

Terrestrisches Laserscanning als Methode der 3D-Geländeaufnahme in der Paläontologischen Bodendenkmalpflege

Mathias Knaak

Bodendenkmäler sind oft nur eingeschränkt oder für eine begrenzte Zeit zugänglich. In der Bodendenkmalpflege ist es daher wichtig, unterschiedlichste Objekte und Fundpunkte umfassend, schnell und so genau wie möglich zu vermessen und zu dokumentieren. Gerade bei Verursachergrabungen, bei denen eine Verzögerung des Baufortschritts unter Umständen mit erheblichen Kosten verbunden sein kann, ist eine schnelle und weitgehend automatisierte Dokumentation auch von großer wirtschaftlicher Bedeutung.

Die dreidimensionale Visualisierung großer räumlicher Objekte durch moderne Methoden wie die terrestrische Laserscan-Technologie hat in den letzten Jahren beträchtliche Aufmerksamkeit erfahren. Bislang ist diese Methode eher aus Bereichen wie Forensik, Kriminaltechnik, Architektur, Agrarwissenschaften, Bau und Kunst bekannt, wird aber in jüngerer Zeit auch in den Geowissenschaften und der Bodendenkmalpflege eingesetzt. Der Geologische Dienst NRW hat seit kurzem einen terrestrischen Laserscanner (TLS) im Einsatz, um die klassische Aufnahme geologisch-paläontologischer Aufschlüsse durch moderne 3D-Geländeaufnahme zu optimieren und Bodendenkmäler und Geotope als virtuelle 3D-Modelle zu dokumentieren.

Höhendaten, die mittels Airborne Laserscanner (ALS) aus einiger Höhe per Flugzeug gewonnen

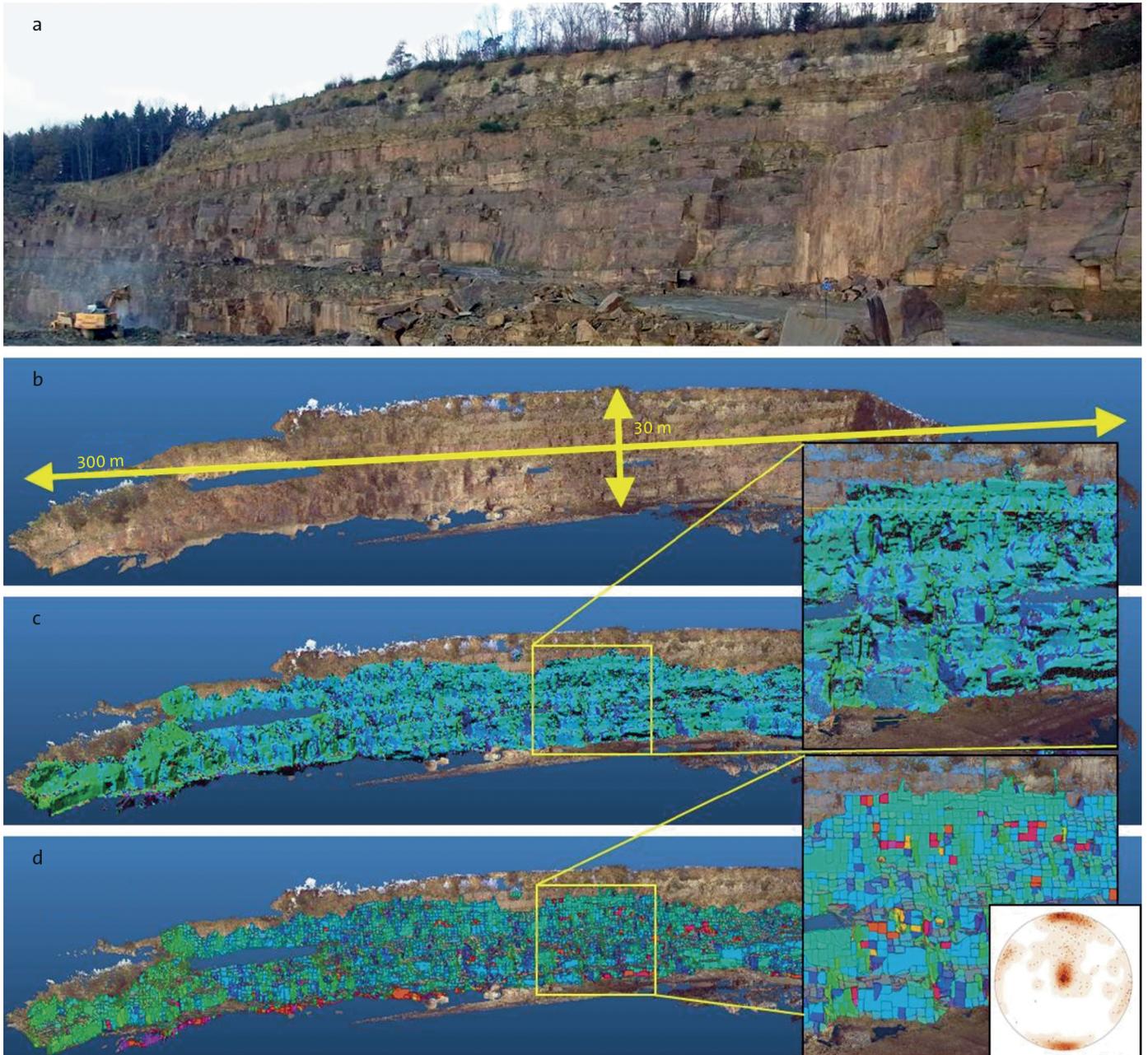
werden und zur Erzeugung digitaler Geländemodelle dienen, bilden schon seit einigen Jahren eine standardmäßig angewandte Grundlage bei der Suche nach archäologischen Fundstellen. Beim TLS kommt dagegen eine kompakte mobile Laserscaneinheit zum Einsatz, die auf einem Stativ am Boden stehend montiert ist und nahegelegene Objekte und Aufschlüsse schnell, detailliert und sehr präzise erfassen kann. Ähnlich wie beim ALS wird beim TLS über eine Laufzeitmessung des Laserimpulses die Entfernung eines Objektpunktes sowie über genaue Winkelmessungen seine Lage bestimmt.

Es gibt Laserscanner mit sehr unterschiedlichen Spezifikationen. Der vom Geologischen Dienst NRW eingesetzte Laserscanner hat bei optimalen Bedingungen eine Reichweite von 0,6–330 m und kann sowohl im Innen- als auch Außenbereich eingesetzt werden. Er arbeitet im für das menschliche Auge unsichtbaren und ungefährlichen Nahinfrarot-Spektrum mit einer Wellenlänge von 1550 nm.

Über einen rotierenden Spiegel und sich automatisiert um die vertikale Achse drehend erfasst das Gerät ein 0–360°-Messfeld in horizontaler und 0–300°-Messfeld in vertikaler Richtung. Mit einer Messrate von max. ca. 970 000 Punkten pro Sekunde können in wenigen Minuten sämtliche Oberflächenstrukturen eines Objektes oder Aufschlusses durch Laserstrahlen mit Millionen von Scanpunk-



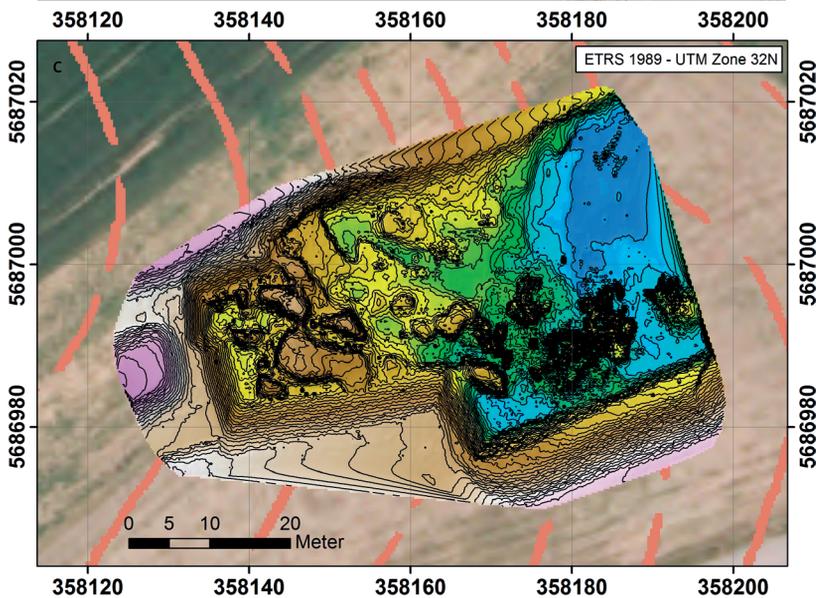
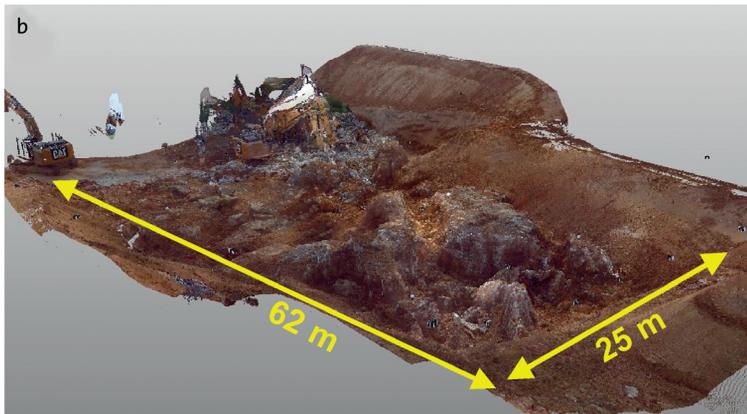
1 Wülfrath, Tillmannsdorfer Sattel. 3D-Punktwolke des Naturdenkmals mit fotorealistischer Farbcodierung (RGB-Farben).



ten abgetastet und erfasst werden. Zur vollständigen Erfassung komplexer Geometrien scannt man Objekte und Aufschlüsse aus verschiedenen Perspektiven und fügt die einzelnen Laserscans anschließend zusammen. Das Ergebnis sind digitale dreidimensionale Punktwolken mit Punktabständen von nur wenigen Millimetern. Dank dieser Eigenschaften eignet sich die TLS-Methode für alle Einsatzzwecke, bei denen Objekte in kurzer Zeit aus verschiedenen Perspektiven zu vermessen sind. Neben genauen Daten zur Lage und Geometrie eines gescannten Objektes liefert der Laserscanner ähnlich wie bei digitalen Fotos auch fotorealistische Farbwerte (RGB-Farben; Abb. 1). Zusätzlich erfasst er die Intensitätswerte der reflektierten Laserstrahlen. Diese lassen bei entsprechender Kalibrierung auf die Materialeigenschaften an der Oberfläche des

gescannten Objekts schließen, z. B. unterschiedliche Gesteine oder Durchfeuchtungsgrade. Durch die Erstellung eines virtuellen 3D-Punktwolkenmodells können neben der dreidimensionalen Erfassung der Oberflächengeometrie eines Objekts eine Vielzahl weiterer Auswertungen durchgeführt werden. Durch Triangulation ist z. B. die Berechnung von Oberflächen aus den Punkten und die anschließende Vernetzung und Nachbildung komplexer dreidimensionaler Geometrien in fotorealistischer Färbung möglich (Abb. 1). Objekte können anschließend jederzeit in Ruhe genau analysiert und Flächen und Volumen berechnet werden. Des Weiteren kann man die Punkte der Punktwolke unterschiedlich klassifizieren und so einzelne Punkte z. B. als Vegetation identifizieren und heraus rechnen (Abb. 2b).

2 Lindlar, Steinbruch BGS Vitar. Übersicht über die fossilführenden mittel-devonischen Sandsteine. **a** Foto; **b** 3D-Punktwolkenmodell mit fotorealistischer Farbcodierung (RGB-Farben); **c** prozessierte Punktwolke, farbcodiert nach analysierten Einfallrichtungen (HSV-Farbgebung, 0–360°); **d** Auswertung analysierter Trennflächen, strukturgeologisch dargestellt im Schmitt'schen Netz (siehe rechts unten).



3 Heiligenhaus. Bauarbeiten an der A44. **a** freigelegte, verkarstete, oberdevonische Kalksteine; **b** 3D-Punktwolkenmodell mit fotorealistischer Farbcodierung (RGB-Farben); **c** digitales Geländemodell mit Höhenliniendarstellung.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Auswertung, besonders in den Geowissenschaften, ist die automatisierte Charakterisierung von geologischen Trennflächen bzw. Gefügen in Aufschlüssen. Wichtige Gefügeparameter, wie die Orientierung von Klüften und Störungen sowie die Lagerung der Gesteinsschichten, können zusammen mit Materialeigenschaften der Gesteinsoberflächen aus den 3D-Punktdaten gewonnen werden und bilden die Basis für weitere wissenschaftliche und geotechnische Auswertungen (Abb. 2c–d). Die Darstellung der unterschiedlichen Ergebnisse erfolgt in Form von Karten, Profilschnitten und Schrägansichten aus beliebigen Perspektiven (Abb. 3).

Der Einsatz eines Laserscanners ist traditionellen Feldtechniken überlegen, da er eine schnellere detaillierte Datenaufnahme ermöglicht und für Kompass- und Maßbandmessungen nicht zugängliche bzw. leicht zerstörbare oder gefährliche Bereiche des Aufschlusses oder auch enge Räume, wie z. B. Höhlen, erfasst. Diese lassen sich anschließend am Bildschirm analysieren.

Der Erfolg der 3D-Dokumentation auf diesem Gebiet ist u. a. auf die erschwinglichen Preise für Laserscanner sowie eine neue Dimension in Bauweise und Funktionalität zurückzuführen. Terrestrisches Laserscanning wird in Zukunft routinemäßig bei paläontologisch bedeutsamen, temporären Aufschlüssen zur 3D-Dokumentation eingesetzt, um die klassischen Geländeuntersuchungen wie großmaßstäbige Kartierung, Profilaufnahme und Probenahme zu ergänzen.

Literatur

P. Giesen/C. M. Berry, Reconstruction and growth of the early tree *Calamophyton* (Pseudosporochnales, Cladoxyllopsida) based on exceptionally complete specimens from Lindlar, Germany (Mid-Devonian): organic connection of *Calamophyton* branches and *Duisbergia* trunks. International Journal of Plant Sciences 174, 2013, 665–686.

Abbildungsnachweis

1–3 M. Knaak/Geologischer Dienst NRW, Krefeld.