



## Monitoring von Schutzwäldern mit Satelliten-Fernerkundung

Heinz Gallaun <sup>1</sup>, Mathias Schardt <sup>2</sup>, Klaus Granica <sup>3</sup>, Günther Flaschberger <sup>4</sup>

<sup>1</sup> JOANNEUM RESEARCH, Institut für Digitale Bildverarbeitung, Wastiangasse 6, A-8010 Graz

<sup>2</sup> JOANNEUM RESEARCH, Institut für Digitale Bildverarbeitung, Wastiangasse 6, A-8010 Graz

<sup>3</sup> JOANNEUM RESEARCH, Institut für Digitale Bildverarbeitung, Wastiangasse 6, A-8010 Graz

<sup>4</sup> Amt d. Kärntner LR, Abt. 10F, Landesforstdirektion, Bahnhofplatz 5, A-9021 Klagenfurt

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **89** (3–4), S. 157–161

2001

BibT<sub>E</sub>X:

```
@ARTICLE{Gallaun_VGI_200118,  
Title = {Monitoring von Schutzw{"a}ldern mit Satelliten-Fernerkundung},  
Author = {Gallaun, Heinz and Schardt, Mathias and Granica, Klaus and  
Flaschberger, G{"u}nther},  
Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {157--161},  
Number = {3--4},  
Year = {2001},  
Volume = {89}  
}
```



## 5. Schlussfolgerungen

- Hochauflösende Satellitenbilder sind in Entwicklungsländern ein wichtiger Ersatz für Luftbilder.
- Die objektorientierte Bildanalyse (z.B. *eCognition*) eröffnet im Zusammenspiel mit objektorientierter Fusion neue Möglichkeiten der Bildanalyse.
- Interessante Anwendung der entwickelten Baumkartierungsmethoden werden auch in Naturschutzanwendungen, im Schutzwaldbereich und in der naturnahen Waldwirtschaft in Europa gesehen.

### Referenzen

- [1] Kürsten E. and Burschel P(1993): CO<sub>2</sub>-Mitigation by Agroforestry. *Water, Air and Soil Pollution* 70: 533–54.
- [2] Brown S. and Lugo A.E. (1984): Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. *Science* 223: 1290–1293.
- [3] Gómez L. G., Godoy J.C., Herrera-MacBryde O. and Villalobos J.(Jul.2001): Regional Overview of Central America.

<http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/ma/macentral.htm#vegetation>

- [4] (Jul.2001): The TROF project. URL: <http://www.forst.uni-freiburg.de/TROF/>
- [5] Steinwendner J., Schneider W. and Bartl R. (2001): Image Understanding Methods for Remote Sensing. In: Kropatsch W., Bischof G. (Hrsg.), *Digital Image Analysis, Selected Techniques and Applications*, 337-366. Springer, New York.
- [6] Steinwendner J. and Schneider W. (1999): Radiometric Self-Calibration of Remote Sensing Images for Generic-Knowledge-Based Analysis. *Robust Vision for Industrial Applications*. In: Vincze, M. (Ed), *Proceedings of the 23rd OAGM Workshop*, Steyr, Austria: 69–78.
- [7] Baatz M. and Schäpe A.(2000): Multiresolution Segmentation – and optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner (Ed), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII: Beiträge zum AGIT-Symposium*, Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 12–23.

### Anschrift der Autoren

DI. Tatjana Koukal, Univ.-Prof.Dr. Werner Schneider, Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien;  
E-mail: [koukal@boku.ac.at](mailto:koukal@boku.ac.at), [werner.schneider@boku.ac.at](mailto:werner.schneider@boku.ac.at)



## Monitoring von Schutzwäldern mit Satelliten-Fernerkundung

Heinz Gallaun, Mathias Schardt, Klaus Granica, Graz und Günther Flaschberger, Klagenfurt

### Zusammenfassung

Die Erfassung von Veränderungen in Schutzwäldern des Alpenraums ist mit herkömmlichen Methoden, wie z.B. terrestrischen Erhebungen oder multitemporalen Luftbildinterpretationen, sehr zeit- und damit kostenintensiv. Die beschriebenen Arbeiten zeigen daher Möglichkeiten auf, wesentliche Änderungen großflächig, durch den Einsatz multitemporaler Satellitenaufnahmen und historischer topographischer Karten, zu erheben.

### Abstract

The mapping of changes in alpine protection forests with conventional methods such as terrestrial surveys or multitemporal aerial photo interpretations are very time and cost intensive. Therefore, methods for mapping and monitoring of significant changes for large area applications by means of satellite remote sensing imagery and historical topographic maps are presented in this respect.

### 1. Einleitung

Im Rahmen des vom BM:BWK finanzierten Forschungsprojektes „Fusion von Fernerkundungsdaten und GIS-Daten zur optimierten Informationsgewinnung in Landesinformationssystemen“ wurden in Zusammenarbeit mit der Abt. 10F – Landesforstdirektion des Amtes der Kärntner Landesregierung Methoden zur Beobachtung der langfristigen Entwicklung von Schutzwäldern entwickelt [1]. Die Untersuchungen wur-

den im Mölltal in Oberkärnten durchgeführt, das hinsichtlich der Schutzwaldproblematik typisch für den Alpenbereich ist, wodurch die entwickelten Methoden auch auf andere Gebiete im Alpenraum übertragen werden können. Für die Projektarbeiten konnte auf detaillierte Satellitenbildklassifikationen bezüglich aktueller Waldparameter aus dem von der EU finanzierten Forschungsprojekt SEMEFOR zurückgegriffen werden [2,3]. Basierend auf den Anforderungen der Landesforstdirektion des Amtes der Kärntner

Landesregierung stand eine im Vergleich zu herkömmlichen Methoden (insbes. Luftbildinterpretation) kostengünstige, landesweit anwendbare, Methodik im Vordergrund. Neben der Auswertung multitemporaler SPOT-Satellitenbilddaten wurden dafür unter Einbeziehung von historischen topographischen Karten auch die Veränderungen der Waldfläche seit dem 19. Jahrhundert ausgewertet.

## 2. Auswertung multitemporaler Satellitenaufnahmen

### 2.1 Vorverarbeitung der Satellitenaufnahmen

Ein Hauptproblem bei der Analyse von multitemporalen Fernerkundungsdaten ist die geometrische Verschiebung zwischen den einzelnen Aufnahmen. Um die Auswirkungen geometrischer Verschiebungen zu simulieren wurde ein Klassifikationsergebnis von TM-Satellitenbilddaten mit dem gleichen Klassifikationsergebnis, das jedoch um einen Betrag von 0.5 Pixel verschoben wurde, verglichen. Diese Größenordnung entspricht der Genauigkeit, die bei sehr sorgfältiger parametrischer Geokodierung von Satellitenbilddaten erreicht werden kann. Wie die folgende Tabelle zeigt, ist die Übereinstimmung trotz der geringen Diskrepanz nur 91.8% für Nadelwald, 81.2% für Mischwald und 85% für Laubwald [4]. Das bedeutet, daß für die Klasse Nadelwald bei einem pixelweisen Vergleich alleine aufgrund der Verschiebung mit einem Fehler von 8.2%, zu rechnen wäre.

	Nadelwald	Mischwald	Laubwald
Nadelwald	91.8	12.2	4.6
Mischwald	6.9	81.2	10.4
Laubwald	1.2	6.6	85

Tab. 1: Simulation einer Verschiebung einer Waldklassifikation um 0.5 Pixel nach Ost (in %)

Somit sind Monitoringverfahren, die auf einem bildpunktweisen Vergleich der multitemporalen Aufnahmen basieren, für das Schutzwaldmonitoring nicht geeignet. Es folgt, daß eine möglichst genaue Geokodierung – für den Alpenraum also eine parametrische Rektifizierung unter Einbeziehung eines digitalen Geländemodells – unbedingt erforderlich ist. Weitere Simulationsergebnisse zeigen, daß durch Aggregation (Mittelwertbildung innerhalb einer 3 mal 3 Pixel-Umgebung) eine signifikante Reduktion dieser Verschiebungseffekte erreicht werden. Damit sind die geometrischen Voraussetzungen für die di-

rekte Vergleichbarkeit der multitemporalen Fernerkundungsdaten gegeben.

Als weiterer wichtiger Vorverarbeitungsschritt wurde zur Korrektur von Beleuchtungsunterschieden aufgrund der Topographie die sogenannte Minnaert-Korrektur-Methode angewandt. Die Minnaert-Konstante wurde dabei durch Regression innerhalb homogener Nadelwaldbestände bestimmt. Als Ergebnis liegen die multitemporalen Satellitenbilddaten nun so vor, daß Beleuchtungsunterschiede z.B. zwischen Sonn- und Schatthang weitgehend ausgeglichen sind.

### 2.2 Kalibrierung der multitemporalen Satellitenbilddaten

Das Ziel der Kalibrierung ist eine möglichst exakte Anpassung der Grauwerte der multitemporalen Satellitenbilddaten, sodaß in weiteren Bearbeitungsschritten ein direkter Vergleich, z.B. über Differenzbildung, möglich ist. Die durch Änderungen in Schutzwäldern hervorgerufenen radiometrischen Unterschiede in den multitemporalen Satellitenbilddaten sind oftmals relativ gering. Untersuchungen von Schardt et al. [5] haben gezeigt, daß Änderungen der Überschirmung von 20% nur sehr geringe Änderungen in Landsat-TM Satellitenaufnahmen (in der Größenordnung von 1 – 3 Grauwerten) bewirken. Aus diesen Ergebnissen folgt, daß für Monitoringanwendungen eine genaue Kalibrierung der multitemporalen Satellitenbilddaten ein kritischer Bearbeitungsschritt ist, der die erreichbare Genauigkeit wesentlich beeinflusst. Eingesetzt wurde eine relative Kalibrierung der Satellitenaufnahmen mittels linearer Regression. Eine absolute Kalibrierung kann nicht empfohlen werden, da in der Regel die erforderlichen meteorologischen Parameter zu den Aufnahmezeitpunkten nicht verfügbar sind.

Als Ergebnis der beschriebenen Vorverarbeitungsschritte sind die multitemporalen Satellitenaufnahmen weitgehend aneinander angepaßt, sodaß ein direkter Vergleich durchgeführt werden kann.

### 2.3 Feststellung signifikanter Änderungen

In diesem Arbeitsschritt werden Flächen, die signifikante Unterschiede zwischen den Satellitenaufnahmen zeigen, ausgewiesen. Entsprechend den Nutzeranforderungen wurden Methoden angewandt, die die Kartierung von Flächen ergeben, die im Jahr 1992 eine Überschirmung über 30%, und im Jahr 1998 keine bzw. nur eine Überschirmung unter 30% aufweisen. Dies

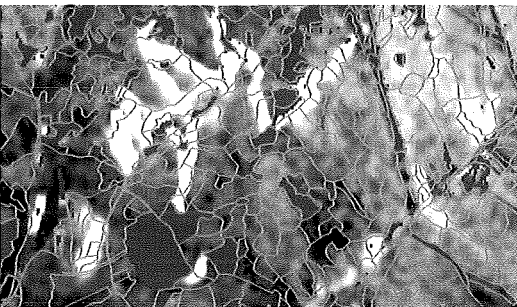
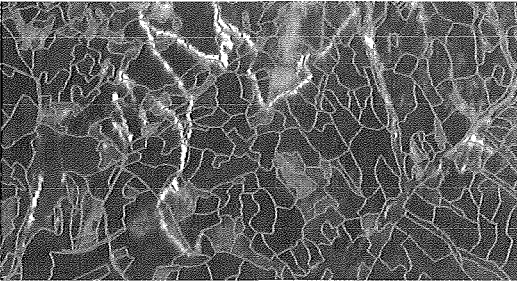
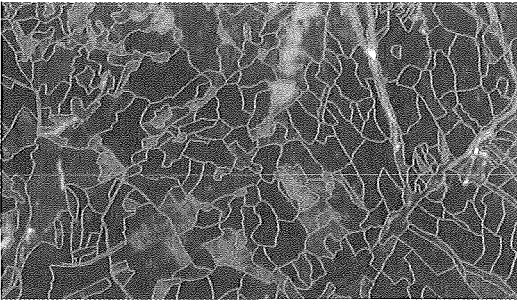


Abb. 1: Ganz oben: SPOT-PAN Satellitenbild aus dem Jahr 1992, darunter SPOT-PAN aus dem Jahr 1998. Das dritte Bild zeigt die Differenz der kalibrierten Daten. Ganz unten: Ergebnis – Kahlschläge / Wegebau / Erosionen in rot (über Orthophoto) dargestellt. In grün sind die Bestandesgrenzen aus einer Luftbildinterpretation dargestellt.

sind z.B. Kahlschläge, Forstwegebau und großflächig erodierte Flächen. Als erster Schritt erfolgt die Ableitung eines Konfidenzintervalls, das eine Unterscheidung signifikant geänderter

und nicht signifikant geänderter Flächen erlaubt. Das Konfidenzintervall wurde aus den relativ kalibrierten Bilddaten mittels linearer Regression ermittelt. Flächen, die eine größere Abweichung als das Konfidenzintervall aufweisen, wurden in weiterer Folge als signifikant geänderte Flächen ausgewiesen. Weiters wurden Masken der Flächen, die zu den jeweiligen Zeitpunkten eine Überschirmung über 30% aufweisen, mittels Schwellwertbildung von den Satellitenbilddaten abgeleitet. Als Ergebnis wurden in weiterer Folge jene Flächen ausgewiesen, die eine signifikante Zunahme der Rückstrahlung zeigen, im Jahr 1992 mit einer Überschirmung über 30% und im Jahr 1998 mit unter 30% ausgewiesen sind. Damit sind Flächen die von Wegebau, Kahlschlag, sowie Rodungen betroffen sind, erfaßt. Abbi.1 zeigt die wesentlichen Bearbeitungsschritte für einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes im Bereich Pfaffenberg bei Obervellach im Mölltal.

Die Ergebnisse wurden gemeinsam von Mitarbeitern des Instituts für Digitale Bildverarbeitung und der Landesforstdirektion Kärnten im Feld verifiziert. Als Grundlage für die Aufnahmen, die in den Bereichen Hühnersberg und Teuchl durchgeführt wurden, dienten Luftbildkarten 1:10.000 der Landesforstdirektion. Bis auf eine Fläche, die fälschlicherweise als Kahlschlag ausgewiesen war, wurden keine fehlerhaften Klassifizierungen festgestellt. Damit ist die erreichte Genauigkeit für großflächige Kartierungen von wesentlichen Änderungen wie Kahlschlägen, Schlägerungen infolge Wegebaus, Waldabnahme durch Erosion sowie Rodungen, gegeben. An der Entwicklung von Methoden zur Feststellung von weniger signifikanten Änderungen, wie beispielsweise Abnahme der Überschirmung infolge Durchforstung oder Vorlichtung, welche für die Bewertung der Schutzwirkung von großer Bedeutung sind, wird derzeit noch gearbeitet.

### 3. Einbeziehung historischer topographischer Karten

Für die Beurteilung der langfristigen Entwicklung der Schutzwälder wurde auf folgende historische topographische Kartenwerke, welche kostengünstig eine großflächige Auswertung erlauben, zurückgegriffen:

- *Militärgeographische Karte – 1:75.000*, Stand 1880 (aus der Dritten Landesaufnahme; Aufnahmemaßstab 1:25.000)
- *Österreichische Karte – 1:25.000*, Stand 1950.

Die Karten wurden gescannt und die Waldfläche direkt am Monitor digitalisiert. Im Vergleich



Abb. 2: Entwicklung der Waldflächen im Bereich Pfaffenberg. Waldflächen um 1880 in dunkelgrün, um 1950 in hellgrün und aus 1998 in rot dargestellt.

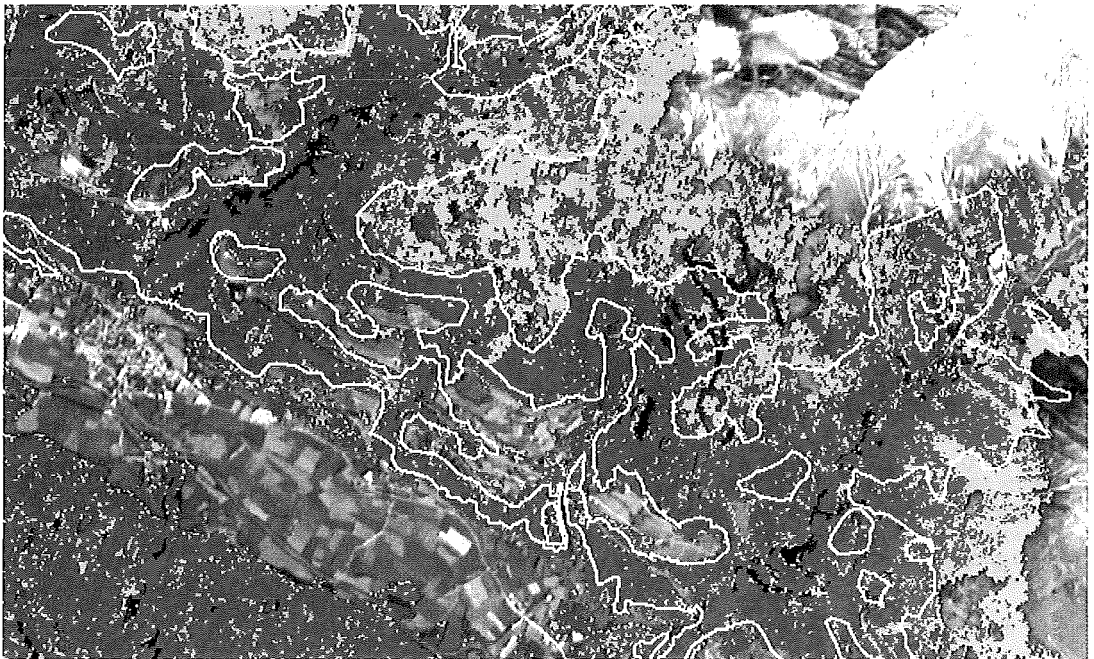


Abb.3: Überlagerung der Satellitenbildklassifikation aus dem Jahr 1998 mit der Waldgrenze, Stand 1880, in weiß. Überschirmung von über 60% in Grün und unter 60% in Gelb.

