Erstmalig wurden im deutschsprachigen Raum für die Regionalplanung hochaggregierte Biotoptypenkomplexe semi-automatisiert aus hoch-aufgelösten Satellitendaten generiert. Der innovative Ansatz ist kostengünstig und könnte Schule machen.

Hochaggregierte Einheiten lassen sich mittels Fernerkundung und GIS generieren..

Geodaten für die Regionalplanung

Die Region Stuttgart zählt zu den sich am dynamischsten entwickelnden Regionen in der Bundesrepublik. Der Verband Region Stuttgart hat kraft Gesetz die Aufgabe, die räumliche Entwicklung der Region vor allem in Hinblick auf die Siedlungs- und Freiraumstruktur zu steuern. Über geeignete Darstellungen im Regionalplan werden auf diese Weise Standortentscheidungen vorbereitet oder Freiräume für den Schutz der Natur oder die Erholung des Menschen gesichert. Für diese wichtige Aufgabe werden Entscheidungsgrundlagen unter anderem in Form von aktuellen Geodaten benötigt.

Dazu gehört vor allem eine flächendeckende Datengrundlage. Bestehende Daten der Vermessungsverwaltung haben sich in der planerischen Praxis, speziell im Freiraum, als oft nicht verlässlich genug gezeigt. Hinzu kommt, dass für die Aufgabe der Regional- und insbesondere für die Landschaftsrahmenplanung höher aggregierte, größere homogene Raumeinheiten sinnvoll sind. Die Wahl fiel daher auf so genannte Biotoptypenkomplexe (BTK), die auf einen landesweiten Standard der Naturschutzverwaltung des Landes Baden-Württemberg zurückgehen. Der Schlüssel unterscheidet 19 Klassen, die im vorliegenden Fall um eine weitere zusätzliche Waldklasse erweitert wurden. Als besonderes Merkmal dieser Geometrie kann der Lagebezug zur Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) herausgestellt werden. Letzt genannter Aspekt ermöglicht eine unmittelbare Anwendung dieser Datenschicht über die Regionalplanung hinaus durch Kommunen.

Die Aufgabe war nun, diese hoch aggregierten und komplexen Daten flurkartenscharf innerhalb von nur einem Jahr kostenbewusst herzustellen. Es lag nahe, eine weitgehend automatisierbare, auf der Auswertung von Satellitendaten basierende Vorgehensweise zu favorisieren. Da im Gegensatz zur Anwendung von GIS-Technologie der Einsatz von Fernerkundung in der Regionalplanung zumindest im deutschsprachigen Raum wenig verbreitet ist, musste ein neues Verfahren entwickelt werden. Dies geschah im Rahmen des Projekts Biotopinformations- und Managementsystem (BIMS) Region Stuttgart und beinhaltete die Herstellung des Datensatzes im Maßstab 1:5.000.

Methodisches Neuland

Objektbasierte Ansätze in der Fernerkundung gestatten die Integration von GIS-Daten in den Prozess der Klassifizierung. Darüber hinaus unterstützen sie Verfahren, womit auch komplexe Zielklassen „modelliert“ werden können. Unter Klassenmodellierung wird das explizite Beschreiben von Aufbau und Struktur komplexer Klassen verstanden, wozu spektrale wie auch räumliche Eigenschaften und zusätzliche geocodierte Datenschichten als Hinweise herangezogen werden. Die der Produktpalette der Definiens-Software zugrundeliegende Cognition Network Language (CNL), ▶

Fotos: photocase.de, GOEG

eine modular aufgebaute Programmiersprache, unterstützt diese Art von Klassenmodellierung. Sie gestattet die Ansprache einzelner (Bild-)Objekte, die Abfrage ihrer Eigenschaften und deren Kombination in umfangreichen reproduzierbaren Regelsätzen. Die Berücksichtigung vorhandener GIS-Datensätze und Satellitendaten im Prozess der Modellierung der BTK wurde durch CNL ermöglicht, ebenso die Übertragung von Klassifikationsergebnissen auf die Zielgeometrie der ALK.

Daten

Die Datengrundlage für die Ableitung der thematischen Information bildeten hochgenau orthorektifizierte und mosaikierte SPOT5-Daten von Anfang September 2004 mit einer Bodenauflösung von 5 Metern. Diese Satellitendaten haben den Vorteil, die gesamte Fläche mit nur vier Szenen abzudecken und darüber hinaus den für vegetationsbezogene Anwendungen entscheidenden Infrarotkanal aufzuweisen. Die erwähnten ALK-Flurstücksgrenzen, die ATKIS-Daten und weitere Geofachdaten dienten der Bereitstellung zusätzlicher a-priori-Information. Die flächendeckende Vorgehensweise erforderte umfangreiche Schritte der Datenvorverarbeitung (Abbildung 1):

1. Die Orthorektifizierung der SPOT-Daten mit Bodenreferenzpunkten auf einem Orthofotomosaik und einem für Baden-Württemberg flächendeckend vorliegenden 5 Meter genauen digitalen Geländemodell (DEM).

2. Die Aufbereitung der ALK-Daten hinsichtlich Inkonsistenzen, Überlappungen von Polygonen und Lücken im Datensatz von 2005.

3. Die Übertragung von für die Klassifikation wichtigen Hinweisen aus den ATKIS-Daten (Siedlungsbereiche, Straßennetz, Hinweise auf Streuobstwiesen, Wasserflächen und Fachdaten zu dem europäischen Schutzgebietssytem „Natura2000“) sowie von einem Hinweislayer der §24a-Biotopkartierung für besonders schützenswerte Biotope auf die Geometrie der ALK-Daten für die BTK-Modellierung.

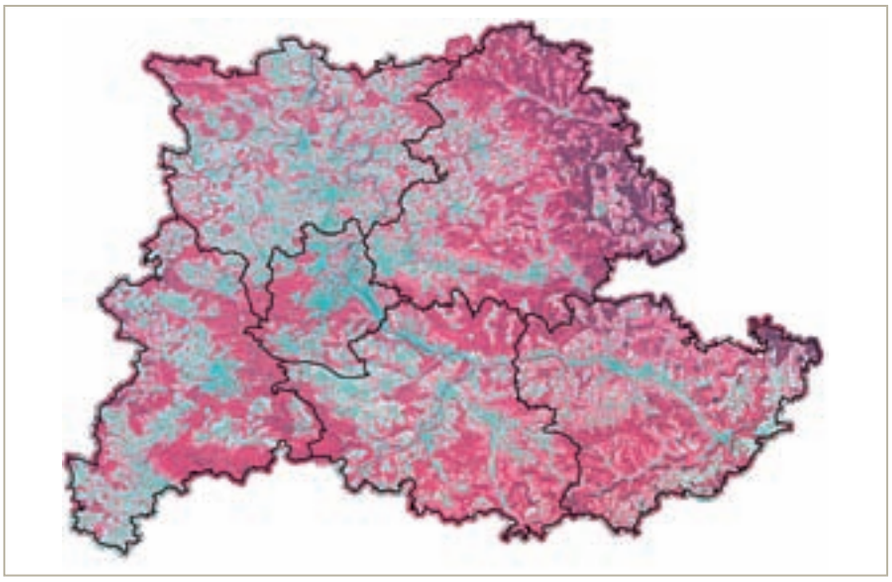

Abbildung 1: Mosaik aus SPOT5-Daten Region Stuttgart.

Die Integration und Nutzbarmachung bereits vorhandener Geodaten betraf alle Schritte der Prozessierungs- und Auswertungskette, das heißt sowohl den Prozess der Georeferenzierung der Satellitendaten als auch den gekoppelten Prozess der Bildsegmentierung und der Klassifikation beziehungsweise Klassenmodellierung.

Anwendung des Verfahrens

Zusammenfassend verlief die eigentliche Ausweisung der BTK nach umfangreichen Datenvorbereitungsschritten in einem fünfstufigen Verfahren:

1. Abgrenzung und Klassifikation von homogenen Basiseinheiten als Grundlage für die Modellierung.

2. Modellierung und Klassifikation der BTK.

3. Validierung der Einheiten und Einsatz eines „hybriden Verfahrens“.

4. Überprüfung der Geometrien mittels Geländekartierung.

5. Bereinigung und Bereitstellung des endgültigen Datensatzes.

Alle Verfahrensstufen beinhalteten Zwischenschritte. Für die automatisierte Abgrenzung von Basiseinheiten wurden die Grenzen der ALK-Flurstücke zunächst in die Bilddaten „hineingebrannt“ und dann nach der Methode des adaptiven Per-parcel-Ansatzes optimiert. Das bedeutete einerseits eine Eliminierung von nicht inhaltsrelevanten ALK-Grenzen und andererseits die Einführung neuer Grenzen, wo eine Landnutzungsänderung festzustellen war (Abbildung 2).

Die Klassifikation der Basiseinheiten stützte sich zum einen auf die entsprechenden spektralen Eigenschaften, die aggregiert für jede Einheit ausgelesen werden können. Da hierbei graduelle Übergänge

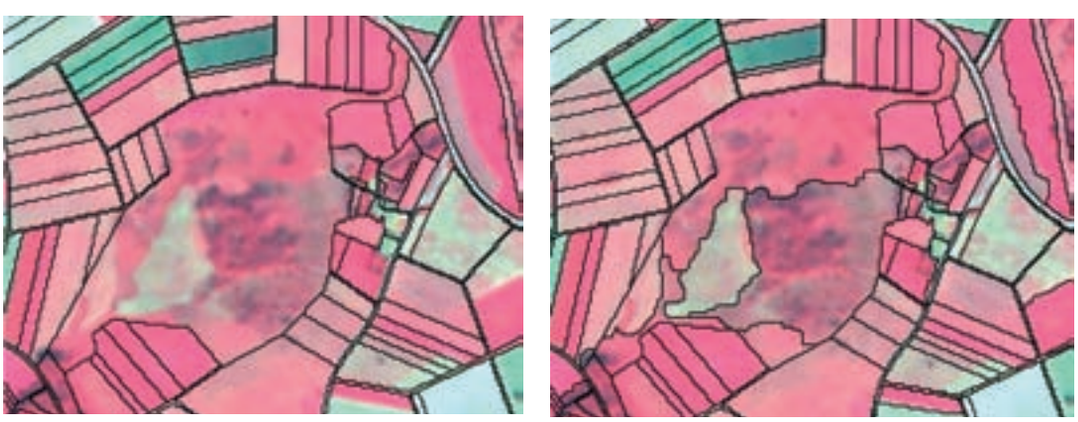

Abbildung 2: Automatische Erstellung neuer Grenzen (rechts) durch „Hineinbrennen“ der Flurstücke in die SPOT-Daten, abhängig von der Heterogenität der spektralen Information der SPOT-Daten je ALK-Objekt (links).

auftreten, wurde in einigen Fällen mithilfe von Fuzzy-Zuordnung gearbeitet, was bedeutet, dass weiche Klassenzuweisungen über Wahrscheinlichkeiten realisiert werden. Beispielsweise wurde Laubwald von anderen Vegetationsklassen über den standardisierten Vegetationsindex (NDVI) abgegrenzt, der die Spektralreflexion im Infrarot beziehungsweise roten, sichtbaren Licht in Beziehung setzt. Da es aber nicht einen genauen NDVI-Wert gibt, ab dem eine Klasse als Laubwald angesprochen werden kann, wird hierbei mit inkrementellen Zugehörigkeitsfunktionen gearbeitet. Zum anderen konnten über räumliche Beziehungsmodelle die extern verfügbaren Datenschichten als Hinweislayer in die Klassifikation einbezogen werden: So lieferte die §24a-Biotopkartierung Hinweise für Extensivgrünland. Aus der FFH-Kartierung wurden Lebensraumtypen wie extensive Mähwiesen als Hinweise auf Grünland berücksichtigt. Aus dem ATKIS-Datenbestand wurden Bereiche, wie Siedlungen, ausmaskiert, die in der Klassifikation keine Berücksichtigung fanden, aber in der Basisgeometrie miteinbezogen sind. Ein weiterer Prozessierungsschritt war nötig, um die automatisiert erzeugte Basisgeometrie zu vereinfachen und räumlich sowie formbezogen zu optimieren. Eine erste Genauigkeitsabschätzung dieser Basiseinheiten mit insgesamt 300 zufallsgenerierten Punkten lieferte einen Übereinstimmungswert von 82 Prozent. Bei Zusammenfassung der Waldklassen steigt der Wert auf über 90 Prozent. Allerdings berücksichtigt diese Art der statistischen punktbasierten Evaluierung nicht die Art der Abgrenzung und lässt die konkrete Form der Objekte weitgehend außer Acht.

Aus der erzeugten Basisgeometrie wurden dann 20 aggregierte Zielklassen, die eigentlichen Biotoptypenkomplexe, modelliert. Die Modellierung der BTK erfolgte über Umsetzung der im Handbuch zur Erstellung der Pflege- und Entwicklungspläne für Natura-2000-Gebiete in Baden-Württemberg aufgeführten Interpretationsanweisungen und -hilfen in ein umfassendes CNL-Regelwerk. Dieser Schritt konnte bei den meisten Klassen erfolgreich und vollautomatisiert realisiert werden. In anderen Fällen jedoch (BTK Ackergebiet strukturreich oder Wirtschaftsgrünland) war eine eindeutige Ansprache aufgrund der hohen Anzahl der Freiheitsgrade bei der Zusammensetzung der BTK nicht möglich. Dafür wurde ein Tool in ArcGIS programmiert (BTK-Composer), mit dessen Hilfe einzelne, benachbarte Basiseinheiten durch einen Interpreten selektiert und zu den entsprechenden BTK quasi auf Knopfdruck zusammengefasst werden können. Schlussendlich waren für die Bereinigung des Datensatzes mit über 30.000 Polygonen noch diverse Nachbearbeitungsschritte nötig, die ebenso mit kombinierten ArcGIS-Routinen und zusätzlich programmierten Tools bewerkstelligt werden konnten.

Während einer dreimonatigen Kartierphase, bei der zusätzliche Sachdaten (Präsenz/Absenz von bestimmten Habitatstrukturen) für jede BTK-Geometrie im Gelände erfasst wurden, konnten die BTK überprüft und fallweise anschließend ▶

Landeshauptstadt **STUTTGART**

Für das **Stadtmessungsamt** suchen wir baldmöglichst eine/n

Diplom-Ingenieur/in

als Leiter/in des Sachgebiets IT-Applikationen sowie als Führungskräftenachwuchs in der Abteilung Geoinformation und Kartografie.

Das Stadtmessungsamt setzt zur Erfüllung seines weiten Aufgabenspektrums verstärkt IuK-Lösungen ein. Einer der Schwerpunkte ist die Führung und Bereitstellung von Informationen im Geoinformationssystem (GIS) der Landeshauptstadt Stuttgart.

Zu Ihrem vielseitigen und interessanten Aufgabengebiet gehören u. a.:
- Leitung des Sachgebiets IT-Applikationen und Unterstützung der Abteilungsleitung
- Konzeption und Realisierung von GIS- und IT-Verfahren (IuK-Lösungen werden im Stadtmessungsamt in den Bereichen Geoinformationssysteme, Vermessung, digitale Kartografie, Intranet- und Internetanwendungen, Immobilienbewertung, Projektsteuerung und Bürokommunikation eingesetzt)
- Mitwirkung in der Arbeitsgemeinschaft Geoinformationssysteme der Landeshauptstadt Stuttgart (GIS-AG)

Voraussetzung für Ihre Bewerbung ist ein abgeschlossenes Studium an einer Universität, einer Technischen Hochschule oder an einer anderen Hochschule der Fachrichtung Geodäsie/Geoinformatik, Vermessung oder eine vergleichbare Ausbildung mit Kenntnissen im Bereich Geoinformationssysteme.

Unsere Erwartungen:
- gute Führungseigenschaften mit hoher Sozialkompetenz
- zielorientiertes, kooperatives Führungsverhalten
- Bereitschaft zu interdisziplinärem Denken
- strukturierte und zielorientierte Arbeitsweise
- Erfahrungen in Projektarbeit
- Kreativität und Flexibilität sowie konzeptionelles Denken
- Förderung der Innovation im Stadtmessungsamt
- fundierte Kenntnisse in Geoinformationssystemen und IuK-Kenntnisse
- sicheres Auftreten
- kundenorientiertes Verhalten
- Teamfähigkeit
- überdurchschnittliche Einsatzbereitschaft
- Entscheidungsfreude, Eigeninitiative und Motivationsfähigkeit

Das Aufgabengebiet ist in Bes.Gr. A 13 bzw. Entgeltgruppe 13 TVöD bewertet. Entwicklungsmöglichkeiten zum/zur stellvertretenden Abteilungsleiter/in (Bes.Gr. A 14 bzw. Entgeltgruppe 14 TVöD) sind kurzfristig vorhanden. Für weitere Auskünfte steht Ihnen der Abteilungsleiter Herr Kurt Hartschuh, Telefon: 0711/216-6549, gerne zur Verfügung.
Bewerbungen erbitten wir mit Ihren Unterlagen unter Angabe der **Kennzahl: 07 110/62** bis zum 2. November 2007 an das Haupt- und Personalamt der Landeshauptstadt Stuttgart, 70161 Stuttgart.
Grundsätze: Frauen und Männer haben bei uns die gleichen Chancen. Wir sind auch offen für Tandembewerbungen. Wir beschäftigen Angehörige aller Nationalitäten. Schwerbehinderte werden bei entsprechender Eignung mit Vorrang berücksichtigt.

korrigiert werden. Im Anschluss an diese Nachführung wurden die Datensätze auf die ALK-Geometrie zurückgerechnet. Dies entspricht der Anforderung des Auftraggebers, wonach die Grenzen der BTK-Komplexe soweit möglich und sinnvoll mit bestehenden ALK-Linien zusammenfallen sollten. Eine Herausforderung war es, den Maßstabssprung zwischen den auf Grundlage von SPOT-Bildern abgegrenzten Basiseinheiten und der ALK-Geometrie zu minimieren. Der Balanceakt einerseits zwischen einer Generalisierung und Anpassung der Geometrie an die entsprechenden ALK-Grenzen und andererseits der Beibehaltung aller neuen Grenzen wurde über spezielle, in ArcGIS implementierte beziehungsweise angepasste Tools erreicht. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis nach Rückrechnung auf die ALK.

Eine letzte geometrische Bereinigung erfolgte, um einen Datensatz für die gesamte Region Stuttgart zu erstellen. Lücken zwischen den einzelnen ALK-Datensätzen unterschiedlicher Vermessungszuständigkeiten wurden dabei mit einem Hintergrundpolygon gefüllt und den benachbarten BTK zugewiesen. Abschließend wurden die BTK je Gemarkung in der räumlichen Orientierung von links oben nach rechts unten durchnummeriert und ihnen eine Projektion zugewiesen.

Ergebnisse

Insgesamt wurden nach der vorgestellten Methode für das Gebiet der Region Stuttgart 31.582 Biotoptypenkomplexe erfasst. Abbildung 4 zeigt die Karte der Biotoptypenkomplexe für die Region Stuttgart. Die durchschnittliche Größe der Einheiten beträgt danach rund 11,5 Hektar (im Offenland 15,42 Hektar), was im regionalplanerischen Maßstab eine sehr gut handhabbare Größendimension darstellt und sich darüber hinaus auch für die Anwendung auf kommunaler Ebene, in der Flächennutzungs- und Landschaftsplanung, eignet. Insbesondere die Flurkartenschärfe der Datengrundlage ermöglicht eine unmittelbare Verwendung durch Kommunen.

Diskussion und Ausblick

In der planerischen Praxis bestehen bislang nur wenige Erfahrungen und teilweise auch Vorbehalte bezüglich des Einsatzes von Fernerkundungstechnologien, gelten doch automatisiert ablaufende Klassifikationsmethoden bei vielen Planern gemeinhin als „ungenau“. Seit einigen Jahren besteht auf dem zivilen Sektor jedoch ein vielfältiges Angebot an hoch aufgelösten Multispektraldaten. Hinzu kommen die in der Fachliteratur bereits seit einigen Jahren diskutierten und in diesem Projekt angewendeten innovativen, objektbasierten Klassifikationsmethoden, welche inzwischen in einigen Softwarepaketen operationell zur Verfügung stehen. Neben der Möglichkeit, bestimmte strukturell definierte Zielklassen zu modellieren, ist als eine weitere Stärke des objektbasierten Ansatzes die Integration vorhandener Geodaten zu sehen. Auf diese Weise können hoch aggregierte, komplexe und flurstücksscharfe Geodatensätze erzeugt werden.

Im Hinblick auf die finanzielle Situation der öffentlichen Hand wäre das Projekt bei einer manuellen Vorgehensweise aus zeitlichen und finanziellen Gründen nicht zu realisieren gewesen. Im Verhältnis zur bearbeiteten Fläche zeigt das vorgestellte Verfahren eine außerordentlich gute Kosten-/Nutzen-Relation. Bei Gesamtkosten für Satellitendaten sowie für die Arbeitsschritte Klassifizierung, Modellierung, Geländekartierung und Nachführung im Bereich von rund 250.000 Euro, fallen pro Quadratkilometer knapp 70 Euro an. Angesichts der Einsatzmöglichkeiten für unterschiedlichste Aufgabenstellungen (Raum- und Umweltplanung) auf verschiedenen planerischen Ebenen (Region/Kommune) dürfte die Wertschöpfung und damit die Wirtschaftlichkeit der Investition garantiert sein. In diesem Zusammenhang sollte auch nicht unerwähnt bleiben, dass bestimmte Aufgaben wie beispielsweise eine vorausschauende und nachhaltige Regionalplanung, der Vergleich von Standortalternativen für Infrastrukturvorhaben oder die Ableitung eines Biotopverbundsystems ohne geeignete, flächendeckende Datengrundlagen oft nur unzureichend bearbeitet werden können.

Wie bei jeder Neuentwicklung und erstmaliger Durchführung eines Verfahrens, so werden auch durch die semi-automatiserte Herstellung der Biotoptypenkomplexe Verbesserungsmöglichkeiten und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt. Im Hinblick auf mögliche Effizienzsteigerungen muss rückblickend konstatiert werden, dass andere Eingangsdaten (multitemporale Daten mit höherem Auflösungsniveau) wohl zu noch verlässlicheren Resultaten führen würden. Ein geringerer Nachbearbeitungsaufwand sowie ein höherer Automa-

Tabelle 1: Biotoptypenkomplexe in der Region Stuttgart

Nr.	Biotoptypenkomplex	Anzahl	Summe [ha]	Durchschn. [ha]	Anteil [%]
I	Wohnbebauung	2.564	29.288,90	11,42	8,02
II	Mischbauflächen, Gewerbegebiete	4.585	25.503,70	5,56	6,98
II	Verkehrsflächen	1.523	8.250,11	5,42	2,26
IV	Grünanlagen, Freizeitgelände	2.092	9.146,31	4,37	2,50
V	Abbbaugebiet	61	649,64	10,65	0,18
VI	Infrastrukturgebiet und Lagerflächen	227	1.087,12	4,79	0,30
VII	Ackergebiet, strukturarm	3.171	75.214,80	23,72	20,59
VIII	Ackergebiet, strukturreich	119	1.858,32	15,62	0,51
IX	Weinberg- und Obstbaugebiete	466	5.281,41	11,33	1,45
X	Sonderkulturgebiet	121	619,40	5,12	0,17
XI	Acker-Grünland-Gebiet	1.710	27.582,99	16,13	7,55
XII	Wirtschaftsgrünlandgebiet	2.742	30.221,16	11,02	8,27
XIII	Extensivgrünlandgebiet	234	1.868,16	7,98	0,51
XIV	Streuobstgebiet	2.498	30.374,06	12,16	8,31
XV	Gebiet mit ungenutztem Offenland	115	636,13	5,53	0,17
XVI	Moorgebiet	1	2,61	2,61	0,00
XVII	Laubwaldgebiet	2.717	50.253,25	18,50	13,75
XVIII	Nadelwaldgebiet	1.383	13.280,71	9,60	3,63
XIX	Wasserflächen	240	1.642,83	6,85	0,45
XX	Mischwaldgebiet	5.013	52.600,58	10,49	14,40

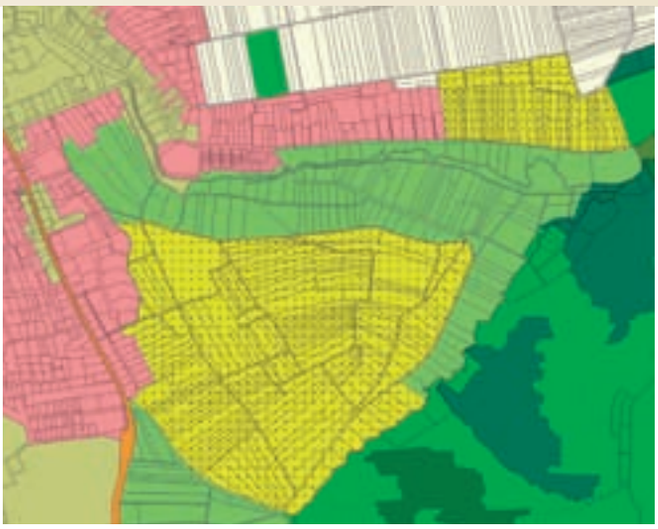

Abbildung 3: Auf ALK rückgerechnete BTKs mit überlagerter ALK (dunkle Linien). Die Grenzen der BTK Einheiten stimmen nun fast mit den ALK Grenzen überein.

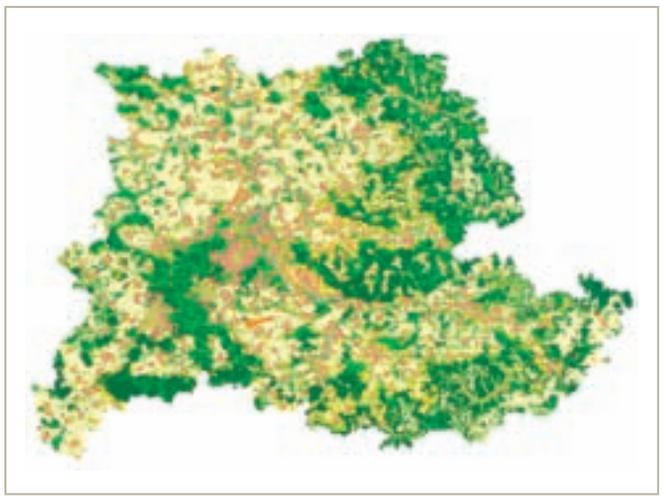

Abbildung 4: Karte der Biotoptypenkomplexe für die Region Stuttgart.

tisierungsgrad wäre zu erwarten. Mit dem vorgestellten methodischen Ansatz wurde in der regionalen Raum- und Umweltplanung – zumindest im deutschsprachigen Raum – Neuland betreten. Es wurde ein Weg aufgezeigt, wie auch mit zunächst fallweise unsicheren beziehungsweise mehrdeutigen Klassifikationsergebnissen hinreichend verlässliche, flächendeckende, planungsrelevante Information mit einem hohen inhaltlichen und geometrischen Auflösungsniveau erreicht werden können. Eine Weiterentwicklung und Validierung des Ansatzes bei veränderten Eingangsdaten und anschließender Übertragung auf ähnliche Fragestellungen in der Raum- und Landschaftsplanung erscheint unumgänglich. Die Kombination von GIS- und Fernerkundungstechnologien werden bei vergleichbaren Aufgabenstellungen zukünftig eine verstärkte Anwendung in den Planungsdisziplinen finden. ■

AUTOREN

Dipl. Ing. (FH) M.Sc. Jens Schumacher
Gruppe für ökologische Gutachten
Detzel & Matthäus
Dreifelderstraße 31, 70599 Stuttgart
Tel. +49 (0) 711/56 94 28
E-Mail: jens.schumacher@goeg.de
www.goeg.de

Dr. Stefan Lang
E-Mail: stefan.lang@sbg.ac.at
www.zgis.at

Das Projekt Biotopinformations- und Managementsystem (BIMS) wurde 2006 vom Verband Region Stuttgart beauftragt und binnen eines Jahres von den Mitarbeitern der Gruppe für ökologische Gutachten, Stuttgart, der Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung, Filderstadt und des Zentrum für Geoinformatik in Salzburg fertig gestellt. Von Seiten des Verbandes wird das Projekt von Frau Silvia Weidenbacher betreut.