



## Von Kühen, Muren und Bäumen – Photogrammetrie einmal anders

Reinfried Mansberger <sup>1</sup>, Wolfgang Kusché <sup>2</sup>, Wolfgang Rieger <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien*

<sup>2</sup> *Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien*

<sup>3</sup> *Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **84** (2), S. 173–180

1996

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Mansberger_VGI_199629,  
Title = {Von K{"u}hen, Muren und B{"a}umen -- Photogrammetrie einmal anders  
},  
Author = {Mansberger, Reinfried and Kusch{"e}, Wolfgang and Rieger, Wolfgang  
},  
Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {173--180},  
Number = {2},  
Year = {1996},  
Volume = {84}  
}
```



on) as well as new developments in the fields of image processing and computer vision.

#### Literatur

- [1] Bartl, R., Eichinger, E., Schneider, W.: Landnutzungserhebungen aus Luftbildern als Grundlage für wasserbautechnische Planungen. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation 1/96, 54–56, 1996.
- [2] Bartl, R., Schneider, W., Steinwendner, J.: Image-map-fusion based on line segment matching. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 31, Part B4, to appear, 1996.
- [3] Bartl, R., Petrou, M., Christmas, W.J., Palmer, P.: On the automatic registration of cadastral maps and LANDSAT TM images. European Symposium on Satellite Remote Sensing, Taormina, September 1996.
- [4] Forschungsschwerpunkt Kulturlandschaftsforschung, Forschungskonzept 1995. Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, 1995
- [5] Forman, R., Godron, M.: Landscape Ecology, John Wiley & Sons, 1996.
- [6] Kusché, W., Schneider, W., Mansberger, R.: Schutzwaldphasenkartierung aus Luftbildern. Zentralblatt für das gesamte Forstwesen, 111. Jahrgang, Hef. 1, 23–55, 1994.

- [7] Leberl, F., Kalliany, R.: Innovationen in Sensortechnik und Datennetzwerken. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation 1/96, 6–13, 1996.
- [8] Mariák, U.: Hydrologie und Wasserwirtschaft. 3. Auflage, Springer Verlag, 1993.
- [9] Mansberger, R., Kusché, W., Rieger, W.: Von Kühen, Muren und Bäumen – Photogrammetrie einmal anders. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, this issue, 1996
- [10] Mather, P.M.: Computer Processing of Remotely-Sensed Images. John Wiley & Sons, 1987.
- [11] Schneider, W.: Land use mapping with subpixel accuracy from LANDSAT TM image data. Proc. 25th Int. Symp. on Remote Sensing and Global Environmental Change, Volume II, 155–161, 1993.
- [12] Schneider, W.: Datengewinnung für forstliche Geoinformationssysteme aus Luftbildern. In: Systemy Informacji Przestrzennej o Lasach, 5–29, Warszawa, 1994.

#### Anschrift der Autoren:

Univ.-Doz. Dr. Werner Schneider, Dipl.-Ing. Renate Bartl, Dipl.-Ing. Hannes Burger, Mag. Joachim Steinwendner, Franz Suppan, Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien, E-mail: schneiw@mail.boku.ac.at



## Von Kühen, Muren und Bäumen – Photogrammetrie einmal anders

Reinfried Mansberger, Wolfgang Kusché,  
Wolfgang Rieger, Wien

#### Zusammenfassung

Ein Forschungsschwerpunkt des Instituts für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation an der Universität für Bodenkultur liegt in der Erlassung, Bearbeitung und Visualisierung thematischer Daten. Ausgewählte Beispiele, wie die „Pseudo-Echtfarb“-Visualisierung von Farb-Infrarot-Aufnahmen, die photogrammetrische Bestimmung von Individualdistanzen zwischen Rindern, die Bestimmung von Modellmuren-Oberflächen und die Erlassung und Analyse eines hochauflösenden Waldoberflächen-Modelles werden beschrieben.

#### Abstract

One focus of research activities of the Institute for Surveying, Remote Sensing and Land Information at the University for Agricultural Sciences, Vienna lies in the acquisition, processing and visualization of thematic data. Selected examples, such as the pseudo-true-color visualization from colour infrared photographs, the photogrammetric measurement of individual distances between cattle, the acquisition of surfaces from debris flow models, and the capture and analysis of a high resolution digital forest-surface model will be described.

