

Jürg Leckebusch und Patrick Nagy

Prospektionsmethoden in der Archäologie



U.CH.
Z
71

Herbst 1991

STIFTUNG FÜR DIE ERFORSCHUNG DES ÜETLIBERGS

Umschlagbild: Rheinau. Flugaufnahme der Halbinsel mit archäologischen Strukturen. Im Vordergrund die Rheininsel mit dem ehemaligen Kloster und der Klosterkirche. Im freien Gelände in der Bildmitte oben erkennt man dunkelgrüne kleine Flecken, bei denen es sich vermutlich um eisenzeitliche Gruben handelt. Vgl. die Umzeichnung auf der Rückseite des Umschlags.

Aufnahmerichtung nach Norden.

Foto: Otto Brasch

Redaktion: Anita Siegfried

Gestaltung: Kantonsarchäologie Zürich

Herausgeber: Stiftung für die Erforschung des Üetlibergs

© 1991 Kantonsarchäologie Zürich

Gesamtherstellung: Stäubli AG, Zürich

PROSPEKTIONSMETHODEN IN DER ARCHÄOLOGIE

Die archäologische Prospektion hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem wichtigen Zweig der archäologischen Forschung entwickelt. Da in den nächsten Jahren besonders auch im Bereich des Üetlibergs die gezielte Suche nach unbekanntem archäologischen Fundstellen einen wichtigen Stellenwert einnehmen wird, wurde die diesjährige Broschüre der Stiftung für die Erforschung des Üetlibergs diesem Themenkreis gewidmet. Die Publikation soll dem Leser einen Überblick über die verschiedenen Methoden der Prospektion und deren Vorgehensweise geben.

Das Ziel der Prospektion

Der Begriff Prospektion kommt aus dem Lateinischen und bedeutet eigentlich das Vorausschauen. In der archäologischen Prospektion geht es darum, möglichst viele unter der Erdoberfläche verborgene Fundstellen und Überreste aus vergangenen Zeiten zu finden, ohne dass dazu teure und zeitaufwendige Grabungen nötig sind. Dabei wird versucht, alle Orte mit Überresten aus vergangenen Zeiten so detailliert wie möglich zu beschreiben. Meistens beschränkt man sich auf ein festgelegtes Gebiet. Dieses kann entweder nur die Zone eines einzelnen Siedlungsplatzes, z.B. das gesamte Areal eines römischen Gutshofes, die geographische Einheit des Üetlibergs, oder aber eine ganze Landschaft, z.B. den Kanton Zürich, umfassen.

Die Prospektionsmethoden

Heute stehen dem Archäologen verschiedenste Prospektionsmethoden für die primäre Erforschung eines Gebietes zur Verfügung:

Feldbegehungen: Dies ist die gebräuchlichste Methode, ein Gelände zu erforschen. Dadurch werden vor allem archäologische Strukturen und Funde aus Tiefen bis zu 40 cm beim Abschreiten der Felder erfasst, welche durch Störungen (z.B. Pflug) an die Oberfläche gelangen.

Luftbildprospektion: Auf Luftbildern sind Strukturen an der Oberfläche, aber auch in tiefer liegenden Schichten erkennbar (die Tiefe kann bei guten Bedingungen bis über 1 m betragen).

Geophysikalische Prospektionsmethoden: Verschiedene aus der Geophysik entlehnte Verfahren lassen mit Hilfe gemessener Werte Aussagen über die Strukturen im Untergrund zu. Diese Methoden erlauben es, archäologische Überreste in mehreren Metern Tiefe zu erfassen.

Weitere Prospektionsmethoden: Daneben gibt es noch verschiedene andere Verfahren, wie zum Beispiel Bohrprospektion, Pflanzenkartierungen oder chemische Analysen von Bodenproben (z.B. Phosphatuntersuchungen) usw.

Im folgenden sollen nun diese Methoden einzeln etwas näher vorgestellt werden.

LUFTBILDARCHÄOLOGIE

Auch bei sorgfältigster Geländebegehung und -beobachtung entziehen sich dem Archäologen durch den flachen Betrachtungswinkel zahlreiche Areale menschlicher Tätigkeit, welche im Laufe von Jahrhunderten im Boden eingesedimentiert wurden. Der Luftbildarchäologe hingegen kann vom Flugzeug aus ein Gebiet in einem viel grösseren Abstand und aus einem steileren Winkel überblicken. Was der Bearbeiter am Boden allenfalls als Farbflecken oder Geländeunebenheit erkennen kann, zeigt sich aus der Luft unter günstigen Umständen als Einheit. Vorher unerkennbare Strukturen werden nun zu Grabhügeln, alten Strassen und Wegen, aufgelassenen Siedlungen usw. Luftbildarchäologie lässt sich allerdings nur in Zonen ohne jegliche Überbauung praktizieren, wo die geologischen, klimatologischen und bodenkundlichen Bedingungen sowie die landwirtschaftliche Nutzung die nötigen Voraussetzungen erfüllen. Luftbildprospektion kann zusammen mit dem Wissen aus archäologischen Sammlungen und Archiven den Ist-Zustand der Landesaufnahme innert kurzer Zeit um ein Vielfaches erweitern.

Luftbildarchäologie eignet sich unter anderem gut für eine systematische Bearbeitung eines Gebietes. Da der Erfolg der Luftbildprospektion von verschiedenen, z.T. kurzfristig veränderlichen Faktoren abhängig ist, lässt sich ein umfassendes Inventar niemals innert weniger Jahre erarbeiten; dafür muss über lange Zeiträume hinweg Prospektion betrieben werden. Dies gilt in der Schweiz und im Kanton



Abb. 1 Feldbegehung in Unterstammheim
Photo P. Nagy



Abb. 2 Kleinflugzeug bei der Luftbildprospektion
Photo O. Braasch



Abb. 3 Geoelektrische Messungen in Unterstammheim
Photo P. Nagy



Abb. 4 Bohrprospektion auf dem Üetliberg
Photo S. Vogt



Abb. 5 Der Luftbildarchäologe bei der Arbeit
Zeichnung O. Braasch

Zürich insbesondere auch deshalb, weil das Gebiet stark kleinräumig gegliedert ist.

Luftbildarchäologie kann Feldprospektion ergänzen, jedoch nicht ersetzen. Bei der Luftbildprospektion wird, im Unterschied zu Bildflügen der Vermessungsämter (Senkrechtaufnahmen), mit ganz normalen Photoapparaten gearbeitet (Schrägaufnahmen), wobei Licht- und Wetterbedingungen eine wichtige Rolle spielen.

Beobachtungsmerkmale in der Luftbildarchäologie

Jahrzehntelange Erfahrungen bei der Luftbildprospektion haben gezeigt, dass fast alle Veränderungen im natürlich gewachsenen Untergrund, welche durch den Menschen im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende verursacht worden sind, sich unter bestimmten Bedingungen oberflächlich feststellen lassen, sei es in Form von Vegetationsmerkmalen, sei es in Form des erhaltenen Oberflächenreliefs. Es müssen allerdings immer verschiedenste äussere Faktoren (z.B. Geologie, Klimatologie, landwirtschaftliche Bodennutzung usw.) in einer optimalen Kombination erfüllt sein, damit anthropogene (d.h. vom Menschen verursachte) Spuren erkannt werden können.

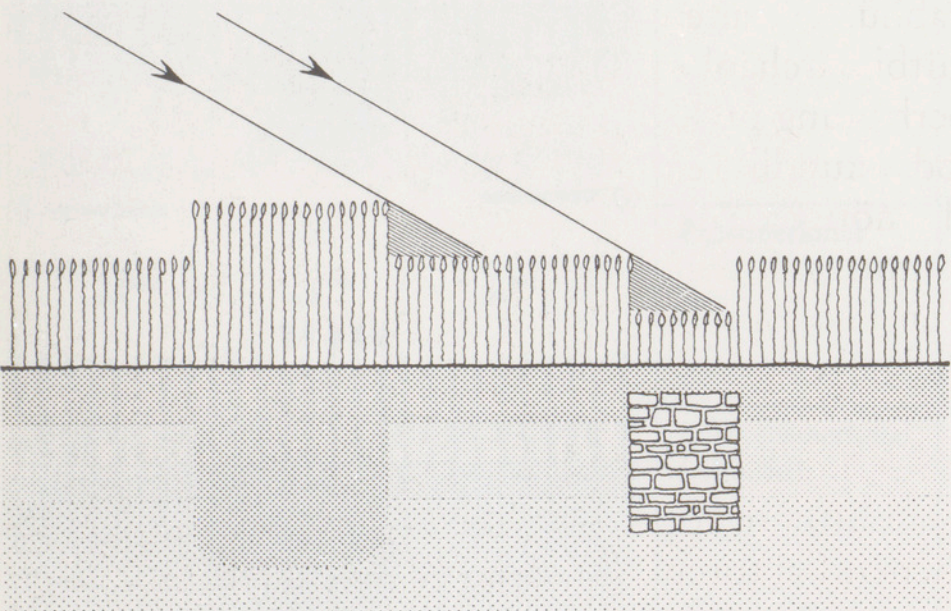
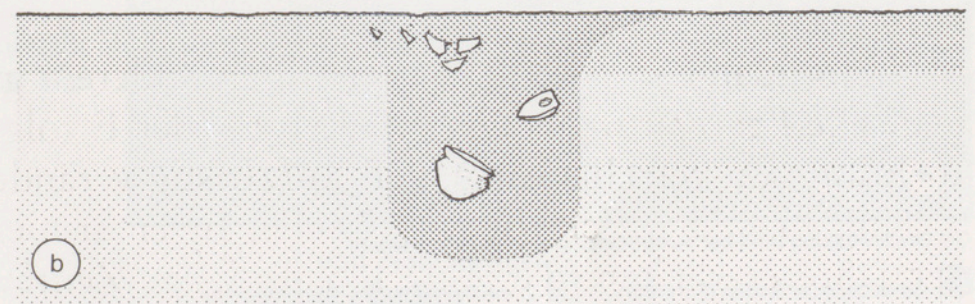
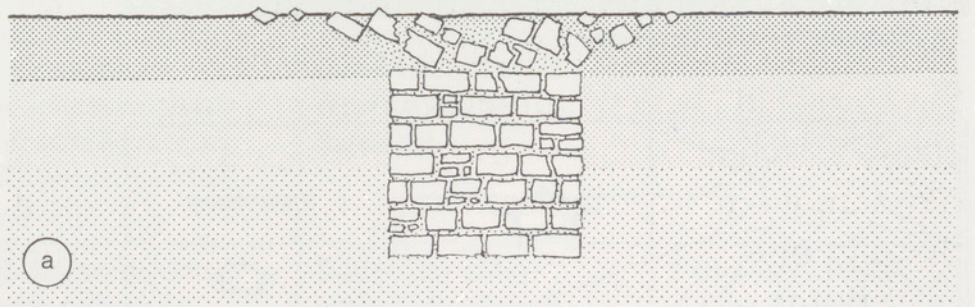
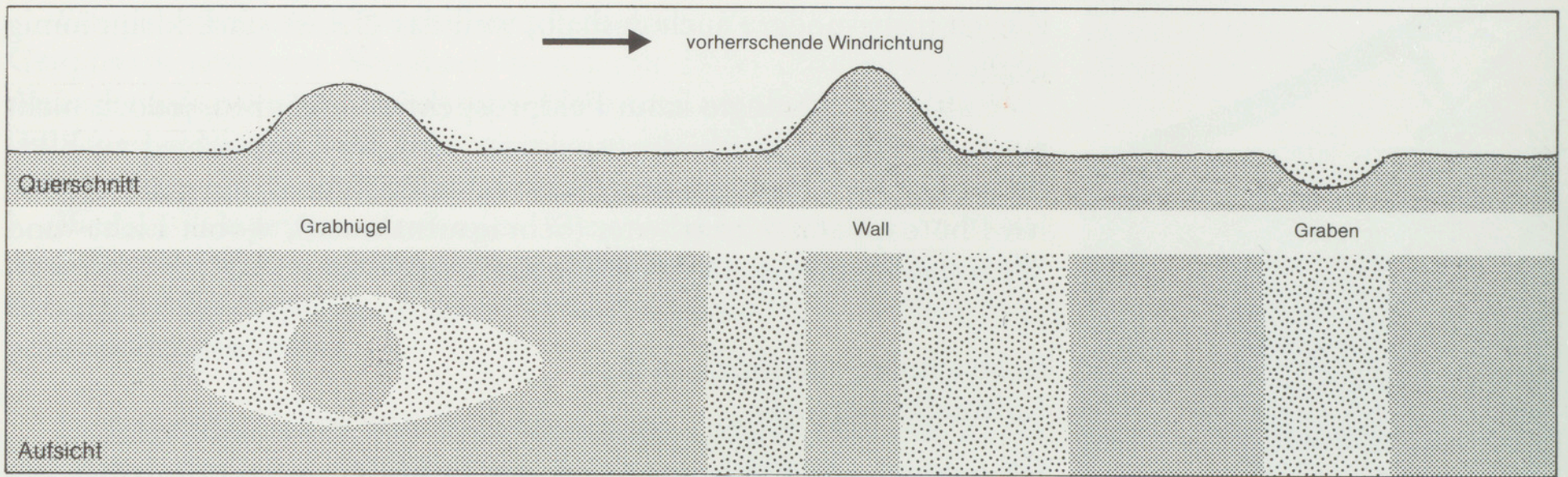


