

26.1 Feldbegehungen zu Fundkartierungen und Feinkartierung von Fundstreuungen

Seit Beginn der Feldarchäologie werden durch Feldbegehungen in großem Umfang neue Fundstellen entdeckt, bekannte in ihrer Zeitstellung, Ausdehnung, vielleicht auch inneren Struktur ohne technische Hilfsmittel erkundet.

Besonders eignen sich hierfür frisch gepflügte Äcker, nachdem der Schnee abgetaut ist. Bei bedecktem Himmel und feuchtem Boden sind angepflügte archäologische Strukturen, etwa dunkle Gruben und Gräben, oder aber freigewaschene Funde, Knochen bzw. Steinschutt am besten zu erkennen. Schwieriger wird es in Wiesen- oder gar im Wald, wo man oft auf den Maulwurf, den „Freund des Archäologen“ angewiesen ist, der mit ausgewählter Erde auch kleinere Funde an die Oberfläche bringt. Im Wald können Baumwürfe ergiebig sein, doch ist eine solche Prospektion Unwägbarkeiten unterworfen, die eine systematische Erforschung des Geländes unmöglich machen. So sind große Wald- oder Weidegebiete meist vermeintlich fundleer und nur der erfahrene Geländeforscher wird hier Abhilfe schaffen.

Im Ackerland spielen erosionsbedingte Änderungen nach Auflassung einer archäologischen Stelle eine große Rolle. Fundstellen können durch Kolluvium überdeckt, andere schon weitgehend abgetragen sein; auch innerhalb eines größeren Fundareals können solche Veränderungen eine Rolle spielen und ein falsches Fundbild vorspiegeln. Der bodenkundige Prospektor kann sich hier mit dem Pürkhammer behelfen. Die Verwitterung von Funden, besonders weicher Keramik, kann ein Trugbild liefern, neuzeitliche Erdablagerungen in den Feldern ergeben sekundäre Fundstellen. Sie können nur vom erfahrenen Feldarchäologen an Hand ortsfremder Bodenarten oder mittelalterlich-neuzeitlicher Fundstreuungen erkannt werden. Sehr unterschiedlich sind die Auffindungsmöglichkeiten bezüglich der verschiedenen Kulturen. Diejenigen mit unzerstörbaren Funden wie Silexmaterial oder römischem Steinschutt sind leicht zu finden, andere, die keine Bodeneingriffe in ihren Siedlungen hatten, verbergen sich. Die durch Feldbegehungen erarbeiteten Fundkarten ergeben deshalb in der Regel ein ungenaues Bild. Bei großflächigen

Ausgrabungen in vorher gut prospektierten Arealen trifft man immer wieder unerwartete oder neuartige Fundstellen an, die ohne Ausgrabung nicht zu identifizieren gewesen wären. Großen theoretischen Überlegungen zur Systematik von Feldbegehungen muss man deshalb skeptisch gegenüberstehen.

Trotzdem sind sie ein unverzichtbares Instrument der Denkmalpflege. Die systematische Überwachung eines Gebietes kann nur am Boden erfolgen. Sie sollte so gründlich wie möglich sein. Voraussetzung ist eine möglichst genaue Dokumentation der beobachteten Befunde und Funde, also vor allem die Einmessung. Sie richtet sich nach den vorhandenen Mitteln sowie dem zu dokumentierenden Objekt. Ideal wäre eine genaue Einzelmessung jedes Fundes auf die Flur- oder Grundkarte an Hand eines mit Kreuzscheibe oder Winkelspiegel erstellten Messrasters. Hierzu sind jedoch zwei Mitarbeiter nötig. Eine Einzelperson wird sich in der Regel mit dem groben Einschreiten von Funden begnügen. Dazu schreitet man von einer markierten Grundlinie aus die einzelnen festzuhaltenden Punkte im rechten Winkel in ihrer Entfernung ein oder misst sie mit einem Maßband ein. Das Vorgehen hängt sehr von den örtlichen Gegebenheiten ab und kann hier nicht in allen Varianten beschrieben werden. In großen Arealen behilft man sich mit einer Triangulation mittels Bussole (siehe Kapitel Vermessung). Wichtig ist, dass die gewählte Grundlinie auf der Karte nachvollziehbar ist, dass also nicht Bäume, Masten, Feldscheuern oder Ähnliches verwendet werden, sondern Grenzsteine, feste Feldgrenzen oder feste Gebäude. Sehr wichtige Einzelfundstellen, etwa angepflügte Gräber markiert man sinnvollerweise am Boden und registriert sie so bald als möglich mit besseren Messgeräten.

Das systematische Absuchen von Fundarealen kann so Ergebnisse liefern, die in die Siedlungsforschung Eingang finden werden.

