



## Landnutzungserhebungen aus Luftbildern als Grundlage für wasserbautechnische Planungen

Renate Bartl <sup>1</sup>, Eva-Maria Eichinger <sup>2</sup>, Werner Schneider <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur Wien*

<sup>2</sup> *Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur Wien*

<sup>3</sup> *Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **84** (1), S. 54–56

1996

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

```
@ARTICLE{Bartl_VGI_199614,  
Title = {Landnutzungserhebungen aus Luftbildern als Grundlage für  
wasserbautechnische Planungen},  
Author = {Bartl, Renate and Eichinger, Eva-Maria and Schneider, Werner},  
Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift für Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {54--56},  
Number = {1},  
Year = {1996},  
Volume = {84}  
}
```



satz werden Karten der Schneebedeckung in zeitlichen Abständen von etwa 7 bis 10 Tagen benötigt. Da diese Aufnahmefolge in Hinkunft bei Nutzung von ERS und RADARSAT gesichert ist, bietet satellitengetragenes SAR eine wertvolle Datenquelle für die operationelle Hydrologie.

#### Dank

Die Untersuchungen mit ERS SAR werden im Rahmen der Nationalen Programme der Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gefördert.

#### Literatur

- [1] Goodison B.E. (1989) Determination of areal snow water equivalent on the Canadian praries using passive microwave satellite data. Proc. IGARSS'89, IEEE, 1243-1246.
- [2] Martinec J., Rango A. and R. Roberts (1994) Snowmelt Runoff Model (SRM) User's Manual. Geographica Bernensia P29, Univ. Bern, 65 pp.
- [3] Nagler T. and H. Rott (1992) Development and intercomparison of snow mapping algorithms based on SSM/I data. Proc. IGARSS'92, IEEE, 812-814.

- [4] Rango A. (1986) Progress in snow hydrology remote sensing research. IEEE Trans. Geosc. Rem. Sens. 24, 47-53.
- [5] Rott H. (1994) Thematic studies in Alpine areas by means of polarimetric SAR and optical imagery. Adv. Space Res. 14(3), 217-226.
- [6] Rott H. and G. Markl (1989) Improved snow and glacier monitoring by the Landsat Thematic Mapper. Monitoring the Earth's Environment, ESA SP-1102, 3-12.
- [7] Rott H. and T. Nagler (1993) Snow and glacier investigations by ERS-1 SAR - first results. Proc. of First ERS-1 Symp. - Space at the Service of our Environment, ESA SP-359, 577-582.
- [8] Rott H. and T. Nagler (1994) Capabilities of ERS-1 SAR for snow and glacier monitoring in alpine areas. Proc. of Second ERS-1 Symposium ESA SP-361, 965-970.
- [9] Rott H. and T. Nagler (1995) Monitoring temporal dynamics of snowmelt with ERS-1 SAR. Proc. IGARSS'95, IEEE, 1747-1749.

#### Anschrift der Autoren:

Helmut Rott, Thomas Nagler und Dana-Marie Floricioiu, Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck.



## Landnutzungserhebungen aus Luftbildern als Grundlage für wasserbautechnische Planungen

Renate Bartl, Eva-Maria Eichinger,  
Werner Schneider, Wien

#### Zusammenfassung

Ein hydrologisches Modell zur Abflußabschätzung benötigt als Eingangsdaten die Landnutzung in den entsprechenden Einzugsgebieten. Diese wird auf Farb-Infrarot-Luftbildern interpretiert, die eine gute Differenzierung von verschiedenen Vegetationstypen und/oder von vegetationslosen Flächen erlauben. Da nur die Flächenbilanz, nicht aber die Lage der Einzelflächen von Interesse ist, bietet das Rasterstichprobenverfahren eine effiziente und zuverlässige Auswertemethode. Dabei wird die Landnutzung an allen Punkten eines im Gelände regelmäßigen Rasters interpretiert. Daraus werden im Anschluß die Flächenanteile der einzelnen Landnutzungskategorien berechnet.

