



## GIS in der Forsttechnik – Derzeitige Situation und künftige Einsatzmöglichkeiten

Christoph Skolaut <sup>1</sup>, Hubert Dürrstein <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universität für Bodenkultur, Institut für Forsttechnik, Peter Jordan-Straße 70, A-1190 Wien*

<sup>2</sup> *Universität für Bodenkultur, Institut für Forsttechnik, Peter Jordan-Straße 70, A-1190 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **87** (2–3), S. 126–131

1999

BibT<sub>E</sub>X:

```
@ARTICLE{Skolaut_VGI_199916,  
Title = {GIS in der Forsttechnik -- Derzeitige Situation und k{"u"}nftige  
Einsatzm{"o"}glichkeiten},  
Author = {Skolaut, Christoph and D{"u"}rrstein, Hubert},  
Journal = {VGI -- {"O"}sterreichische Zeitschrift f{"u"}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {126--131},  
Number = {2--3},  
Year = {1999},  
Volume = {87}  
}
```



nen. Diesbezüglich haben die praktischen Untersuchungen gezeigt, daß die gelieferte Genauigkeit für die forstliche Kartierung in den meisten Fällen ausreichend ist, jedoch die Verfügbarkeit der Korrektursignale in den forstlichen Lagen fernab von besiedeltem Gebieten im einen und auf Nordhängen im anderen Fall nicht in ausreichenden Maße gegeben ist.

In dieser Hinsicht darf man auf die weitere Entwicklung des für 2002 geplanten europäischen Satellitennavigationssystems Egnos (European Geostationary Navigation Overlay Service) gespannt sein, bei dem das korrigierte Positionssignal über drei geostationäre Kommunikationssatelliten verbreitet wird.

#### Literatur

- [1] Burrough, P.A. (1986): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Press, New York, p. 50.
- [2] Driatz P., Krügge W., Löffler H. (1984): Walderschließung. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey.
- [3] Fürst P. (1998): GPS for Nature's Welfare – Real Time Kinematik in The Donauauen Nationalpark of Austria. GPS in Forestry: Western Workshop '98. Kelowna, British Columbia, Canada.

- [4] Grammel R. (1988): Holzernte und Holztransport. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey.
- [5] Hamberger J. (1999): Ist GPS geeignet um Befahrungen schwerer Holzermaschinen auf Rückegassen zu dokumentieren? Forsttechnische Informationen 5+6/99. Mainz.
- [6] Heine E.; Kostka R. (1998): Probleme der Auswertung von GPS-Messungen. Academic Publishers Graz/Austria.
- [7] Mathies D.; Kremer J. (1999): Bodenmechanische und bodenphysikalische Ergebnisse im Rahmen des „Informationssystems zum bodenverträglichen Forstmaschineneinsatz“. Forsttechnische Informationen 5+6/1999, S. 44–48.
- [8] Moser M. (1999): GPS-Einsatz in der Forstwirtschaft. Diplomarbeit BOKU Wien.
- [9] Purkhart J. (1990): Anwendung des Geographischen Informationssystems ARC/INFO für Zwecke der forstbetrieblichen Zustandserhebung und Planung. Diplomarbeit BOKU Wien.
- [10] Zimmernann T. (1997): GPS im Forstbereich – Stand der derzeitigen Untersuchungen. Diplomarbeit Ludwig-Maximilians-Universität München.

#### Anschrift der Autoren:

Dipl.Ing. Dr. Josef Gasch, Universität f. Bodenkultur, Lehrforstzentrum, Heuberg 82, A-7212 Forchtenstein. Email: gasch@mail.boku.ac.at

Dipl.Ing. Dr.techn. Erwin Heine, Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82/II, A-1190 Wien. Email: eheine@edv1.boku.ac.at



## GIS in der Forsttechnik – Derzeitige Situation und künftige Einsatzmöglichkeiten

Christoph Skolaut und Hubert Dürstein, Wien

#### Zusammenfassung

Verbunden mit dem Vormarsch der modernen Datentechnik haben sich in den letzten Jahrzehnten die Möglichkeiten zur Informationsverwaltung und -anwendung enorm entwickelt. Zur Beurteilung von mehreren Handlungsalternativen greift heute die Forsttechnik auf sogenannte Decision Support Systeme (DSS) zurück. Durch die Verknüpfung mit Geographischen Informationssystemen (GIS) können raumbezogene Daten in den Entscheidungsprozeß einbezogen werden. Anhand von drei Beispielen wird dargestellt, für welche Zwecke diese Instrumente eingesetzt werden können. Darüber hinaus werden Perspektiven für den zukünftigen Einsatz von GIS und DSS im Bereich der Forsttechnik gegeben.

#### Abstract

In connection with the evolution of the electronic data processing different types of information systems were developed within the last decades. In the field of forest technology decision support systems (DSS) are used to evaluate different operational actions. By implementation of GIS the decision making process will be supported by spatially referenced data. Application and practicability of these tools will be described on three examples. Beyond this prospects for future use of GIS and DSS in forest technology are given.

#### 1. Einleitung

Für Entscheidungsprozesse in der Forstwirtschaft und im speziellen in der Forsttechnik sind in der Regel große Datenmengen zu verwalten.

Ohne moderne EDV-gestützte Datenverwaltungssysteme ist es bei den vielfältigen Ansprüchen an den Wald nicht mehr möglich, für diese komplexen Fragestellungen befriedigende und allseits akzeptierte Resultate zu erzielen.

Im Laufe der letzten 30 Jahre sind verschiedene Arten von Informationssystemen entwickelt worden, die mit unterschiedlichen Ansätzen die Entscheidungsfindung unterstützen. Seit einigen Jahren nutzt auch die Forsttechnik Decision Support Systeme (DSS) für die strategische Planung, die sich auf die Beurteilung mehrerer Handlungsalternativen abstützt. Die Verbindung mit GIS erlaubt zusätzlich, raumbezogene Daten einzubeziehen. Aus den nachfolgenden Ausführungen geht hervor,

- welche Eigenschaften wissensbasierte Systeme aufweisen und wie sie sich entwickelt haben,
- in welchen Bereichen heute DSS eingesetzt und
- welche künftige Verwendungen angestrebt werden.

## 2. GIS als Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung

Neben der Datenvielfalt ist bei Planungsprozessen den Besonderheiten der Waldbewirtschaftung Rechnung zu tragen. Wichtige Faktoren, die es zu berücksichtigen gilt, sind die Naturgebundenheit, die Multifunktionalität, die Langfristigkeit der Produktion und das Prinzip der Nachhaltigkeit.

Mit der Entwicklung in der Computertechnologie konnten auch komplexe Vorgänge automatisiert und für die Entscheidungsfindung genutzt werden. So gab es bereits Mitte der 60er Jahre erste Informationssysteme, die im wesentlichen auf ein Frage-Antwort-System aufbauten und dabei verschiedene Komponenten (Daten, Information und Wissen) intelligent kombinierten.

Welche Arten von Informationssystemen, die den Prozeß der Entscheidungsfindung mit unterschiedlichen Ansätzen unterstützen, verfügbar sind, wird nachfolgend beschrieben:

- *Managementinformationssysteme (MIS)* führen Analysen von Zuständen und Ereignissen durch, stellen sie in geeigneter Form dar und unterstützen damit die Planung und Kontrolle. MIS werden aufgrund ihrer einfachen Handhabung vor allem im operativen Bereich eingesetzt.

Im Rahmen von MIS wird – dem Grundsatz folgend, je mehr Daten, desto mehr Informationen und daher bessere Entscheidungen [8] – umfangreiches Datenmaterial erhoben. Dabei besteht die Gefahr, daß Daten nur aufgrund der leichten Zugänglichkeit erhoben werden, für die jeweilige Problemlösung aber wenig Nutzen bringen [4].

- *Expertensysteme (ES)* unterstützen den Anwender bei Fragestellungen, die spezielles Fachwissen erfordern. Das Computersystem speichert das entsprechende Expertenwissen in Form von Fakten und Regeln. Probleme werden dadurch gelöst, daß über die korrekte Verknüpfung von Wissen und Fakten, die richtigen Schlußfolgerungen gezogen werden. ES arbeiten sehr zuverlässig bei Problemstellungen mit klaren algorithmischen oder mathematischen Lösungswegen. Bei komplexen Problemstellungen des forstlichen Ingenieurwesens ist es jedoch vielfach nicht möglich, menschliches Fachwissen durch eindeutige Regel zu ersetzen. Dies ist mit ein Grund, warum die im folgenden angeführten Decision Support Systems möglicherweise den am besten geeigneten Ansatz zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im Bereich des forstlichen Ingenieurwesens darstellen.

- *Decision Support Systems (DSS)* unterstützen das Management auf strategischer Ebene, auf der Entscheidungen größtenteils in einem unstrukturierten Problemfeld, das nicht klar abzugrenzen ist und dessen Lösungswege mit Unsicherheiten verbunden sind, getroffen werden. Entscheidungen und nicht Daten sind für die Problemlösung maßgeblich.

Unter einem teil- oder unstrukturierten Problem wird eine Entscheidungssituation verstanden, deren Lösungsweg in einem Algorithmus oder mit Entscheidungsregeln nur teilweise abgebildet werden kann. In den Systemen sind Modelle und Werkzeuge integriert, welche die Entscheidungsfindung erleichtern können und vor allem auf Fragestellungen des Typs „wenn . . . dann“ zugeschnitten sind. Es können somit mehrere Handlungsalternativen erzeugt werden, die das Verständnis über die Verhältnisse, in denen sich eine Problemstellung abspielt, unterstützen und die Analyse einer konkreten Problemsituation ermöglichen. Daraus kann wiederum die Auswahl eines Lösungsweges vorgenommen werden [7].

Bei DSS werden in einer ersten Phase die zu treffenden Entscheidungen festgelegt. Darauf abgestützt werden in einem zweiten Schritt die erforderlichen Daten und Informationen beschafft. Eine wesentliche Charakteristik von DSS ist, und das unterscheidet sie von Expertensystemen, daß höherwertige Ebenen im Entscheidungsfindungsprozeß unterstützt, aber nicht ersetzt, werden [4].

Für den Aufbau eines DSS sind Datenverwaltungssysteme Grundvoraussetzung. Nach dem gültigen Konzept von [9] besteht ein der-

artiges DSS aus drei technischen und logischen Komponenten:

- Datenbankverwaltung (Datenkomponente)
- Modellbankverwaltung (Modellkomponente)
- Schnittstelle zwischen Anwender und System (Dialogkomponente)

- *Spatial Decision Support Systems (SDSS)* bauen auf der Idee herkömmlicher DSS auf, verfügen jedoch über Fähigkeiten, raumbezogene Daten zu archivieren, analysieren, verwalten und darzustellen. Sie unterstützen einerseits wie gewöhnliche DSS den Entscheidungsträger, ermöglichen jedoch andererseits zusätzlich, Probleme raum- und zeitbezogen zu modellieren und somit den Zugriff und die Darstellung von Rauminformationen zu erleichtern [1].

Die Basis von SDSS bilden Geographische Informationssysteme (GIS). Diese können analytische Modellierungen, wie beispielsweise Nachbarschafts- und Netzwerkanalysen unterstützen. Außerdem sind in GIS, die einen logischen Aufbau der Datenstruktur aufweisen, Datenbankverwaltungssysteme implementiert. Es kann somit die Verbindung zwischen Geometrie, Topologie und Sachdaten von attributtragenden Objekten (Knoten, Kante, Fläche) hergestellt und eine sichere und konsistente Manipulation, Abfrage und Ausgabe raumbezogener Daten durchgeführt werden. Lagen die Schwerpunkte der Anwendung von GIS bisher im technischen Bereich, so werden diese in Zukunft vor allem im organisatorischen Bereich zur Verbesserung und Unterstützung der Planungstätigkeiten liegen. Die Verbreitung von GIS-Applikationen wird vor allem von der Einbindung von Expertenwissen, Analyse- und Prognosemodellen, Visualisierungstechniken, statistischen Ansätzen sowie von den Möglichkeiten eines benutzerfreundlichen Informations- und Datenaustausches in verschiedenen wissenschaftlichen und professionellen Bereichen abhängen [7]. Vorteile eines Einsatzes von GIS zeigen sich vor allem dann, wenn der Schwerpunkt der Anwendungen auf die Manipulation, Analyse und Modellierung von räumlichen Daten im Rahmen eines raumbezogenen Informationssystems gesetzt wird.

Im Bereich der Forstwirtschaft wird die GIS-Technologie vorwiegend für die automatisierte Kartographie sowie die Erfassung und Speicherung von großen Datenmengen eingesetzt. Dies entspricht eher einem Managementinformationssystem, das hauptsächlich auf der operationellen Ebene Verwendung fin-

det. Der Einsatz von GIS im Zuge von SDSS zur Unterstützung der Entscheidungsfindung erfolgt bisher nur in wenigen Fällen.

### 3. Anwendungsbereiche

#### 3.1. *Spatial Decision Support System (SDSS) für die Holzernteplanung im steilen Gelände*

Die Holzernte ist mit rund 70 % ein zentraler Kostenfaktor. Der Wahl des optimalen Holzertesystemes kommt daher im Rahmen der forstlichen Nutzungsplanung eine entscheidende Rolle zu [3].

Mit Hilfe eines an der ETH Zürich erarbeiteten SDSS-Prototypen kann auf einer GIS-basierten Grundlage über das geeignete Holzertesystem für nicht befahrbare, steile Gelände unter Berücksichtigung unterschiedlicher waldbaulicher Nutzungsarten rational entschieden werden.

Die zentrale Komponente des SDSS für die Holzernteplanung stellt die Geländebeurteilung dar, mit der die räumliche Machbarkeit verschiedener Handlungsalternativen beurteilt werden kann. Auf dieser Grundlage können ökonomische Analysen durchgeführt sowie räumliche Darstellungen mit Zuordnung zu unterschiedlichen Holzernteverfahren generiert werden.

Im Rahmen der Modellkomponente wird der Zugriff auf die vorhandenen Daten unterstützt und Entscheidungsmodelle sowie Berechnungsroutinen werden zur Verfügung gestellt. Ein integraler Bestandteil sind räumliche Analysen. Das Modell wird in die GIS-Umgebung, in diesem Fall ArcInfo, eingebunden, weshalb Probleme mit der Datenkompatibilität gänzlich wegfallen.

Die Datenkomponente (Datenbankverwaltungssystem) ist das Herz eines DSS, da es die Trennung zwischen Daten und Anwendungen ermöglicht und damit den Vorteil einer optimalen und von den Anwendungsprogrammen unabhängigen Organisation der Daten bringt. Die Datenbank bildet dabei die Grundlage, auf der die Modell- und Dialogkomponenten des Systems für die Entscheidungsunterstützung operieren können.

Die Schnittstelle zwischen DSS und Anwender bildet die Dialogkomponente. Sie gewährleistet

- die Eingabe von Parametern, die Verarbeitungsprozeduren aufrufen und diese mit den notwendigen Angaben versorgen,
- die Ausgabe von analogen und digitalen Darstellungen,
- die Eingabe von Parametern, die Speicherprozeduren starten und somit die Sicherheit des Systems unterstützen,

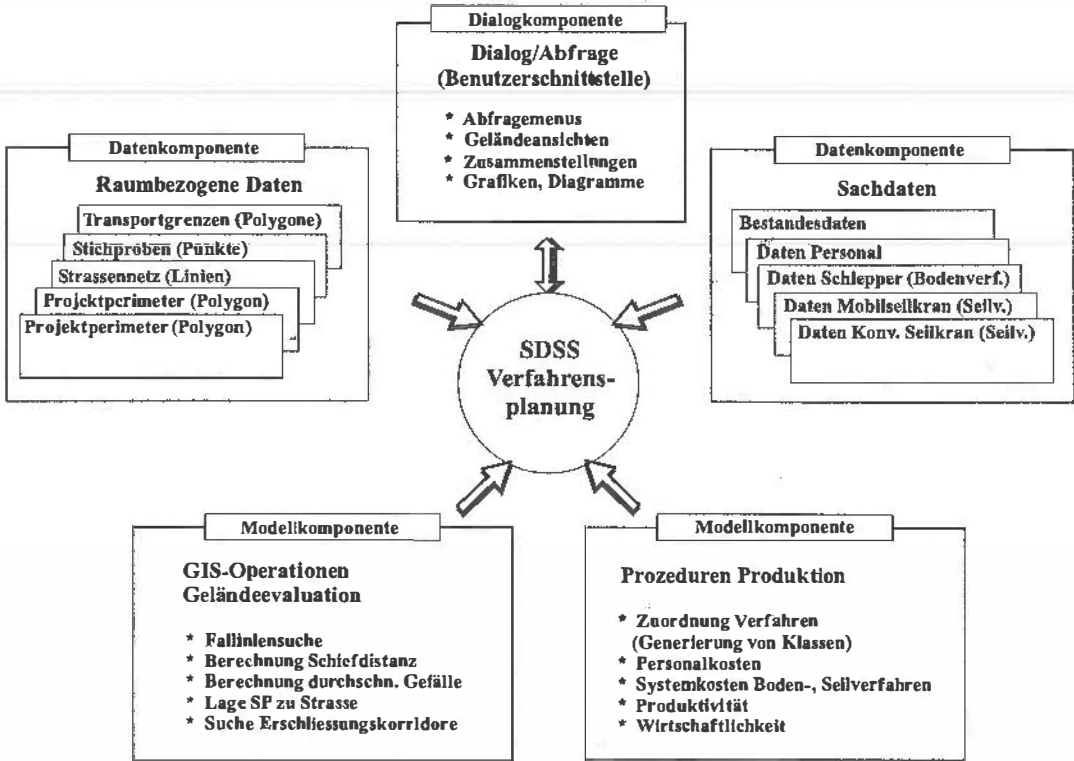


Abb. 1: Modellstruktur des Spatial Decision Support Systems für die Holzernnteplanung [7]

- den Aufruf von Kontrollmechanismen im Rahmen des Prozeßablaufes.

Diese Anforderungen an die Dialogkomponente des DSS können mit der GIS-Software ArcInfo und ihrer Makro-Programmiersprache AML weitgehend umgesetzt werden. Der Anwender muß sich nicht mehr mit systemtechnischen, sondern kann sich mit den eigentlichen fachspezifischen Problemen auseinandersetzen.

### 3.2. Spatial Decision Support System (SDSS) zur Beurteilung der Befahrbarkeit von Waldböden

Bodengebundene Holzerntesysteme üben einen großen Einfluß auf die Verdichtung und das Gefüge des Waldbodens aus. Im Rahmen eines Projektes der ETH Zürich wird ein Entscheidungssystem entwickelt, das es erlaubt, die Befahrbarkeit von Böden zu beurteilen und die Auswirkungen verschiedener Holzerntverfahren auf die Waldböden abzuschätzen.

Entscheidungen in der Holzernnteplanung werden in entsprechend großen Betrachtungseinheiten, in Österreich zum Beispiel im Maßstab 1:10.000, durchgeführt. Im Bereich der Bodenmechanik wurden verschiedene Modelle entwick-

kelt, die den Einfluß von Fahrzeugen auf Böden untersuchen. Hierzu sind Informationen über die Bodeneigenschaften erforderlich, die sich nur kleinräumig über Stichproben erheben lassen. GIS können diese Informationen unterschiedlichen Maßstabs problemlos miteinander verknüpfen. Die Geländeoberfläche wird von digitalen Geländemodellen bereitgestellt, die es erlau-

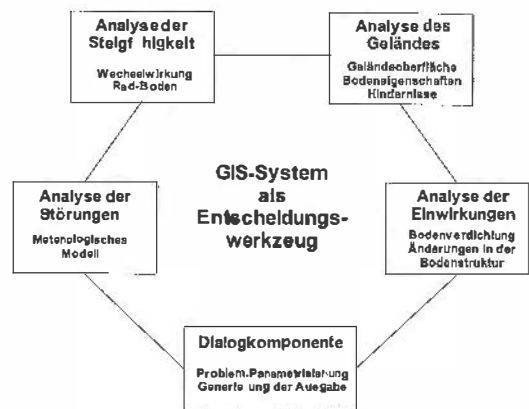


Abb. 2: Grundprinzip der Analyse und der Entwicklung eines DSS zur Beurteilung der Befahrbarkeit (verändert nach [5])

ben, verschiedene Geländeattribute wie Neigung, Exposition, Hanglängen, usw. für einzelne Rasterzellen zu ermitteln. Mit Hilfe einer angemessenen Anzahl von Stichproben wird im Gelände die Beziehung zwischen Wassergehalt und Bodenfestigkeit ermittelt. Empirische lineare Modelle berechnen anhand dieser Grunddaten für jede Zelle des Geländemodells einen charakteristischen Bodenwert. Dieser Wert dient dazu, die Befahrbarkeit für ausgewählte Holzernemaschinen vorherzusagen und graphisch als Befahrbarkeitskarten oder thematische Karten mit Schwellenwerten des Bodenwassergehaltes darzustellen.

Das DSS bindet alle Modelle in ein GIS ein, mit dessen Hilfe die Einflüsse von verschiedenen Handlungsvarianten aufgezeigt werden können.

### 3.3. Computergestützte Entscheidungshilfe für die Planung von Verjüngungseingriffen in Gebirgsbeständen

Ausgehend von den Überlegungen, daß speziell bei Verjüngungseingriffen in Gebirgswaldbeständen die waldbauliche und forsttechnische Ausführung optimal aufeinander abgestimmt sein sollte und dabei neben wirtschaftlichen Überlegungen auch mögliche negative Auswirkungen von Handlungsalternativen zu berücksichtigen sind, wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur ein applikationsfähiger Prototyp eines computergestützten Instrumentes zur Planung von Verjüngungseingriffen in Gebirgswaldbeständen entwickelt [6].

Es werden dazu einfache Modelle erarbeitet, mit denen die Produktivität für seilgestützte Holzernesysteme ermittelt sowie das Schadensrisiko am verbleibenden Bestand, an der bestehenden Verjüngung und am Boden in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußgrößen abgeschätzt werden können. Diese Modelle ermöglichen, verschiedene Handlungsalternativen (Art des Eingriffes, eingesetztes Holzernesystem, Umsetzung im konkreten Bestand) auf ihre Gesamteignung zu prüfen. Die räumliche Komponente in der waldbaulich/forsttechnischen Entscheidungsfindung fließt über das Geographische Informationssystem (ArcView) ein. Dabei sind die thematischen Sachdaten wie Bestandes- und Verjüngungsmerkmale oder biometrische Informationen extern in einer relationalen Datenbank organisiert, während die georeferenzierten räumlichen Daten in der INFO-Datenbank - von - ArcView - verwaltet - werden.

