

# Räumliche Nachklassifikation von Landbedeckungsdaten mit MapModels

Tanja TÖTZER, Leopold RIEDL, Klaus STEINNOCHER

(Dipl.-Ing. Tanja Tötzer, Österr. Forschungszentrum Seibersdorf / Abt. Umweltplanung, email: tanja.toetzer@arcs.ac.at,

Dipl.-Ing. Leopold Riedl, Inst. für Stadt- und Regionalforschung der TU-Wien, email: leopold.riedl@tuwien.ac.at,

Dipl.-Ing. Dr. Klaus Steinnocher, Österr. Forschungszentrum Seibersdorf / Abt. Umweltplanung, email: klaus.steinnocher@arcs.ac.at)

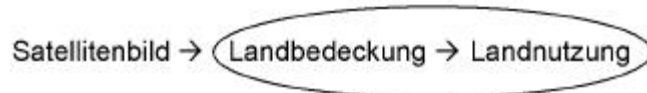
## KURZFASSUNG

Die Ableitung der Landnutzung aus Landbedeckungsdaten ist ein wesentlicher Schritt bei der Generierung eines Landnutzungsmodells. Die Berücksichtigung der räumlichen Zusammensetzung der Landbedeckungsklassen über einen Postklassifikationsalgorithmus führt zu einer Landnutzungsklassifikation, die speziell für Planungen und Analysen mit räumlichen Bezug mehr Aussagekraft liefern kann als die Landbedeckung, welche ausschließlich die spektrale Information aus Satellitendaten wiedergibt.

Dieser Schritt von der Landbedeckung zur Landnutzung soll in der vorliegenden Arbeit mit Hilfe von MapModels beschrieben werden. Es wird dabei eine Methode vorgestellt, die für jeden ArcView-Benutzer anwendbar ist. Aus den Landbedeckungsdaten werden nach definierten Regelsätzen einzelne Landnutzungsschichten abgeleitet, die hierarchisch geordnet und auf ihre Priorität überprüft werden. Erst nach dieser Abwägung der Landnutzungsklassen gegeneinander erfolgt eine Zusammenführung in ein gesamtes Landnutzungsmodell. Diese Methodik ermöglicht dem Anwender die Generierung eines Landnutzungsmodells nach selbstdefinierten Kriterien und schließt gleichzeitig Überprüfungs- und Abwägungsschritte mit ein, welche die Qualität des Modells gewährleisten sollen.

## 1 EINLEITUNG

In der Raumplanung, aber auch in der Forst-, Umwelt- und Landschaftsplanung ist es oft wichtig, großflächige räumliche Zusammenhänge in der Landschaft zu erkennen und analysieren zu können. Die Fernerkundung bietet dabei ein sinnvolles Werkzeug, das grundlegende Informationen zu dieser Fragestellung beitragen kann (STEINNOCHER & KNÖTIG, 1999). Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die Fernerkundung lediglich die auf der Erdoberfläche auftretenden Bedeckungsarten erfassen kann, und nicht die für eine weitere planerische Auswertung und Bearbeitung verwendbaren räumlichen Nutzungsmuster. Diese Diskrepanz sei anhand eines Beispiels veranschaulicht: während in einem locker bebauten Siedlungsraum im Satellitenbild die unterschiedlichen Oberflächen von Straßen, Grünflächen und Hausdächern abgebildet werden, erfordern Planungen oft die aggregierte Darstellung als Siedlung. Dieser Übergang von einzelnen Landbedeckungskategorien zu räumlichen Nutzungsmustern (Landnutzung) erfordert daher spezielle Bearbeitungsschritte.



Für die Generierung eines Landnutzungsmodells, nämlich die Ableitung der Landnutzung aus der Landbedeckung, gibt es unterschiedliche Methoden. Eine Möglichkeit besteht darin, die Landnutzung aus sogenannten *training areas* (stichprobenweise Erhebungen der Landnutzung) auf das gesamte Modell abzuleiten (ZHANG et al. 1988, GUO & MOORE 1991) oder Regeln zu definieren, welche die Landnutzung ausweisen (STEINNOCHER et al. 1993, FUNG & CHANG 1994). Hier soll die zweite Methode angewandt werden, die es ermöglicht, die Landnutzung nach selbst definierten Kriterien und Regeln unter Verwendung von MapModels festzulegen.

### 1.1 Landbedeckung vs. Landnutzung

Da bei der hier vorgestellte Methode die Unterscheidung zwischen Landbedeckung und Landnutzung wesentlich ist, soll an dieser Stelle näher darauf eingegangen werden. Zunächst sei diskutiert, welche Möglichkeiten der Mustererkennung von Satellitenbilddaten zu Verfügung stehen, die eine Information über Landnutzung liefern:

**Spektrale Mustererkennung:** Die Kategorisierung erfolgt aufgrund der spektralen Information jedes einzelnen Pixels, und resultiert in einer Information über die Landbedeckung.

**Räumliche Mustererkennung:** Die Kategorisierung erfolgt aufgrund der Zusammensetzung der Landbedeckungskategorien in der Nachbarschaft der einzelnen Pixel, und resultiert in einer Information über die räumlichen Nutzungsmuster.

**Zeitliche Mustererkennung:** Die Kategorisierung erfolgt aufgrund der zeitlichen Variation der spektralen Information. Das ist vor allem für die Differenzierung landwirtschaftlicher Kulturen und die Analyse von Vegetationstypen von Interesse, da zusätzliche Informationen über vegetationsstypische Ausprägungen (frucht/blattlose Vegetationsperiode, Reifezeit, Ernte...) im Jahresablauf abgeleitet werden können. Diese Art der Mustererkennung ist jedoch für die vorliegende Arbeit nicht relevant und wird daher nicht weiter diskutiert.

Die Landbedeckung wird aus der spektralen Information der Pixel abgeleitet, sie repräsentiert also das, was auf der Erdoberfläche physisch vorhanden ist, z.B. Vegetation, Fels, Wasser etc. Diese Information alleine reicht jedoch nicht aus, um auch die räumliche Strukturierung des Gebietes wiederzugeben. Dies geschieht erst durch Analyse des räumlichen Kontextes und der Kombination verschiedener Bedeckungskategorien. Die resultierende Landnutzung versteht sich dabei als Landnutzung im speziellen Sinne, wobei lediglich solche Nutzungstypen erkannt werden können, die sich aus der räumlichen Zusammensetzung einzelner Bedeckungskategorien ableiten lassen. Dazu zählen u.a. unterschiedliche Bebauungsdichten oder Vegetationsmuster wie beispielsweise Mischwald. Nutzungsarten, die sich primär aus der Funktion einzelner Objekte ergeben, wie Gewerbegebiete (im Gegensatz zu Wohngebieten) oder Weiden (im Gegensatz zu Wiesen) können mittels der beschriebenen Methode nicht erkannt werden.

## **2 METHODE**

Die Ableitung der Landnutzung aus der Landbedeckung erfolgt in 3 Schritten:

### **Landnutzungsschichten**

Im ersten Schritt werden einzelne Landnutzungsschichten unabhängig voneinander erstellt.

Ausgehend von der Landbedeckung, welche in Form von Rasterdaten vorliegt, wird von jedem Pixel die Nachbarschaft betrachtet. Auf diese Pixelumgebung werden nun Regelsätze angewandt, durch die entsprechende Landnutzungsklassen definiert werden. Wenn eine Regel zutrifft, kann dem zentralen Pixel eine potentielle Landnutzung zugeordnet werden. Jeder Regelsatz durchläuft die gesamte Landbedeckungsschicht. Als Ergebnis erhält man so viele einzelne Landnutzungsschichten, wie Regeln angewandt wurden.

### **Konflikte**

Im zweiten Schritt werden die Landnutzungsschichten in Beziehung zueinander gesetzt und hierarchisch geordnet.

Bei Überlagerung der erstellten potentiellen Landnutzungen ist festzustellen, daß die Zuordnung der Landnutzungsklassen nicht immer eindeutig ist. Da bei manchen Pixeln zwei oder sogar mehrere Regeln zutreffen, muß bei der Überlagerung der Schichten eine Entscheidung nach bestimmten Grundsätzen stattfinden.

### **Gesamtmodell**

Im dritten Schritt werden die einzelnen, hierarchisch geordneten Schichten zu einem Gesamtmodell zusammengeführt.

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Punkte erfolgt weiter unten im Kapitel „Konkrete Umsetzung“.

## **3 VERWENDETE SOFTWARE**

Die konkrete Umsetzung erfolgt mit der ArcView-Erweiterung MapModels (RIEDL & KALASEK 1998). MapModels ist eine auf Datenflußdiagrammen aufgebaute visuelle Programmiersprache zur Erstellung räumlicher Analysemodelle (siehe Abb. 3). Die Grundfunktionen von MapModels sind anhand der bewährten Logik der MapAlgebra zur analytisch-kartographischen Modellierung (TOMLIN 1990) strukturiert.

Die in Form von direkt ausführbaren Flußdiagrammen organisierten Modelle werden durch einfache Benutzerinteraktion mit der Maus aufgebaut und erweitert (*drag-and-drop*). Sie dienen sowohl der Steuerung als auch der Dokumentation des Analyseprozesses, was gleichermaßen die inhaltliche wie methodische Nachvollziehbarkeit und Transparenz fördert.

Ein Hauptvorteil von MapModels liegt darin, daß es das, dem Anwender i.a. sehr vertraute, Konzept von Flußdiagrammen als prägendes Leitbild an der Benutzerschnittstelle (beim Modellaufbau) einsetzt. Dabei repräsentieren die Modellbausteine als Knoten in einem gerichteten Graphen atomare Funktionen, welche bestimmte Inputs in bestimmte Outputs transformieren. Bei Änderungen von Modellparametern können die Ergebnisse automatisch aktualisiert werden, was neben einer wesentlichen Erleichterung im Datenhandling zu einer Erhöhung der internen Modellkonsistenz führt. MapModels ist eine ArcView-GIS-Erweiterung und via WWW als Demo-version verfügbar (RIEDL 1999).