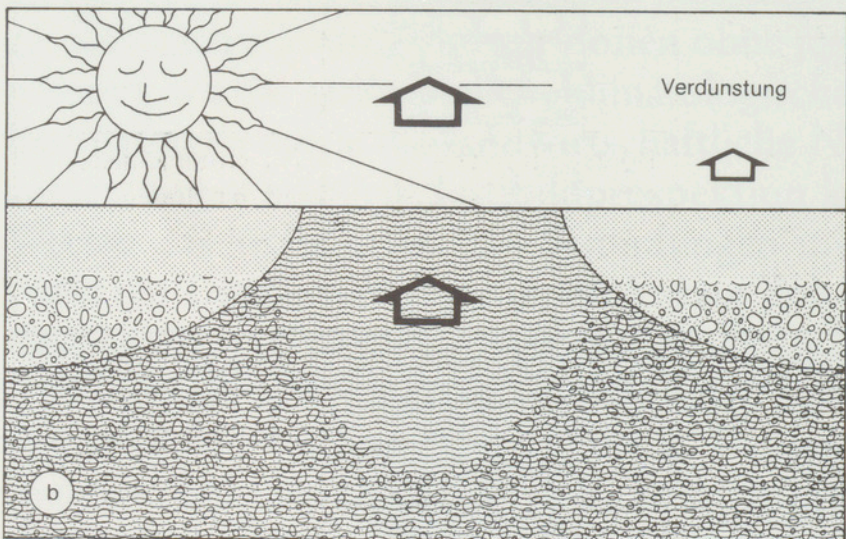
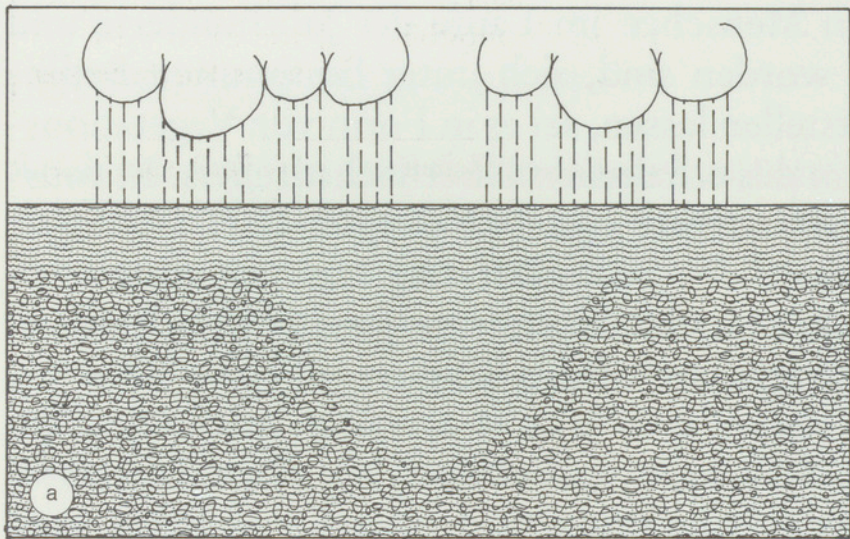
Abb. 6 Luftbildmerkmale – vgl. R. Christlein / O. Braasch (1982), Abb. 8, 9, 12, 14, 16, 17, 23
6a) Schattenmerkmale



6b) Bodenmerkmale



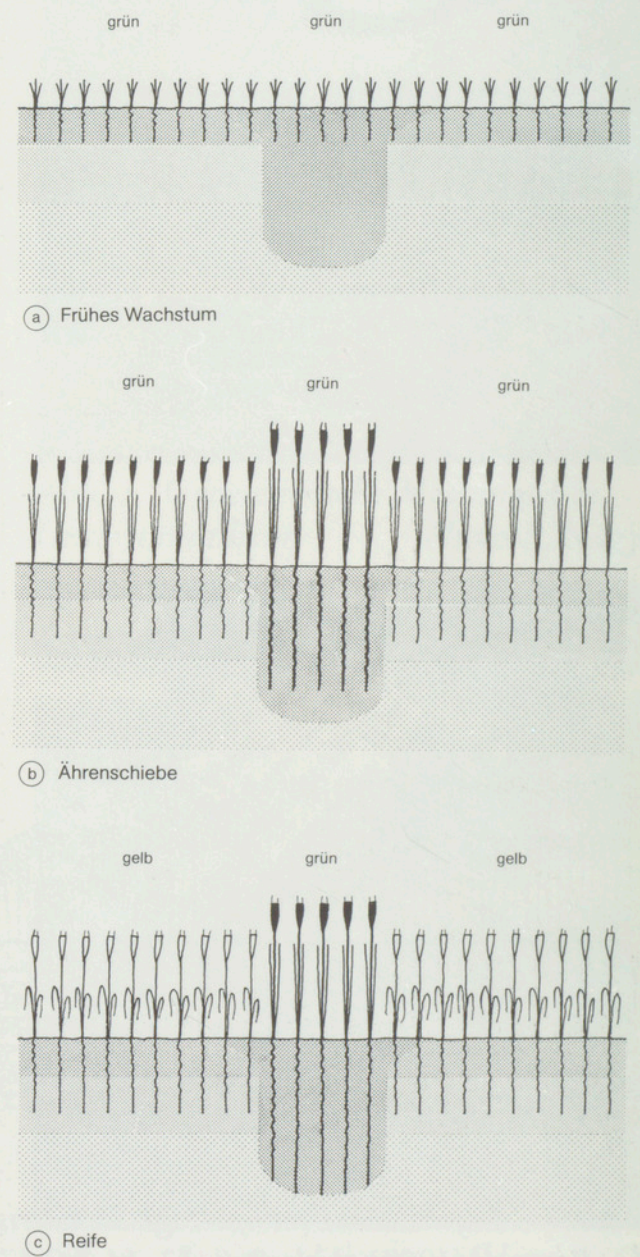
6c) Schneemerkmale



Die Grabenfüllung wirkt bei Austrocknung als Feuchtereservoir

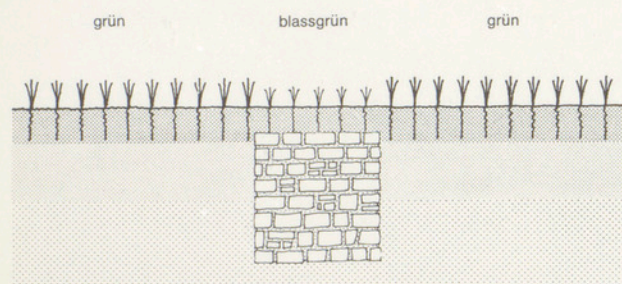
- Gewachsener Boden (Schotter)
- Zone der 100%igen Bodenfeuchte
- feinporige Oberflächenschicht (Löß, Lehm) und Grabenverfüllung