Der Benutzer kann menügesteuert zwei oder mehr Punkte in einem Bestand vorgeben. Anhand dieser Vorgabe ermittelt das GIS eine potentielle Rückelinie/Seiltrasse. Zusätzlich können vorhandene Verjüngungsflächen oder andere negative Kardinalpunkte angegeben werden, die bei der Generierung der Rückelinie/Seiltrasse zu beachten sind. Diese Inputs durch den Planer erfolgen direkt über das Display eines Notebooks. Einfache Attribute der ausgeschiedenen Kardinalflächen gibt ebenfalls der Planer vor Ort über entsprechende Bildschirm-Menues ein. Ausgehend von den definierten Rückelinien/Seiltrasen werden für jede Rasterzelle ( $10 \times 10 \text{m}^2$  - Basis) des Bestandes mit Hilfe geeigneter Distanzoperationen die Richtung und kürzeste Entfernung zur Seiltrasse ermittelt. Sämtliche verfügbaren Bestandes- und Standortdaten werden innerhalb des GIS in Rasterdaten transformiert (Grids mit einer räumlichen Auflösung von  $10 \times 10 \text{m}^2$ ) und mit den aus dem digitalen Geländehöhenmodell abgeleiteten Daten (Neigung, Exposition) für die weitere räumliche Analyse vorgehalten. Ergänzend sollen digitale Orthophotos die leichtere Orientierung des Benutzers am Bildschirm ermöglichen. Die pixelbasierten Daten werden als Input für das Produktivitätsmodell und die Schadensmodelle verwendet. Die zu erzeugenden Outputs können wiederum jedem Pixel zugeordnet werden. Für jede potentielle Rückelinie/Seiltrasse können somit unterschiedliche Szenarien durchgespielt und jeweils die Ergebnisse des Schadensmodells und des Produktivitätsmodells in Tabellenform oder graphisch als Karte visualisiert werden. Diese Attribute dienen gleichzeitig als Basisdaten für das MAUT-Evaluierungsmodell (multiple attribute utility theory; MAUT). Somit steht als Entscheidungsgrundlage die Information über mögliche Auswirkungen von Nutzungsalternativen sowohl visualisiert als auch höher aggregiert in numerischer Form zur Verfügung [6].

## 4. Ausblick

Ein wesentlicher Einsatzbereich von GIS in der Forsttechnik wird im Bereich der generellen Planung liegen. In diesen integralen Planungsprozessen sind neben den variierenden Gelände-, Boden- und Bestandesparametern die Abläufe in der Holzproduktionskette, sowie verschiedene Drittinteressen zu berücksichtigen. Nur so lassen sich negative Folgewirkungen von vornherein minimieren bzw. gänzlich vermeiden. Durch die Verwendung von GIS zur Verwaltung dieser Daten- und -zur-Simulation-von-Auswirkungen-des-forstlichen-Aufschließung-auf-die-Umgebung

(Bestand, Boden, Wasserverhältnisse, usw.) kann unter anderem eine vorausschauende Risikobeurteilung bzw. ein Risikomanagement durchgeführt werden. Interdisziplinäre Ansätze (z.B. in Zusammenarbeit mit der Wildbach- und Lawinerverbauung) sind anzustreben.

In Österreich liegt die durchschnittliche Wegedichte im Wald mittlerweile bei rund 44 lfm/ha. Neben Resterschließungsmaßnahmen, wird in Zukunft der Unterhalt des bestehenden Straßennetzes eine zentrale Aufgabe darstellen. Mit Hilfe eines „Forststraßen-GIS“ [2] können die relevanten Daten von Forststraßen oder Straßenabschnitten, wie zum Beispiel die geographische Lage, technische Parameter, Ausbaustandard, Nutzungsintensität und -ansprüche, durchgeführte Instandsetzungsmaßnahmen verwaltet werden. Für situationsorientierte Unterhaltskonzepte sind ausgehend von der gesamten Produktionskette Unterhaltsnotwendigkeiten – ggf. auch mit der Unterscheidung in mehrere Wegekategorien – festzulegen, und, falls sinnvoll oder erforderlich, geeignete Reengineering-Maßnahmen in die Wege zu leiten.

Besonderer Berücksichtigung bedarf das Straßennetz in der unmittelbaren Umgebung von Ballungsräumen, das verstärkt von Erholungssuchenden benutzt wird. Im Gegensatz zu den weniger stark frequentierten Forststraßen in ländlichen Regionen und/oder im Gebirge verschieben sich in diesen Bereichen die Nutzungsansprüche und -bedürfnisse. Bei Unterhaltskonzepten oder ergänzenden Erschließungsmaßnahmen sind diese Anliegen zu berücksichtigen. Mit Hilfe von GIS lassen sich Bereiche unterschiedlicher Nutzungsinteressen und den damit verbundenen Konsequenzen erfassen, analysieren und unter Einbindung in ein DSS einer optimalen Lösung zuführen.

Durch die zunehmende Verfügbarkeit von digitalen Daten besteht der Bedarf, diese mit geeigneten Instrumenten und anpassungsfähigen Modellen nutzbar zu machen. Entscheidungen in komplexen Situation, wie sie im Bereich der Forsttechnik zunehmend auftreten, können damit unterstützt werden oder teilweise überhaupt

erst realisiert werden. Es besteht somit ein großes Potential für die Entwicklung von GIS-basierten Analyse- und Prognoseinstrumenten sowie von SDSS für die Vorbereitung von Entscheidungen, die Auswahl von Handlungsalternativen und die Überprüfung von Entscheidungen [7].

#### Literatur

- [1] *Armstrong M.P., Densham P.J.* (1990): Database organization strategies for spatial decision support systems. In: Lüthy, D. (1998): Entwicklung eines „Spatial Decision Support“-Systems (SDSS) für die Holzernteplanung in steilen Geländebeziehungen. Dissertation ETH Zürich, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: 260 S.
- [2] *Fernsebner K.* (1998): Walderschließung – Perspektiven für die Zukunft. In: Beiträge zur Walderschließung und forstlichen Arbeitswissenschaft. Eigenverlag des Institutes für Forsttechnik, Universität für Bodenkultur, Wien: S.85–94.
- [3] *Heinimann H.R.* (1992): Optimierung von Erschließungs-Holzernte-Systemen mit einem Geländeklassifikationsmodell. In: 26. Internationales Symposium zur Mechanisierung der Waldarbeit, Eigenverlag des Institutes für Forsttechnik, Universität für Bodenkultur, Wien: S.170–175.
- [4] *Heinimann H.R.* (1994): Conceptual Design of a Spatial Decision Support System for harvest planning. In: International Seminar on forest operations under mountainous conditions, China: 8 S.
- [5] *Heinimann H.R.* (1998): Trafficability Evaluation System. Projektantrag, ETH Zürich: 12 S.
- [6] *Lexer M.J., Stampfer K.* (1999): Computergestützte Entscheidungshilfe für die Planung von Verjüngungseingriffen in Gebirgsbeständen. Projektantrag, Universität für Bodenkultur, Wien: 17 S.
- [7] *Lüthy D.* (1998): Entwicklung eines „Spatial Decision Support“-Systems (SDSS) für die Holzernteplanung in steilen Geländebeziehungen. Dissertation ETH Zürich, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: 260 S.
- [8] *Rhodes P.C.* (1993): Decision Support Systems: Theory and Practice. In: Heinimann, H.R. (1994): Conceptual Design of a Spatial Decision Support System for harvest planning. In: International Seminar on forest operations under mountainous conditions, China: 8 S.
- [9] *Sprague R.* (1980): A framework for the development of Decision Support Systems. In: Lüthy, D. (1998): Entwicklung eines „Spatial Decision Support“-Systems (SDSS) für die Holzernteplanung in steilen Geländebeziehungen. Dissertation ETH Zürich, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: 260 S.

#### Anschrift der Autoren:

Univ.Prof. Dipl.-Fw. Dr. Hubert Dürrstein, Dipl.-Ing. Christoph Skolaut, Universität für Bodenkultur, Institut für Forsttechnik, Peter Jordan-Straße 70, A-1190 Wien, E-Mail: hduerrst@edv1.boku.ac.at, cskolaut@edv1.boku.ac.at