Dr. Jörg Biel
Landesdenkmalamt Baden-Württemberg
Silberburgstraße 193
70178 Stuttgart

26.2 Bohrungen und Sondagen

Definition und Zweck

Bohrungen und Sondagen werden eingesetzt, um im Rahmen von Voruntersuchungen oder Erkundungen Informationen zum Untergrund und dessen Schichtaufbau zu erhalten. Bohrungen, die gewöhnlich preiswert, rasch und mit relativ geringem Aufwand durchgeführt werden können, geben allerdings nur einen punktuellen, minimalen Einblick. Sondagen (Schürfgruben) erschließen dagegen größere Flächen, und es sind dort die kleinen Wandprofile besser in einzelne Horizonte zu gliedern. Durch Bohrungen und Sondagen erfasste charakteristische Horizonte sind im Gelände zuweilen auch über große Distanzen verfolgbar. Grenzt das Untersuchungsgebiet dicht an bestehende Bebauung, empfiehlt es sich, vor der Durchführung von Bohrungen und Sondagen die entsprechenden Leitungspläne von Post, Elektrizitätsversorgern etc. einzusehen, um „Überraschungen“ und mögliche Schäden zu vermeiden.

26.2.1 Bohrungen

26.2.1.1 Typische Anwendungsgebiete

- Überprüfung der vermuteten Lage von Bodendenkmalen und Klärung ihrer stratigraphischen Position;
- Erfassung der flächenhaften Ausdehnung von Siedlungs- bzw. Kulturschichten;
- Erhalt eines raschen und kostengünstigen Überblicks über archäologisch relevante/nicht relevante Flächen (z. B. in Zusammenhang mit Baugebieterschließungen);
- Aufschluss besonders tief liegender und damit nur schwer oder gar nicht ausgrabbarer Schichten.

Abhängig von der Art des zu durchbohrenden Materials und der Tiefe ist das Bohrverfahren zu wählen.

Bei einem Handbohrgerät wird die Nutstange, die den eigentlichen Bohrkern aufnimmt, mit Hilfe eines Hammers eingeschlagen oder bei sehr weichen Sedimenten wie in Seeuferzonen und Mooren einfach eingedrückt. Eine Handbohrung ist bezüglich der apparativen Ausstattung und Handhabung das kostengünstigste und einfachste Bohrverfahren. In lehm- und tonreichen Mineralböden (bindiges Substrat) wird damit meist ein Tiefenbereich bis etwa 2,5 m erschlossen; in schwach bindigen, sandigen Substraten sowie in Torfen ist damit aber auch eine mehrere Meter umfassende Kernstrecke zu gewinnen. Trotz geringer Kernmengen lassen sich häufig Holzkohlen nachweisen. In selteneren Fällen ist auch das Erbohren von Hüttenlehm, Knochen oder Keramik möglich.

Für weiter in der Tiefe zu erschließende Profile bietet sich die Verwendung eines benzinbetriebenen Motorhammers (z. B. Wacker, Atlas Copco oder Cobra) an, der

auf das Bohrgestänge aufgesetzt wird und die Rammbewegung ausführt. Dazu ist aber ein etwas schwereres Gestänge als das für die Handbohrungen empfehlenswert, um Materialbrüche zu vermeiden. Zum Heben des Gestänges ist hier nun auch ein aufwendigeres Ziehgerät erforderlich. Die bei diesem Verfahren notwendige, wesentlich umfangreichere Bohrausrüstung führt dazu, dass, wenn möglich, wegen des Aufwandes auf deren Einsatz bei flächenhaften Untersuchungen verzichtet werden sollte und es lediglich an bestimmten Punkten mit tiefen Profilen ergänzend mit herangezogen wird.

Großbohrgeräte kommen im archäologischen Bereich wegen ihres technischen Aufwandes nur bei ganz speziellen Bedingungen zum Einsatz und sind zum Aufschluss langer Kernstrecken oder zur Bohrung mit großen Kerndurchmessern erforderlich. Mit ihnen lässt sich z. B. die Stratigraphie der Verfällschichten und die Tiefe von Brunnen, Gräben oder Schachtanlagen erfassen. Bei einer Bohrung mit einem Kerndurchmesser von 4 Zoll fällt beispielsweise auch so viel Sediment an, dass die Kontaminationsgefahr gering ist und aus dem Kernzentrum auch Probenmaterial für botanische oder sedimentologische Untersuchungen entnommen werden kann. Bohrgeräte dieser Art sind bei entsprechenden Fachfirmen anzufordern; die Abrechnung als Pauschalbetrag bei einer etwa bekannten Tiefe oder über laufende Bohrmeter ist meist wesentlich kostengünstiger und besser zu kalkulieren als eine Zeit-Aufwandsentschädigung.