6e) Feuchtemerkmale

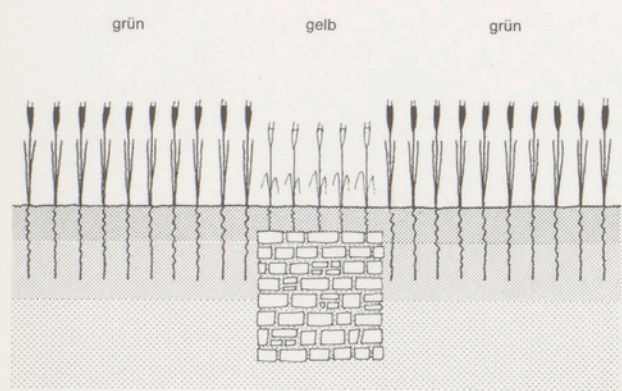


6d) Bewuchsmerkmale

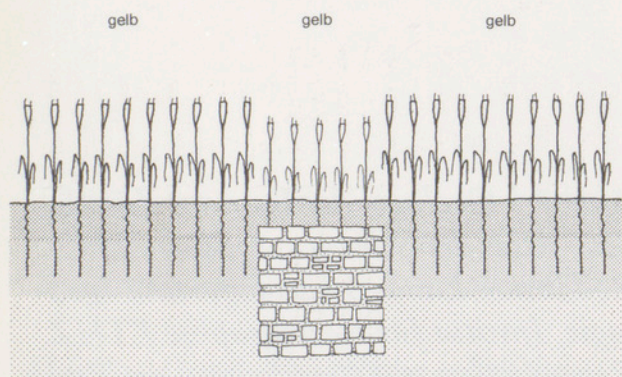
Luftbildmerkmale



(a) Frühes Wachstum



(b) Ährenschiebe



(c) Reife

6d) Bewuchsmerkmale

Merkmal	Beobachtungszeit	Bodenbeschaffenheit	Merkmal
Oberirdisch			
Schattenmerkmal (Abb. 6a)	ganzjährig frühmorgens und abends sowie während des ganzen Tags in den Wintermonaten (schräg einfallendes Licht!)	Felder mit oder ohne Vegetation: Unebenheiten im Gelände	Erhebungen und Vertiefungen in der kleinräumigen Geländetopographie oder Unterschiede in der Pflanzenbewuchsgröße
Schneemerkmal (Abb. 6c)	im Winter a) Schneeverwehungen b) bei einsetzendem Tauwetter	Böden mit unebener Geländetopographie oder unterschiedlicher Bodenfeuchtigkeit (d.h. unterschiedliche Frostbildung)	Nachweis von Schneeanhäufungen im Bereich von Geländeunebenheiten bzw. Wechsel von schneefreien und schneebedeckten Arealen
Flutmerkmal	ganzjährig; bei Überschwemmungen in Flussniederungen	Nachweis in Zeiten mit oder ohne Vegetation	Unebenheiten in der Geländetopographie
Unterirdisch			
Bodenmerkmal (Abb. 6b)	in der vegetationslosen Zeit aufgepflügten Feldern	gepflügte Felder	Farbunterschiede auf der Bodenoberfläche
Feuchtemerkmal (Abb. 6e)	kurz nach Niederschlägen beim Einsetzen der Bodenaustrocknung bzw. nach der Schneeschmelze (nur sehr kurzfristig nachweisbares Merkmal)	Felder mit oder ohne Vegetation Böden mit unterschiedlicher Feuchtigkeitsspeicherkapazität	Farbunterschiede
Frostmerkmal	vgl. Schneemerkmal: ferner während Frostperioden beim Einsetzen von Tauwetter	Böden mit unterschiedlicher Feuchtigkeitsspeicherkapazität	Farbunterschiede auf der Bodenoberfläche
Bewuchsmerkmal (Abb. 6d)	Frühjahr bis Sommer (v.a. Mai – August)	Unterschiede im Bewuchs und in der Ausreifung von Feldfrüchten, bedingt durch unterschiedlichen Feuchtigkeits- und Nährstoffgehalt des Bodens	Farbunterschiede der Pflanzen bzw. Größenunterschiede der Pflanzen

Voraussetzungen zum Gelingen der Luftbildprospektion

Geologie und Bodenkunde

Je nach geologischem Untergrund sowie den darüber liegenden Böden lassen sich die unterschiedlichen Merkmalstypen besser oder schlechter nachweisen. Die geologisch-petrographische Unterlage, auf welcher die oberste Bodenzone durch Verwitterung des anstehenden Muttergesteins entstanden ist, wird im Gebiet des Kantons Zürich einerseits von Ablagerungen der Molasse, andererseits von quartären Glazialablagerungen gebildet.

Optimal für die bei der Luftbildprospektion besonders häufig nachweisbaren Bewuchsmerkmale ist ein wasserdurchlässiger grob-

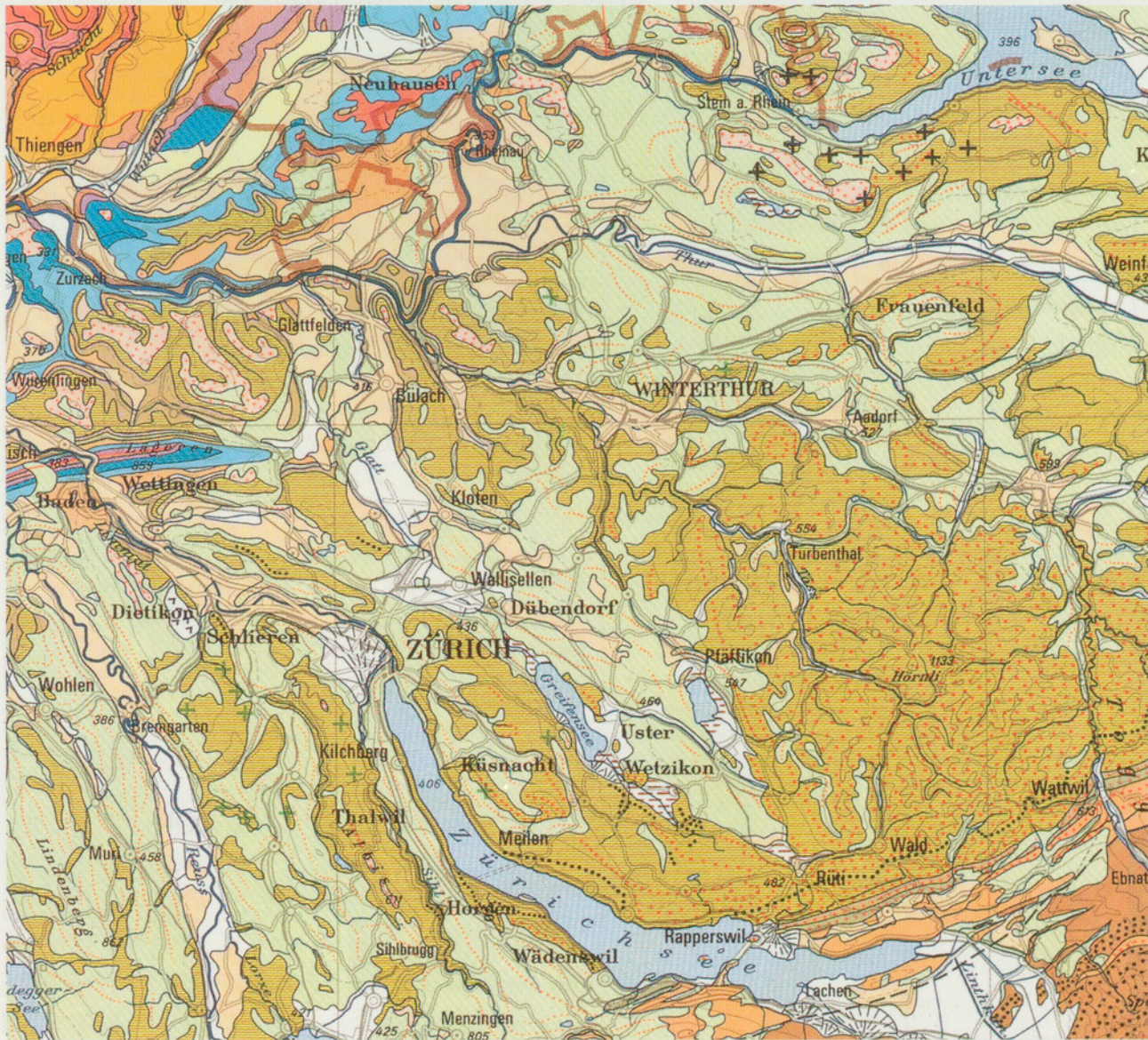


Abb. 7 Geologie des Kantons Zürich
Aus: Atlas der Schweiz, Ausgabe 1990.
Redaktion Landeshydrologie und -geologie, Institut für Kartographie ETHZ.
Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 29.7.1991.

bis feinkörniger Untergrund, womit ein Grossteil des zürcherischen Gebietes für Luftbildarchäologie als günstig angesehen werden kann.

Klima

Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Luftbildprospektion ist das Klima, speziell die Niederschläge und die Wasserbilanz (d.h. das Verhältnis von Niederschlag zu Bodenverdunstung zu Pflanzenverdunstung).

Das Gebiet des Kantons Zürich lässt sich in verschiedene klimatische Kleinregionen mit unterschiedlichen Entwicklungstendenzen gliedern. Die jährlichen Niederschlagsmengen schwanken in den einzelnen Gebieten zwischen 700 mm bis 2400 mm. Die mittleren Niederschlagswerte der in bezug auf positive und negative Bewuchsmerkmale besonders ausschlaggebenden Monate März–Juli für die Messstationen Zürich, Schaffhausen, Diessenhofen, Niederneunforn (Messdauer von 1931 bis 1960/70) sind aus einer Tabelle (Abb. 8) zu ersehen.

Landwirtschaftliche Bodennutzung

Wichtige Voraussetzungen für das Gelingen der Luftbildprospektion ist der Anbau von Pflanzenarten, welche sich für die Herausbildung von Bewuchsmerkmalen eignen.

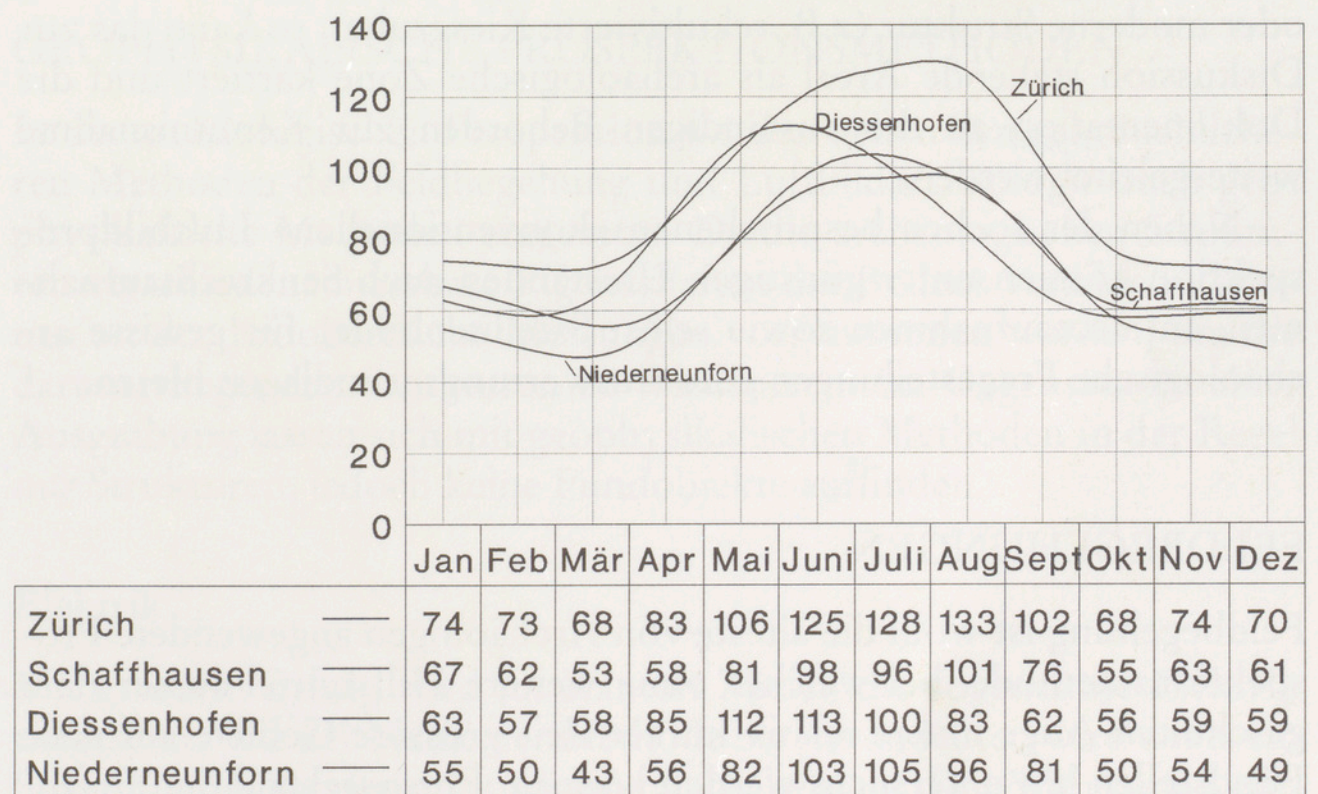


Abb. 8 Durchschnittliche jährliche Niederschlagsmengen im nördlichen Kanton Zürich (Angaben in mm)

Dazu gehören v.a. verschiedene Getreidesorten (insbesondere Gerste und Hafer), aber auch die Zuckerrübe, ferner Klee und Luzerne. In ausgesprochen trockenen Sommern bzw. besonders trockenen Lagen reagiert auch das Gras. Der Mais oder die Kartoffel ist dagegen ungeeignet.

Vom Luftbild zur archäologischen Zone

Es ist nur dann sinnvoll, Luftbildprospektion (und auch andere Prospektionsmethoden) anzuwenden, wenn ihre schnelle Bearbeitung garantiert ist, da nur so gewährleistet werden kann, dass neuentdeckte archäologische Fundstellen nicht durch Bautätigkeiten zerstört werden, bevor sie archäologisch untersucht wurden.

Als wichtigste Arbeitsinstrumente dienen dem Archäologen alle verfügbaren Karten, Chroniken und Spezialpublikationen. Anhand dieser Unterlagen gelingt allerdings nur in einem kleinen Teil der Fälle eine genauere Ansprache der Befunde. Gespräche mit alten Leuten, die oft jüngere Eingriffe noch selbst erlebt haben, können manchmal wichtige Informationen liefern.

In sehr vielen Fällen muss aber für genauere Abklärungen auf weitere Prospektionsmethoden zurückgegriffen werden.

Entpuppt sich nach all diesen Arbeiten die Fundstelle tatsächlich als archäologische Fundstelle und nicht als geologische Bodenbildung oder moderne Struktur (z.B. rekultivierte Kiesgrube), so kann das zur Diskussion stehende Areal als archäologische Zone kartiert und die Dokumentation an die zuständigen Behörden zur Kenntnisnahme weitergeleitet werden.

Neben der soeben besprochenen «konventionellen» Luftbildprospektion können unter günstigen Umständen auch Senkrechtaufnahmen, Infrarotaufnahmen sowie selbst Satellitenbilder für gewisse archäologische Fragestellungen gute Auswertungsgrundlagen bieten.

FELDBEGEHUNGEN

Feldbegehung ist wohl die älteste von Archäologen angewendete Prospektionsmethode, bei welcher ohne weitere Hilfsmittel ausser dem geschulten Auge innert relativ kurzer Zeit grössere Gebiete auf neue Fundstellen hin untersucht werden können. Entsprechend den Erfah-

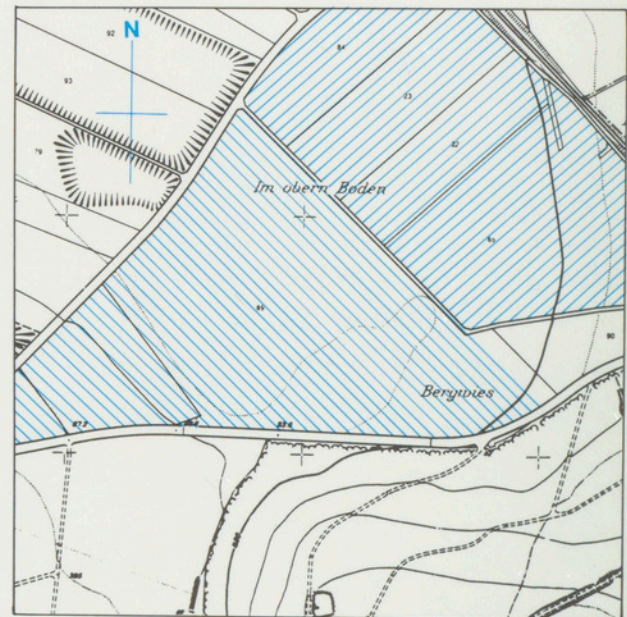


Abb. 9 Feldbegehung auf parallelen Linien (theoretisches Beispiel)

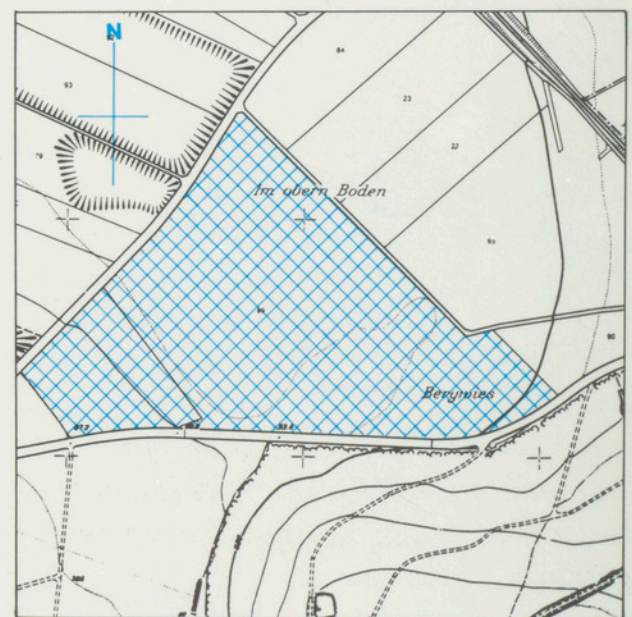


Abb. 10 Feldbegehung in einem in Quadrate aufgeteilten Feld (theoretisches Beispiel)
(zu Abbildungen 9, 10 – Grundlage bilden Gemeindepläne 1:5000, reproduziert mit Bewilligung des Vermessungs- und Meliorationsamtes des Kantons Zürich vom August 1991)

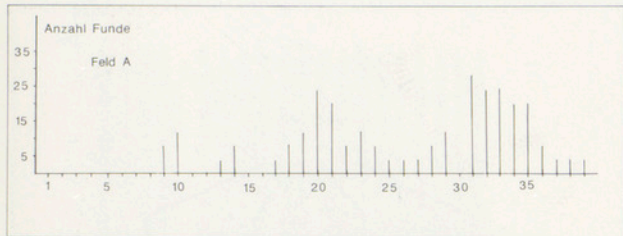


Abb. 11 Fundkonzentration von Sili-ces im Bereich eines Feldes, welches in Linien abgesucht wurde (theoretisches Beispiel)

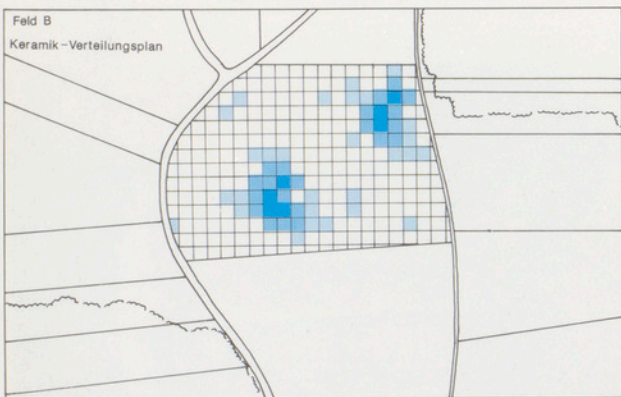


Abb. 12 Fundkonzentration von Keramik im Bereich eines Feldes, in welchem Funde quadrantenweise auf-gesammelt wurden

rungen in der Luftbildprospektion kann ein negatives Resultat bei einer Feldbegehung archäologische Überreste noch lange nicht definitiv ausschliessen, da auch hier verschiedene Faktoren für das Gelingen der Prospektion erfüllt sein müssen. Für einfache Feldbegehungen sind vor allem die schneefreien Wintermonate geeignet, in denen grössere Ackerflächen gepflügt und frei von irgendwelcher Vegetation brachliegen und die Funde durch Niederschläge und Frost freigewaschen sind. Feldbegehungen lassen sich in verschiedenster Art und Weise durchführen (entlang paralleler Linien, quadrantenweise in einem festgelegten Flächenraster usw.), wobei die Vorgehensweise der Fragestellung, der zur Verfügung stehenden Zeit und der Topographie angepasst werden muss.

Bedeutend schwieriger ist die Prospektion in unwegsamem Gelände oder im Wald. Hier können im Gegensatz zu Feldbegehungen nur in den seltensten Fällen Funde gesammelt werden. Die Schwerpunkte müssen bei einer primären Begehung deshalb besonders im genauen Erfassen des Mikroreliefs liegen. Auf geeigneten Plänen können Hügel, Grabensysteme, Flurgrenzen, Wasserläufe, Steinhaufen, Trockenmauern, Abbaustellen usw. kartiert und in ihrer Form und Ausdehnung zusätzlich beschrieben werden. Waldbegehungen sind nur in der vegetationslosen Zeit möglich.

GEOPHYSIKALISCHE PROSPEKTIONSMETHODEN

In der archäologischen Prospektion werden neben den gebräuchlicheren Methoden der Feldbegehung und Luftbildarchäologie auch geophysikalische Methoden eingesetzt. Da die archäologischen Strukturen verschiedene messbare Eigenschaften des Bodens verändern, können an der Erdoberfläche Messungen vorgenommen werden, um die darunterliegenden Strukturen zu lokalisieren. Im Gegensatz zu einer Ausgrabung lassen sich mit geophysikalischen Methoden in der Regel nur Strukturen, jedoch keine Fundobjekte auffinden.