#### Abstract

A hydrological model for runoff estimation requires landuse data of catchment areas as input. The interpretation of colour infrared aerial images is useful since they allow to differentiate reliably several vegetation types and/or areas without vegetation. The total area of each land use category is required for each catchment area, not the position of specific areas. Statistical raster sampling therefore seems to be an adequate method. It yields the land use class for each point of a grid regular in the terrain. From these data, the areas required are deduced.

#### 1. Einleitung

Um Überdimensionierungen bei wasserbautechnischen Planungen wie z.B. für Kanalanlagen zu vermeiden, werden möglichst exakte Daten über den maximal zu erwartenden Wasserabfluß gebraucht. Entsprechende hydrologische Modelle benötigen als Eingangsdaten die Landnutzung der Wassereinzugsgebiete in bestimmten, vorgegebenen Kategorien:

- Versiegelte Flächen
- Landwirtschaftliche Flächen mit Maisanbau
- Wiesen
- Wald (eventuell getrennt nach reinem Nadelwald und Mischwald/Laubwald)
- Sonstige landwirtschaftliche und unversiegelte Flächen.

Das vorliegende Projekt wurde im Auftrag der oberösterreichischen Landesregierung in Zusam-

menarbeit mit einem Ingenieurbüro durchgeführt. Die Erhebung der Landnutzung erfolgte nach den oben angeführten Kategorien auf einer Fläche von knapp über 270 km<sup>2</sup>, eingeteilt in 49 Einzugsgebiete. Eine solche Aufgabe kann mit Luftbildern besonders effektiv durchgeführt werden.

## 2. Interpretation von Farb-Infrarot-Luftbildern

Farb-Infrarot-Luftbilder zeigen das Gelände in einer Farbwiedergabe, die Art und Dichte der Vegetation besonders gut erkennen lassen. Insbesondere sind vegetationslose Flächen von vegetationsbedeckten klar zu trennen, auch Laubwald von Nadelwald. Entsprechend den Kategorien der Landnutzung liegt besonderes Augenmerk auf der Unterscheidung folgender Flächentypen:

- Versiegelte Flächen von sonstigem vegetationslosen Boden (Schotterstraßen etc.): Bei nicht zu kleinen Maßstäben (größer als etwa 1:15000) und guter fotografischer Qualität (keine Überbelichtungen) bestehen hier keine Probleme.
- Mais von sonstigen Ackerflächen: Mais wird erst im Mai gepflanzt. Daher liegt der Boden während der im Frühjahr üblichen Starkregen brach [4, 5]. Daraus ergibt sich ein spezielles Abflußverhalten, weshalb Maisflächen gesondert berücksichtigt werden müssen. Die Erkennbarkeit von Mais hängt von der Jahreszeit ab. Der Befliegungszeitpunkt bestimmt daher die Interpretierbarkeit bzw. die Interpretationsmerkmale wesentlich.
- Wiesen von Ackerflächen mit dichter grüner Vegetation: Auch hier differiert das saisonale Erscheinungsbild. Eventuelle Mähspuren können als Unterscheidungsmerkmale dienen. Verwechslungen dieser beiden Flächentypen sind jedoch nicht allzu problematisch.

Im gegenständlichen Projekt wurden einerseits Luftbilder des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen vom Mai 1992 und andererseits Luftbilder aus einer Neubefliegung vom August 1995 verwendet.

Zur Erstellung eines Interpretationsschlüssels für die einzelnen Kategorien wurden Feldvergleiche zwischen den Farb-Infrarot-Luftbildern und der Natur aufgestellt. Für die Bilder vom August 1995 war dies eindeutig möglich, für jene vom Mai 1992 ergaben sich Probleme aufgrund der Fruchtfolge, derzufolge die Felder anders bepflanzt bzw. in Brache gelassen wurden. Bei einer Befragung der Landwirte der Gegend war es manchen nicht mehr möglich, exakte Angaben

über den Anbau vor 3 Jahren zu machen. Trotzdem gelang es, eine ausreichende Anzahl von Vergleichsflächen für jede einzelne Kategorie zu bestimmen.