#### 1. Einleitung

Die Aufgabenstellung eines Photogrammeters an einer naturwissenschaftlich – technischen Universität liegt – bedingt durch die Nähe zu ökologisch orientierten Instituten – vorrangig in der Entwicklung und Verbesserung von operationell einsetzbaren, effizienten Methoden zur Erfassung, Verarbeitung und Visualisierung raum-

zeitbezogener Umweltdaten. Die Effizienz des Verfahrens richtet sich sowohl auf die Wirtschaftlichkeit (Personal- und Geräteinsatz) als auch auf die Datenerfassung mit ausreichender geometrischer und insbesondere hoher thematischer Qualität.

Am Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (neuer Name seit April

1996) der Universität für Bodenkultur wurden in den letzten Jahren u.a. Arbeiten durchgeführt, welche nicht in den konventionellen Bereich der Photogrammetrie und Fernerkundung – der topographischen Kartierung – einzuordnen sind. Einige dieser Erfassung von ökologisch orientierten Daten bzw. der Visualisierung ebensolcher dienenden „Sonderanwendungen“ wurden in Heft 1/96 der VGI [2], [3] und [6] vorgestellt, vier weitere werden nachfolgend angeführt.

## 2. Pseudoechtfarbsimulation von Farb-Infrarot Luftbildern

### 2.1 Vorbemerkungen

Farb-Infrarot-(FIR-)Filmmaterial wird in Österreich in den letzten Jahren verstärkt für photogrammetrische Bildflüge (mittlere Bildmaßstäbe um 1:15.000) eingesetzt. Die spektrale und radiometrische Charakteristik der Filmemulsion verbessert vor allem die Unterscheidbarkeit von Vegetationsarten und ermöglicht die Beurteilung der Vitalität.

Großmaßstäbliche Orthophotos gewinnen immer mehr an Bedeutung als Grundlage für Karten bzw. als Layer in Geographischen Informationssystemen (GIS): Die rasche Herstellungsmöglichkeit mit den effizienten Methoden der digitalen Photogrammetrie, die vielen erkennbaren Details und der hohe Grad an Aktualität seien hier beispielhaft als Vorteile angeführt.

Schwierigkeiten ergeben sich, wenn aus FIR-Luftbildern gewonnene Orthophotos von Nichtfachleuten genutzt werden sollen. Diese Nichtfachleute sind oft irritiert durch die – gegenüber dem natürlichen menschlichen Sehen – falschen Farben: Vegetation wird realistischerweise in grüner Farbe und nicht in einem leuchtenden Rot erwartet. Der Ausweg aus diesem Dilemma zwischen guter Interpretierbarkeit und farbrealistischer Darstellung liegt entweder in

- der Durchführung eines zweiten Bildfluges mit Echtfarb-(EF) Bildmaterial und zweimaliger Berechnung von Orthophotos (kostenintensiv) oder in
- der Simulation eines Echtfarbbildes aus einem Farb-Infrarot-Bild bzw. -Orthophoto [4].

### 2.2 Berechnung von Pseudo-Echtfarb-Bildern

Für eine strenge Farbumrechnung von Farb-Infrarot-Bildern auf Echtfarbdarstellungen müssen alle bei der Bilderstellung des FIR-Luftbildes vorhandenen farbbeeinflussenden Faktoren

(Objektreflexion, Atmosphärenzustand, Meßbildkamera, vorgeschaltete Filter, Film, Entwicklungsprozeß u.v.a.m.) bekannt sein (Reeves et al. 1975). Dies ist wegen des enormen Meß- und Bestimmungsaufwandes nicht möglich – es kann daher nur ein bestangepaßtes EF-Bild („Pseudoechtfarb“-[PEF-Bild] aus dem FIR-Bild berechnet werden.

