

Aufbau eines GIS als Datenbasis für Waldschadensforschung

Franz-Josef Behr Karlsruhe

Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens "Aufbau eines geographischen Informationssystems zur Ermittlung von Waldschäden und ihrer Veränderung" werden Waldschadensdaten mit anderen Informationen innerhalb eines rasterorientierten Geographischen Informationssystems verknüpft. Ziel ist die Ermittlung von Abhängigkeiten zwischen der räumlichen Verteilung der Schäden und verschiedenen Stressfaktoren.

Dazu wurde auf der Grundlage eines unverzerrten Stichprobenrasters mit ca. 25 Meter Maschenweite eine Waldschadens-Intensivinventur für zwei Gebiete im südlichen Schwarzwald durchgeführt. Voraussetzung für die Verknüpfung mit weiteren Daten ist die Bestimmung der Landeskoordinaten der Stichprobenorte. Dazu entwickelte Verfahren werden beschrieben und bezüglich ihrer Genauigkeit verglichen.

Die so erhobenen geobezogenen Daten (Schadstufe, Baumart) bilden die Grundlage einer geographischen Datenbasis.

Angewandte Verfahren zur Verknüpfung mit Standortparametern (Alter, Bestandesaufbau u.s.w.), Reliefeigenschaften (Höhe, Neigung, Exposition) sowie topographischen Gegebenheiten (Straßen, Siedlungen, Gewässer) werden dargestellt.

Über die kombinierte Auswertung von Schadensdaten und Forstwirtschaftsdaten kann - nach Elimination von Altersabhängigkeiten - der Einfluß von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Schäden untersucht werden.

Die Ergebnisse gestatten Deutung und Hypothesenprüfung in Hinblick auf mögliche Ursachen neuartiger Waldschäden. In Verbindung mit Bildverarbeitungstechniken erlaubt der rasterorientierte Ansatz die digitale kartographische Ergebnispräsentation. Die in der Projektarbeit gewonnenen Erfahrungen bezüglich des Einsatzes Geographischer Informationssysteme werden dargelegt.

Einleitung

Da beim Waldsterben verschiedene Ursachen zusammenwirken, ist eine Gesamtschau möglichst vieler Einflußfaktoren sowie die Möglichkeit statistischer Verknüpfung der einzelnen Faktoren untereinander notwendig, um neue Erkenntnisse über Mechanismen des Waldsterbens zu erhalten. Die Auswertung bedarf dabei der Unterstützung durch ein Geographisches Informationssystem.

Im Rahmen des Projektes "Aufbau eines Geographischen Informationssystems zur Ermittlung von Waldschäden und ihrer Veränderung" wurden mit rasterorientierten Ansätzen und statistischen Analysen neuartige Waldschäden untersucht. Im Rahmen des Vorhabens, das gemeinschaftlich vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe und dem Institut für Physische Geographie der Universität Freiburg bzw. dem Institut für Geographie der Universität Würzburg bearbeitet wurde, wurden flächenhaft vorliegende Standorteigenschaften erfaßt und mit dem jeweiligen Schadbild an den entsprechenden Standorten in Beziehung gesetzt. Neben den Daten zu Topographie (Digitales Geländemodell (DGM) und daraus abgeleitet Größen) sind Informationen über forstliche

Standortsbedingungen, Boden, Geologie, Strahlungstemperatur und lokalen Besonderheiten (Straßen, Eisenbahn, Siedlungen, Gewässer) vorhanden.

Erfassung des Schadbildes

Grundlage des Informationssystems bilden die Schadensdaten des Jahres 1985, die in unterschiedlichen Auflösungen vorhanden sind. Neben Daten der terrestrischen Inventur mit vier Kilometer Rasterweite für Baden-Württemberg und IR-Luftbildinventurdaten mit einem Kilometer Rasterweite im Hochschwarzwald ist Kernstück der Datenbasis das Ergebnis einer Infrarot-Luftbild-Intensivinventur. Durch die Forstliche Forschungs- und Versuchsanstalt (FVA) Baden-Württemberg erfolgte die Ansprache von etwa 45000 Einzelbäumen nach Baumart und Schadstufe in einem regelmäßigen Raster der Seitenlänge 0.5 cm. Bei einem Luftbildmaßstab von ca. 1:5000 entspricht dies einer Maschenweite im Gelände von etwa 25 m. Die Inventurdaten - Baumart und Schadstufe der einzelnen Stichprobenbäume - wurden auf Inventurfolien eingetragen.

Aufbereitung zur digitalen Weiterverarbeitung

Voraussetzung für die weitere Verarbeitung und Verknüpfung ist die Digitalisierung der Daten und der Bezug auf ein einheitliches Koordinatensystem, in diesem Fall das Gauß-Krüger-System der Landesvermessung. Insgesamt wurden drei Verfahren zur Bestimmung von Landeskoordinaten untersucht, nämlich

- projektive Entzerrung,
- Entzerrung über Bildkoordinaten und Geländehöhe,
- Entzerrung durch Interpolation in einem verzerrtem Raster,

deren Genauigkeit in Tabelle zusammengestellt ist. Sie entspricht in etwa der halben Größe der für die thematische Auswertung gewählten Rasterweite von 25 m.

Verfahren	Lage (m)	Höhe (m)
Projektive Entzerrung	20.6	-
Bildkoordinaten und Geländehöhe	10.5	5.0
Interpolation in verzerrtem Raster	9.1	4.9

Beim genauesten Verfahren, der Bestimmung der Landeskoordinaten durch Interpolation in einem verzerrtem Raster, wird ein indirekter Ansatz gewählt: Die Punkte des quadratischen DGM-Gitters werden über die Abbildungsgleichungen der Zentralprojektion - d.h. über die Parameter der äußeren Orientierung - ins Bildkoordinatensystem der photogrammetrischen Aufnahme transformiert. Durch diese Transformation erhält man ein perspektiv verzerrtes Raster der DGM-Punkte. Für jeden Stichprobenort sind seine Landeskoordinaten durch Interpolation (z.B. Affintransformation oder Streckengewichtung) zwischen den benachbarten verzerrten DGM-Punkten zu berechnen. Auf diese Weise erhält man die Verbindung zwischen den Stichprobenpositionen im Bild und denen in topographischen Karten bzw. im Gelände.

Für die eigentliche Entzerrung werden die Daten jeder Inventurfolie entsprechend dem Inventurraster in Matrixform in einer Textdatei abgelegt. Jedem Stichprobenort sind hierbei Rasterkoordinaten (Zeile, Spalte) innerhalb dieser Datenmatrix zugeordnet.

Die Entzerrung selbst erfordert drei Schritte:

- Bestimmung der inneren Orientierung,
- Bestimmung der äußeren Orientierung,
- Transformation der Stichproben.

Nach dem Anbringen des Luftbildes auf einem Digitalisiertisch wird die Inventurfolie auf das Meßbild eingepaßt. Durch Digitalisieren der Rahmenmarken wird die innere Orientierung bestimmt.

Die äußere Orientierung beschreibt die Beziehung zwischen Bild- und Landeskoordinaten und kann über Paßpunkte bestimmt werden. Aus ihren Bild- und Landeskoordinaten errechnen sich über räumlichen Rückwärtsschnitt die Parameter der äußeren Orientierung.

Zur Transformation der in Matrixform abgelegten Inventurdaten werden durch Digitalisieren zunächst Bildkoordinaten von vier Stichproben bestimmt. Daraus erhält man die Koeffizienten einer Affintransformation einzelner Matrixelemente in entsprechende Bildkoordinaten.

Nun liegen alle zur Entzerrung notwendigen Parameter vor. Für jedes Tupel der Datenmatrix werden zunächst Bildkoordinaten bestimmt, aus denen über das oben beschriebene Entzerrungsverfahren Landeskoordinaten gewonnen werden. Die Lage der Stichproben ist nunmehr bekannt, und die Verknüpfung mit weiteren geocodierten Datensätzen kann erfolgen.

Verknüpfung der Waldschadenserhebung mit Zusatzdaten

Gesamtergebnis

Die Schädigungsgrade der beiden Untersuchungsgebiete Kälbelescheuer und Schluchsee (Tab.) zeigen deutlich, daß die Tanne in beiden Teilgebieten die höchsten Schädigungsaufweist. Auffallend ist der Unterschied im Gesamtergebnis der gesunden Bäume, die im Teilgebiet Schluchsee einen um vier Prozent höheren Anteil haben. Fichte und Buche schneiden am Schluchsee besser ab, während es bei der Tanne umgekehrt ist.

Gebiet	Baumart	Schadstufenanteil (%)				Anzahl
		0	1	2	3	
Schluchsee	gesamt	35.7	31.0	24.9	8.4	36542
	Fichte	34.4	30.3	26.2	9.1	29191
	Tann	13.8	29.8	40.7	15.6	456

	Buche	45.2	42.5	11.9	0.3	1800
Kälbelescheuer	gesamt	31.8	31.3	28.8	8.2	9136
	Fichte	29.8	25.0	32.0	13.2	3493
	Tanne	19.6	31.5	39.2	9.7	2434
	Buche	41.3	39.4	18.4	0.9	2506

Verglichen mit anderen Waldschadensinventuren [Zirm 85, Hildebr 87] sind die Schäden bei vorliegender Untersuchung erheblich größer.

Reliefparameter

Aus einem DGM [Sigle 85] mit einer Maschenweite von 50 m wurden für die einzelnen Rasterpunkte über entsprechende Algorithmen Exposition und Hangneigung abgeleitet und Untersuchungen auf Abhängigkeit der Schäden von Höhe, Hangneigung und Exposition durchgeführt.

Die in zusammengestellten Werte zeigen an der Kälbelescheuer bis in eine Höhenlage von ca. 1000 m eine Abnahme des Vitalitätszustandes der Bäume mit zunehmender Höhe. Dann erfolgt zunächst eine Verbesserung des Waldzustandes (1050 m), bevor eine weitere Zunahme der Höhe wieder eine Verschlechterung des Schadbildes mit sich bringt.

Interessant verhält sich die Buche: Ihr Zustand verschlechtert sich bis in Höhen von etwa 900 m, wohingegen die Verhältnisse darüber annähernd konstant bleiben.

Das wichtigste Ergebnis der Auswertung ist die Existenz einer kritischen Höhe, die ein lokales Schadensmaximum aufweist. Das entspricht den Ergebnissen von [Schöpfer 84a]. Ein Grund dafür ist in atmosphärischen Bedingungen zu sehen (Inversionschichten).

Die Auswertung des Schadzustandes im Hinblick auf die Neigung zeigt, daß die untersuchten Baumarten in den Steillagen wesentlich stärker geschädigt sind [Bähr 91]. Betrachtet man die Schadklassen 0 und 1 sowie 2 und 3 zusammen, lassen sich für das Gebiet um den Schluchsee südöstlich exponierte Flächen als Schwerpunkte der Schädigungen erkennen. Unterdurchschnittliche Werte finden sich in nordwestlicher Richtung. Für die Bestände um die Kälbelescheuer gilt bezüglich der südostexponierten Bereiche dasselbe wie am Schluchsee. Die nordwestlichen Oktanten dagegen weisen hier ein sekundäres Maximum auf.

Bestandseigenschaften

Typische Bestandeseigenschaften, wie natürliche Altersklasse, Kronenschluß, Bestandesaufbau und Mischungsform, wurden bei der Inventur ebenfalls erhoben, durch Digitalisierung erfaßt und in entsprechenden Datenebenen abgelegt.

Den dominanten Einfluß auf das Schadbild übt die Alterstruktur aus (Tab. 3). Schwaches Baumholz und verstärkt starkes Baumholz und Altholz sind weitaus stärker geschädigt als jüngere Bestände.

Natürliche	Schadstufenanteil (%)				Anzahl	Anteil (%)
	0	1	2	3		
Altersklasse					Stichproben	
Jungwuchs	46.0	30.6	18.2	5.2	363	4.1
Dickung	53.2	32.3	12.7	1.8	886	10.0
Stangenholz	50.5	33.6	13.4	2.5	1657	18.7
schwaches Baumholz	39.8	32.2	20.7	7.1	237	13.9
starkes Baumholz	19.1	30.7	39.3	10.9	3374	38.0
Altholz	16.0	29.3	41.2	13.5	1361	15.3

Bestände mit Kronenschluß weisen eine erheblich geringere Schädigung auf als die beiden anderen genannten Kronenschlußklassen. Die Mischung der Baumarten hat, vor allem bei einzeln eingestreuten Baumarten, eine gewisse Bedeutung. Der Einfluß des Bestandesaufbaus scheint ohne Bedeutung für das Ausmaß der Schäden.

Nachbarschaftsbezogene Auswertungen

Aus der Topographischen Karte 1:25000, Blatt 8114 (Feldberg), wurde Grundrißinformation in Vektorform digitalisiert und durch Vektor-Raster-Konvertierung in eine Rasterdatenebene eingetragen. Die Informationen Straßen, Siedlungen, Eisenbahntrassen, Gewässer wurden rechnerisch vergrößert (Abstandstransformierte) und mit weiteren Datenebenen für nachbarschaftsbezogene Auswertungen verknüpft. Beispielhaft sind die Ergebnisse für die Klassen "Bundesstraßen", "Nebenstraßen" und "Eisenbahn" in der Tabelle eingetragen; weitere Untersuchungen sind in [Bähr 91] dokumentiert.

Entlang von Nebenstraßen ist die Schädigung deutlich geringer als längs der beiden im Gebiet liegenden Bundesstraßen. In der Umgebung der zu großen Teilen nahezu parallel zur B500 verlaufenden (elektrifizierten) Eisenbahn (Abstand 100 - 400 m) ist die Schädigung trotz eines höheren Anteils an den Altersklassen "starkes Baumholz" und "Altholz" geringer als im Bereich der Straßen. Wie sich aus der im Erhebungsjahr durchgeführten Verkehrszählung [DTV 85] ergibt, weisen die Bundesstraßen in diesem Gebiet eine wesentlich höhere Verkehrsbelastung durch PKW-Verkehr (insbesondere an Sonntagen und an Urlaubstagen) und Schwerlastverkehr mit den entsprechenden Emissionen auf als die untergeordneten Straßen, so daß dieses Ergebnis als ein Indiz für verkehrsbedingt verstärkte Schadausprägung bewertet werden kann. Weitere Untersuchungen wären wünschenswert und hilfreich.

Im näheren Einzugsbereich der Siedlungen sind ebenfalls deutlich erhöhte Schäden anzutreffen. Die Nähe von Gewässern (mit der damit verbundenen relativ geschützten Tallage) dagegen stellt offenbar eine günstige Standortsbedingung dar.

Kombination schadverstärkender Faktoren

Angesichts der oben zusammengestellten Sachverhalte wurde für die Fichte eine Auszählung der Bäume pro Schadstufe im Hinblick auf schadverstärkende Faktoren gemacht. Die Ergebnisse (Tab.) belegen deutlich, wie stark die Schadverteilung durch das Zusammenwirken mehrerer Faktoren bestimmt wird.

Alters- klassen	Kronen- klassen	Neigung (gon)	Schadstufenanteil (%)			
			0	1	2	3
alle	alle	0 - 100	34.4	30.3	26.2	8.4
alle	alle	> 25	28.8	31.8	27.5	11.9
starkes Altholz	Baumholz, locker, Schluß	kein > 25	7.4	26.3	43.2	23.0

Berücksichtigung von Forstwirtschaftsdaten

Datengrundlage und Datenaufbereitung

Die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Waldschäden und Bewirtschaftungsmaßnahmen beruht auf drei Verarbeitungsschritten:

- Einbeziehung von Daten zum Hiebsvollzug,
- Bereitstellung der Bezugsflächen und
- statistische Aufbereitung der Daten.

Aus den Forsteinrichtungswerken wurde für den Zeitraum 1972-1984 der Hiebsvollzug entnommen und digitalisiert. Dabei wurden die Werte zur Gesamtentnahme, zur Entnahme infolge Sturmschäden, zur Entnahme infolge Schneebruch, zur Entnahme infolge Schäden durch Dürre, Insekten oder Pilze sowie als sonstige zufällige Entnahme getrennt behandelt.

Die Informationen über den Hiebsvollzug liegen auf Abteilungsebene vor, so daß die unterschiedliche Alterstruktur der einzelnen Abteilungen darin nicht berücksichtigt ist. Wie in gezeigt, übt das Bestandesalter einen wesentlichen Einfluß auf den Grad der Waldschäden aus. Außerdem besitzen ältere Bestände im Schnitt einen größeren Holzvorrat als jüngere, wodurch bei älteren Beständen eine größere Entnahme zu erwarten ist. Bevor daher eine Verknüpfung der Daten über den Hiebsvollzug mit den Waldschadensdaten erfolgt, wird versucht, den Einfluß des Bestandesalters auf die entnommene Holzmenge über einen Regressionsansatz zu minimieren. Dabei werden sechs Fälle (Entnahmetypen) unterschieden:

- Gesamtentnahme (Gesamt),
- Entnahme wegen Schneebruch (Schnee),
- Entnahme wegen Sturm (Sturm),
- Entnahme wegen Dürre, Insekten oder Pilzen (DIP),
- Entnahme wegen sonstiger zufälliger Nutzung (sonst) und
- Summe b) bis e) = zufällige Nutzung, insgesamt (ZUFI).

Die tatsächlich den Abteilungen entnommenen Holzmengen weichen im einzelnen von den durch die

Regression bestimmten Werten ab. Diese Abweichungen (Residuen) werden im Hinblick auf ihren Zusammenhang mit dem Schädigungsgrad der jeweiligen Abteilung untersucht. Hierzu werden die Residuen ihrer Größe nach in Entnahmeklassen gleichen Stichprobenumfangs eingeteilt und mit dem Datensatz der Waldschäden verknüpft. Um statistische Kenngrößen, wie Korrelationskoeffizienten, zu berechnen, werden in einem zweiten Schritt zwanzig Klassen gebildet und mit den Waldschäden verknüpft.

Ergebnisse

Der Zusammenhang zwischen entnommener Holzmenge und Schädigung variiert von Klasse zu Klasse stark. Demzufolge sind die Korrelationskoeffizienten, die bei der Einteilung in zwanzig Klassen ermittelt wurden, klein (< 0.43). Faßt man die Ergebnisse der Auswertung (siehe [Bähr 91]) zusammen, so zeigt sich:

- Der mittlere Gesundheitszustand der Bäume verbessert sich offenbar mit wachsender Entnahme. So ist in Abteilungen mit einem unterdurchschnittlichen Holzeinschlag der Anteil an kranken und sehr kranken Individuen um 6.1% höher, als in Abteilungen mit überdurchschnittlicher Holzentnahme (36.9% gegenüber 30.8%).
- Der genannte Unterschied vergrößert sich auf 15.1%, wenn man Abteilungen mit untypischer Altersklassenzusammensetzung nicht berücksichtigt.
- Die Klasse 4 (stark unterdurchschnittliche Entnahme) und die Klasse 3 (unterdurchschnittliche Entnahme) unterscheiden sich bei den Entnahmetypen Sturm, DIP und Sonst signifikant.
- Ein hoher Schädigungsgrad des Waldes ist weniger durch eine große zufällige Nutzung, sondern eher durch eine höhere planmäßige Nutzung gekennzeichnet.

Insgesamt zeigt der Einfluß des Holzeinschlages der letzten 13 Jahre auf das aktuelle Schadbild im Bereich des Schluchsees einen geringen Einfluß. Die wesentlichen Unterschiede des Gesundheitszustandes von Bäumen auf verschiedenen bewirtschafteten Standorten müssen daher im Großen und Ganzen durch andere Standortfaktoren erklärt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchung kann die Ergebnisse von [Schöpfer 84b] weitgehend bestätigen. Betrachtet man die in den Gebieten ermittelten schadverstärkenden Faktoren Höhenabhängigkeit (mit relativem Maximum um 1000 m), Exposition, Hangneigung, Straßen und Siedlungen so weisen diese auf eine wesentliche Beteiligung von Luftschadstoffen hin. Weitere Standortbedingungen, wie z.B. Wasserversorgung, anstehendes Gestein [Saurer 89], Alter und Kronenschluß, sowie energiereiche UV-Strahlung (Bildung von Photooxidantien) und Inversionswetterlagen (mit erhöhter feuchter Schadstoffdeposition) sind als zusätzlich disponierende Faktoren zu bewerten.

Zur Methodik Geographischer Informationssysteme

Im Rahmen dieses Projektes wurden - bedingt durch den Mangel adäquater, kommerzieller Softwareprodukte - in Ergänzung und Erweiterung existierender Bildverarbeitungssysteme (z.B. [Wiesel 85]) in großem Umfang Programme zur Datenerfassung, Verknüpfung und Auswertung entwickelt, eine Arbeit, die

für alle Beteiligten sehr lehrreich war¹.

Rasterorientierte Systeme bieten sich für thematische Auswertungen flächenbezogener Daten an. Die noch häufig genannten Nachteile dieses Datenmodells - hoher Speicherbedarf und unscharfe Darstellung punkt- bzw. linienhafter Informationen - stellten bei vorliegender Untersuchung keine Probleme dar. Der erstgenannte Kritikpunkt ist angesichts immer günstiger und leistungsfähiger Speichermedien von geringer Bedeutung. Der zweite Einwand entfällt bei Untersuchung flächenhafter Objekte, wie z.B. Bestandesflächen oder Gebieten bestimmter Höhenlage. Die geometrische Auflösung eines Rasterelementes kann problembezogen der Genauigkeit des Datenmaterials angepaßt werden. Bezieht man die Vorteile einer rasterorientierten Datenbank ein - schnelle Zugriffsmöglichkeiten auf ein Datum oder eine Datenkombination, einfachere Algorithmen - , so liegen die Gründe für die Wahl einer im wesentlichen rasterorientierten Anwendung im Rahmen dieses Projektes auf der Hand.

Aufgrund der hierbei gewonnenen Erfahrungen lassen sich eine Reihe von *Empfehlungen* für den Einsatz in Forschung und Lehre formulieren:

Der Gestaltung der *Benutzerschnittstelle* kommt wesentliche Bedeutung zu, um dem Einsteiger wie dem fortgeschrittenen Nutzer gleichermaßen Komfort und Mächtigkeit bieten zu können. Menüsteuerung, Eingabemasken, Mausunterstützung und Online-Hilfetexte sollten dem noch ungeübten Benutzer den Zugang zum System erleichtern. Moderne Standards für die Gestaltung von Benutzeroberflächen sollten unterstützt werden. Eine wahlweise Kommandoschnittstelle für Makrogenerierung und Batchprozesse erleichtert umfangreiche Arbeitsabläufe. Die so erstellten Makroanwendungen können ihrerseits wiederum den Benutzern über "Mausklick" zur Verfügung stehen.

Für komplexere Funktionen und Verknüpfungen ist eine *Modellierungssprache* besonders geeignet.

Eng verbunden mit der Benutzeroberfläche ist ein weiterer Gesichtspunkt der Integration, der gerade im Forschungsbereich besondere Bedeutung besitzt, nämlich die *Integration eigener Anwendungen*. Wir sehen dies in der Makrofähigkeit eines Systems mit Parametersteuerung, in der integrierten Modellierungssprache und in der Schnittstelle zu eigenen Unterprogrammen. Wiederkehrende Arbeitsabläufe können so automatisiert werden und so daß man eine erhöhte Sicherheit bei der Benutzerführung erreichen kann. Integrierte Modellierungssprache, Einbindung eigener Unterprogramme und Aufruf externer Programme schaffen Flexibilität und erhöhen die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems.

Verarbeitung raumbezogener Daten bedeutet in der Regel, Daten in mehr oder minder großem Umfange zu erfassen. Nach Möglichkeit wird man dabei auf bereits existierende geographische Datenbanken zurückgreifen. Wünschenswert ist die Übernahme von Daten unterschiedlicher Geographischer Informationssysteme auf *Vektorbasis* und auf *Rasterbasis*. Vektordaten sind mit vollständiger Topologie zu führen [Burrough 1987], mittels gescannter Karten, digitaler Orthophotos oder Fernerkundungsdatensätzen können auf Rasterbasis rasch flächendeckende Informationen gewonnen werden. *Schnittstellen* zu wesentlichen GIS-Systemen der Vektor- und Rasterwelt sind nötig. Die systemeigenen Schnittstellen sind offengelegt und ausführlich dokumentiert.

Durch die Vielfalt der Datenmodelle und Datenformate kann die Datenerfassung *flexibel* und *kostengünstig*

¹Eine ausführliche Beschreibung von Konzeption und Realisierung findet sich in [Saurer 89].

gestaltet werden. Durch die Integration von Vektor- und Rasterdaten wird eine Gesamtschau der zur Verfügung stehenden Informationen ermöglicht. Punktdaten, Vektordaten, Flächendaten und Rasterdaten können z.B. innerhalb einer *Quadtree-Datenstruktur* [Peuquet 86] in Beziehung gesetzt werden. Ausgangsdaten können dabei in unterschiedlichen Kartenprojektionen und in unterschiedlicher räumlicher Auflösung vorliegen. Aufgrund ihres Aufbaus ist die Quadtreestruktur ein guter Kompromiß zwischen Vektor- und Raster-Modell, auch hat sie viele Vorteile dieser Methoden in sich vereinigt.

Objekte können über Schlüssel mit beliebigen *Attributtabelle*n in Beziehung gesetzt werden, deren Zuordnung selbst über Verschneidungsoperationen hin im System erhalten bleibt.

In Zusammenhang mit der Integration unterschiedlicher Datenmodelle ist auch die *Einbindung* des Systems in die *DV-Infrastruktur* der Institution zu sehen. Durch die Anbindung bereits existierender Datenbestände können diese Informationen um die graphische und geographische Komponente erweitert und in räumliche Beziehung zueinander und zu weiteren raumbezogenen Daten gesetzt werden.

Die Fähigkeit, Analysen raumbezogener Daten durchzuführen, stellt eine weitere Komponente eines Geographischen Informationssystems dar. Wesentlich für die Mächtigkeit und Effizienz, mit der Analysen durchgeführt werden können, ist die Wahl der entsprechenden Datenstruktur.