## 3. Flächenermittlung nach dem Rasterstichprobenverfahren

Im Rahmen des Projektes war gefordert, eine Flächenbilanz für jedes Einzugsgebiet zu erstellen. Es wäre sehr aufwendig für diesen Zweck eine konventionelle Kartierung durchzuführen. Außerdem entstünden Probleme mit versiegelten Flächen: Für kleinsträumige Strukturen ist eine Kartierung im einzelnen nicht möglich bzw. mit unrealistischem Aufwand verbunden. Eine Lösungsmöglichkeit ist, Siedlungsgebiete in Kategorien unterschiedlicher Bebauungsdichte zu kartieren und dann jedem Siedlungsgebiet einen entsprechenden „Versiegelungsfaktor“ zuzuordnen, mit dem der Anteil von versiegelter Fläche an der Gesamtfläche abgeschätzt werden kann (vergl. hierzu auch Kapitel 6).

Da jedoch nicht die genaue Lage der einzelnen Flächen, sondern nur die Gesamtflächenanteile der Landnutzungskategorien in den Einzugsgebieten benötigt werden, erscheint die Verwendung eines Rasterstichprobenverfahrens angebracht [1]. Die Grundidee dabei ist, daß Landnutzungskategorien an Rasterpunkten erhoben werden. Damit ist auch die direkte Ermittlung der versiegelten Fläche möglich, da für jeden einzelnen Punkt entschieden wird, zu welcher Kategorie er gehört, unabhängig wie groß die Struktur ist.

Bei der Auswertung mit einem Raster repräsentiert jeder Rasterpunkt eine bestimmte Fläche. Wenn der Raster im Bild regelmäßig ist, kann der Anteil der Rasterpunkte einer Landnutzungskategorie an der Gesamtanzahl der Rasterpunkte als Schätzwert für den Flächenanteil im Gelände genommen werden. Es können dabei jedoch systematische Fehler auftreten, wenn eine statistische Abhängigkeit zwischen dem Vorkommen einer Nutzungskategorie und der Geländehöhe besteht. Wenn z.B. versiegelte Flächen bevorzugt in Tallagen vorkommen, wo die Rasterweite für einen am Bild regelmäßigen Raster im Gelände größer ist, so sind die betreffenden Gebiete in der Rasterstichprobe unterrepräsentiert. Im vorliegenden Projekt wird daher mit einem im Gelände regelmäßigen Raster gearbeitet.

Die Genauigkeit des Verfahrens hängt von der Feinheit des Rasters ab. Nimmt man eine Binomialverteilung der Anzahl  $n_i$  der auf eine bestimmte Nutzungskategorie fallenden Punkte

an, so gilt für die Varianz  $s^2$  des Anteils  $p_i = n_i / n$  ( $n$  ist die Gesamtanzahl der Rasterpunkte)

$$s^2(p_i) = \frac{p_i(1-p_i)}{n}$$

Für die Angabe von Vertrauensintervallen genügt es, die Binomialverteilung durch eine Normalverteilung anzunähern. Angenommen man hat eine Gesamtfläche von 10 km<sup>2</sup>, die interessante Kategorie hat daran einen ungefähren Anteil von 10% und man fordert eine Flächengenauigkeit von 1% bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,3%, so muß  $3 \cdot s(p) \leq 0.01$  gelten. Der Faktor 3 rührt daher, daß bei der Normalverteilung 99,7% der Werte innerhalb der dreifachen Standardabweichung liegen. Mit obiger Gleichung ergibt sich, daß eine Rasterweite von 35 m die Anforderungen erfüllt. Ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß zwei benachbarte Rasterpunkte entweder beide auf die zu ermittelnde Fläche fallen oder beide nicht (d.h. handelt es sich um große, zusammenhängende Flächen), so wird der Flächenfehler mit obiger Gleichung überschätzt, vorteilhafterweise aber nie unterschätzt [1].

