TELMA	Band 37	Seite 77 - 83	4 Abb.	Hannover, November 2007

Digitale Datenerfassung zur Flächenverwaltung von Mooren mit Georadar und Photogrammetrie

Digital Data Collection for Peat Surface Administration with Ground Penetration Radar and Photogrammetry

BERND HOFER

Zusammenfassung

Es werden Methoden der digitalen Datenerfassung von Mooren vorgestellt. Der Einsatz von Georadar in Verbindung mit GPS-Vermessung liefert digitale Geländeschnitte in einer hohen Auflösung und Präzision. Hochauflösende, digitale Luftbilder, von einem Ultraleichtflugzeug aufgenommen, werden photogrammetrisch ausgewertet. Im Ergebnis stehen dreidimensionale Geländemodelle als Planungsgrundlage zur Verfügung.

Abstract

The methods of Ground Penetrating Radar and Photogrammetry are both excellent instruments for digital data collection. Ground Penetrating Radar in use on site with GPS-measurement delivers high definition digital cross sections, which can be used to construct three dimensional models of the peat body. The high definition aerial photos taken from an ultralight aircraft are evaluated with photogrammetric methods resulting in more defined information of the surface.

1. Einleitung

Im Folgenden werden Georadar und Photogrammetrie als Methoden zur Datenererhebung für digitale Geländemodelle beschrieben. Die Erstellung von dreidimensionalen Geländemodellen des Torfkörpers findet folgende Anwendungen:

- Die Torfindustrie benötigt Daten zur Abbauplanung und zur Erlangung von Genehmigungen ihrer Lagerstätte und für betriebliche Belange wie Investitionsplanung und Qualitätsmanagement.
- Für den Naturschutz dienen Daten zum Torfkörper in erster Linie für die Erstellung von Pflege- und Entwicklungsplänen.

2. Methoden

2.1 Georadar

Der Aufbau des Moorkörpers wird durch Bohrungen (schwedischer Kammerbohrer, Holländischer Moorbohrer), die Mächtigkeit weniger aufwändig mit der Peilstange erfasst.

BJELM (1981) stellte auf der 10th Internationalen Konferenz „Soil Mechanics & Foundation Engineering“ in Stockholm 1980 die Anwendung des Georadars zur Erfassung des Torfkörpers vor. Diese geophysikalische Methode wurde vom Geologischen Dienst Finnlands übernommen und von HÄNNINEN (1996) auf einer IPS – Exkursion in Finnland vorgestellt. Seit 1998 erprobt das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung, Hannover, (jetzt LBEG), die Einsatzmöglichkeiten des Georadars (ZIEKUR 1998).

Abb. 1: Georadar im Geländeeinsatz mit GPS-Vermessung
Ground Penetrating Radar in use on site with GPS-measurement

Seit Anfang 2005 befindet sich ein Georadar im Rahmen verschiedener Aufgaben in der Ingenieurgesellschaft HOFER& PAUTZ GbR im praktischen Einsatz.

Das Prinzip des Georadars beruht darauf, dass eine durch einen Sender in den Boden geleitete elektromagnetische Welle durch verschiedene Diskontinuitäten auf ihrem Weg im Untergrund gestreut, reflektiert, gebeugt sowie durch Absorption geschwächt wird. Wei-

terhin ist die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Radarwelle von den physikalischen Eigenschaften des zu durchdringenden Mediums abhängig. Mit Hilfe eines Empfängers kann die Stärke der wieder ankommenden Wellen und Geschwindigkeitsdifferenzen der Wellen untereinander gemessen werden. Als Reflektor im Boden wirken Bodenbestandteile bzw. stratigraphische Abfolgen, in denen sich die physikalischen Eigenschaften wie die elektrische Leitfähigkeit, die Dielektrizitätszahl sowie die magnetische Permeabilität stark verändern.

Begrenzend auf den Einsatz des Georadars wirken die Reichweite der verwendeten Antenne und deren vertikale und laterale Auflösung. Die Reichweite ist im Wesentlichen vom Reflexionskoeffizienten, von der Signalabsorption und –streuung, der Objektgröße und –form, den Signalfrequenzen sowie der Meßmethodik und Datenverarbeitung abhängig. Höhere Wasser- und Salzgehalte und bindige Bodenbestandteile vermindern aufgrund ihrer hohen elektrischen Leitfähigkeit die Reichweite. Unter vertikaler Auflösung ist zu verstehen, wie dünn eine Schicht sein kann, damit deren Ober- und Unterkante mit dem Radar noch getrennt beobachtet werden kann. Die laterale Auflösung bestimmt, wie nahe benachbarte Objekte beieinander liegen dürfen, damit sie mit dem Verfahren noch getrennt erkannt werden können.

Die Ingenieurgesellschaft HOFER & PAUTZ GbR, Altenberge, verwendet ein TerraSIRch SIR System-3000 des Herstellers GEOPHYSICAL SURVEY SYSTEMS, Inc. (GSSI) in Verbindung mit einer 200 MHz-Antenne, die für Torfe mit Mächtigkeiten bis zu 5 m einen gelungenen Kompromiss aus Reichweite und Auflösung darstellt. Die Antenne ist mit einem Messrad zur genauen Ermittlung der gefahrenen Strecke und einem GPS-Logger ausgestattet. In der Regel wird die Antenne mit einem Zugfahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 1,5 bis 3 m/s über die zu erfassende Fläche gezogen, um Detailstrukturen auflösen zu können. Zeitgleich läuft ein Differenzielles GPS (DGPS) am Zugfahrzeug mit, um die dreidimensionale Lage des gefahrenen Transektes mit einer Genauigkeitstoleranz von 5 cm in alle Richtungen vorzunehmen. Eine Eichung des Georadars wird mittels der Niederbringung von einigen (etwa alle zwei Transekte bei Transektlängen ab 500 m sowie zusätzlich bei besonderen Auffälligkeiten wie Kuppen oder stark ansteigender Torfmächtigkeit) herkömmlichen stratigraphischen Bohrungen mit dem Guts-Bohrer durchgeführt.

Die Gelände-Daten werden mit einer speziellen Software bearbeitet (RADAN), in eine digitale tabellarische Form überführt und mit den DGPS-Daten verschnitten, die dann von GIS- und/oder CAD-Systemen weiter bearbeitet und kartographisch aufbereitet werden können.

Fazit der bisherigen Erfahrungen ist:

- Im Gegensatz zum Bohrraster erfolgt eine kontinuierliche Erfassung innerhalb des Transektes nach Wunsch bis zu einer linearen Auflösung von 2 cm (bei der Datenaufbereitung wird jedoch eine Datenausdünnung auf 2 m und mehr vorgenommen, um die anfallende Datenmenge handhabbar zu halten). Das Relief des mineralischen Untergrundes wird sichtbar.

- Große befahrbare Flächen können schneller bearbeitet werden.

- Die Erfassung der Grenzschicht zwischen dem mineralischem Untergrund und der Torfbasis funktioniert zuverlässig mit der 200 Mhz - Antenne bis in eine Tiefe von 5 m, wenn die Torfe nicht vollständig wassergesättigt sind oder der Oberboden gefroren ist. Grenzen zwischen losem und gewachsenem Torf sind erkennbar. Auffällige Einzelobjekte, wie Holzstubben, Drain- oder Rohrleitungen zeichnen sich deutlich ab.

- Die stratigraphische Gliederung der Torfe ist nicht sicher bestimmbar, evtl. wird sie sich für einzelne Moore als möglich erweisen.

- In der wirtschaftlichen Betrachtung ergibt sich ein reduzierter Geländeeinsatz.

2.2 Photogrammetrie

Für digitale Fotos verwendet die Ingenieurgesellschaft HOFER & PAUTZ GbR verschiedene Kameras mit unterschiedlicher Auflösung. Für die photogrammetrische Auswertung von Bildern gibt es zwei grundsätzlich verschiedene methodische Ansätze, die hier vorgestellt werden.

2.2.1 Schrägaufnahmen

Einzelobjekte wie Torfmieten oder Gebäude werden aus verschiedenen Blickwinkeln vom Boden und/oder aus der Luft fotografiert. In einem Photogrammetrie-Programm werden identische Punkte auf möglichst vielen Bildern zugeordnet. Aus diesen Bildpunkten wird ein dreidimensionales Geländemodell des entsprechenden Objektes errechnet, das zur weiteren EDV-Bearbeitung zur Verfügung steht. Von Torfmieten z.B. kann das Volumen ermittelt werden.

2.2.2 Senkrechtaufnahmen

Die Erstellung und Aufbereitung von Senkrechtbildern eröffnet im Vergleich zu Schrägaufnahmen einen wesentlich breiteren Einsatzbereich.

Abb. 2: Schrägaufnahme einer Torfmiete mit Passpunkten für die 3D-Modellierung
Angular expose of a peat stack with a controe point for 3D-modelling

Die Ortholuftbilder der Vermessungsämter bieten mit einer Auflösung von 40 cm nicht die notwendige Detailschärfe. Weiterhin sind sie nicht aktuell und der Aufnahmezeitpunkt ist nicht wählbar.

Deshalb setzt die Ingenieurgesellschaft HOFER & PAUTZ GbR einen Ultraleichtflieger für Bildflüge ein. Die Fotos liefert eine Canon EOS Ds 1 Mark II, eine digitale Spiegelreflex-Kamera mit 17 Mega Pixel mit einem Zeiss-Objektiv. Die Kamera ist in einer selbstkonstruierten Aufhängung stabilisiert und wird über einen Rechner gesteuert. Das GPS an Bord erfasst die Position der Kamera und zeigt dem Piloten seine Position in einem zuvor erstellten Bildflugplan.

Je nach Wahl der Flughöhe sind sowohl Übersichtsbilder als auch hochaufgelöste Bilder möglich, abhängig von Aufgaben- und Kostenrahmen. Folgende Produkte sind möglich:

- Die Einzelbilder werden in einer interaktiven digitalen Übersichtskarte dargestellt, aus der sie über „Hotlinks“ geöffnet werden können.

- Sie können entzerrt und georeferenziert lagegetreu als Datenebene für die weitere digitale Verwendung oder als gedruckte Luftbildkarte zur Verfügung gestellt werden.

- Sie können als Basis zur Erstellung digitaler Geländemodelle für weitere Aufgaben und Planungen in CAD- oder GIS-Anwendungen genutzt werden.

Abb. 3: Ultraleichtflieger - Cockpit mit Kamera, Stabilisator, Aufhängung, Rechner und GPS
Ultralight aircraft – cockpit with camera, stabilizer, mounting, computer and GPS

Die Bilder können dem Nutzer unter anderem in einem kostenlosen Viewer zur Verfügung gestellt werden. Der Viewer bietet die wichtigsten Werkzeuge, die der Nutzer für seine Auswertung benötigt. Der Maßstab lässt sich stufenlos zoomen und es können Strecken und Flächen gemessen werden. Eine Darstellung zusammen mit ALK- und ALB-Daten (AllgemeinesLiegenschaftsKataster- und AllgemeinesLiegenschaftsBuch) oder beliebigen anderen Daten ist möglich.

Zusammengefasst bietet die Methode eine aktuelle Dokumentation des Bestandes auf hoch auflösenden digitalen Luftbildern mit folgenden Vorteilen:

- Arbeitsgrundlage für sämtliche Planungen wie Abbau, Herrichtung oder Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen im Moor.

- Schneller Einblick in Ausgangssituationen für Planungen mit der Möglichkeit des Messens wie Versiegelung, Bewuchs, Wege- und Gewässerverlauf etc.

- Archivierung des Zustands einer Fläche zu einem bestimmten Zeitpunkt als Begleitung von Baumaßnahmen, Schadensfälle u.ä.

Das System zeichnet sich im Vergleich mit herkömmlichen Befliegungen dadurch aus, dass es flexibel und schnell einsetzbar und zudem kostengünstig ist. Einsätze sind (in Abhängigkeit vom Wetter) innerhalb weniger Tage möglich.

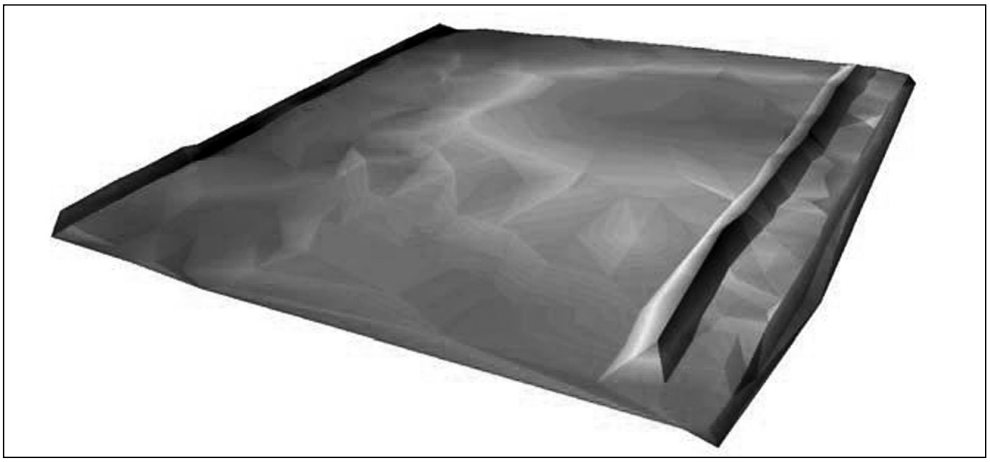

Abb. 4: 3D – Geländemodell eines Frästorffeldes mit Miete
3D-model of a milled peat field with peat stacks

3. Literaturverzeichnis

BJELM, B. (1980): Geological interpretation with subsurface interface radar in peatlands. Proc. 6th Int. Peat Congr., Aug. 17-23:7-8; Duluth, Minnesota, USA

HÄNNINEN, P. (1992): Application of ground penetrating radar and radio wave moisture probe techniques to peatland investigations. - Geol. Survey Finland, Bull. **361**: 71 p.; Espoo, Finland

ZIEKUR (1998): Die Bestimmung von Torfmächtigkeiten durch Bodenradarmessungen. -Telma **28**: 95-105; Hannover.

Anschrift des Verfassers:

Bernd Hofer
Hofer & Pautz GbR - Ingenieurgesellschaft für Ökologie, Umweltschutz
und Landschaftsplanung
Buchenallee 18
D-48341 Altenberge
E-Mail: info@hofer-pautz.de

Manuskript eingegangen am 5. August 2007