#### 4 KONKRETE UMSETZUNG

##### 4.1 ad (1) Landnutzungsschichten

Durch die Generierung eines Landnutzungsmodells soll die Landbedeckung in ihrer komplexen Zusammensetzung wiedergespiegelt werden. Die Landnutzungsklassen sollen daher nicht (ausschließlich) aus der Häufigkeit einer einzelnen (dominanten) Landbedeckungsklasse abgeleitet werden. Diese Methode wäre gleichzusetzen mit der Anwendung eines Majorityfilters und würde zu keinem zusätzlichen Informationsgewinn über die räumliche Strukturierung der Landbedeckung führen. Der vorgeschlagene Ansatz ermöglicht hingegen auch die Bildung von Landnutzungsklassen, welche die räumliche Verteilung inhomogener Landbedeckungsklassen wiedergeben.

Durch die räumliche Nachklassifikation wird die Zusammensetzung der Landbedeckungsklassen innerhalb einer lokalen Umgebung analysiert. Die Wahl der Größe des Nachbarschaftsfensters (*moving window*) ist ausschlaggebend für den Generalisierungseffekt. Mit der Generalisierung ist auch ein Informationsverlust verbunden, da Objekte mit geringer räumlicher Ausdehnung verschwinden. Die wesentlichen Landnutzungsstrukturen treten jedoch deutlicher hervor und werden besser lesbar. Dieser Effekt ist daher durchaus erwünscht, er muß jedoch bei einer weiteren Verwendung des fertigen Landnutzungsmodells z.B. für räumliche Analysen beachtet werden (WILKINSON 1993).

In Fall der Beispielsregion, die im Salzkammergut rund um den südlichen Teil des Traunsees liegt (Ausschnitt: 15x12,5km), wurde eine kreisförmige Nachbarschaft mit dem Radius von 3 Zellen (entspricht 75m) verwendet. Das entspricht einer Anzahl von 29 Zellen in dem jeweils betrachteten Ausschnitt der Landbedeckungsschicht. Für diese Nachbarschaftszellen werden nun bestimmte Regeln aufgestellt. Das Prinzip ist folgendes:

?? Wenn der Anteil der Zellen einer Landbedeckungsklasse in der Nachbarschaft (i.e. die relative Häufigkeit) einen bestimmten Prozentsatz (Schwellwert) übersteigt, dann wird dem zentralen Pixel eine entsprechende potentielle Landnutzung zugeordnet. Es wird dabei für jede Regel die gesamte Landbedeckungsschicht Zelle für Zelle durchlaufen.

Da in der Ausgangsschicht ca. 12% der Zellen keiner Landbedeckung zugeordnet sind („NoData“-Zellen), werden diese Zellen von der Nachbarschaft ausgenommen und nur die verbleibenden Umgebungszellen als Bezugsbasis zur Berechnung der relativen Häufigkeit der Landbedeckungsklassen herangezogen.

IF $F_{LC} + F_{LC...} > thr [AND F_{LC...}] > thr....]$ THEN $LU_1$	↗	erste Landnutzungsschicht
IF $F_{LC} + F_{LC...} > thr [AND F_{LC...}] > thr....]$ THEN $LU_2$	↗	zweite Landnutzungsschicht
IF.....		
...		
IF $F_{LC} + F_{LC...} > thr [AND F_{LC...}] > thr....]$ THEN $LU_n$	↗	n-te Landnutzungsschicht

F<sub>LC</sub> frequency (Häufigkeit) einer LandCover Class (Landbedeckungsklasse)  
 in der lokalen Nachbarschaft  
 thr threshold (Schwellwert)  
 LU LandUse Class (Landnutzungsklasse)

Eigene Darstellung,  
 angelehnt an (STEINNOCHER 1996)

Abb.1: Regelsätze

Die Auswahl der zu kombinierenden Landbedeckungsklassen und die Höhe des Schwellwertes sind ausschlaggebend für die Größe und Dominanz der Landnutzungsklassen. Weiters ist zu berücksichtigen, daß über den Zeitpunkt der Schwellwertsetzung (vor oder nach der Summenbildung) eine Veränderung in der Gewichtung der Ausgangsdaten (Landbedeckung) bewirkt wird.

Folgendes Beispiel soll diesen Sachverhalt verdeutlichen (siehe Abb.2):

Die gesuchte Landnutzung leitet sich aus der Summe der Landbedeckungsklassen B und D ab, wobei der Schwellwert=4 ist.