#### 4. Interpretationsrasterherstellung mit MONOMAP

Der im Gelände regelmäßige Raster wird mit dem am Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung entwickelten Programm MONOMAP in die Geometrie des Luftbildes verzerrt. Dazu sind folgende Daten erforderlich:

- die innere Orientierung der Bilder, die aus dem Kalibrierungsprotokoll der Meßbildkameras abgelesen werden kann,
- die äußere Orientierung der Bilder, die durch „Räumlichen Rückwärtsschnitt“ aus 5-7 Paßpunkten pro Bild ausreichend genau berechnet werden kann,
- das digitale Geländemodell (im 50 m Raster), das vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen angeboten wird.

Mit Hilfe dieser Eingangsdaten wird der Raster zusammen mit den Grenzen der Einzugsgebiete mit MONOMAP nach dem Monoplottingprinzip ins Bild verzerrt [3]. Aufgrund der unterschiedlichen Geländehöhen ergeben sich mit zunehmender Entfernung vom Bildmittelpunkt lokale Verschiebungen der Rasterpunkte.

#### 5. Erstellung der Flächenbilanz

Nun wird der Raster einem Luftbild unterlegt und die Interpretation für jeden Rasterpunkt

durchgeführt. Die Auswertung erfolgt stereoskopisch, da verschiedene Vegetationsarten sich nur aufgrund der Fruchthöhe unterscheiden lassen. Das Ergebnis der Interpretation wird in einer Liste gesammelt. Der relative Anteil an Punkten einer Kategorie entspricht dem Anteil an der Gesamtfläche. Somit kann unter Berücksichtigung der Gesamtfläche eines Einzugsgebietes die zugehörige Flächenbilanz erstellt werden.

#### 6. Schlußfolgerungen und Ausblick

Die Verwendung von Farb-Infrarot-Luftbildern ist besonders für solche Interpretationen geeignet, bei denen verschiedene Vegetationstypen erkannt und/oder von vegetationslosen Flächen unterschieden werden sollen. Ist im Rahmen einer solchen Erhebung nur die Flächenbilanz und nicht die Lage der Einzelflächen von Interesse, so bietet das Rasterstichprobenverfahren eine effiziente und zuverlässige Methode. Dabei wird die Landnutzung an den Punkten eines im Gelände regelmäßigen Rasters erhoben.

Zu Vergleichszwecken mit der hier vorgestellten Erhebung wird gegenwärtig die Brauchbarkeit von Satellitenbilddaten (z.B. LANDSAT TM) für die Abschätzung des Anteils an versiegelten Fläche untersucht. In der Literatur (z.B. [2]) sind entsprechende Kanalkombinationen beschrieben, die zur Bestimmung des Anteils der versiegelten Fläche herangezogen werden. Es ist mit verminderter Genauigkeit des Ergebnisses zu rechnen, allerdings ist der Aufwand gegenüber der Luftbilddauswertung auch wesentlich geringer.

#### Literatur

- [1] Kölbl, O.: Stichprobenweise Luftbilddauswertung zur Erneuerung der Arealstatistik: Geometrische Aspekte und Genauigkeitsanalyse. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 10 (1982) p. 317-322.
- [2] American Society of Photogrammetry: Manual of Remote Sensing, Volume II. 2nd edition, 1983.
- [3] MONOMAP: Kartierung und GIS-Dateneingabe aus Luftbildern. Informationsbroschüre des Instituts für Vermessungswesen und Fernerkundung, BOKU, Wien. 1994
- [4] Beiträge zu Oberflächenabfluß und Stoffabtrag bei künstlichen Niederschlägen. Hrsg: Dt. Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DWWK). Hamburg. Parey (1985).
- [5] Jung, L., Brechtel, R.: Messung von Oberflächenabfluß und Bodenabtrag auf verschiedenen Böden der Bundesrepublik Deutschland: Ergebnisse von 1956 - 1968. Fachausschuß Bodenerosion im Dt. Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau. Schriftenreihe des Dt. Verbands für Wasserwirtschaft und Kulturbau, 48. Hamburg. Parey (1980).

#### Anschrift der Autoren:

Renate Bartl, Eva-Maria Eichinger, Werner Schneider, Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien.