

Der Einsatz von Fernerkundungstechnologien im Kontext mit dem Markscheidewesen und der Geotechnik – Beispiele aus der Praxis

Beatrix Wagner, Monika Pilarski, Andreas Forgber, Martin Wagner

ILV-Fernerkundung GmbH

ZUSAMMENFASSUNG:

In diesem Beitrag wird aufgezeigt, wie die Firma ILV durch langjährige Beteiligung an Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie durch Industrieerprobung von innovativen Technologien erfolgreich im In- und Ausland arbeitet.

Vorge stellt werden schwerpunkthaft Ergebnisse der Anwendung von Satellitenbilddaten im visuellen Bereich und von Radardaten sowie Erfahrungen bei der Einführung der digitalen Luftbildkameratechnik.

Berichte aus der Praxis des digitalen Bildfluges im Ausland auch aus Sicht des Auftraggebers für geologische und geotechnische Fragestellungen und der Industrieerprobung von Multibeam-Sonar-Technik zeigen die innovativen Potentiale dieser Technologien.

ABSTRACT:

In this paper, it is shown how the company ILV works successfully domestically and abroad by long standing involvement in research and development projects as well as by industrial testing of innovative technologies.

The focus of the paper are results of application of satellite images in visual range and of radar data as experiences with the introduction of digital airborne camera technique.

Field notes about digital photo flight abroad – also from the view of the customer for geological and geotechnical problems – and about industrial testing of Multi-beam Sonar Technique show the innovative potentials of these technologies.

1 Forschung- und Entwicklung - Industrieerprobung

Die ILV-Fernerkundung GmbH kann auf mehrere Jahrzehnte der Beteiligung an Forschungs- und Entwicklungsprojekten zurück blicken. Dieses Art von Leistungen und die Industrieerprobung von neu entwickelten technischen Systemen sind wesentliche Faktoren unserer bisherigen erfolgreichen Arbeit. Aber nicht jede Idee führt automatisch zum Erfolg....



Abb. 1: 1986, Jugendforscherkollektiv des Braunkohlenwerkes Borna

Die Anfänge unseres risikobereiten, unternehmerischen Ansatzes liegen schon im Braunkohlenwerk Borna mit dem Jugendforscherkollektiv der Markscheiderei und später des Hauptingenieurbereiches mit den Schwerpunkten Teilautomatisierung der Vermessung, digitale Luftbildauswertung und digitale Bildverarbeitung für Automatisierungslösungen der Tagebautechnologien, aber auch in den Arbeiten der Mitarbeiter um Prof. Karl-Heinz Marek für die Fernerkundung der Erde an der Akademie der Wissenschaften der DDR.



Abb. 2: 2014, Prof. K.-H. Marek, Dr. S. Jähn. M. Wagner - Filmaufnahmen Flugplatz Strausberg

1.1 **Monitoring mit Satellitendaten für Tagebaugebiete in der Lausitz**

In der Lausitz wurde unter Fritz Weidig die Luftbildvermessung der Tagebaue eingeführt - Wolfgang Fiedler setzte in Mitteldeutschland anfangs auf die terrestrische Photogrammetrie ein - in der Tradition des wissenschaftlich-technischen Fortschritts im Markscheidewesen wurden auch Daten aus dem ersten Weltraumflug mit der Multispektralkamera und Satellitendaten für den Bergbau in den 70iger Jahren genutzt.

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Projektes im Zeitraum von drei Jahren zwischen 1995 und 1998 wurden gemeinsam mit der Abteilung Rekultivierung des damaligen Braunkohleunternehmens LAUBAG Untersuchungen zur Eignung von Satellitendaten verschiedener Sensoren für die Kennzeichnung von Veränderungen des Vegetationszustandes von Biotopen im Umfeld der Braunkohletagebaue Nochten und Reichwalde durchgeführt. Zu den Ergebnissen, detailliert dargestellt in Pilarski, Oppitz 1998 und Pilarski, Tischer 2000, gehört eine Technologie zur Prozessierung einer jährlich aufgenommenen Satellitenbildszene des Thematic Mapper Sensors von LANDSAT 5 an deren Ende qualitativ und quantitativ vergleichbare Werte des Vegetationsindex 'NDVI (Normalisierter differentieller Vegetationsindex) stehen. Diese Daten wurden in das Geoinformationssystem GIS-UMWELT exportiert, das für das Tagebaugebiet Nochten-Reichwalde und sein Einflussgebiet seit 1998 existiert und vor allem Informationen zur naturräumlichen Ausstattung des Gebietes beinhaltet. Im Ergebnis dieses erfolgreichen Forschungsvorhabens kam es zu einer jährlichen Bearbeitung von Satellitendaten, so dass aus dem Zeitraum von 1985 bis 2010 insgesamt 20 Satellitenbildszenen einer speziellen radiometrischen Korrektur unterzogen wurden und als NDVI-Datensätze für eine biotop-bezogene Auswertung zur Verfügung stehen. Die folgende Abbildung zeigt drei ausgewählte Datensätze (hier in unterschiedlichen Kanalkombinationen dargestellt) und die abgeleiteten Vitalitätsklassen.