Regel 1 (Abb.2 links): IF [F<sub>B</sub> > 4] AND [F<sub>D</sub> > 4] THEN LU<sub>1</sub> ? Und-Verknüpfung  
 Regel 2 (Abb.2 rechts): IF [F<sub>B</sub> + F<sub>D</sub>] > 4 THEN LU<sub>1</sub> ? Oder-Verknüpfung

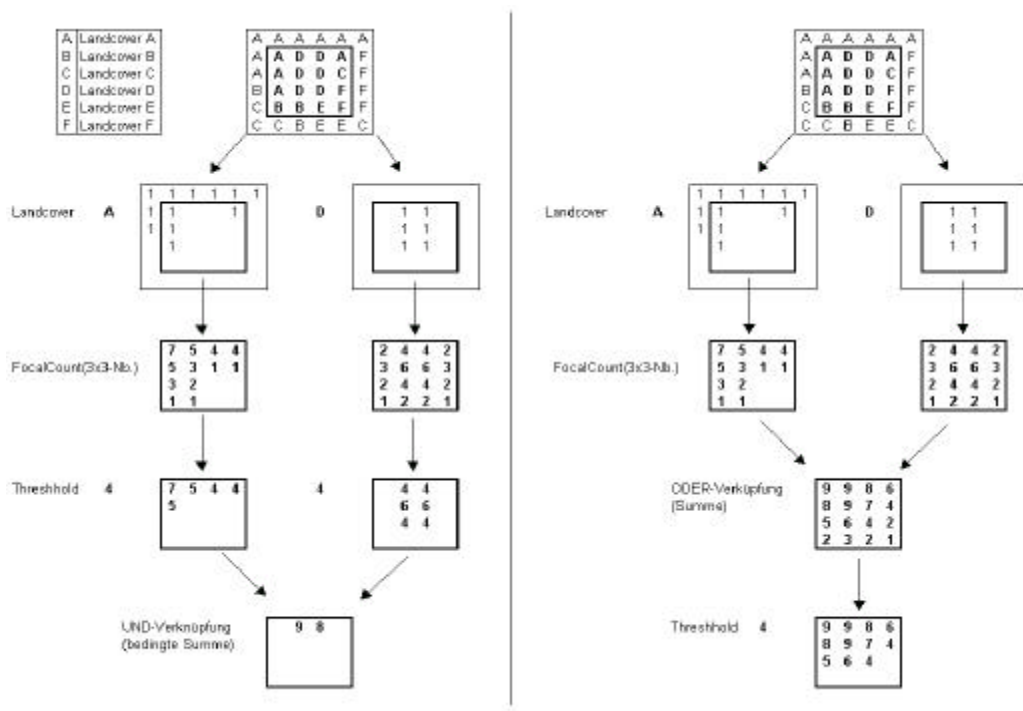


Abb.2: Beispiele für UND- und ODER-Regeln (links: Regel 1, rechts: Regel 2)

Durch Regel 1 wird ausgedrückt, daß jede der beiden Landbedeckungsklassen nur ab einem bestimmten Schwellwert zur Bildung der Landnutzungsklasse beitragen kann. Außerdem müssen sowohl die Landbedeckung B als auch D (B UND D) den Schwellwert überschreiten, um in die bedingte Summe einzugehen. Es wird also die Dominanz und das Verhältnis der Landbedeckungsklassen zueinander festgelegt. Anders ist es bei Regel 2. Aufgrund der Summenbildung vor der Schwellwertsetzung reicht die Dominanz *einer* der beiden Landnutzungsklassen aus (B ODER D), damit die Landnutzung zugeordnet werden kann. Die Zusammensetzung ist dabei nebensächlich. Man erhält durch diese Vorgehensweise eine großzügigere Landnutzungsausweisung und höhere Anteilswerte.

Eine konkrete Umsetzung mit ArcView-MapModels wird hier am Beispiel der Modellierung von „Heterogener Landwirtschaft“ als potentielle Landnutzung dargestellt (Abb. 3), in welcher die beiden vorgestellten Regeltypen (UND, ODER) kombiniert werden.

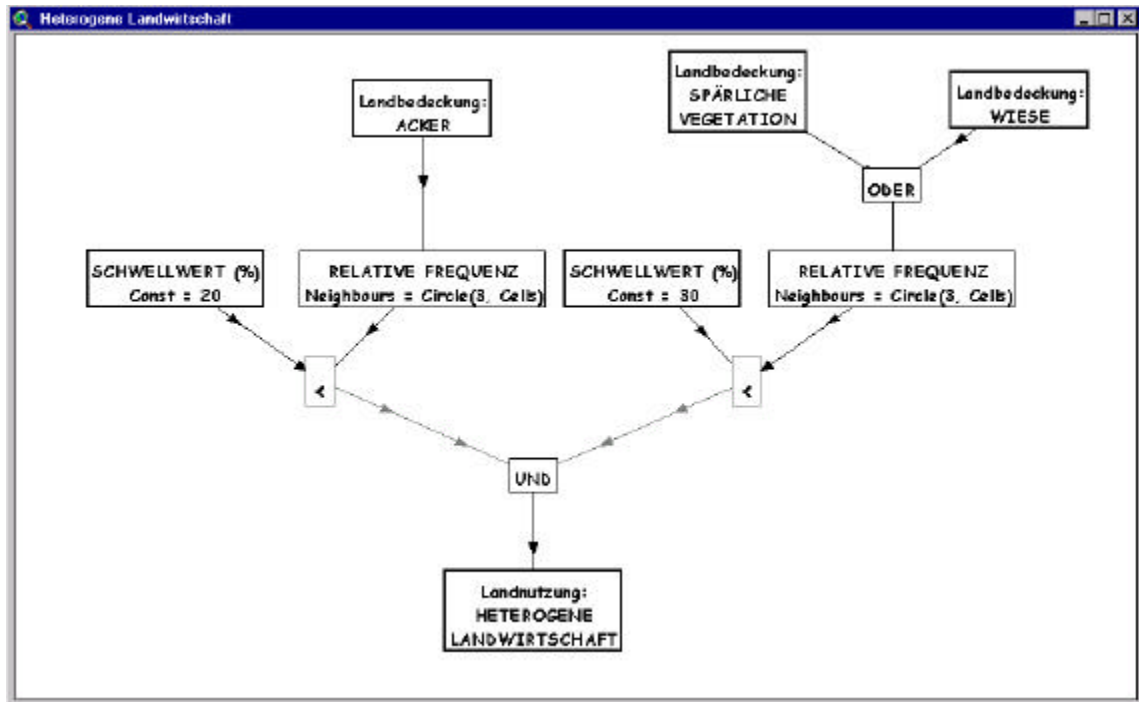


Abb. 3: MapModel für „Heterogene Landwirtschaft“

Das Ergebnis des ersten Arbeitsschrittes sind  $n$  (=Anzahl der Regeln) potentielle Landnutzungsschichten ? ? mit dem Wert Null, an den Stellen an denen die Regel nicht zutrifft, und ? ? der relativen Häufigkeit ( $100\% > x >$  Schwellwert) der Landbedeckungsschichten an den Stellen, an denen die Regel greift.

#### 4.2 ad (2) Konflikte

Um ein gesamtes Modell zu erhalten, müssen diese einzelnen Schichten zueinander in Beziehung gesetzt werden und zu einer Datenschicht zusammengeführt werden.

Da die Regelsätze immer auf die gesamte Landbedeckungsschicht angewandt werden, kommt es vor, daß für eine Zelle 2 oder sogar mehrere Landnutzungsregeln zutreffen. Z.B. können in Übergangsbereichen wie „landwirtschaftliche Nutzung“ und „landwirtschaftliche Siedlung“ beide Landnutzungsregeln anwendbar sein. Oder zur Oberklasse „Wald“ werden spezifische Unterklassen wie „Mischwald“, „Laubwald“, „Nadelwald“ gebildet. Daraus ergibt sich, daß überall dort, wo spezifische Landnutzungsklassen zutreffen, auch die allgemeine Klasse „Wald“ ausgewiesen ist. Konfliktbereiche können durch eine Karte, in welcher die Anzahl der sich überlappenden Landnutzungen dargestellt wird, lokalisiert werden (Abb.4).

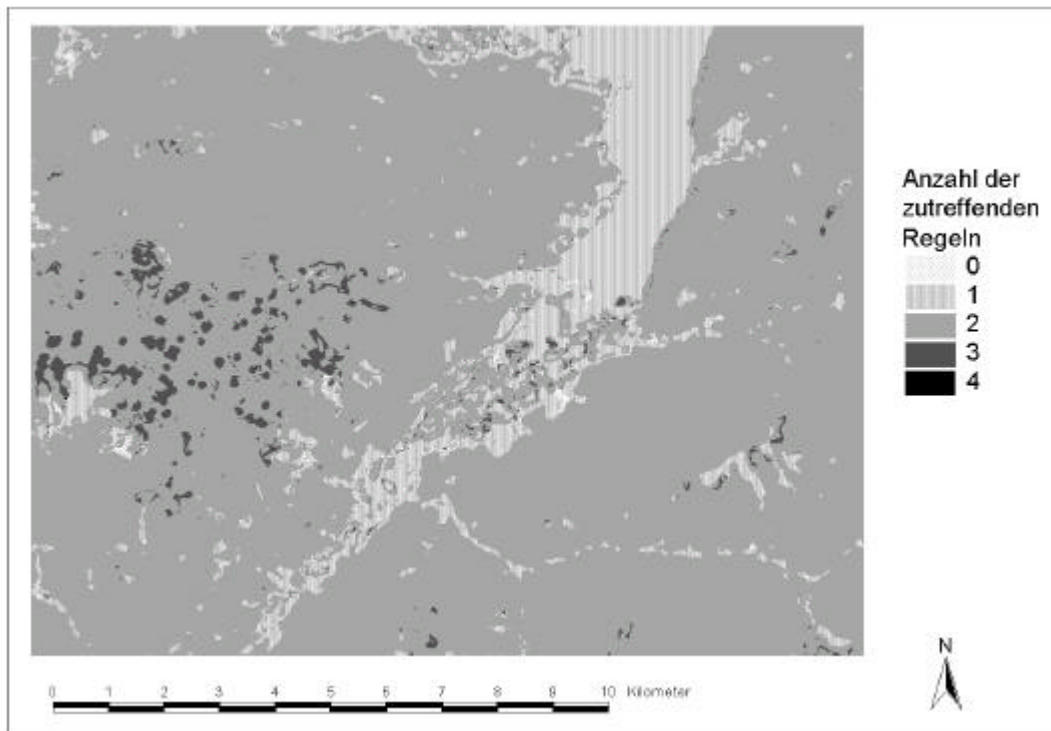


Abb.4: Konfliktkarte

Diese Konfliktkarte verschafft einen Überblick, welche Landnutzungsklassen eindeutig zugeordnet werden können (z.B. Gewässer) und in welchen Bereichen es Überschneidungen gibt. Diese letztgenannten Bereiche müssen nun genauer untersucht werden.

Da bei der Zusammenführung zu einem Gesamtmodell die Methode des „Stamps“ oder „Stempels“ verwendet wird, ist die Reihenfolge des Übereinanderlegens der einzelnen Landnutzungsschichten entscheidend. Es ist daher eine Hierarchisierung der Landnutzung erforderlich, die sich vielfach schon aufgrund der definierten Regeln ergibt.

Folgende Hierarchisierungsgrundsätze gelten:

? ? Generelle Landnutzungsklassen werden als „Stempelunterlage“ unter spezifische Landnutzungsklassen gelegt.

<i>Hierarchiestufe</i>	<i>Art der Klassen</i>	<i>Zeitpunkt des Stempelns</i>
hoch	spezifische Klassen	zuletzt
.	.	.
.	.	.
.	.	.
niedrig	generelle Klassen	zuerst

Tab.1: Stempelreihenfolge

? ? Klassen mit kleinerer räumlicher Ausdehnung (entspricht oft den spezifischen Klassen) werden über solche mit größerer räumlicher Ausdehnung gestempelt.

? ? Mischklassen, die sich aus mehreren Landbedeckungsklassen zusammensetzen und einen relativ niedrigen Schwellwert haben, werden unter Klassen mit hohem Schwellwert gelegt.

? ? Klassen, die lineare Strukturen wiedergeben (z.B. Siedlungsachsen, Straßen), stehen in der Hierarchie höher (d.h. das Stempeln erfolgt später) als großflächige Landnutzungsausweisungen.

Bei konkurrierenden Landnutzungsschichten, die nicht eindeutig hierarchisch geordnet werden können,

erfolgt eine Reihung aufgrund der Dominanz der vorherrschenden Landnutzung.

? ? Klassen, die in ihrer Nachbarschaft sehr stark den Regelsätzen entsprechen, sollen dominant gegenüber den nicht so eindeutig übereinstimmenden Klassen sein. Der Grad der Übereinstimmung mit den Regelsätzen wird am Ausmaß der Überschreitung des Schwellwertes gemessen. Treffen z.B. 80% der Zellen in der Nachbarschaft zu und liegt der Schwellwert bei 50%, dann wird der Mindestanteil an definierten Zellen in der Umgebung um 30% überschritten. Liegt die relative Häufigkeit der konkurrierenden Landnutzungsklasse nur 10% über dem Schwellwert, dann wird der ersten Landnutzung Vorrang geben. Es wird also diese Landnutzung zugeordnet, welche die höchste relative Häufigkeit bezogen auf den Schwellwert aufweist.

### 4.3 ad (3) Gesamtmodell

Wurde nun aufgrund dieser Kriterien eine Reihenfolge festgelegt, kann eine Verknüpfung der Landnutzungsschichten zu eine Modell erfolgen. Die hier angewandte Methode ist zu vergleichen mit einem Stempel, der eine Schicht nach der anderen überlagert.

Im fertigen Modell ist jeder Zelle eine Landnutzung eindeutig zugeordnet (Abb. 5).

## 5 ERGEBNISSE

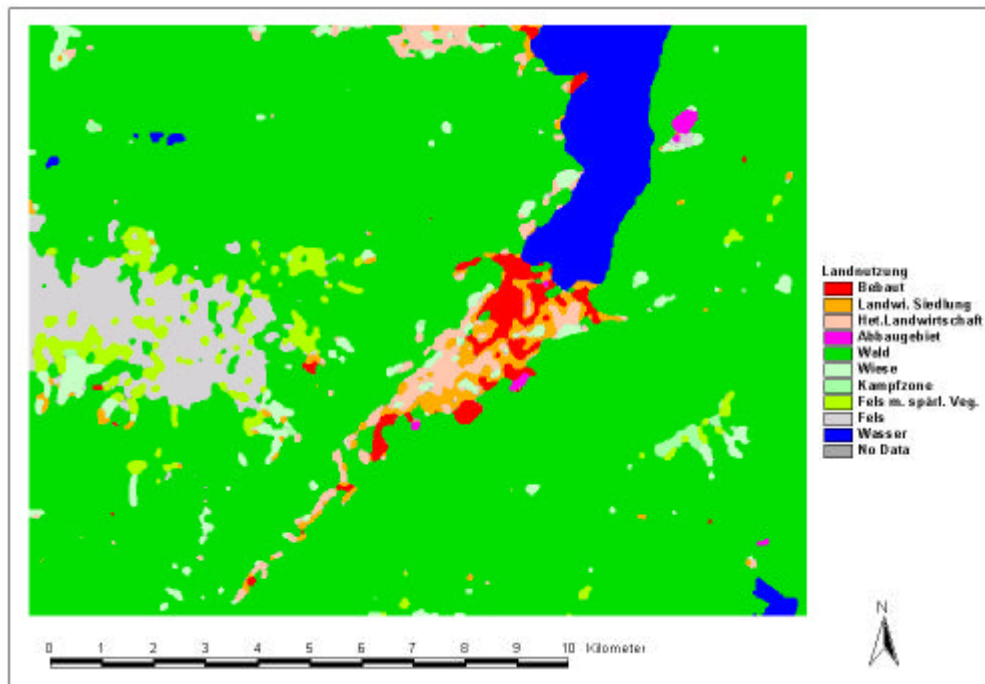


Abb.5: Landnutzung

Um abzuschätzen, ob das Ergebnis auch den realen Gegebenheiten entspricht, können unterschiedliche Informationsquellen für Vergleichszwecke herangezogen werden. So z.B.

die Ausgangsschicht der Landbedeckung,

andere Landnutzungs-(z.B. ARCS<sup>1</sup>-Landnutzungsmodell; STEINNOCHER 1996) bzw. Landbedeckungsmodelle (z.B. CORINE<sup>2</sup>-Landcover; AUBRECHT 1996)

oder div. kartographische Darstellungen (z.B. ÖK50)

1 ARCS...Austrian Research Center Seibersdorf

2 CORINE...Co-ordination of Information on the Environment

### 5.1 Vergleich des ARCS-Landnutzungsmodells mit dem MapModels-Landnutzungsmodell

Im Fall der Beispielregion „südlicher Traunsee“ konnte eine relativ gute Übereinstimmung mit dem ARCS-Landnutzungsmodell festgestellt werden. Einige Abweichungen sind darauf zurückzuführen, daß im ARCS-Landnutzungsmodell nach der eigentlichen Postklassifikation noch Korrekturen vorgenommen wurden, die in diesem Modell nicht erfolgt sind. So wurden beispielsweise aufgrund der Reflexion falsch ausgewiesene Bebauungsflächen im Felsgebiet herausgenommen, was jedoch im hier erstellten Modell nicht möglich war. Dadurch wird ersichtlich wie stark die Qualität des Landnutzungsmodells bei der Ableitung mit Hilfe von MapModels von den Ausgangsdaten, nämlich den Landbedeckungsdaten, abhängt. Besonders „NoData“-Pixel in der Landbedeckungsschicht können die Anwendung dieser relativ einfachen Methodik erschweren, denn um die vorherrschende Landnutzung ausweisen zu können, muß der Schwellwert relativ niedrig angesetzt werden, um in der Nachbarschaft noch erreicht zu werden. Sind jedoch die Regeln relativ weich, kann keine eindeutige Zuordnung zu einer Landnutzungs-klasse erfolgen und es kommt zu Mehrfachüberlagerungen.

Unterschiede ergeben sich auch aufgrund der unterschiedlichen Methodik. Beim ARCS-Landnutzungsmodell wird zwar auch aufgrund von vordefinierten Regelsätzen die Landnutzung aus der Landbedeckung abgeleitet, aber die Regeln werden hierarchisch durchlaufen und sobald eine Regel zutrifft, wird sie dem Pixel zugeordnet und dieses Pixel ist von weiteren Postklassifikationsregeln ausgenommen. Im hier abgeleiteten Landnutzungsmodell werden zuerst so viele einzelne Landnutzungsschichten erstellt, wie Regeln aufgestellt werden und anschließend bei Überlagerungen mehrere Landnutzungs-klassen überprüft, welcher Landnutzung der Vorzug gegeben werden soll. Dieser zusätzliche Zwischenschritt kann durchaus als Verbesserung der Nachvollziehbarkeit bei der Modellerstellung gewertet werden.

## 6 CONCLUSIO UND AUSBLICK

Die vorliegende Arbeit zeigt eine alternative Methodik zur Generierung eines Landnutzungsmodells aus Landbedeckungsdaten auf. Einerseits bietet diese Methodik den Vorteil, daß die Modellentwicklung für den Anwender transparenter wird und er bei der Generierung auf seine konkrete Fragestellung eingehen kann (≠ Zweck der Modellierung), da der letzte Schritt bei der Modellerstellung, nämlich die Ableitung der Landnutzung aus der Landbedeckung, vom Anwender selbst durchgeführt wird. Dem Anwender wird aber auch die Verantwortung über die Modellierung mit allen Konsequenzen übertragen. Er selbst muß die Regelsätze, die eine Landnutzung ausweisen, definieren und nach Abwägung einer sinnvollen Hierarchisierung der einen oder der anderen Landnutzung Priorität geben. Ein weiterer Vorteil der MapModels ist, daß man jede Regel immer wieder verwenden kann, ohne sie für jede Anwendung erneut zusammenstellen zu müssen und sich so quasi spielerisch unter Verwendung unterschiedlicher Schwellwerte oder Umgebungen dem Ergebnis nähern kann.

Der Grad der Generalisierung kann durch die Dimension der Nachbarschaft selbst bestimmt werden. Im vorliegenden Modell wurde eine einheitliche Umgebungsgröße verwendet, in anderen Studien wird die Anwendung von unterschiedlichen Fenstergrößen, eine kleinere für kleinstrukturierte Klassen und eine größere für dominante Landnutzungs-klassen, bevorzugt (ECKER et al 1995, STEINNOCHER et al. 1996).

Die Qualität und Aussagekraft des Modells könnte klarerweise mit zusätzlichen Informationen verbessert werden (digitales Höhenmodell, Dauersiedlungsraum, Einwohnerdichte oder Verkehrsgraphen, etc.). So könnte ein Höhenmodell die Unterscheidung zwischen bestimmten Landnutzungs-klassen, wie etwa Bebauung und Fels, erheblich erleichtern.

Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit wäre die Einbeziehung der räumlichen Anordnung, z.B. durch die Einführung von mehreren Distanz-klassen bei der Nachbarschaftsberechnung.

Auch wenn die hier vorgestellte Methode noch optimiert werden kann, so stellt sie dennoch einen weiteren Schritt in Richtung Integration von Fernerkundungsdaten in die Raumplanung dar. Wesentlich dabei ist, daß sich für den Planer bei dieser Methode eine benutzerfreundliche und anwendungsorientierte Möglichkeit bietet, aktiv an der Generierung eines Landnutzungsmodells mitzuwirken.



## 7 LITERATUR

- Aubrecht, P. (1996): Das europäische Landnutzungsprojekt CORINE Landcover und erste Ergebnisse für Österreich. In: J.Strobl und F.Dollinger: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1996. pp. 194-199.
- Ecker, R., Kalliany, R., Steinnocher, K., 1995. Fernerkundungsdaten für die Planung eines Mobilfunknetzes. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 83(1), pp. 14-25.
- Fung T., Chang K. (1994): Spatial composition of spectral classes: a structural approach for image analyses of heterogeneous land-use an land-cover types. Photogramm. Engng.&Rem.Sens., 1994, 60(2), pp. 173-180.
- Guo L.J., Moore J.M. (1991): Post-classification processing for thematic mapping based on remotely sensed image data. In: Proc. Int. Conf. IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, 1991, Espoo, Finland, pp.2203-2206.
- Riedl L. (1999): Homepage zu Leop's MapModels Version 1.1a mit Download, Demodaten und Dokumentation, URL: <http://esrnt1.tuwien.ac.at/MapModels/MapModels.htm> .
- Riedl L., Kalasek R. (1998): MapModels – Programmieren mit Datenflußgraphen. In: Strobl, Dollinger (Hrsg.); Angewandte Geographische Informationsverarbeitung: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1998, Wichmann, Heidelberg; pp.279-288.
- Steinnocher K. (1996): Integration of spectral and spatial classification methods for building a land-use model of Austria. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.31, B4, Comm. IV, pp. 841-846, Vienna, 1996.
- Steinnocher K.und Knötig G. (1999): Hochauflösende Satellitenbilddaten in der Raumplanung. Konzepte und Anwendungen. In: Manfred Schrenk (Hrsg.): CORP: computergestützte Raumplanung. Band 4. Wien 1999, pp. 81-85.
- Steinnocher K., Stauffer P. und Franzen M. (1993): Landnutzungsdaten zur Modellierung zellularer Mobilfunknetze: Der integrative Einsatz digitaler Bildverarbeitungstechniken und geographischer Informationssysteme zur Erfassung urbaner Strukturen. In: DOLLINGER und STROBL (Hrsg.): Proceedings AGIT V., Salzburg 1993 (= Salzburger Geographische Materialien Heft 20) , pp. 307-318.
- Tomlin C. D. (1990): Geographic Information Systems and Cartographic Modelling, Prentice-Hall, Englewood Cliff, New Jersey, 1990.
- Wilkinson, C.G. (1993). The generalisation of satellite-derived raster thematic maps for GIS input. Geo-Information-Systems, 6(5), pp. 24-29.
- Zhang z., Shimoda H., Fukue K., Matsumae Y., Sakata T. (1988): New classification algorithms using spatial information for high resolution image data. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1988, Vol.27, B7, Commission VII, pp. 778-785.