

# Modellierung von tachymetrisch erfassten Geländedaten in Echtzeit

Tobias DAHINDEN<sup>a,1</sup>, Frauke BITTNER<sup>b</sup>, Paul CZIOSKA<sup>b</sup>, Veronika KRAFT<sup>b</sup>,  
Alexander SCHLICHTING<sup>b</sup>, Michael THIES<sup>b</sup>, Malte Jan SCHULZE<sup>a</sup>,  
Frank THIEMANN<sup>a</sup> und Daniel EGGERT<sup>a,1</sup>

<sup>a</sup>*Institut für Kartographie und Geoinformatik, Leibniz Universität Hannover*

<sup>b</sup>*Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik, Leibniz Universität Hannover*

**Zusammenfassung.** In diesem Artikel wird die Implementierung eines Systems beschrieben, dass sich dazu eignet, topographische Daten mittels Tachymetrie im Gelände zu erfassen und an Ort und Stelle auszuwerten. Dazu müssen die Messwerte aus den entsprechenden Messgeräten (Tachymeter, GNSS-Empfänger) ausgelesen, interaktiv bearbeitet und verrechnet werden. Das berechnete Geländemodell lässt sich durch herkömmliche Methoden (Isolinien), durch ein 3D-Modell oder mittels Augmented Reality mit dem Gelände vergleichen.

**Schlüsselwörter.** Topographie, Mobil, Echtzeit

## Einleitung

Die Geländeerfassung zählt zu den Grundaufgaben der Vermessung. Während für größere Gebiete vor allem photogrammetrische Methoden und die Laser Altimetrie von Bedeutung sind, ist die Tachymetrie besonders für kleinere und insbesondere für bewaldete Gebiete gebräuchlich. Zur Auswertung von tachymetrisch-gemessenen Geländehöhen entstanden in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts computergestützte Auswertesysteme, wie etwa das Programmsystem TASH [1]. Mit solchen Systemen lassen sich die Daten auf herkömmlichen PCs im Feldbüro mit einem hohen Grad an Automation auswerten [2].

Die Mobilität der Hardware und ihre Vernetzung hat sich in den letzten Jahren jedoch drastisch geändert: Aktuell gebräuchlich sind leistungsfähige Tablet-Computer, die über mobile Kommunikationsmöglichkeiten (WLAN; UMTS, Bluetooth, etc.) und auch einfache Kamerasysteme verfügen [3]. Diese Hardware kann für die Auswertung der Messungen ausgenutzt werden. Bei einer zeitgemäßen Lösung erfolgt die Auswertung der Messungen direkt im Feld. Dabei kann die Datenübertragung von den Messgeräten zum mobilen Feldbuch kabellos erfolgen. Die Auswertung lässt sich nach jeder Messung aktualisieren und daraus sofort aktuelle Abbildungen des Geländemodells erstellen. Der Vergleich zwischen Modell und Realität ist dann ohne Zeitversatz möglich. Dabei lässt sich das Geländemodell nicht nur in Form einer planen Darstellung mit Höhenlinien visualisieren. Interaktive 3D-Darstellungen und die visuelle Überlagerung von Modelleigenschaften (z. B. Geländekanten) mit dem

---

<sup>1</sup> Korrespondenz Adresse: Institut für Kartographie und Geoinformatik, Appelstraße 9a, 30167 Hannover, Deutschland; E-Mail: {tobias.dahinden;daniel.eggert}@ikg.uni-hannover.de.

Gelände mittels der Technik der *Erweiterten Realität* (Augmented Reality) [4] können ebenfalls ermöglicht werden.

In diesem Artikel wird die Implementierung eines solchen Erfassungssystems vorgestellt. Dazu werden zunächst die Geräte und deren Eigenschaften beschrieben, für die das System ausgelegt ist. Anschließend wird daran ausgeführt, wie das System implementiert und getestet wurde.

## 1. Testkonfiguration und Entwicklungsumgebung

Das System wurde auf ein *Leica RX 1250* GNSS-Empfänger sowie die *Zeiss Elta* Tachymeter, beispielsweise S10 oder C30, ausgelegt. Sowohl die Zeiss Elta Geräte als auch der Leica GNSS-Empfänger sind für die geodätische Anwendung geeignet. Als Feldcomputer stand ein *Asus EeePad Transformer* mit *Android* Betriebssystem zur Verfügung.

Die Übertragung der Messwerte von den Messgeräten auf den Feldcomputer erfolgt via Bluetooth. Damit dies möglich war, wurde an die Zeiss Geräte an die serielle Schnittstelle ein Seriell-nach-Bluetooth-Konverter angeschlossen, der GNSS-Empfänger unterstützt bereits Bluetooth. Aus dem GNSS-Empfänger lassen sich die Messwerte kontinuierlich auslesen, aus dem Tachymeter lassen sich nur Projekte übertragen.

Bedingt durch das Android Betriebssystem wurde zur Implementierung Java verwendet. Entsprechend konnte auf android-kompatible Java-Bibliotheken zurückgegriffen werden: z. B. *Java2D* für die Visualisierung und *poly2tri* für die bedingte Delaunay-Triangulation [5]. Die persistente Datenhaltung wurde mittels *SQLite* realisiert.

## 2. Funktionsumfang

Die minimale Konfiguration eines (echtzeitfähigen) Geländeauswerteprogramms benötigt mindestens sechs Komponenten: Datenimport, Datenvisualisierung, Dateneditierung, Datenmodellierung, Modellvisualisierung und Datenexport. Die einzelnen Aufgaben können mit unterschiedlichen Schnittstellen realisiert werden. So können beispielsweise die Daten in Zahlenform aufgelistet oder als Punkte in einer Karte visualisiert werden.

*Einlesen neuer und bestehender Daten:* Bei der Datenerfassung müssen folgende Wege in Betracht gezogen werden:

1. *Importieren einzelner Neupunkte:* Beim GNSS-Empfänger kann jeder Messwert mit den dazugehörigen Genauigkeitswerten (DoP) direkt ausgelesen werden. Übers Feldbuch lässt sich steuern, ob ein Messwert gespeichert werden soll. Wird dies getan, wird ein neuer Punkt mit einer eindeutigen ID erstellt. Die Qualität der GNSS-Messung wird im Feldbuch visuell in Form einer Ampel dargestellt. Dadurch kann der Feldbuchführer entscheiden, wann die Position genügend genau ist und entsprechend die Messung auslösen. Um die Genauigkeit zusätzlich zu erhöhen, werden jeweils 10 Messungen gemittelt. Zu beachten ist, dass der GNSS-Empfänger die Koordinaten bezüglich WGS84 liefert und diese mit einem entsprechenden

Korrekturdienst ins Landessystem transformiert werden müssen. Beim Leica GNSS-Empfänger erfolgt dies bereits auf dem Gerät.

2. *Importieren von Punktgruppen:* Bei der Messung mit dem Tachymeter können systembedingt nur jeweils gesamte Projekte übermittelt werden. Damit kann man hingegen gewährleisten, dass nicht einzelne sondern nur überprüfte Messungen übertragen werden. Die Vergabe der Punktnummern kann bereits auf dem Tachymeter erfolgen. Es ist daher sicherzustellen, dass die Punktnummern keinen Konflikt zu anderweitig erfassten Punkten erzeugen. Weiter muss beachtet werden, dass ein und dasselbe Projekt mehrmals mit unterschiedlichem Erfassungsfortschritt eingelesen werden kann. Dies muss vom System erkannt werden, so dass nur die neu hinzugekommenen Daten mit den bereits bekannt synchronisiert werden. Beim Tachymeter werden Polarkoordinaten gemessen. Die Messungen müssen mittels Anschlusspunkten ins entsprechende Landessystem übertragen und entsprechend reduziert werden.

*Visualisierung einzelner Messungen:* Die gemessenen Punkte lassen sich einerseits in einer Liste und andererseits gemeinsam mit allfälligen Anschlusspunkten räumlich darstellen (vgl. Abb. 2).

*Editieren der Daten:* Für die Modellierung der Daten müssen sich zwischen einzelnen Punkten Bruchkanten und Aussparungsflächen erzeugen lassen. Dies lässt sich betätigen, in dem man interaktiv einzelne Punkte in der Karte in der Reihenfolge, wie sie verbunden werden sollen, anwählt. Durch die Verwendung eines touch-screen-basierten Feldcomputers lässt sich diese Aufgabe sehr intuitiv lösen. Abbildung 1 zeigt, wie das Erfassen von Geripplinien auf dem Bildschirm aussieht.

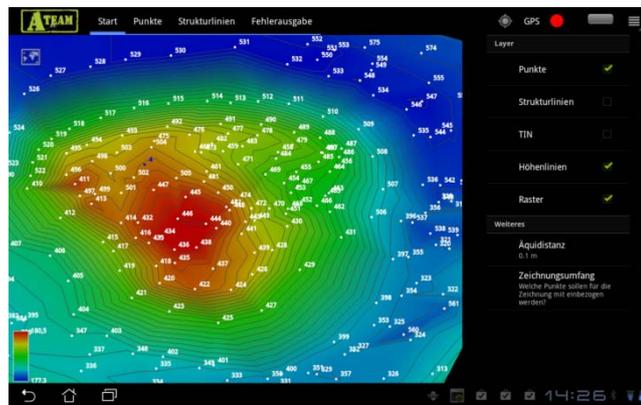


**Abbildung 1.** Erfassen von Geripplinien. Zwei Punkte werden in der räumlichen Darstellung angetippt aus der Liste mit Punktnummern (rechts) ausgewählt. Entsprechend wird eine neue Geripplinie (rot strichliert) erstellt.

*Modellierung:* Um ein Geländemodell zu berechnen werden in herkömmlicher Weise die Punkte mittels einer bedingten Delaunay-Triangulation vermascht. Über dieses Dreiecksnetz wird ein Raster gelegt und die Höhen für die einzelnen Rasterpunkte berechnet. Aus den Rasterpunkten werden dann die Höhenlinien interpoliert. Sowohl Dreiecksnetz als auch Geländemodell lassen sich auch als

Grundlage für eine 3D-Darstellung verwenden. Jedes Mal, wenn ein neuer Punkt oder eine neue Strukturlinie eingefügt wird, wird der entsprechende Bereich des Modells neu berechnet.

*Visualisierungen des Modells:* Die Höhenlinien lassen sich auf dem Bildschirm als einzelne Linien darstellen. Das Geländeeraster kann dazu verwendet werden, um Höhenschichten darzustellen. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel dazu.



**Abbildung 2.** Räumliche Darstellung von Geländepunkten. Zusätzlich sind die aus den Geländepunkten erstellten Höhenlinien und Höhenschichten dargestellt.

*Datenexport:* Um die gemessenen Punkte und das Höhenlinienmodell für andere Systeme verfügbar zu machen, wurden Exportfunktionen in Fremdformate erstellt. Im Moment stehen Funktionen für die Formate GML und KML zur Verfügung.

### 3. Feldtauglichkeit

Die Einsatzfähigkeit des Systems wurde im Feld getestet, indem die Ruine einer Motte (bei Dörnten, Ldkr. Goslar, Niedersachsen, Deutschland) erfasst wurde. Der Test umfasste das Erstellen von Fixpunkten und deren Anschluss ins Landeskoordinatensystem, die tachymetrische Erfassung einzelner Geländepunkte und die gleichzeitige Berechnung des Geländemodells. Das Testgebiet wurde derart erfasst, dass daraus ein Rastergeländemodell mit einer Maschenweite von 2x2 Meter erstellt werden konnte.

Damit der Test als erfolgreich bezeichnet werden konnte, mussten folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Berechnung und Darstellung der Höhenlinien in Echtzeit.
- Editieren und Löschen einzelner Punkte.
- Erfassen und Editieren von Gerippllinien.

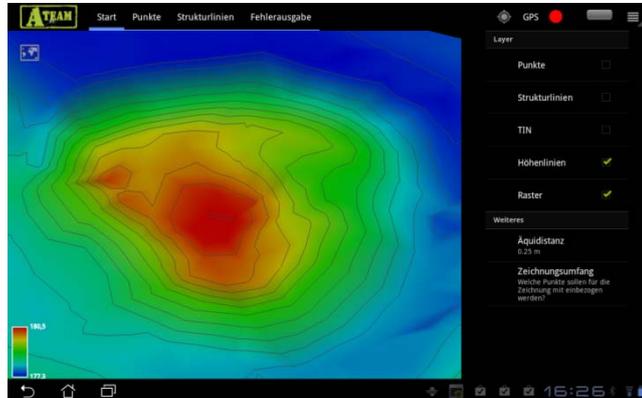


Abbildung 3. Höhenlinienbild beim Feldtest, wie es vor Ort betrachtet werden konnte.

Der Test verlief erfolgreich, wenn man vom Fehlen einiger weiterführender Funktionen absieht: Es ließen sich vor Ort Höhenlinien erstellen (Abbildung 3). Eine Option zur 3D-Darstellung des Geländes war zum Zeitpunkt des Tests noch nicht implementiert. Aus den im Test erfassten Daten konnte eine archäologische Karte erstellt werden. Sie ist in Abbildung 4 zu sehen.

Der verwendete Tablet Computer ist nicht für die Arbeit im Feld gedacht. Es gibt jedoch wasser- und stoßfeste Modelle, sog. *Tough Tablets*, wie etwa das Tough-pad FZ-A1 von Panasonic.

Bei der Arbeit mit dem System zeigte sich, dass die Arbeit mit dem elektronischen Feldbuch praxistauglich ist. Allerdings ist es von Vorteil, wenn der Feldbuchführer nicht gleichzeitig das Messinstrument bedienen muss. Die Echtzeitauswertung ermöglicht den sofortigen Vergleich der Aufnahme mit dem Gelände. Mit dem System ist es also möglich, die Anzahl der Messpunkte auf ein Minimum zu reduzieren, während die Qualität und Vollständigkeit der Geländedaten verbessert wurde.

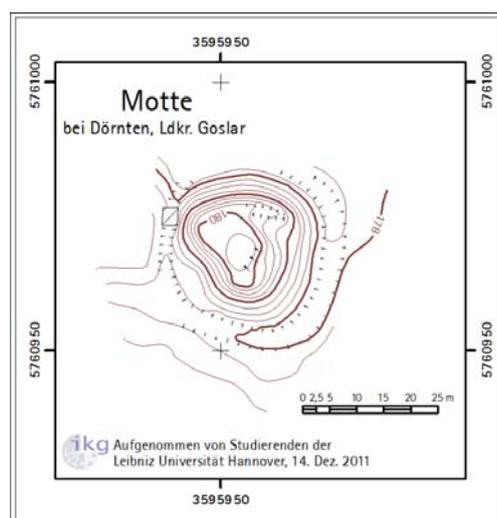


Abbildung 4. Resultierende Karte aus dem Feldtest.

Zusätzlich zur Darstellung von Höhenlinien erfolgte auch noch eine Möglichkeit, sich einzelne Punkte mittels erweiterter Realität (AR) anzeigen zu lassen. Abbildung 5 zeigt ein Beispiel dazu. Die Problematik besteht hierbei in der Genauigkeit, in der das Gerät zum Feld ausgerichtet werden kann. Während die Punkte relativ zueinander gut passen, ist die absolute Orientierung nicht immer ausreichend. Diese Funktion kann daher nur eingeschränkt für produktive Zwecke verwendet werden.



**Abbildung 5.** Vergleich von der Position von zwei Messpunkten.

## References

- [1] M. Grundey und I. Kruse: Berechnung und Auswertung von digitalen Flächenmodellen (DFM), *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten* **85** (1978), 100–108.
- [2] I. Kruse, T. Dahinden, D. Heidorn, und F. Thiemann: Praktische topographische Ausbildung an der Leibniz Universität Hannover im Wandel der Zeit, *Kartographische Nachrichten* **60** (2010), 279–283.
- [3] A. Barczok und C. Wölbart: Alle gegen Apple Tablets mit Android, WebOS und Blackberry OS fordern das iPad heraus. *c't Magazin für Computer und Technik* **2011**(17):80-87.
- [4] R.T Azuma: A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* **6**(4): 355 - 385.
- [5] U. Lenk: Triangulationen und Adaptive Triangulationen - ein Verfahren zur Ausdünnung unregelmäßig verteilter Massenpunkte in der Geländemodellierung. *Zeitschrift für Vermessungswesen* **128**(1): 47-56.