

Axel G. Posluschny

Archäologie aus der Luft

Der Einsatz flugzeuggestützten Laserscannings (LiDAR) zur Detektion archäologischer Bodendenkmäler

Dass Archäologen den Hauptteil ihrer Arbeit auf dem Boden kniend verbringen und dabei mit Pinsel und Spatel antike Amphoren freilegen, ist ein beliebtes, nichtsdestotrotz unzutreffendes Klischee. Die moderne Archäologie bedient sich zeitgemäßer Techniken und arbeitet bei ihren Auswertungen interdisziplinär. Dies trifft vor allem auf verschiedene Fernerkundungsmethoden zu, um Fundstellen zu finden, zu dokumentieren und um mögliche Veränderungen im Rahmen eines Denkmalmonitorings zu erfassen.

Verborgenes erkennen

Eine der wichtigsten Grundlagen zum Verständnis menschlicher Aktivitäten in der Vergangenheit ist die Suche nach Hinterlassenschaften, im weiteren Sinne also von archäologischen Fundstellen, die das Handeln der Menschen innerhalb ihrer Lebensumwelt aufzeigen (Doneus 2013). Viele Hinterlassenschaften

sind heute nur noch unter der Erdoberfläche erhalten (ehemalige Gruben, Gräben) oder aber als überwachsene Struktur im Wald kaum noch zu erkennen (Wälle, Grabhügel). Mithilfe der Luftbildarchäologie ist es schon seit Beginn des 20. Jahrhunderts möglich, die durch anthropogene Tätigkeiten beim Anlegen von Gruben, Gräben oder Mauern entstehenden Veränderungen von Bodeneigenschaften (Feuchtigkeitsgehalt bzw. -speicherfähigkeit, Nährstoffgehalt) und die daraus resultierenden Merkmale in Form von Bewuchsanomalien oder Bodenverfärbungen zu erkunden (Musson et al. 2013). Seit rund 30 Jahren wird diese Methode zunehmend durch den Einsatz von LiDAR-Daten ergänzt (Historic England 2018).

Mit Laserstrahlen messen

Die LiDAR-Technologie (Light Detection And Ranging) ist ein Verfahren zur optischen Abstandsmessung