1 Handbohrung mit dem Pürckhauer-Bohrstock für eine Bodenkartierung in Mineralböden.



2 Kolbenlotbohrung in den wassergesättigten Ablagerungen eines seenahen Verlandungsbereichs mit dem Motorhammer.

Beim Einsatz in der Archäologie ist meist eine Kernbohrung wie das Rammkernverfahren der Spülbohrung vorzuziehen, da man bei Ersterem gewöhnlich weitgehend ungestörte Profilabfolgen und Schichtlagerungen erhält, die Fundschichten bei Spülbohrungen aber durch eingepresste Spülflüssigkeiten stark in Mitleidenschaft gezogen werden, Schichtgrenzen nicht exakt festlegbar sind und eine Sedimentcharakterisierung aufgrund des Verlustes feiner Korngrößen erschwert ist.

Es bleibt darauf hinzuweisen, dass bei Bohrungen mit solchem Gerät ein Geologe hinzugezogen werden sollte, um nach der exakten Bohrkernaufnahme auch die fachliche Interpretation der Befunde durchzuführen.

26.2.1.2 Praktische Hinweise zur Durchführung von Bohrungen mit Motorhammer und von Hand:

- Die als Bohransatzpunkt festgelegte Stelle sollte von Bewuchs (Gras etc.) befreit werden, da dieser sonst mit dem Gestänge nach unten gezogen wird und Schichtstörungen im Profil hervorruft.
- Beim Einrammen des Gestänges ist darauf zu achten, dass die Verschraubungen fest angezogen sind, um eine Übertragung der Schläge auf die Schraubgewinde zu vermeiden. Dies führt im Laufe der Zeit automatisch zu Gestängebrüchen und möglichem Verlust.
- Wird beim Bohrvorgang nur ein geringer Bohrfortschritt

erzielt, d. h. das Sediment ist sehr widerständig, empfiehlt es sich, das Gestänge im Bohrloch geringfügig weiterzudrehen. Dies erleichtert das spätere Abdrehen des Kerns und das Ziehen des Gestänges.

- Nach dem Bohrvorgang wird durch eine Drehung des Gestänges im Bohrloch der eigentliche Kern abgeschnitten. Dabei ist bei einem aus mehreren Teilen zusammengesetzten Gestänge darauf zu achten, dass die Drehbewegungen gleichsinnig wie die Verschraubungen durchgeführt werden, um das Aufschrauben und den Verlust des tieferen Gestängeteils zu vermeiden.

- Nach dem Ziehen des Gestänges wird der über die Rille des Bohrers hinausstehende Kern mit einem Messer von unten nach oben abgeschnitten. Dies verhindert, dass dunkle organische Substanz, die im oberen Profilteil gewöhnlich angereichert ist, die Farbe tiefer liegender Horizonte verwischt. Erst ein frischer Anschnitt erlaubt das Erkennen der erbohrten Schichten.

- Der erbohrte Kern ist, soweit er nicht laboranalytisch weiterverarbeitet wird, nach der entsprechenden Profildokumentation in kleine Stücke zu zerbrechen, um auch winzige, oft sehr wichtige Nebenbestandteile (Holzkohlen, Pflanzenreste etc.) sichtbar zu machen.

26.2.1.3 Welche Bohrer werden für welche Einsatzgebiete verwendet?

Die nachfolgende Kurzbeschreibung verschiedener Bohrertypen kann nicht vollständig sein, zumal die Geräte in zahlreichen Modifikationen angeboten werden. Es sollen aber entsprechend den verschiedenen Anwendungsgebieten die gängigsten Typen vorgestellt werden.

Pürckhauer-Bohrstock: Dieser aus Spezialstahl gefertigte Rinnenbohrer mit einem Durchmesser von 30 mm wird wegen seiner hohen Stabilität bevorzugt im Mineralbodenbereich eingesetzt und ist für harte als auch weiche Böden gut geeignet. Die Länge der Entnahmerille beträgt je nach Ausführung 1 m oder 1,5 m. Kleineren Menschen sei die 1 m-Ausführung empfohlen, was das Einschlagen erheblich erleichtert. Mit Hilfe verschraubbarer Gestängestücke lassen sich auch tiefere Profiltile erbohren. Das Bohrgerät ist ferner für den Betrieb mit einem Motorhammer geeignet.

Peilstangen/Künzelstab: sind dem oben Genannten ähnlich, allerdings weisen sie einen wesentlich geringeren Stangendurchmesser (ca. 15 mm) auf. Dadurch ist zwar das Einrammen erleichtert, die bei der Bohrung anfallende, wesentlich geringere Probenmenge reicht aber häufig nicht zur detaillierten Beurteilung der Sedimente aus.

Spiralbohrer: werden bevorzugt in harten Mineralböden benutzt. Dabei erhält man allerdings wegen der Hebung des Bohrguts mit der Spirale keinen ungestörten Schichtverband und die Horizonttiefen sind nur ungenau festzulegen. Dies steht der Anwendung des Verfahrens in der Archäologie meist entgegen. Der Vorteil liegt allerdings im Gewinn größerer Probenmaterialmengen.