Die drei nach der Digitalisierung vorliegenden Farbauszüge des FIR-Luftbildes beschreiben einen dreidimensionalen Farbraum  $C_{FIR}$  ( $R_{FIR}, G_{FIR}, B_{FIR}$ ) und jene des EF-Bildes einen Farbraum  $C_{EF}$  ( $R_{EF}, G_{EF}, B_{EF}$ ). Die Beziehung zwischen identen Objektelementen (Farbvektoren  $c_{EF}$  und  $c_{FIR}$  in den beiden Farbräumen) kann durch die Transformation

$$c_{EF} = a_0 + A \cdot c_{FIR} \quad (1)$$

beschrieben werden. Zur Bestimmung der Transformationselemente ( $a_0, A$ ) werden idente Objektelemente („spektrale und radiometrische Paßpunkte“) in beiden Farbräumen benötigt. Diese Referenzinformation kann durch idente Bildelemente (pixeis) in einem FIR- und einem EF-Orthophoto gewonnen werden. Das EF-Bild zur Herstellung des Orthophotos kann ein Archibild oder ein während des Bildfluges photographiertes Amateurbild sein. Mit Hilfe der aus Gleichung (1) bestimmten Transformationselemente (üblicherweise durch den hohen Grad der Redundanz mit Methoden der Ausgleichsrechnung) kann jedes weitere Bildelement (Farbvektor) eines digitalisierten FIR-Luftbildes (Orthophoto) in ein PEF-Bild umgerechnet werden:

$$c_{PEF} = a_0 + A \cdot c_{FIR} \quad (2)$$

Dieses Verfahren transformiert sämtliche Bildelemente mit denselben Parametern. Die Farbgebung wird jedoch zum größten Teil durch das objektspezifische Reflexionsverhalten beeinflusst, welches abhängig von der Objektart unterschiedliche Parameter erfordert. Daher liefert die objektspezifische (klassenweise) Bestimmung von Transformationselementen bessere Ergebnisse:

$$c_{EF,kl} = a_{0,kl} + A_{kl} \cdot c_{FIR,kl} \quad \text{bzw.} \quad (3)$$

$$c_{PEF,kl} = a_{0,kl} + A_{kl} \cdot c_{FIR,kl} \quad (4)$$

Die zur Berechnung der PEF-Bilder notwendige Objektinformation des einzelnen Bildelementes wird mit Hilfe einer computerunterstützten Klassifikation (Maximum-Likelihood, o.ä.) aus den FIR-Luftbildern abgeleitet.

Gleichungen (1) und (2) bevorzugen Objekte mit einer größeren Häufigkeit im Referenz-Orthobild. Ist dies nicht erwünscht, kann die Berechnung der Transformationsparameter auf die Verwendung der Schwerpunkte der jeweiligen Ob-

jektklassen in beiden Farbräumen beschränkt werden. Diese Methode liefert im großen und ganzen gute Resultate. Einzig die Farbe einzelner Klassen kann in der PEF-Darstellung stärker verfälscht werden, was jedoch durch Berechnung spezifischer Transformationsparameter und nachfolgender Bestimmung von PEF-Werten für alle Bildelemente dieser Klasse verbessert werden kann.

Theoretisch müssen bei der Berechnung von Transformationsparametern zwischen FIR- und PEF-Farbraum alle drei Farbauszüge (Kanäle, Bänder) berücksichtigt werden. Aufgrund der hohen Korrelation des grünen bzw. des blauen Bandes des FIR-Bildes mit dem roten bzw. dem grünen Band des EF-Bildes kann der grüne bzw. der blaue Farbwert des FIR-Bildelementes als roter bzw. grüner Farbwert des PEF-Bildelementes direkt übernommen werden. Die Berechnungen reduzieren sich damit auf den blauen Farbwert im PEF-Bild.

### 2.3 Ergebnisse

Die Qualität der Pseudoechtfarbbilder hängt vorrangig von folgenden Einflüssen ab:

- Qualität der Aufnahmen
- Inhalt der Aufnahmen
- Anzahl der unterschiedenen Klassen
- Auswahl der Trainingsgebiete für die Klassifikation
- Art der Transformation

Abbildungen 2.1 bis 2.4 zeigen visuell das Ergebnis einer Farbtransformation. Nach Berechnung der Transformationsparameter aufgrund von Referenzdaten wird mit Hilfe des FIR-Bildes (Abb.2.1) eine Klassifikation (Abb.2.2) und letztendlich die Transformation in den PEF-Raum (Abb.2.3) durchgeführt. Zum Vergleich ist auch eine Echtfarbaufnahme (allerdings zu einem anderen Aufnahmezeitpunkt) dargestellt (Abb.2.4).

## 3. Ermittlung von Individualdistanzen von Rindern

### 3.1 Aufgabenstellung

Im Bemühen um tiergerechte Haltungsformen gibt es derzeit einen starken Trend zur Laufstallhaltung bei Milchvieh. Die dabei übliche Enthornung der Rinder läßt sich folgendermaßen begründen:

- Herabsetzung der Verletzungsgefahr und
- generelle Verminderung der Individualdistanz zwischen den Kühen (Kopfabstand zwischen

den Tieren), d.h. daß jedes Tier durch die Enthornung weniger Platz beansprucht und damit die Fläche des Stalles wirtschaftlicher genutzt werden kann.

Im Rahmen einer Dissertation am Institut für Physiologie der Universität für Veterinärmedizin (Betreuer: Univ.Doz.Dr.H.Bubna-Littitz) sollte nunmehr die Auswirkung der Enthornung von Rindern auf die Individualdistanz quantitativ festgestellt werden. Das für diese Untersuchung notwendige Datenmaterial (Individualdistanzen von zwei vergleichbaren Milchviehherden – einer unbehorneten Herde in Vorau/Steiermark und einer behorneten in Freising/Bayern) – war mit photogrammetrischen Methoden in einer Zeitreihe zu bestimmen.

Zum Erhalt repräsentativer Ergebnisse wurde die Versuchsanordnung von Seiten der Universität für Veterinärmedizin folgendermaßen angeben:

- Im Sommer für jede der beiden Milchviehherden zwei Tage lang Bestimmung der Individualdistanzen der auf der Weide befindlichen Kühe in einem Zeitintervall von 10 Minuten.
- Im Winter Erfassung der individualdistanzen mit gleichem Zeitintervall und gleichem Zeitraum von denselben Kühen im Stall.

### 3.2 Photogrammetrische Aufnahme

Die photogrammetrische Erfassung der Rinder im Stall (Abb.3.1) erfolgte von einem eigens dafür errichteten Gerüst. Der je 5000 m<sup>2</sup> große Weidebereich konnte in beiden Fällen (Freising und Vorau) von der Dachfläche eines benachbarten Maschinengebäudes photogrammetrisch erfaßt werden (Abb.3.2).

Für die Aufnahmen wurden zwei Kleinbildkameras (Nikon F-801s; kalibrierte Weitwinkelobjektive Nikkor F-AF) verwendet. Die Auslösung erfolgte mit Hilfe eines Zeitreglers und einer IR-Fernauslösung synchron für beide Aufnahmen. Die Aufnahmen auf der Weide erfolgten auf handelsüblichem Farbdiapositivfilm. Für die photographische Erfassung im Stall mußte hochempfindliches SW-Filmmaterial verwendet werden, da der Einsatz zusätzlicher Lichtquellen (wie Scheinwerfer oder Blitzgerät) die Gefahr von Verhaltensänderungen der Rinder birgt.

Für die Bestimmung der Äußeren Orientierung wurden Paßpunkte signalisiert und geodätisch-terrestrisch eingemessen. Zu Kontrollzwecken wurden auch die Aufnahmeorte koordinativ bestimmt.



Abb. 2.1: Farbinfrarot - Orthobild (Ausgangsbild)



Abb. 2.2: Klassifikations-Ergebnis (Orthodarstellung)



Abb. 2.3: Pseudo-Echtfarb-Orthobild (Ergebnisbild)



Abb. 2.4: Echtfarb-Orthobild (Vergleichsbild)

(Hergestellt aus Grundlagen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landschaftsaufnahme) in Wien, Genehmigungszahl L 70 093/96)



Abb. 3.1: Photogrammetrische Meßaufnahme im Stall (Ausschnitt)



Abb. 3.2: Photogrammetrische Meßaufnahme auf der Weide (Ausschnitt)

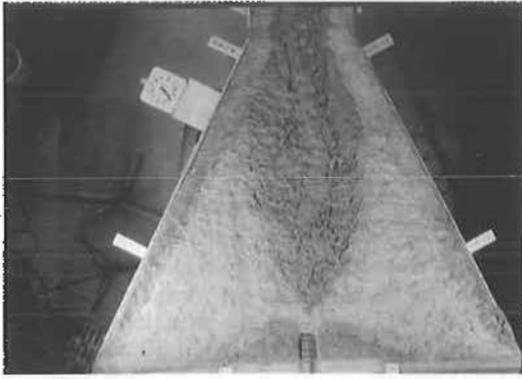


Abb. 4.1: Aufnahme der Modellmure

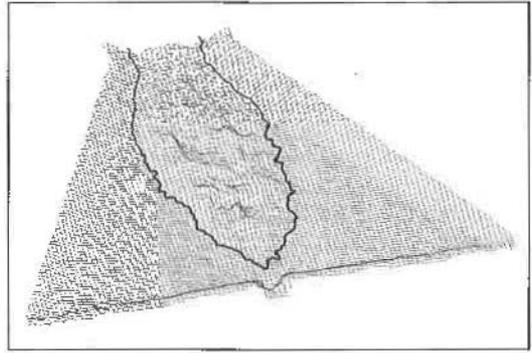


Abb. 4.2: Isometrische Darstellung der Murenoberfläche im Modellbecken

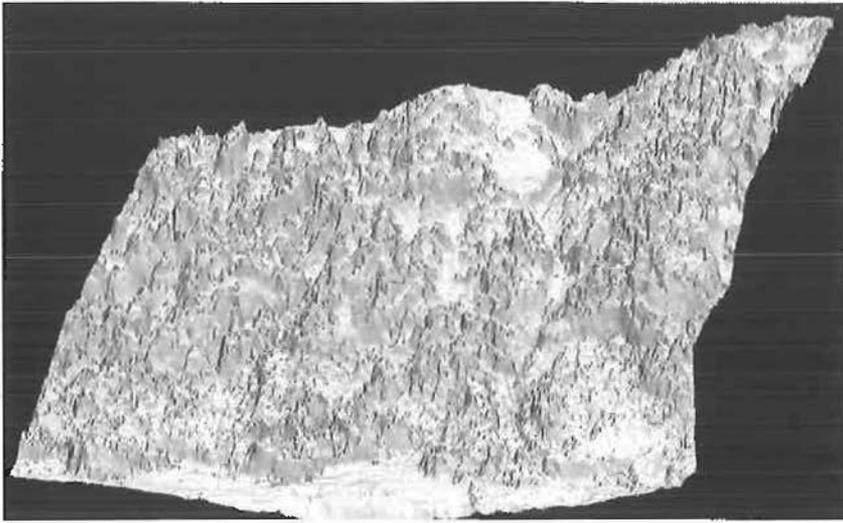
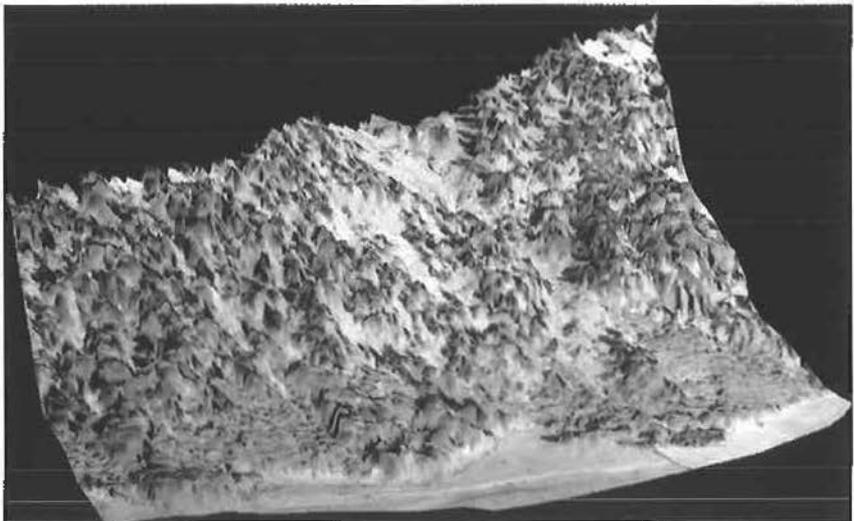


Abb. 5.1:  
Schattenmodell  
(Shaded Relief)  
projiziert über  
Waldoberflächen-  
modell (isometrische  
Darstellung)

Abb. 5.2:  
Farb-Infrarot-  
Orthophoto über  
das Waldober-  
flächenmodell  
projiziert (perspek-  
tive Darstellung)



### 3.3 Photogrammetrische Auswertung

Die mit Hilfe einer Datenrückwand dokumentierten Bilder (Datum und Zeitpunkt der Aufnahme) wurden modellweise am Analytischen Auswertegerät ZEISS Planicomp P3 ausgewertet. Die Elemente der Äußeren Orientierung mußten aufgrund der gleichbleibenden Aufnahmegeometrie für jede Meßserie nur einmal berechnet werden, wurden jedoch für jedes Modell anhand weniger Paßpunkte kontrolliert.

Für jede Kuh wurde die Koordinate jenes Punktes am Schädel gemessen, welcher genau in der Mitte der beiden Hornansätze liegt. Durch den Abstand dieser Punkte wird die Individualdistanz zwischen zwei Rindern definiert. Darüberhinaus wurde zur Festlegung der Ausrichtung der Kuh auch der Schwanzansatz photogrammetrisch eingemessen. Die Identifikation der jeweiligen Kuh erfolgte aufgrund der vorher auf den Körper mit eigenen Tierfarben aufgetragenen Nummer und mit Hilfe von Referenzfotos, welche die Kuh von beiden Seiten dokumentieren.

### 3.4 Ergebnisse

Als Ergebnis der photogrammetrischen Auswertung lagen für jeden Aufnahmezeitpunkt für jede am Stereomodell sichtbare Kuh Koordinaten des Kopfes und des Schwanzes vor. Aus diesen wurden für jeden Zeitpunkt die Individualdistanzen zwischen allen Kühen abgeleitet.

Während die photogrammetrische Auswertung der Weideaufnahmen nur im Fall von gegenseitigen Abdeckungen von Kühen eine vollständige Datenerfassung verhinderte, konnte im Fall der Stallaufnahmen aufgrund der sichtstörenden Stalleinrichtungen (Säulen, Umgrenzungen) eine wesentlich geringere Anzahl von Kühen koordinativ erfaßt werden.

