell**  
Steinhofstraße 24  
76228 Karlsruhe

**Otto Teschauer**  
LDA · Archäologische Denkmalpflege  
Durmshheimer Straße 55  
76185 Karlsruhe