

Methoden, Aufgaben und Ziele der Luftbildarchäologie in Sachsen-Anhalt

von Ralf Schwarz, Halle (Saale)

Die Schaffung eines Sachgebiets Luftbildarchäologie im Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt (LfA) zum 01.02.1996 soll Anlaß sein, einen Einblick in die neuen Aufgaben zu geben. Ausgangspunkt bildet eine eigene Flugprospektion. Sie bildet die Grundlage, aus der eine Fülle an Folgearbeiten erwächst. Sowohl für die Flugprospektion als auch für die Interpretation wesentlich ist die Methode, deren Kenntnis für die Entdeckung archäologischer und historischer Fundstellen und deren Verständnis grundlegend ist.

Einführung

Der Blick aus der Luft ermöglicht es dem Menschen, Realitäten wahrzunehmen, deren Existenz am Boden in aller Regel nicht festzustellen und deshalb unbekannt ist. Großmaßstäbige Strukturen, die man am Boden nur in beschränktem Maße wahrnehmen kann, lassen sich von einem erhöhten Standpunkt aus überschauen und dadurch besser verstehen. O. G. S. Crawford¹ hat den Umgang des Archäologen mit den vom historischen Menschen geschaffenen Siedlungsspuren mit dem Blick durch ein Vergrößerungsglas verglichen, mit dem der Archäologe bei Betrachten eines Rasterbildes nur noch die Punkte, nicht aber das Bild wahrnimmt, bzw. mit der Perspektive einer Katze, die, auf einem Teppich kauernd, lediglich Elemente des Ornamentes erblickt, während der Mensch aus seiner Sicht herab die ganze Vielfalt der Schlingen und Geflechte zu verfolgen vermag. Der Standpunkt, der es dem Menschen erlaubt, von ihm selbst geschaffene und demzufolge auch auf ihn selbst zugeschnittene Siedlungsstrukturen zu überblicken und zu studieren, muß deshalb hoch gewählt werden. Je komplexer sich die Strukturen ausdehnen, um so weiter muß sich der Betrachter vom Erdboden erheben. Die ersten Erfahrungen gewann man deshalb mit dem Ballon und mit Flugdrachen, die mit Fotoapparaten ausgestattet waren, doch erst das Flugzeug ermöglichte eine Entfaltung und Entwicklung der luftbildarchäologischen Methode. Der Einsatz des Flugzeugs als Plattform für die Dokumentation archäologischer Fundstellen läßt sich erstmals während des ersten Weltkriegs feststellen, als man in Palästina und Mesopotamien antike Stätten aus der Luft fotografierte und deren Grundrisse auf Pläne übertrug.²

Die Luftbilder, die dem Archäologen als Quelle dienen, stammen grundsätzlich aus zwei verschiedenen Befliegungsarten. Zum einen sind es Aufnahmen, die für die Belange der Landesvermessung, der Geologie, des Umweltschutzes usw. angefertigt werden, zum anderen um diejenigen der archäologisch-historischen Flugprospektion. Der Unterschied besteht im folgenden: Bei der ersten Kategorie von Bildern handelt es

sich um Senkrechtaufnahmen, die ein bestimmtes Gebiet systematisch abdecken, wobei sich die Bilder zu 60 % oder 80 % überlappen, so daß sie sich stereoskopisch betrachten lassen. Durch die Befliegung wird der momentane Zustand der Erdoberfläche dokumentiert. Die Zielsetzung drückt sich in der Wahl des Filmmaterials, in der Flughöhe und in der Jahreszeit aus, in der die Bildflüge unternommen werden. So verwendet das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt für die von ihm unternommene Biototypenkartierung einen Color-Infra-Rot-Film, der die Grüntöne der Vegetation kontrastreicher zur Darstellung bringt. Die Auswertung erfolgt bei solchen Bildern am Schreibtisch anhand eines vorgegebenen Schlüssels. Die Bilder können zwar auch von Archäologen durchgesehen werden, lassen sich aber, da sie einer anderen Zielsetzung unterliegen, nur indirekt auswerten.

Anders bei der für archäologische Belange unternommenen Flugprospektion. Hier befindet sich der Archäologe selbst im Flugzeug. Dabei werden immer nur die Strukturen ausgewählt und fotografiert, die als vom historischen Menschen geschaffen identifiziert werden können. Es beginnt demzufolge die Selektion bereits im Vorfeld der Fotodokumentation und nicht erst danach. Darüber hinaus unterscheiden sich die Wahl des Flugzeugs, der Kamera, des Blickwinkels, unter dem die Aufnahmen angefertigt werden, von den oben angeführten Voraussetzungen.

Dies hängt mit den Umständen zusammen, unter denen historische Siedlungsstrukturen in Erscheinung treten können. Die Ausprägung wird ganz wesentlich durch spezifische Faktoren bedingt, die es stets zu berücksichtigen gilt und die im Kapitel über Methoden der Luftbildarchäologie erläutert werden.

Methoden

Wie geben sich archäologische Fundstellen zu erkennen? Man unterscheidet je nach dem Erhaltungszustand obertägige und untertägige Fundstellen. Während sich erstere gerade noch im Relief, so schwach es auch immer sein mag, abzeichnen, sind letztere völlig vom Erdboden verschwunden. Siedlungsspuren umfassen in aller Regel Hohlformen, in den Boden eingetiefe Gräben und Gruben, sowie Aufwerfungen von Material wie Wälle, Hügel und Mauern. Diese Grundformen müssen bei obertägigen Fundstellen, damit sie die Bezeichnung auch verdienen, im Relief sichtbar sein. Bei untertägigen Fundstellen sind die Aufwerfungen bis zum Boden hin abgetragen und die Hohlformen gänzlich verfüllt. Schon allein der Erhaltungszustand macht deutlich, daß die Fundstellen unter Ausnutzung verschiedener Methoden sichtbar gemacht werden müssen.

Obertägige Fundstellen:

Stark verwitterte Steinreliefs geben sich am besten bei Streiflicht zu erkennen. Ornamente, figürliche Darstellungen und Inschriften lassen sich durch den Einsatz von flach einfallendem Licht selbst dann noch identifizieren, wenn die Oberfläche des Bildsteins schon weitgehend zerstört ist. Auf die Luftbildfotografie übertragen bedeutet dies, daß sich selbst die geringfügigsten Erhebungen und Senkungen bei niedrigem Sonnenstand als Relief vom Boden abheben. Verantwortlich dafür sind auf der einen Seite die Aufhellung der der Sonne zugewandten Erhebung und auf der anderen Seite die Schattenwir-

kung der Absenkung. Man spricht hierbei von Schattenmerkmalen. Die Sonne muß im richtigen Winkel auf das Objekt scheinen. Dort, wo die Strukturen parallel zur Sonnen-einstrahlung verlaufen, verschwinden sie. Dies trifft auch zu, wenn die Sonne steil am Horizont steht. Daraus folgt, daß für die Dokumentation von Reliefstrukturen der Morgen oder der Abend oder aber Jahreszeiten, an denen die Sonne über weite Abschnitte des Tages niedrig steht, zu wählen sind. Niedriger Sonnenstand mindert aber die Intensität an verfügbarem Licht, was leicht zu Unterbelichtungen der Fotos führen kann. Man sollte sich deshalb durch die Wahl des Films und der Blende an die Lichtbedingungen anpassen.

Weitere Faktoren fördern die Sichtbarwerdung der Konturen im Relief. Anzeiger sind zum einen farbliche Unterschiede, die aus dem Aufschüttungsmaterial des Walles oder Hügels resultieren sowie der Unterschied der darauf wurzelnden Vegetation. Zum anderen vermag eine dünne, gleichmäßig über die Erdoberfläche gebreitete Schneedecke die Reliefwirkung von Erhebungen und Einsenkungen zu steigern, indem die Schattenwirkung deutlicher in Erscheinung tritt. Schnee reflektiert die Sonneneinstrahlung fast vollständig, so daß für die Aufnahmen ausreichend Licht verfügbar ist. Allerdings verursachen die unterschiedlichen Blickwinkel erhebliche Schwankungen in der Belichtungszeit, auf die es zu achten gilt. Gute Dienste leisten Schneeanwehungen an der Leeseite der Erhebung und Entblößung der Luvseite, entweder durch Wind oder aber durch die Sonne, die den Schnee auf der ihr exponierten Seite zum Tauen bringt, während er auf der Schattenseite länger liegen bleibt. Dieselben Faktoren bewirken, daß Grabenzüge durch eine Schneespur nachgezeichnet werden. Hierbei entstehen extreme Kontraste.

Darüber hinaus können Erhebungen nach Überschwemmungen aus der Wasseroberfläche emportauchen oder aber sich Senken mit Wasser füllen und dadurch deutlicher sichtbar werden. Auf diese Weise treten beispielsweise alte trockene Burggräben deutlich in Erscheinung.

Schattenmerkmale sind in Gegenden zu erwarten, die nicht zu allen Zeiten ackerbaulich genutzt wurden. In Sachsen-Anhalt sind dies vor allem die Höhen des Harzes, doch sind sie mitunter auch anderswo anzutreffen. Schattenmerkmale lassen sich grundsätzlich das ganze Jahr über dokumentieren. Wenn man sich des Schnees als zusätzliches Hilfsmittel bedienen möchte, bieten sich der einbrechende und der ausklingende Winter an. In dieser Jahreszeit sind auch die Bäume ohne Laub, so daß ein Einblick in die darunterliegenden Bodenzonen ermöglicht wird.

Untertägige Fundstellen:

Bei den unterirdischen Fundstellen unterscheidet man grundsätzlich Bodenmerkmale, Schnee- und Feuchtemerkmale sowie Bewuchsmerkmale, wobei letztere die wichtigsten darstellen.

Mit dem Ausheben eines Grabens oder einer Grube wird das homogene Gefüge im anstehenden Boden nachhaltig gestört. Die Hohlform durchschneidet die Oberfläche und entfernt parziell die Schichtung des Bodens. Dadurch wird auf wenig wasser durchlässigen Böden die Abflußebene unterbrochen. Durch die Einwirkungen von Wind und Wasser wie auch durch die Tätigkeit des Menschen wird die Hohlform im Laufe der Zeit mit Sediment verfüllt. Die Verfüllung, gleichviel ob vom Menschen in einem einzigen Vorgang oder durch Erosion über Jahrzehnte hinweg verursacht, unterscheidet sich vom anstehenden

Boden in seiner mineralischen Zusammensetzung, im erhöhten Anteil an humosen Substanzen, in der Schichtung und in der geringeren Festigkeit. Einschwemmen von Feinsedimenten erhöht die Speicherkapazität für Feuchtigkeit. „Auf wenig wasserdurchlässigen Böden sammelt sich das Niederschlagswasser in verfüllten Einschnitten wie in einem Gefäß und bewirkt dort eine stets höhere Bodenfeuchtigkeit“ als auf dem umgebenden anstehenden Boden.³

Verfüllte Hohlräume und im Boden eingeschlossene Festkörper, wie Mauerfundamente und Straßenkörper, zeichnen sich mitunter allein schon durch den farblichen Kontrast der Füllstoffe zum anstehenden Boden ab. Dabei heben sich die durch den humosen Anteil und den erhöhten Anteil an Bodenfeuchtigkeit dunkel gefärbten Grubenfüllungen von den meist helleren, weil trockeneren Böden ab. Ideale Voraussetzung für die Sichtbarwerdung bildet ein gepflügter Acker. Besonders deutlich treten die Strukturen in Erscheinung, wenn die Pflugschar aus tieferen Bodenschichten neues Grubenmaterial an die Oberfläche fördert. Mit der Zeit aber vermischt sich das Füllmaterial allerdings wieder mit der Erde und die Kontraste verschwinden nach und nach. Erst das erneute Eingreifen der Pflugschar in noch tiefere Bodenschichten macht die Strukturen wieder sichtbar. Dieser Vorgang aber verbraucht die Fundstelle und führt sukzessive zu ihrer völligen Zerstörung. Besonders deutlich sind die Strukturen natürlich dort zu sehen, wo bei der Anlage einer Kiesgrube die Humusschicht abgeschoben wurde.

Die Eigenschaft zur Feuchtigkeitsspeicherung drückt sich nach Regenfällen und nach der Schneeschmelze kurzzeitig darin aus, daß die Gruben länger als der gewachsene Boden durchfeuchtet bleiben und somit aus der Luft als dunkle Stellen in Erscheinung treten. Die höhere Bodenfeuchte wirkt sich einmal im Spätherbst bei einsetzendem Frost und erstem Schneefall sowie zum anderen im Frühjahr bei Tauwetter für die Prospektion günstig aus. Im ersten Fall bindet die Feuchtigkeit die Wärme länger, so daß Gruben aus dem weiß bestäubten Umland heraustauen. Im zweiten Fall bleiben die vereisten Gruben durch den Wasseranteil länger gefroren als der trockene Boden, der die Wärme schneller aufnimmt und den Schnee abtauen läßt, wodurch der Schnee über dem Eis länger liegenbleibt und als weiße Spur die Strukturen nachzeichnet. Bodenmerkmale sind in den vegetationsfreien Perioden zu erwarten, nachdem die Äcker gepflügt sind und vor dem Aufsprießen der Feldfrucht.

Die Mächtigkeit des Humus und die Beschaffenheit des Untergrundes bedingen das Wachstum der Pflanzen. Dabei gilt: „je größer die Differenz der Speicherungsfähigkeit zwischen dem ungestörten und dem gestörten Bodenprofil“, d. h. zwischen der Füllerde und dem anstehenden Boden für Bodenfeuchtigkeit, „ist, desto deutlicher können sich auch die Bewuchsmerkmale ausprägen“.⁴ So sind Schotter und Kiese stark wasserdurchlässig. Bei einer nur geringen Humusmächtigkeit führt deshalb anhaltende Trockenheit rasch zu Wassermangel und somit zu vorschneller Reifung und Gelbfärbung. Greifen in diesem Fall die Gruben in den Untergrund ein, so versorgen sie dank höherer Speicherkapazität der Füllsubstanz die Pflanzen länger mit Feuchtigkeit, wodurch die in ihnen wurzelnden Pflanzen länger frisch bleiben und sich vom umgebenden Pflanzenwuchs durch ihre satte dunkle Grünfärbung unterscheiden. Demgegenüber speichert Löß die Feuchtigkeit gut und gibt sie bei Trockenheit sukzessive an die Humusschicht und damit an die Pflanzen ab. Es muß deshalb eine länger anhaltende Trockenheit herrschen, damit sich auf Löß durch Wassermangel Bewuchsmerkmale ausprägen. Löß gegenüber genießt

die Feinsubstanz von Grubenfüllungen nur geringen Vorteil. Wenn sich dennoch Bewuchsmerkmale auf Löß ausprägen, so resultiert dies wohl in erster Linie aus der mineralischen Beschaffenheit und einem erhöhten Anteil an humosen Substanzen sowie einem lockeren Gefüge der Grubeninhalte.

Diese Faktoren begünstigen und fördern ein tiefgründiges Wurzeln und ein schnelleres und höheres Wachstum, größere Blätter und eine höhere Standdichte. Dadurch kommt es zur Ausbildung von sogenannten Geilstellen, die sich bei gleichmäßig grün gefärbten Pflanzen als Schattenmerkmale abzeichnen. Dadurch gelten dieselben Kriterien, die bei den obertägigen Fundstellen bereits angesprochen wurden, mit dem Unterschied, daß es sich hier um ein Mikrorelief handelt. Diese kleinen punktuellen Erhebungen, wie sie bei Gruben zur Ausprägung kommen, lassen sich lediglich bei niedrigem Sonnenstand in den Abendstunden wahrnehmen, während man untertags über sie hinweg fliegt. Dies wiederum erfordert eine flexible Zeitgestaltung für den die Prospektion ausübenden Wissenschaftler.

Besonders gute Indikatoren für Unterschiede im Boden bilden die Getreidepflanzen, da sie lange Wurzeln entwickeln. Von der Färbung her lassen sich drei Stadien unterscheiden. Zuerst lassen die Pflanzen eine gegenüber dem umgebenden Getreide dunklere, mitunter auch eine hellere Grünfärbung erkennen. Die Grünfärbung bleibt bei den in den Gruben wurzelnden Pflanzen längere Zeit über erhalten, während das umgebende Getreide bereits zur Gelbfärbung übergeht. Erst später ziehen die Pflanzen nach, beim Getreide aber weicht die Gelbfärbung einer Tönung ins Braune, so daß sich auch dann die Pflanzen über den Fundstellen durch ihre hellgelbe Färbung deutlich absetzen. Hinter all dem verbirgt sich eine verspätete Reifung der Getreidepflanzen, die zwar dieselben Stadien durchlebt, aber in zeitlicher Verzögerung. Wenn man deshalb beim dritten Stadium von einer Umkehrung von positiven in negative Bewuchsmerkmale spricht, dann trifft man hier gewiß nicht das Richtige. Helle Linien vor dunklem Hintergrund haben bei gelb und braun nicht dieselben Ursachen wie gelb und grün. Letztere werden durch eine vorschnelle Reifung der Pflanzen über Befunden bedingt. Dort, wo Festkörper, wie Mauerfundamente und Straßenbeläge oberflächennah im Boden eingeschlossen sind, stoßen die Wurzeln der Getreidepflanzen auf einen undurchdringbaren Widerstand, der tiefgründiges Wurzeln verhindert und Kümmerwuchs verursacht. Dadurch bleiben die Pflanzen in der Höhe gegenüber jenen über gewachsenem Boden zurück. Trockenheit verursacht besonders rasch Gelbfärbung der Pflanzen, auch wenn das umgebende Getreide noch eine frische Grünfärbung zeigt. Dennoch ist immer angeraten, die Luftbilder mehrerer Befliegungen in die Interpretation einzubeziehen, um ein verlässliches Bild der Fundstelle nachzeichnen zu können. So macht D. N. Riley⁵ u. a. darauf aufmerksam, daß es vorkommen kann, daß in einem trockenen Frühjahr die Getreidepflanzen über den Gruben und Gräben, bedingt durch eine bessere Versorgung mit Feuchtigkeit und Nährstoffen, ein schnelleres Wachstum als jene über gewachsenem Boden zu erkennen geben, auf das eine vorschnelle Gelbreifung folgt, so daß es sich hier um eine Umkehrung der typischen Reifemuster handelt.

Gerste und Weizen sind die verbreitetsten Getreidesorten in Mitteleuropa. Gerste prägt Spuren besonders gut aus, weil sie größere Blätter besitzt, die auf Trockenheit empfindlicher reagieren. Auch Mais ist für die Prospektion geeignet. Aufgrund der geringeren Standdichte lassen sich aber nur gröbere Befunde fassen. Gräben und Grubenhäuser

zumindest zeichnen sich aber stets deutlich ab, während Pfostengruben sowie Abfall- und Materialgruben in der Regel verborgen bleiben. Bei diesen feinen Befunden bedarf es schon der standdichten Getreidepflanzen. Die einzelnen Getreidepflanzen fungieren dabei gleichsam als Pixel in einem Rasterbild, wobei Mais ein grobes, Getreide dagegen ein feines Raster erzeugen.

In Sachsen-Anhalt prägen sich Bewuchsmerkmale in der Gerste am eindrucksvollsten im Juni und Anfang Juli aus, während sie im Weizen im Juli und Anfang August in aller Deutlichkeit zu beobachten sind. Dies hängt mit einer verzögerten Reife zusammen. Gerste wird Anfang Juli und Weizen Ende Juli bis Anfang August geerntet. Ab Mitte August folgt dann der Mais.

Durch den höheren Wuchs an den Geilstellen sind die Pflanzen leicht den Unbilden der Natur ausgesetzt. Windbruch und heftige Regenschauer können die Ausprägungen innerhalb kürzester Zeit zerstören. Das niedergelegte Getreide, das sich durch die hellen Lichtreflexe an den umgelegten Halmen gut erkennen lässt, bildet dann zwar Anzeichen für die Existenz von Fundstellen, doch ist deren Struktur dann weitgehend verwischt.

Hinweise auf den Zeitraum, in dem Bewuchsmerkmale zu erwarten sind, bieten die Verdunstungskoeffizienten der Nutzpflanzen unter Berücksichtigung der monatlichen Niederschlagsmenge.⁶ Pflanzen mit hohem Wasserbedarf, insbesondere Weizen und Gerste, eignen sich dabei vorzüglich für die Ausprägung von Luftbildstrukturen, weil sie am empfindlichsten auf Wassermangel reagieren. Doch kann davon ausgegangen werden, daß die Getreidepflanzen zumindest ab der Gelreife Bewuchsmerkmale hervorbringen. Dies schwankt von Süd nach Nord und von Boden zu Boden. Das Problem scheint mir aber weniger gravierend als gemeinhin in der Literatur dargestellt wird. Zum einen nämlich ist das Flugzeug schnell genug, um Regionen und Böden aus der Luft auf ihre momentane Sensibilität hin zu erkunden und flexibel auf die Situationen zu reagieren, und zum anderen muß für Prospektionszwecke ohnehin in der Haushaltsplanung ein gewisses Volumen an finanziellen Mitteln eingeplant werden, damit im Verlaufe der Zeit größere Regionen systematisch abgesucht und dokumentiert werden können, wobei ohnehin auch weniger ergiebige Tage genutzt werden müssen, und zwar ganz einfach aus dem Grund, weil die vorhandenen Tage mit optimalen Bedingungen zu knapp bemessen sind, als daß man alle Regionen befliegen und alle Fundstellen fotografieren könnte. Somit haben die Tabellen meines Erachtens nur didaktischen Charakter und dienen mehr der Begründung für das Einsetzen von Bewuchsmerkmalen in der Nachbereitung, als daß sie stets für die Vorbereitung von Flügen herangezogen werden könnten, zumal die Angaben über die Niederschlagsmengen und die Verdunstungskoeffizienten ohnehin mit zeitlicher Verzögerung publiziert werden.

Ausrüstung

Flugzeug:

Das geeignete Mittel für die Prospektion bildet das Flugzeug. Es dient laut D. N. Riley⁷ drei Zwecken:

1. als Beobachtungspunkt, von dem aus die Landschaft abgesucht wird,

2. als Plattform, von der aus die Fundstellen fotografiert werden und
3. als Transportmittel für An- und Rückfahrt zum und vom Einsatzgebiet.

Die Wahl des Flugzeugs richtet sich nach den Bedürfnissen. Es muß Langsamflugeigenschaften besitzen, gleichzeitig aber auch eine gewisse Reisegeschwindigkeit erreichen, um in entferntere Regionen des Landes zu gelangen; es muß ein zu öffnendes Fenster auf der Copilotenseite aufweisen, damit der die Prospektion ausübende Archäologe ungehindert fotografieren kann; die Flügel müssen hoch gelagert sein, damit sie beim Fotografieren nicht stören und ins Bild ragen. Daraus folgt die Verwendung eines einmotorigen Hochdeckerflugzeugs. Eine viersitzige Ausführung hat den Vorteil, daß neben dem Piloten und dem die Prospektion ausführenden Archäologen auch noch ein das zu befliegende Gebiet archäologisch betreuender und somit auch über den Denkmalbestand und dessen Gefährdung informierter Mitarbeiter mitgenommen werden kann⁸.

Für das Studium der Luftbildfundstellen und für die Fotodokumentation kreist das Flugzeug um die Fundstelle im engen Radius und wird hierfür auf einen 60-Grad-Winkel verkippt. Damit die Maschine hierbei nicht in eine Abwärtspirale mündet, muß eine relativ hohe Fluggeschwindigkeit beibehalten werden. Dies nun führt bei zweimotorigen Flugzeugen zu einer erhöhten Zentrifugalkraft, die sich auf den Körper des Prospektierenden ermüdend auswirkt, da er sich dieser beim Betrachten und Fotografieren entgegenstemmen muß. Ultraleichtflugzeuge dagegen fehlt die notwenige Fluggeschwindigkeit, um alle Teile des Landes befliegen zu können. Helicopter, von denen man sich für die Fotografie gute Dienste erwarten würde, sind demgegenüber mindestens doppelt so teuer.

Besatzung:

Die Besatzung umfaßt zwei Personen, den Piloten und den die Prospektion ausübenden Archäologen. Darüber hinaus kann noch eine dritte Person mitgenommen werden: ein weiterer Archäologe, der in seiner Funktion als Sachgebietsleiter den Denkmalbestand sowie die mit ihm verbundenen Probleme, wie etwa einsetzende und fortschreitende Zerstörung durch Baumaßnahmen und Sand- und Kiesgewinnung usw., kennt und damit die Effizienz des Flugeinsatzes wesentlich erhöht. Die Aufgabe des Piloten ist natürlich die Navigation mit all ihren Aspekten: Beobachtung des Luftraums, Beachtung von Sperrzonen, Funkverkehr, Kontrolle der Bordinstrumente. Darüber hinaus übernimmt er die Bedienung des Global Positioning System (GPS). Die Aufgabe des Archäologen im Flugzeug konzentriert sich auf die ununterbrochene Suche nach Fundstellen, deren Fotodokumentation, wobei zwei Apparate mitgeführt werden, einer für SW-Bilder und ein zweiter für Farbdias, sowie die Kartierung der Fundstelle auf der Topographischen Karte im Maßstab 1 : 50 000 (TK 50), die Führung der Fotoliste und eine Ansprache der entdeckten Strukturen. D. N. Riley⁹ bemerkt im Hinblick auf Alleinflüge, daß es einer Einzelperson nicht in dem Maße möglich ist, nach Flugzeugen und nach Fundstellen Ausschau zu halten, wie einem Team aus zwei Personen, zumal von beiden Sitzpositionen aus beide Seiten des Flugzeugs beobachtet werden können.¹⁰

Navigation:

Für die Navigation ist ein GPS vorhanden. Es ist in der Lage, über Satellit jeden Punkt dreidimensional zu verorten oder jeden bereits verorteten Punkt anzusteuern. Darüber

hinaus besitzt das LfA mit dem Programm NASA eine Software, die es erlaubt, die vom GPS-Empfänger georteten Flugpositionen auf dem Monitor eines im Flugzeug mitgeführten Laptops darzustellen. Grundlage bildet eine georeferenzierte Rasterkarte, die im Rechner vorliegt und je nach Position des Flugzeugs nach dem Moving-map-Prinzip nachgeführt wird. Auf diese Weise kann blitzschnell und gezielt die bei jedem Flug in analoger Form mitgeführte und für die Kartierung der Fundstelle notwendige TK 50 aus dem bereitgelegten Ordner herausgegriffen werden.

Flugmanöver:

Um das Objekt für die Fotodokumentation richtig anzusteuern, muß der Pilot auf die Fundstelle aufmerksam gemacht werden. Die Flugmanöver lassen sich am besten über Handzeichen instruieren, die sich im Laufe der gemeinsamen Prospektionstätigkeit von Pilot und Archäologen fast von selbst herausbilden. Nur bei besonderen vom Archäologen gewünschten Perspektiven oder bei Senkrechtaufnahmen, die ein tangentliches Anfliegen an die Fundstelle heran und ein abruptes Verkippen in einen 50-Grad-Winkel kurz vor dem aufzunehmenden Objekt erfordern, führt eine kurze mündliche Benachrichtigung schneller zum Erfolg.¹¹

Kartenmaterial:

Bei der Navigation bedient sich der Pilot zweier Karten: eine im Maßstab 1 : 500 000, auf der alle Kontrollzonen, die beim Fliegen berücksichtigt werden müssen, eingetragen sind und eine im Maßstab 1 : 250 000, die alle grundlegenden topographischen Informationen enthält, die die Orientierung erleichtern. Diese Karte wird analog und auf einem Laptop digital mitgeführt. Dabei vermag ein moving-map-system stets die augenblickliche Position des Flugzeugs über einer geokodierten Rasterkarte am Display des mitgeführten Laptops anzuzeigen. In Planung für 1996 ist, die vom Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt (LVA) herausgegebene Topographische Übersichtskarte im Maßstab 1 : 200 000, die alle Gemeinden zeigt, in digitaler Form auf dem Monitor bereitzuhalten, da sie eine wesentliche Erleichterung und Zeitersparnis bei dem gezielten Einsatz der TK 50 für Kartierungszwecke bietet. Darüber hinaus werden Kopien von Karten (TK 50 oder TK 25) mit von den einzelnen Sachgebietsleitern als Ziele für die Prospektion vorgeschlagenen und eingetragenen Positionen mitgeführt.

Fotoausrüstung:

Die Ausrüstung umfaßt zwei Kameras, wobei die eine für Schwarz-Weiß-Bilder, die andere für Diapositive parallel verwendet wird. Das Gehäuse der Kamera stammt von Nicon (F 801 s) und ist mit einem Zoomobjektiv der Firma Sigma versehen. Die Zoom-eigenschaft rangiert von einem Weitwinkelobjektiv (28 mm) hin zu einem leichten Teleobjektiv (70 mm). Damit lassen sich sowohl Detailaufnahmen als auch Übersichtsaufnahmen der Fundstelle in der umgebenden Landschaft dokumentieren, ohne daß das Flugzeug dafür aufsteigen oder tiefer gehen muß. Für die Flugprospektion müssen kurze Belichtungszeiten gewählt werden, damit ein Verwackeln des Bildes ausgeschlossen ist. Die Vibration des Motors, Turbulenzen beim Fliegen, der Luftwiderstand beim offenen Fenster, aus dem man sich der ungehinderten Sicht wegen stets ein wenig dem Objekt entgegenneigt, und dem das Objektiv ausgesetzt ist sowie die Fluggeschwindigkeit, mit der man sich über dem Objekt hinwegbewegt, tragen zur Verwackelung der Bilder bei.

Dabei sollte die Kamera immer frei gehandhabt werden und keinesfalls am Fensterrahmen angelehnt, da sich dadurch die Vibration des Motors unmittelbar auf die Kamera überträgt.

Die durch die Fluggeschwindigkeit verursachte Unschärfe des Bildes wurde von D. N. Riley durch ein Rechenbeispiel veranschaulicht.¹² Er geht dabei von einer Fluggeschwindigkeit von 160 km/h und einer Flughöhe von 610 m aus. Die Fotodokumentation erfolgt dabei mit einer Kleinbildkamera (35 mm), die mit einem 50 mm Normalobjektiv versehen ist. Bei einer Belichtungszeit von 1/1000 Sekunden würde die Bewegung des Objekts auf einem auf 18/12 cm vergrößerten Bild 0,015 mm betragen und wäre damit nicht wahrnehmbar. Anders bei einer Belichtungszeit von 1/100 Sekunden. Hier beträgt der während der Belichtungszeit zurückgelegte Weg des Objekts auf dem entwickelten Bild 0,15 mm und verursacht dadurch eine empfindliche Unschärfe. Das Objektiv sollte demzufolge lichtstark sein, damit auch bei der Anwendung eines relativ feinkörnigen Films und eines Filters kurze Belichtungszeiten gewährleistet sind. Das an der Kamera fixierte Objektiv hat bei einem Linsendurchmesser von 72 mm eine maximale Blendenöffnung von 2,8. Daraus resultieren am Rand des Bildes gewisse Unschärfen, die durch Abblenden ausgeglichen werden können, doch bedeutet dies wieder Verlust an Belichtungszeit.

Je nach Bewuchsstand wird die SW-Film führende Kamera mit einem Grün- oder mit einem Orangefilter ausgestattet. Prägen sich die Merkmale während der Wachstumsphase aus, lassen sich die unterschiedlichen Grüntöne im Getreide am besten mit einem Grünfilter kontrastieren. Wenn dagegen die Reifephase eingesetzt hat, dann besitzt ein Orangefilter die Eigenschaft, die Gelbfärbung des Getreides vom Grün der Bewuchsanomalien in aller Deutlichkeit abzusetzen. An Grünfiltern sind zwei vorhanden: ein hellerer mit dem Faktor 2,5 und ein dunklerer mit dem Faktor 4. Der Orangefilter hat den Faktor 2,5. Beim Farbdiafilm wird dem Objektiv ein Skylightfilter vorgesetzt, um Ultraviolet-Strahlen abzuschirmen.

Damit das Objektiv, wenn erforderlich, auch für andere Aufgaben im LfA eingesetzt werden kann, wurde ein Autofocus-Objektiv angeschafft. Da der Autofocus aber erfahrungsgemäß mit Bewuchsmerkmalen nicht zurechtkommt und die Aufnahmen aus einer Höhe von 300 bis 150 m angefertigt werden und demnach ohnehin eine Einstellung des Objektivs auf unendlich erforderlich sind, wird die Autofocus-Funktion deaktiviert und der Scharfeinstellungsring am Objektiv mit einem Klebeband fixiert. Die Blende wird manuell eingestellt und nur die Belichtungsautomatik eingesetzt. So ist immer gewährleistet, daß die minimale Belichtungszeit genutzt wird.

Filmmaterial:

Die Fundstellen werden zu gleichen Teilen auf Farbdia- und auf SW-Filmen dokumentiert. Trotz längerer Belichtungszeiten wird auf einen feinkörnigen Film zurückgegriffen, damit die Körnung der Emulsion nicht Gruben und Pfostenlöcher verschleiert und unkenntlich werden läßt. Als Farbdiafilm erweist ein 64 ASA-Film gute Dienste (Kodachrome). Beim SW-Material wird auf einen 100 ASA-Film zurückgegriffen (Ilford Delta 100), da die Verwendung von Farbfiltern eine Herabsetzung der Belichtungszeit nach sich zieht. Der 100-ASA-Film wird dabei als 200- oder als 320-ASA-Film belichtet und entsprechend länger entwickelt. Die Wahl von Kodachrome hat dabei den Vorteil, daß die Entwicklung von Kodak selbst vorgenommen und die Rahmung, Orientierung und Numerierung der Dias

gleich mitübernommen wird. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß Fotolabors bei der Rahmung die Dias falsch orientieren, nicht einmal die Dias filmweise auseinanderhalten und die Numerierung selbst vorgenommen werden muß, was ein nachträgliches Öffnen der Rahmen erforderlich macht. Die Entwicklung der SW-Filme, die Anfertigung von Kontaktbögen und das Abziehen von Bildern führt das Fotolabor des LfA durch. Die Verwendung von SW- und Farbdiafilmen entspricht zwei Bedürfnissen. SW-Filme sind haltbarer als Farbfilme, deren Farben mit der Zeit verblassen können und erfassen meiner Meinung nach mitunter mehr Informationen als Farbdias. Farbbilder und Farbdias sind dagegen leichter zu lesen, da sich die Kontraste an gewohnten natürlichen Farbwerten orientieren. Ich bevorzuge die Betrachtung der SW-Negative, die meiner Ansicht nach mitunter im Ansatz noch Spuren zu erkennen geben, die bei der Entwicklung verlorengehen können. Die Betrachtung geschieht unter einem Binokular mit Zoomeigenschaften. Dies schont zum einen die Augen, weil sich beide Pupillen bei der Betrachtung ergänzen und damit weniger schnell ermüden, zum anderen weil man in die Tiefe des Bildes hineinzoomen und Details verfolgen und sofort wieder den Blick auf die gesamte Struktur richten kann.

Archivierung

Die Sachdaten zu den Fundstellen werden mit Hilfe der EDV erfaßt. Nach der Eingabe wird zu jeder Fundstelle ein Fundberichtsformular ausgedruckt. Dieses wird zusammen mit einer Kopie des Flugkartenausschnitts, auf dem die Fundstelle eingetragen ist und einem Bild ans Schriftarchiv übergeben. Die SW-Negativstreifen werden filmweise in Ablageblättern aus Pergamin eingeschoben und in einem auf die Breite der Blätter zugeschnittenen Ringordner verwahrt. Bei den Diapositiven werden die einzelnen Dias in Einstechetaschen von Ablagehüllen aus Polypropylen untergebracht und ebenfalls in Ringordnern verwahrt. Die Kontaktbögen werden von den Negativstreifen getrennt in Ringordnern geführt. Die Farbdias werden auf Foto-CDs digitalisiert und im Anschluß daran zu Rasterbildern umgewandelt und im Netzwerk allen Mitarbeitern des LfA zur Ansicht am Monitor zur Verfügung gestellt.

Die Farbdiapositive werden beim täglichen Umgang strapaziert, indem sie immer wieder aus den Archivhüllen herausgenommen werden müssen und durch verschiedene Hände gehen. So kommt es vor, daß sie mit Staub und Fingerabdrücken zurückkommen. Für Publikationen und auch für Vorträge werden sogar die Papprähmchen mitunter zerrissen. Dabei sei bemerkt, daß Kopien nicht vorhanden sind. Eine Methode, die Schutz bietet, ist die Verwendung von Glasrähmchen. Bei dem Anfall an Bildmaterial und ohne Arbeitskraft ist die Rahmung zu zeitaufwendig, darüber hinaus teurer und zudem raumfüllender, denn die auf diese Art gerahmten Dias beanspruchen rund doppelt so viel Platz. Eine Methode, die eine Schonung der Dia und somit eine Sicherungskopie des Bildmaterials liefert, ist die Digitalisierung auf eine Foto-CD. Die digitalisierten Dias können dabei über ein CD-Rom-Laufwerk betrachtet werden. Hier liegen sie in sechs unterschiedlichen Auflösungen vor. Weiterhin können die Bilder als Rasterbilder im Netz in einem Verzeichnis abgespeichert werden, für das die wissenschaftlichen Mitarbeiter des LfA Zugriffsrechte besitzen. Dadurch ist es möglich, sich zu einer Fundstelle alle verfügbaren Bilder am Monitor abzurufen und bei Bedarf über einen Tintenstrahlplotter auszu-

drucken. Dies entlastet die Fotoabteilung des LfA, indem nicht alle Arbeitsfotos eigens entwickelt werden müssen und versorgt die Mitarbeiter zugleich mit den leichter dechiffrbaren Farbbildern, deren Entwicklung nicht vom LfA vorgenommen, sondern an Fotolabors weitergegeben wird, wodurch sich zeitliche Verzögerungen einstellen.

EDV:

Die Verwendung der Datenverarbeitung im Rahmen der Luftbildarchäologie erstreckt sich auf mehrere Bereiche. Einer betrifft die Entzerrung der Schrägaufnahmen.

– Luftbildentzerrung:

Innerhalb der Luftbildentzerrung stehen sich zwei Programmtypen gegenüber, nämlich Vektor- und Rasterprogramme.

– Vektorprogramme:

Bei den Vektorprogrammen werden die Strukturen linienhaft in den Rechner übernommen. Dabei vermag man Punkte, Linien bzw. Polylinien und Polygone zu unterscheiden. Diese Strukturen reichen aus, um alle Objekte darzustellen. Durch Georeferenzierung werden die Graphiken in einem Koordinatensystem verortet. Grundlage bilden dabei Karten, aus denen man eingemessene Referenzpunkte digitalisiert, wodurch sich daraus die Koordinaten aller anderen Punkte ermitteln lassen. Ein auf der Digitalisierung von Vektoren basierendes Luftbildentzerrungsprogramm liegt dem LfA in Form von AERIAL 4 vor.¹³

Die Systemvoraussetzungen sind ein PC mit DOS als Betriebssystem und Coprozessor, ein Digitalisierbrett für die Vektorisierung und einen Stifteplotter für die Ausgabe. Die Topographische Karte, aus der die geographischen Referenzpunkte entnommen werden, und das zu bearbeitende Luftbild werden auf dem Digitalisierbrett befestigt und mit Hilfe des Programms verortet. Danach werden die Strukturen auf dem Luftbild mit dem Cursor nachgefahren und digitalisiert. Dabei lassen sich aufgrund der Georeferenzierung der Daten Strukturen aus verschiedenen Luftbildern ergänzen und erweitern sowie auch mehrere benachbarte Strukturen zu Komplexen zusammenfügen. Der entzerrte Luftbildplan kann dann über einen Stifteplotter maßstabsgerecht ausgedruckt werden. Um sich über die topographische Lage der Fundstelle im klaren zu sein, muß der entzerrte Luftbildplan über eine Karte gelegt werden. Eine andere Möglichkeit bietet ein GIS, mit dessen Hilfe der entzerrte Luftbildplan als Vektorlayer über eine eingescannte und georeferenzierte Rasterkarte dargestellt wird.

– Rasterprogramme:

Bei Rasterprogrammen werden die Karten und Bilder gescannt. Die Georeferenzierung erfolgt über die Zuweisung von Pixelpunkten des Rasterbildes zu Koordinaten. Hierbei wird das gesamte Bild mit allen auf ihm enthaltenen archäologischen und topographischen Informationen entzerrt. Das entzerrte Luftbild liegt im Rechner maßstabsgerecht und nach Norden orientiert vor, wobei die Qualität der Entzerrung durch die Berücksichtigung von Höhenschwankungen verbessert werden kann. Ein solches aufbereitetes Bild wird als Orthophoto bezeichnet. Ein geeignetes Entzerrungsprogramm von Rasterbildern liegt dem LfA in Form von AERIAL 5 vor.¹⁴ Das entzerrte Rasterbild kann über einen Rasterplotter ausgedruckt werden.

Das LfA besitzt sowohl einen Stifte-(Calcomp), als auch einen Rasterplotter (Hewlett Packard), so daß Vektorgraphiken wie Rasterbilder in allen Größen (DIN A 4 bis DIN A 0) und zudem farbig ausgedruckt werden können. Für das Digitalisieren von Luftbildern wichtig ist ein Scanner. Auch ein solcher ist im LfA vorhanden.

– Bildverarbeitungsprogramme:

Mit der Verarbeitung von Rasterbildern und deren Ausgabe verbunden ist die Verwendung eines Bildbearbeitungsprogramms. Mit dessen Hilfe können die Kontraste der Strukturen verbessert werden. Zudem kann eine Umwandlung von Farb- zu SW-Bildern erfolgen. Darüber hinaus sind geeignete Programme in der Lage, Rasterbilder transparent zu machen und zu überlagern. Dies ist vor allem für die Beurteilung der Entzerrung wichtig, indem aus unterschiedlichen Blickrichtungen aufgenommene Bilder derselben Fundstelle übereinander gelegt werden können und dadurch Abweichungen sichtbar werden. Man wandelt dazu die Grauwerte der Bilder in Farbwerte (bei drei Bildern in Grün, Blau, Rot) um, so daß die Unregelmäßigkeiten der Entzerrung bei der Schichtung der Layer deutlich erkennbar werden. Ein geeignetes Bildbearbeitungsprogramm liegt dem LfA vor (ALDUS Photostyler).

– Datenerfassung:

Ein weiteres Gebiet der EDV innerhalb der Luftbildarchäologie bildet die Datenerfassung. Hierfür wurde speziell für die Anforderungen des LfA im Hause eine Relationale Datenbank programmiert. Die Eindeutigkeit der Fundstelle wird durch die Gauß-Krüger-Koordinate des Mittelpunkts gewährleistet. Die Haupttabelle ist mit weiteren Tabellen verknüpft. Eine davon enthält zu jeder Fundstelle die betreffenden Nummern der Filme und Bilder, eine weitere die auf den Luftbildern erkennbaren Fundstätten. Eine temporäre Datei dient darüber hinaus für den Ausdruck von Etiketten zur Beschriftung der SW-Kontaktbögen und Diapositive. Die Tabelle mit Bildern bildet den Schlüssel für die Ansicht von digitalisierten Diapositiven, die sukzessive von einem Kodak-Labor auf Photo-CDs überspielt und dann im Rechner als TIFF-Bilder abgelegt werden und dadurch über das Netz für jedermann zugänglich sind. Die Kopie auf CDs dient zum einen als Sicherungskopie der einmaligen Diapositive und schont sie zum anderen beim täglichen Umgang, indem nun nicht mehr die Dias aus den Archivhüllen gezogen werden müssen, sondern sie direkt am Monitor angezeigt werden können. Programme, die die Voraussetzung für die Ansicht von Photo-CDs bilden, sind im LfA vorhanden (ALDUS Photostyler, COREL Photoshop). Eine weitere Tabelle verwaltet kleine Kartenansichten, auf denen die Fundstelle markiert ist.

Ziele

Prospektion:

Bei der Flugprospektion lassen sich grundsätzlich zwei Stadien unterscheiden. Das erste betrifft die Prospektion nach neuen Fundstellen. Ob Fundstellen bereits dokumentiert sind oder noch nicht, läßt sich dem Satz der im Flugzeug mitgeführten TK 50 entnehmen, auf dem alle Luftbildfundstellen eingetragen sind und der laufend ergänzt wird. Das zweite Stadium betrifft die Kontrolle der bereits bekannten Fundstellen, und zwar

zum einen auf deren Erhaltung und Gefährdung und zum anderen auf deren Ausprägung hin. In der Regel prägen sich die Fundstellen Jahr für Jahr unterschiedlich deutlich aus. Zudem greifen Fundstellen auf benachbarte Felder über, die aber in der Regel nicht mit derselben Frucht bebaut oder aber saisonweise unbestellt sind. Die Ausprägungen von Strukturen basieren auf Störungen im Boden, die der Mensch durch Erdeingriffe bewirkt hat und immer noch bewirkt. Diese Störungen verursachen Anomalien im Bewuchs. Die Ausprägungen solcher Bewuchsanomalien sind dabei um so deutlicher, je massiver die Erdeingriffe sind, d. h. breite Gräben und große Gruben sind regelmäßiger zu beobachten als dünne Gräbchen und kleine Gruben. Letztere sind nur bei außerordentlich günstigen Voraussetzungen zu erkennen. Gute Bedingungen schafft eine länger anhaltende Trockenperiode während der Ährenschiebe, da die Wachstumsperiode ausreichender Feuchtigkeit bedarf. Regelmäßiger Regenfall dagegen vermindert die Ausprägungen wesentlich. Haben sich dann Geilstellen eingestellt, so vermag ein kurzer Prasselregen sie in kürzester Zeit zu vernichten. Daraus folgt, daß Luftbildfundstellen regelmäßig beflogen und kontrolliert werden müssen. Für die Verifikation der Fundstellen bedarf es neben mehrmaliger Kontrollen aus der Luft auch der Begehung auf dem Boden, denn die Luftbildfundstellen geben sich aus den angeführten Gründen nicht immer und zudem nicht immer gleich beim ersten Mal als eindeutig und in aller Klarheit zu erkennen. Für beide Operationen bilden die oben angeführten Geräte und Programme eine gute Voraussetzung. Gerade aber für die Begehung einer Fundstelle bildet das GPS mit NASA eine nicht zu missende Erleichterung, da ja die Fundstellen sich in der Regel im Getreide zeigen, die Begehung aber nach dessen Ernte im gepflügten Acker stattfindet. Um eine Fundstelle aber auf dem Boden aufzufinden, bedarf es des gezielten Einsatzes eines Ortungsgerätes, da andernfalls der Aufwand der Begehung zu groß wird.

Beim Aufsuchen eines bestimmten Gebiets wird relativ schnell deutlich, ob es sich für die Prospektion zum vorgesehenen Zeitpunkt überhaupt eignet. Hier helfen Planungen, die sich allein auf günstiges Wetter stützen, kaum. Wenn keine Fundstellen sichtbar sind, dann macht eine Evaluierung des anstehenden Bodens und der angebauten Frucht sehr schnell deutlich, woran es liegt, und man muß auf ein anderes Gebiet ausweichen, wo andere, günstigere Voraussetzungen herrschen. Auch der Typ der Bewuchsmerkmale hilft bei der Planung der Prospektion. So zeigte sich 1995, daß nach einer Regenperiode gewisse Böden Ende Mai noch so reichlich mit Wasser gesättigt waren, daß sie auch bei anhaltendem schönem Wetter kaum die Ausprägung von Bewuchsmerkmalen zuließen, während sandige Böden in ein wenig höher gelegenen Gebieten durchaus gute Ergebnisse erbrachten. Aus diesem Gebiet waren erst wenige Fundstellen bekannt. Auch stellte es sich in diesem Jahr heraus, daß sich die Fundstellen allein durch einen gegenüber dem umliegenden Getreide höheren Pflanzenwuchs ausprägten und demzufolge am deutlichsten im Abendlicht zu sehen waren.

Letztere ließen sich am besten im Gegenlicht der Sonne fotografieren. Solche Aufnahmen sind kritisch, da die Bildqualität unter dem Dunst leidet. Bewuchsmerkmale, die sich durch ihre unterschiedliche Färbung abzeichnen, sind deshalb besser mit der Sonne im Rücken zu fotografieren. Doch gibt ein Umkreisen der Fundstelle dem Fotografen ohnehin zu erkennen, aus welcher Richtung sich die Strukturen am deutlichsten abheben. Bei komplexeren Strukturen kann es geraten sein, Aufnahmen aus allen vier Richtungen anzufertigen. Man kann ja nie wissen, ob man beim Studium der Bilder am Schreibtisch

nicht die eine oder andere Struktur zusätzlich entdeckt. Die Zeit in der Luft jedenfalls ist kurz bemessen und läßt eine intensive Betrachtung der oftmals weitflächigen und miteinander verwobenen Strukturen nicht zu.

Die Schrägaufnahmen geben einen vom Fotografen definierten Ausschnitt der Landschaft wieder. Die Ansicht richtet sich nach der im Flugzeug vorgenommenen Interpretation der Fundstelle. Handelt es sich nach Meinung des Fotografen um ein Parzellensystem, dann wird er es entsprechend der Konstruktion dokumentieren. Handelt es sich um einen Graben, bei dem der Verdacht auf eine prähistorische Landwehr besteht, dann wird der Ausschnitt den Verdacht erhärten. Wenn nun der Archäologe am Schreibtisch die Bilder bearbeitet, wird er unbewußt in die Sichtweise des Fotografen hineingezogen. Für den Bearbeiter bedeutet dies, daß er den Ausschnitt am besten selbst vornimmt, da er nur dann die nötige Kritik an den Bildern üben kann. P. J. Fowler hat einmal gesagt, daß die Mehrzahl der Luftbilder, mit denen wir tagtäglich umgehen, mehr oder minder immer die Kunst des Fotografen widerspiegelt.¹⁵ Dies bedeutet aber, daß das Wissen um die Verlässlichkeit und Qualität der Befunde in der Behörde angesiedelt sein sollte, damit die Evaluierung verzerrungsfrei vorgenommen werden kann. Der Prozeß der Dokumentation von Fundstellen aus der Luft, von der Entdeckung bis zur Deutung, führt zu Erfahrungen und Kenntnissen, die nur der in der Luft tätige Archäologe sammeln kann. Dieses Wissen muß für alle Mitarbeiter erreichbar sein und deshalb innerhalb der Behörde angesiedelt werden. Darüber hinaus ist nur in der Behörde der Rückfluß an Informationen gegeben, der als Korrektiv die Qualität der Luftbildprospektion nachhaltig verbessert. Die Abgleichung der Luftbildfundstellen mit den bekannten Fundstellen in den Ortsarchiven und die Ergebnisse von Begehungen und Grabungen bilden hierbei die wichtigsten Faktoren.

Die Erfassung archäologischer Fundstellen über Bewuchsmerkmalen hängt ganz wesentlich von der Bodenschichtung und dem anstehenden Gestein ab. In gewisser Weise gibt die Verbreitung der Luftbildfundstellen deshalb nicht die tatsächliche Verteilung der Fundstellen wieder, sondern vielmehr die geologischen Verhältnisse. Ideal erweisen sich Schotter und Kiese, die mit einer dünnen Auelehmschicht bedeckt sind. Da der Untergrund extrem wasserdurchlässig ist, entzieht er dem Boden und damit auch den Pflanzen sehr rasch die Feuchtigkeit, was zu einer schnellen Reife führt. Gruben und Gräben wirken gleichsam als Blumentopf; sie sind mit lockerem humosem Material verfüllt, wasserbindiger und nährstoffreicher, so daß die in den Befunden wurzelnden Pflanzen länger frisch bleiben. Die Fundschicht ist in diesem Fall geringmächtig, so daß die Befunde unterschiedlicher Zeitstellungen in einem Horizont beisammenliegen, sich gegenseitig durchdringen, stören und zudem offenliegen und vom Pflug sukzessive zerwirkt werden.

Nicht ungünstig für die Prospektion erweist sich Geschiebesand. Der Sand ist wasserdurchlässig und das gleiche gilt für Geschiebemergel dann, wenn der Lehmanteil gering ist und Kies- oder Sandschichten oberflächennah eingebettet sind. Die Ausprägung von Bewuchsmerkmalen über Kiesen und Sanden hängt natürlich vom Grundwasserspiegel ab.

Anders verhält es sich bei Schwarzerden über Löß. Je nach Mächtigkeit befinden sich die Befunde in der Schwarzerdeschicht komplett eingebettet oder aber sie greifen in den Löß ein. Bei Tschernosemen dürfte der Unterschied zwischen Boden und Füllerde nicht wesentlich sein. Dazu kommt, daß Löß Feuchtigkeit gut speichert und an die Pflanzen

sukzessive weitergibt, so daß es schwerfällt, über Bewuchsmerkmale Fundstellen zu entdecken. Schwierigkeiten erwachsen auch dort, wo sich Schwarzerden als sogenannte Kolluvien in Tallagen ansammeln. Umfangreiche Grabungen in Quedlinburg, Ldkr. Quedlinburg, zeigten, daß sich die Befunde dort grob auf drei Horizonte verteilen. Dabei sind die mittelalterlichen Befunde ausschließlich im Schwarzerdepaket anzutreffen, während die kaiserzeitlichen und eisenzeitlichen Befunde in dessen unteren Bereich liegen und oberflächlich in den Löß einschneiden, während die linienbandkeramischen Siedlungsspuren vollkommen in den Löß eingetieft sind. Dies bedeutet, daß die Luftbildprospektion in solchen Gebieten nur den jüngsten Siedelhorizont zu erfassen vermag, nie aber die älteren prähistorischen Siedlungen. Da sich sogar bei Ausgrabungen Befunde im Schwarzerdebereich schwer über die unterschiedliche Färbung erfassen lassen, sondern über eine im Vergleich zum Boden lockerere Zusammensetzung der Füllerde sowie Einschlüsse wie Herdstellen oder Lehmbewurf wird man sie auch als Bodenmerkmale kaum bemerken.

Fotografiert werden grundsätzlich Strukturen, die sich als vom vor- und frühgeschichtlichen und mittelalterlichen Menschen hinterlassen zu erkennen geben. Da das LfA mit dem Schutz und der Erhaltung sowie der Erfassung von archäologischen Denkmälern betraut ist, richtet sich der Blick zunächst nur auf diese. Für die künftige Prospektion wäre aber auch zu überlegen, ob nicht noch andere Fundstellen in das Repertoire aufzunehmen wären. Erfaßt werden derzeit Hohlwege und Straßen nur dann, wenn sich ein gewisses Alter abschätzen läßt. Dies gilt auch für Kanalisationen. Wie steht es aber mit Burgen, und zwar auch dann, wenn sich keine Wälle und Gräben außerhalb der Mauern abzeichnen, Warten, auch wenn keine begleitenden Landwehren erkennbar sind, Windmühlen, die auf einem Grabhügel sitzen und abgerissen werden könnten, Dorfformen usw.?

Die Fixierung der Fundstelle erfolgt während der Prospektion durch Kartierung auf der TK 50. Darüber hinaus werden Koordinaten mit dem GPS erfaßt. Eine weitere Festlegung wäre durch ein gezieltes Aufsuchen der Fundstelle durch einen Mitarbeiter möglich, wobei dieser über Funk vom Flugzeug aus genau an die relevante Stelle dirigiert werden müßte und die Strukturen verpflockt werden könnten.

Archäologische Ausgrabungen:

Man ist sich schon lange darüber einig, daß nicht all das ausgegraben werden kann, was durch Bautätigkeit gefährdet ist. Luftbilder geben für die Auswahl der auszugrabenden Objekte eine wesentliche Entscheidungshilfe. Indem sie die Strukturen relativ umfassend und genau wiedergeben, machen sie zudem die Untersuchung des Objekts ökonomisch. Man muß nur die Schnitte genau anlegen, um den im Luftbild dokumentierten Befund zu klären. Diese Methode bietet sich vor allem dort an, wo finanzielle Mittel für eine größere Grabung nicht vorhanden sind. Schnitte tragen wesentlich zur Klärung der Befunde bei. So reicht mitunter schon das Profil aus, die Funktion etwa eines Grabens oder einer Grube zu beleuchten. Andererseits zeigt das Luftbild, wo eine Flächengrabung stattfinden muß, um den Befund zu klären. So erlaubt die Methode auch das Experiment, Gräben zu schneiden, deren Funktion unbekannt ist, um dadurch das Spektrum der Elemente einer Landschaft zu bereichern. Denn Landschaften bestehen nicht nur aus befestigten oder unbefestigten Siedlungen und Gräberfeldern, worauf sich zumeist das Interesse

konzentriert, sondern auch noch aus Straßen, Wegen, Ackerrainen, Triften für Vieh, Tränken, Grenzgräben usw. Nur so lassen sich die versunkenen Landschaften der prähistorischen Menschen, wenn auch nur auf dem Reißbrett, wiedererschaffen. Vor der Grabung muß die Fundstelle zunächst begangen werden, um aus der topographischen Situation und über Lesefunde weitere wichtige Schlüsse ziehen zu können. Als weiterer Schritt bietet sich eine geophysikalische Messung an. Letztere ist vor allem dann wichtig, wenn der Luftbildbefund noch weiterer Klärung bedarf. Beide Male hilft natürlich das Luftbild, da über die Verortung der Luftbildstruktur die Fundstelle zielgenau angesteuert werden kann.

Aufbereitung:

Ein wesentlicher Punkt bei der Aufbereitung ist die Erfassung der Flugaufzeichnungen in einer Datenbank. Hier werden folgende Punkte erfaßt: die Koordinaten der Fundstelle, die Nummer der Topographischen Karte im Maßstab 1 : 25 000, auf der sich die Fundstelle befindet, die administrativen Daten (Gemarkung, Gemeinde, Landkreis, Regierungsbezirk), die Nummern der Filme und Bilder, auf denen die Fundstelle dokumentiert ist, die Objekte, die auf den Bildern anzutreffen sind und gegebenenfalls deren Alter, etwaige Strörungen (z. B. Bombentrichter, Leitungsgräben) sowie der Fotograf. Weiterhin wichtig ist das Anlegen eines Vergleichskatalogs, in dem die Strukturen nach internen Kriterien geordnet werden. Dieser bildet die Voraussetzung für den Vergleich von Strukturen, deren Funktion nicht in jedem Fall sofort klar erkennbar ist. Wichtig für eine Klärung der Befunde ist darüber hinaus die Entzerrung der im Luftbild dokumentierten Strukturen. Nur über den entzerrten Luftbildplan läßt sich deren Gefüge richtig beurteilen und die einzelnen Elemente einer prähistorischen oder mittelalterlichen Kulturlandschaft lesen und verstehen und von anderen, wie geologischen Strukturen, unterscheiden. Darüber hinaus gibt nur das entzerrte Luftbild die plangerechte Ausdehnung der archäologischen Fundstelle zu erkennen, da die Schrägaufnahmen eine Verkürzung der Strukturen verursachen, die sich optisch nur vage abschätzen läßt. Dabei ist es wichtig, die Strukturen auf eine Karte zu übertragen. Davor müssen sie erst interpretiert und von anderen isoliert werden. Hierfür müssen alle zu einer Fundstelle vorliegenden Luftbilder berücksichtigt werden. Dies bedeutet, daß der für die Bearbeitung zuständige Archäologe für eine Fundstelle nicht selten über 50 Bilder durchsehen muß, ehe er einen Überblick über alle im Zusammenhang mit einer Fundstelle dokumentierten Strukturen besitzt. Weiterhin sei darauf aufmerksam gemacht, daß das Archiv jährlich um über 10 000 Luftbilder anwächst.

Für den Prospektierenden wie auch für den Archäologen im Umgang mit Luftbildern von grundlegender Bedeutung ist die Kenntnis der natürlichen und anthropogenen verursachten Strukturen der Landschaft und die Identifizierung der vom vor- und frühgeschichtlichen und mittelalterlichen Menschen hinterlassenen Spuren. Darüber hinaus muß er sich auch immer der Grenzen bewußt sein, die der Ausprägung von Strukturen im Getreide gesetzt sind. Während bei einer Ausgrabung alle Spuren erfaßt werden, zeigen Bewuchsmerkmale nur eine Auswahl, und zwar selbst dann, wenn sie den Eindruck großen Detailreichtums erwecken. Bei Pfostenlöchern werden beispielsweise nur die mächtigsten im Luftbild erfaßt. D. N. Riley hat ein Beispiel hierfür angeführt, das auf einem Vergleich zwischen Luftbild und Grabungsbefund basiert.¹⁶ Dabei zeigte sich, daß sich

nur Gräben und Gruben mit einem Durchmesser von 0,7 m im Bewuchs zu sehen waren, nicht aber Befunde mit einem Durchmesser unter 0,5 m. Dabei sei erwähnt, daß bei der im Beispiel angeführten Fundstelle der Untergrund aus Kies besteht und nur von einer 0,25 m dünnen Erdschicht überlagert wird, für die Ausprägung von Bewuchsmerkmalen also ideale Voraussetzungen aufweist.

Die Informationen, die Luftbilder zu liefern vermögen, sind zweidimensionale und sich in der Regel durchdringende Formen von Strukturen. Demzufolge stützt sich die Interpretation der Fundstellen auf den Luftbildplan. Von grundsätzlicher Bedeutung für die Interpretation ist die Farbe, die Form, die Größe und das Gefüge der Strukturen. Das wichtigste Merkmal ist dabei die Form, wobei sich die Klassifikation des Objekts nach der Größe richtet. Das Gefüge beschreibt das Arrangement der Strukturen und deren Elemente. Anhand der Merkmale läßt sich das Objekt ansprechen und in archäologische Termini übersetzen. Darüber hinaus macht ein Vergleich der Strukturen Unterschiede sichtbar, die eine bessere Beurteilung der Grabenwerke, Grabhügelfelder, Friedhöfe, Fluren erlauben. Des weiteren sind Überschneidungen und Arrangements von wesentlicher Bedeutung für die Beurteilung der Funktion und Zeitstellung der Strukturen. Dabei bilden die gemeinsame Ausrichtung und das rechtwinklige Netz wesentliche Kriterien, die bei der Analyse helfen. Periglaziale Spalten und Risse prägen sich über Kiesen und Schottern aus und mischen sich mit den vom Menschen geschaffenen Strukturen. Sie geben sich aber durch einen gebrochenen Verlauf der Risse zu erkennen. Demgegenüber führen Frostkeile über Löß und geologische Muster, etwa des Muschelkalks und des Sandsteins, weniger zu Verwechslungen.

Da Karten die Basis für das Verständnis der natürlichen und historischen Landschaft, der Verteilung von Fundstellen und deren Gefüge sowie für Stellungnahmen zu Bauvorhaben bilden, müssen die Fundstellen auf Karten übertragen werden. Da diese mehrheitlich unter nur einer Koordinate erfaßt sind, besteht die Kartierung aus Punkten. Das Luftbild erlaubt es nun zum einen, die Fundstellen in ihrer Ausdehnung auf die Karte zu übertragen und zum anderen, die Strukturen selbst kartographisch umzusetzen. Die erzeugten Pläne stellen zugleich eine Zusammenfassung aller bislang bekannten Informationen zu Fundstellen dar, die aus den Luftbildern stets erst wieder herausgelesen werden müßten. Die erforderliche Entzerrung ermöglichen spezielle Computerprogramme. Die Übertragung aller im Luftbild enthaltenen archäologischen Informationen auf Karten wird in England als eine wesentliche Grundlage für wissenschaftliche Studien als auch für die Erarbeitung von Stellungnahmen angesehen. Sie dienen laut J. Hampton

1. als Leitfaden für weitere Dokumentation,
2. als Basis für Stellungnahmen und
3. für die Präzisierung des Denkmalbestands.¹⁷

Dabei wird stets betont, daß die Karte nur den status quo der Prospektion dokumentiert bis weitere Informationen das Bild präzisieren. P. J. Fowler¹⁸ sieht in den Luftbildplänen in erster Linie ein wichtiges Mittel der Kommunikation zwischen dem Spezialisten und dem im Umgang mit Luftbildbefunden ungeübten Nutzer. Während für wissenschaftliche Belange detaillierte Pläne verfügbar sein müssen, reichen für Planfeststellungsverfahren grob umrissene Pläne aus, da es in erster Linie auf die räumliche Ausdehnung der Fundstellen ankommt.

Darüber hinaus werden die bekannten Fundstellen durch Luftbildbefunde ergänzt und in einen neuen Kontext gestellt.

Die Masse der durch die Flugprospektion entdeckten Fundstellen gibt zu erkennen, daß nur ein bescheidener Teil des Denkmalbestandes wissenschaftlich untersucht werden kann. Die Kenntnis der verbleibenden Fundstellen basiert demnach auf Begehungen und Luftbildern. Dies aber fordert deren wissenschaftliche Bearbeitung. Ein weiteres Moment resultiert aus der Tatsache, daß Luftbilder meist nur die horizontale Komponente einer Fundstelle zeigen, nicht aber die vertikale. Zwar lassen sich Überschneidungen mitunter zeitlich beurteilen, doch die Folge der Überlagerung deutet sich nur überaus selten an. Die Untersuchung der Luftbildbefunde zielt demnach auf die flächenhafte Komponente. Dabei läßt sich die Zeitstellung durch Begehungen und gezielten Sondagen ermitteln. Die flächenhafte Komponente impliziert aber eine Reihe von Strukturen, die sich über Grabungen nur in Ausnahmefällen feststellen lassen. Felder, Weiden, Wege, Straßen, Grenzsysteme bilden flächenhafte Komponenten einer Kulturlandschaft, die nur im Luftbild und erst sekundär durch gezielt eingesetzte Grabungen erfaßt werden können. Weder die auf eine Siedlung oder ein Gräberfeld ausgerichtete Grabung, so fein sie auch sein mag, noch die Begehung kann derartige Strukturen fassen. Das Luftbild bildet den Schlüssel hierfür. Dazu müssen die Strukturen aber erst auf die Karte übertragen werden.

Gegenüber den Schrägaufnahmen der Flugprospektion, die man als Spezialaufnahmen von archäologischen und historischen Fundstellen werten kann, haben Senkrechluftbilder eine nur untergeordnete Bedeutung. Sie wurden für andere Zwecke angefertigt. Dennoch können sie zur Entdeckung archäologischer und historischer Fundstellen beitragen. Im Rahmen einer Arbeitsbeschaffungsmaßnahme (ABM) werden derzeit die Luftbildaufnahmen des LVA gesichtet und von Bildern mit Fundstellen Abzüge angefertigt, die im LfA archiviert werden.¹⁹ Ausgangspunkt bilden zunächst die Color-Infra-Rot (CIR)-Aufnahmen, die im Auftrag des Landesumweltamtes angefertigt wurden, wobei eine Serie im LVA zur Ansicht zur Verfügung steht. Die Bilder wurden für die Biotoptypenkartierung angefertigt. Um die Unterschiede in der Vegetation unterscheidbar zu machen, wurde ein Infrarotfilm verwendet. Die Intention trifft sich insofern mit jener der Luftbildarchäologie, als sich für die Entdeckung der Fundstellen Bewuchsmerkmale am besten eignen. Das Archivsystem im LfA richtet sich grundsätzlich nach dem des LVA, das die Bilder nach der Nummer der Flugstrecke und der Bildposition archiviert. Dieses System wird in der Hinsicht aufgebrochen, daß die Bilder zusätzlich nach Kartenblättern gelagert werden, wobei auf jedes Kartenblatt mehrere Flugstrecken entfallen.

Das Luftbildarchiv steht den Archäologen des LfA, den ehrenamtlichen Beauftragten für archäologische Denkmalpflege und den Unteren Denkmalschutzbehörden zur Einsicht offen. Alle Interessenten werden vom zuständigen Archäologen eingewiesen und beraten. Die Luftbildarchäologie entwickelt sich mehr und mehr zur Schnittstelle unterschiedlicher Sachgebiete des LfA. Sie unterstützt geophysikalische Untersuchungen, die Landesaufnahme, die Bodendenkmalpflege bei den Gutachten zu Stellungnahmen in den Genehmigungsverfahren, bei den Sondagen und Grabungen und dient der Fortschreibung der Liste archäologischer Denkmale, wobei die Schnellerfassung und die Luftbildarchäologie derzeit von nur einer Person betreut werden.

Das Erkennen der Fundstellen hängt ganz wesentlich vom Wissen und den Erfahrungen des die Prospektion durchführenden Archäologen ab. Dieser muß sein Wissen durch Literatur und Tagungsteilnahmen bereichern und gleichzeitig seine Ergebnisse, sei es in Form von Aufsätzen oder Vorträgen, zur Diskussion stellen. Die Luftbildarchäologie muß auch in der Bibliothek ihren Niederschlag finden. Da es keine entwickelte deutsch-

sprachige Literatur zur Luftbildarchäologie gibt, muß englischsprachige Literatur ange- schafft werden. Doch erschöpft sich das für die Flugprospektion notwendige Wissen nicht nur auf Kenntnisse zur Methode der Luftbildarchäologie, es erfordert darüber hin- aus auch einen Überblick über alle Siedlungserscheinungen von der Jungsteinzeit bis in die Gegenwart hinein. Auf dem Erdboden zeichnen sich alle jemals vom Menschen ver- ursachten Strukturen ab - und dieser Prozess schreitet kontinuierlich fort. Weiterhin sind auch geologische und bodenkundliche Grundkenntnisse erforderlich, die unmittelbar in der Luft umgesetzt werden müssen, will man Fehleinschätzungen vermeiden. Die Lek- türé umfaßt somit luftbildarchäologische Literatur, ferner Literatur zur Vor- und Frühge- schichte, zum Mittelalter, zur Neuzeit, zur Landesgeschichte, Geographie, besonders zur historischen Siedlungsgeographie, zur Geologie, Quartärgeologie und Bodenkunde.

Personal

Der Personalbestand umfaßt im Jahr 1996 im LfA einen Wissenschaftler, der für die Prospektion mitsamt der Nachbereitung und Auswertung der Luftbilder sowie deren Entzerrung zuständig ist. Die Aufgabe einer Datentypistin für die digitale Erfassung der unmittelbar bei der Prospektion vorgenommenen Aufzeichnungen und Bilddaten im PC übernimmt derzeit eine Kraft aus dem Sachgebiet Schnellerfassung. Die Entwicklung der Filme und die Anfertigung von Kontaktbögen und SW-Abzügen wird vom Fotolabor des LfA vorgenommen, doch steht dem Sachgebiet Luftbildarchäologie hierfür eigens eine Fotolaborantin zur Verfügung, die über ABM befristet angestellt werden konnte und wesentlich zur Entlastung des Fotolabors beiträgt. Auch für die Überprüfung der aus der Luft entdeckten Fundstellen durch Begehungen vor Ort, die laut Stellenplan normaler- weise vom Dezernat Landesaufnahme der Abteilung Bodendenkmalpflege durchgeführt würden, das aber derzeit personell noch nicht ausgestattet ist, wurde dem Sachgebiet eine ABM-Kraft bewilligt.

Anmerkungen

- ¹ Crawford/Keiller 1928, S. 6 – Crawford 1938, S. 16 f.
- ² Crawford/Keiller 1928, S. 1 ff.
- ³ Dennecke 1974, S. 73
- ⁴ Dennecke 1974, S. 73
- ⁵ Riley 1987, S. 35
- ⁶ Riley 1987, S. 38 f. – Jones/Evans 1975, S. 7 f.
- ⁷ Riley 1987, S. 41
- ⁸ Das LfA mietet für die Luftbildprospektion eine Cessna 172 mit Pilot.
- ⁹ Riley 1987, S. 42
- ¹⁰ Dabei sei nur beiläufig darauf aufmerksam gemacht, daß bei Befliegen der Einflugschneise des Flughafens Leipzig/Halle ständiger Kontakt mit dem Flughafentower notwendig ist und daß in wiederholten Fällen Bekanntschaft mit Transall-Transportmaschinen, Phantom-Düsengäfern und Transporthubschraubern gemacht wurde.
- ¹¹ Ich danke dem Piloten, Herrn H. Thate, für die hervorragende Zusammenarbeit in der Luft und am Boden sowie für das Interesse, das er an der Luftbildarchäologie entwickelt hat.
- ¹² Riley 1987, S. 57 f.

- ¹³ Haigh 1993, S. 22 ff.
- ¹⁴ Haigh 1995, S. 149 ff. – Haigh 1996, S. 26 ff.
- ¹⁵ Fowler 1975, S. 155
- ¹⁶ Riley 1987, S. 95 ff.
- ¹⁷ Hampton 1975, S. 118 ff.
- ¹⁸ Fowler 1975, S. 154 ff.
- ¹⁹ Ich danke Frau G. Thate für ihren Einsatz bei der Durchsicht der Color-Infra-Rot-Bilder und ihr Interesse an der Luftbildarchäologie und dem Dezernat Photogrammetrie des Landesamtes für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt, insbesonders Herrn Dipl.-Ing. M. Beer und Frau I. Hirche sowie Herrn D. Sigismund für das Entgegenkommen, das sie dem LfA mit der Erlaubnis zur Einsicht, Bereitstellung und seit 1996 auch mit der Entwicklung der CIR-Bilder sowie mit der Bereitstellung eines Arbeitsplatzes für Frau Thate geschenkt haben.

Literaturverzeichnis

- Crawford, O. G. S. 1938
Luftbildaufnahmen von archäologischen Bodendenkmälern in England - Luftbild und Vorgeschichte - Luftbild und Luftbildvermessung 16, Berlin, S. 9-18
- Crawford, O. G. S./Keiller, A. 1928
Wessex from the Air - Oxford
- Denecke, D. 1974
Die Rekonstruktion wüster Orts- und Hausgrundrisse mit Hilfe des Luftbildes. Methodische Untersuchungen am Beispiel der spätmittelalterlichen Wüstung Moseborn (Gem. Holzerode, Kr. Göttingen) - Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 43, Hildesheim, S. 69-84
- Fowler, P. J. 1975
The Distant View - Aerial Reconnaissance for Archaeology - CBA Research Report 12, London, S. 154-158
- Haigh, J. G. B. 1993
A New Issue of AERIAL - Version 4.20 - AARGnews 7, Cambridge, S. 22-25
- Haigh, J. G. B. 1995
The Current Development of the AERIAL Program - Luftbildarchäologie in Ost- und Mitteleuropa - Aerial Archaeology in Eastern and Central Europe - Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 3, Potsdam, S. 149-154
- Haigh, J. G. B. 1996
Another Member of the AERIAL Software Family - AARGnews 12, Cambridge, S. 26-33
- Hampton, J. 1975
The Organization of Aerial Photography in Britain - Aerial Reconnaissance for Archaeology - CBA Research Report 12, London, S. 118-125
- Jones, R. J. A./Evans, R. 1975
Soil and Crop Marks in the Recognition of Archaeological Sites by Air Photography - CBA Research Report 12, London, S. 1-10
- Riley, D. N. 1987
Air Photography and Archaeology - Oxford

Anschrift

Dr. phil. Ralf Schwarz, Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt - Landesmuseum für Vorgeschichte, Richard-Wagner-Str. 9-10, D - 06114 Halle (Saale)

Manuskriptabgabe: 14.05.1996