

4 Geographische Informationssysteme und Neue Digitale Medien

Zur Beantwortung der Frage, wie die neue digitale Technik als Instrument für die Landschaftsplanung eingesetzt werden kann und wo die Vorteile zu konventionellen Methoden liegen, müssen zunächst einmal allgemeine Grundlagen von Geographischen Informationssystemen und Neuen Digitalen Medien erarbeitet werden. Dieses Kapitel liefert damit den technischen Hintergrund für die in Kap. 5 diskutierten landschaftsplanerischen Ansätze.

Die theoretischen Ausführungen über Geographische Informationssysteme und Neue Digitale Medien werden dabei durch praktische Anwendungsbeispiele ergänzt. Diese beziehen sich schwerpunktmäßig auf die Untersuchung der Landschaft als Wahrnehmungsfeld und Erlebnisraum des Menschen, wie dies in Kap. 3 dargestellt wurde. Mit diesem Schwerpunkt soll keineswegs die Bedeutung der Landschaftsökologie für die Landschaftsplanung gemindert werden. Die Entscheidung für das gewählte Vorgehen beruht vielmehr auf der Tatsache, daß zur computerunterstützten Darstellung und Analyse wahrnehmungsbezogener Landschaftsdaten alle räumlichen und sinnlichen Dimensionen der Landschaft zu berücksichtigen sind, wobei die optische Wahrnehmung eine dominante Rolle spielt (vgl. Kap. 3.2). Die Reproduktion, Analyse und Visualisierung dieser Daten verlangt ein großes Potential an computergestützten Verfahren und eignet sich daher besonders gut für eine umfassende Darstellung der Möglichkeiten und Grenzen der Computertechnik für die Landschaftsplanung.

Im Gegensatz zu rein landschaftsökologischen Untersuchungen, für die bereits ein breites Spektrum an GIS-analytischen Methoden entwickelt wurde (z.B. HAINES-YOUNG ET AL. 1993) und die sich für planerische Zwecke im wesentlichen mit der Darstellung des zweidimensionalen Raumes begnügen, ist die computergestützte Analyse von Landschaftsfunktionen, die mit der mehrdimensionalen menschlichen Wahrnehmung der Landschaft in Zusammenhang stehen (z.B. Landschaftsbildanalyse, Erholungsplanung), noch vergleichsweise wenig erforscht (BAYERISCHE AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE 1996).

In Anbetracht der schnell voranschreitenden Entwicklung der Multimedia- und Internettechnologie ergibt sich aus landschaftsplanerischer Sicht noch ein zweiter Schwerpunkt, nämlich die Möglichkeiten zur Verbesserung der Kommunikation im Rahmen des Planungsprozesses. Der Begriff der Kommunikation bezieht sich dabei zum

einen auf die technische Infrastruktur, z.B. auf das Internet oder bestimmte Präsentationsmedien und zum anderen auf methodische Planungsansätze, wie die Verwendung grafisch-argumentativer Darstellungen oder Maßnahmen zur Beteiligung der von der Planung betroffenen Personen.

Zur Untersuchung der Frage, inwieweit mit Hilfe von GIS und Multimedia ein wirklichkeitsnahes Abbild der Landschaft erzeugt und analysiert werden kann, werden Beispiele aus der *Naturparkplanung Obere Donau* gezeigt, die zum Teil auf dem 1995 fertiggestellten „Teilgutachten Erholung“ beruhen. Die Planer heben darin die besondere Bedeutung des Landschaftsbildes hervor (AMMER & PRÖBSTL 1995): „Für die Wahl des Ausflugs- bzw. Urlaubsortes ... stellt die landschaftliche Schönheit das wichtigste Motiv dar“ (vgl. auch AMMER & PRÖBSTL 1991 und BAT FREIZEITFORSCHUNGSINSTITUT 1994). Weitere Beispiele stammen aus dem Untersuchungsgebiet Spitzingsee und aus dem Gemeindegebiet Burggen.

Die technische Abhandlung erfolgt getrennt nach den drei eingesetzten Instrumenten

- Geographische Informationssysteme (Kap. 4.1 bis Kap. 4.3)
- Multimedia-Anwendungen (Kap. 4.4.1)
- Internet-Anwendungen (Kap. 4.4.2)

Zum besseren Verständnis der Funktionsweise der Instrumente werden jeweils einige wichtige Grundlagen vorangestellt.

4.1 Grundlagen eines Geographischen Informationssystems

4.1.1 GIS in der Fachliteratur

Der technische Aufbau und die grundlegenden Funktionen von verschiedenen Geographischen Informationssystemen sind in der Fachliteratur vielfach beschrieben (BILL 1996, BILL & FRITSCH 1994, HAINES-YOUNG ET AL. 1993, MUHAR 1992, ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE 1992, GÖPFERT 1991, BURROUGH 1986). Als Standardwerk gilt das von BURROUGH 1986 veröffentlichte Buch „Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment“. Obwohl seit dem Erscheinen dieses Buches die Computer- und GIS-Entwicklungen einen großen Schritt nach vorne gemacht haben, sind die von BURROUGH beschriebenen Methoden und Algorithmen zur räumlichen Analyse und Modellierung immer noch gültig. In diesem Zusammenhang kann auch das Werk von GÖPFERT (1991) genannt werden, in dem die ausführlich behandelten Grundlagen durch einige Anwendungsbeispiele veranschaulicht werden.

MUHAR (1992) behandelt in „EDV-Anwendungen in Landschaftsplanung und Freiraumgestaltung“ die Anwendung von GIS und CAD (Computer Aided Design) Systemen und betont die Unterschiede beider Systeme, die sich heute durch entsprechende Produkterweiterungen jedoch mehr und mehr verwischen.

Das Handbuch zu dem weitverbreiteten GIS Programm „ArcInfo“ der US-amerikanischen Firma ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE (ESRI, 1992a) enthält eine didaktisch sehr gut aufbereitete Anleitung zur Erstellung eines umfangreichen GIS-Projektes. Es vermittelt ein praktisches Grundverständnis für prinzipielle GIS Funktionen von ArcInfo.