Die Messung der Kopf- und Schwanzpunkte von ca. 20 Kühen betrug für ein Stereomodell bei den Weideaufnahmen ca. 30 Minuten. Die Erfassung von Individualdistanzen im Stall dauerte ca. um den Faktor 2 länger. Dies ist auf die Verwendung von SW-Negativ-Filmmaterial zurückzuführen, welches die Identifizierung einzelner Kühe erheblich erschwerte.

Die vom Institut für Physiologie mit (0,5m geforderte Genauigkeit für die Individualdistanzen konnte ohne Schwierigkeiten eingehalten werden.

Neben der vom Dissertanten nunmehr durchzuführenden Analyse der Individualdistanzen kann das Datenmaterial auch für weitere wissen-

schaftliche Auswertungen (z.B. Weg/Zeit-Verhalten von Kühen) herangezogen werden.

## 4. Oberflächenerfassung von Modellmuren

### 4.1 Aufgabenstellung

Zur Untersuchung des Verhaltens einer kornoffenen Sperre bei Murstößen wurde am Institut für Wildbach- und Lawinenschutz der Universität für Bodenkultur ein Modell, bestehend aus Gerinne, Geschiebeablagerungsbecken und Sperrerbauwerk, im Maßstab 1: 50 gebaut. Ca. 30 Murgänge, welche sich in ihrer Kornzusammensetzung und im Mischungsverhältnis von Wasser zu Feststoffen unterschieden, wurden in Modellversuchen simuliert [7]. Neben anderen begleitenden Aufzeichnungen und Messungen (z.B. zwei Videokameras zur Dokumentation der Dynamik, Druckmeßsonden zur Erfassung von Druckanstiegen) waren die Oberfläche und das Volumen der Modellmuren in den einzelnen Phasen des Murenabganges (bis zu drei Aufnahmen pro Murenabgang) quantitativ mit Hilfe der Photogrammetrie zu erfassen (Abb.4.1).

### 4.2 Photogrammetrische Aufnahme

Über dem ca. 1.4m<sup>2</sup> großen Ablagerungsbecken wurden zwei Kleinbildkameras der Marke Nikon F-801s (kalibrierte Weitwinkelobjektive Nikkor F-AF) in einem mittleren Aufnahmeabstand von 2m und einer Basislänge von 0.5m montiert. Beide Kameras waren mit Infrarot-Sensoren ausgestattet, um die Aufnahmen vom Boden aus simultan auszulösen. Das Geschiebebecken wurde zusätzlich mit Scheinwerfern beleuchtet, um zur Vermeidung von Bewegungsunschärfen möglichst kurze Belichtungszeiten zu erhalten. Störende Reflexionen – vor allem bei Muren mit hohem Wasseranteil – konnten durch die Verwendung von Polarisationsfiltern weitgehend vermieden werden.

Die Äußere Orientierung der beiden Kameras wurde mit Hilfe einer mit signalisierten Paßpunkten versehenen Platte, welche auf das Geschiebeablagerungsbecken aufgelegt wurde, einmal bestimmt. Die Invarianz der Kamerapositionen wurde auf jedem Stereomodell anhand der um das Becken angeordneten Paßpunkte kontrolliert.

### 4.3 Teilautomatische photogrammetrische Auswertung

Nach dem Scannen der Diapositive (Kleinbild 24 x 36mm<sup>2</sup>) am ZEISS-INTERGRAPH Photo-

scanner PS1 mit einer Bildelementgröße von  $15\mu\text{m} \times 15\mu\text{m}$  wurden diese am digitalen photogrammetrischen Auswertegerät (Soft Copy Station) INTERGRAPH ImageStation 6787 orientiert und zur weiteren Verarbeitung in eine Kernstrahlgeometrie umgerechnet (Elimination der y-Parallaxen).

Die Oberflächen der einzelnen Murenphasen wurde in zwei Schritten gemessen:

- Bruchkanten wurden vom Operateur manuell erfaßt. Je nach Ausprägung wurde nach Gratlinie, Drainage-Linie, sonstige Bruchkante bzw. Formlinie unterschieden.
- Die Bestimmung von Einzelpunkten erfolgte vollautomatisch nach dem Verfahren der Bildkorrelation mit dem Programm MATCH-T der Fa. INPHO, Stuttgart.

#### 4.4 Ergebnisse

Die automatische Bestimmung der mit einer Rasterweite von 1cm angeordneten, ca. 15.000 Rasterpunkte benötigte etwa 10 Minuten. Mit dem zusätzlichen manuellen Meßaufwand von ungefähr 20 Minuten konnte ein Stereomodell in ca. 30 Minuten vollständig erfaßt werden (Abb. 4.2).

Die Absolutgenauigkeiten der Auswertung betragen in der Lage  $\pm 2\text{mm}$  und in der Höhe  $\pm 5\text{mm}$ . Diese Genauigkeit erscheint im ersten Moment für einen Bildmaßstab von ca. 1: 60 sehr gering und für die gewünschte Fragestellung unzureichend, jedoch ist zu beachten, daß

- die Aufnahmen mit Amateurkameras getätigt worden sind,
- nur die Relativpositionen zwischen den einzelnen Phasen des Murganges von Interesse und diese ca. um den Faktor 2 besser sind und
- die Wiederholgenauigkeit der Modellmuren ein Vielfaches schlechter als die mit der Photogrammetrie erzielte Genauigkeit ist.

### 5. Hochgenaues Wald-Oberflächenmodell

#### 5.1 Aufgabenstellung

Die Planung für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Schutzwäldern setzt eine flächendeckende Erfassung des Ist-Zustandes und der Entwicklung des Waldes voraus. Daraus ergibt sich

- die waldbauliche Beurteilung (Standorttauglichkeit und Bestandesstabilität) und
- die schutzfunktionale Beurteilung (Disposition für Lawinenabgänge, Steinschlag, Hangrutschungen u.ä.m.)

des betroffenen Waldgebietes. In der Folge können die jeweiligen Behandlungsmaßnahmen geplant und ihre Dringlichkeit festgelegt werden.

Als Ausgangsdaten für die Beurteilung und Planung werden Informationen über

- den Standort (Klima, natürliche Waldgesellschaft, Boden, Wasserhaushalt, Humus, Bodenvegetation, Exposition, Neigung usw.) und
- den Bestand (natürliche Altersstufe, Baumartenzusammensetzung, Überschirmungsgrad, horizontales und vertikales Bestandesgefüge, Kronendurchmesser, Vitalität usw.)

herangezogen. Da es sich bei allen Eingangsparemtern um Flächenmerkmale handelt, stellt der Bestand die kleinste planungsrelevante Einheit dar, die ihrerseits zu größeren Gebieten (z.B. Wildbacheinzugsgebieten) aggregiert werden kann.

Ein hochauflösendes Modell der Waldoberfläche kann vor allem bei der Beurteilung der Schutzfunktion wertvolle Erkenntnisse liefern [1]. So hängt z. B. die Bildung von Lawinen im Waldbereich neben der Geländeneigung und der Schneebeschaffenheit wesentlich von der Verfrachtung des Schnees durch den Wind und damit wiederum von der Oberflächenrauigkeit und dem Überschirmungsgrad des Waldes im Winter ab.

#### 5.2 Erstellung des hochauflösenden Oberflächenmodells

Als Ausgangsdaten für die Erstellung eines hochauflösenden Oberflächenmodells stand ein FIR-Luftbildmodell mit einem mittleren Maßstab von 1: 9000 zur Verfügung. Die Bilder wurden mit einer Pixelgröße von  $15\mu\text{m} \times 15\mu\text{m}$  digitalisiert und anschließend an der digitalen Auswertestation (INTERGRAPH 6787) des Instituts orientiert. Die Berechnung der Einzelpunkte des Oberflächenmodells erfolgte vollautomatisch mit dem Programm MATCH-T (siehe Kap.4.3). Da dieses Programm für die Bildkorrelation nur einen Kanal zuläßt, wurde aufgrund der bestmöglichen Differenzierbarkeit (bei Vegetationsoberoberflächen) der rote Bildkanal (entspricht der Infrarotreflexion) zur Berechnung des Oberflächenmodells herangezogen.

Um zu gewährleisten, daß auch größere, einzeln stehende Bäume durch das Modell erfaßt werden, wurde die Rasterweite des vollautomatisch generierten Waldoberflächenmodells mit 1.5 m festgelegt.

#### 5.3 Analyse der Waldoberfläche

Eine Analyse des Waldoberflächenmodells erfolgt entweder durch eine

- quantitative Auswertung mit den Methoden und Werkzeugen der digitalen Bildverarbeitung bzw. von Raster-GIS oder durch

- die Visualisierung des Oberflächenmodells und eine qualitative Auswertung (Interpretation).

