

Detektion von Bodendenkmälern im Wald mit einem hochauflösenden Geländemodell aus Laserscannerdaten

Karl-Heinz Gertloff

Zusammenfassung

Die in Waldgebieten gelegenen Bodendenkmäler sind im Vergleich zu denen in offener Feldlage weitaus weniger bekannt. Airborne Laserscanning kann dazu beitragen, diese unbefriedigende Situation zu verbessern. Am Beispiel des Wiesbadener Stadtwaldes wird gezeigt, wie mit der Visualisierung eines hochauflösenden Digitalen Geländemodells aus Laserscannerdaten bisher unbekannte Bodendenkmäler im Wald erstmals detektiert worden sind. Auch für Feldlagen ergeben sich so neue Möglichkeiten. Entsprechende Digitale Geländemodelle werden zukünftig landesweit verfügbar sein. Damit eröffnet Airborne Laserscanning als neue Methode der archäologischen Prospektion neue Perspektiven für die archäologische Denkmalpflege.

Summary

Archaeological ground monuments situated in forest areas are by far less known than in the open field. Airborne laser scanning can contribute to improve this unsatisfactory situation. For example up to now unknown ground monuments in the Wiesbaden city forest have been detected by visualization of a detailed digital terrain model derived from laser scanner data. Also for open field situations new possibilities are given. In near future appropriate digital terrain models will be available country-wide. Thus airborne laser scanning as a new method of archaeological prospection opens new perspectives for the archaeological care of monuments.

Schlagworte: Archäologie, Bodendenkmal, Laserscanning, Geländemodell, Schummerung

1 Ausgangssituation

Knapp ein Drittel der Fläche Deutschlands ist mit Wald bedeckt, etwa vierzig Prozent davon sind Laubwald. Die Waldanteile in den einzelnen Bundesländern (ohne Stadtstaaten) variieren von zehn Prozent in Schleswig-Holstein bis zu vierzig Prozent in Hessen und in Rheinland-Pfalz. Ebenso stark variieren die Laubwald-Anteile: von fast zwanzig Prozent in Brandenburg bis zu siebzig Prozent in Schleswig-Holstein. In den Wäldern finden sich zahlreiche und unterschiedlichste Bodendenkmäler, je nach Region und ihrer historischen Entwicklung von vor- und frühgeschichtlichen über keltische, römische, slawische usw. Epochen bis in die frühindustrielle jüngere Zeit.

Nach der Definition im hessischen Denkmalschutzgesetz sind Bodendenkmäler »bewegliche oder unbewegli-

che Sachen, bei denen es sich um Zeugnisse, Überreste oder Spuren menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Lebens handelt, die aus Epochen und Kulturen stammen, für die Ausgrabungen und Funde eine der Hauptquellen wissenschaftlicher Erkenntnisse sind«. Bodendenkmäler sind ein Teil der zu schützenden und zu erhaltenden Kulturdenkmäler.

Im Wald sind Bodendenkmäler oft noch recht gut erhalten. Der Waldboden unter dem Baumbestand unterliegt nicht den Einwirkungen des Ackerbaus, auch die Einflüsse von Erosion und Witterung sind gegenüber dem offenen Gelände geringer. Ausgedehnte Waldgebiete sind erschwert zugänglich. Im Vergleich zu Feldlagen sind sie deshalb weniger erkundet und die Dokumentation und

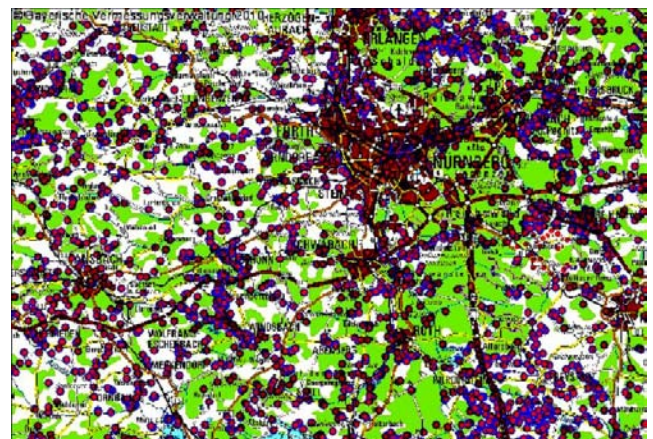


Abb. 1: Ausschnitt aus der Online-Übersicht »Bodendenkmäler« des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege (www.blfd.bayern.de ► BayernViewer-denkmal)

messtechnische Erfassung von Objekten ist schwieriger. Dies hat zur Folge, dass archäologische Fundstellen in Waldgebieten trotz der günstigen Umstände für ihren Erhaltungszustand unterrepräsentiert sind. Abb. 1 verdeutlicht dies großflächig am Beispiel des mittelfränkischen Raums sowohl für den zusammenhängenden Nürnberger Reichswald als auch für zahlreiche kleinere Waldinseln unterschiedlicher Größe. Es ist deshalb zu vermuten, dass es in den deutschen Wäldern noch zahlreiche unbekannte oder nicht erfasste Bodendenkmäler gibt.

Darüber hinaus finden sich gerade auch in Waldgebieten Zeugnisse zur Entwicklung der Kulturlandschaft, die zwar in der Regel nicht als Bodendenkmäler gesetzlich geschützt, als kulturhistorische Landschaftselemente für die kulturhistorische Forschung aber gleichwohl bedeutsam sind, z.B. Landwehren, Meilerplatten, Ackerterrassen und Wölbäcker. Im Folgenden ist deshalb der Begriff »Bodendenkmal« stets in einem entsprechend erweiterten

Sinn in der Weise zu verstehen, dass zusätzlich zu archäologischen auch sonstige kulturhistorisch relevante Objekte einbezogen sind.

Sollen Waldgebiete systematisch nach noch unbekannten Bodendenkmälern erkundet werden, scheiden die herkömmlichen archäologischen Prospektionsmethoden aus unterschiedlichen Gründen aus:

- Die *Geländeprospektion* beruht darauf, dass die meist in Gruben oder Siedlungsschichten eingebetteten materiellen Hinterlassenschaften aus vor-, frühgeschichtlichen und mittelalterlichen Epochen, z.B. Keramik-Scherben oder Schmuck, bei der Feldbestellung mit dem Pflug aus der Tiefe an die Geländeoberfläche gefördert und dort von kundigen Personen bei Feldbegehungen entdeckt werden. Die Geländeprospektion ist damit weitestgehend auf Feldlagen mit Ackerbau beschränkt.
- Die *Flugprospektion* (Luftbildarchäologie) verdankt ihre zahlreichen, teilweise recht spektakulären Ergebnisse in den letzten Jahrzehnten vor allem dem Umstand, dass sich im Boden verborgene archäologische Strukturen an der Oberfläche durch positive oder negative Bewuchsmerkmale abzeichnen können, insbesondere in Getreidefeldern. Dunkle Verfärbungen im Luftbild weisen auf ein üppigeres Wachstum gegenüber der unmittelbaren Umgebung infolge einer erhöhten Bodenfeuchte hin, z.B. bei ehemaligen Pfahlgräben, helle Strukturen auf ein verkümmertes Wachstum, z.B. über Mauerresten im Boden. Für Waldgebiete kommt die Luftbildarchäologie allein schon aus methodischen Gründen nicht in Betracht.
- Mit den Möglichkeiten der *geophysikalischen Prospektion* können ebenfalls im Boden verborgene archäologische Strukturen sichtbar gemacht werden. Die durch diese Strukturen bedingten lokalen Störungen in der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens oder im Erdmagnetfeld lassen sich mit den Methoden der Geoelektrik oder der Geomagnetik detektieren. Beide Verfahren sind technisch aufwändig und kostenintensiv und werden deshalb vorwiegend zur gezielten Vorerkundung von Verdachtsflächen im Vorfeld geplanter Grabungen eingesetzt. Einem Einsatz im Wald steht zusätzlich der Baumbestand entgegen, der eine systematische Flächensondierung erheblich erschwert.

2 Airborne Laserscanning und Archäologie

Die Grenzen, die den herkömmlichen Prospektionsmethoden bei der archäologischen Erkundung von Waldgebieten gesetzt sind, lassen sich heute zum Teil mit den Möglichkeiten des Airborne Laserscanning (ALS) überwinden. Die Technik der flugzeuggestützten Fernerkundung mittels Laserscanner hat sich in den letzten Jahren rasant entwickelt und hat vor allem im Bereich der Erfassung von Geländeoberflächen neue Maßstäbe gesetzt. Ein be-

sonderer Vorteil des Laserscannings ist die Tatsache, dass die Laserpulse durch Lücken in der Vegetation bis zum Boden vordringen können.

ALS hat sich deshalb in jüngster Zeit als neue, eigenständige Methode der archäologischen Prospektion etabliert, die zwischen der Luftbildarchäologie und einer archäologisch-topographischen Geländeaufnahme anzusiedeln ist. ALS bietet auch den Vorteil einer einfachen Erfassung der Geometrie archäologischer Objekte mit hoher Genauigkeit und exakter Georeferenzierung. Grundvoraussetzung ist, dass sich die betreffenden Objekte mit ihrem Mikrorelief an der Geländeoberfläche abzeichnen. Ist dies der Fall, können selbst Strukturen visualisiert werden, die örtlich kaum noch erkennbar sind. Ein überzeugendes Beispiel ist der nahezu vollständig verschliffene Ringwall in Abb. 6, der vor Ort ohne das Wissen um seine Existenz an dieser Stelle nicht mehr auszumachen ist.

Grundlage der Visualisierung ist ein hochauflösendes digitales Geländemodell (DGM), das aus den Rohdaten der Laserscannerbefliegung berechnet wird, oft als regelmäßiges Höhenraster mit 1 m Rasterweite. Die Qualität des DGM hängt davon ab, wie gut es gelingt, die mit dem Laserscanner gewonnene 3D-Punktwolke korrekt in Bodenpunkte und sonstige Punkte, z.B. Vegetationspunkte, zu trennen. Besonders bei dichter oder niedriger Vegetation können Probleme auftreten. Mit den seit einigen Jahren am Markt verfügbaren Full-Waveform-Laserscannern (FWF-ALS-System) lassen sich manche dieser Probleme beseitigen, was gerade die Interpretation des DGM für archäologische Zwecke begünstigt. Bei einem FWF-ALS-System werden alle Informationen der zurückkommenden Laserpuls-Echos aufgezeichnet. Wie kompakt oder diffus das Echo ist, ist ein Maß für die Oberflächenstruktur des reflektierenden Objekts. Eine Nachprozessierung der Daten ermöglicht dann beispielsweise, größere Holz- oder Reisighaufen im Wald von Grabhügeln vergleichbarer Größe und Form zu unterscheiden und für die DGM-Berechnung zu eliminieren. In der Praxis wird man jedoch zur Zeit noch überwiegend auf ein DGM aus einer Laserscannerbefliegung mit einem konventionellen ALS-Sensor angewiesen sein, das »nur« aus der 3D-Punktwolke der klassifizierten Geländepunkte berechnet worden ist.

Neben einer möglichst guten Filterung der Geländepunkte ist für die archäologische Interpretation des DGM auch ausschlaggebend, wie gut das DGM kleinste Höhenunterschiede zwischen benachbarten Rasterpunkten wiedergibt. Mit der heutigen ALS-Technik lässt sich eine relative Höhengenaugigkeit von ± 5 cm je nach Oberflächenstruktur und Bewuchs erreichen. Damit wird auch die Modellierung des Mikroreliefs eines höhenmäßig kaum strukturierten Objektes im DGM möglich. Allerdings kann eine (zu) grobe Filterung der Geländepunkte, mit der z.B. das Signal-Rauschen weitgehend eliminiert werden soll, Informationsverluste gerade bei solchen Objekten zur Folge haben und damit deren archäologische Interpretation erschweren.

Im Internet finden sich mittlerweile zahlreiche Beispiele zu ALS-Anwendungen in der archäologischen Praxis. Sie reichen von wissenschaftlichen Untersuchungen über Projektbeschreibungen und Dienstleistungsangebote von Ingenieurbüros bis hin zu Informationsbroschüren für die Allgemeinheit. Das Literaturverzeichnis enthält eine Auswahl (Bofinger 2007, Bofinger et al. 2007, Boos et al. 2008, Doneus und Briese 2006, Doneus et al. 2008). Viele der betreffenden Projekte zeichnen sich durch Besonderheiten aus. So ist die Laserscannerbefliegung häufig projektbezogen erfolgt und auf das Projektgebiet begrenzt. Die technischen Parameter der Befliegung sind teilweise speziell auf das Projekt bzw. den Untersuchungszweck ausgerichtet. Das hauptsächliche Ziel der ALS-Anwendung besteht zumeist darin, ergänzende topographische Informationen zu bereits bekannten und dokumentierten Bodendenkmälern zu gewinnen.

3 Testgebiet Stadtwald Wiesbaden

Im Landesamt für Denkmalpflege Hessen (LfDH) werden zur Zeit u. a. die archäologischen Forschungsprojekte »Wiesbaden und sein Umfeld im 1. Jahrtausend nach Christus« und »Kulturlandschaftskataster« bearbeitet. Eine wesentliche Informationsquelle für beide Projekte sind Luftbilder. Jedoch sind der Nutzung der Luftbilder wegen der vielen Waldflächen im Raum Wiesbaden wie auch in ganz Hessen Grenzen gesetzt.

Dies war Anlass, am Beispiel des zusammenhängenden Wiesbadener Stadtwaldes mit einer Gesamtfläche von rund 60 km² zu untersuchen, inwieweit diese Grenzen durch ALS – zumindest teilweise – überwunden werden können. Geeignete Datengrundlagen waren mit den Ergebnissen der von beiden Städten veranlassten Laserscannerbefliegung Mainz/Wiesbaden aus dem Jahr 2006 vorhanden. Deren wesentliche Merkmale sind:

- Befliegung mit einem konventionellen ALS-Sensor,
- Befliegungszeitpunkt Mitte April aufgrund der Höhenlage des Befliegungsgebietes von 80 m bis 600 m ü. NN (nach der Schneeschmelze im Taunus und vor dem Einsetzen der Belaubung im Bereich der Main-Mündung),
- aufgezeichnete Originaldaten: durchschnittlich vier Höhenmessungen pro m²,
- abgeleitetes Endprodukt (u. a.): DGM als 1-m-Höhenraster,
- DGM-Kachelung in Gebietseinheiten von 2 km × 2 km im Gauß-Krüger-Koordinatensystem.

Abweichend von den meisten der publizierten bisherigen archäologischen ALS-Projekte sind hier vorhandene Daten einer zurückliegenden Laserscannerbefliegung genutzt worden, deren technische Parameter nicht speziell auf archäologische Zwecke, sondern auf eine möglichst vielfältige Datennutzung ausgerichtet waren. Ziel

der Arbeiten war zudem nur die Detektion bisher nicht bekannter bzw. nicht dokumentierter Bodendenkmäler im Wiesbadener Stadtwald. Dazu sind für jede DGM-Kachel Reliefkarten als Schräglightschummerungen berechnet worden. Um einen objektiven Vergleich und ein visuell nahtloses Aneinanderfügen der Kacheln auch bei teilweise sehr unterschiedlichen topographischen Situationen in den einzelnen Kacheln zu gewährleisten, sind

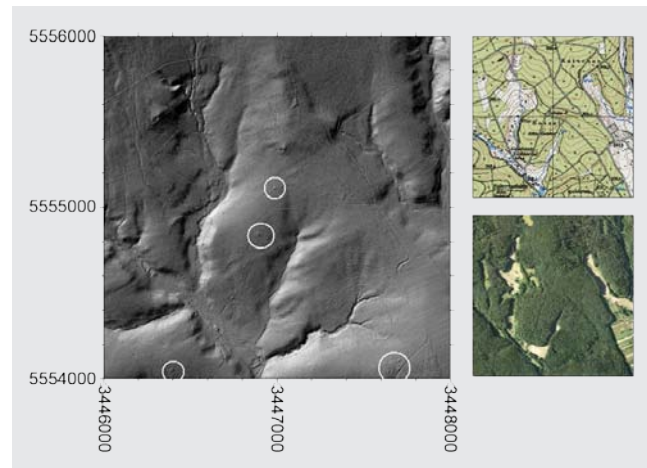


Abb. 2: DGM-Kachel als Schräglightschummerung mit erkennbaren Bodendenkmälern; Topogr. Karte 1:25000 und Orthophoto 07/2006 zum Vergleich

alle Schräglightschummerungen einheitlich mit den Parametern Beleuchtungsrichtung aus NW, Beleuchtungshöhe 30° über Horizont und zweifache Überhöhung des Geländes berechnet worden (Abb. 2). Diese Parameter haben sich bei vergleichenden DGM-Visualisierungen als für das gesamte Untersuchungsgebiet geeignet herausgestellt. Jede Reliefkarte ist dann systematisch für die Waldflächen nach erkennbaren Bodendenkmälern durchmustert worden.

Neben der Zahl der neu detektierten Bodendenkmäler und kulturhistorisch relevanten Objekte spricht auch deren Vielfalt für sich: Grabhügel, Grabhügelgruppen, römische Gebäude, ein Ringwall, drei Areale mit zusammen mehr als 500 Meilerplatten, eine spätmittelalterliche Landwehr, ehemalige Ackerterrassen und eine Reitbahn aus dem 19. Jahrhundert. In Wiesbaden macht der Stadtwald wie im Bundesdurchschnitt rund 30% der Stadtgebietsfläche aus. Abb. 3 zeigt das Gesamtergebnis; es lässt die Größenordnung der in den deutschen Wäldern vermutlich noch nicht entdeckten und mit ALS detektierbaren Bodendenkmäler erahnen, auch wenn der Laubwald-Anteil in Wiesbaden mit mehr als 90% besonders hoch ist.

Die gefundenen Objekte lassen sich sehr gut identifizieren und weitgehend auch hinreichend sicher als Bodendenkmäler interpretieren, wenn ihre Grundrissgröße linear mindestens dem Zwei- bis Dreifachen der DGM-Rasterweite entspricht und die Höhenunterschiede innerhalb ihres Mikroreliefs oder gegenüber dem umgebenden Gelände je nach Objektform und Geländetopographie

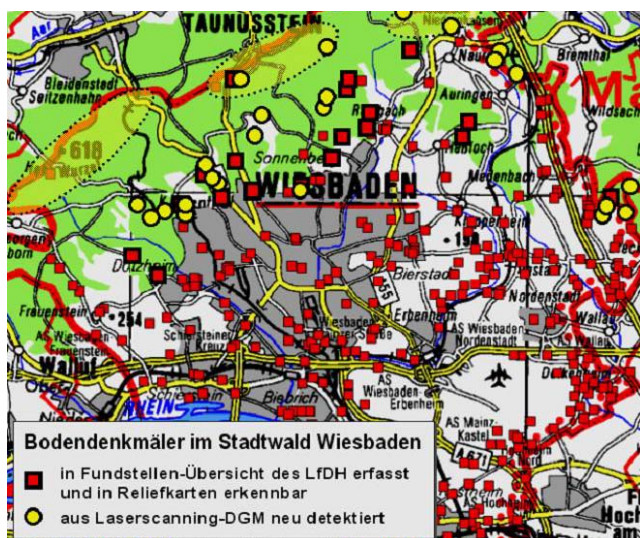


Abb. 3: Bereits erfasste und neu detektierte Bodendenkmäler im Stadtwald Wiesbaden; Grundlage: Fundstellenübersicht des Landesamtes für Denkmalpflege Hessen

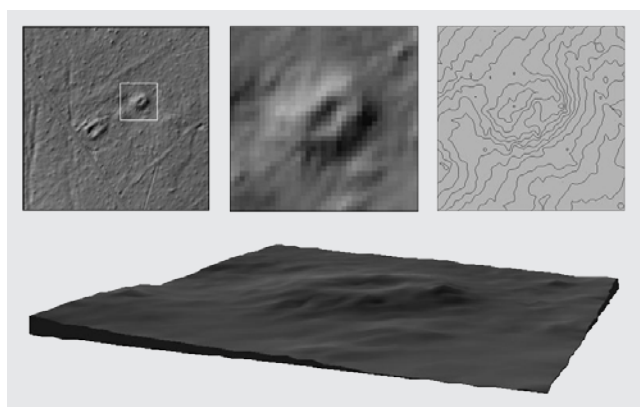


Abb. 4: DGM-Visualisierung für einen Geländeausschnitt mit Spuren römischer Gebäude; Schräglichtschummerung (200 m × 200 m) und Detail (40 m × 40 m) mit erkennbarem 1-m-Raster, in 20-cm-Höhenlinien-Darstellung und als 3D-Schrägsicht aus SSO (Gelände nicht überhöht)

mindestens 10 bis 30 cm betragen (Abb. 4). So können z. B. Meilerplatten mit einem Durchmesser von üblicherweise etwa 6 bis 10 m in einem 1-m-Raster-DGM sofort eindeutig erkannt werden (siehe Abb. 6). In der Nachbarschaft solcher Meilerplatten finden sich örtlich gelegentlich eindeutig zuzuordnende Steinreste ehemaliger Glas- oder Erz-Schmelzöfen, deren Grundfläche kaum größer als ein oder zwei Quadratmeter ist und die sich dagegen im DGM nicht identifizieren lassen.

Stellenweise verhindert auch die tatsächliche lokale DGM-Auflösung eine Erkennbarkeit von Bodendenkmälern. Das DGM wird aus den klassifizierten Bodenkpunkten berechnet. Für Waldgebiete hängt deren Dichte besonders von der Durchlässigkeit der Vegetation für die Laserpulse ab. Bei einer Laserscannerbefliegung im Frühjahr ist Laubwald durchlässiger als Nadelwald und Hochwald mit größeren Baumabständen durchlässiger als eng bestockter Niederwald. Dichtes Unterholz ist ein zusätzliches Hindernis. Dadurch kann sich die Dichte der klassifizierten Bodenkpunkte gegenüber der Punktdichte der Rohdaten reduzieren. Bei Laubwald (braune und gelbe Flächen in der Forsteinrichtungskarte in Abb. 5) bleiben die Datenlücken gering und machen nur selten mehr als 10 % aus. Bei Nadelwald sind die Datenlücken signifikant größer und variieren zudem je nach Baumart: bei Kiefern-Beständen (graue Flächen) sind sie ebenfalls wie bei Laubbäumen gering, bei Douglasien- (violette Flächen) und Fichten-/Tannen-Beständen (blaue Flächen) dagegen erheblich größer und erreichen für einzelne Bestände mehr als 90 %. Für die Datenlücken müssen die DGM-Rasterpunkte aus den umgebenden klassifizierten Geländepunkten interpoliert werden. Solche Bereiche scheiden dann für eine Detektion archäologischer Objekte aus.

Bezüglich der Visualisierung des DGM ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob es für eine größere Fläche auf unbekannte Objekte durchmustert oder ob ein im DGM abgebildetes einzelnes Objekt möglichst gut erkennbar wiedergegeben werden soll. Für die flächenhafte Detektion sind sowohl eine Schräglichtschummerung als auch eine Böschungsschummerung geeignet. Beide haben Vor- und Nachteile. Mit einer Schräglichtschummerung erzielt man eine besonders anschauliche plastische Darstellung von Geländeformen und Oberflächenstrukturen, wie sie von der kartographischen Geländeschummerung bekannt ist. Allerdings können dabei wenig strukturierte archäologische Objekte auf einem der Lichtquelle zugewandten Hang überstrahlt und auf einem von der Lichtquelle abgewandten Hang verschattet und deshalb in beiden Fällen ggf. nicht erkannt werden. Lineare Objekte, die sich in Richtung der Beleuchtung erstrecken, sind nur schwer, teilweise nicht zu erkennen. Mit einer Böschungsschummerung werden topographische Situationen objektiviert wiedergegeben, unabhängig von der Beleuchtungsrichtung oder der Lage eines Objekts. Die Einfärbung geneigter Flächen hängt nur vom Grad ihrer Neigung ab und ist unabhängig von der azimuthalen Aus-

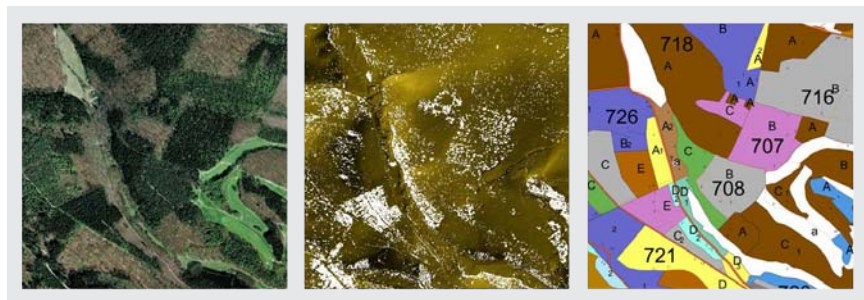


Abb. 5: Laserscanning-Bodenpunkte im Wald. Links: Luftbild 04/2003 mit Laubwald (braun) und Nadelwald (dunkelgrün); Mitte: Schräglichtschummerung mit Stellen ohne klassifizierte Bodenkpunkte (weiß); Rechts: Forsteinrichtung Stadtwald Wiesbaden 2006. Gebietsgröße 1000 m × 1000 m

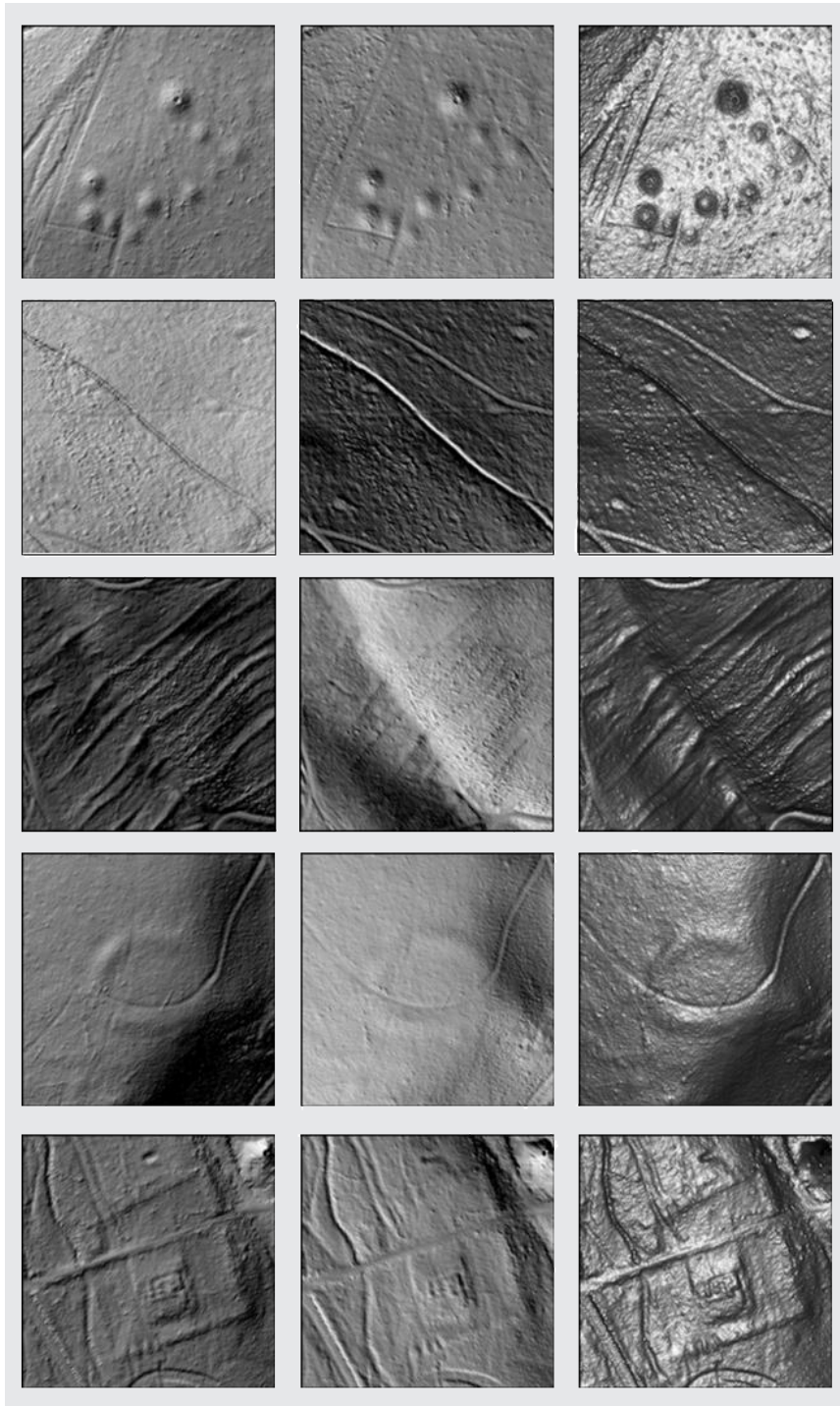


Abb. 6:
Visualisierung von Bodendenkmälern und kulturhistorischen Landschaftselementen im Wald in verschiedenen Schummerungsvarianten (Gebietsgröße jeweils 200 m × 200 m).
Objekte von oben nach unten: Hügelgräberfeld / Landwehr u. Meilerplätze / Ackerterrassen / Ringwall / römischer Gutshof
Schummerungen von links nach rechts: Schräglichtschummerung, Beleuchtung aus NW mit 30° Höhe ü. Hor., Gelände 2-fach überhöht
Schräglichtschummerung, Beleuchtung aus SW mit 30° Höhe ü. Hor., Gelände 2-fach überhöht
Böschungsschummerung, Senkrecht-Beleuchtung, Gelände 20-fach überhöht

richtung. Die Böschung eines Geländeeinschnitts sieht damit genauso aus wie die Böschung eines Damms mit gleicher Neigung und das Bild eines Hügels unterscheidet sich kaum von dem einer Grube, was die Interpretation einer Böschungsschummerung erschwert. Die Vorzüge beider Schummerungsvarianten werden genutzt, wenn die systematische Durchmusterung von Flächen mit einer Böschungsschummerung und die Interpretation der dabei detektierten Objekte mit einer Schräglichtschummerung erfolgen (Abb. 6).

Für die optimale Visualisierung eines einzelnen Objektes ist die richtige Kombination von Beleuchtungsrichtung, Beleuchtungshöhe und Gelände-Überhöhung in

gegenseitiger Abhängigkeit von einander sowie von der Struktur des betreffenden Objektes und von der Morphologie des umgebenden Geländes ausschlaggebend. Ein gutes Visualisierungsergebnis erfordert oft mehrere Versuche, bleibt aber immer subjektiv. Wallanlagen, sonstige Befestigungswerke, Hügelgräber, alte Wegetrassen und Gewannstrukturen und Spuren früherer Feldbestellung sind Objekte, die sich besonders gut erkennen lassen. Daneben sind auch Fehlinterpretationen vermeintlicher archäologischer Objekte leicht möglich. Ortsvergleiche zu detektierten, aber nicht zweifelsfrei interpretierten Objekten sind deshalb unerlässlich.

4 Detektion von Bodendenkmälern mit ALS auch in Feldlagen?

Die Situation in Feldlagen ist dadurch gekennzeichnet, dass Bodendenkmäler durch Ackerbau und Erosion zu meist vollständig, zumindest aber sehr stark verschliffen sind. Herkömmliche Schräglicht- und Böschungsschummerungen sind wegen der geringen Strukturierung land-

Beispiel mit geophysikalischen Methoden. Weil die Visualisierung von Bodendenkmälern in Feldlagen bei jedem einzelnen Objekt von der individuellen Situation abhängt und dazu gewöhnlich jeweils mehr Visualisierungsvarianten generiert werden müssen, ist der Aufwand für eine systematische flächenhafte Durchmusterung von Feldlagen nach noch unbekannten Bodendenkmälern gegenüber Waldflächen sehr groß. Eine DGM-Visualisierung

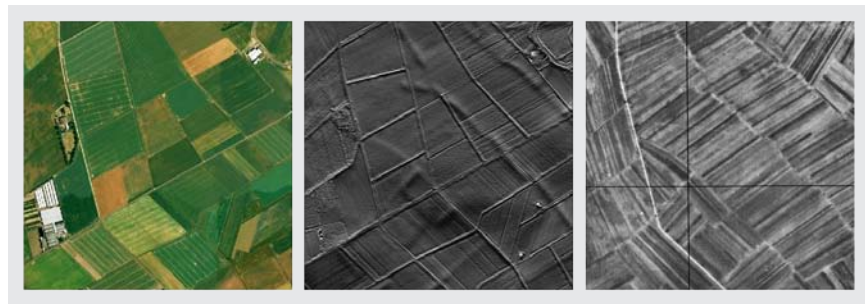


Abb. 7:
Visualisierung ehemaliger Gewanngrenzen. Links: heutige Situation (Luftbild 07/2006); Mitte: Streiflichtschummerung (Beleuchtung aus N/10° ü.Hor./Gelände 5-fach überhöht), rechts: Ausschnitt aus dem Luftbildplanwerk des Deutschen Reiches (um 1935); Gebietsgröße 1000 m x 1000 m



Abb. 8:
Bereich eines ehemaligen römischen Militärlagers in einer Streiflichtschummerung (Beleuchtung aus NW/15° ü.Hor./Gelände 5-fach überhöht) und in der Fundstellenübersicht des LfDH mit zwei Luftbildbefunden (rot); Gebietsgröße der Schummerung 500 m x 500 m

wirtschaftlich genutzter Flächen wenig aussagekräftig. Für die Visualisierung eines DGM im Hinblick auf eine Erkennbarkeit evtl. Bodendenkmäler in Feldlagen gelten deshalb zunächst die selben Voraussetzungen wie für die optimale Visualisierung einzelner Objekte im Wald (siehe oben). Darüber hinaus ist eine besonders tief stehende Lichtquelle von Vorteil. Dies entspricht einer bevorzugten Beleuchtungssituation bei der Luftbildarchäologie: der Luftbild-Aufnahme bei Streiflicht kurz nach Sonnenaufgang oder kurz vor Sonnenuntergang, wenn auch kleine Erhebungen im Gelände Schatten werfen und damit für kurze Zeit erkennbar werden.

Im Gegensatz zur echten Luftbild-Aufnahme kann eine solche »Streiflichtschummerung« aus einem DGM auch mit einer tief stehenden Lichtquelle im Süden oder im Norden erzeugt werden, was die Möglichkeiten von ALS gegenüber der Luftbildarchäologie erweitert. Die Strukturen, die sich z.B. in den Abb. 7 und 8 nach mehr als einem halben Jahrhundert intensiver Landwirtschaft immer noch deutlich in den Äckern abzeichnen, werden vor Ort – soweit sie überhaupt erkennbar sind – allenfalls als »normale« Morphologie der Ackerflächen und ohne ihre räumlichen Zusammenhänge wahrgenommen.

Ob es sich bei den in Abb. 8 enthaltenen rechtwinkligen, Gebäudegrundrissen ähnlichen Strukturen tatsächlich um erhaltene Spuren eines ehemaligen römischen Militärlagers an dieser Stelle handelt, kann nur nach weiteren Sondierungen beantwortet werden, zum

für Feldlagen kommt deshalb wohl nur dann in Betracht, wenn zu bereits bekannten Verdachtsflächen bezüglich evtl. Bodendenkmäler weitere Informationen gewonnen werden sollen.

5 Resümee

Die Vermessungsverwaltungen der meisten Bundesländer betreiben zur Zeit den Aufbau von Laserscanner-DGM für die jeweiligen Landesflächen. Diese Vorhaben sind teilweise bereits weit fortgeschritten, teilweise sogar schon abgeschlossen. Die technischen Parameter der betreffenden Laserscannerbefliegungen, insbesondere die durchschnittliche Punktdichte der Rohdaten, entsprechen weitestgehend denen der Laserscannerbefliegung Mainz/Wiesbaden.

Dies eröffnet der archäologischen Denkmalpflege mittelfristig völlig neue Perspektiven. Hochauflösende DGM, mit denen sich archäologisch relevante Details der Geländeoberfläche erkennbar machen lassen, werden zukünftig bundesweit verfügbar sein. Mit diesen neuen Datengrundlagen für die archäologische Prospektion können z.B. die Nachweise von Bodendenkmälern weiter vervollständigt werden. Für die Datengewinnung entstehen keine Mehrkosten, die Zusatzkosten und der technische Aufwand für eine spezielle Aufbereitung der

vorhandenen Daten zu diesem Zweck sind gering. Dies kann dazu beitragen, dass das zur Zeit noch wenig erschlossene Potenzial von Laserscannerdaten für archäologische Zwecke zukünftig konsequent genutzt wird und die vorhandenen Geobasisdaten damit einen zusätzlichen Mehrwert erfahren.

Nicht zuletzt aufgrund der Erfahrungen aus dem Testgebiet Stadtwald Wiesbaden sollen so beispielsweise in den nächsten Jahren die gesamten hessischen Waldgebiete mit Visualisierungen eines 1-m-Raster-DGM, das im Rahmen des Projekts »Landesweites Laserscanning Hessen« vom Hessischen Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation bereitgestellt wird, in gleicher Weise nach unbekannten Bodendenkmälern »durchforstet« werden.

Danksagung

Die für diese Untersuchung verwendeten Laserscanner- und DGM-Daten sowie die Luftbild-Ausschnitte und der Ausschnitt aus der Forsteinrichtungskarte sind vom Vermessungsamt Wiesbaden bereitgestellt worden, die Ausschnitte aus der Fundstellen-Übersicht vom Landesamt für Denkmalpflege Hessen. Darüber hinaus waren Frau Seiz, Herr Günster und Herr Rautenberg vom Vermessungsamt Wiesbaden bei der Datenaufbereitung behilflich. Bei mehreren gemeinsamen Geländebegehungen hat Herr Bergmann vom Landesamt für Denkmal-

pflege Hessen wertvolle Hinweise zur Interpretation von DGM-Schummerungen aus archäologischer Sicht und zu grundsätzlichen archäologischen Fragestellungen gegeben. Ihnen allen gilt der besondere Dank des Autors.

Literatur

- Bofinger, J.: Flugzeug, Laser, Sonde, Spaten – Fernerkundung und archäologische Feldforschung am Beispiel der frühkeltischen Fürstentümer. Online-Publikation des Landesamtes für Denkmalpflege Baden-Württemberg, 2007.
- Bofinger, J.; Kurz, S.; Schmidt, S.: Hightech aus der Luft für Bodendenkmale – Airborne Laserscanning (LIDAR) und Archäologie. Denkmalpflege in Baden-Württemberg, 36, S. 153–158, 2007.
- Boos, S.; Hornung, S.; Jung, P.; Müller, H.: Erfassung und Analyse von Laserscandaten zur Unterstützung der Landschaftsarchäologie. DGPF-Tagungsband 17, 2008.
- Doneus, M.; Briese, C.: Full-waveform airborne laser scanning as a tool for archaeological reconnaissance. In: From Space to Place. Proceedings of the 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology. British Archaeological Reports (BAR), International Series, 1568, S. 99–105, 2006.
- Doneus, M.; Briese, C.; Kühtreiber, T.: Flugzeuggetragenes Laserscanning als Werkzeug der archäologischen Kulturlandschaftsforschung. Archäologisches Korrespondenzblatt, 38, S. 137–156, 2008.

Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Gertloff
Erich-Kästner-Straße 118
63329 Egelsbach