Ein internationales Autorenkollektiv vertieft in dem von HAINES-YOUNG, GREEN und COUSINS herausgegebenen Buch „Landscape Ecology and GIS“ die Möglichkeit der GIS-Analysen in der landschaftsökologischen Forschung.

BILL und FRITSCH haben 1994 ihr Buch „Grundlagen der Geo-Informationssysteme“ veröffentlicht. Mit einem Folgeband hat BILL 1996 ein aktuelles deutschsprachiges GIS Standardwerk auf den Markt gebracht, das bereits neuere Multimedia-Entwicklungen mitberücksichtigt.

Die schnelle Entwicklung von verbesserter Hard- und Software eröffnet ständig neue Möglichkeiten des GIS Einsatzes, bspw. die Modellierung im 3-dimensionalen Raum, die Kombination mit GPS (Global Positioning System) oder die Einbindung von Internet und Multimedia-Anwendungen. Aus diesem Grunde sind Veröffentlichungen der Ergebnisse

von Anwenderkongressen oder wissenschaftlichen GIS-Symposien eine wichtige Literaturquelle. Zu den bedeutendsten deutschsprachigen GIS-Tagungen gehört das seit 1989 jährlich stattfindende GIS Symposium AGIT (Angewandte Geographische Informationstechnologie, seit 1991 Angewandte Geographische Informationsverarbeitung) in Salzburg. Die Veröffentlichungen in den entsprechenden Tagungsberichten (DOLLINGER & STROBL 1997) zeichnen ein Bild der breiten GIS-Anwendungspalette vorwiegend im deutschsprachigen Raum der letzten Jahre. 1996 wurde eine gemeinsame Fachtagung zwischen den Veranstaltern der AGIT und der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege in Salzburg abgehalten, nicht zuletzt um die steigende Bedeutung von GIS für den Natur- und Umweltschutz hervorzuheben (BAYERISCHE AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE 1996).

Über technische Neuerungen und neue Anwendungen im GIS-Umfeld berichten auch die Tagungsbände der deutschen ArcInfo-Anwenderkonferenz, die 1997 zum fünften Mal in Freising stattfand (ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE 1997). Obwohl ein gewisser Werbe- und Verkaufsaspekt häufig im Vordergrund der Anwenderbeiträge steht, geben sie doch einen guten Überblick über den neuesten Stand der GIS-Technologie.

Darüberhinaus gibt es verschiedene GIS-Fachzeitschriften, aus denen aktuelle Veröffentlichungen entnommen werden können, z.B. *GIS - Zeitschrift für raumbezogene Information und Entscheidungen*.

Nicht unerwähnt soll auch die Möglichkeit der Internet-Recherche sein. Es liegt vermutlich in der computertechnischen Natur des GIS-Sektors, daß ein besonders großes Angebot von wissenschaftlichen Artikeln, Anwendungsberichten, Datenbanken und Produktinformationen im World Wide Web (WWW) veröffentlicht wird. Kritisch muß hier besonders die Verlässlichkeit und Urheberschaft der Daten bemerkt werden, da heutzutage jedermann auch ohne eine gewisse wissenschaftliche Reputation oder einen entsprechenden professionellen Hintergrund Daten im WWW veröffentlichen kann.

4.1.2 Begriffsdefinitionen aus dem GIS-Umfeld

4.1.2.1 Was versteht man unter „Daten“ und „Information“?

Zur Abgrenzung des Themas ist es hilfreich die wichtigsten Begriffe aus dem GIS-Umfeld näher zu definieren. Hierzu gehören die im allgemeinen Sprachgebrauch häufig verwendeten Begriffe „Daten“ und „Information“.

Daten im klassischen Informatiksinne sind einfach nur Zeichen, die durch einen Computer gespeichert, verglichen, verarbeitet und geschrieben werden können. Erweitert man diese

Definition etwas, so kann man unter Daten auch Bilder, Texte, Graphiken, Sprache etc. verstehen. Daten selbst sind vom Computer interpretierbar, dem Menschen sagen sie ohne eine Interpretationsregel und eine Strukturierungsvorschrift relativ wenig (BILL 1996).

Daten sind sehr eng verknüpft mit Information. **Information** heißt wörtlich: eine Gestalt geben oder formen. Im übertragenen Sinne heißt es *bilden* oder *unterrichten* (MEIER & KRIZ 1996). BILL (1996) bezeichnet Information als zweckgebundenes Wissen, das in drei Ebenen aufgeteilt werden kann:

- die **Syntax**, d.h. die Zeichen, die verwendet werden
- die **Semantik**, d.h. die Bedeutung der Zeichen und
- die **Kommunikation**, d.h. die Art und Weise wie Informationen verteilt werden.

Insofern stellen die Objekte in einem GIS eigentlich schon Information - und nicht Daten - dar, weil sie die zugrundeliegenden raumbezogenen Daten grafisch visualisieren. Sie sind in der dem Benutzer spezifischen Syntax - seiner Sicht der realen Welt - niedergelegt und haben somit für ihn während der Bearbeitung direkt die gewünschte Bedeutung, die bspw. mit Hilfe einer Kartenlegende an Dritte weitervermittelt werden kann.

4.1.2.2 Was sind Informationssysteme, was ist ein GIS?

Nach PAGE ET AL. (1993) ist ein **Informationssystem** ein System zur Aufnahme, Speicherung, Verarbeitung und Wiedergabe von Informationen. Es besteht aus der Gesamtheit der Daten und Verarbeitungsanweisungen. Bezogen auf die Daten sind die Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation von Daten Aufgabenblöcke eines Informationssystems, wobei die Verwaltung von Daten die Datenmodellierung, Datenstrukturierung und -speicherung umfaßt (idealerweise durch ein Datenbanksystem übernommen). Eine andere Perspektive unterteilt ein Informationssystem in Rechner und Peripherie (Hardware), Algorithmen und Programme (Software), quantitative und qualitative Beschreibungen (Daten) sowie den/die Benutzer. Wesentliches Charakteristikum eines Informationssystems ist es, daß es die Zusammenführung von mehreren Datenbeständen unter einem gemeinsamen thematischen Bezug realisiert und den problemorientierten Zugriff darauf ermöglicht.

Faßt man die verschiedenen Definitionen für **Geographische Informationssysteme** oder **Geoinformationssysteme** (BILL & FRITSCH 1994, PAGE ET AL. 1993, MUHAR 1992, GÖPFERT 1991, STROBL 1988, BURROUGH 1986) zusammen, dann bezeichnet ein

☞ Geographisches Informationssystem ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Es dient der Bereitstellung von Fachinformationen unter Berücksichtigung ihres Raumbezuges. Ein GIS muß daher Funktionen zur Erfassung, Speicherung, Prüfung, Manipulation, Integration, Analyse und zur alphanumerischen und graphischen Darstellung von raumbezogenen Daten anbieten. Die Verknüpfung von thematischen Daten mit Informationen zum Lagebezug, die i.d.R. kartographisch dargestellt werden, unterscheidet ein GIS von reinen Kartier- oder CAD (Computer Aided Design) Systemen.

4.1.3 Die Entwicklung von Geographischen Informationssystemen

4.1.3.1 *Geschichtlicher Rückblick*

Analoge raumbezogene Informationssysteme wurden schon im 19. Jh. in Europa in Form von Karten und Buchwerken flächenhaft aufgebaut. Durch die Veränderung der Maßstäbe und das Hinzufügen von neu erworbenem Wissen wurden diese Informationssysteme immer komplexer. Diese Entwicklung reicht bis in unsere Zeit und erfährt gegenwärtig durch die Verfügbarkeit unzähliger raumbezogener Daten ihren Höhepunkt. Zu dieser Datenflut kam die Notwendigkeit, interdisziplinär und vernetzt zu arbeiten, um komplexe, auf räumlichen Beziehungen beruhende Systeme besser darstellen und verstehen zu können. Mit der ständig anwachsenden Datenflut wurde die Umstellung der bestehenden analogen Systeme auf die Methoden der Elektronischen Datenverarbeitung (EDV) nach Meinung von BILL & FRITSCH (1994) zu einer „unabdingbaren Notwendigkeit“. Im Jahre 1963 hat erstmals R.F. Tomlinson den Begriff *Geographisches Informationssystem* bei der Einrichtung eines rechnergestützten, raumbezogenen Informationssystems in Kanada eingeführt (dies. 1994).

In den 70iger Jahren wurde v.a. in Nordamerika damit begonnen, verschiedene Kartographie Programme mit GIS-Funktionen zu entwickeln, die häufig militärischen Zwecken dienten. Vorrangig wurden die Systeme für die flugzeug- und satellitengestützte Landvermessung eingesetzt, weil damit zum erstenmal Karten mit direktem Bezug zu den gemessenen Fernerkundungsdaten erstellt werden konnten (BURROUGH 1986). Somit wurde auch die digitale Auswertung flächenbezogener Daten natürlicher Ressourcen und deren Belastungen möglich. Insbesondere Landschafts- und Umweltplaner leisteten auf diesem Gebiet Pionierarbeit. Bis Anfang der 80er Jahre kamen allerdings nur teure Großrechner zum Einsatz, die eine breite Anwendung in der Praxis noch nicht zuließen.

Mit der rasanten Entwicklung der Computertechnologie, die immer kleinere und leistungsstärkere Rechner entwickelte, wurde seit Anfang der 90iger Jahre GIS in größerem Umfang in der Umwelt- und Landschaftsplanung eingesetzt. Seitdem nimmt der Einsatz von GIS sowohl in Behörden, die raumbezogenen Daten erheben und verwalten, als auch in der privaten Dienstleistungsbranche stetig zu.

Die folgende Abb. 4.1 zeigt anhand der weltweiten Umsatzzahlen der Software Hersteller in welchen Bereichen sich Geographische Informationssysteme bis heute etabliert haben. Die größte Anwendung finden Geographische Informationssysteme im Bereich des *Automated Mapping und Facilities Management* v.a. von Energieversorgungsunternehmen. *Automated Mapping Systeme* werden nach CHRIST (1996) für Anwendungen eingesetzt, bei welchen ausschließlich die Kartenherstellung und -aktualisierung vorherrscht und keine Geographischen Informationssysteme zur Manipulation, Analyse, Auswertung und Modellierung von raumbezogenen Daten erforderlich sind.

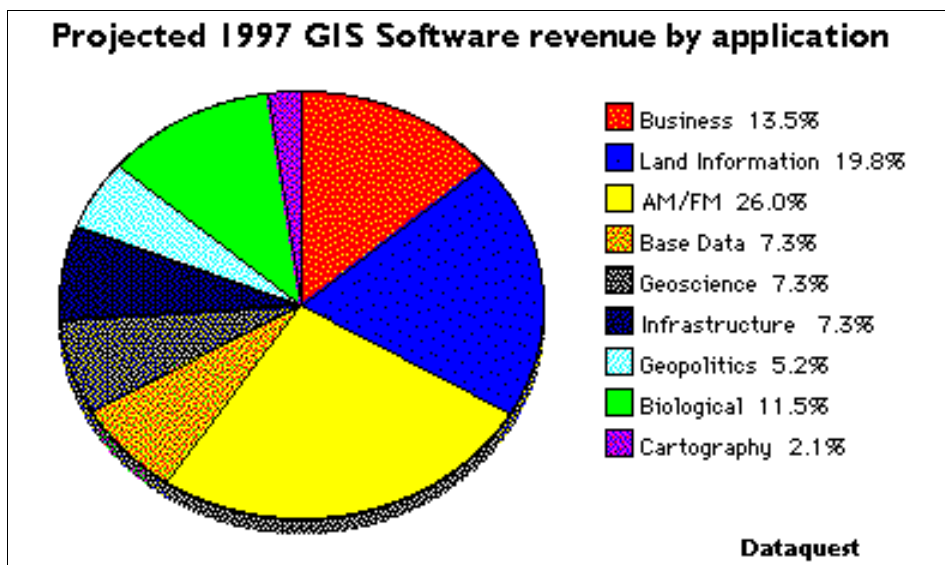


Abb. 4.1: Weltweiter Verkaufsumsatz 1997 von GIS in % nach Anwendungsgebieten.
 AM/FM = Automated Mapping und Facilities Management (Erläuterung siehe Text),
 Quelle: <http://giswww.kingston.ac.uk/ESGUIDE/start.htm>