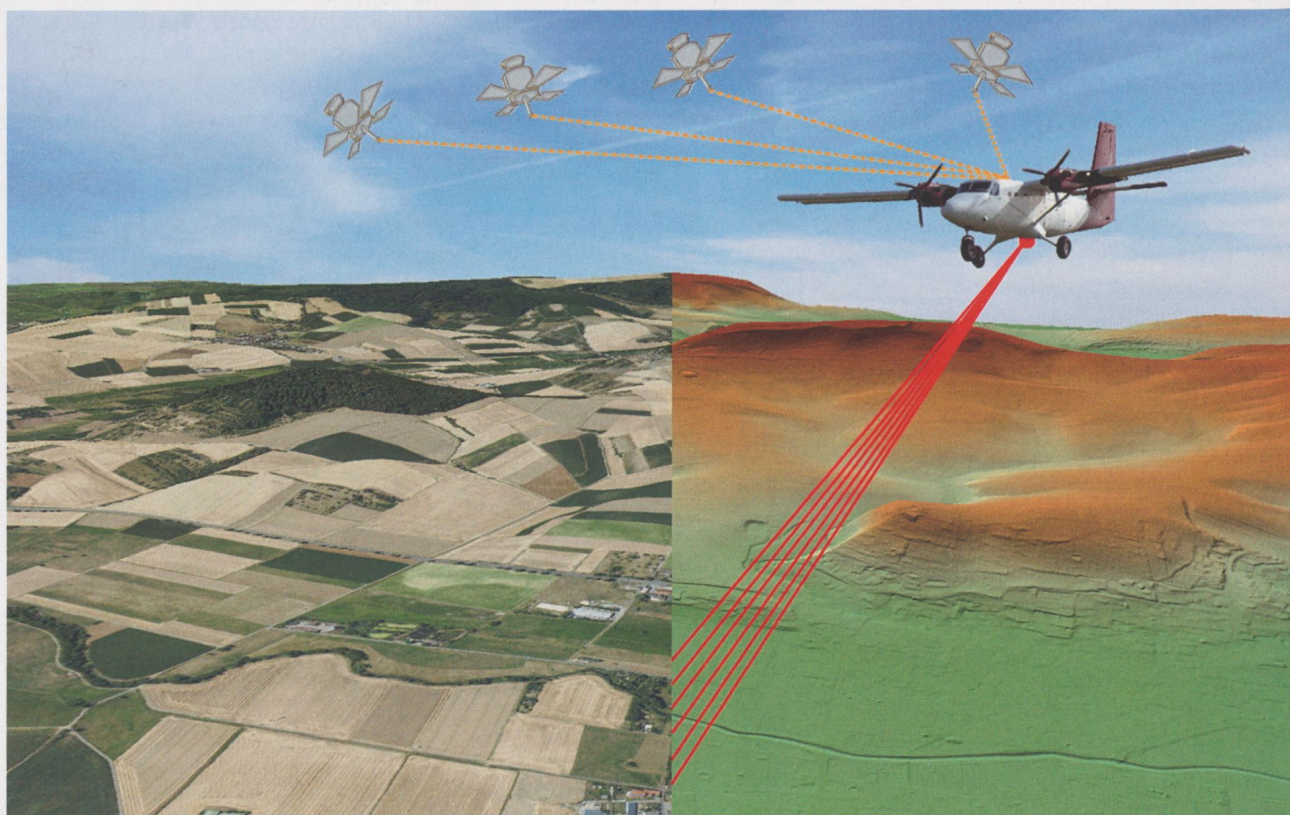
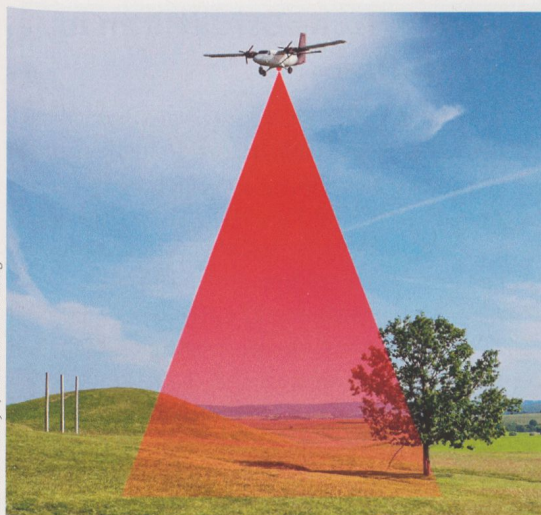


Abb. 1: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines LiDAR-Scans

Grafik: L. Cosmeyer, Veldenweit am Glauberg



Grafik: L. Coismeyer, Keltenviertel am Glauberg

Abb. 2: Prinzip der mehrstufigen Reflexion der Messstrahlen

mittels Laserstrahlen. Das Grundprinzip basiert auf der Messung der Laufzeit eines Laserstrahls zu und von einem reflektierenden Medium und der daraus berechneten Entfernung vom Messgerät zum Messpunkt (vgl. Abb. 1). Über die per GPS ermittelte Position des Messgerätes in einem Flugzeug oder Hubschrauber (Airborne Laserscanning, ALS) kann dessen Abstand zu den Messpunkten (Boden, Gebäude, Vegetation usw.) ermittelt werden. Daraus wird ein hochgenaues und je nach Zahl der Messpunkte sehr detailliertes digitales Höhenmodell generiert. Die meisten in Deutschland von den Landesvermessungsbehörden zur Verfügung gestellten Daten weisen eine interpolierte Auflösung von 1,0 m, zuweilen auch von 0,5 m und weniger auf.

Die digitalen Höhenmodelle finden ihre Verwendung u. a. bei der Ausweisung potenzieller Überflutungsgebiete, der Erfassung von Waldbeständen und Baumzählungen oder einer Modellierung der Bodenerosion. Durch Subtraktion der Messdaten einer neueren von denen einer älteren Befliegung lassen sich Bodenauf- und -abträge visualisieren.

Wegen ihrer großflächigen Verfügbarkeit werden die Höhenmodelle in Deutschland seit rund 30 Jahren auch zunehmend in der Archäologie eingesetzt.

Durch die Bäume geschaut

Ein entscheidender Aspekt beim Einsatz von LiDAR-generierten Höhenmodellen ist neben ihrer großflächigen Verfügbarkeit die Möglichkeit der Filterung der Messdaten (Schade-Lindig und Steinbring 2018): Da der vom Messgerät abgegebene Laserstrahl auf Blätter, Äste usw. trifft, wird ein Teil des Strahls von diesen reflektiert (First Return). Der verbliebene Teil trifft auf den Boden oder ein Hindernis, das ihn dann vollständig reflektiert (Last Return, vgl. Abb. 2). Je weniger dicht die Belaubung ist, desto mehr Strahlen

■ Textbox 1

Visualisierungsverfahren

Hillshade Model (Schummerung)

Der simulierte Lichteinfall auf das Gelände erzielt eine plastische Wirkung, die den menschlichen Sehgewohnheiten entspricht und eine intuitive Wahrnehmung ermöglicht (vgl. Abb. 3 oben rechts). Oft wird ein Lichteinfall aus Nordwest gewählt. Bei einem Lichteinfall aus Südost wirkt das Geländemodell auf die meisten Betrachter „invertiert“, aus Höhen werden Senken und umgekehrt. Der Nachteil der Schummerungskarten ist die schlechte Erkennbarkeit von Strukturen in stark schattierten Bereichen (steile Südosthänge) oder parallel zum simulierten Lichteinfall.

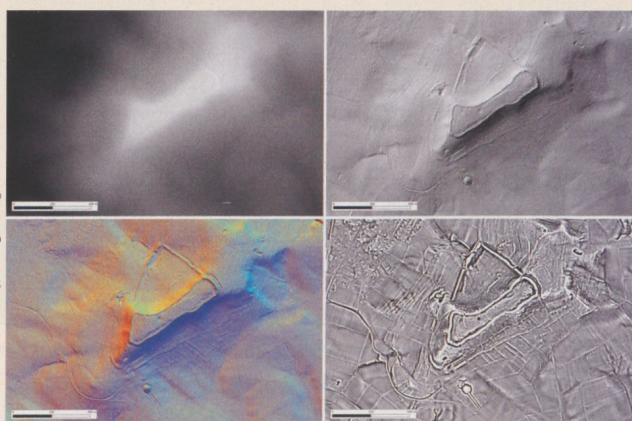
Multiple Hillshade Model

Werden Schummerungsmodelle mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen miteinander verschnitten, so fallen zu stark schattierte Bereiche weg und die Strukturen liegen nicht mehr parallel zum Lichteinfall (vgl. Abb. 3 unten links und Abb. 4 oben).

Simple Local Relief Model

Wird die allgemeine Hangneigung rechnerisch geglättet, werden kleinere lokale Strukturen (z. B. Grabhügel, Wälle) betont (vgl. Abb. 3 unten rechts und Abb. 4 unten).

Weitere Verfahren sind in Kokalj und Hesse (2017) beschrieben.



Grafik: Avel G. Postluschny, Datengrundlage: DGM HWBG

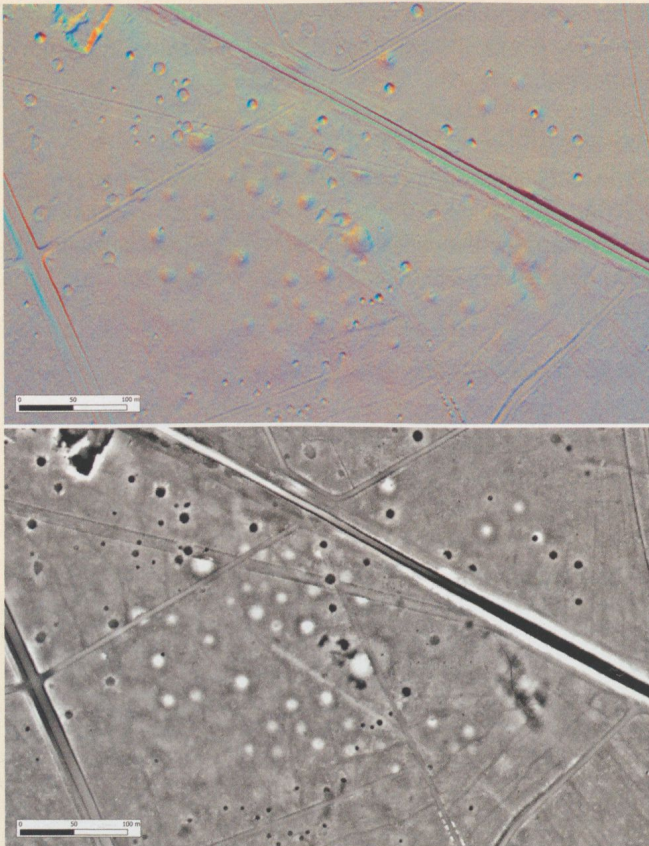
Abb. 3: Visualisierung der keltischen Höhenbefestigung Glauberg bei Büdingen/Hessen als Graustufendarstellung (oben links), Hillshade Model (oben rechts), Multiple Hillshade Model (unten links) und Simple Local Relief Model (unten rechts)

erreichen den Boden und werden reflektiert. Filtert man aus der gemessenen Punktwolke die Messwerte der Bodenpunkte, so bilden diese die Grundlage für die Berechnung eines Digitalen Geländemodelles (DGM). Nutzt man die Daten eines Geländemodelles, können auch archäologische Strukturen in bewaldeten Gebieten entdeckt werden (Bofinger und Hesse 2011, S. 37), wo sie vor der Zerstörung durch

■ Textbox 2

Landschaft als Palimpsest

Durch die Überlagerung der dreidimensionalen Strukturen in einem Geländemodell erschließt sich häufig auch die chronologische Abfolge historischer Ereignisse. So können z. B. alte Wegführungen vorgeschichtliche Grabhügel schneiden und dabei zerstören, diese Wegführungen wurden dann später bei Kampfhandlungen im Zweiten Weltkrieg durch die Explosionskrater von Bomben oder Granaten überlagert (vgl. Abb. 4).



Grafik: Axel G. Pöschel, Datengrundlage: DGM, HWBG

Abb. 4: Visualisierung vorgeschichtlicher Grabhügel und Bomben- bzw. Granattrichter bei Gießen/Hessen als Multiple Hillshade Model (oben) sowie als Simple Local Relief Model (unten)

den Pflug geschützt waren und somit oft noch nach Jahrtausenden erhalten sind (vgl. Abb. 5).

Durch den Einsatz von LiDAR-Daten hat sich die Zahl der bekannten archäologischen Fundstellen massiv erhöht. Die historische Entwicklung ganzer Landschaften und ihr kulturhistorischer Wert lassen sich nunmehr viel besser beurteilen. Insbesondere sonst eher wenig bekannte Relikte historischer Wirtschaftstätigkeiten wie Plattformen von Holzkohlemeilern oder Bergbaustrukturen zeichnen ein klares Bild von der wirtschaftlichen Bedeutung heute eher peripherer Regionen.

Archäologische Strukturen in LiDAR-Daten

Entscheidend für die Sichtbarkeit archäologischer Strukturen in LiDAR-Daten ist ihre dreidimensionale Erhaltung im Gelände. Durch archäologische Untersuchungen an bekannten Parallelen ist ihre Funktionsansprache möglich, jedoch nicht immer eindeutig. So können Erd- und Gehölzhaufen, die im Wald häufig an Wegkreuzungen als Reste bei der Bereinigung von Waldwegen entstehen, gelegentlich auch als Grabhügel interpretiert werden.

Zu den häufigsten in den LiDAR-Daten erkannten Relikten gehören Meilerplattformen. Charakteristisch sind deren runde bis ovale, flache Flächen im Hang (vgl. Abb. 6). Meist gut erkennbar sind auch die Reste vorgeschichtlicher Grabhügel (vgl. Abb. 4). Bomben- und Granattrichter sind ebenso Zeugen der Kampfhandlungen im Zweiten Weltkrieg wie auch Hinweisgeber für mögliche Blindgänger (vgl. Abb. 4). Oft wenig spektakulär, dafür aber von hohem wirtschaftsgeschichtlichen Wert sind die Spuren von Pingens (siehe Beitrag Kasielke und Zepp in diesem Heft) und anderen Bergbaurelikten sowie auch die meist im Wald nur sehr schwach erhaltenen Reste mittelalterlicher oder neuzeitlicher Flurformen, Ackerterrassen und Wölbäcker (Sittler und Hauger 2005).

Mensch und „Maschine“

Insbesondere mit seiner Fähigkeit, auch in bewaldete Bereiche hineinschauen zu können, hat sich LiDAR als eines der wichtigsten Prospektionsverfahren in der Archäologie etabliert und bildet eine sinnvolle Ergänzung zur Luftbildarchäologie. Neben der Fundstellendetektion eignen sich LiDAR-Daten auch zum Monitoring von Landschaftsveränderungen. Insbesondere Erosion und Akkumulation haben dabei einen starken Einfluss auf die Erhaltung bzw. Überlagerung von archäologischen Fundstellen.

Seit einigen Jahren werden Algorithmen entwickelt, mit denen man Strukturen wie Grabhügel oder Meilerplattformen, Hohlwege oder Höhenbefestigungen auch automatisiert detektieren kann – sogenannte Machine-Learning-Verfahren (Verschoof-van der Vaart und Landauer 2021). Für die Auswertung wird es aber weiterhin der Kenntnisse und Erfahrungen von Archäologen bedürfen, die insbesondere für die typologische und chronologische Ansprache sowie für die Verifizierung der Fundstellen ausschlaggebend sind. ■

LITERATUR

Bofinger, J. und R. Hesse (2011): Neue Wege der archäologischen Prospektion aus der Luft. Mit Airborne-Laserscanning Bodendenkmalen auf der Spur. Denkmalpflege in Baden-Württemberg 2011, S. 35–39

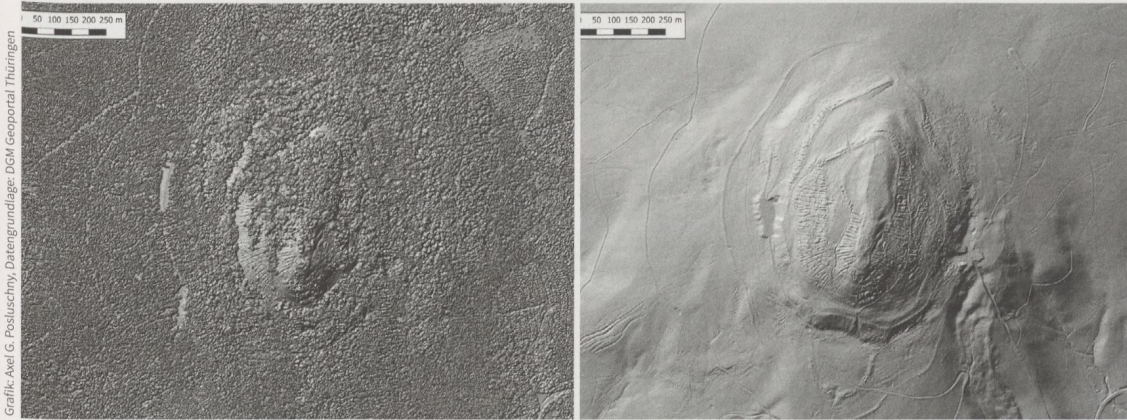


Abb. 5: Die weitestgehend unter Wald verborgene vorgeschichtliche Befestigungsanlage Steinsburg bei Römhild/Thüringen (links) ist erst nach dem Filtern der vom Bewuchs reflektierten Messpunkte erkennbar (rechts)

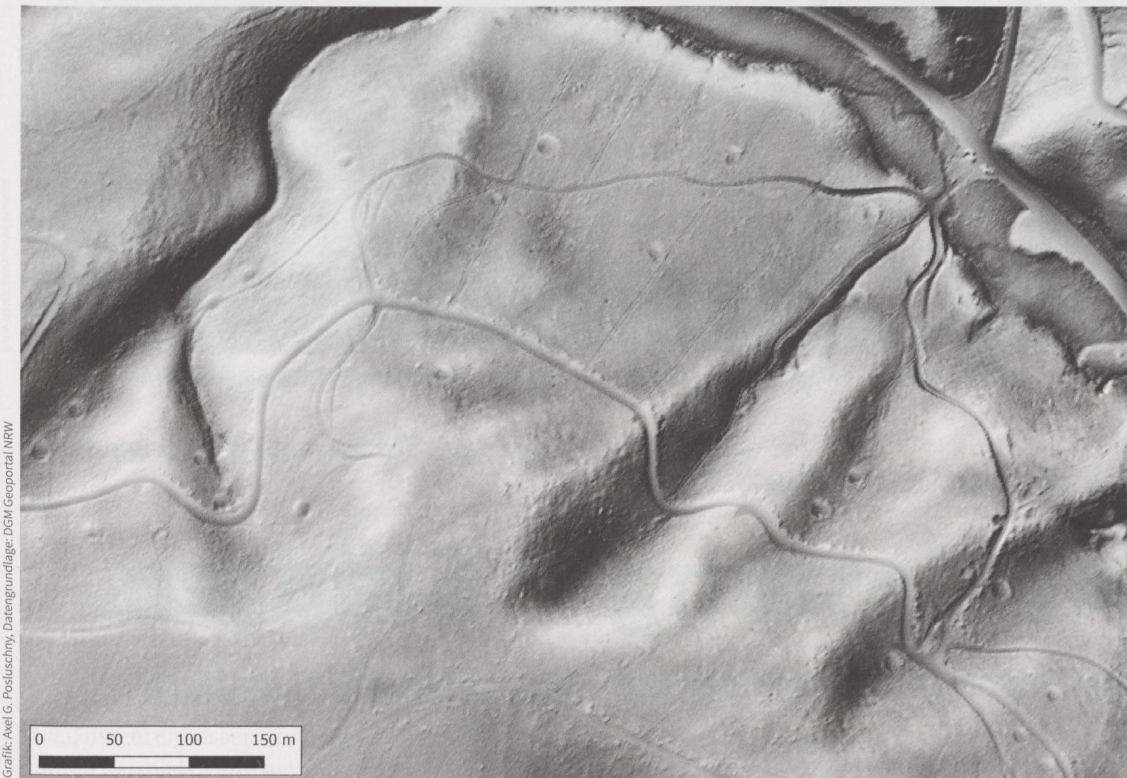


Abb. 6: Hillshade Model von Meilerplattformen bei Rommen/Nordrhein-Westfalen

Doneus, M. (2013): Die hinterlassene Landschaft – Prospektion und Interpretation in der Landschaftsarchäologie. Wien
 Historic England (2018): The Light Fantastic. Using Airborne Lidar in Archaeological Survey. Historic England Guidance. Swindon (<https://historicengland.org.uk/images-books/publications/using-airborne-lidar-in-archaeological-survey/>)
 Kokalj, Ž. und R. Hesse (2017): Airborne laser scanning raster data visualization – A Guide to Good Practice Ljubljana (<https://iaps.zrc-sazu.si/en/publikacije/airborne-laser-scanning-raster-data-visualization-1#v>)
 Musson, C., Palmer, R. und S. Campana (2013): Flights into the Past. Aerial photography, photo interpretation and mapping for archaeology (<https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/proplaeumdok/2009/>; <https://books.apple.com/de/book/flights-into-the-past/id773596917>)
 Schade-Lindig, S. und B. Steinbring (2018): Bodendenkmäler unter Wald im LiDAR-Scan. Digitale Handreichung für Forstbedienstete. Wiesbaden

Sittler, B. und K. Hauger (2005): Das Laserscanning im Dienste der Kulturlandschaftsforschung am Beispiel der unter Wald fossilisierten Wölbäcker von Rastatt. In: Denzer, V., Hasse, J., Kleefeld, K.-D. und U. Recker (Hrsg.): Kulturlandschaft. Wahrnehmung, Inventarisierung, regionale Beispiele. Fundberichte aus Hessen, Beiheft 4. Wiesbaden, S. 229–235
 Verschoof-van der Vaart, W. B. und J. Landauer (2021): Using CarcassonNet to automatically detect and trace hollow roads in LiDAR data from the Netherlands, Journal of Cultural Heritage 47, S. 143–154

AUTOR

Dr. Axel G. Posluschny M. A. FSA Scot, geb. 1964
 Forschungszentrum der Keltenwelt am Glauberg
axel.posluschny@keltenwelt-glauberg.de
 Schwerpunkte: Archäologie der Eisenzeit, Landschaftsarchäologie, Fernerkundungsmethoden in der Archäologie