Edelman-Bohrer: Mit ihm können insbesondere in weichen Mineralböden nahezu ungestörte Kurzkerne mit ca. 20 cm Länge erbohrt werden. Sein Vorteil liegt im relativ großen Bohrgutgewinn, wobei für verschiedene Bodenarten (Sand, Lehm etc.) Bohrer unterschiedlicher Durchmesser und Form empfohlen werden. Nachteilig wirkt sich jedoch aus, dass auf Grund der verdrehten Bohrspitzen kein sauberes, ungestörtes Aneinanderfügen mehrerer Kurzkerne möglich ist.

Marschläffel: Dieser recht leichte Bohrer wird insbesondere bei Bohrungen in organischen Ablagerungen und Weichsedimenten (Torfe, Mudden etc.) verwendet und hat sich dort bewährt. Die Rille wird im Zweimannbetrieb mit Muskelkraft in die Ablagerungen gezogen/gedrückt. Die Bohrrille ist 1 m lang, unten offen und hat einen Durchmesser von knapp 3 cm. Über Gestängeverlängerungen lassen sich auch tiefere Profile erschließen. Für Grobsedimente oder härtere Ablagerungen ist der Marschläffel wegen seiner leichten Ausführung aber nicht geeignet.

Der Hiller-Bohrer: wird vor allem bei holzreichen oder fauligen, wenig zersetzten Torfen eingesetzt. Dabei gelangt das Bohrgut nicht von unten nach oben in die Kammer, sondern diese wird während einer Drehbewegung seitlich gefüllt und durch eine Gegendrehung mit einem Deckel verschlossen. Dadurch kann, neben der geringen

Verunreinigungsgefahr, ein weitgehend ungestörter und nicht verzogener Kern geborgen werden. Für die Gewinnung von Probenmaterial für pollenanalytische Untersuchungen hat sich dieser Bohrer bewährt, sein Anwendungsbereich ist allerdings auf Torfe und weiche Feinsedimente beschränkt.

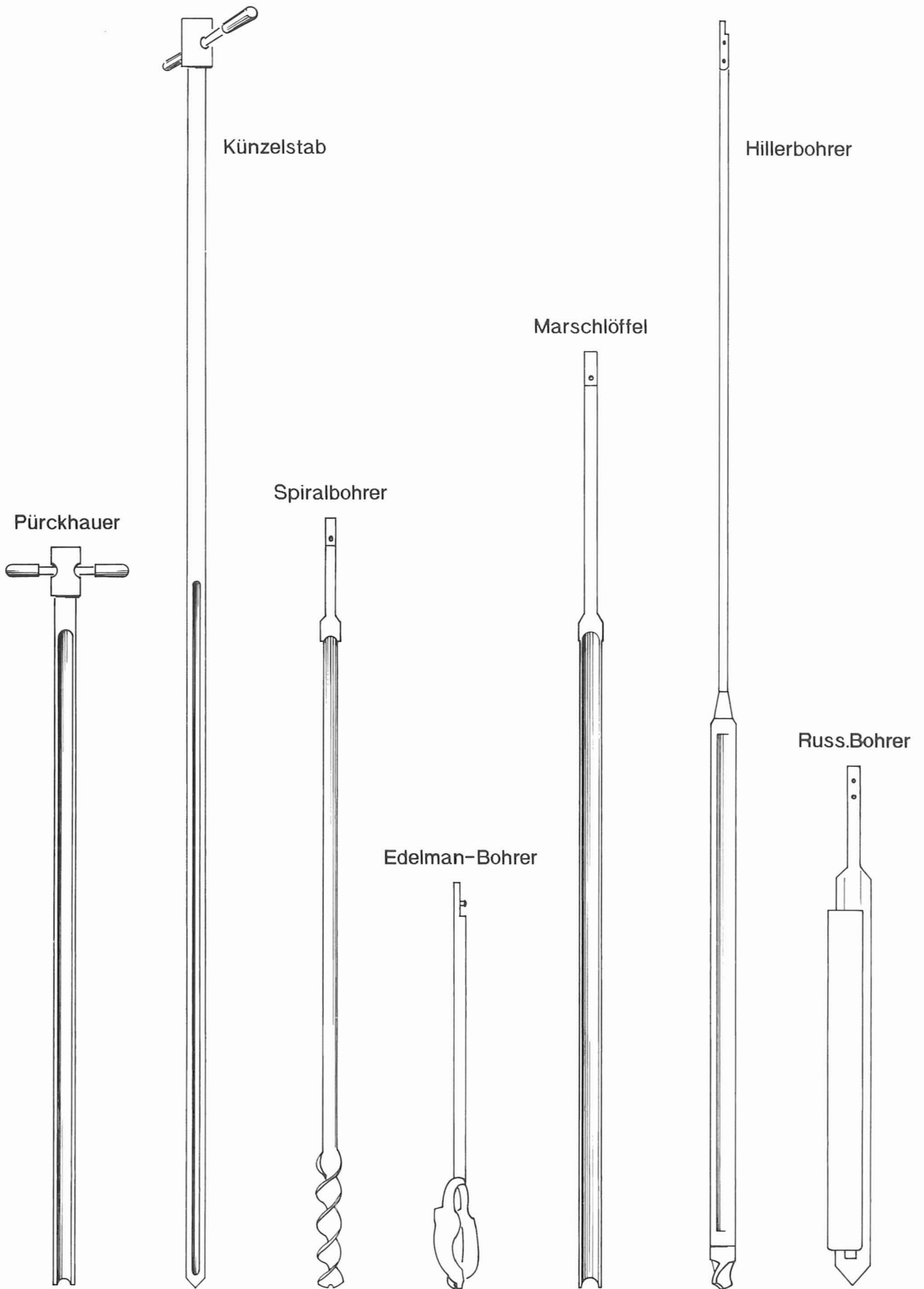
Der Russische Bohrer: ist in Funktion und Handhabung mit dem Hiller-Bohrer identisch.

