

## Semi-automatische Landschaftsanalyse mit dem ArcGIS 9.x ModelBuilder

Hermann KLUG

Hermann Klug, Zentrum für GeoInformatik (Z\_GIS), Universität Salzburg,  
Hellbrunner Str. 34, A - 5020 Salzburg, hermann.klug@sbg.ac.at

### ZUSAMMENFASSUNG

Das Verständnis des Landschaftshaushaltes ist für die Zukunftsplanung essentiell, um einerseits mittelfristige Strategien der Landschaftsentwicklung aufzuzeigen und andererseits deren langfristige Auswirkungen hervorzuzeigen. Dieser Artikel analysiert in diesem Zusammenhang die Rolle der Integrationsmöglichkeit wissenschaftlicher Methoden in die Landschaftsplanung und erörtert die Perspektive von praxistauglichen, semi-automatischen Operationalisierungsmethoden in ArcGIS. Das entwickelte technische Instrumentarium konzipiert bestehende wissenschaftliche Methoden unter Transformation dieser in binäre Strukturen eines GIS teilweise neu und stellt diese in Kontext eines übergeordneten Gesamtsystems. Die systematisch zusammengeführten, modular aufgebauten Prozessstrukturen sind anwendungsneutral, auf Mitteleuropa abgestimmt und damit räumlich übertragbar. Der Ansatz verfolgt damit die Strategie der Europäischen Union, weite Landschaftsteile Europas "standardisiert" unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortvoraussetzungen und -potenziale zu bewerten, deren Entwicklungspotenzial aufzuzeigen um schlussendlich regionale Vergleiche von Landschaften zu ermöglichen. Dafür wird in der vorliegenden Studie ein von Klug zugrundegelegter, Ansatz aufgegriffen und weiterentwickelt, in dem das Ziel die mesoskalige Zukunftsentwicklung von Landschaften ist. Das Konzept integriert sozio-ökonomische Erfordernisse und politische Zwänge, die das Bestreben nach einer transdisziplinären Sichtweise aufgreifen.

Schlussfolgernd kann herausgestellt werden, dass die der Analyse vorausgehende These der Machbarkeit halbautomatischer Operationalisierung von wissenschaftlich begründeten Methoden zur Landschaftsanalyse bestätigt werden kann. Dabei wurde der Aufwand des Datenmanagements deutlich unterschätzt. Obwohl die Möglichkeiten der semi-automatischen Operationalisierung von Geodaten im GIS zweifelsohne zugenommen haben, bleiben die Probleme in der Datenbeschaffung und dem aufwendigen Datenmanagement ungeklärt. Die beobachteten Mängel in der Geodatenbeschaffung und der -qualität könnten durchaus im Einklang mit der Prozessierung stehen. Allerdings wäre dazu die Geodatenpolitik der Staaten Europas zu überdenken. Es lässt sich demzufolge behaupten, dass sowohl eine ländergebundene zentrale Geodatenhaltung, -pflege und -verbreitung die Landschaftsplanung bereichern und die teilweise erheblichen Missplanungen unterbinden würde.

**Keywords:** Landschaftsanalyse, Landschaftsplanung, Leitbild, Entscheidungsunterstützungssystem, semi-automatische Analyse, ArcGIS, ModelBuilder

### 1 EINLEITUNG

Die Vergangenheit der EU Agrarpolitik hatte vor allem die Marktregulierung und die Marktentlastung zum Ziel. Diese Ziele waren gekoppelt an sozio-ökonomische Stabilität sowie die Einkommenssicherung in der Landwirtschaft (<http://europa.eu.int/scadplus/leg/de/lvb/l04000.htm>, 22.10.2001). Zukunftsaufgaben der modernen Landschaftsplanung propagieren darüber hinaus Aufgaben des Ressourcenschutzes, des Umweltschutzes und Naturschutzes sowie raumplanerische Aspekte bezogen auf Landschaften. Daher werden mit Neugestaltung der EU Agrarpolitik transdisziplinäre Ansätze eine besondere Bedeutung erfahren, in der verschiedene ökologische Aspekte ökonomische, soziale als auch politische Rahmenbedingungen integrieren (Tress et al. 2003). Dabei geht es vor allem um die Herausstellung von Perspektiven der mittelfristigen Landschaftsentwicklung, sowie die Beurteilung der Konsequenzen des angestrebten mittel- und langfristigen Managements. Das damit verbundene Interesse an detaillierten räumlichen Informationen, lassen Möglichkeiten einer transdisziplinären Sichtweise von Problemen auf eine höhere Stufe stellen. Die integrative Basis von interdisziplinären Fachdaten innerhalb eines Geografischen Informationssystems (GIS), gekoppelt mit aktuellen Landnutzungs- und Landbedeckungsaufnahmen spektral und räumlich hoch auflösender und kostengünstiger Satellitenbilddaten sowie flugzeuggetragenen Scannerdaten tragen im Zusammenhang mit landschaftsökologischen Methoden dazu bei, dass die Zukunftsplanung transparenter und damit auch zielgerichteter eingesetzt werden kann. Zweifelsohne steigt mit der wissenschaftlichen Erkenntnis von landschaftsökologischen Komplexen ebenfalls die Komplexität der Modelle. Differierende Angaben aus der Literatur hingegen lassen erkennen, dass eine Zunahme der Komplexität in Modellen nicht zwingend zu besseren Ergebnissen führen muss (Marks et al. 1992). Gerade bei der Berücksichtigung von angestrebten Maßstabebenen und deren Daten-, Funktions- und Prozessäquivalenten spielt diese begründete Aussage eine entscheidende Rolle. Nicht desto trotz bin ich der Meinung, dass eine wohlbegründete Komplexität in Modellen durchaus angebracht ist, um das zu untersuchende Landschaftssystem in ausreichendem Maße zu repräsentieren. Es kann jedoch nicht oft genug betont werden, dass die Berücksichtigung der fokussierten Skalenbereiche mit den dort vorherrschenden und zu untersuchenden Funktionen und Prozessen zwingend einzuhalten sind.

Im Allgemeinen werfen Haber (1993) und Bastian (2000) die Frage nach der Planbarkeit von Landschaften auf und hinterfragen das Prinzip der Leitbildableitung als Patentrezept für die Landschaftsplanung. Auch wenn die Leitbildplanung nicht als Patentrezept angesehen werden kann, steht außer Frage, dass es notwendig erscheint, Zukunftsplanung zu betreiben. Nur so können innerfachliche Vor- und Nachrangigkeiten des Natur- und Umweltschutzes, der Landschaftsplanung und der Landschaftspflege für Schutzgüter durch zielgerichtete Fördermaßnahmen festgelegt werden. Darüber hinaus wird eine begründete und argumentierbare Basis für die Auseinandersetzung mit den Naturgütern, deren Nutzungsansprüchen oder Eingriffen in die Landschaft mit der Herausstellung von gesellschaftlichen Wertorientierungen zugrundegelegt.

Abgestimmt auf die Gegebenheiten Mitteleuropas wurde von Klug (2000, 2002) ein prozess-orientiertes, funktional-haushaltliches Methodenkonzept vorgestellt, mit dem landschaftsökologische Zukunftszustände für weite Teile Europas raumübergreifend planbar sind. Dieses Modell wurde jedoch bisher nur auf eine disziplinübergreifende ökologische Basis gestellt, die nach der Sichtweise von Haber (1971) Vorrangflächen für die Landwirtschaft in Bezug auf dessen ökologischen Potenzials ausweist. Solche, rein auf ökologischer Basis optimierte Analysen sind durchaus, durch ihre wissenschaftlich begründbaren Fakten, sehr gut nachvollziehbar

und damit transparent, berücksichtigen aber grundlegende Steuerungsmechanismen in der Planung nicht. Zu diesen zählen die politischen Einflüsse, die den Rahmen von Analysen und Entwicklungsrichtungen durch eine definierte Förderungspolitik vorgeben. Darüber hinaus ist die ebenfalls an Förderbedingungen gekoppelte Finanzierung von Vorhaben ein entscheidendes Kriterium, welches eine Maßnahmen- oder Entwicklungsplanung kippen oder zum Erfolg werden lässt. Wichtigster Einflussfaktor sind ethisch-soziale Verhaltensweisen der lokalen Bevölkerung mit den die Landschaft formenden und prägenden Landwirten (Zimdahl 2004). Wird die Akzeptanz von Entwicklungsrichtungen und die damit verbundenen Veränderungen im System Landwirtschaft-Umwelt nicht hergestellt, so ist eine diesbezügliche Planung undenkbar. Diese planungsbezogene Prozesskausalitäten haben auch schon Tress und Tress (2001) erkannt und propagieren daher seit längerem eine transdisziplinäre Herangehensweise. Sie stellen jedoch auch klar heraus, dass dieser "bottom-up"-Ansatz unter Partizipation aller Beteiligten ein langwieriger und schwieriger Prozess ist. Nicht zuletzt führen fehlende methodisch-technische Mechanismen sowie personen- und interessengebundene Aspekte zu diesem Resultat.

Als Konsequenz wurde in dem vorgestellten Ansatz versucht, wissenschaftliche Methoden und bestehende Regeln so aufzunehmen und umzuwandeln, dass eine semi-automatische Prozessierung der zugrundeliegenden Daten möglich wird. Grundvoraussetzung dafür ist das Systemverständnis und die Funktionsweise der Landschaft, dessen ökologischen Abhängigkeiten und der anthropogenen Beeinflussung dieser. Ferner müssen diese Eingriffe in gesellschaftsfähige Wertnormen gefasst werden. Diese Bewertung erfolgt für jeden der für die Landschaft als signifikant angesehenen Einzelprozesse und Funktionen über eine fünfstufige Skala. Je nach Priorität der im Vordergrund stehenden Einzelaspekte, ändert sich die in einem Szenario dargestellte Entwicklungsrichtung der Landschaft. Szenarien mit unterschiedlichen Systemeinstellungen stellen zunächst die Hauptelemente der Beeinflussung heraus. Diese Planungen unter Zugrundelegung bestimmter Entwicklungsprioritäten werden mit einem als ökologisch "optimal" angesehenen Systemzustand als Verifizierungsschritt abgeglichen. Dieser Abgleich erfolgt, um die zur Verfügung stehenden ökologischen Ressourcen adäquat zu nutzen und um eine nachteilige Ausbeutung der vorhandenen Landschaftspotenziale zu unterbinden.

In der Landschaftsplanung kann das Modell schlussendlich in einer Diskussionsrunde involvierter Planungspersonen prozessiert werden. Die Werte für jede einzelne GIS-Abfrage werden in Datenbanken abgelegt und ein resultierendes Szenario berechnet. Danach muss ein transdisziplinärer Konsens über Abwägungsmechanismen für die Inwertsetzung eines jeden Diskussionspunktes gefunden werden, der das abschließende Szenario und damit das Leitbild der zukünftig anzustrebenden Landschaft darstellt. Dies repräsentiert einen mittelfristig anzustrebenden Landschaftszustand, der unter den gegebenen Voraussetzung angestrebt werden soll. Diese Zustandsentwicklung ist über geeignete Kontrollmechanismen zu überprüfen und gegebenenfalls durch neu auftretende Umstände und Sachlagen zu verifizieren und abzuändern.

## 2 DER KONZEPTIONELLE RAHMEN

Die Entwicklung von Modellkonzepten für die Zukunftsplanung von Landschaften über Leitbilder wurde in ersten Ansätzen bereits von Haber (1971) durchgeführt. Diverse ideologische Ansätze führten von Reanimationen historischer Landschaften über biotisch orientierte Aspekte zu Raumplanungsperspektiven mit ästhetischen Gesichtspunkten. Diese leiteten über zu einer breit diskutierten, naturschutzorientierten Planung in den neunziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts (Wiegand 1997, Fink et al. 1997). Autoren wie Mosimann et al. (2001), Jedicke (1998) und Zepp (1999) griffen diese Ansätze auf und entwickelten sie in prozessorientierter Typisierung landschaftlicher Ökosysteme weiter. Diese Landschaftsplanung über Leitbilder basierte bis zu diesem Zeitpunkt ausschließlich auf einer soliden naturwissenschaftlichen Basis. Als Grundvoraussetzung für eine "optimale" Zukunftssicherung von Ressourcen wurde von Bastian (1999) die langfristig Gewährleistung von Funktionen und Prozessen des Landschaftshaushaltes angeführt. Der daraus resultierende "Benefit" für die Gesellschaft sowie die aus der Landschaftsleistung abgeleiteten "Services" wurden von de Groot (2002) näher konkretisiert. Diese methodischen Weiterentwicklungen kamen soweit in Mode, dass sie als "Zauberwort" und Allerheilmittel angesehen wurden (Jessel 1994). Dennoch zeigen Jessel (1995, 1998) und Bastian (2000) deutlich die Möglichkeiten und Grenzen die mit der Planung von Landschaften verbunden sind. Daraus lässt sich ableiten, dass Leitbilder als regelmäßig zu hinterfragende Planungsstrategie und nur mit Inhalt gefüllt und konkretisiert als Orientierungshilfe angesehen werden können (Schwineköper et al. 1992). Unter Berücksichtigung der These, dass Landschaftsplanung unter Beachtung von Rechtsverbindlichkeiten und politischer Akzeptanz verbessert werden kann und muss (Bastian 2000) wurde im Rahmen dieser Analyse ein entsprechendes Modellkonzept konstruiert (siehe Abb. 1). Dies hat die vereinfachte Darstellung komplexer zukünftiger Entwicklungszustände zum Ziel, welche räumlich repräsentativ und verständlich dargestellt werden können. Die Herausstellung der Verständlichkeit und Einsichtigkeit von Umweltproblemen und Naturschutzmaßnahmen in der Gesellschaft kann nach Bernhard und Jäger (1985) sowie Barth (1997) über die Darstellung der zunehmend unüberschaubar und irreversibel werdenden Veränderungen in der Landschaft erfolgen. Die Illustration der Veränderungssignifikanz durch ihre Art der Ausprägungen in Form von Häufigkeit, Totalität und Reichweite fördert die Einsichtigkeit zunehmend.

### 2.1 Die methodische Basis für die Leitbildentwicklung

Die vorliegende Analyse fokussiert die für die nachhaltige Entwicklung von ländlichen Gebieten notwendige Planungsausrichtung von Landschaften. Ziel ist eine Feststellung von mittelfristig zu erreichenden Zielvorstellungen, in welche eine Landschaft in der zukünftigen Dekade entwickelt werden soll. Dies erfolgt, wie bereits Usher und Erz (1994) und Bastian (1999) fordern, nach einer holistischen Betrachtungsweise. Diese soll nicht nur verschiedene ökologische Fachdisziplinen vereinen, sondern darüber hinaus auch sozio-ökonomische Rahmenbedingungen und politische Zwänge in die zukunftsweisende Planung mit einbeziehen. Damit wird eine Annäherung der zwei von Wiegand et al. (1999) herausgestellten Hauptwegen der Leitbildfindung angestrebt. Es erfolgt eine Angleichung von den in i) Expertenmodellen akademischer Ansätze von außen aufgezwungene Entwicklungszielen an ii) diskursive Methoden der Landschaftsplanung, indem von Experten herausgestellte Zielvorgaben offeriert werden, aber die Entscheidung zu deren Verwendung oder Modifizierung bei den Teilhabenden der Diskussionsrunde verbleiben. Damit wird gewährleistet, dass die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes nicht ausschließlich über Gesetze erzwungen werden, sondern durch sachliche Überzeugung von Mehrheiten (Barth 1997) gestützt werden.

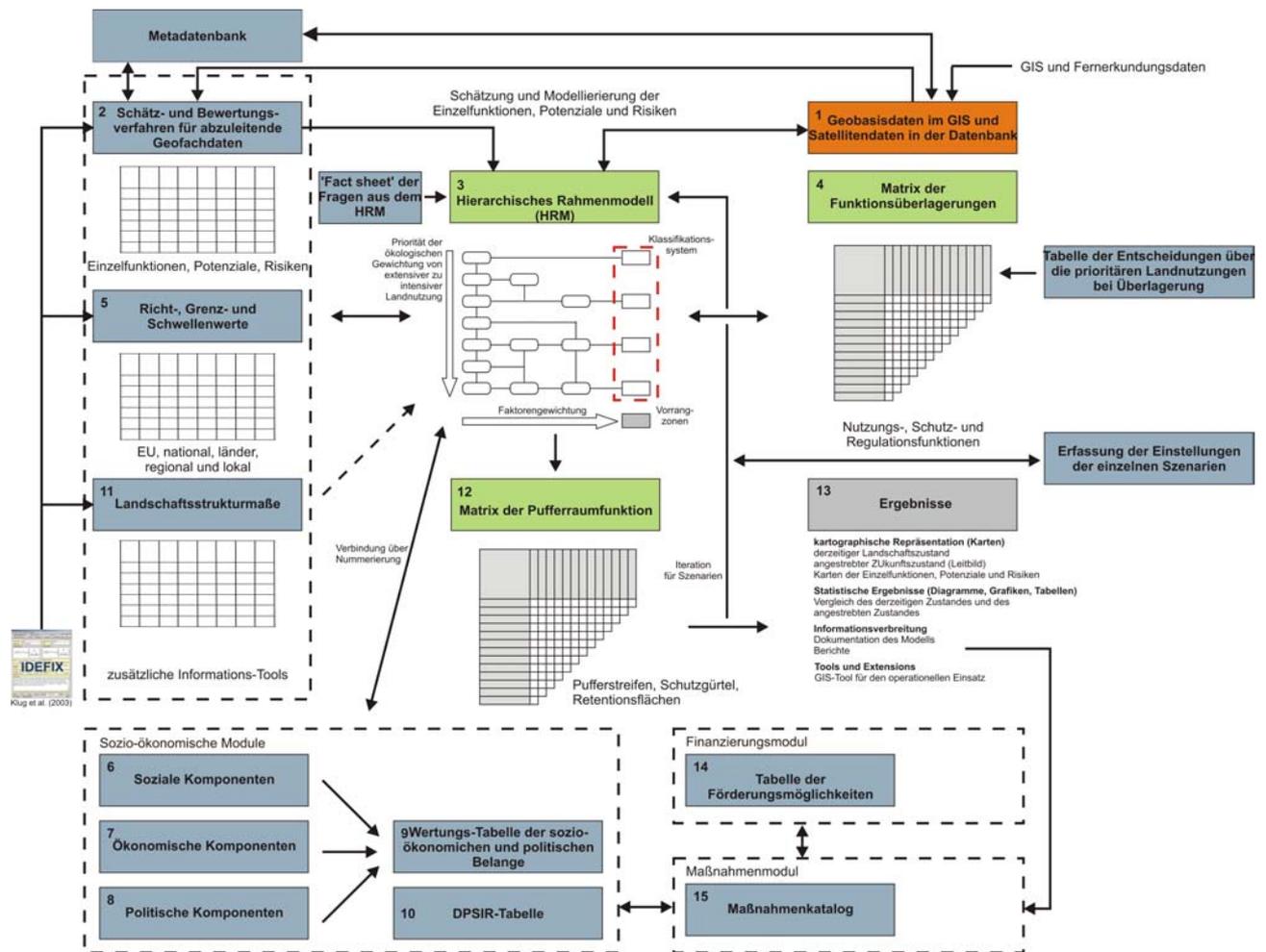


Abb. 1: Das Modellkonzept der Leitbildableitung

Grundlegendes Ziel der Analyse ist es, Grundmerkmale des Naturhaushaltes mit seinen wesentlichen naturbürtigen Faktoren zu erfassen und darüber hinaus das Leistungsvermögen der landschaftlichen Funktionen und Potenziale gemessen an ökonomischen und sozialen Kriterien zu bestimmen. Die dabei aufgebaute Basis soll Planer in die Lage versetzen, die Leistungsfähigkeit, Belastbarkeit und Tragfähigkeit des Naturhaushaltes abschätzen zu können und infolgedessen durch eine standortgerechte Nutzung der Ressourcen unwiederbringliche Schäden an diesen und der Umwelt in der Zukunftsplanung vorzubeugen. Es wird unter Berücksichtigung methodischer Gesichtspunkte Rücksicht auf die Wertschätzung des zugrundeliegenden Landschaftsökosystems genommen, indem Einzelleistungen und -potenziale ermittelt und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Die Bewertungsmethode weist zudem entsprechende Vorgaben hinsichtlich gesetzlicher Rahmenrichtlinien auf. Damit wird ersichtlich, dass das Verfahren auf raumplanerische und raumordnerische Belange zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Landschaften konzipiert wurde und nicht den technischen Umweltschutz per se fokussiert.

Das Modell zeigt, dass eine Vielzahl unterschiedlicher räumlich expliziter Standortfaktoren "on demand" erfasst, bearbeitet und in einer Standortanalyse umgesetzt werden kann. Dies wiederum stellt eine der Grundfunktionen für eine partizipatorische Planung mit GIS dar. Diskutierte anthropogene Wertvorstellungen kombiniert mit ökonomischen Werten und politischen Rahmenbedingungen können so über in den Datensätzen vordefinierten Klasseneinteilungen "auf Zuruf" abgerufen und die Auswirkungen der Parameterfestlegungen direkt als Szenario visualisiert werden.

Das Konzept ist mehrschichtig aufgebaut und besteht aus einem Gesamtmodell (siehe Abb. 1) mit derzeit 15 Modulen. Die aggregierte Sichtweise auf das Konzept soll dessen übergeordnete Struktur verdeutlichen, ohne im Detail auf die einzelnen Module eingehen zu müssen. Bei der folgenden Vorstellung werden insbesondere die Module herausgehoben, die direkt in die Modellierung mit dem ModelBuilder involviert sind.

Die Struktur des Modells folgt dem praxisorientierten Arbeitsablauf zur Umsetzung von Landschaftsanalysen. Beginnend mit der Geodatenakquise von Geobasisdaten aus Quellen wie GIS und Fernerkundung (1), werden Informationen zu deren Qualität und Herkunft in einer Metadatenbank abgelegt. Letzteres ist notwendig, um die Qualität der Analyse zu gewährleisten. Alle Daten werden schlussendlich in einer Geodatenbank mit Geobasisdaten zusammengeführt, ihre Attributdateien organisiert und die mit den Attributen zu verbindenden Tabellen aufgebaut.

Datenbestände die nicht vorliegen, können teilweise über Schätz- und Bewertungsverfahren (2) als Sekundärdaten ermittelt werden. Diese Schätz- und Bewertungsverfahren sind in diversen Einzelpublikationen als auch in Handbüchern publiziert (Marks et al. 1992, Zepp und Müller 1999, Bastian und Schreiber 1999, Usher und Erz 1994). Die in der Tabelle aufgeführten Verfahren sind aufgrund

ihrer Struktur nicht immer direkt in einem GIS umzusetzen. Anpassungen sind zur Überführung in eine dem Computer verständliche binäre Struktur oftmals notwendig. Diese Anpassungen werden dokumentiert und mit den eruierten Daten wiederum in der Metadatenbank abgelegt. Die Sekundärdaten können als eine Inwertsetzung vorhandener Geobasisdaten zu "Konzeptkarten" angesehen werden, was in vielen Fällen eine aufwendige Gelände- und Laborarbeit vermindert. Der Ausdruck Konzeptkarte soll verdeutlichen, dass es sich um vorhersageorientierte Modelle der Verbreitung von räumlichen Einheiten handelt, die gegebenenfalls im Gelände verifiziert werden müssen.

Die Geobasisdaten und Sekundärdaten stellen schließlich die Basis für das hierarchische Rahmenmodell **(3)** dar. Das Herz des Modells beinhaltet eine auf Funktionen und Prozessen aufbauende Struktur, welches die Zuordnung von bestimmten Landnutzungs- / Landbedeckungseinheiten zur Erfüllung von "Benefits" und "Services" nach de Groot et al. (2002) zum Ziel hat. Die in der Einleitung angesprochenen komplexen Landschaftsökosystemzusammenhänge wurden in diesen Ablauf integriert und führen über prioritäre Ableitungen ökologischer Gewichtungen von extensiven zu intensiven Nutzungsformen. Eine entsprechende Faktorengewichtung führt schließlich zu einer für eine bestimmte Fläche vorgesehene Vorrangnutzung nach dem Prinzip von Haber (1971). Um bereits während der Erarbeitung von landschaftsspezifischen Problemen das wesentliche Merkmal der Leitbildfindung in Repräsentanz des expliziten Raumbezugs aufzugreifen und die Möglichkeiten einer tiefgehenden Analyse bieten zu können, ist es notwendig, die Untersuchungen in ihrem Detail auf unterschiedlichen räumlichen Skalen zu platzieren (Peterson und Parker 1998). An ihnen lassen sich Inhalt und Aussageschärfe separiert nach Betrachtungsebenen innerhalb dieses Systems messen und verschiedenen Planungs- und Zielebenen als Bezugseinheiten definieren.

Unter Beachtung der zugrundegelegten Umweltziele sind räumlich differenzierte Anforderungen, Aussagen und Entwicklungsziele sowohl an die Daten als auch die Methoden zu stellen. Der deduktive Aufbau des hierarchischen Modells leitet Unterziele aus Oberzielen logisch, konsequent und konsistent ab. Das vorliegende Konzept mit dem Akronym OBELIX (**O**bject **B**ased **E**cological and **S**ocio-Economical **L**andscape **A**nalysis **E**xpert **S**ystem) arbeitet derzeit auf zwei räumlichen Dimensionen (national, regional), wohingegen sich die dritte, die lokale Dimension, noch im Ausbau befindet. Bei der steigenden Komplexität des Modells ist jedoch stets darauf zu achten, dass bestimmte Funktionen und Prozesse als beobachtbare Phänomene zwingend dem richtigen Skalenbereich zuzuordnen sind, um eine Vergleichbarkeit mit anderen Prozessen und deren Interaktion zu ermöglichen. Entsprechend an die Dimensionen angepasst wurde ein Klassifikationssystem entwickelt, welches den jeweiligen Landnutzungs- und Landbedeckungseinheiten Rechnung trägt (vgl. Brown und Duh 2004). Bei der Erstellung des Klassifikationssystems wurde auf die Kompatibilität zu bestehenden Systemen wie Corine Land Cover oder Eunice geachtet, um Verbindungen zu anderen Ansätzen zu ermöglichen.

Zur Ableitung des aktuellen Landschaftszustandes in Repräsentation der Anordnung und expliziten Verortung von Flächen werden die Landbedeckungseinheiten auf eine ASTER Satellitenbildszene ermittelt. Einhergehend werden diejenigen Funktionen betrachtet, die sich flächenhaft überlagern / mit Einschränkungen überlagern / nicht überlagern dürfen **(4)**.

Ferner integriert das hierarchische Rahmenmodell diverse Richt-, Grenz- und Schwellenwerte aus der Literatur sowie der staatlichen bzw. der übergeordneten EU Gesetzgebung **(5)**.

Als wesentliche Neuerung des Systems sind die Module **6 - 10** integriert. Diese greifen für den Entscheidungsprozess wichtige sozio-ökonomische und politische Fragestellungen auf und dokumentieren diese Entscheidungen für eine definierte Entwicklungsrichtung unter Verknüpfung im hierarchischen Rahmenmodell numeriert vorliegender Prozesse in Datenbanken.

Modul **11** integriert Landschaftsstrukturmaße indirekt in die Leitbildanalyse. Eine direkte Integration ist aufgrund derzeit noch bestehender Problemen nicht möglich (Klug und Blaschke 2003, Klug und Zeil 2004). Im Zusammenhang mit dem Modul der Landschaftsstrukturmaße steht das Tool IDEFIX (*I*ndicator *D*atabase for *S*cientific *E*xchange), welches von Klug et al. (2003) im Rahmen des im fünften Rahmenprogramm der EU finanzierten Projektes SPIN (Spatial Indicators for Nature Conservation, [www.spin-project.org](http://www.spin-project.org)) entwickelt wurde.

Nach dem semi-operationellen Durchlauf des hierarchischen Rahmenmodells wird die Untersuchungslandschaft in einem Zwischenergebnis mit flächenexpliziten Vorrangnutzungen repräsentiert. Das Zwischenergebnis kann jedoch noch horizontal ungeschlossene Stoffkreisläufe aufweisen. Eine Matrix der Pufferraumfunktionen gibt Aufschluss darüber, welche Nutzungen noch durch Retentionsstreifen wie Kompensationszonen zu entkoppeln sind **(12)**.

Als Resultat wird ein Szenario abgebildet, welches unter gegebenen Umständen die Entwicklungstendenz der zukünftigen Landschaft darstellt. Eine Iteration des Modells führt zur weiteren Ausdifferenzierung dieses Szenarios bzw. zu neuen Szenarien optionaler Entwicklungsrichtungen mit unterschiedlich prioritären Sichtweisen von Einzelparametern. Die Szenarien bilden schlussendlich die Diskussionsbasis aufgrund dessen ein transdisziplinärer Konsens hinsichtlich der Entwicklungsrichtung zu ergründen ist. Aufgrund festzulegender Kriterien aus der partizipatorischen Diskussion werden Vorrangflächen für bestimmte Landnutzungen/Landbedeckungen ausgewiesen, die die jeweilig definierten Rahmenbedingungen wie Förderungen, ökonomisches Wirtschaften etc. berücksichtigen. Um die bestehenden flächenhaften Diskrepanzen im Vergleich der aktuellen Umweltsituation mit dem zukünftig anzustrebenden Landschaftszustand näher zu analysieren, wurden kleinere Tools entwickelt. Mit diesen Werkzeugen wird über Tabellen, Diagramme und Karten das Handlungspotenzial der Landschaft dargestellt. Das sich ergebende Handlungspotenzial muss trotz der bereits im hierarchischen Rahmenmodell berücksichtigten Finanzsituation über Fördermittel und Ausgleichszahlungen **(14)** auf Grundlage des erstellten Maßnahmenkatalogs **(15)** noch einmal überprüft werden. Erst diese abschließende Prüfung gibt Gewissheit, ob die angestrebte Entwicklung auch umsetzbar ist. Ist die Finanzierung nicht gesichert, sind die in den sozio-ökonomischen Modulen erfolgten Entscheidungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu revidieren.

Abschließend ist herauszustellen, dass die einzelnen Module wie zum Beispiel die Tabelle der Schätz- und Bewertungsverfahren als auch die Tabelle der Richt-, Grenz- und Schwellenwerte keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben können. Vielmehr werden Informationen bereitgestellt, auf Grundlage dessen eine Weiterarbeit möglich ist.

## 2.2 Die technische Umsetzung

### 2.2.1 Einführung in die technische Basis

Das die derzeitige Landschaftsökologie und Landschaftsplanung und dessen methodischen Fähigkeiten nicht immer, wie so oft reklamiert, im diametralen Verhältnis zu den Anforderungen der Praxis stehen, soll mit dem vorliegenden Prototyp OBELIX demonstriert werden. Es wird argumentiert, dass eine Abschätzung von derzeitigen Landschaftszuständen auf zugrunde liegende Funktionen und Prozesse sowie der Auswirkungen zukünftiger Einflussnahmen und Steuerungen auf diese nur über Geografische Informationssysteme im Vorfeld abgeschätzt werden können. Das Management der ungeheuren Informationsflut mit GIS soll verhindern, dass Prozessstrukturen sich in eine Richtung entwickeln, die zu einer Reihe nachteiliger Wirkungen tendieren. Die dafür in Kapitel 2.1 zugrundegelegte Methode versteht sich als offenes System, dessen Einzelkomponenten jederzeit adaptiert oder ausgetauscht werden können. Dies folgt den Anforderungen von Bastian (1999), der bereits treffend feststellte, dass es nicht nur *eine* Lösung für ein Problem gibt - schon gar nicht bei der Vielfältigkeit an Landschaften. Trotz der zunächst einmal zur Resignation verleitenden Diversität an Möglichkeiten einer Zukunftsplanung und deren potenziellen Fehlplanungen, lässt sich zweifelsohne im Umkehrschluss nicht ableiten, dass eine Steuerung und Einflussnahme sinnlos wäre. Daher ist es für ein Vorantreiben einer proaktiven Zukunftsplanung notwendig, die richtigen Prinzipien und Ansätze, kombiniert mit nützlichen Tools an der Hand zu haben. Technisch stehen dafür, in der ArcToolbox von ArcGIS, mehr als 200 Methoden bereit die durch im Internet vorhandene Tools und Skripte ergänzt werden können. Diese können in Form von Dialogen, über die Kommandozeile, einem Skript oder einem Modell genutzt werden. In dieser Arbeit wird eine Kombination aus letzteren als zielführend erachtet. Die entwickelten Modelle und Python-Skripte können, unter etwaiger Modifizierung und Anpassung an die Datenlage sowie den räumlichen Gegebenheiten, direkt in die Arbeitsabläufe der Leitbildfindung integriert werden. Die einzelnen Tools (oder auch Entitäten genannt), wie die hier exemplarisch vorgestellte Ableitung der Hangneigung, werden schließlich zu einem Toolset, dem hierarchischen Rahmenmodell (vgl. Abbildung 1, Punkt 3), zusammengesetzt und bilden die Basis der semi-operationellen Ableitung von Leitbildern über Zukunftsszenarien. Der Benutzer wird damit in die Lage versetzt, nicht nur monodisziplinäre Prozesse zu berechnen, sondern darüber hinaus Abläufe über Prozessketten in ihrer Wechselwirkung in Kontext zu stellen. Bei der technischen Implementation stellte sich heraus, dass verschiedene Lösungswege möglich sind, wohingegen einige effektiver und zielgerichteter sind als andere. Damit wird die Notwendigkeit ersichtlich, dass das bereitgestellte Modell ebenso wie die methodische Basis zu dokumentieren ist. Dies erfolgte mit den ArcGIS immanenten Dokumentationstools.

Hauptziele der Anwendung sind demzufolge die Präparierung, (Geo-)Prozessierung und Manipulation von Daten. Dies dient dem Hintergrund der Informationsgewinnung durch gesteigerten Kenntnis des aktuellen Landschaftshaushaltes sowie dessen auszunutzenden endogenen Potentialen.

### 2.2.2 Datenpräparierung

Komplexe raumbezogene Fragestellungen und Informationssysteme leben maßgeblich von den verfügbaren Daten, deren Qualität und Aufbereitung. Aus dem Grund ist die Datenbasis mit dem Datenmanagement die tragende Säule in OBELIX. Zunächst werden die benötigten Daten über eine Akquise erhoben, aufbereitet (geometrische Korrekturen, Umprojektionen, Metadatenmanagement, Genauigkeitsvalidierung, etc.) und in einer Geodatenbank abgelegt. Fehlende Daten werden über Schätz- und Bewertungsverfahren zu Sekundärdaten abgeleitet und in einer zweiten Geodatenbank abgelegt (vgl. Kapitel 2.2.3). Das Management der Geodaten in separaten Datenbanken (Geobasisdaten, Sekundärdaten, Zwischenderivatdaten) dient der Sicherung der Originaldaten, der prozessierten Daten sowie den während der Ableitung anfallenden Zwischenderivaten.

Im Allgemeinen ist es zwingend notwendig, die Herkunft der in einem Modell verwendeten Daten zu kennen. Dies impliziert vorhandene Informationen über Daten - sogenannte Metadaten. Nur sie stellen die Aktualität, die Qualität des Produkts, die Auflösung und räumliche Dimension sowie die Genauigkeit der räumlichen Repräsentation dar. Dies wiederum ist erforderlich, um sich durch Verschneidung multiplizierende Fehler, infolge intransparenter Generalisierungen, Reklassifizierungen oder anderweitig beeinflusste Datenbestände, auszuschließen.

### 2.2.3 Analyse

Von der Theorie erfolgt die Überleitung zum Kern der ungelösten Probleme in der Praxis. Die Erfassung, Verwaltung und Verarbeitung digitaler Geoinformationen erfolgt seit geraumer Zeit mit Geoinformationssystemen (GIS), dessen Plattform auf die in einer Datenbank abgelegten Daten interagiert. Mit Hilfe entsprechender Analysewerkzeuge wie dem ArcGIS 9.x ModelBuilder als fester Bestandteil der ArcToolbox, die wiederum in ArcMap und ArcCatalog integriert ist, können in der Folge durch Extraktion, Kombination und Präsentation (Visualisierung) der Datenbankinhalte neue Informationen gewonnen werden. Diese fungieren ihrerseits als Steuer- und Entscheidungsgrößen für die Landschaftsplanung. Um das Management der vielfältigen Daten, deren Prozessierungsschritte, Parameterzuweisungen, Annahmen und Regelwerke zu erleichtern, wurde zur Umsetzung auf Grundlage der in Kapitel 2.1 beschriebenen Methode ein räumliches Modell im ModelBuilder entwickelt. Die modulare Struktur der Leitbildmethode wird direkt übertragen und die einzelnen Module - wie zum Beispiel die Umsetzung der einzelnen Schätz- und Bewertungsverfahren - als Modelle in das übergeordnete hierarchische Rahmenmodell integriert. Dies stellt die Möglichkeit zur Verfügung, in sich abgeschlossene Prozeduren jeweils an den aktuellen Stand der Wissenschaft anzupassen und damit auch das Gesamtmodell im Verlauf der Zeit weiter zu adaptieren und zu optimieren. Ferner wird unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden Submodule, deren Daten und den Operationen auf ihnen die Möglichkeit zuteil, die sequenziellen Prozessierungsschritte innerhalb eines Flussdiagramms abzubilden. Das Flussdiagramm repräsentiert wie in Abbildung 2 exemplarisch für das Submodell zur Berechnung der Hangneigung dargestellt, miteinander verbundene Elementtypen der in der analytischen Struktur definierten Prozedur. Während der Prozessierung werden alle Einzelschritte in einem Fortschrittsfenster und dem Informationsfenster der Kommandozeilenoberfläche mitprotokolliert. Über die "history toolbox" besteht zudem die Möglichkeit der nachträglichen Überprüfung der einzelnen Prozessschritte.

Obschon eine Prozessierung des Gesamtmodells in einem Ablauf möglich wäre, ist dies im Sinne der Performance wenig sinnvoll. Vielmehr wird mit der Einzelprozessoperationalisierung eine modulare Abarbeitung angestrebt. Die dafür verwendeten Skripte wurden auf generische Weise programmiert. Die generische Codierung beinhaltet, dass alle Eingaben und Ausgaben durch Argumente in Form einer grafischen Benutzeroberflächen abgehandelt werden und durch ein Verzicht einer "harten Codierung" die Weiterverarbeitung der Modelle ermöglicht wird. Ferner wurden die Funktionalitäten der Modelle und Skripte über das Projekt hinaus soweit ergänzt, dass eine Prozessierung verschiedener Datensätze (Geodatenbank "feature class", Shapefile, Coverage) möglich wird.

Nach der erfolgreichen Umsetzung der Submodule mit den zugrundeliegenden Projektdaten wird der im ModelBuilder erzeugte Arbeitsablauf so abgeändert, dass Variablen als Modellparameter definiert werden. Die Ausweisung von Modellparametern verleiht dem Praktiker die Flexibilität der Spezifizierung von Wertparametern und zu verändernder Variablen für die Szenarioanalysen in einer dialoggestützten Umsetzung des Modells. Kriterien zur Gewichtung der Submodulparameter und damit die Einflussnahme auf Ergebnisse auf Grundlage von Entscheidungskriterien können damit transparent umgesetzt werden. Zur Erleichterung der Integration der Submodule in das Primärmodell erfolgt die Exportierung des im ModelBuilder erstellten Submoduls als Python Skript. Diese werden in der ArcToolbox eingebunden und weisen den Vorteil der umgänglicher strukturierten und besser kontrollierbaren Prozessierung des hierarchischen Rahmenmodells in einem separaten Modell auf. Durch eine automatische Addierung der berechneten Ergebnisse steht auch nicht-GIS-Experten die Möglichkeit offen, verschiedene Szenarien umzusetzen, damit Alternativen zu erzeugen, diese zu interpretieren und zu bewerten.

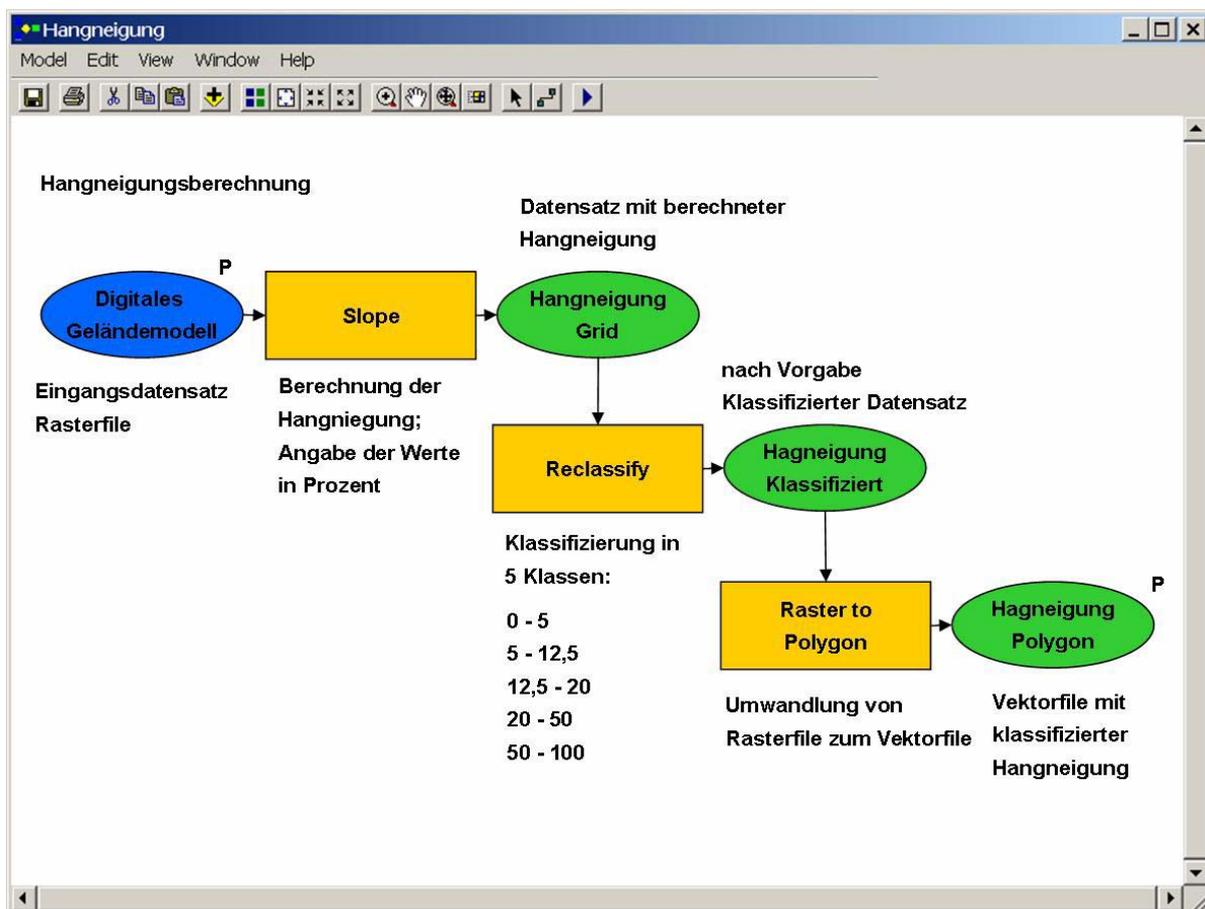


Abb.2: Berechnung der Hangneigung als Beispiel für ein Modul aus dem Gesamtmodell

#### 2.2.4 Modellvalidierung

Die Modellvalidierung von OBELIX ist noch nicht abgeschlossen. Bereits durchgeführt wurde die Verifizierung der Berechnungsergebnisse aus den Submodulen. Ferner ist eine Berechnung mit identischem Ergebnis durch Wiederholungen der Analyse mit gleichen Wertparametern sichergestellt. Darüber hinaus muss noch das Verhalten und die Bedeutung der Einzelvariablen im Gesamtmodell überprüft werden. Die Gewichtung der Parameter der Submodule als auch die Kategorisierung der Ergebnisse und deren Stellung im Gesamtmodell sind entscheidende Kriterien zur Plausibilitätsprüfung des Endergebnisses der Analyse. Es ist wichtig herauszustellen, welche Signifikanz und damit Einfluss ein Aspekt auf das Gesamtergebnis hat. Diese Einflussanalyse des bestehenden Projektes ist noch nicht abgeschlossen, wird aber im Rahmen des Interreg IIIa Projektes "Seenandwirtschaft" ([www.seenandwirtschaft.net](http://www.seenandwirtschaft.net)) durchgeführt.

#### 2.2.5 Dokumentation

Begleitende Informationen zur Umsetzung und zum Zweck der Anwendung sowie die zu spezifizierenden Parameter und deren inhaltliche Bedeutung sind entscheidende Kriterien zur Beweisführung der getroffenen Einzelentscheidungen sowie den resultierenden

Ergebnissen. Inbegriffen sind die Evaluierungen, inwieweit Parameter sich auf das (Zwischen-)Ergebnis auswirken und welche Bedeutung ihnen damit zukommt. Diese Beschreibung dienen zur folgerichtigen Darlegung und Überzeugung von zur Entscheidung befugten Personen sowie der Legitimation der Analyse. Metadaten geben als hilfreiche Instruktionen Aufschluss über Modellkennzeichnungen. Tooltips erklären die Modulebausteine und deren Verhalten. Die Bedeutung der zugrundeliegenden Daten, deren Aussagegehalt, deren Skalierung und Dimension sowie Hinweise auf mögliche Fehler, Limitationen, Einschränkungen, Anwendungsgrenzen und Vorteile gegenüber anderen Methoden sind in Form eines roten Fadens durch die GIS-Analyse abgelegt. Diese Art der Anwendungs- und Anwenderkommunikation trägt unterstützend zur Wiederholbarkeit und damit zur Transparenz der Analyse bei und erlaubt darüber hinaus ein regelgerechtes adaptieren und weiterverarbeiten bzw. die Verifizierung der Methode.

### 3 ERGEBNISSE

Der Wissenschaft wird oft nachgesagt, anstehende Probleme zu theoretisieren, was sich schlussendlich in der Entwicklung von nicht praxistauglichen Methoden widerspiegelt. Bedenken dieser Art sind mir wohl bekannt, allerdings ist diese Polarisierung wenig zielführend. Wie das vorliegende Modell zeigt, lassen sich mit theoretisch abstrahierten Überlegungen sehr wohl praxisrelevante und praxistaugliche Werkzeuge generieren. Im Rahmen der Forschungen ist es gelungen, die wichtigen Vorteile wie die Automatisierung von Arbeitsabläufen, deren leichten Anpassbarkeit durch ihre grafische Repräsentation, der Übertragbarkeit unter Anwendern sowie der Transparenz der Umsetzung durch Spezifizierung der Eingangsparameter als Prozessbausteine für die semiautomatische Abhandlung in ArcGIS 9.x anzubieten. Ferner lassen sich simple Module als Submodule zu komplexen Modellen aggregieren, um die umfassenden Abhängigkeiten und Verbindungen der Submodule untereinander zu visualisieren und zu prozessieren. OBELIX steht damit für innovative Methoden, die effizient über maßgeschneiderte Softwarelösungen in ArcGIS 9.x mit hoher Performance realisiert sind. Zur Ergänzung zu bereits bestehenden GIS-Lösungen wird damit ein Tool angeboten, das in der Lage ist, umweltrelevante Standardprobleme mittels räumlichen Datenverarbeitung anzugehen. Neben der technischen Stärke der Werkzeuge ist aber zu beachten, dass die Tools nicht als "trial and error Legobaukasten" misbraucht werden. Die Aussagekraft der einzelnen Modelle per se als auch deren Kombination ist stets im Sinne ihrer Abhängigkeiten und der zur eruierten Frage zu hinterfragen.

Das Modell ist derzeit ein Prototyp, welcher noch in keiner partizipatorischen Planung eingesetzt wurde. Erste Testläufe auf Basis von Datensätzen eines Gebietes nördlich von Braunau am Inn (Deutschland) und im Einzugsgebiet von Mondsee und Irrsee (Österreich) enttäuschen die Erwartungen nicht. Allerdings kann herausgestellt werden, dass OBELIX stark von der Datenbasis und deren Struktur abhängig und deswegen derzeit auf die dem Z\_GIS (Zentrum für GeoInformatik, Universität Salzburg) vorliegende GIS-Datenbasis ausgerichtet ist. Eine Nutzung des Modellsystems ist deshalb noch an diese Infrastruktur gebunden, wobei die methodische Basis der Teilmodelle als generische, parameterisierte Module weiterverbreitet werden können. Letztere zeigen, dass OBELIX ein System mit offener Struktur ist, welches über Modifikationen der einzelnen Module im ModelBuilder an die regionalen Rahmenbedingungen adaptiert werden kann. Es trägt damit zur raumübergreifenden und übertragbaren Methodik bei. Dadurch wird ersichtlich, dass der Transfer der theoretischen Basis in die Praxis zumindest in den vorliegenden zwei Testgebieten sichergestellt ist. Darüber hinaus zeigt sich, auch nach Erfahrungen von Klug (2000), dass die räumliche Übertragbarkeit der Methode und damit auch der Tools möglich ist.

Die Erfahrungen der Umsetzung zeigen, dass bestehende ökologisch-wissenschaftliche Methoden teilweise erheblich modifiziert werden müssen, um sie in eine dem Computer verständliche binäre Modellstruktur zu überführen. Ferner ist der benötigte Zeitaufwand der Zusammenführung der Datenbestände sowie des Datenmanagements enorm. Andererseits kann der Semiautomatismus für eine komplexe Landschaftsanalyse eine finanziell günstige Form der Zukunftsplanung von Landschaften sein, wenn bestehende Datenstrukturen genutzt werden können.

Es lässt sich konkludieren, dass die Möglichkeit der Eruiierung verschiedenster Potenziale und Risiken mit Herausstellung sensibler Bereiche für die Landschaftsplanung und direkte Umsetzung der Sensibilitäten in eine den Standorten angepassten Vorrangnutzung diverse Anwendungsmöglichkeiten von OBELIX im Naturschutz und Planungsdisziplinen offerieren. Damit kann das Projekt einerseits Hilfestellung in der Umsetzung wissenschaftlicher Methoden in die Praxis leisten, andererseits aber die Missstände der fehlenden Datengrundlagen, die Schwierigkeit der Datenzusammenführung und der nicht vorhandenen Metadatenbestände nicht lösen. Schlussfolgernd ist zu bemerken, dass erst mit einer Änderung der Geodatenpolitik der Staaten Europas und der Art der Datenhaltung bei den Behörden eine zeitgerechtere und damit kostengünstigere Umsetzung komplexer Fragestellungen möglich sein wird.

### 4 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Wie bereits einleitend dargelegt, ist die derzeitige Landschaftsplanung bestrebt, monodisziplinäre Betrachtungsweisen durch fachübergreifenden Analysen weiter zu entwickeln. Diese Absichtserklärungen stecken ebenso wie die Entwicklung eines Qualitätsstandards für Landschaften innerhalb der EU sowohl methodisch als auch praktisch noch in den Kinderschuhen. In der behördlichen Planungspraxis sind sie zum Teil nur theoretisch verankert. Auch Universitäten und Forschungseinrichtungen tun sich schwer, interdisziplinäre Forschung zu betreiben bzw. konkret umzusetzen. Mit dieser Arbeit kann gezeigt werden, dass die Erweiterung des Verständnisses über landschaftshaushaltliche Prozessstrukturen innerhalb eines transdisziplinären Ansatzes als eine Erweiterung der Interdisziplinarität durchaus große Perspektiven in der Landschaftsplanung aufweist. Als Schlüssel für eine disziplinübergreifende Landschaftsplanung, unter Integration der lokalen Bevölkerung sowie sozio-ökonomischen und politischen Interessensvertretungen, werden technologische Errungenschaften wie Geografische Informationssysteme angesehen.

Mit der Tendenz der immer geringer zur Verfügung stehender finanziellen Ressourcen von Ländern, Staaten und der Europäischen Gemeinschaft, müssen Fördergelder und Subventionen zielgerichtet und den Handlungsanforderungen entsprechend verteilt werden. Bei allen Planungen wird daher vor allem durch methodische Ansätze des Flächenmanagements darauf hinzuwirken sein, maximale Effekte mit möglichst minimalen Ressourceneinsatz zu erzielen. Jeder Landschaftsraum besitzt zahlreiche Funktionen und Potenziale die je nach ihrer Ausprägung Handlungsspielraum für zukünftige Nutzungen bieten. Die "optimale" Inwertsetzung dieser Potenziale

soll über die Bewertung und Inbezugsetzung der einzelnen Teilvermögen sowie über strategische sozio-ökonomische Planungsziele als auch über ökologische Risiko- und Konfliktbewertungen einer räumlichen Gesamtabwägung ermittelt werden. Mit dem vorgestellten System lassen sich gemessen an ihrem Potenzial extrem unterentwickelte Landschaftstypen ausweisen und durch speziell zu eruiierende Maßnahmenprogramme eine zielgerichtete Aufwertung der Landschaft gewährleisten. Damit kann ebenfalls ein Wettbewerb von Landschaftsregionen hervorgerufen werden, die durch konkurrierende Konzepte einen positiven Impuls in Richtung ökologisch nachhaltiger Landschaftsplanung geben können. Durch konkrete Zielvorstellung der Entwicklung von Landschaften kann ebenfalls über Monitoringprogramme halbherzig durchgeführten Renaturierungen und Entwicklungen entgegengewirkt werden. Darüber hinaus besteht durch Evaluationsprozeduren die Möglichkeit, den zielgerichteten Einsatz der Mittel nachzuvollziehen und zu bewerten. Der Vergleich des ökologischen Zustandes der Landschaft innerhalb des propagierten Monitoringverfahrens garantiert damit eine effiziente Nutzung der finanziellen Ressourcen.

Die Zielvorstellung einer in Europa raumübergreifenden Bewertung von Landschaften begründet sich aus den Betreibungen diverser EU Rahmenrichtlinien heraus. Wie bereits gesetzlich verankert, wird in der EU Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) und der Natura 2000 Richtlinie (Richtlinie 79/409/EG und Richtlinie 92/43/EWG) versucht, europaweite Bewertungsrichtlinien zu formulieren, anhand dessen einzelne Staaten, Länder und Regionen gemessen und miteinander verglichen werden können. Dieser Modellkomplex wurde unter anderem entwickelt, um eine praktikable Vorgehensweise für europaweit vergleichbare Berichten mit Bewertungs-, Beurteilungs- und Darstellungsstandards, die skalenübergreifend anzuwenden sind, anzustreben. Das vorliegende Modell widerspiegelt einen ersten ausbaufähigen Versuch, diverse Landschaftstypen mitteleuropas nach ähnlichem Schema auf vergleichbare Art und Weise zu analysieren. Es ist jedoch deutlich herauszustellen, dass mit dem vorliegenden Modell weder der planerische noch politische Entscheid aufgehoben ist. Gesellschaftliche Normen bestimmen letztendlich die Güte eines landschaftlichen Potenzials oder Leistungsvermögen und bestimmen, für welchen Zweck oder in welcher Intensität dieses genutzt werden um die daraus gezogenen Benefits und Severices zu ernten. Abschließend sei noch angemerkt, dass im heutigen Computerzeitalter GIS und Fernerkundung als technische Hilfsmittel einen wichtigen Anteil an der Umsetzung von Planung beitragen, diese aber kein Ersatz für Datenerhebung und Bewertungsmethodik sein kann.

## 5 LITERATURVERZEICHNIS

- Barth, W.-E. (1997): Immer noch kleinkariert statt vernetzt. 5 Jahre nach Rio: Naturschutz in Deutschland. Nationalpark H.4, S. 27-32.
- Bastian, O. (1999): Leitbilder für Naturräume auf der Basis von Landschaftsfunktionen. In: Natur und Landschaft, Vol. 74, H. 9, S. 361-373
- Bastian, O. (2000): Leitbilder - das Patentrezept für die Landschaftsplanung? In: Geographie und Schule, Vol. 22, H. 23, S. 12-22
- Bastian, O. und Schreiber, K.-F. (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 563 S., Berlin. - ISBN 3-8274-0914-4.
- Bernhardt, A., Jäger, K.-D. (1985): Zur gesellschaftlichen Einflubnahme auf den Landschaftswandel in Mitteleuropa in Vergangenheit und Gegenwart. Beiträge zum Problembereich des Landschaftswandels, Sitz.ber. d. Sächs. Akad. d. Wiss. zu Leipzig, math.-nat. Kl. 117: 5 - 56
- Brown, D., Duh, J.-D. (2004): Spatial simulation for translating from land use to land cover. In: International Journal of Geographical Information Science, Vol. 18, H. 1, S. 35-60
- de Groot, R.; Wilson, M. und Boumans, R. (2002): A typology for description, classication and valuation of ecosystem functions, goods and services. In: Environmental Economics, Vol. 41, H. 3, S. 393-408
- EU-Gesetzgeber (1979): Richtlinie 79/409/EG Der Kommission über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten.
- EU-Gesetzgeber (1992): Richtlinie 92/43/EWG Des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen.
- EU-Gesetzgeber (2000): Richtlinie 2000/60/EG Des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpoltik (Wasserrahmenrichtlinie).
- Haber, W. (1971): Landschaftspflege durch differenzierte Bodennutzung. In: Bayr. Landw. Jb., Vol. 48, S. 19-35
- Haber, W. (1993): Von der ökologischen Theorie zur Umweltplanung.- GAIA 2: 96 - 106.
- Jessel, B. (1994): Leitbilder - Umweltqualitätsziele - Umweltstandards. Akad. Natursch. Landschaftspfl. (ANL): Laufener Seminarbeitr. 4: 5 - 10
- Jessel, B. (1995): Ist künftige Landschaft planbar? Möglichkeiten und Grenzen ökologisch orientierter Planung. - Laufener Seminarbeiträge 4: 91-100.
- Jessel, B. (1998): Landschaft als Gegenstand von Planung: Theoretische Grundlagen ökologisch orientierter Raumplanung. 332 S., - ISBN 3-503-04391-8.
- Klug, H. (2000): Landschaftsökologisch begründetes Leitbild einer funktional vielfältigen Landschaft. Das Beispiel Pongau im Salzburger Land. Diplomarbeit des Geografischen Instituts Hannover. Hannover (unveröffentlicht; [http://www.hermannklug.com/download/DA\\_KLUG2000.zip](http://www.hermannklug.com/download/DA_KLUG2000.zip))
- Klug, H. (2002): Methodisch-konzeptuelle Landschaftsentwicklung über prozess-orientierte, funktional-haushaltliche landschaftsökologische Leitbilder. - In: SIR-Mitteilungen und Berichte, Band 30/2002, S. 43-52. Salzburg
- Klug, H., Blaschke, T. (2003): Erfassung und Beurteilung von Wassereinzugsgebieten auf Landschaftsebene mit GIS und Fernerkundung: Landschaftsstruktur als Superindikator. Laufener Seminarbeiträge 02/2003, S. 85-99, Laufen
- Klug, H., Langanke T., Lang, S. (2003): IDEFIX - Integration einer Indikatorendatenbank für landscape metrics in ArcGIS 8.x. - In: S. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner (Hrsg.), Angewandte Geografische Informationsverarbeitung XV, S. 224-233. Salzburg
- Klug, H., Zeil, P. (2004): The choice and use of landscape metrics for catchment characterization. Proceedings of the Eco-Geowater Conference "GI for International River Basin Management", p. 73-82, 3.-5. June 2004, Budapest
- Korn, N. (2001): Die Wasserrahmenrichtlinie der EU. In: Naturschutz und Landschaftsplanung, Vol. 33, H. 8, S. 246-248
- Marks, R., Müller, M.J., Leser, H., Klink, H.-J. (1992): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL). Forschungen zur Deutschen Landeskunde Vol. 229, S. 1-222
- Peterson, D., Parker, V. (Hrsg.)(1998): Ecological Scale - Theory and Applications. 615 S., New York - ISBN 0-231-10502-9.
- Roweck, H. (1995): Landschaftsentwicklung über Leitbilder? - LÖBF- Mitteilungen 4: 25 - 34.
- Schwineköper, K., Seifert, P., Konold, W. (1992): Landschaftsökologische Leitbilder. In: Garten und Landschaft, Vol. 6, S. 33-38
- Tress, B., Tress, G. (2001): Begriff, Theorie und System der Landschaft. In: Naturschutz und Landschaftsplanung, Vol. 33, H. 2/3, S. 52-58
- Tress, B., Tress, G.; An der Valk, A. und Fry, G. (2003): Interdisciplinarity and Transdisciplinary Landscape Studies: Potentials and Limitations. 192 S., Wageningen.
- Usher, M., Erz, W. (1994): Erfassen und Bewerten im Naturschutz. 340 S., Heidelberg-Wiesbaden
- Wiegleb, G., Schulz, F., Bröring, U. (eds., 1999): Naturschutzfachliche Bewertung im Rahmen der Leitbildmethode.
- Zepp, H., Müller, M. (Hrsg.)(1999): Landschaftsökologische Erfassungsstandards. Ein Methodenbuch. Band 244, 536 S., Flensburg
- Zimdahl, R.L. (2002): Moral Confidence in Agriculture. In: American Journal of Alternative Agriculture. Vol. 17, H. 1, S. 44-53(10)