Elektrik

Mit grossem Erfolg wird im Kanton Zürich die sogenannte Elektrik eingesetzt. Wie der Name der Methode bereits andeutet, wird dabei ein Strom für die Messung des Widerstandes benützt. Der Widerstand gibt

an, wie gut der Boden den Strom leitet. Dieser Wert gibt direkt Aufschluss darüber, ob sich unter dem Messpunkt eine archäologische Struktur befindet. Auf einer Ausgrabung sind die Störungen des Menschen vergangener Zeiten nur sichtbar, weil die Erdschichten eine unterschiedliche Farbe aufweisen. Diese Störungen bewirken unter anderem auch einen Unterschied der im Boden speicherbaren Menge an Wasser. Eine Steinmauer beispielsweise ist im Normalfall trocken, während die sie umgebende Erde feucht ist. Die Fähigkeit des Bodens, einen Strom zu leiten, hängt nun aber von der Menge Wasser im Boden ab. Mit Hilfe des Widerstandes, der ein Mass für diese Leitfähigkeit darstellt, kann also festgestellt werden, ob sich im Boden eine Mauer befindet. Es kann aber auch der Fall eintreten, dass der Boden an gewissen Stellen den Strom besser leitet als in der Umgebung. In einem solchen Fall ist man vermutlich auf einen verfüllten Graben oder eine zugeschüttete Grube gestossen. Beide nehmen in der Regel mehr Wasser auf als das sie umgebende Erdreich.

Soll der Widerstand gemessen werden, ist dazu eine Anlage notwendig, die einen Strom in den Boden schickt und gleichzeitig misst, wie gut dieser Strom im Boden fliesst. Dazu werden an das Gerät Eisenspitzen, sogenannte Elektroden, angeschlossen, die den Kontakt zum Boden herstellen. Eigentlich wären für eine Messung nur zwei Elektroden notwendig. Dabei auftretende Messprobleme lassen sich jedoch mit der Verwendung von vier Elektroden und Wechselstrom beheben.

Die Abbildung 13 zeigt in einem Schnittbild, wie eine Messung aussieht, wenn die Eisenspitzen oder Elektroden in einer Reihe stehen.

Die im Boden verlaufenden gekrümmten Linien, die die beiden äusseren Elektroden verbinden, stellen den Strom dar, wie er durch den Boden fliesst. Diese Linien dünnen nach unten aus und zeigen damit auf, dass die Tiefe, in der die archäologischen Strukturen erfasst werden können, begrenzt ist. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die tiefsten, erfassbaren Objekte in einer Tiefe liegen, die dem Abstand der Elektroden entspricht. Daraus kann geschlossen werden, dass man durch Verändern des Abstandes der Elektroden auch die Tiefe der erfassbaren Strukturen verändern kann. Üblicherweise verwendet man einen Abstand von einem Meter, so dass archäologische Objekte bis in diese Tiefe erfasst werden können.

Damit für jeden Punkt des zu untersuchenden Geländes Angaben über die darunterliegenden archäologischen Strukturen gemacht wer-

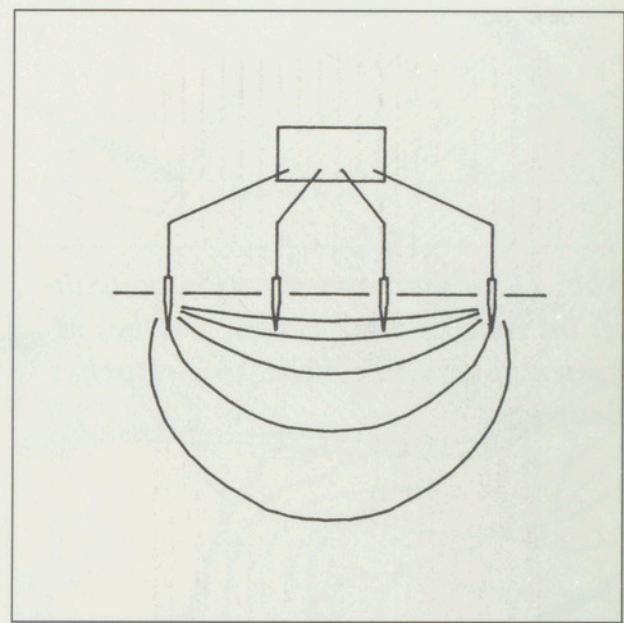


Abb. 13 Schematische Darstellung der Widerstandsmessungen

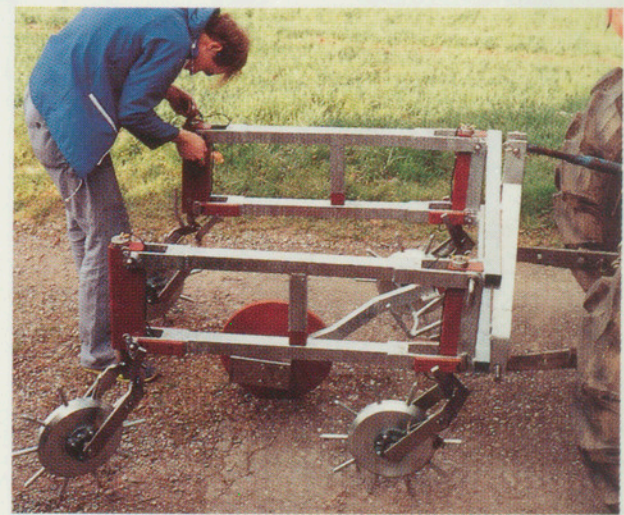


Abb. 14 Dieses Bild zeigt den von der Kantonsarchäologie Zürich verwendeten Aufbau der Elektroden am Traktor. Die mit Kunststoffblöcken isolierten Räder stellen den Kontakt mit dem Boden her. Im Gegensatz zur Abbildung 13 sind die Elektroden nicht in einer Reihe, sondern in einem Quadrat angeordnet. Photo J. Leckebusch

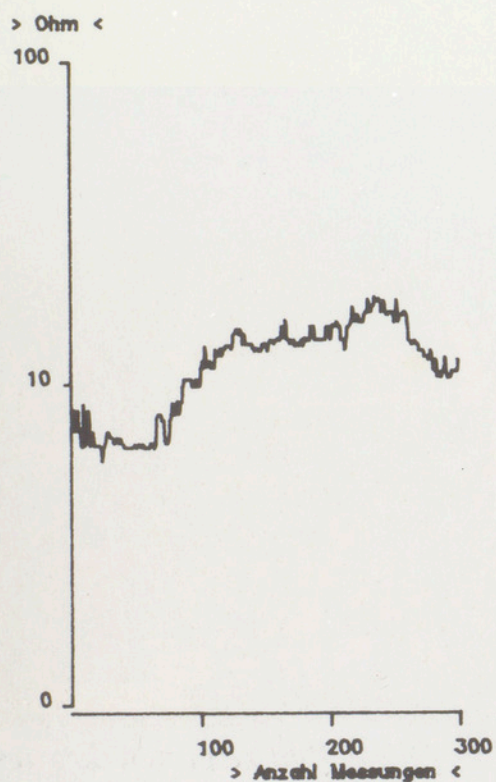
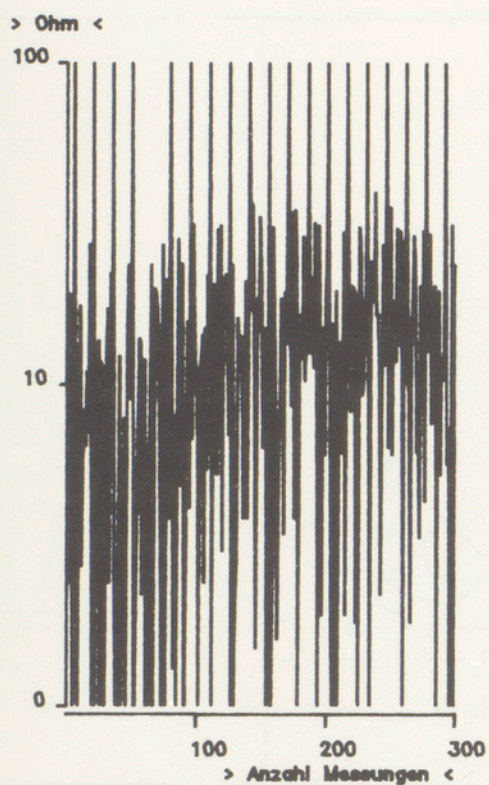


Abb. 15 Beispiel für die Verarbeitung der Messdaten im Computer. Oben sind die stark gestörten Messdaten dargestellt, wie sie im Feld registriert werden. Darunter ist dasselbe Profil abgebildet, nachdem die Störungen mit dem Computer beseitigt wurden.

den können, wird in jedem Quadratmeter eine Messung ausgeführt. Das heisst, dass die vier Elektroden von Quadratmeter zu Quadratmeter bewegt werden müssen. Nachdem dies in den Anfängen von Hand durchgeführt wurde, werden die an einem Traktor befestigten Elektroden heute über das Feld gezogen und die Messwerte dabei automatisch in einem Computer gespeichert. Auf diese Weise können die Messungen sehr viel schneller durchgeführt werden. Zurzeit benötigt man für eine Hektare (100×100 m) zwischen einem halben und einem ganzen Tag. Dabei werden rund 100 000 Messungen abgespeichert.

Die Automatisierung der Messungen bringt aber nicht nur Vorteile: Da die Elektroden während der Messung vom Traktor über das Feld gezogen werden, entstehen Messstörungen, die anschliessend wieder beseitigt werden müssen. Die Graphik zeigt oben (Abb. 15) ein sehr stark gestörtes Messprofil und unten das verarbeitete Profil. Dieses Beispiel zeigt, wie gut die Messstörungen mit Hilfe des Computers aus stark gestörten Daten beseitigt werden können. Dies erklärt auch, warum der Computer in der archäologisch-geophysikalischen Prospektion zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden ist. Er wird einerseits zur Speicherung der Daten im Feld, andererseits für die Aufbereitung und Darstellung der Daten verwendet. In den Anfängen der archäologisch-geophysikalischen Prospektion wurden die Messwerte, ähnlich den Höhenkurven in einem Plan, mit sogenannten Isolinien dargestellt. Später wurden dazu sogenannte Punktdichteschriften verwendet. Heute lässt man die Messungen vom Computer als Grauwertbild ausgeben. Das heisst, dass jeder einzelne Messwert in einen Grauwert umgesetzt wird und somit quasi eine Photographie des Untergrundes entsteht (Abb. 16). Mit Hilfe des Computers lassen sich aber auch die Bilder verbessern.

Die Elektrik eignet sich besonders für das Auffinden von Mauern aus allen Zeitepochen. Im Gegensatz zu anderen Methoden sind zwar die Messungen sehr viel weniger fehleranfällig, dafür aber stark vom momentanen Wassergehalt des Bodens abhängig.

Magnetik

Bei der Magnetik wird das Magnetfeld der Erde gemessen. Ähnlich wie bei der Elektrik wird festgestellt, dass die menschlichen Eingriffe auch das magnetische Verhalten des Bodens verändert haben. Dabei gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Arten von archäologischen Störungen

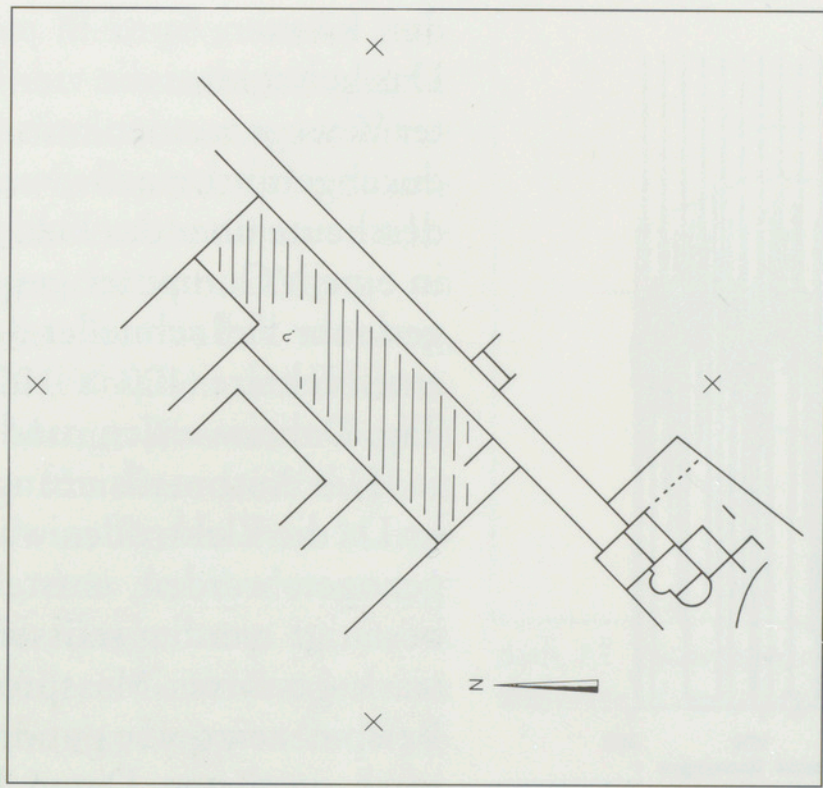
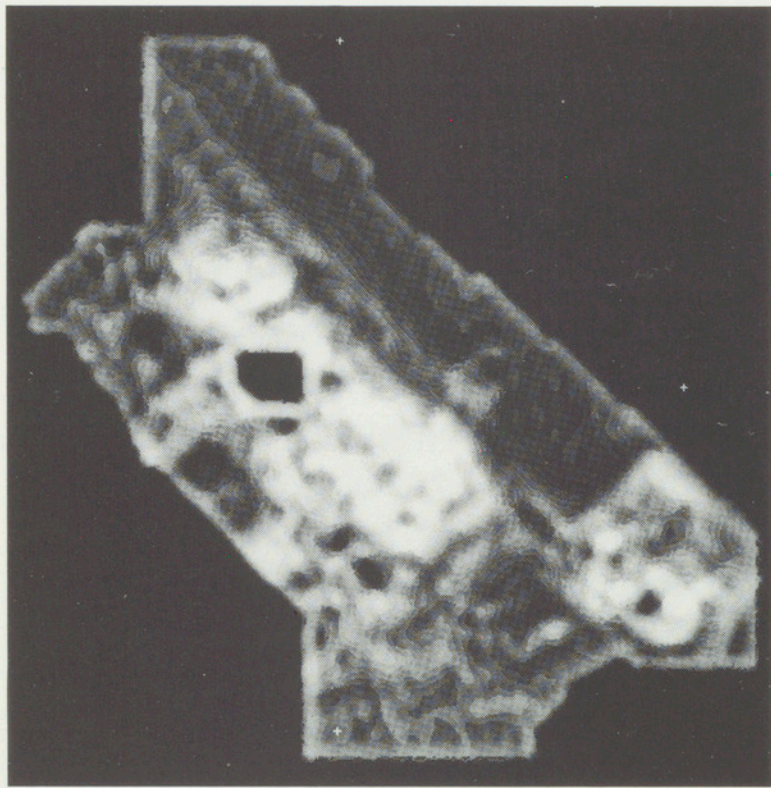


Abb. 16 Geoelektrische Messungen in Neftenbach ZH. Auf der linken Seite sind die mit dem Computer verarbeiteten Messungen zu sehen und auf der rechten Seite die archäologische Interpretation der Messungen.

oder Anomalien: Zum einen sind im Boden archäologische Objekte oder Strukturen vorhanden, die selber magnetisch sind; zum anderen gibt es Strukturen, die erst durch das Einwirken des Magnetfeldes der Erde ein eigenes Magnetfeld erzeugen. Bekanntlich hat gebrannter Ton ein eigenes Magnetfeld; Keramik wie auch die in der Vergangenheit aus Ton gefertigten Töpferöfen sind sehr stark magnetisch. In Eisen, das auch in archäologischen Ausgrabungen gefunden wird, entsteht durch das Erdmagnetfeld ein starkes eigenes Magnetfeld. Dies kann man selbst mit einem Kompass feststellen. Aber auch verfüllte Gruben, Mauern, Pfostenlöcher usw. bauen ihr eigenes Magnetfeld auf. Diese einzelnen magnetischen Anomalien lassen sich an der Oberfläche im eigentlichen Erdmagnetfeld feststellen. Allerdings sind die Anomalien so schwach, dass empfindliche Messgeräte verwendet werden müssen. Zum Beispiel können die Störungen des Magnetfeldes durch die Unebenheiten eines frisch gepflügten Ackers bereits grösser als die archäologischen Störungen sein.

Wie bei der Elektrizität treten auch hier verschiedene Probleme auf. So müssen die starken Störungen vorbeifahrender Fahrzeuge oder weit entfernt anfahrrender Züge wegen der grossen Empfindlichkeit besei-

tigt werden. Zusätzlich müssen auch magnetische Stürme, die von der Sonne ausgehen, ausgeglichen werden. Aus diesen Gründen werden heute zwei Messsonden in einem festen Abstand übereinander plaziert und die Differenz der Messungen der beiden Sonden gebildet. Weil der Einfluss aller unerwünschten Störungen auf beide Sonden gleich gross ist, können die Störungen durch Subtraktion sehr elegant beseitigt werden. In den Messwerten sind nur die direkt unter den Sonden liegenden Anomalien enthalten.

Die Tiefe, in der archäologische Strukturen noch erfasst werden können, lässt sich hier nicht so einfach angeben wie in der Elektrik.



Abb. 17 Ein Magnetfeldmessgerät im Einsatz in Deutschland (vgl. L. Wamser, *Neue Untersuchungen im frühromischen Legionslager bei Marktbreit*. *Das Archäologische Jahr in Bayern* 1987, 92–102, Abb. 63).

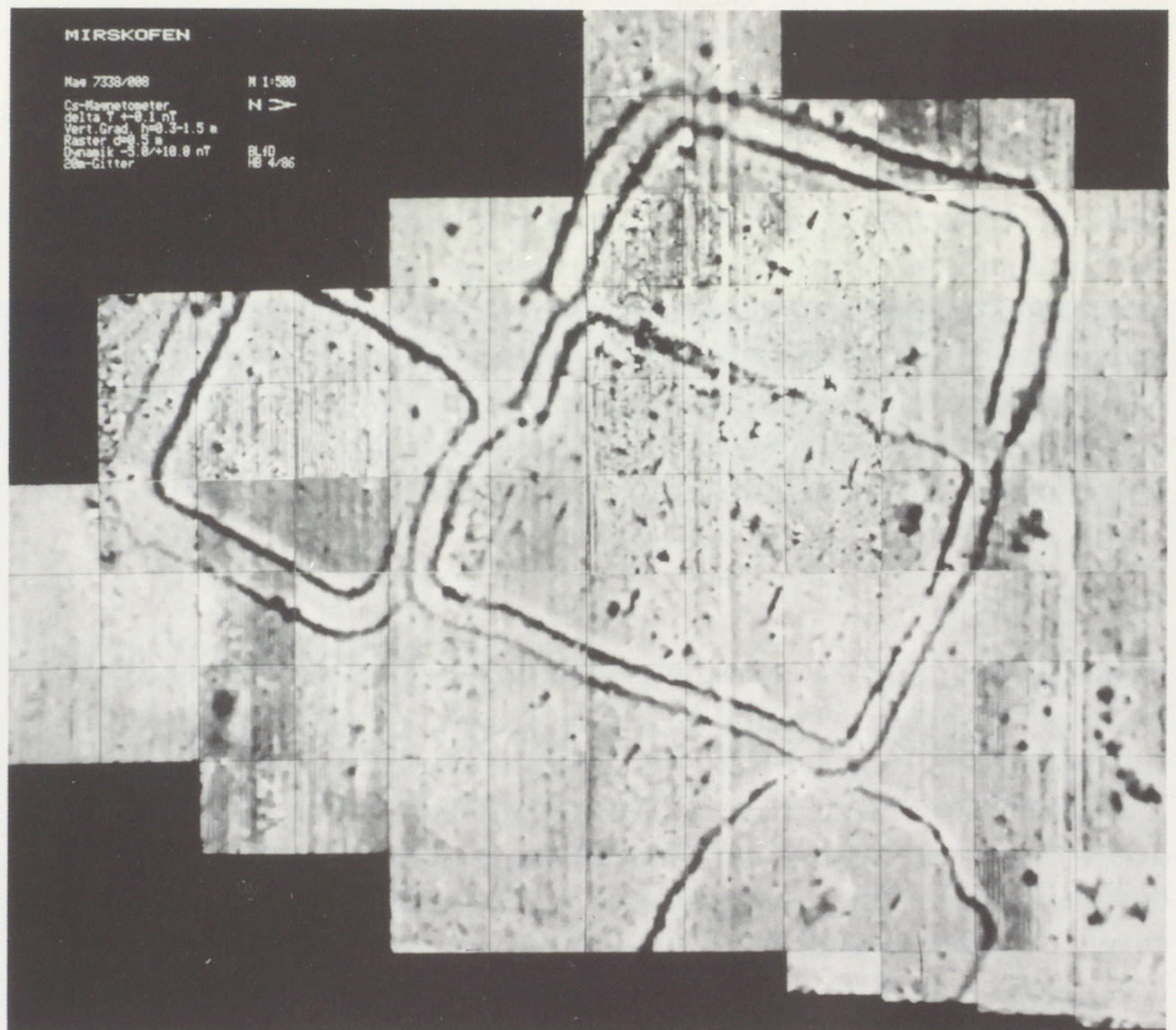


Abb. 18 Die Messungen der Fundstelle Mirskofen in Deutschland veranschaulichen die hohe Auflösung und Deutlichkeit der Magnetfeldmessungen. Es handelt sich hier um Grabensysteme, die im Inneren weitere Bauten aufweisen. (vgl. H. Becker / K. Leidorf, *Neue Pläne hallstattzeitlicher Grabenwerke in Niederbayern*. *Das Archäologische Jahr in Bayern* 1986, 73–77, Abb. 45)

Einzigste Bedingung ist, dass der Effekt an der Oberfläche gemessen werden kann. Strukturen bis in zwei, drei Meter Tiefe erzeugen normalerweise ein ausreichendes Magnetfeld. Unter idealen Bedingungen gelingt es sogar, archäologische Überreste in einer Tiefe von bis zu sechs Metern zu lokalisieren. Die Magnetfeldmessungen sind wohl als erste geophysikalische Messungen in der Archäologie automatisiert worden. Da die Sonden in keinem Kontakt zum Boden stehen müssen, bietet sich dieses Vorgehen geradezu an. Heute werden deshalb die beiden Sonden auf ein kleines, völlig unmagnetisches Wägelchen montiert. Da ein Traktor ein sehr starkes Magnetfeld erzeugt, kann dieses Wägelchen nicht von einem Traktor, sondern muss von Hand über die Felder gezogen werden. Die im Feld automatisch registrierten Daten werden wie in der Elektrik auch in der Magnetik vom Computer verarbeitet und schliesslich als Grauwertbild ausgegeben.

Mit der Magnetik ist es möglich, einzelne Gruben und Pfostenlöcher nicht nur zu lokalisieren, sondern auch deren Form anzugeben und sogar deren Tiefe und Querschnitt zu berechnen.

Die Magnetik wird allerdings in nicht korrigierbarem Mass durch Eisenobjekte, Zäune und besonders Stromleitungen gestört. Dies ist besonders in der Schweiz sehr entscheidend, da sich solche Störungen häufig neben oder sogar über den archäologischen Strukturen befinden. Aus diesem Grunde ist die Magnetik bis heute in der Schweiz nie in grösserem Ausmass zum Einsatz gekommen.

Radar

Radar ist die jüngste der in der Archäologie verwendeten geophysikalischen Prospektionsmethoden. Die ersten Versuche und Resultate sind sehr vielversprechend. Bei Radarmessungen werden von einer Antenne elektromagnetische Wellen (vergleichbar mit Radiowellen) in den Boden geschickt. Diese Wellen breiten sich im Boden aus und werden, falls sie an eine Schichtgrenze zwischen verschiedenen Materialien treffen, wieder an die Oberfläche reflektiert, wo sie registriert werden. Dazu muss, wie bei den beiden anderen bereits erwähnten Methoden, ein Unterschied zwischen den beiden Schichten oder der archäologischen Struktur und der Umgebung vorhanden sein. Ist dies der Fall, so können auf Grund der reflektierten Wellen Aussagen über den Untergrund gemacht werden. Aus den Messungen lassen sich direkt Form, Tiefe und Grösse einer Struktur angeben. Dies ist mit keiner der ande-



Abb. 19 Die Abbildung des Messgerätes mit dem dazugehörigen Bildschirm des Radars zeigt, wie klein die heutigen Apparaturen sind (die Geräte für Widerstands- und Magnetfeldmessungen sind etwa gleich gross).

Photo J. Leckebusch

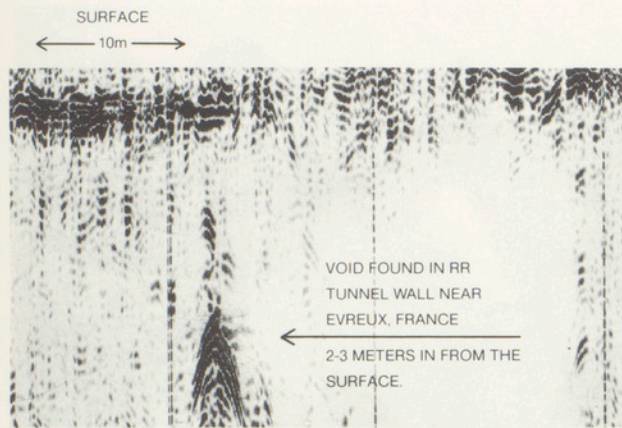


Abb. 20 Das Profil zeigt sehr deutlich, wie Strukturen im Boden vom Radar erfasst werden. Solche Messungen könnten zum Beispiel auf eine Mauer hindeuten. (Ausdruck GSSI)

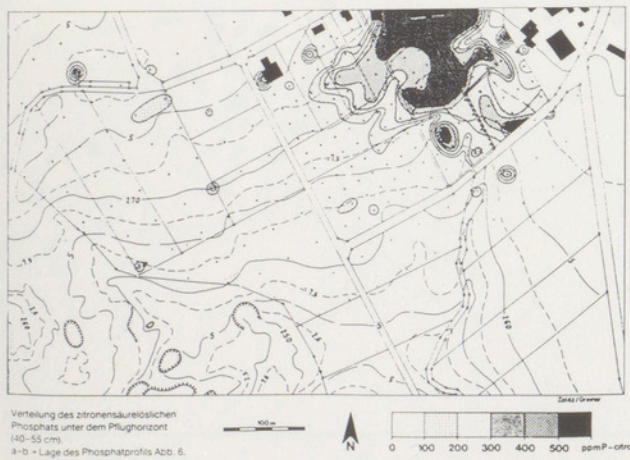


Abb. 21 Verteilung von zitronensäurelöslichem Phosphat unter dem Pflughorizont

aus: R. Zöllitz, *Wüstungsprospektion mit Hilfe der Phosphatkartierung in Düna*, S. 26–30, Abb. 3

in: *Düna/Osterode – Ein Herrensitz des frühen Mittelalters*, Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 6 (1986)

ren erwähnten Methoden möglich. Die erhaltenen Werte können dabei bis auf mehrere cm genau sein. Die extrem hohe Genauigkeit hat aber auch Folgeerscheinungen. Einerseits ist die nötige Datenmenge enorm, und andererseits können die Messungen nur nach zahlreichen Verarbeitungsschritten gelesen und interpretiert werden. Die Vorteile einer dreidimensionalen Darstellung des Untergrundes – ohne jegliche Ausgrabung wohlgemerkt – sind jedoch gross. Da mit Hilfe des Radars auch einzelne Schichten erfasst werden können, ist der Archäologe mit Hilfe dieser Unterlagen im Stande, eine allenfalls nötige Ausgrabung genau zu planen.

Beim Radar kann die zu erfassende Tiefe beeinflusst werden. Je nach der Art der Antennen werden Tiefen bis 3 m oder sogar bis 30 m erfasst. Mit zunehmender Tiefe nimmt die erwähnte Genauigkeit sehr schnell ab. Da die archäologischen Strukturen nur selten tiefer als zwei bis drei Meter liegen, kann meistens die gewünschte Genauigkeit erreicht werden.

Leider hat diese Methode, obwohl sie sehr genau und fein ist, auch ihre Nachteile. Sobald der untersuchte Erdbereich sehr feucht ist, reduziert sich die erfassbare Tiefe stark. Dies kann so weit gehen, dass eine mit Wasser gesättigte Oberfläche die Radarwellen nicht in den Boden eindringen lässt. Daher ist man in der Schweiz gezwungen, die Messungen jeweils in den trockenen Sommermonaten durchzuführen.

Weitere Prospektionsmethoden

Phosphatuntersuchungen und andere chemische Untersuchungen

Durch menschliche Aktivitäten kann die natürliche Zusammensetzung eines Bodens so stark verändert werden, dass anhand chemischer Bodenanalysen die Unterschiede zum ursprünglichen Zustand (im unveränderten Umland) gemessen werden können. Fortdauernder Ackerbau führt ohne Düngung zu einer Abnahme von Nährsalzen und einer allmählichen Versäuerung des Bodens, Abfallbeseitigung innerhalb der Siedlungen führt zu starken Phosphatanreicherungen. Messungen des Säuregehaltes (pH-Wert-Methode) bzw. von Phosphatanreicherungen (Phosphatmethode) im Boden können Informationen zu ehemaliger Bodennutzung und Siedlungsaktivität liefern.

Bohrprospektion

Für Detailuntersuchungen nach ersten Prospektionsresultaten im Gelände (z.B. durch Luftbilder oder Feldbegehungen) lassen sich mit verschiedensten Bohrertypen durch systematisch angelegte Bohrserien zusätzlich wichtige Informationen zur stratigraphischen Abfolge der archäologischen Befunde, zu Bodenkunde, Geologie usw. erzielen. Mit geeigneten Bohrkernen lassen sich neben stratigraphischen Informationen auch zusätzlich noch Proben für Phosphatuntersuchungen und Pollenanalysen gewinnen. Als Nachweis menschlicher Aktivitäten finden sich in Bohrproben Holzkohle, Holz, Keramik, Ziegelfragmente, Mörtel usw.



Abb. 22 Bohrprospektion mit einem motorbetriebenen Bohrer

Beispiele archäologischer Prospektion aus dem Kanton Zürich

Unterstammheim

Besonders interessante Resultate konnten seit 1988 im nördlichen Bereich des Stammertales erzielt werden.

In diesem besonders trockenen Gebiet (durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge ca. 900 mm) wurde im Bereich fluvioglazialer Schotterablagerungen mit übermässiger Wasserdurchlässigkeit auf einer leichten Geländeerhöhung, der Flur Ömdwisen, eine beträchtliche Zahl unterschiedlichst geformter und verschieden grosser Gruben entdeckt, welche aller Wahrscheinlichkeit nach Teile der bereits im Frühmittelalter in Quellen wiederholt genannten Siedlung «Äpelhusen» sein dürften.



Abb. 23 Unterstammheim Ömdwisen

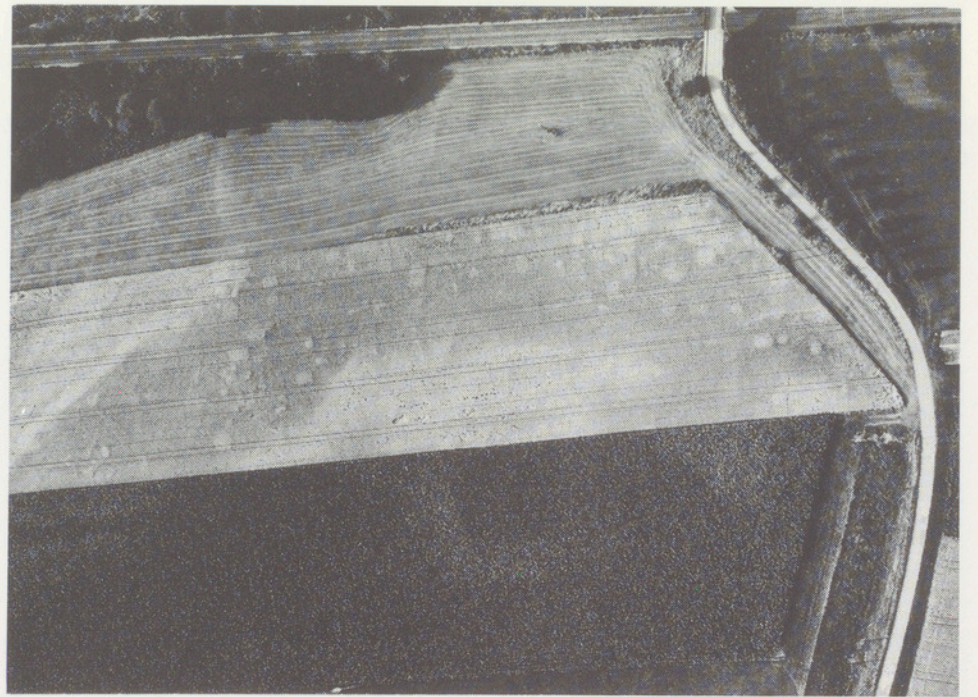


Photo O. Braasch, Zeichnung P. Nagy

Rheinau

Über die Bedeutung der Halbinsel Rheinau herrschte lange Zeit trotz der ergiebigen archäologischen Untersuchungen auf der gegenüberliegenden deutschen Halbinsel Altenburg, wo der Nachweis eines spätlatènezeitlichen Oppidums erbracht werden konnte, Unklarheit. Durch Ausgrabungen im Bereich des «Keltenwalles» von Rheinau im Jahre 1989 sowie aufgrund der auf Luftbildern sichtbaren Strukturen (Bewuchsmerkmale) auf der gesamten Halbinsel konnte nun klar belegt werden, dass auch die schweizerische Halbinsel siedlungsgeschichtlich bedeutsam ist.

Das trockene Klima sowie der geologische Untergrund von Rheinau bilden ideale Voraussetzungen für den Nachweis von Bewuchsmerkmalen. Auf den Luftbildern sind neben alten Wasserläufen des Rheins Unmengen von Gruben, Gräbchen, Grabensystemen, Gebäudegrundrissen usw. sichtbar, die vermutlich von prähistorischer Zeit bis in die Neuzeit datieren.

Eine kleinere Sondierung im Bereich einer solchen Grube erbrachte erst kürzlich interessante Befunde sowie ein reiches spätlatènezeitliches Fundmaterial.



Abb. 24 Rheinau Halbinsel Au

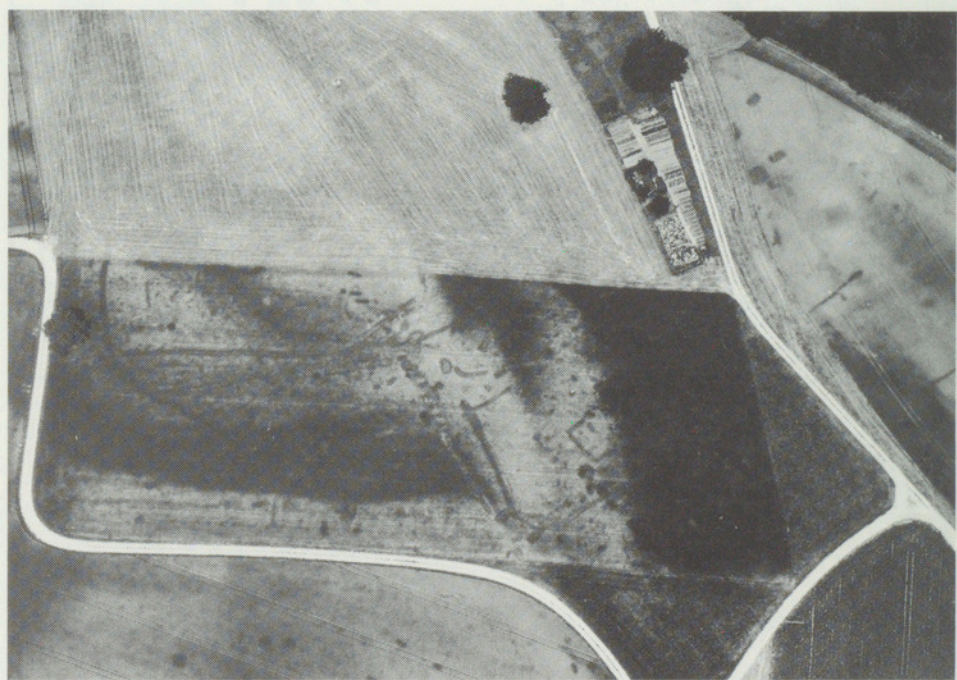


Photo O. Braasch, Zeichnung P. Nagy

Dachsen

Im Bereich der unteren Rheinschotterterrassen konnten seit 1988 jedes Jahr zahlreiche Bewuchsmerkmale in Form von Gruben, Grabensystemen und Kreisstrukturen beobachtet werden.

Bei den auf den Luftbildern sichtbaren vier Kreisringen dürfte es sich um einen Teil eines seit 1886 bekannten frühmittelalterlichen Gräberfeldes handeln, welches bis heute neben verschiedenen Grabbefunden mit Skelettresten u.a. zwei bronzene Riemenzungen der spätmerowingischen Zeit (um 700 n. Chr.) geliefert hat.

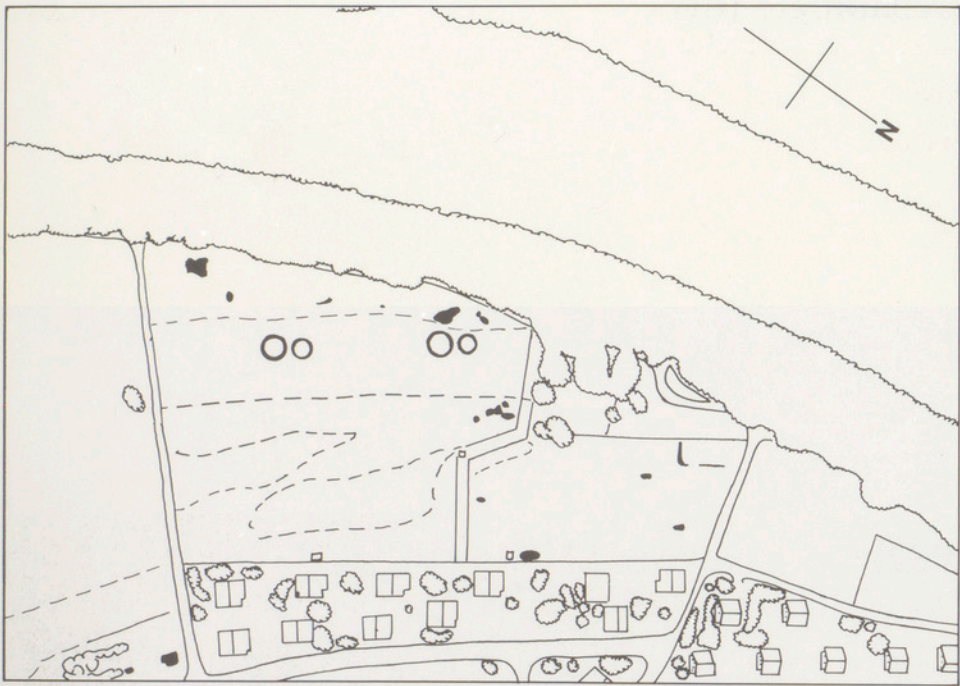


Abb. 25 Dachsen Steinboden

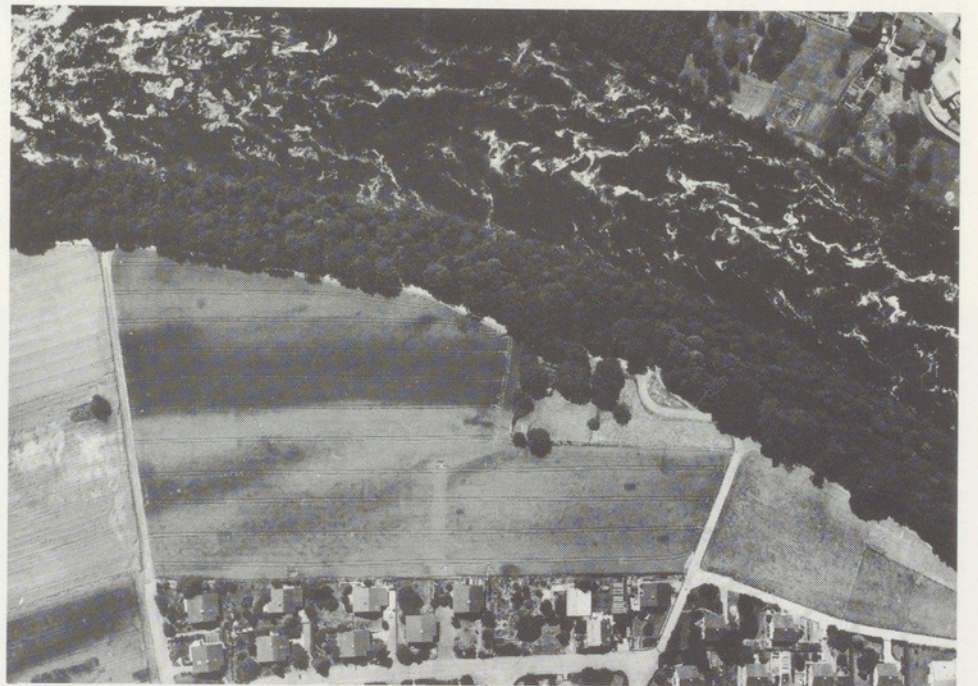


Photo O. Braasch, Zeichnung P. Nagy

Bibliographie

(mit weiterführender Literatur)

O. Braasch

Luftbildarchäologie in Süddeutschland (Stuttgart/Aalen 1982)

R. Christlein / O. Braasch

Das Unterirdische Bayern (Stuttgart 1982)

L. Deuel

Flights into Yesterday: the story of aerial archaeology (London 1971)

Deutsch: Flug ins Gestern: Das Abenteuer der Luftarchäologie (dtv 1679, München 1981)

B. Hrouda

Methoden der Archäologie (München 1978)

H. Mommsen

Archäometrie (Stuttgart 1986)

D. N. Riley

Air Photography and Archaeology (London 1987)

D. R. Wilson

Air Photo Interpretation for archaeologists (London 1982)

Mögliche archäologische Strukturen