Bei der quantitativen Auswertung wurde die horizontale und vertikale Bestandesstruktur durch lokale Höhendifferenzen (erste Ableitung des Bildes), Krümmungen (zweite Ableitung des Bildes), Neigungen sowie durch die Exposition beschrieben. Der Grundgedanke dabei ist, daß sich Bestände im Hinblick auf ihre Schutzwirkbarkeit (Schutzfunktion des Waldes) durch diese aus dem Oberflächenmodell abgeleiteten Größen sowie deren statistische Kenngrößen (Mittelwert und Streuung innerhalb eines Bestandes) charakterisieren lassen.

Für Interpretationsaufgaben kann die Visualisierung der oben angeführten Kenngrößen neue Informationen liefern. So kann z.B. die Trennung von Beständen und Steilstufen im Gelände durch die Exposition sichtbar gemacht werden, da die Exposition im Bestand ständig wechselt und bei einer Steilstufe (wie z.B. einer Felswand) über größere Bereiche konstant ist.

#### 5.4 Ergebnisse

Zur Darstellung des Modells wurde der Erhebungsraster als „Shaded - Relief“ mit einer Sonnenhöhe von 65° und einem Azimut von 115° dargestellt (Abb.5.1). Bei dieser Darstellung lassen sich die verschiedenen Bestandestypen und ihre „Lückigkeit“ sehr deutlich erkennen. Eine Aussage, wie die Bestandesoberfläche in der vegetationslosen Zeit und die Bodenbedeckung in den Lücken aussieht (für Lawinen und Steinerschlag von Bedeutung), kann durch die Überlagerung des Oberflächenmodells mit dem digitalen Orthofoto erhalten werden (Abb.5.2). Bei dieser Art der Darstellung können Regionen zusätzlich nach ihrer Baumartenzusammensetzung (sommergrüne und wintergrüne Arten) sowie Bestandeslücken nach ihrer Bodenbedeckung (mit oder ohne Vegetation) ausgediegt werden.

Der Vorteil des visualisierten Oberflächenmodells gegenüber dem Stereo-Luftbildmodell liegt vor allem in der einfachen Darstellungsmöglichkeit, welche keine zusätzlichen Betrachtungseinrichtungen (z.B. Spiegelstereoskope) benötigt, und daher direkt in Projektunterlagen zur Pla-

nung und Dokumentation Eingang finden kann. Einer herkömmlichen kartografischen Darstellung in Vektor- oder Rasterform ist das Modell wegen seiner realistischen Darstellung des Waldes vor allem für weniger geübte „Planleser“ überlegen. Als Nachteil dieser Visualisierungen muß die „pseudoräumliche“ (und damit nicht echte räumliche) Betrachtung und die Verwendung von Nicht-Originalen der Luftbilder angeführt werden.

#### 5.5 Ausblick

Der Einsatz von hochauflösenden Oberflächenmodellen in der forstlichen Forschung und Planung steht erst am Beginn. Neben der Beurteilung der Schutzfunktion ist der Einsatz für waldökologische Aufgabenstellungen wie z.B. mikroklimatische und verjüngungsökologische Untersuchungen oder für Risikoabschätzungen bei Gefährdung durch Wind denkbar.

#### Literatur:

- [1] Ammer U., Mößler R. (1982): Der Beitrag des Luftbildes zur Einschätzung des Gefährdungs- und Schutzgrades bzw. notwendiger Sanierungsmaßnahmen im Wald der Gemeinde Neustift. Allgemeine Forstzeitung, Mai 1982, pp 114-117. Wien 1982.
- [2] Bartl R., Eichinger E.-M., Schneider W. (1996): Landnutzungserhebung aus Luftbildern als Grundlage für wasserbauliche Planungen. Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation, 84. Jahrgang, Heft 1/96, pp 54-56. Wien.
- [3] Kusché W. und Siegl M. (1996): Forstliche Planungsgrundlagen aus Luftbildzeitreihen. Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation, 84. Jahrgang, Heft 1/96, pp 30-36. Wien.
- [4] Mansberger R. und Rieger W. (1996): Pseudo-True-Color-Visualization of Color-Infrared-Images. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, 1996, in Druck.
- [5] Reeves R.G., Anson A., Landen D. (1975): Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia.
- [6] Schneider W., Steinwendner J., Bartl R. (1996): Parzellenscharfe Landnutzungskartierung aus Satellitenbildern. Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation, 84. Jahrgang, Heft 1/96, pp 30-36. Wien.
- [7] Widmann G. (1994): Verhalten einer kronenoffenen Sperrbeim einem Murgang. Diplomarbeit am Institut für Wildbach- und Lawinenschutz. Universität für Bodenkultur Wien.

#### Anschrift der Autoren:

Dr. Reinfried Mansberger, Dipl.-Ing. Wolfgang Kusché, Dr. Wolfgang Rieger, Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur, Peter Jordan-Straße 82, A-1190 Wien.