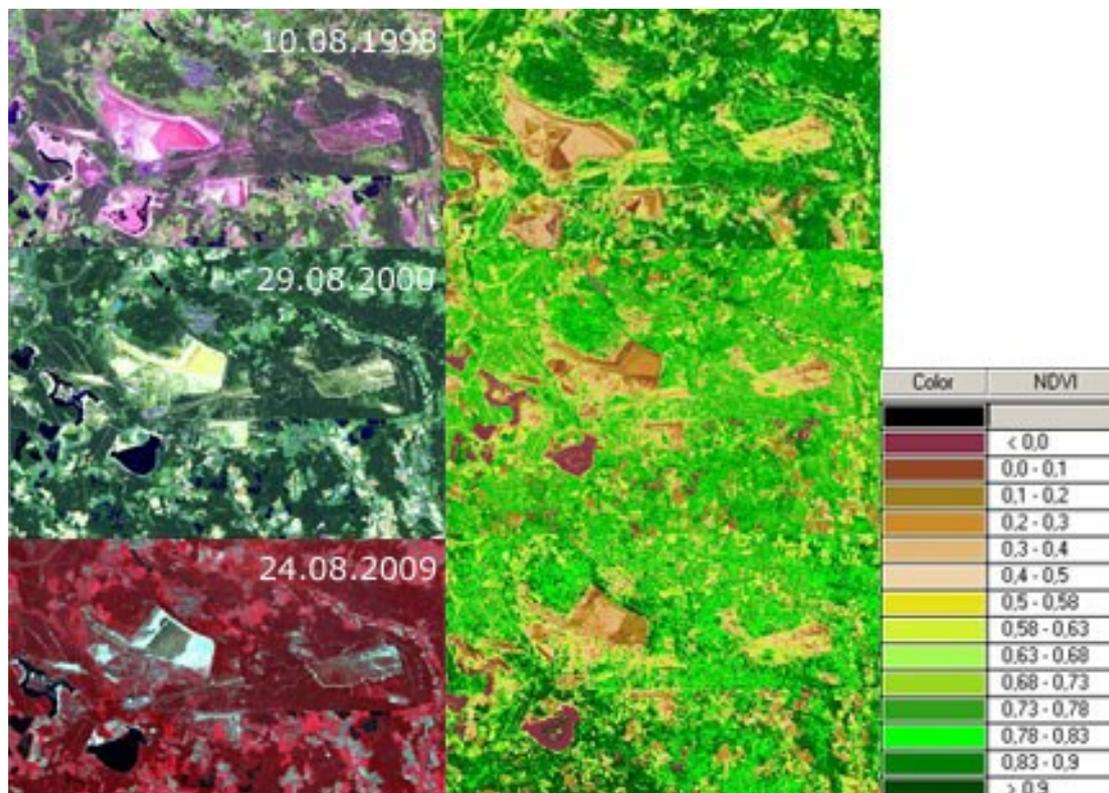


Abb. 3: Gebiet Nochten-Reichwalde – 3 Satellitendatensätze und abgeleitete Vitalitätsklassen

Seit dem Jahr 2006 wurden verschiedene Studien durchgeführt, um das Langzeit-Monitoring des Tagebaugebietes Nochten-Reichwalde mit einer jährlichen Analyse von modernen hochauflösenden Satellitenbilddaten, wie von den Systemen IKONOS oder GeoEye weiterzuführen. So führten die Untersuchungen mit höchstaflösenden (VHR – very high resolved) Satellitendaten des Systems GeoEye 1 von August 2009 und LANDSAT 5-TM-Daten aus dem selben Zeitraum dazu, dass die Zeitreihe mit vergleichbaren Vitalitätswerten der Vegetation weitergeführt werden konnte. Um dies zu erreichen, konnte das Softwarepaket ATCOR der Firma Geosystems, das unter ERDAS Imagine läuft, erfolgreich angewandt werden. Mittlerweile wurden GeoEye-Daten aus den Jahren 2009, 2011 und 2012 sowie 2014 analysiert. Sowohl die RGB-Bilddaten als auch die abgeleiteten NDVI-Daten stehen für verschiedene Nutzungen im Arc-GIS Datenspeicher zum GIS Umwelt bei Vattenfall in Cottbus zur Verfügung. Die folgende Abbildung zeigt im Überblick die sechs Szenen von GeoEye-Daten vom 04. Juli 2014 nach den durchgeführten Atmosphärenkorrekturen als CIR-Darstellung.



Abb. 4: Übersicht der 6 GeoEye-Datensätze nach Atmosphärenkorrekturen als CIR-Darstellung

Allerdings wurde die jährliche Lieferung geeigneter Satellitenbilder dieser Region immer unzuverlässiger – Anlass dafür, gemeinsam mit dem Auftraggeber Vattenfall die Ablösung der Satellitenbilder durch Luftbilder mit der DMC ab 2016 zu entscheiden. Folgende Gründe sprechen dafür:

1. Großformatige Bilder einer Hochbefliegung sind über ein größeres Gebiet mit „homogenen“ Satellitenbildszenen vergleichbar geworden, da die neuen Kameragenerationen der DMC jetzt **geometrisch und radiometrisch kalibrierte Luftbilder** erzeugen und
2. Die gewünschten Aufnahmezeitpunkte sind durch Luftbildaufnahmen sicherer zu erreichen.

Mittels dieser neuen technischen Möglichkeiten soll das Langzeitmonitoring für das Tagebaugebiet Nochten-Reichwalde erfolgreich fortgesetzt werden.

1.2 Demonstrationsprojekt mit TerraSAR Daten und Forschungsprojekte zur Radar-Interferometrie

Innerhalb der vom BMBF geförderten Forschungsinitiative ProSmart in Vorbereitung auf den Start des TerraSAR Satelliten in 2007 beteiligte sich die ILV-Fernerkundung gemeinsam mit der Infoterra GmbH und dem Institut für Navigation der Universität Stuttgart mit dem Vorhaben ERLLEN – Demonstrationsbeispiele für die Erfassung von Landschaftselementen und Nutzungsstrukturen auf der Basis von X- und L-Band SAR Daten. Die durchgeführten Entwicklungen von Segmentierungs- und Klassifizierungsverfahren zeigen die Leistungsfähigkeit von TerraSAR Daten bei der Bestimmung von Landnutzung und der Ermittlung von Landschaftselementen und Landnutzungsstrukturen. Bei den Untersuchungen wurden TerraSAR Simulationsdaten (multitemporale und polarisierte L-Band und X-Band Daten eines Testgebietes in Ehingen prozessiert (Abb. 5).