So sollten z.B. Straßennetze in einer Netzwerkdatenstruktur innerhalb des Vektordatenmodells abgebildet werden, um Verkehrsflüsse und ihre möglichen Änderungen bei einer Modifikation der Netzstruktur abbilden zu können. Die Datenstruktur - topologisch verbundene Kanten und Knoten - ist die Grundlage dieser Funktionalität. Diese in einer Rasterdatenstruktur abzubilden, stellt ein wesentlich schwierigeres Unterfangen dar; dort sind die Fließbewegungen von einer Zelle in die andere - was Verkehrsströme betrifft - ungleich schwieriger zu modellieren. Sollen im Gegensatz dazu eher flächenhafte Prozesse, wie das behandelte Beispiel der Waldschadensforschung im System abgebildet werden, ist die Raster- oder Quadtreestruktur eine geeignete Basis.

Die Auswertung raumbezogener Daten wird i.a. eine Reihe unterschiedlicher Analyseschritte notwendig machen, um so das gewünschte Ziel zu erreichen.

Dank

Die Autoren danken der Abteilung Biometrie und Informatik der Forstlichen Forschungs- und Versuchsanstalt Baden-Württemberg für die Erhebung der Inventurdaten sowie dem Landesvermessungsamt Baden-Württemberg für die Bereitstellung des digitalen Geländemodells. Die Untersuchung wurde gefördert durch das Projekt europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung (PEF), Karlsruhe.

Literatur

[Bähr 91] Bähr, H.-P., H. Saurer, F.-J. Behr, H. Goßmann (1989): Aufbau eines geographischen Informationssystems zur Ermittlung von Waldschäden und ihrer Veränderung. - Abschlußbericht, KfK-PEF, im Druck

[Behr 88b] Behr, F.-J., H. Saurer (1988): Entzerrung regelmäßiger Stichprobenraster aus Luftbildern. - Bildmessung und Luftbildwesen 56, S. 80-86

- [Burrough 87] Burrough, P.A. (1987): Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment - Monographs on soil and resources survey No.12, Oxford
- [DTV 85] Verkehrszählung des Landes Baden-Württemberg, durchgeführt im Auftrag des Bundesministers für Verkehr
- [Hildebr 84] Hildebrandt, G. (1984): Zur Festlegung und Lagedefinition der Stichprobenorte im Luftbild bei der Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983 und möglicher Folgeinventuren. - Mitt. d. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 111, S. 119 - 130, Freiburg
- [Hildebr 87] Hildebrandt, G., O. Grundmann, H. Schmidtke, P. Tepassé (1987): Entwicklung und Durchführung einer Pilotinventur für eine permanente europäische Waldschadensinventur. - KfK-PEF 12, Band 1, S. 45 - 59, Karlsruhe
- [Peuquet 86] Peuquet, D. J. (1986): The use of spatial relationships to aid spatial database retrieval. in: Proc. Second Int. Symp. on Spatial Data Handling, Seattle, S. 459 - 471
- [Saurer 89] Saurer, H. (1989): Rasterorientierte Informationssysteme in der Geographie. Würzburger Geographische Arbeiten, Würzburg
- [Schöpfer 84a] Schöpfer, W., J. Hradetzky (1984): Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983 mit Infrarot-Farbluftbildern. - Mitt. d. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 111, 9-34, Freiburg
- [Schöpfer 84b] Schöpfer, W., J. Hradetzky (1984) : Der Indizienbeweis: Luftverschmutzung maßgebliche Ursache der Walderkrankung. - Forstwiss. Centralblatt 103
- [Sigle 85] Sigle, M. (1985): Das digitale Höhenmodell für das Land Baden-Württemberg. - Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft 95, Frankfurt a. M.
- [Wiesel 85] Wiesel, J. (1985): Hardware- und Softwareaspekte. in: H.-P. Bähr (ed.): Digitale Bildverarbeitung, H. Wichmann Verlag, Karlsruhe, S. 39-72
- [Zirm 85] Zirm, K. et al. (1985): Erhebung der Vitalität des Waldes in Vorarlberg. österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien