

## A-4.3 DATENBLÄTTER „BEPROBUNGSLOSE UNTERSUCHUNGSMÖGLICHKEITEN“ – TECHNISCHE METHODEN (AUSWAHL)

### A-4.3.1 Airborne Laserscanning

#### Verfahrensbeschreibung

- Die gepulsten Laserstrahlen des Laserscans dringen durch das Geäst der Bäume und erreichen dort den Waldboden. Wald- und Unterholzvegetation können herausgefiltert werden. Die darunter verborgenen Geländestrukturen können in Computermodellen sichtbar gemacht werden und lassen ggf. Rückschlüsse auf Nutzungen zu.
- Airborne Laserscanning stellt hohe Anforderungen an Fachkenntnisse und technische Ausstattung spezialisierter Unternehmen.
- Die Technik kann gegenwärtig in Flugzeugen, Helikoptern oder Drohnen ab ca. 2 kg Ladekapazität eingesetzt werden (Stand 2014).
- Rohdaten des Laserscans bedürfen spezieller Datenfilterung zur Trennung zwischen Vegetation, Geländeoberfläche und Bauwerken. Ergebnisdaten der Filterung können ggf. von fachkundigen Ingenieurbüros weiterverarbeitet werden.

#### Empfohlene Anwendungsszenarien für BoGwS

- Fernerkundung historischer oder aktueller Nutzungsstrukturen in bewaldeten Gebieten.
- Geländedifferenzmodelle zur Erkundung von Abgrabungen und Aufschüttungen (Geländemorphologie damals/aktuell).
- Die erkannten, aber oft nur unter Vorbehalt anzusprechenden Befunde sind im Gelände sorgfältig zu überprüfen, ihre Aussagekraft ist zu hinterfragen.

#### Ausgewählte technische Informationen

- Daten der Bundesländer: Bodenauflösung max. 1x1 Meter (DGM1; Verfügbarkeit: Bundesgebiet ohne Niedersachsen, Befliegung hier geplant).
- Individuelle Laserscans zu speziellen Fragestellungen: Messpunktdichte Rohdaten: 15 bis 30 Punkte pro m<sup>2</sup>
- Höhengenaugigkeit relativ: Zentimeter-Bereich
- Abgabeformate gefilterter Daten: georeferenziertes digitales Höhenmodell (DOM, DGM) gerastert, Auflösung nach Anforderung ( $\geq 5$  cm)

## Kosten

- Laserscan-Daten aus der Landesbefliegung: je nach Bundesland 30 bis 80 € je km<sup>2</sup>
- Individuelle, hochauflösende Laserscans: stark von Bodenauflösung abhängig, ca. 4.000 bis 8.000 € je km<sup>2</sup>

## Beispiel Auswertung (Datengrundlage: DGM1 Landesvermessung)



Abb. A-4-1: Beispiel Luftbildausschnitt (ohne Maßstab)

Aktueller Luftbildausschnitt einer Liegenschaft mit ca. 80 Jahren militärischer Nutzung. Im Grundwasserabstrom sind Schadstoffe nachzuweisen, deren Quelle bisher nicht einzugrenzen war. Aufgrund der in den vergangenen Jahrzehnten überwiegend blickdichten Vegetation sind luftbildsichtig keine konkreten Merkmale von Bodeneingriffen oder Vergrabungen

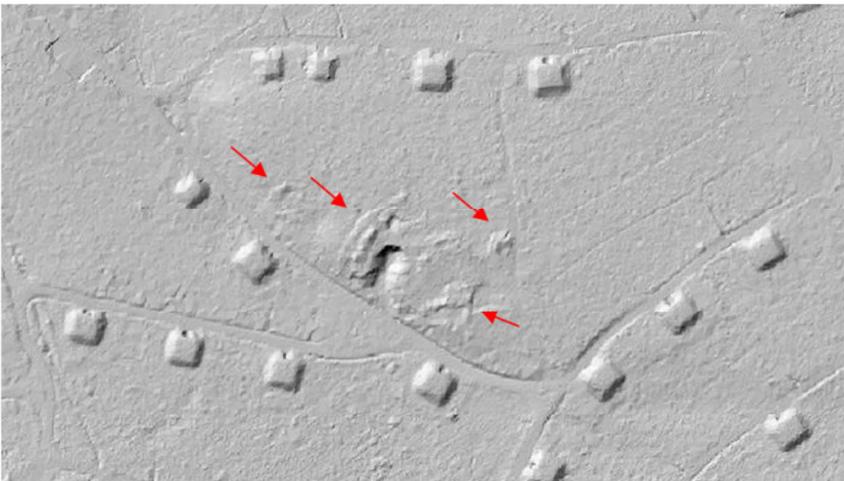


Abb. A-4-2: Darstellung Laserscandaten (DGM1)

Laserscandaten der exakt gleichen Fläche aus der landesweiten Befliegung (DGM1) lassen eindeutig Strukturen erkennen (rote Pfeile), die auf Bodeneingriffe (Abgrabungen, Aufschüttungen) zurückzuführen sind. Somit ist eine räumlich gezielte technische Erkundung einer potentiellen Kontaminationsquelle möglich.

## A-4.3.2 Luftbildauswertung

### Verfahrensbeschreibung

- Luftbilder sind objektive „Zeitzeugen“ eines Gebietes zum Zeitpunkt der Aufnahme. Ihre realitätstreue Darstellung lässt – entsprechende Erfahrung vorausgesetzt – wichtige Rückschlüsse auf die Nutzung einer Fläche zu.
- Luftbildauswertung bezeichnet die inhaltliche Interpretation von Luftbildern mit Erfassung der im Bild vorhandenen Informationen über Merkmale des Aufnahmeobjektes, logischer Kombination und individueller Erfahrung vom Luftbildauswerter.
- Mit dem Begriff „Luftbildauswertung“ ist aus technischer und thematischer Sicht kein einheitliches Vorgehen verknüpft. Deshalb ist die initiale Beschreibung von Zielen der Luftbildauswertung unerlässlich.
- In Abhängigkeit der Fragestellung werden verschiedene Verfahren angewendet. Das Spektrum reicht von einer Luftbildsichtung mit rein textlicher Ergebnisdarstellung bis hin zur qualifizierten Detailauswertung mit einer vermessungstreuen Erfassung von Objektgeometrien in Stereoauswertesystemen.

### Empfohlene Anwendungsszenarien für BoGWS

- Erste Wahl zur Fernerkundung historischer oder aktueller Nutzungsstrukturen in bestimmten Zeiträumen in unbewaldeten und eingeschränkt in bewaldeten Gebieten.
- Geländedifferenzmodelle zur Erkundung von Abgrabungen und Aufschüttungen (Geländemorphologie damals/aktuell).
- Ortsbegehungen zur Überprüfung der luftbildsichtigen Befunde sind empfehlenswert.

### Ausgewählte technische Informationen

- Senkrechtluftbilder aus Reihenbefliegungen werden seit den 60er Jahren in relativ kurzen Zeitabständen angefertigt. Methodisch und technisch sind sie deshalb sehr gut geeignet, um über systematische und multitemporale Bildanalysen Informationen für Fragestellungen des Boden- und Grundwasserschutzes zu erhalten.
- Die Auswertung erfolgt überwiegend digital. Zur Detailauswertung und Vermessung sind spezielle Systeme erforderlich, die ein stereoskopisches und lagetreues Arbeiten ermöglichen.
- Neben zweidimensionalen Daten können aus geeigneten Luftbildern dreidimensionale Daten gewonnen werden. Solche Daten können z.B. zur Ableitung von Geländedifferenzmodellen zwischen zwei Zeitschnitten verwendet werden. Dazu kommen Verfahren der Photogrammetrie zur Anwendung.

## Kosten

Die Kosten der Luftbildauswertung sind stark von der Intensität (Sichtung oder Detailauswertung), der Informationsdichte des Betrachtungsgebietes, dem Betrachtungszeitraum und von der Flächengröße abhängig. Konkrete Kosten können hier nicht genannt werden.

Die Luftbildauswertung stellt für den Boden-

## Beispiel Auswertetechnik und Auswertung

### Beispiel Auswertesystem



Abb. A-4-3: Arbeitsplatz zur digitalen stereoskopischen Luftbildinterpretation

und Grundwasserschutz ein vergleichsweise kosteneffizientes Instrument zur beprobungslosen Erkundung von Flächennutzungen dar und sollte im Rahmen der Ersterkundung stets in Betracht gezogen werden.

## A-4.3.3 Unbemannte Luftfahrzeuge

Ein typischer Arbeitsplatz zur digitalen stereoskopischen Luftbildinterpretation und Datenerfassung. Auf der rechten Seite befindet sich das stereoskopische Display mit zwei Monitoren und Strahlteilerplatte (halbdurchlässiges Spiegelglas). Auf der linken Seite ist das Display für ein Geographisches Informationssystem (GIS), in dem Bildinformationen kartiert und Sachdaten erfasst werden. Für eine stereoskopische Betrachtung der Luftbilder sind bei diesem System Polfilterbrillen erforderlich.

### Beispiel 3D-Luftbildauswertung

Multitemporale Luftbildauswertung einer Sonderabfalldeponie: Wechselnde Betreiber der Deponie erforderten eine Feststellung der Kostenträger für Sanierungsmaßnahmen im Grundwasserbereich.

Die horizontale und vertikale Ausdehnung des Deponiekörpers konnte mittels Geophysik und Aufschlussbohrungen nur unzureichend geklärt werden. Die zeitliche und räumliche Entwicklung der Ablagerungen war unklar.

Sieben Luftbildzeitschnitte von 1945 bis 2002 wurden photogrammetrisch ausgewertet. Aus Einzelpunktmessungen wurden 3D-Modelle der Deponieoberflächen unterschiedlicher Zeitschnitte berechnet.

Volumendifferenzen und Volumenanteile im Grundwasserbereich konnten

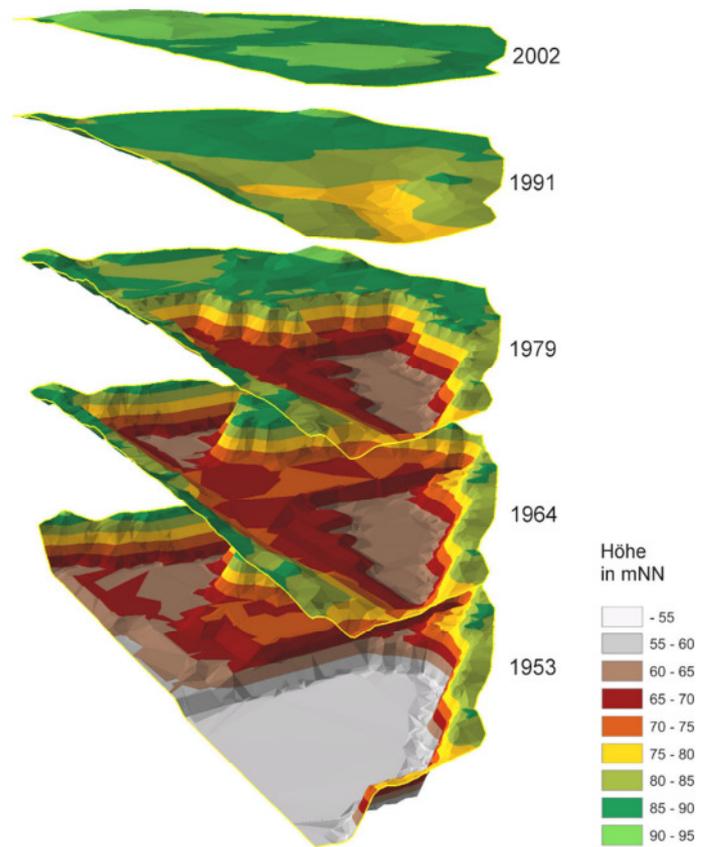


Abb. A-4-4: Multitemporale Luftbildauswertung



Abb. A-4-5: Thematische Luftbildauswertung

### Beispiel einer thematischen Luftbildauswertung

Die komplexe Nutzungsgeschichte eines ehemals militärischen Standortes wurde in Dekaden flächendeckend ausgewertet.

Auf dieser Grundlage konnten kontaminationsrelevante Einrichtungen und Aktivitäten weitgehend lokalisiert werden.

## (Kleindrohnen, MAV)

### Verfahrensbeschreibung

MAVs eignen sich sehr gut für die schnelle und kostengünstige Gewinnung hochwertiger Daten zur lokalen Vermessung (durch Laserscanning oder Photogrammetrie) oder Auswertung im visuellen Spektralbereich (monochromatisch, panchromatisch und Color-Infrarot).

Per GPS-Steuerung werden vorab definierte Flugrouten automatisch abgeflogen und überlappende Aufnahmen erstellt, aus denen anschließend mosaikartig Orthofotos zusammengestellt und georeferenziert werden.

Mit spezieller Software können aus den gewonnenen Bildern hochauflösende 3D-Oberflächenmodelle (Punktwolken) berechnet werden. Die Genauigkeit der so erzeugten Punktwolken liegt im Bereich von wenigen Zentimetern auf allen Achsen.

Für den gewerblichen Einsatz müssen die Bestimmungen des Luftverkehrsgesetzes und die länderspezifischen Verordnungen berücksichtigt werden.

### Empfohlene Anwendungsszenarien für BoGwS

- Erkennen und erfassen von Fragmenten ehemaliger Nutzungen, welche terrestrisch nicht oder nur bedingt erkannt werden können.
- Erkennen und erfassen von Auffälligkeiten (z.B. Vegetationsanomalien), welche terrestrisch nicht oder nur bedingt erkannt werden können.
- Präzise Aufmaße von Aufschüttungen (3D) oder spezifischen Flächen (2D).

- Kontrolle und Dokumentation langfristiger und großflächiger Sanierungsmaßnahmen (Monitoring).

### Ausgewählte technische Informationen

- Einsatz als Flächenflugzeug oder Copter, letzterer setzt sich wegen seiner Flugeigenschaften zunehmend durch
- MAV: Höhe bis ca. 200 Meter, Reichweite ca. 400 Meter, Gesamtgewicht unter 5 kg
- Bodenstation und Steuerungssoftware sind wichtige Komponenten und i.d.R. herstellerspezifisch, Software zur Datenauswertung hingegen unabhängig.

### Kosten

- Mietpreise professioneller MAV beginnen bei ca. 3.000 € mit Operator (Tagesatz).
- Beschaffungskosten für professionelle MAV mit hochauflösenden Kameras beginnen bei 5.000 bis 10.000 €. Spezielle Sensoren (Laserscan) liegen deutlich höher.

### Beispiel Auswertetechnik und Auswertung



Abb. A-4-6: Mikrodrohne mit montierter HD-Kamera;  
Quelle: CC BY 2.0 Don McCullough from Santa Rosa, CA, USA