

26.3 Archäologische Flugprospektion

Die Flugprospektion gilt als kostengünstigste und effektivste Methode zum weiträumigen Aufspüren archäologischer Denkmäler im freien Gelände. Sie überwindet in kurzer Zeit große Entfernungen und kann bei Bedarf schnell jeden Ort in der Region erreichen. Bei günstigen Bedingungen bringt sie im Gegensatz zu anderen Methoden archäologische und historische Landschaften wie bei Herzberg/Elster in Brandenburg auf einen Blick und im Bruchteil einer Sekunde in unsere Zeit zurück (Abb. 1 und 2). Zur Verdichtung ihrer Ergebnisse verbindet sie sich mit geophysikalischer Prospektion, Sondierung und Geländebegehung zu einem wirksamen Werkzeug archäologischer Forschung und der Bodendenkmalpflege. Für die Vorbereitung von Ausgrabungen liefert diese Methode Lageinformationen und erste Aussagen zum Charakter der Fundstellen; im Idealfall führt sie den Ausgräber mit einem aus entzerrten Schrägaufnahmen erstellten Plan an den Platz seiner Arbeit (Abb. 11 und 12). Auch bei der Grabungsdokumentation kann sie Unterstützung leisten (Abb. 3).

Grundlage der Flugprospektion bilden die Suche nach archäologisch-historischen Spuren und deren fotografische Dokumentation. Dazu spüren geübte Personen ganzjährig aus der Luft unterschiedliche Merkmale am Boden auf.



Abb. 1



Abb. 2 Übersichtsaufnahme einer Flur in Herzberg/Elster, Brandenburg. In der thematischen Umzeichnung (Abb. 1) erscheinen bei (1) vier durch schmale Stege unterbrochene Kreisgräben, die ein verebnetes bronzezeitliches Grabhügelfeld markieren, als positive Bewuchsmerkmale. Der noch unklare Befund (2) repräsentiert möglicherweise einen größeren Grabhügel. Ein aufgelassener Weg wird durch (3) markiert. Die wieder aufgelassene neuzeitliche Flurgrenze ist als gerade Linie (4) noch schwach unter den dominierenden Zügen der Streifenäcker zu erkennen.

Thematische Umzeichnungen von Schrägaufnahmen werden zur Verdeutlichung von Befunden in Publikationen und Ausstellungen verwendet. Sie ersetzen jedoch keine maßstabsgerechten Pläne von entzerrten Luftbildern.



3 Planum eines grabenumwehrten prähistorischen Gehöfts bei Heilbronn, Baden-Württemberg. Für die Grabungsdokumentation aus der Luft eignet sich besonders der hoch auflösende Schwarzweißfilm vom Typ Kodak Technical Pan 2415 (400 l/mm), der sich nahezu unbegrenzt vergrößern lässt. In der Grabungsfläche ist ein Messnetz mit weißen Punkten markiert, das die Einpassung des Luftbildes in den Grabungsplan mittels CAD ermöglicht.

26.3.1 Schattenmerkmale

Auch geringste Unebenheiten im Bodenrelief sind im klaren Schräglicht dort sichtbar, wo die einfallenden Sonnenstrahlen noch Schatten werfen oder von ihnen mehr zugeneigten Flächen stärker als vom Umfeld reflektiert werden. Glatte Oberflächen ohne störende Textur, z. B. kurzes Gras oder eine geschlossene Schneedecke, ermöglichen die Prägung besonders scharfer Grenzen zwischen Licht und Schatten und verbessern die Erkennbarkeit auch schwächster Spuren (Abb. 4). Beim Aufspüren und Fotografieren dieser Merkmale spielen Aufnahmerichtung und -winkel eine besonders wichtige Rolle. Oft lassen sich Einzelheiten am besten im Gegenlicht ausmachen. Gräben und Wälle, die in unterschiedlichen Richtungen verlaufen, auch Spuren an Berghängen, verlangen in der Regel mehrere Anflüge und Aufnahmen zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten, damit für die Erkennbarkeit einzelner Abschnitte die jeweils beste Beleuchtung genutzt werden kann.

26.3.2 Bodenmerkmale

Längst eingeebnete Grabenwerke, Grabhügel und Gruben, auch abgegangene Steingebäude, können auf Äckern ihre Lage noch lange als Bodenmerkmale durch auffällige Farbflecken verraten, die von den Resten einst ausgehobener oder von anderswo herangeschaffter Erde, von dunklen ausgepflügten Humuseinfüllungen oder hellen Steinfundamenten stammen. Die Farbunterschiede zum umgebenden einfarbigen Ackerboden werden besonders deutlich, wenn die Denkmäler erstmals unter den modernen Pflug geraten oder wenn dieser besonders tief eingestellt ist und aus unteren Schichten fremdfarbiges Material an die Oberfläche befördert (Abb. 5). Die Spuren erscheinen bei jedem Pflügen wieder, werden aber auf ebenem Acker im Lauf der Jahre immer schwächer, bis sich durch wiederholte Feldbestellungen die Farben völlig vermischt haben. Erst ein erneutes Tiefpflügen lässt dann auch hier die Spuren wieder erscheinen. Auf Äckern mit lebhaftem Relief,



4 Verschnittenes Grabhügelfeld bei Bitz, Baden-Württemberg. Grabhügel mit unterschiedlichem Erhaltungsstatus werden durch Schräglicht als Schattenmerkmale aus der glatten Schneedecke herausmodelliert. Den bunten Ballon führte der Zufall ins Bild.

wo die Bodenerosion kontinuierlich, oft durch eingeebnete Feldraine und durch Tiefpflügen zusätzlich begünstigt, die Ackerkrume fortschwemmt, verschwinden die Spuren erst dann, wenn der Boden endlich bis zu den tiefsten Wurzeln der Denkmäler abgetragen ist. Diese schleichende Zerstörung archäologischer Quellen ist überall auf regelmäßig bestellten Äckern zu beobachten. Die meisten dunklen Merkmale von Einfüllungen zeigen sich auf Löss-, Kalk- und Schotterböden, deren untere Schichten aus hellem Material bestehen. Ausgepflügte Gebäudereste, Steinpackungen von Grabhügeln, Stra-

ßenschotter sowie Reste von Wällen und Dämmen dagegen kommen kontrastreich auf dunklem Erdreich zur Geltung. In frisch gepflügten, feuchten Äckern sind die Bodenmerkmale in der Regel am besten zu beobachten. Mit jeder nachfolgenden maschinellen Bearbeitung der Oberfläche, die im Frühjahr auch das Abtrocknen beschleunigt, verlieren sich jedoch die Farbunterschiede rasch wieder und meist verschwinden sie völlig, nachdem die Äcker geeggt und eingesät sind.

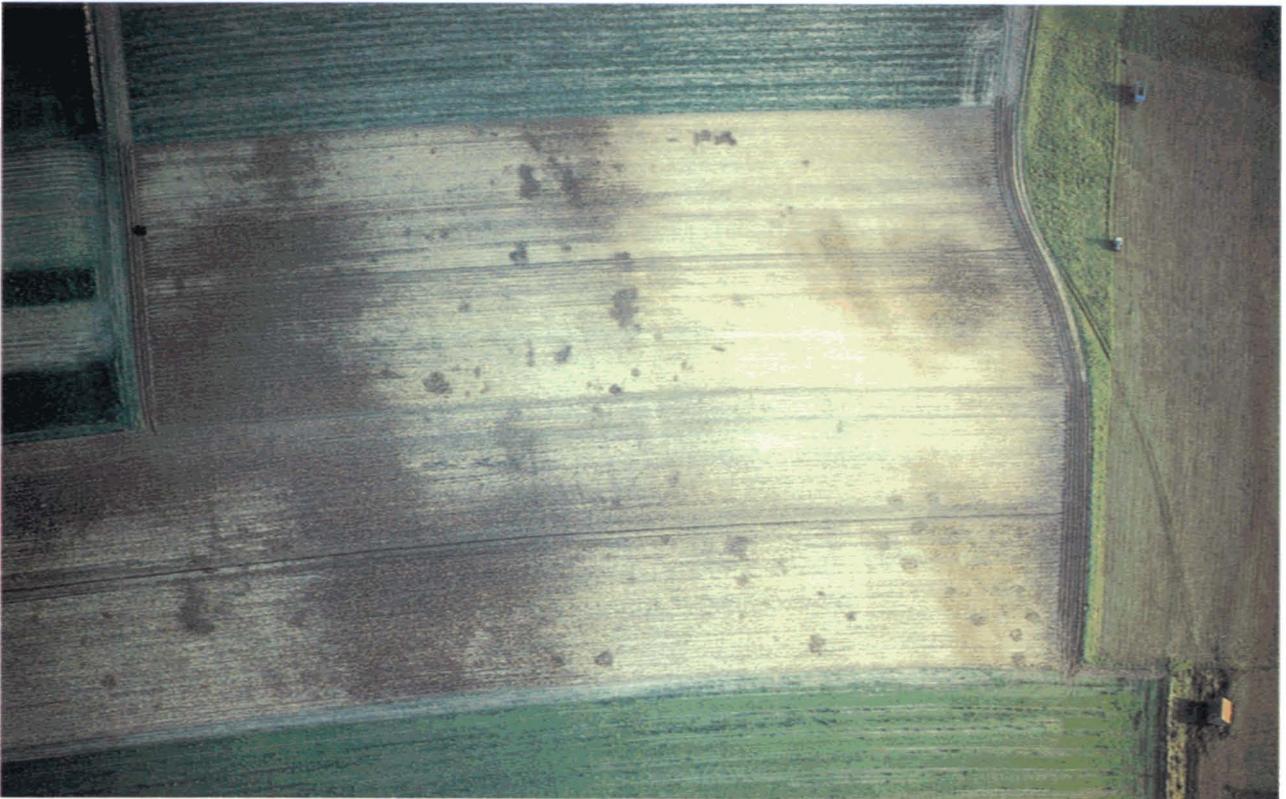
Ideale Beobachtungsbedingungen herrschen unter einem hohen milchigen Schirm von Eiswolken (Cirrus), der weiches, helles Streulicht schafft, das von allen Anflugseiten gleich gute Sicht auf die Fundplätze erlaubt. Begünstigt wird die Erkennbarkeit der Farbunterschiede durch großflächige Bodennässe nach Regenperioden und nach der Schneeschmelze.

Zahlenmäßig rangieren Bodenmerkmale hinter den Bewuchsmerkmalen, deren Auflösegenauigkeit sie meist nicht erreichen. In Deutschland lassen sich kleinräumig auf homogenen Lössböden humose Grubenfüllungen anhand ihrer Farbe grob datieren. So weisen hier Gruben und Gräben aus dem Neolithikum häufig eine tiefe blauschwarze Farbe auf, benachbarte Einfüllungen aus späteren Epochen erscheinen dagegen meist in hellerem Grau.

26.3.3 Bewuchsmerkmale

Unter der Ackeroberfläche verborgene Eintiefungen und Mauerzüge beeinflussen das Wachstum der großflächig und dicht angebauten Feldfrüchte und können so im engen Raster des Pflanzenteppichs nach Farbe und Höhe auffällige Muster prägen. Ursache dafür ist eine Veränderung des Feuchte- und Nährstoffhaushalts im sonst gleichmäßigen Erdreich durch die Einfüllung oder Einschwemmung von besonders feinporigem Fremd- und Oberflächenmaterial, das vor allem mehr Feuchte speichern kann, als der umgebende gröbere Boden.

Aber auch die mechanische Lockerung von besonders festen Schichten, etwa durch das Ausheben eines Grabens in Schotterbänken, kann das spätere Wurzelwachstum fördern und so die oberirdische Gestalt der dort angesiedelten Pflanze kräftigen. Im umgekehrten Fall, wenn die Wurzeln bereits in geringer Tiefe auf einen massiven, undurchdringbaren Mauerzug stoßen, bleibt auch der oberirdische Teil der Pflanze deutlich im Wachstum zurück. Während vom Menschen verursachte Störungen im gewachsenen Boden nur als Bodenmerkmale sichtbar werden, wenn ihre andersfarbigen Einfüllungen unmittelbar an die heutige Oberfläche geraten, sind sie als Bewuchsmerkmale, durch das tieferreichende, sensible Wurzelwerk „erspürt“, im Allgemeinen häufiger, unter günstigen Bedingungen sogar regelmäßig auszumachen. Bewuchsmerkmale, die sich am deutlich-



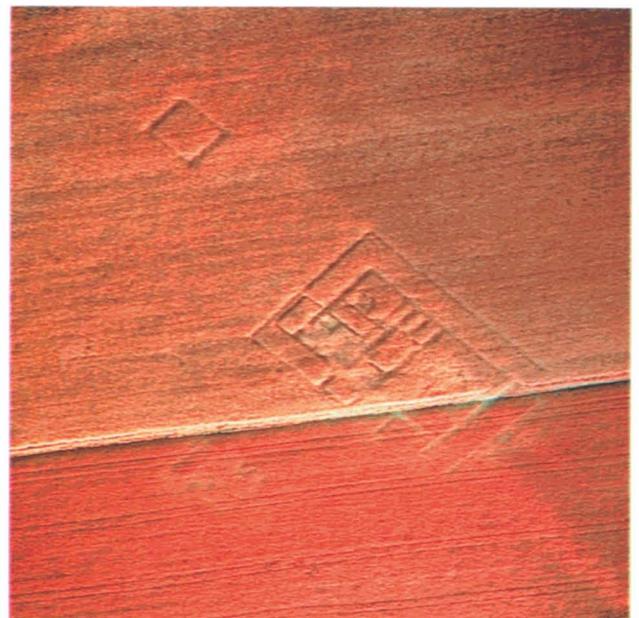
5 Bodenmerkmale im herbstlichen Lössacker bei Bonsal, Oberbayern. Agressives Tiefpflügen lässt einen Teppich aus dunklen Siedlungsgruben und letzte Reste der Humusdecke auf dem hellen Löss kontrastreich hervortreten.

ten im Getreide ausbilden, liefern deshalb in Gebieten mit intensivem Ackerbau wie in Mitteleuropa am meisten Hinweise auf unterirdische archäologische Quellen.