zu Satellitenbilddaten, die großflächig zu einem gegebenem Aufnahmezeitpunkt vorliegen, gibt es bei kartographischen Produkten in Bezug auf den Erfassungsstand Unklarheiten. So kann oft nicht genau bestimmt werden, in welchem Jahr eine abgebildete Fläche, Linie oder Signatur aufgenommen wurde. Es kann dementsprechend auch keine zeitlich exakte Zuordnung der digitalisierten Waldflächen vorgenommen werden. Während das für die Bewertung der langfristigen Entwicklung keine große Rolle spielt, kann dieser Umstand für die Bewertung der aktuellen Prozesse, für die oftmals eine genaue Zeitangabe der Veränderungen erforderlich ist, ein großes Problem darstellen. Aus diesem Grund wurde die aktuelle Waldgrenze nicht von topographischen Karten, sondern durch Auswertung von Satellitenbilddaten abgeleitet.

Die folgende Abbildung zeigt eine Waldflächenentwicklung über einen Zeitraum von 118 Jahren.

Ein Beispiel, wie die Projekt-Ergebnisse für die Interpretation der langfristigen Waldentwicklung eingesetzt werden können, zeigt Abb.3.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Durch die kombinierte Auswertung von multi-temporalen Satellitenaufnahmen und historischen topographischen Karten können zahlreiche für die Schutzwaldplanung wichtige Parameter großflächig abgeleitet werden. Die Ergebnisse sind Basisdaten, welche in der Zusammen-schau und Interpretation durch Forstexperten die wesentlichen Entwicklungsprozesse aufzeigen.

Sie erlauben beispielsweise die Beurteilung von Änderungen des Wasserhaushaltes in Wildbach – Einzugsgebieten, oder die Beurteilung von Sukzessionsprozessen im alpinen Raum. Da sämtliche Ergebnisse georeferenziert im GIS vorliegen, können sie unmittelbar mit weiteren relevanten Datenebenen wie Geologie, Neigung oder Schutzwaldkonzepten verknüpft werden.

#### Literatur

- [1] *Gallaun H., Schardt M., Etzold S., Pamser H., Pirkl H., Flaschberger G. (2001):* Fusion von Fernerkundungsdaten und GIS-Daten zur optimierten Informationsgewinnung in Landesinformationssystemen. BM:BWK -GZ.79.087/2-III/A/5/98 – Enderbericht, pp.93.
- [2] *SEMEFOR (2000):* „Satellite Based Environmental Monitoring of European Forests“, Final Report, EC Directorate General XII, Science, Research and Development, Contract ENV4-CT97-0398, pp.337.
- [3] *Granica K., Flaschberger, G., Gallaun H. und Schardt M. (2000):* Der Einsatz von GIS- und Fernerkundungsmethoden in der Schutzwald-Planung und im Schutzwaldcontrolling, AGIT 2000, 5. – 7. Juli, Salzburg.
- [4] *Gallaun H.; Schardt M., & Häusler T. (1999):* Pilot Study on Monitoring of European Forests. Tagungsband der Jahrestagung des Arbeitskreises „Interpretation von Fernerkundungsdaten der DGPF, 28.–29.4.1999,pp.9.
- [5] *Schardt M., Kenneweg H., Sagischewski H. (1995):* Upgrading of an integrated forest information system by use of remote sensing. Proc.of the IUFRO XX World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland,

#### Anschrift der Autoren

DI Heinz Gallaun, Dr. Mathias Schardt, Mag. Klaus Granica: JOANNEUM RESEARCH, Institut für Digitale Bildverarbeitung, Wastiangasse 6, A-8010 Graz; E-mail heinz.gallaun@joanneum.ac.at, mathias.schardt@joanneum.ac.at, klaus.granica@joanneum.ac.at  
 DI Günther Flaschberger: Amt d. Kärntner LR, Abt. 10F, Landesforstdirektion, Bahnhofplatz 5, A-9021 Klagenfurt; E-mail: guenther.flaschberger@ktn.gv.at