

Thermische Prospektion

Was bedeutet thermische Prospektion?

Im Boden befindliche archäologische Strukturen unterscheiden sich auch hinsichtlich ihrer thermischen Eigenschaften von dem sie umgebenden Erdreich.

Bei meteorologisch günstigen Bedingungen (z.B. kontinuierliche Erwärmung oder Abkühlung über mehrere Tage oder Wochen) kann dieser thermische Unterschied an der bewuchslosen Erdoberfläche in Form von Temperatur- und somit Strahlungsunterschieden ($T_1 >$ oder $< T_2$) messbar werden. (Abb.1)

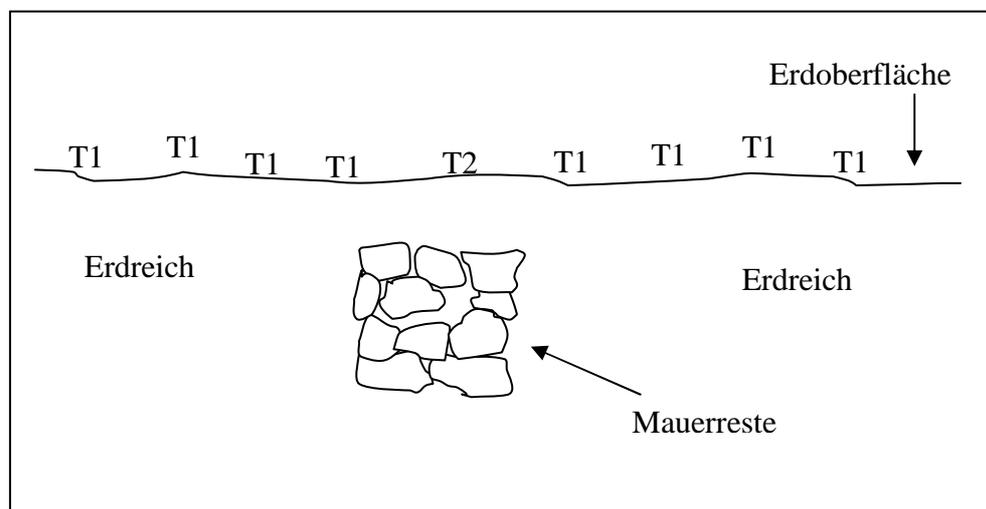


Abb.1 Thermische Materialunterschiede im Erdreich können bei meteorologisch günstigen Bedingungen zu Temperaturunterschieden auf der Erdoberfläche führen.

Da Wärmebildkameras auf Temperaturunterschiede bis zu 0.1°C und kleiner reagieren können, besteht die Möglichkeit, ein Abbild der im Boden verborgenen Strukturen auf Wärmebildern aus der Luft sichtbar zu machen.

Ende der 70er und Anfang der 80er Jahre wurden thermische Prospektionen in Frankreich u.a. von den Pionieren M.C. Perisset und A.Tabbagh durchgeführt. Diese ersten erfolgreichen Prospektionen wurden großflächig (Bildstreifen von $1,5 \times 30 \text{ km}$, Auflösung $>100 \times 100 \text{ cm}$) durchgeführt und ermöglichten das Erkennen von Graben- und Wallstrukturen, mittelalterlichen Feld-Strukturen und Grenzen sowie in wenigen Fällen diffuser Gebäudestrukturen. (Abb.1a)



Abb. 1a
Diffuse Gebäudestruktur
eines Gallo-Römischen
Bauwerkes.

Klare Strukturen von Gebäudemauern oder -Grundrissen vergleichbar mit Bewuchsmerkmalen wurden nicht prospektiert.

Ausgangssituation und Fragestellung (Herbst 2004)

Seit dem intensiveren Studium von Literatur zur Luftbildarchäologie im Sommer 2002 entstand der Wunsch von ARCHAEOFLUG, die Möglichkeiten der archäologischen Prospektion mittels Wärmebildern auszuloten.

Insbesondere interessant war die Frage nach der Möglichkeit des Erkennens klarer Grundrissstrukturen, so wie sie von der klassischen Luftbildarchäologie bekannt sind.

Eine positive Beantwortung dieser Frage hätte zur Folge, dass durch eindeutige Funde belegte, römische Villenplätze, gezielt nach Gebäudelage und Dimension befliegen werden könnten, ohne auf das seltene Auftauchen zufälliger Bewuchsmerkmale angewiesen zu sein.

Darüber hinaus ist auch eine Erweiterung des Prospektionszeitfensters in die kalte bewuchslose Jahreszeit hinein für Archaeoflug von besonderer Bedeutung.

Die Kosten für das Equipment (Wärmebildkamera) sind jedoch extrem hoch (10-50 TSD Euro) und sprengten den uns zur Verfügung stehenden Rahmen.

Der Versuch, mit der Uni Kaiserlautern ein gemeinsames Projekt dazu ins Leben zu rufen, scheiterte am mangelnden Interesse seitens der dort verantwortlichen Ansprechpartner.

Mit dem Wärmebildkamera-Hersteller FLIR SYSTEMS und dessen Mitarbeiter Herrn R. Geipert fanden wir im Herbst 2004 einen interessierten Partner, der bereit war, ARCHAEOFLUG das Equipment für Versuchszwecke zur Verfügung zu stell

Equipment- und Prospektionsgrenzen

Die technischen Daten der Kamera beeinflussen in erheblichem Maße die Vorgehensweise bei der Prospektionsbefliegung:

Eine wesentliche Einschränkung entsteht durch die Kameraauflösung von nur 140x140 Bildpunkten.

Weitere Hemmnisse zweitrangiger Natur sind:

großes Gewicht (6 Kilo), Größe (wie Fernsehkamera), Mono- statt Stereookular und eine für die Flug-Position ungünstige Anordnung der Bedienungsknöpfe.

Dokumentationsmöglichkeiten:

Vorgesehen ist die Möglichkeit, Einzelbilder auf einem eingebauten 3 1/2 Zoll Diskettenlaufwerk abzuspeichern (ca.70 Bilder). Diese können im Computer mit einem speziellen Programm anschließend thermisch analysiert werden.

Zusätzlich ergibt sich die Möglichkeit, mit Hilfe eines möglichst kleinen digitalen Videorecorders das ebenfalls zur Verfügung stehende AV-Signal aufzuzeichnen und anschließend in Ruhe ohne Flugstress als Video zu betrachten. Hier besteht keine Möglichkeit der nachträglichen thermischen Analyse.

Beide Dokumentationsmöglichkeiten wurden eingesetzt.

Problematische Flughöhe

Bedingt durch die Kameraauflösung von 140x140 Bildpunkten und einen Erfassungswinkel des Teleobjektives von 7° ergibt sich folgender tabellarischer Zusammenhang zwischen Flughöhe und Objektauflösung. (Abb. 2)

FFUGHÖHE	BILD-AREAL	PIXELGRÖSSE	TESTBILD Nr.
~ 100 m	70m x 70m	50cm x 50cm	1
~ 80 m	56m x 56m	40cm x 40cm	2
~ 60 m	42m x 42m	30cm x 30cm	3
~ 40 m	28m x 28m	20cm x 20cm	4
~ 20 m	14m x 14m	10cm x 10cm	5

Abb.2 Zusammenhang zwischen Flughöhe und Objektauflösung

Um eine bessere Vorstellung von der zu erwartenden Bildqualität zu bekommen, wurde ein Luftbildausschnitt des zu prospektierenden Bereiches in 5 entsprechenden Auflösungen angefertigt.

Der Luftbildausschnitt zeigt einen Raum an der Außenmauer der Villa A von ca. 10 x 4 Meter Größe. (Abb. 2a)

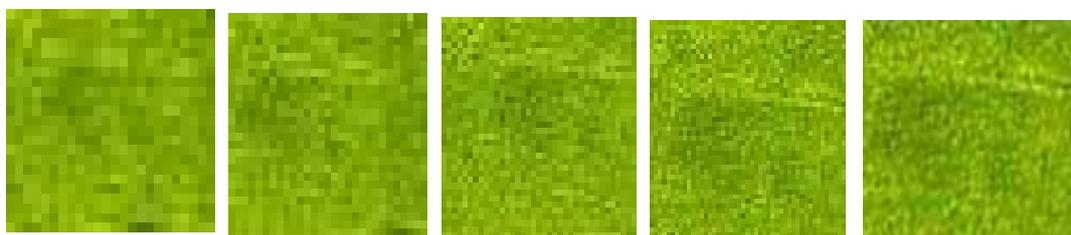


Abb. 2a Die zu erwartende Bildqualität in Testbildern (1-5 interpoliert)

- Aus der Tabelle und den Testbildern wird sichtbar, dass größere zu prospektierende Strukturen wegen der eingeschränkten Kameraauflösung niemals in ihrer Gänze im Bild sichtbar werden können.
Die zu erwartenden Ausmaße ganzer Gebäudestrukturen römischer Villen liegen ca. je nach Typ zwischen 50 und 100 Metern Länge bzw. Breite.
Gebäudeteile und einzelne Räume könnten jedoch bei entsprechend niedriger Flughöhe zu erkennen sein.
- Ebenfalls wird deutlich, dass, um eine auswertbare Auflösung von Gebäudeteilen zu erreichen, während der Aufnahme möglichst in einer Höhe von unter 60 Metern, besser noch in einer Höhe von 20 Metern, geflogen werden muss.
Dies ist technisch möglich, jedoch unter rechtlichen und sicherheitstechnischen Gesichtspunkten unzulässig bzw. bedenklich.

Problematische Aufnahmesituation

- Bei einer Fluggeschwindigkeit von $v_{\min}=50$ km/h und der oben festgestellten notwendigen niedrigen Flughöhe wird das Anvisieren des vermuteten Objektes im Flug extrem schwierig und führt immer zu starkem Verwackeln und dadurch zu großer Unschärfe.
- Auch das Erkennen und Anvisieren der zu prospektierenden Stelle ist bei sehr kleinen Bildausschnitten problematisch da im Okular keine sicheren Anhaltspunkte für die aktuell anvisierte Position zu sehen sind.

Vorgehensweise und Ergebnisse

Trotz der bekannten Problematik wurden im Herbst/Winter 2004/2005 zwei bereits durch Luftbildprospektion bekannte römische Villen (A und B) thermografisch befliegen. (Abb. 3a-f und 4a-e)

Villa A



Abb. 3a Luftbild Villa A
Außenraum



Abb. 3b Detailansicht Außenraum
Villa A

Da die verborgenen Strukturen der Villa A auf freiem Feld liegen, wird schon das Anvisieren der bekannten, jedoch unsichtbaren Struktur, ohne im Okular sichtbare markante Anhaltspunkte sehen zu können, unmöglich. Um dieses Problem in den Griff zu bekommen wurden, auf der zu prospektierenden Stelle 50 x 50 cm große Styroporkörper sichtbar in der Ackeroberfläche eingegraben. Sie sollten, durch ihre im Regelfall vom Boden unterscheidbare Temperatur, während der Aufnahme als Orientierungspunkte dienen.

Jedoch waren diese selbst bei niedrigster Flughöhe im Okular nicht erkennbar. Lediglich die unterschiedliche Oberflächentemperatur der verdichteten Fahrspur war deutlich zu erkennen. (Abb. 3 c-e)

Weder die thermische Analyse der dokumentierten Einzelbilder noch die Analyse der Videoaufnahmen gaben bei mehreren Befliegungen irgendeine klare Struktur des Bodendenkmals wieder. Zeitweise waren diffuse flächige Strukturen zu erkennen. Bezüglich der Fragestellung sind diese jedoch nicht aussagefähig. (Abb. 3f)

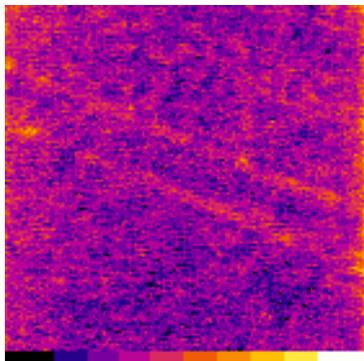


Abb. 3c
Wärme-Einzelbild mit
Fahrspur, thermische
Auflösung von
-0,8°C (w) bis +1,6°C (s)



Abb. 3d
Luftbild mit Fahrspur
und Bewuchsmerkmal

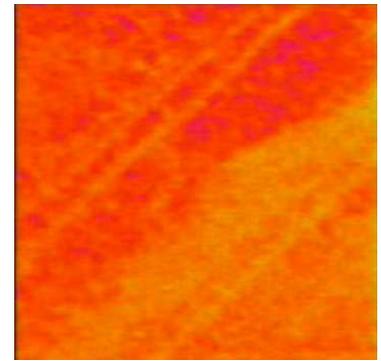


Abb. 3e
Wärme-Videostrandbild
mit Fahrspur

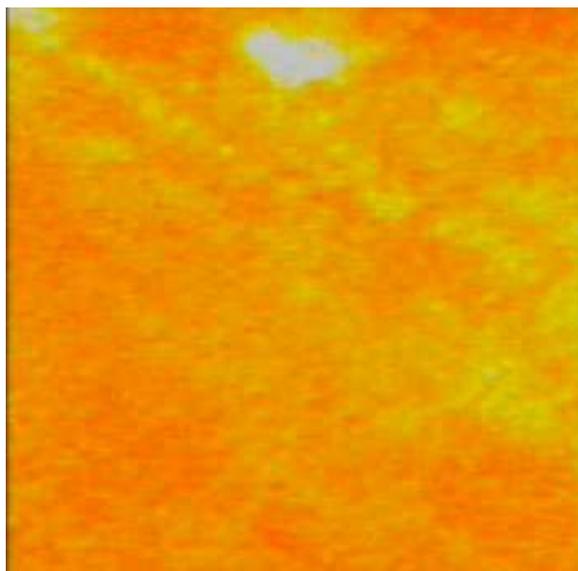


Abb. 3f
Diffuse unklare kalte Strukturen
in Bearbeitungsrichtung

Die Befliegung der Villa A wurde deshalb nach mehreren ergebnislosen Versuchen mangels Erfolgsaussichten eingestellt.

Villa B

Das zweite Objekt lag in einer Feld-Ecke und war von einem rechtwinkligen Gebüsch eingegrenzt. (Abb. 4 a und b)



Abb. 4 a
Luftbild Gesamtansicht
Bewuchsmerkmal Villa B



Abb. 4 b
Luftbild Detailansicht
Bewuchsmerkmal Villa B

In diesem Fall war das Anvisieren unproblematischer, zumindest solange eine Fläche von ca. 50 x 50 Meter im Okular zu sehen war. (Abb. 4c-e)

Bei niedrigerer Flughöhe verschwindet natürlich auch an dieser Fundstelle die Orientierungsmöglichkeit und ein gezieltes Erkennen der zu prospektierenden Stelle im Okular wird auch hier unmöglich.

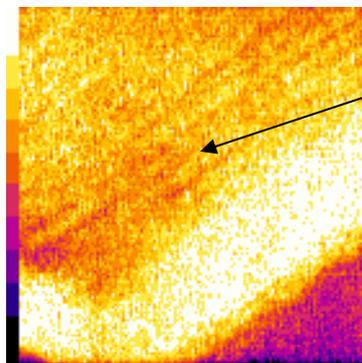


Abb. 4c
Wärme-Einzelbild Feld-
Ecke Villa B thermische
Auflösung von + 2,4°C (w)
bis +4,2°C (s)

Objektlage

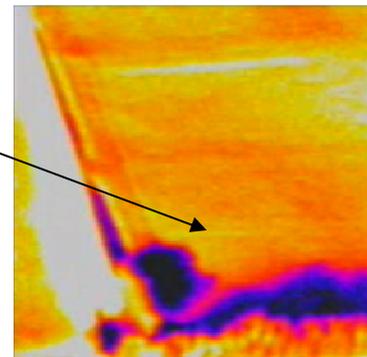


Abb. 4d
Wärme-Videostandbild
Feld-Ecke Villa B

Ebenso wie Villa A wurde die Villa B mehrmals bei den bestmöglichen meteorologischen Bedingungen befliegen.

Wie bereits bei Villa A gaben weder die thermische Analyse der dokumentierten Einzelbilder noch die Analyse der Videoaufnahmen irgendeine signifikante Struktur des Bodendenkmals wieder.

Zeitweise waren wie bei Villa A ebenfalls diffuse flächige Strukturen zu erkennen. Bezüglich der Fragestellung sind diese jedoch auch hier nicht aussagefähig. (Abb. 4e)

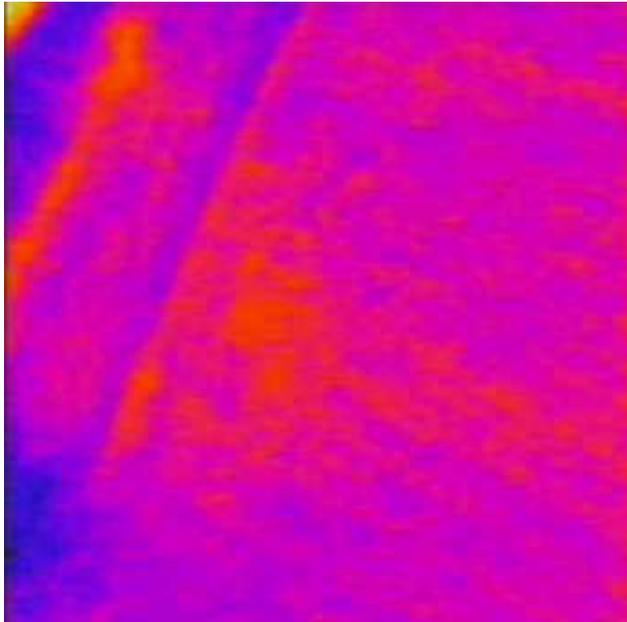


Abb. 4e
Diffuse, unklare kalte Strukturen
auf Gebäudenposition

Schlussfolgerungen

Unter den gegebenen technischen und meteorologischen Bedingungen erbrachten die thermischen Prospektionsbefliegungen auf bewuchsloser Erdoberfläche durch Archaeoflug im Herbst/Winter 2004/2005 hinsichtlich der gewünschten Fragestellung keine positiven Ergebnisse.

Nach wie vor ist die Wahrscheinlichkeit unserer Meinung nach jedoch groß, dass, mit entsprechend ausgereifter Technik, eine thermische Prospektion von klaren Grundrissstrukturen mit Erfolg durchführbar ist.

Weitere Versuche mit der derzeitigen Kamertechnik erscheinen wenig sinnvoll.

Eine Wiederaufnahme des Projektes mit verbesserter Technik wird in der Zukunft angestrebt.

Kaiserslautern im Juni 2005

Ulrich Kiesow

Empfohlene Literatur:

Scollar, I. , Tabbagh, A. , Hesse, A. , Herzog, I. 1990, Archaeological Prospection and Remote Sensing, Cambridge ISBN 0 521 32050 X