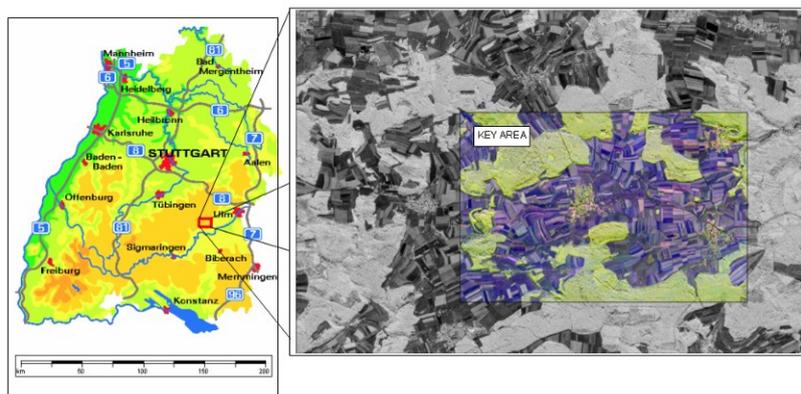


Abb. 5: Testgebiet Ehingen und multitemporale L-Band Daten

Voraussetzung für die Erzielung der sehr guten Ergebnisse bei der Trennung von Landnutzungs-klassen wie Grünland und Ackerland waren neben den multisensoralen, multitemporalen (Daten aus September 2000, März und Mai 2001) und polarisierten Daten vor allem die Entwicklung eines hierarchischen Klassifizierungs-Schemas basierend auf der Software eCognition, eine Multilevel-Segmentierung zur optimalen Anpassung an unterschiedliche Klassen und eine klassifikations-basierte Segmentierung. Die Abbildung 6 zeigt das Klassifikationsergebnis mit Differenzierungen in der Grünlandmaske.



Abb. 6: Klassifikationsergebnis im Vorhaben ERLLEN

Die Ergebnisse sind ausführlich dargestellt in den entsprechenden Forschungsberichten wie in Ricken 2002.

Im Zusammenhang mit diesem Forschungsprojekt schreibt ein ehemaliger ILV-Praktikant aus Kenia seine Dissertation an der Universität in Bonn über die Auswertung von TerraSAR-X Daten für die Land- und Forstwirtschaft in Afrika.

Die ILV-Fernerkundung GmbH war u.a. weiterhin beteiligt am Forschungsvorhaben des Instituts für Geotechnik und Markscheidewesen der TU Clausthal und der MIBRAG zu einem flächendeckenden Monitoring bergbaubedingter Höhenänderungen durch kombinierte Nutzung multisensoreller Radardaten und interferometrischer Auswerteverfahren (AiF-Forschungsvorhaben Nr. 15880 N „MultiSAR“, Laufzeit: Dezember 2008 bis Oktober 2011). Dabei ging es um eine kombinierte Nutzung der Daten von drei Radarsatelliten unter Verwendung von zwei Auswertemethoden zur möglichst flächendeckenden Erfassung von Höhenänderungen der Geländeoberfläche.

1.3 Einführung der digitalen Luftbildkamertechnik

In 1996 war ILV einer der ersten Ingenieurbüros die in Zusammenarbeit mit Carl Zeiss Jena und Prof. Grimm von IGI und Trimble die satellitengestützte Luftbildvermessung einführte, d.h. die Luftbildkamera LMK2000 löste GPS-gesteuert die im Büro geplanten Bilder aus, im Anschluss wurden die Bildhauptpunkte im Postprozessing cm-genau berechnet.

Als nach der Jahrtausendwende die erste digitale photogrammetrische Kamera mit CCD Matrix-Sensortechnologie entwickelt wurde, war ILV bei der Erprobung mit integriert. ILV testete die erste UltraCam der Firma Vexcel und die DMC (Digital Mapping Camera) der Firma Z/I Imaging.



Abb: 7 und 8: Testflüge mit der UltraCam und der DMC für Tagebaubefliegungen der MIBRAG

Es wurde unter anderem ein Flug mit simultaner Datenakquisition einer film-basierten LMK und einer DMC im März 2004 durchgeführt. Wegen des speziellen optischen Systems der DMC und der Integration von acht Kameramodulen mit separaten CCD-Flächensensoren in ein Digitalkamerasystem wurde es möglich, ein Maximum an Auflösung bei minimaler Verzerrung zu erreichen. Die Ergebnisse des Vergleichs sind ausführlich bei Weichert u.a. 2005 dargestellt.

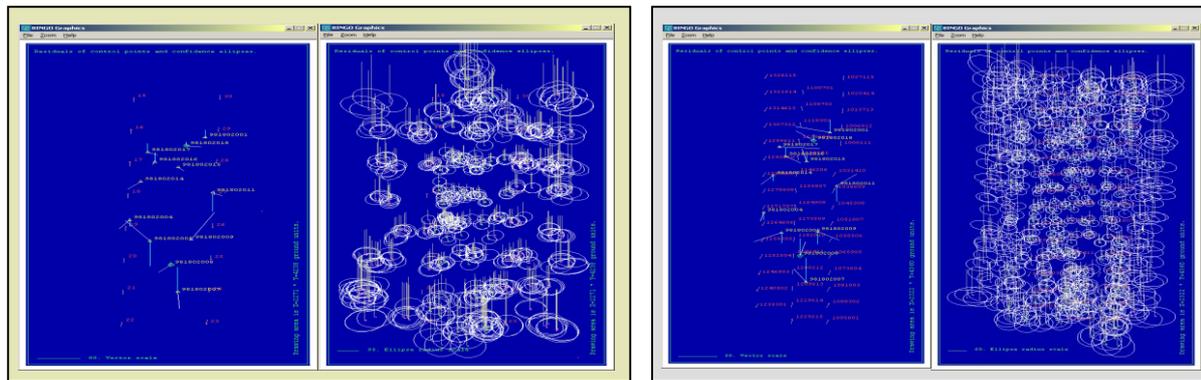


Abb. 9: Graphik zur Genauigkeit der Bildorientierung der LMK (links) und der DMC (rechts)

Hier sei näher auf die geometrische Genauigkeit eingegangen, die ein Schlüsselfaktor für die photogrammetrische Bildqualität ist. Zu diesem Zeitpunkt lagen die Vorteile bei der DMC mit den "gerechneten" Objektiven von Zeiss Jena. Es galten folgende Bedingungen bei dem 2-Kammer-Flug: Flughöhe 800 m, Gebiet Schöneiche (Brandenburg), resultierender Bildmaßstab für die DMC 1:6.500. Um den Vergleich beider Kameras so genau wie möglich durchzuführen wurde die LMK bei diesem Testflug mit einem Weitwinkelobjektiv ($c_k=150$ mm) ausgestattet. Der Originalbildmaßstab war etwa 1:5.000. Es wurde ein panchromatischer Luftbildfilm vom Typ PAN 200 (AGFA) genutzt. Die Luftbilder beider Kameras, der DMC und der LMK, wurden entsprechend ihrer typischen Prozeduren bearbeitet. Für die digitalen Luftbilder wurde die von Z/I Imaging und INPHO speziell für die DMC entwickelte Software angewandt. Nach einer Bündel-Blockausgleichung wurde eine Orthokorrektur durchgeführt. Nach der fotografischen Entwicklung der LMK-Bilder wurden diese mit einem photogrammetrischen Scanner SCAI (Carl Zeiss) mit $14 \mu\text{m}$ geometrischer Auflösung gescannt, im Folgenden trianguliert und Orthophotos generiert. In beiden Fällen wurden identische Passpunkte und DGPS/INS-Daten des Flugzeug-Navigationssystems CCNS4/ Aerocontrol genutzt. Ein Vergleich der Genauigkeit der Bildorientierung nach Bündelblockausgleichung zeigt die Abbildung 9.

Der Vergleich ergab für die DMC eine deutlich höhere Genauigkeit der Lagepunkte. Die korrespondierenden Sigma-Werte von $2,02 \mu\text{m}$ für die DMC und $6,60 \mu\text{m}$ für die LMK repräsentieren einen Durchschnitt von einigen hundert bis tausenden Punkten.

Die Digitalkameratechnik hat sich im letzten Jahrzehnt rasant weiterentwickelt, wobei seit 2007 bei der DMC nicht nur geometrisch, sondern auch radiometrisch kalibrierte Objektive zum Einsatz kommen. Bei der Generation der DMCII und DMCIII gibt es nicht mehr die 4 PAN-Objektive, sondern nur noch ein PAN-Objektiv, welches einen wesentlichen geometrischen und radiometrischen Vorteil bei den Einzelluftbildern gegenüber der UltraCam-Produktserie darstellt, d.h. das PAN-Bild muss nicht mehr aus 4 oder mehr sich überlappenden Einzelbildern zusammengerechnet werden und dann die niedrig auflösenden RGBI-Bilder darauf gerechnet werden (Pan-Sharpening). Große Fortschritte wurden auch bei der Datenspeicherung und der Bildverarbeitung erzielt, aber auch die DGPS/INS-Systeme sind wesentlich genauer, wobei beim Postprozessing der Daten Genauigkeiten im cm-Bereich ausgewiesen werden. Wichtig ist auch hier, wie auch beim Laserscanning, die Kalibrierflüge (Hin- und Rückflug einer Trasse) deren Ergebnisse bei der Berechnung mit berücksichtigt werden müssen, um angegebenen Genauigkeiten erzielen zu können.