Kolbenlotbohrung: modifiziert nach Merkt & Streif. Bei dieser Art der Kernbohrung wird gleichzeitig mit dem Einrammen eines Stahlstehrohrs in das Sediment ein Unterdruck durch Zurückziehen eines Kolbens erzeugt, wodurch sich Wandverzüge und Schichtstauchungen weitgehend verhindern lassen. Dabei wird der Sedimentkern von einem im Stehrohr eingepassten Plexiglasrohr aufgenommen. Das Verfahren hat sich auch bei Kernstrecken mit mehreren Metern Länge sehr bewährt, die Kerndurchmesser sind variabel und reichen gewöhnlich bis 8 cm. Der Anwendungsschwerpunkt liegt in wassergesättigten, weichen Feinsedimenten see- und flussufernaher Bereiche oder in Flachwasserzonen.

Gefrierkernbohrung: Hierbei handelt es sich um eine besondere Form der Profilgewinnung, da hier nicht wie sonst üblich, der Sedimentkern in einer Rinne herausgezogen wird. Das Bohrverfahren findet insbesondere in wassergesättigten Sedimenten seine Anwendung. Dabei



3 In einer Riedlinger Viereckschanze sollte der Schichtaufbau einer Schachtverfüllung und die Schachttiefe erkundet werden. Dazu wählte man die Rammkernbohrung mit einem Großbohrgerät. Rechts im Bild Röhren zum Einlegen der Kernstrecke.



4 Übersicht über die im Text vorgestellten Bohrer.

wird ein Metallrohr in die Ablagerungen eingeschlagen und in dieses verflüssigtes und unter hohem Druck stehendes Kohlendioxid eingeleitet, wobei eine enorme Erniedrigung der Temperatur bis weit unter den Gefrierpunkt (-78°C) stattfindet. Dies bewirkt, dass außen am Metallrohr ein gefrorener Sedimentmantel entsteht, der am Stahlrohr anhaftend mit herausgezogen und untersucht werden kann.

26.2.1.4 Probleme oder Störungen beim Bohren

- Besonders steinige Substrate sind nicht oder nur schwer bohrbar.
- In steinigem Untergrund treten wegen des meist geringen Kerndurchmessers häufig Kernverluste oder auch Kernverzüge, d. h. Materialverschiebungen in der Bohrrille, auf.
- Stark wasserhaltige, schwach bindige Sedimente fließen beim Ziehen häufig aus der Rille und Kernverluste sind fast nicht zu vermeiden. Dem kann unter Umständen mit einer Gefrierkernbohrung begegnet werden.

26.2.1.5 Probennahme aus dem Bohrer

Generell ist bei Handbohrungen oder Bohrungen mit dem Motorhammer auf Grund des geringen Kerndurchmessers eine große Gefahr von Schichtverzügen und Kontamination durch Fremdmaterial gegeben, sodass hier von einer Probennahme aus dem Bohrgut für bodenphysikalische, chemische oder botanische Laboruntersuchungen abzuraten ist. Lediglich der Materialgewinn mit Hilfe des Hiller-Bohrers, des Russischen Bohrers und der Kolbenlotbohrung ist für sedimentologische und botanische Untersuchungen gut geeignet, sind diese Geräte doch speziell für die möglichst ungestörte Probennahme von Torfen oder limnischen Weichsedimenten konstruiert worden. Unter günstigen Bedingungen können auch mit der Gefrierkernmethode für Pollenanalysen erforderliche Kleinmengen (Würfel mit 1 cm^3) erfasst werden. Ansonsten sind Sondagen bzw. Schürfe zur Gewinnung von Probenmaterial vorzuziehen, da in ihnen nebenbei auch die Stratigraphie und Lage im Schichtverband besser zu verstehen und zu beurteilen ist. Die großen Kerndurchmesser bei Bohrungen mit Großgeräten geben aber auch die Möglichkeit der Probengewinnung aus besonders tiefen Profilmereichen.

26.2.2 Sondagen

26.2.2.1 Typische Anwendungsgebiete

- Erfassung eines komplizierten stratigraphischen Schichtaufbaus;
- eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit zum Erhalt von Artefakten, deren eindeutige stratigraphische Zuweisung und damit auch die Möglichkeit der zeitlichen Zuordnung einzelner Schichten;



5 Sondagegrube (1 m × 2 m) in einem Feuchtgebiet mit Wechsellagerung dunkler Kulturschichten und heller Seebaggerungen.

- kleinräumige Dokumentation von Funden und Befunden;
- Entnahme von Probenmaterial für die Klärung von Fragen mit Hilfe der Naturwissenschaften (Botanik, Bodenkunde etc.).

Die Auswahl des Standorts zur Anlage einer Sondagegrube ist mit besonderer Sorgfalt vorzunehmen, liegen nicht vorab bereits entsprechende Beschränkungen auf Grund des Bewuchses oder der Bebauung vor. Diesen Anforderungen entsprechend sind das Raster abzustimmen und eventuell die geplanten Positionen durch Bohrungen zu überprüfen, um möglichst repräsentative Verhältnisse zu erschließen. Sonst besteht die Gefahr der Fehleinschätzung durch die Aufnahme von Störungszonen.

Je nach Aufgabenstellung, Substrat und erforderlicher Tiefe ist die Größe der Sondagegrube zu dimensionieren. Zugleich entscheidet sich damit aber auch die Frage nach dem Arbeitsgerät. Steht beispielsweise der stratigraphische Aufbau, dessen Aufnahme im Gelände oder die Entnahme entsprechenden Probenmaterials im Vordergrund, ist ein Maschineneinsatz wie der eines Kleinbaggers zur Anlage des Vertikalschnittes bei größeren Massenbewegungen sinnvoll. Liegt das Augenmerk aber

auf der Beobachtung von Flächenbefunden kleineren Ausmaßes, bleiben zur Anlage künstlicher Abtragungseinheiten meist nur Kelle, Hacke und Schaufel.

In kiesig-sandigen, also nicht bindigen Ablagerungen sollte die Abmessung der Sondagegrube größer gewählt werden, damit die Böschungen mit flachen Winkeln ausgeführt werden können. Auf diese Weise kann einem Versturz der Wände vorgebeugt werden. Entsprechend ist die Größe aber auch auf die projizierte Tiefe abzustimmen. Zusätzlich sollte beachtet werden, dass in der Grube genügend Arbeitsraum besteht. Behinderungen auf Grund zu kleiner Arbeitsflächen wirken sich meist kostentreibend aus.

Ferner werden ab bestimmten Arbeitstiefen besondere Anforderungen an die Sicherheit gestellt. Bei Grubentiefen von mehr als 1,25 m sind die Wände abzuböscheln oder Aussteifungen einzubringen. Dabei müssen die Bestimmungen der DIN-Normen (u. a. 4033, 4124, 19680) unbedingt eingehalten werden.

Richard Vogt
Landesdenkmalamt Baden-Württemberg
Fischersteig 9
78343 Hemmenhofen

Literatur

AG Bodenkunde: Bodenkundliche Kartieranleitung. Schweizerbart, Stuttgart, 3. Auflage, 1982.
K. Simmer: Grundbau Teil 1, Bodenmechanik und erdstatische Berechnungen. Teubner, Stuttgart 1994.
K. Simmer: Grundbau Teil 2, Baugruben und Gründungen. Teubner, Stuttgart, 17. Auflage, 1992.

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 neuzzeitliche 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.

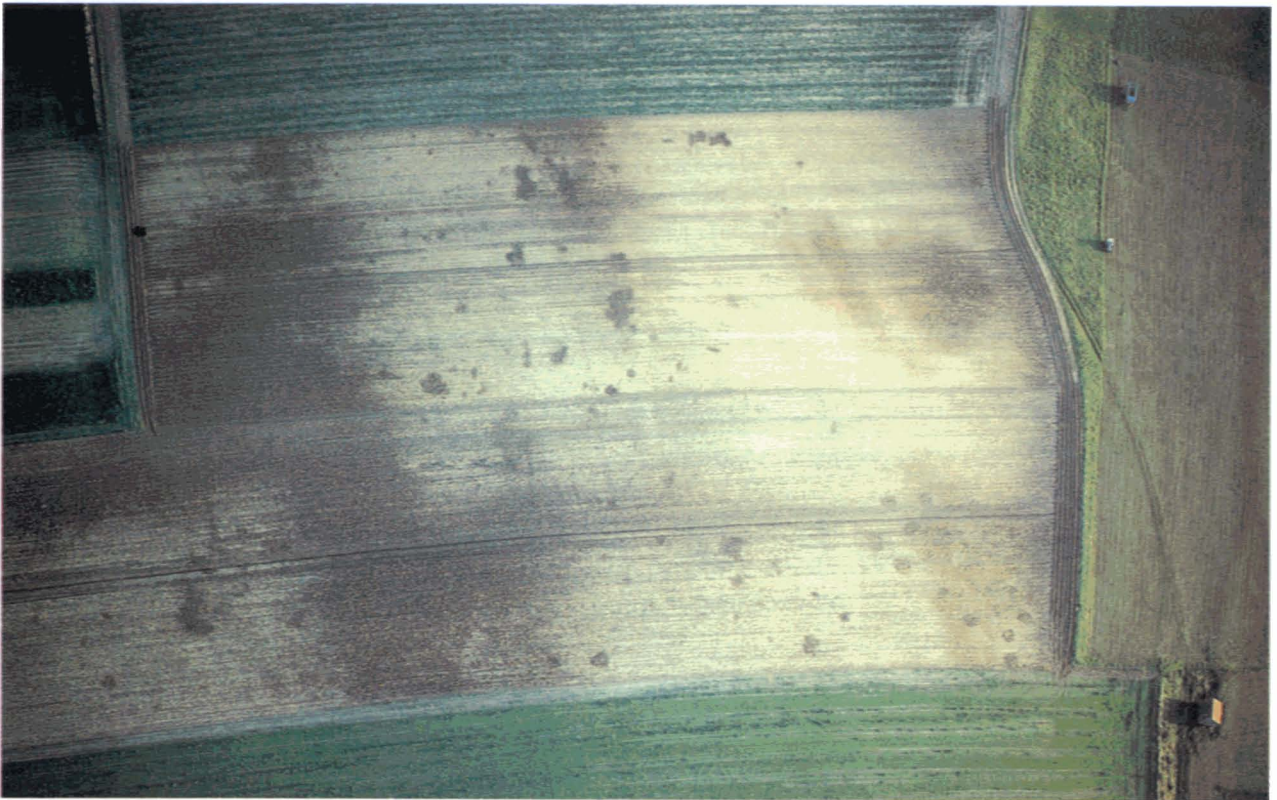
Ideale Beobachtungsbedingungen herrschen unter einem hohen milchigen Schirm von Eiswolken (Cirrus), der weiches, helles Streulicht schafft, das von allen Anflugseiten gleich gute Sicht auf die Fundplätze erlaubt. Begünstigt wird die Erkennbarkeit der Farbunterschiede durch großflächige Bodennässe nach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

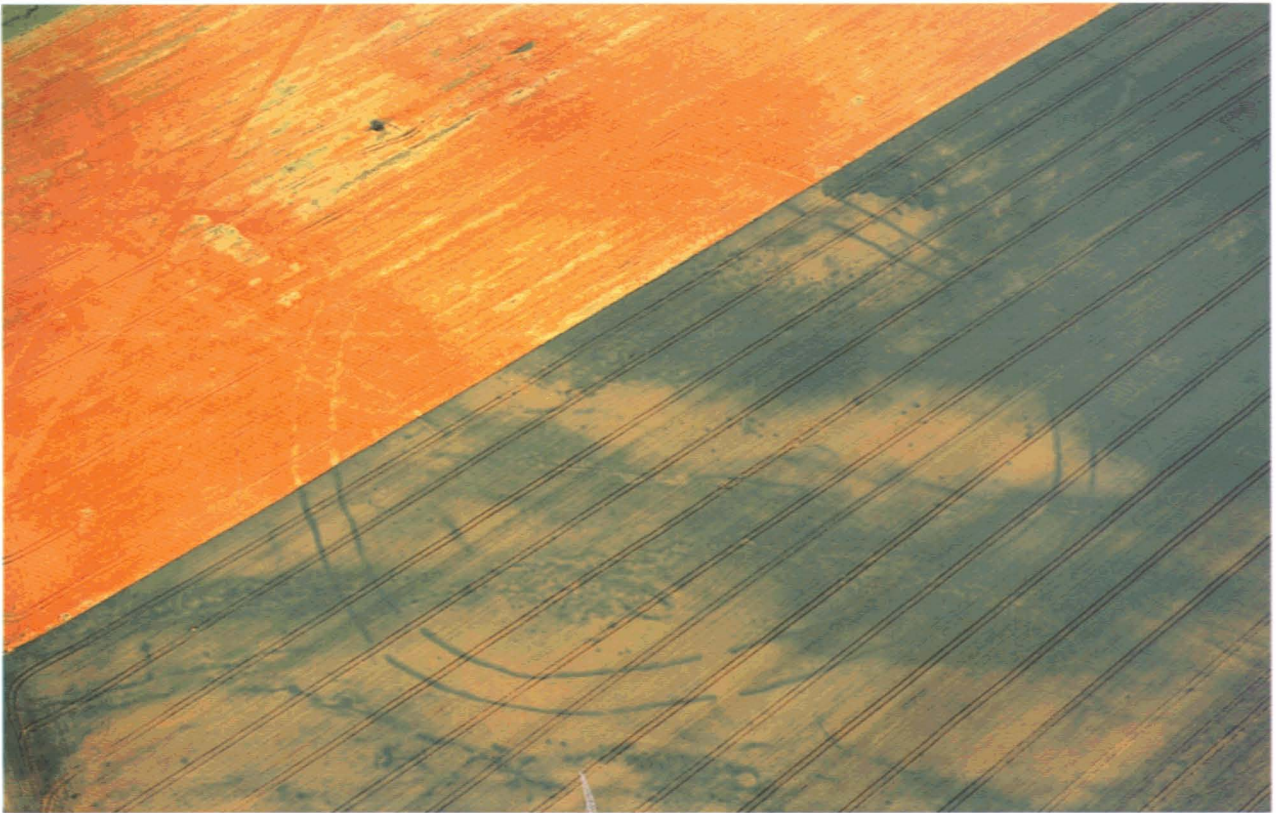
Negative Bewuchsmerkmale

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 festgefahrne 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 Mangelerscheinungen 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

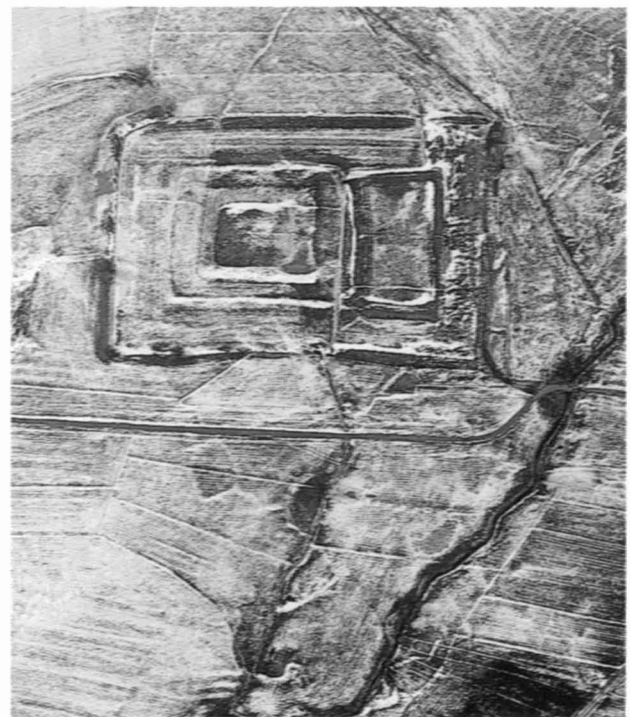
Die einzelnen Teile der Getreidepflanze werden durch den Feuchtestress unterschiedlich betroffen – zuerst reagieren das Blattwerk, dann der Stamm mit der Frucht, schließlich die Wurzeln mit reduziertem Wuchs und end-

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 Winterseeten 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-



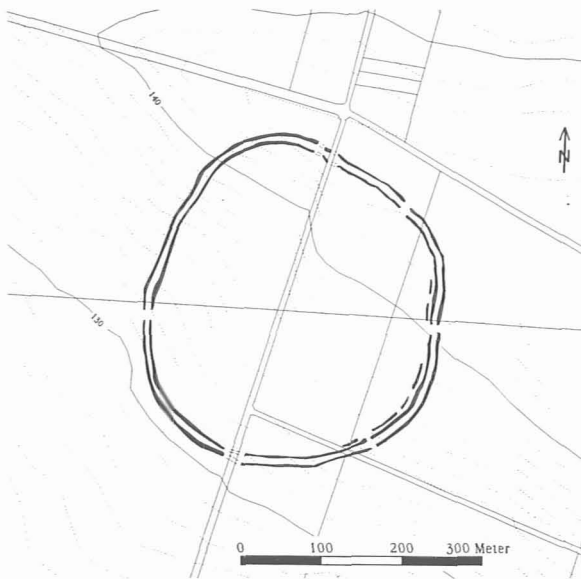
9 Burganlage im Schnee, Crailsheim, Baden-Württemberg. Von Wind und Sonne geprägte Schneemerkmale lassen die obertägigen Reste der Wasserburg „Flügelau“ plastisch hervortreten.



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 Kühlborn, *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.