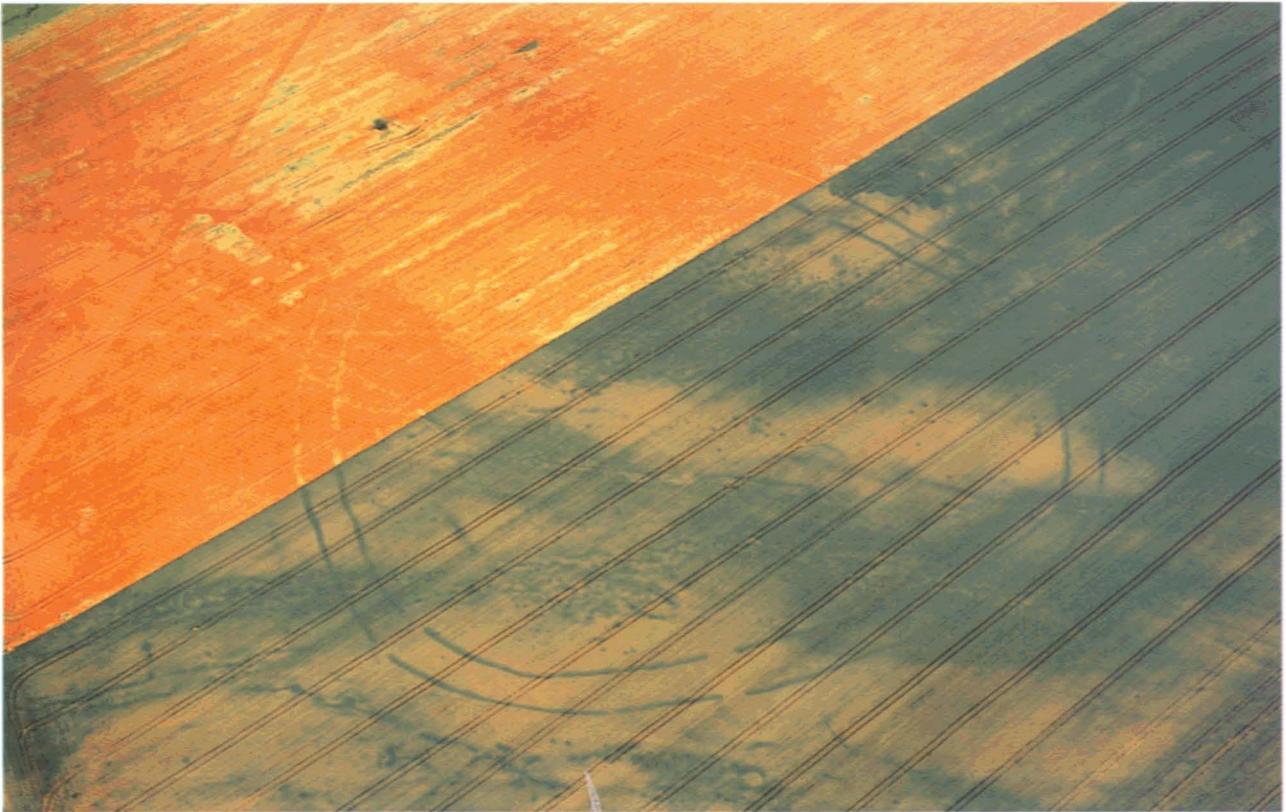
Negative Bewuchsmerkmale

Negative Bewuchsmerkmale werden bei entsprechend starkem Feuchtemangel abhängig von der örtlichen Bodenart überall sichtbar, wo feste unterirdische Hindernisse das Wurzelwachstum schon früh bremsen und ihm den Zugang zu tieferer Bodenfeuchte verwehren. So können verborgene Grundmauern und feste Fußböden eines römischen Gutshofes, aber auch der zementierte Waschküchenfußboden einer abgebrochenen neuzeitlichen Kante über die Pflanze von ihrem Dasein Kunde geben. Auch die festgefahrene Schotterdecke einer römischen Straße, die längst von lockerem Erdreich bedeckt ist, wird so noch einmal sichtbar. Auch wenn nach anfänglicher Trockenheit der Regen später wie aus Kübeln fließt, bleiben die einmal nachhaltig im Wuchs behinderten Pflanzen in Größe und Farbe unverändert kümmerlich und fahl (Abb. 6). Das zeitliche Einsetzen der Merkmale im Wachstumsverlauf und ihre Intensität werden im Wesentlichen von der Tiefenlage der Störung bestimmt. Homogene, feinporige Humusdeckschichten von mehr als 60 cm Mächtigkeit, wie sie z. B. als Eschböden in Nordwestdeutschland oder als Lössdecken vorkommen, lassen meist keine Bewuchsunterschiede entstehen und „versiegeln“ so den Boden. Allerdings gibt es immer wieder Aus-

nahmen und die Entstehung der Bewuchsmerkmale ist trotz ihrer großen Bedeutung in Einzelheiten noch wenig erforscht. Deshalb sind Beobachtungen und Aufzeich-



6 Römischer Gutshof, Sittling, Niederbayern. Durch Schatten eines späten Lichtes verstärkt, markieren negative Bewuchsmerkmale im Getreide römische Gebäudegrundrisse. Der verwendete kontrastreiche Infrarotfarbfilm Ektachrome EIR eignet sich besonders für die Wiedergabe von Schattenmerkmalen und Bodenfeuchte.



7 Neolithisches Grabenwerk, Zitschen, Sachsen. Rechts unten im Weizenfeld beschreibt ein Doppelgraben mit Erdbrücken als dunkles, positives Bewuchsmerkmal den Umriss der Anlage. In der vollreifen Gerste links oben wechselt das Merkmal als gelegentliches Phänomen zu einem hellen Farbton.



8 Grabenwerk der vorrömischen Eisenzeit, Zehbitz, Sachsen-Anhalt. Der einfache Graben dieser großen Anlage ist ein typisches Beispiel für positive Bewuchsmerkmale.

nungen der Bodenverhältnisse bei Ausgrabungen in Landwirtschaftsflächen, besonders wenn es sich um Objekte handelt, die durch Bewuchsmerkmale entdeckt wurden, für die Weiterentwicklung der Methode von großer Wichtigkeit.

Positive Bewuchsmerkmale

Für das Auftreten der positiven Merkmale, die sich durch verstärktes Höhenwachstum und größere Blattflächen, und damit verbunden durch ein frühes dunkleres Grün hervortun, sind die Voraussetzungen offenbar verwickelter (Abb. 7 und 8). Sie stellen sich bevorzugt über flachgründigen Böden ein, die bis über 60 cm mächtig sind und deren Untergrund keine Staunässe bildet. Neben der unterschiedlichen Reaktion der einzelnen Pflanzenarten wird die Ausbildung der Merkmale vor allem durch die Tiefe der homogenen Humusschicht sowie durch Form und Tiefe der Störung im darunter liegenden Boden bestimmt. Wo die Störungen in den gewachsenen Boden hineinreichen, kommt es durch die Einfüllung von Oberflächen- und Fremdmaterial in tiefere Schichten auf engem Raum zu erheblichen Unterschieden der physikalischen Bodeneigenschaften, die vor allem das Speichervermögen für Feuchtigkeit und den Widerstand für das Wurzelwachstum beeinflussen. Wichtiger als das Speichervermögen des jeweiligen Bodens ist jedoch die aktuelle Verfügbarkeit von Wasser für das Wurzelwerk der Pflanze während der meist kurzen und kritischen Wachstumsphase. So hat Getreide knapp vor der Ährenschiebe den höchsten Wasserbedarf. Während durchfeuchteter Sand auf Grund höherer Korngrößen eine geringere Oberflächenspannung entwickelt und das Wasser deshalb rasch abgibt, wird es im feinporigen Lehm und Löss zäh festgehalten. Sandige Böden begünstigen deshalb schnelles anfängliches Wachstum, dem rasch ein kritisches Welke stadium folgen kann, falls das Wurzelwerk nicht rechtzeitig neues Wasser erhält. Der Löss- oder Lehmboden indes gibt bei einsetzendem Feuchtedefizit das gespeicherte Nass nur mit zunehmendem Widerstand an die Wurzeln ab. Deshalb ist dort der Wachstumsfortschritt langsamer, aber auch Mangelercheinungen treten entsprechend später auf. So erklärt es sich, dass in Sand- und Schotterböden die Bewuchsmerkmale früh und plötzlich auftreten, während sie in tiefgründigem Lehm oder Löss nur während längerer Trockenperioden und auch dann nur zögernd oder überhaupt nicht erscheinen.

Unterschiedliche Eignung der Feldpflanzen

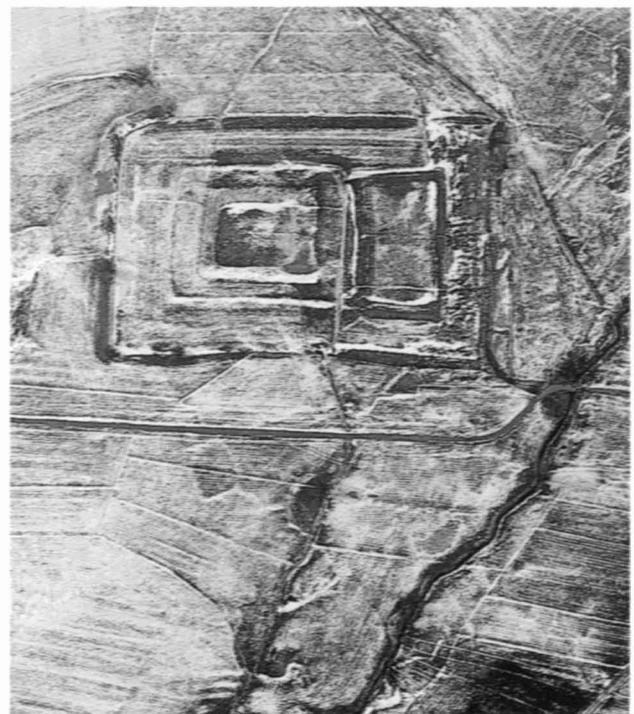
Die einzelnen Teile der Getreidepflanze werden durch den Feuchtestress unterschiedlich betroffen – zuerst reagieren das Blattwerk, dann der Stamm mit der Frucht, schließlich die Wurzeln mit reduziertem Wuchs und end-

lich mit Welkeerscheinungen. Wird rechtzeitig Wasser zugeführt, so verläuft der Erholungsprozess umgekehrt. Gerste als Getreide mit dem größten Blattindex bringt entsprechend die klarsten und frühesten Merkmale hervor. Ihr folgen in abgestufter Empfindlichkeit Hafer, Weizen und Roggen. Mais und Sonnenblumen reagieren recht unempfindlich, nur auf schon bekannten Fundstellen mit Grabenwerken oder Kreisgräben kommt es im Spätsommer gelegentlich zur Ausbildung von deutlichen Wuchsanomalien. Unter den Hackfrüchten ist die Zuckerrübe ein recht verlässlicher Indikator, allerdings fallen die Konturen auf Grund ihrer Blattgröße und der weiten Pflanzabstände größer aus. Kartoffeln sind sehr schlechte Medien. Deutlicher reagieren Erbsen, Klee und Luzerne, Gras zeigt nur in ausgesprochen trockenen Lagen während Dürreperioden Spuren, erholt sich aber außergewöhnlich schnell nach einem kurzen Regenguss.

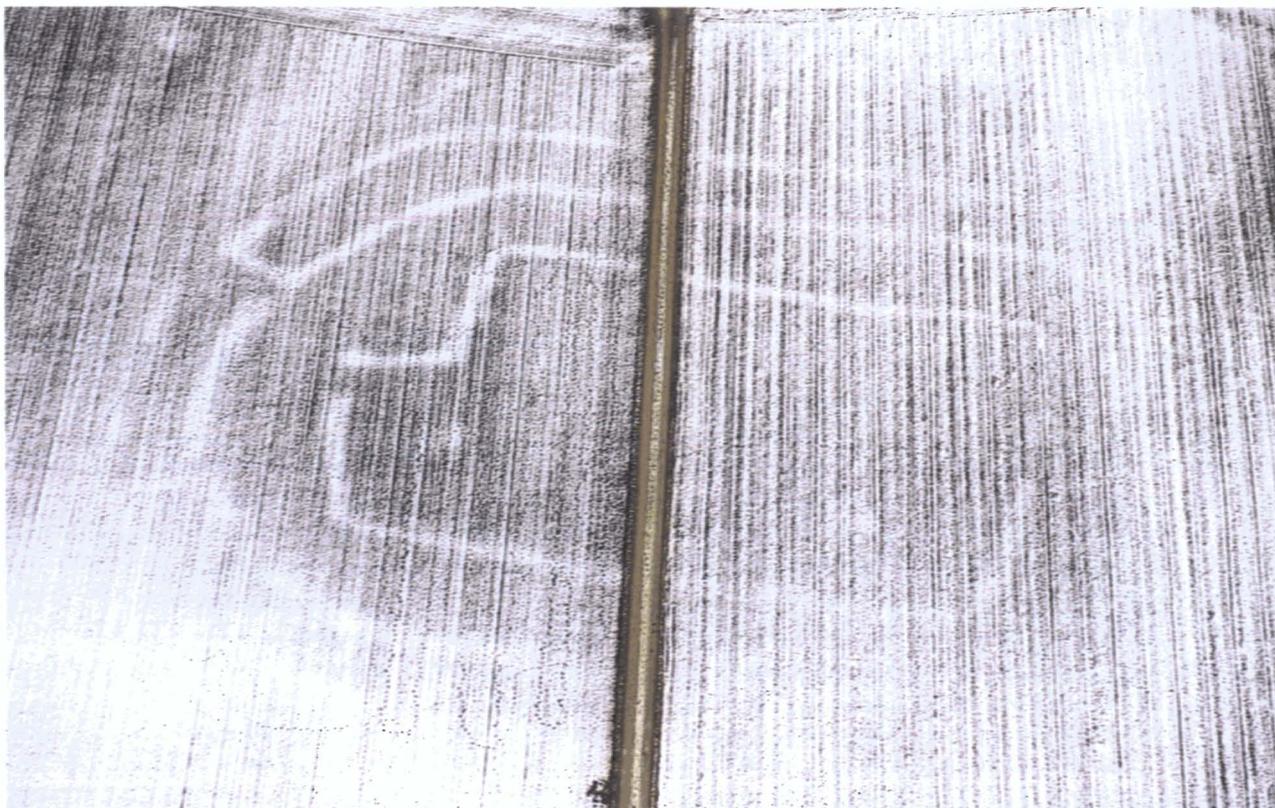
Durch die Zeit des Getreidewachstums bedingt, ist die Mehrzahl der Bewuchsmerkmale in Deutschland ab Mitte Mai bis Ende Juli anzutreffen. Aber auch in Winter- und in der Zwischenfrucht werden von März bis Dezember vereinzelt Spuren während Wärmephasen sichtbar.

Schnee- und Reifmerkmale

Wird im freien Gelände der erste Schnee von einem stetigen, kräftigen Wind verfrachtet, so lagert er sich in Luv und Lee von Erhebungen und Vertiefungen ab und mar-



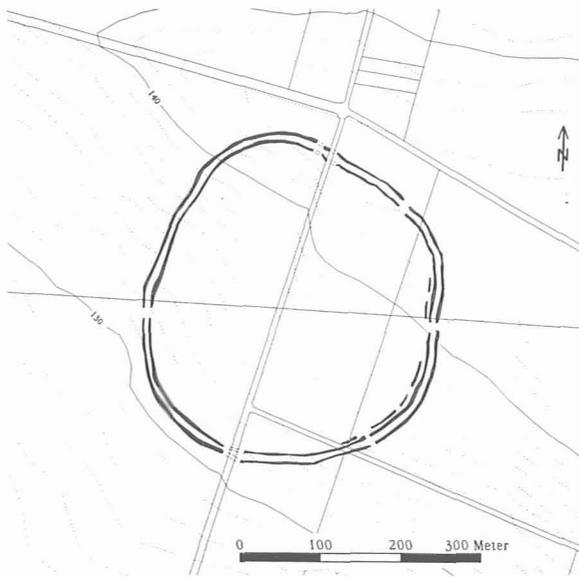
9 Burganlage im Schnee, Crailsheim, Baden-Württemberg. Von Wind und Sonne geprägte Schneemerkmale lassen die obertägigen Reste der Wasserburg „Flügelau“ plastisch hervortreten.



10 Neolithisches Grabenwerk, Altheim, Niederbayern. Temperaturunterschiede im Boden zaubern für wenige Stunden ein „Röntgenbild“ in die dünne Dezemberschneedecke.
(Otto Braasch, Landshut)



11 Neolithisches Grabenwerk, Wittmar, Niedersachsen. Abwechselnd hell und dunkel markieren positive Bewuchsmerkmale die Gräben der großen Befestigung.
(Otto Braasch, Landshut)



12 Plan des Grabenwerks von Wittmar. Der von entzerrten Luftbildern erstellte Plan erleichtert die Grabungsvorbereitung und ermöglicht den Größen- und Formvergleich mit ähnlichen Denkmälern.

kiert so eigenwillig und oft grafisch reizvoll das Geländeerelief. Ein ähnliches Bild erzeugen Sonnenstrahlen bei Tauwetter, wenn sie eine dünne Schneedecke oder Raureif auf ihnen zugewandten leicht ansteigenden Flächen abschmelzen lassen, beiden aber im Schatten von Wällen, Grabhügeln oder in Senken noch nichts anhaben können (Abb. 9). Aber auch geringe Unterschiede in den physikalischen Bodeneigenschaften, die bei Bewuchsmerkmalen eine große Rolle spielen, können bei steigendem Sonnenstand unter Schnee und Raureif Wärmeaufnahme und Abstrahlung verändern und zu differenziertem Abtauen führen. Solche Merkmale begegnen uns auch, wenn die im feuchteren Material einer feinporigen Einfüllung stärker gespeicherte Wärme, etwa im Spätherbst, den ersten Schnee oder Raureif über verfüllten unterirdischen Gräben als negatives Merkmal schneller abtauen lässt als über benachbartem, in der Tiefe ungestörtem Boden.

Der umgekehrte Fall tritt ein, wenn die höhere Wärmerückstrahlung eines dicht unter der Erdoberfläche verborgenen Mauerzuges zu einer stärkeren Auskühlung der bedeckenden Bodenschicht führt oder die höhere Bodenfeuchte in einer Grabenverfüllung nach längerem tiefgreifenden Frost vereist ist und im Tauwetter den Schnee zäh und länger festhält (Abb. 10). Mit Ausnahme der durch den Wind geformten Merkmale sind die übrigen Wintermerkmale, besonders aber die Raureispuren, sehr kurzlebig.

Otto Braasch
Matthias-Hoesl-Straße 6
84034 Landshut

Literatur

- Helmut Becker, Otto Braasch, Luftbildpläne neolithischer Langhäuser bei Harting, Stadt Regensburg, Oberpfalz. *Das Archäologische Jahr Bayern* 1985 (1986).
- Helmut Becker, Kombination von Luftbild mit Geophysik in digitaler Bildverarbeitung. In: *Archäologische Prospektion, Luftbildarchäologie und Geophysik. Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege* 18, 1996.
- Otto Braasch, Luftbildarchäologie in Süddeutschland. Spuren aus römischer Zeit. *Schriften des Limesmuseums Aalen* 30, 1983.
- Otto Braasch, Luftbildarchäologie, ein Wintermärchen? u. An Speltach, Vils und Donau – Bilder und Bemerkungen zur Luftbildarchäologie. In: *Archäologische Prospektion, Luftbildarchäologie und Geophysik. Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege* 18, 1996.
- Rainer Christlein, Otto Braasch, *Das unterirdische Bayern*, Stuttgart 1982.
- Winfried Gerstner, Entzerrung archäologischer Schrägluftbilder mit Hilfe von Senkrechtluftbild und Karte. In: *Luftbildarchäologie in Ost- und Mitteleuropa – Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg, Potsdam* 1995.
- Günter Hell, Otto Teschauer, Erfahrungen mit digitaler Luftbildauswertung für die Praxis der Denkmalpflege. In: *Denkmalpflege in Baden-Württemberg*, 3 1997.
- Fritz-Rudolf Herrmann, *Archäologische Denkmalpflege und Flugprospektion in Hessen. In: Zeitspuren – Luftbildarchäologie in Hessen, Wiesbaden* 1993.
- Philipp Ille, *Methoden der Luftbildarchäologie u. Beispiele und Ergebnisse der Luftbildarchäologie in Hessen. In: Zeitspuren – Luftbildarchäologie in Hessen, Wiesbaden* 1993.
- Johann-Sebastian Kühnborn, *Archäologische Luftbildprospektion in Westfalen. In: Archäologie aus der Luft – Sechs Jahre Luftbildarchäologie in Westfalen, Münster* 1989.
- Klaus Leidorf, *Luftbildarchäologie – Geschichte und Methoden. In: Archäologische Prospektion, Luftbildarchäologie und Geophysik. Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege* 18, 1996.
- Dieter Planck, Otto Braasch, Judith Oexle, Helmut Schlichtherle, *Unterirdisches Baden-Württemberg*, Stuttgart 1994.
- Ralf Schwarz, G. Bode, R. Mischker, *Texte zum Begleitband der Sonderausstellung „Spurensuche aus der Luft – Luftbildarchäologie in Sachsen-Anhalt“*, 1997.
- Irwin Scollar, *Archäologie aus der Luft. Arbeitsergebnisse der Flugjahre 1960 und 1961 im Rheinland. Schriften des Rheinischen Landesmuseums Bonn, Düsseldorf* 1965.
- Helmut Windl, *Fenster zur Urzeit, Luftbildarchäologie in Niederösterreich. Katalog des Niederösterreichischen Landesmuseums, Neue Folge* 117, 1982.
- Ralf Zantopp, *Methode und Möglichkeiten der Luftbildarchäologie im Rheinland. In: Luftbildarchäologie in Ost- und Mitteleuropa – Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg, Potsdam* 1995.