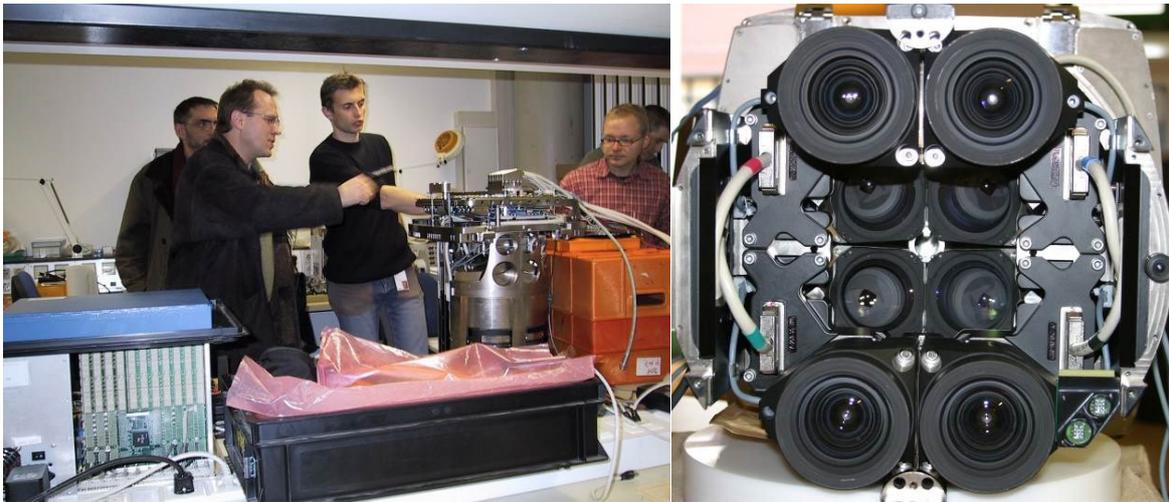


Abb. 10: Endfertigung der DMC bei Zeiss/Intergraph in Aalen

2 Digitale Bildflugprojekte im Ausland – aus der Praxis

Seit der Einführung der Digitalkameratechnik bei ILV als Trendseder auf dem Gebiet sind auch größere Projekte im Ausland realisiert worden, so in Dubai, Sharjah, Kuwait, Libyen, Äthiopien, Nigeria, Sierra Leone, Algerien, Ghana und auch in Europa, so zum Beispiel in Frankreich, Dänemark, Bosnien-Herzegowina, Rumänien, Jugoslawien und Griechenland. Dies ist ein Beispiel für die erfolgreiche Einführung neuer Technik, mit welcher man sich auch neue Märkte erschließen kann. Hilfreich wäre gewesen, wenn man einiges schon vorher in Deutschland hätte Ausprobieren können. Aber hier fehlen oft die Partner, die dieses gesunde Risiko mittragen. Die Beauftragungen kamen meist aus den Ländern der Auftraggeber bzw. den USA oder Australien.

2.1 Beispiel Libyen

Die bei der Industrieprobung digitaler Kameratechnik gesammelten Erfahrungen waren bei der Durchführung unserer diversen Aufträge für Luftbildmessflüge im In- und Ausland von großer Bedeutung. Hier möchten wir näher auf das Bildflugprojekt in Libyen eingehen, das wir im Jahr 2007 für die Erdölfirma Wintershall durchführten, wobei die Beauftragung aus Frankreich und England kam.

Hintergrund dieses Projektes war die Öl- und Gaserkundung im Konzessionsgebiet NC 201 von Wintershall, gelegen im Kufra-Becken im Südwesten von Libyen, der zur ariden Wüstenzone von Nordafrika gehört. Mittels Einbindung von hoch-auflösenden Luftbildern, abgeleiteten hoch-auflösenden digitalen Geländemodellen (DGM) und Satellitenbilddaten entwickelte das Team von Wintershall zeit- und kosten-günstige Art und Weise um Informationen zu gewinnen für

- Geophysikalische und geologische Anwendungen,
- Logistik und
- Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltaspekte (HSE).

Eine ausführliche Darstellung wird dazu in einem internen Bericht von Kouwe u.a. 2010 gegeben.

Die Luftbildakquisition des Interessengebietes von ca. 11.500 km² wurde von ILV mit einer DMC Kamera durchgeführt. Es wurde geschätzt, dass im Vergleich Lidar-Technologien einige Monate gebraucht hätten mit etwa 10-fach höheren Kosten als bei Nutzung einer DMC. Wesentliche Ziele des ILV-Projektes waren:

- Akquisition digitaler Luftbilder mit einer Bodenauflösung (GSD) von 40 cm,
- Generierung von digitalen Orthophotos (DOP) und
- Generierung von DGM mit einer Gitterweite von 10 m.

Die folgende Abbildung gibt einen Eindruck vom Untersuchungsgebiet im Oktober 2007 und lässt die schwierigen Bedingungen in der Wüste mit weiten Gebieten ohne Infrastruktur erahnen.



Abb. 11: Impression beim Bildflug im Kufra-Becken, ILV 2007

Um Genauigkeiten in der Lage im Bereich eines Pixels zu erreichen, war die Vermessung von Passpunkten notwendig. Das wurde sowohl vom Winterhall-Team als auch von ILV vorbereitet. Solch einen zusätzlich von Wintershall installierten Passpunkt zeigt die Abbildung 12, links. Auf der rechten Seite in dieser Abbildung ist die DGPS-Basisstation von ILV auf dem Flugfeld Kufra zu sehen.



Abb. 12: Passpunkt, ausgelegt von Wintershall und ILV's DGPS-Basisstation

Während des Bildfluges, der Ende Oktober 2007 durchgeführt wurde, konnte ILV etwa 3.000 Bilder gewinnen, die vor Ort unter Kontrolle von Sicherheitsoffizieren prozessiert wurden. Dies ist generell im Ausland so und bringt so manche organisatorischen Schwierigkeiten mit sich. Die DGM- und DOP-Herstellung für dieses Gebiet NC 201 fand ab Dezember 2007 in verschiedenen Phasen statt:

- Vorab Herstellung mit einer größeren Auflösung – DGM mit 20 m Raster und DOP mit 2 m Pixelauflösung,
- Generierung mit höherer Auflösung - DGM mit 10 m Raster und DOP mit 40 cm Pixelauflösung und
- Berechnung eines DGM mit 5 m Raster, einschließlich 3D Erfassung von Bruchkanten und Formlinien in mehr strukturierten Gebieten.

Die folgende Abbildung zeigt das DGM vom gesamten Gebiet NC 201.

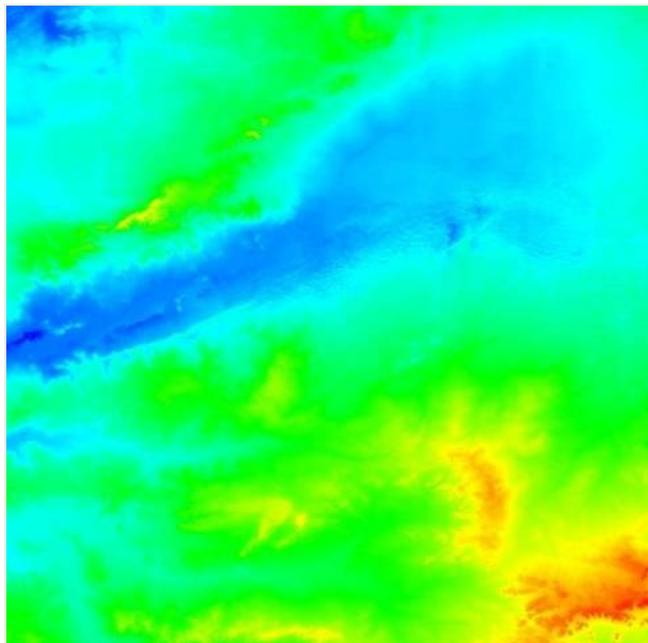


Abb. 13: DGM-Übersicht vom gesamten Gebiet NC 201

Zur Generierung der DOP wurde das Softwarepaket Orthobox der Firma INPHO (Trimble) genutzt. Es beinhaltet die Programme Orthomaster und Orthovista. Die Herstellung der lagegenauen Bilddaten – der Orthophotos – erfolgte in einem vollständig automatischen Prozess durch Rektifizierung der Bilddaten unter Nutzung der DGM-Daten. Jedoch der folgende Kontrollprozess war relativ aufwendig. Die automatisch gebildeten Linien zur Bildfusion (Seamlines) wurden kontrolliert und falls notwendig, geändert. Dieser Arbeitsschritt garantiert, dass Bilddaten auch visuell von guter Qualität erzeugt werden. Das Gebiet NC 201 ist durch eine sehr hohe Oberflächenhomogenität charakterisiert, einer Besonderheit, die uns in unserer Arbeit der Regel nicht begegnet. Resultierend daraus zeigen sich relativ geringe radiometrische Unterschiede in den Bildern klarer als üblich ab. Diese lassen sich nur teilweise durch radiometrische Justierungseinstellungen beheben. Die folgende Abbildung zeigt eines der generierten DOP.

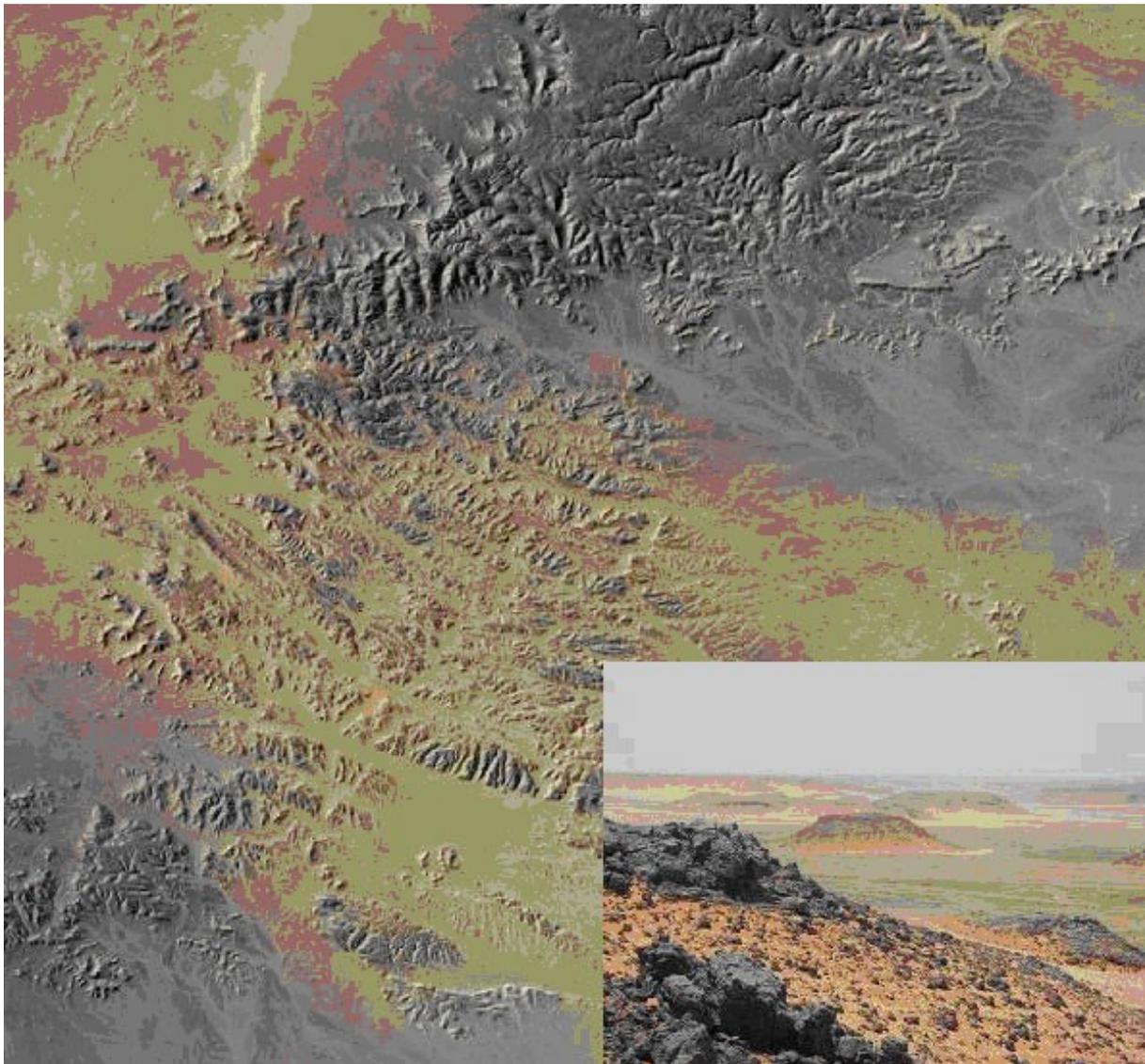


Abb. 14: Beispiel Orthophoto mit 3D-Effekt von ILV mit eingefügtem Photo der Landschaft (Wintershall)

In einem speziellen Show-Raum bei Wintershall in Kassel arbeiten Spezialisten mit den 3D-Informationen der Luftbilddaten, um mehr über die topographische Situation des Gebietes zu erfahren und um zweckmäßige Linien für Transport und seismische Untersuchungen zu kreieren.



Abb. 15: Geologen und Geotechniker "in Libyen" - "3D-Erkundung" im Show-Raum bei Wintershall in Kassel

Im Ergebnis dieses Projektes schätzte die Firma Wintershall ein, dass hoch-auflösende Bilddaten in Kombination mit einem detaillierten DGM ein sehr leistungsfähiges Werkzeug für die Erkundung sind:

- In Bezug auf die Vorbereitung seismischer Vermessung (z.B. Design und Linien-Planung, seismische Prozessierung, Management der Feldarbeiten),
- In Bezug auf geologische Interpretation (Oberfläche und Strukturgeologie),
- Risikoanalysen für das Gelände und
- bezüglich umwelt-relevanter Informationen.

2.2 *Industrieerprobung hochauflösender Multibeam-Sonartechnik*

Seit dem Jahr 2000 beschäftigt sich die Firma intensiv mit dem Einsatz von Multibeam-Sonartechnik zur Vermessung von Gewässerböden. Seit dem Herbst 2003 wird das hochauflösende Multibeam-Sonar RESON 8125 (455 kHz) bei ILV eingesetzt. Hier handelt es sich um ein System, das dem Laserscanning in Auflösung und Genauigkeit nicht nachsteht und bis zu einer Wassertiefe von 100 m effektiv eingesetzt werden kann. Gegenüber der seit 2003 von ILV eingesetzten Multibeam-Gerätetechnik haben sich u.a. grundlegend die absoluten Genauigkeiten der Systeme verbessert, so dass heute kleinste Änderungen des Seebodens oder von Wasserbauwerken (Hafen, Stau-mauern etc.) dreidimensional nachgewiesen werden können. Große Anwendungsmöglichkeiten bietet diese Technik bei der vermessungstechnisch genauen Dokumentation von Talsperren und Sanierungsleistungen der ehemaligen Braunkohlentagebaue. Lagen die absoluten Genauigkeiten 2005 noch bei ca. 0,5 m, so konnte man 2010 schon ca. 0,3 m erreichen und mit den neuen Gerätesystemen (T50-P mit intergriertem DGPS/INS System und Schallsonde SVP15) kommt man mit dem Postprozessing der Daten in den nachgewiesenen Zentimeterbereich, welcher für die Erfassung und die Beobachtungen von Veränderungen unter Wasser sehr wichtig ist. Ein günstiger Nebeneffekt ist die gleichzeitige Aufzeichnung von Side-Scandaten, hier bekommt man nach der Auswertung auch Aussagen zum Material des Seegrundes.

Für eine präzise, Bestimmung der Wassertiefen bzw. der darauf basierenden Ableitung eines dreidimensionalen Gewässerboden-Modells ist eine Kopplung des bei der ILV vorhandenen Know-hows zur präzisen DGPS/INS-gestützten Positionsbestimmung, der Messtrassen-Planung und –verfolgung, dem Einsatz von Sonarsystemen zur Wassertiefenbestimmung sowie deren Kalibrierung und der Erfassung, Speicherung und Verarbeitung der anfallenden großen Datenmengen erfor-

derlich. Dies erfordert den Einsatz modernster Technik auf speziell dafür ausgerüsteten Messbooten bzw. für den Einsatz im küstennahen Bereich auch hochseetüchtige Schiffe. Für die Erfassung und Bearbeitung der Daten wird das Softwaresystem QINSy genutzt, welches u.a. die Datenströme der einzelnen Sensoren zusammenführt.

Innovativen Messmethoden, welche auf die neue Prozessorstruktur und die damit verbundene hardwarenahe Steuerung der Beams zurück zu führen ist, erwiesen sich bei der praktischen Arbeit als besonders wertvoll. Dazu gehören der Equi-Distant Modus und der Flex Modus. Mit einem steuerbaren Fächer ist es möglich, die Fächerbreite zu variieren und zu steuern. Bei dieser Anwendung wird der Sensorkopf physisch bis zu 30° zu einer Seite geschwenkt, um das gewünschte Gebiet (z. B. eine Staumauer) zentimeter-genau zu „beleuchten“.

Umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen sammelte ILV bei dem hoch komplexen Projekt „High Resolution Seabed Clearance Survey offshore Nigeria“ zur bathymetrischen Kartierung des Meeresbodens und seiner Eigenschaften vor der Küste Nigerias – im Bereich des östlichen Nigerdeltas, südlich von Port Harcourt, mit einer Größe von ca. 2.400 km² - in den Jahren 2004-2006 für NNPC und Exxon Mobil Nigeria. Dabei kamen neben dem Multibeam-Sonar-Gerät RESON 8125-H auch ein Sidescan Sonar (fish SS942) und ein Subbottom Profiler (GEOACCOUSTICS Coda Octopus) zum Einsatz.

Projektmanagement und Arbeitsschutzkontrollen auf den zwei eingesetzten Vermessungsschiffen nahmen bei der Projektrealisierung einen großen Raum ein.



Abb. 16: Übung zum Arbeitsschutz (links); Projektberatung (rechts) auf der MS „Kottsov“ (mitte)

Inzwischen liegen bei ILV ebenfalls große Erfahrungen vor, was den Messeinsatz auf verschiedenen Stauseen für die Tiroler Wasserkraftwerke in den Alpen betrifft; aber auch von Tagebau-Restgewässern. Dazu gehören Messeinsätze auf dem Grotzschers Dreieck, Restloch Frose bei Nachterstädt, dem Tagebaurestloch Dreiweibern und dem Schlabendorfer See in der Lausitz, sowie dem Golpaer, Geiseltaler und Zwenkauer See in Mitteldeutschland.

Aktuell testet ILV das SeaBat T50-P von RESON, ein portables Multibeam-Echosounder-System, welches im Oktober 2015 auf den Markt kam. Erste Ergebnisse vom Störmthaler See lassen sich aus der Abb. 17 ableiten. Hier wurde auch das Laserscansystem MX2 von Trimble in 2014 erstmals von der Wasserseite aus eingesetzt.

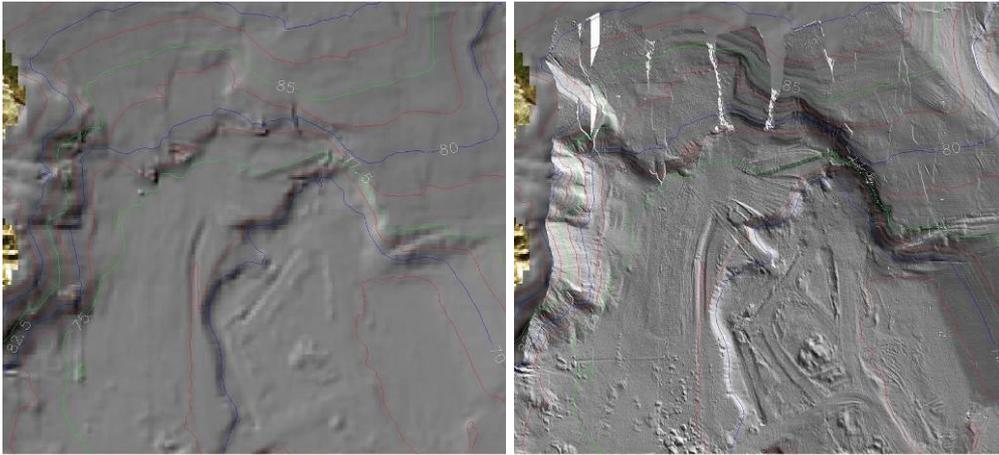


Abb. 17: Rasterdaten 1x1m von der LMBV (links); 1x1m generiertes Raster mit "RESON" von ILV (rechts)

Auf Ergebnisse bei dem Einsatz von Multisensorik-Systemen u.a. mit hochauflösenden Wärmebildkameras sowie auf 3D-Softwarelösungen - unter anderem zur quasi realen Darstellung und zum Messen in hochauflösenden Luftbildern - wird in dem Vortag am 12. Mai 2016 kurz eingegangen.

LITERATURVERZEICHNIS

Schmidt, Helmut und Wagner, Martin: Teilautomatisierung der terrestrischen Vermessungsarbeiten auf der Grundlage des Einsatzes von Geräten aus der DDR-Produktion. 11. Sammelband - Das Markscheidewesen in den sozialistischen Ländern. Leningrad, 1988.

Wagner, Martin; Forgber, Andreas: Die Arbeit mit dem markscheiderischen CAD-Arbeitsplatz im Braunkohlenwerk Borna. Neue Bergbautechnik, 20. Jg., Heft 1. Januar 1991.

Pilarski, Monika; Oppitz, Sylvia: An Environmental Monitoring System for the Lusatian Brown Coal Mining Industry in East Germany. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vo. XXXII, Part 7, pp. 151-156, Budapest 1998.

Pilarski, Monika; Tischer, Udo: Monitoring mit Satellitendaten für Tagebaugebiete im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. Ztschr. Braunkohle, 52, 1, S. 57-62, 2000.

Ricken, Hermann: Hrsg. ProSmart II End Report. Vergabe Nummer 50EE0036. Infoterra GmbH. 2002.

Weichelt, Horst; Wagner, Beatrix; Klaedtke, Hans-Georg: Remote sensing approach for digital aerial imagery. Proceedings. ISPRS Workshop: High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information. Hannover: 2005. <http://www.isprs.org/publications/related/hannover05/paper/papers.htm>.

Wagner, Martin; Weichelt, Horst: Erfahrungen beim Einsatz hochauflösender Sonartechnik. Wasserwirtschaft, Bd. 96, H. 1-2, 2006.

Kouwe, W.; Stollenwerk, M.; Riethmueller, A.: Multi-disciplinary Application of High-Resolution Digital Aerial Imagery in Frontier Exploration. Internal Report, Kassel, 2010.

Wagner, Martin; Forgber, Andreas: Erfahrungen mit dem neuen innovativen, hochauflösenden Multibeamsystem RESON 8125-H (Frequenz: 455 kHz, Tiefenauflösung: 6 mm): Tagungsband, 8. Mittweidaer Talsperrentag, 2012.

Forgber, Andreas; Pilarski, Monika, Wagner, Beatrix, Wagner, Martin: Multivalent Use of Remote Sensing Sensors for Geology and Mining. Markscheidewesen. Jg. 120, Heft 3, S. 34-39, 2013.