4.1.3.2 Weiterentwicklung von GIS zu Geographischen Fachinformationssystemen

Je nach Aufgabenschwerpunkt haben sich bis heute verschiedene Informationssysteme (IS) entwickelt, so gibt es bspw. forstliche (FIS, FOGIS, z.B. KOCH & SMALTSCHINSKI 1997), kommunale (KIS), landschafts- und umweltbezogene (LIS, UIS, z.B. JENSEN 1995) oder kartographische Informationssysteme (ALK, ATKIS). Von Bedeutung für die vorliegenden Arbeit sind besonders die bestehenden Konzepte und Inhalte von **Umwelt- und Landschaftsinformationssystemen**.

UIS - Umweltinformationssystem

Ein *Umweltinformationssystem* kann unter Berücksichtigung verschiedener Autoren (BILL & FRITSCH 1994, PAGE ET AL. 1993, KOEPEL 1992, JESORSKY 1991) definiert werden als

☞ ein erweitertes Geographisches Informationssystem, das der Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Präsentation von raum-, zeit- und inhaltsbezogenen Daten zur Beschreibung des Zustandes der Umwelt hinsichtlich Belastungen und Gefährdungen dient und Grundlagen für Maßnahmen des Umweltschutzes bildet. Es dient zur Umsetzung umweltpolitischer Ziele auf allen staatlichen Planungs- und Verwaltungsebenen. Ein UIS besteht in der Regel aus mehreren Umweltdatenbanken mit verschiedenen Umweltdatenbeständen. Es bietet leistungsfähige Zugriffs- und Auswertemethoden zur Ableitung von Umweltinformation. Mittels benutzerfreundlicher Programme werden die gespeicherten und laufend aktualisierten Daten gemäß den Anforderungen und Fragestellungen verarbeitet und ausgewertet und die Wiedergabe der Daten, Informationen und Auswertergebnisse in Form von thematischen Karten, Zeichnungen, Tabellen, Listen, Diagrammen oder Texten ermöglicht.

Eines der ersten kommunalen UIS, das bereits multimediale Elemente beinhaltet, ist das 1991 in Planung gegangene UIS „GEOSUM“ des Niedersächsischen Umweltministeriums (JENSEN 1995). Einen sehr weitgreifenden Ansatz für ein „Umweltinformationssystem als Grundlage des Naturschutzes“ stellen auch BLASCHKE ET AL. (1996) vor.

LIS - Land- bzw. Landschaftsinformationssystem:

☞ PAGE ET AL. (1993) definieren ein *Landschaftsinformationssystem* als ein spezielles *Umweltinformationssystem*, das an den Erfordernissen der Bereiche Naturschutz und Landschaftspflege ausgerichtet ist. Typische Aufgabenstellungen für LIS ist die Abschätzung von ökologischen Folgen von Planungsvorhaben (z.B. im Rahmen der UVP) und die Minimierung von Konflikten zwischen Naturschutz und Flächennutzung. Besondere Kennzeichen, die aus den Aufgabenstellungen der Systeme resultieren, sind die informationstechnische Integration von unterschiedlichen Umweltbereichen und die Bedeutung des Flächenbezuges für die meisten der zu bearbeitenden Informationen. Letzteres führt häufig zur Integration von Geographischen Informationssystemen in *Landschaftsinformationssysteme*.

☞ Für BILL & FRITSCH (1994) ist ein *Landinformationssystem* ein Instrument zur Entscheidungsfindung in Recht, Verwaltung und Wirtschaft sowie ein Hilfsmittel für Planung und Entwicklung. Es besteht einerseits aus einer Datensammlung, welche auf Grund und Boden bezogene Daten einer bestimmten Region enthält, andererseits aus Verfahren und Methoden für die systematische Erfassung, Aktualisierung, Verarbeitung und Umsetzung dieser Daten.

BENNDORF ET AL. (1997) zeigen praxisnah, wie mit Hilfe eines Landschaftsinformationssystem ein Landschaftsplan von der Unteren Landschaftsbehörde des Kreises Mettmann verwaltet wird.

4.2 Die fünf Komponenten eines GIS

Faßt man die verschiedenen Definitionen der Informationssysteme zusammen, dann zeigen sich besondere Systemmerkmale, die für die weitere Darstellung des Themas von Bedeutung sind. Sie unterliegen mehr oder weniger stark technischen, bzw. im Falle der Systemnutzer - gesellschaftlichen - Veränderungen.

Die 5 wesentlichen Merkmale und Bestandteile eines GIS sind - geordnet nach abnehmender Tendenz der „Schnellebigkeit“, bzw. Veralterung - folgende (siehe Abb. 4.2):

- Hardware (Rechner und Peripherie)
- Software (GIS, CAD mit GIS-Modul)
- Daten und Datenformate (Vektor-, Raster-, Multimediadaten)
- Methoden (der Datenerfassung, -verwaltung, -analyse und -präsentation)
- Systemnutzer (aktive und passive Nutzer)

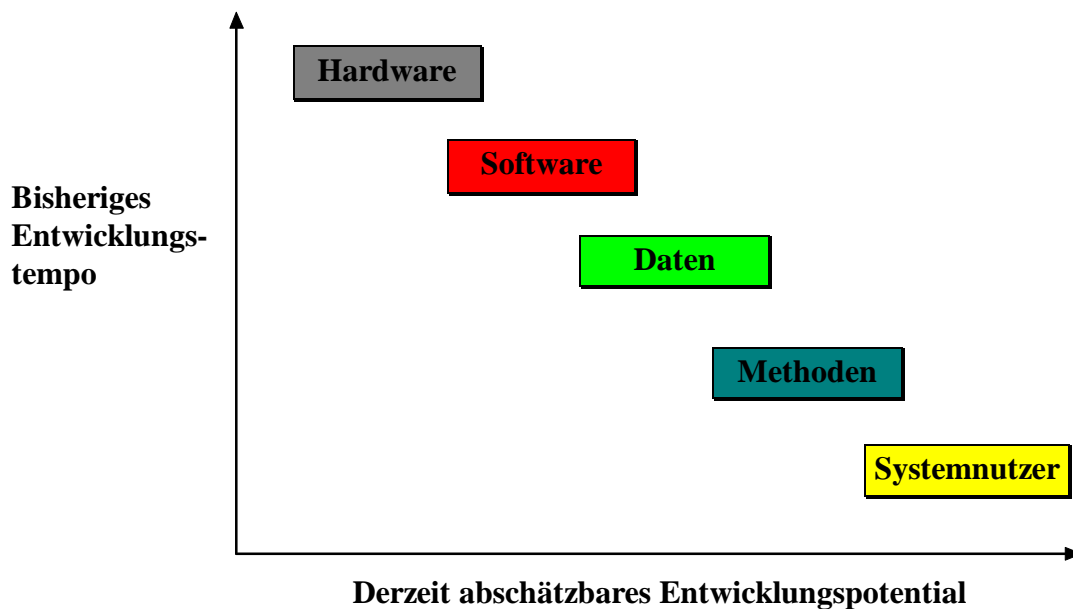


Abb. 4.2: Entwicklungsstand der fünf GIS-Komponenten

Abb. 4.2 verdeutlicht die gegenwärtige Situation der GIS-Entwicklung. Der Entwicklungsstand der einzelnen Komponenten ergibt sich z.T. aus einer zeitlich bedingten Abhängigkeit heraus; d.h. bevor überhaupt irgendwelche GIS-Methoden von den

Systemnutzern angewendet werden können, müssen zunächst Daten erhoben und die hierfür notwendige Software verfügbar sein. Die Entwicklung der Software ist wiederum abhängig von der geeigneten Hardware. Die GIS-Entwicklung gleicht daher einem iterativen Prozeß, bei dem sich alle Komponenten gegenseitig beeinflussen und bedingen.

Handlungsbedarf besteht derzeit v.a. bei der Ausbildung der **Nutzer**, sowie bei der Erforschung der Systemergonomie und der Akzeptanz der GIS-Technologie unter aktiven und passiven Anwendern. Wenig entwickelt sind auch die **Methoden** der GIS-Anwendung, die der raschen Entwicklung von Hard- und Software hinterher hinken. Interessante Forschungsergebnisse sind bspw. auf dem Gebiet der *Wissensbasierten System* und der *Künstlichen Intelligenz* zu erwarten (BILL 1996). Weitere methodische Ansätze, wie die Anwendung von *Fuzzy Set* Algorithmen (VON RIMSCHA & WOLF 1997, CZERANKA 1996) und von *Fraktaler Geometrie* zur Landschaftsbeschreibung (GRUNER + JAHR 1993) bieten ein weites Betätigungsfeld für die wissenschaftliche GIS-Forschung.

Daten sind ein zentraler Bestandteil eines Geographischen Informationssystems und bezogen auf ihr Entwicklungspotential nehmen sie eine Mittelstellung unter den 5 GIS-Komponenten ein. Die meisten Grundlagendaten sind mittlerweile in Deutschland in digitaler Form vorhanden. Handlungsbedarf besteht jedoch für die flächige Erhebung von Fachdaten, die bisher nur vereinzelt in digitaler Form vorliegen.

Der technische Stand der **Hard- und Software** erscheint auf dem jetzigen Niveau für die meisten Anwendungen im Bereich der Landschaftsplanung ausreichend zu sein. Zu erwarten sind in Zukunft allenfalls Geschwindigkeitsgewinne bei der Datenverarbeitung und Verbesserungen der Programmbedienung.

4.2.1 Hard- und Software

Eine ausführliche Beschreibung der bestehenden Hard- und Software würde den Umfang dieses Kapitels sprengen und erscheint aufgrund der schnellen Veralterung der Systeme auch nicht sinnvoll. CHRIST (1996) gibt einen fundierten Überblick über die für den GIS-Einsatz in Frage kommenden Computerplattformen, Hard- und Software Systeme. KOHLEPPPEL (1996 a+b) behandelt die wichtigsten Kriterien zur Wahl der geeigneten Hard- und Software für den GIS-Einsatz in der Praxis von Naturschutz und

Landschaftsplanung. Wir beschränken uns daher im folgenden auf einige Anmerkungen grundsätzlicher Art:

Die Leistungsfähigkeit von marktfähigen Personal Computern und GIS-Programmen hat sich in den letzten Jahren um ein Vielfaches erhöht. Während der Bearbeitungszeit der vorliegenden Untersuchung hat sich die Leistung von GIS bspw. dahingehend verändert, daß komplexe GIS-Analysen, die vor 2 Jahren nur auf Unix Workstations oder mit Unterstützung von selbstgeschriebenen Programmen zu machen waren, heute durch kommerzielle GIS-Programme schneller und einfacher auf handelsüblichen PCs durchzuführen sind als früher.

Für viele Analysen stehen verschiedene GIS Module mit vorgefertigten Algorithmen und Anleitungen für den Nutzer bereit, der diese ohne tiefere Kenntnisse der Programmparameter - sozusagen „per Knopfdruck“ - ausführen kann. Es besteht damit die Gefahr, daß der Computer und die Software zu einer *Black Box* werden, und die automatisierten Analyseschritte vom unbedarften Nutzer nicht mehr nachvollzogen und überprüft werden können. Der Anwender kann nicht nur Computer zur Manipulation einsetzen - wie wir dies später noch sehen werden - er wird auch vom Computer manipuliert, wenn er die programmierten GIS-Algorithmen und Methoden nicht versteht. Diese Unkenntnis der Systeme führt auch zu der weit verbreiteten Ansicht, daß ein CAD (Computer Aided Design) System mit einem GIS gleichzusetzen ist. Obwohl viele CAD Anbieter (bspw. Bentley oder Autodesk) ihre Systeme durch GIS Module erweitert haben, bleiben wesentliche Unterschiede der Systemarchitektur zu „reinrassigen“ GIS Programmen, z.B. die Möglichkeit zum Aufbau einer sogenannten Topologie der Vektordaten oder die Verwendung einer relationalen GIS-Datenbank.

In gleicher Weise bemühen sich verschiedene GIS-Anbieter CAD Datenformate und Funktionen in ihr Produkt zu integrieren. Ohne näher auf dieses Thema einzugehen, stellen wir fest, daß die klassischen CAD-Funktionalitäten genauso unzureichend von einem GIS übernommen werden können, wie die klassischen GIS-Aufgaben von einem CAD-System. MUHAR (1992) hat sich ausführlich mit der Gegenüberstellung beider Systeme befaßt, und KLINGLER (1994) stellt die unterschiedlichen Anwendungsbereiche für einen schnellen Überblick grafisch gegenüber. Nach drei Jahren rechnergestützter Planungspraxis schlußfolgert VON RUNDSTEDT (1996), daß Geographische Informationssysteme für die Landschaftsplanung besser geeignet sind als CAD-Systeme, weil sie bessere Möglichkeiten zur Georeferenzierung, Abfrage und Analyse der kartierten Flächen bieten.

GIS-Programme sind je nach Ausgangspunkt ihrer Entwicklung unterschiedlich geprägt. Nach CHRIST (1996) lassen sich drei Kategorien erkennen:

- a) GIS-Programme, die ihre Wurzeln ursprünglich im Bereich der graphischen Datenverarbeitung und des CAD hatten (z.B. MGE von Intergraph oder SICAD von Siemens-Nixdorf)
- b) GIS-Programme, die speziell für kartographische Anwendungen entwickelt wurden (z.B. ArcInfo von ESRI oder AED GIAP)
- c) Softwarepakete, die dem Bereich der Fernerkundung entstammen (z.B. ERDAS IMAGINE, EASI/PACE oder SPANS GIS)

Zu den wesentlichen Funktionen eines GIS-Programmes gehört die Möglichkeit, Karten zu gestalten und auszudrucken. Obwohl es sich bei einem GIS laut Definition nicht um ein reines *Desktop Mapping System* (Grafikprogramm zur Gestaltung von Karten) handelt, bietet die Kartenerstellung mittels GIS den großen Vorteil raumbezogene Daten in *einem* System zu erfassen, zu verarbeiten und als Karte zu präsentieren. Dies spielt v.a. für die periodische Aktualisierung von Karten, bspw. in der Forstverwaltung eine große Rolle (POINTNER 1993, siehe aber auch JAKOB ET AL. 1997 über die Kombination von GIS und *Desktop Mapping Systemen*).

Bei der Kartenerstellung mit Hilfe von GIS-Programmen treten neue Probleme für den Kartographen auf. Durch die Verwendung von digitalen Daten verschiedener Informationssysteme (bspw. ATKIS, ALK, FOGIS) zur Erstellung von Karten werden häufig Überlagerungs- und Geometriefehler deutlich, die bisher durch die traditionelle kartographische Generalisierung überdeckt wurden (DITZ 1996). Gründe solcher grafischer Verschiebungen sind oft unterschiedliche Genauigkeitsanforderungen bei der Erfassung der Daten.

Wie bisher sind auch bei der Kartenerzeugung mittels GIS die grundlegenden kartographischen Gestaltungsregeln zu beachten, auf die STENGEL (1997) ausführlich hingewiesen hat. Darüber hinaus erfahren digitale Karten durch die Kombination von GIS- und Multimedia-Programmen eine immense Erweiterung der Darstellungsmöglichkeiten (MAYER & KRIZ 1996), die aber auch die Gefahr des Mißbrauches und der Manipulation in sich tragen (MONMONIER 1996).

4.2.2 Daten

Daten sind ökonomisch gesehen die wertvollste Komponente eines GIS (zu Nutzen und Preis geographischer Information siehe FRANK 1996). GÖPFERT (1992) unterscheidet nach der Erfassungsmethode der Daten zwischen Primärdaten und Sekundärdaten.

Primärdaten sind Daten aus der Vermessung, von Fernerkundungsaufnahmen (Luft- und Satellitenbild) oder von Felderhebungen (Interviews, Standortkartierung etc.), die im Raster oder Vektorformat abgespeichert werden. Sekundärdaten werden durch Analog/Digital Wandlung, d.h. mittels eines Scanners erzeugt oder einfach über die Tastatur oder eine elektronischen Maus in das System eingegeben.

Nach dem Datentyp lassen sich die in einem GIS verarbeiteten Daten in drei Kategorien einteilen:

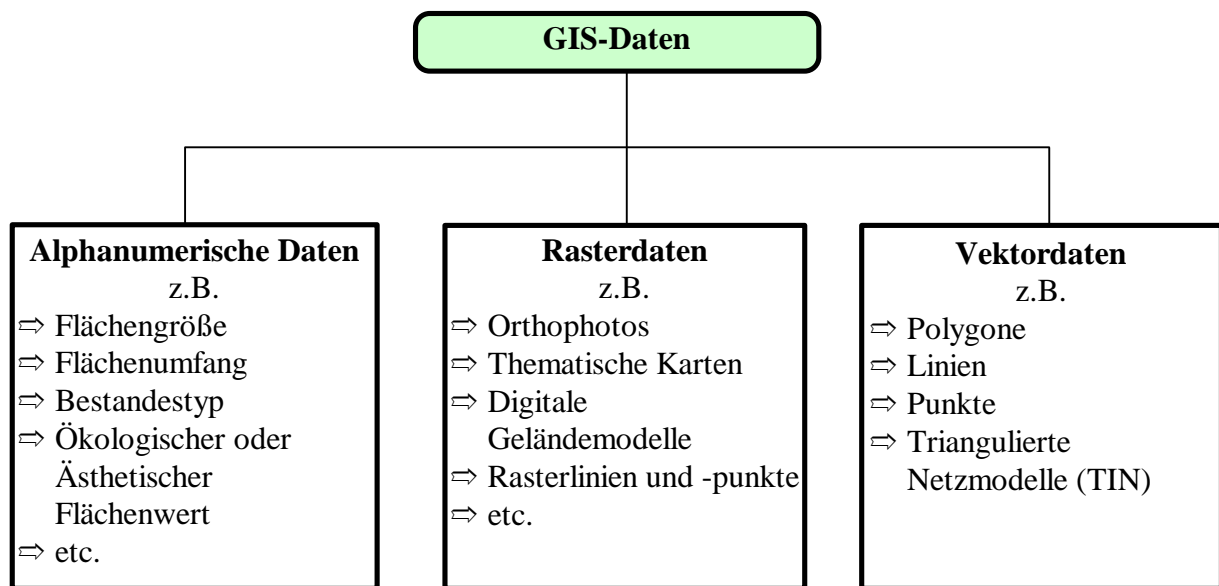


Abb. 4.3: GIS-Datenformate

Die alphanumerischen Daten eines GIS befinden sich in einer relationalen Datenbank, die *hinter* dem GIS steht. Sie beschreibt Objektgeometrie (Lage, Länge, Umfang, Flächeninhalt) und Objekteigenschaft (Landnutzung, Vegetationstyp, Ökologischer Zustand, etc.) der grafischen GIS-Objekte (Punkte, Linien, Flächen), die im *Vordergrund* des GIS stehen. Die Daten sind als Text und Ziffern in Tabellen abgelegt.

Dank einer vereinheitlichten Datenstruktur können alphanumerische Daten auch von Dritten übernommen und in das GIS integriert werden. So wurde bspw. für die Darstellung der kartierten Biotope des Landschaftsplans Burggen (siehe Kap. 5.3) die extern erstellte

Tabelle der amtlichen Biotopkartierung mit den entsprechenden Flächen im GIS verknüpft (siehe Abb. 4.7).

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal verschiedener GIS-Systeme ist ihre Fähigkeit Vektor- oder Rasterdaten zu verarbeiten. Je nach verwendetem Datentyp spricht man auch von einem Raster- oder Vektor-GIS. Mittlerweile werden viele GIS-Programme angeboten, die als hybrides System beide Datentypen verarbeiten können.

Der wesentliche Unterschied beider Formate liegt darin, daß bei der Rasterform die Geometrie eindeutig durch die Lage der einzelnen Bildelemente (Pixel = Picture Element) definiert ist. Qualitative Informationen (Wald, Siedlung, Geländehöhe, Ökologische Wertigkeit, etc.) werden dabei durch die pixelweise Vergabe bestimmter Grau- oder Farbwerte kodiert. Bei der Vektorform wird die Geometrie durch eine Punktfolge von Koordinaten beschrieben. Qualitative Informationen über das Objekt müssen getrennt hinzugefügt werden.

Abb. 4.4 veranschaulicht den Unterschied zwischen Raster- und Vektordaten:

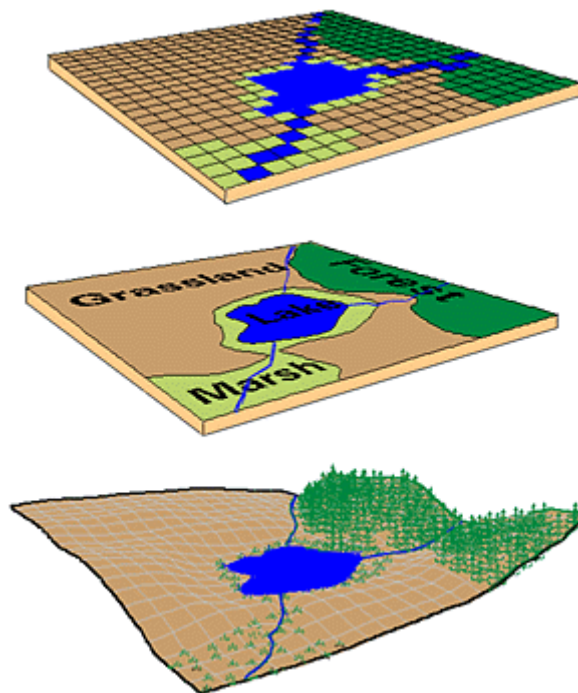


Abb. 4.4: Unterschied zwischen Raster- (oben) und Vektordaten (Mitte) zur Beschreibung der Landoberfläche (unten). Quelle: <http://www.esri.com/base/gis>

Beide Formate haben Vor- und Nachteile für den Anwender. Die Vorteile der Vektordaten sind nach GÖPFERT (1991):

- gute Möglichkeiten der thematischen Objektbeschreibung
- gute Selektierbarkeit einzelner Objekte nach Qualität oder Namen
- gute Datenkompression und geringer Speicherbedarf

Dem stehen als wichtigste Nachteile gegenüber:

- hohe Komplexität der Datenbankstruktur
- umständliche Geometrische Zugriffsmöglichkeit
- aufwendige Berechnung von Datenverknüpfungen und geometrischen Nachbarschaftsbeziehungen.

Die folgende Abb. 4.5 zeigt den Aufbau von Vektordaten (Punkte, Linien, Polygone), wobei lediglich Anfangs- und Endpunkt der Vektoren in Form der entsprechenden x- und y-Koordinaten gespeichert werden.

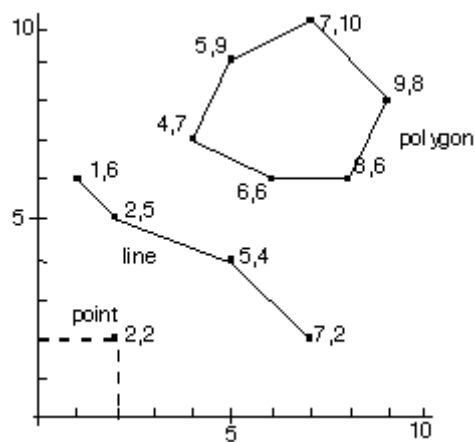


Abb. 4.5: Grafische Ausgabe und numerische Speicherung von Vektordaten.

Im Gegensatz hierzu veranschaulicht Abb. 4.6 die Ausgabe und Speicherung von Rasterdaten, wobei jedes Bildelement zur Wiedergabe der erfaßten Objekte durch eine Ziffer (1 oder 0) gekennzeichnet ist.

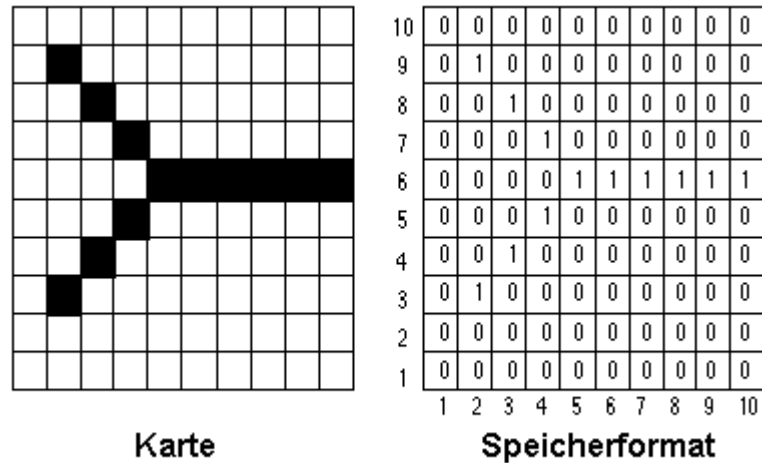


Abb. 4.6: Speicherung und Ausgabe von Rasterdaten.

Die Kompatibilität der **Datenformate**, welche die Austauschfähigkeit zwischen verschiedenen Systemen bestimmt, hat sich durch die starke Verbreitung der Betriebssysteme Windows und DOS für Personal Computer erheblich verbessert. Auf einer PC Plattform lassen sich nicht nur unterschiedliche GIS-Daten leichter integrieren und verarbeiten (siehe z.B. BÄRK ET AL. 1997), sondern auch Multimedia Daten sind dank weit verbreiteter Austauschformate besser zu handhaben als auf alternativen Unix Betriebssystemen.

4.2.3 Methoden

Geometrisch-topologische Verfahren und statistische Analysemethoden können an dieser Stelle genauso wenig, wie die Methoden der Datenmodellierung in gebührendem Umfang behandelt werden, da sie nicht der eigentliche Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Die theoretischen Grundlagen sind z.B. in BILL (1996) und BILL & FRITSCH (1994) ausführlich dargestellt. Auf die praktische Anwendung insbesondere von 3D-Analysen wird aber in Kap. 4.3.3 näher eingegangen.

Aufgrund der schnellen Veralterung der Hard- und Software Systeme darf sich die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der GIS-Technologie nicht von den Grenzen erreichter Rechner- und Programmkapazitäten leiten lassen, sondern muß sich vielmehr vorausschauend mit den prinzipiellen Möglichkeiten beschäftigen und neue Methoden für den Einsatz von GIS entwickeln. Konkret heißt das, daß Datengröße, Rechner- und Netzwerkgeschwindigkeiten kein Kriterium für zukünftige GIS-Konzepte sein können.

Diese zu entwickelnden Konzepte und Methoden einer zielführenden GIS-Anwendung werden vermutlich die Datenformate überdauern, mit denen sie heute noch arbeiten, ohne jedoch dadurch unbrauchbar zu werden.

Bei der Erforschung der Möglichkeiten von GIS gilt es in erster Linie zu zeigen, wozu GIS eingesetzt werden kann und anhand von Beispielen muß gleichzeitig dargestellt werden, ob und wie dies funktioniert. Wichtig hierfür ist die Kenntnis der in das System implementierten Methoden der geometrischen, volumetrischen und statistischen Geländeanalyse (z.B. verwendete Fuzzy Sets, Interpolations Algorithmen, Aufbau der Topologie).

4.2.4 Systemnutzer

Was die Vergänglichkeit der GIS-Bestandteile anbelangt, so finden wir bei den Systemnutzern - das sind die Menschen, die mit GIS zu tun haben - die beständigste Komponente. Die Frage, wie schnell und in welchem Umfang sich Menschen an die neuen Computer-Technologien anpassen können, ist wichtig für die GIS-Ausbildung und Lehre (vgl. AMMER ET AL. 1995, BLASCHKE & STROBL 1995), für den zukünftigen Arbeitsmarkt (vgl. MELZER 1996) und für die generelle Akzeptanz des Mediums im alltäglichen Leben (vgl. Kap. 6).

4.3 *Mehrdimensionales GIS*

Zur beispielhaften Darstellung der umfangreichen Möglichkeiten, die Geographische Informationssysteme für die Landschaftsplanung bieten, sollen einige ausgewählte Funktionen zur Beschreibung der visuellen Qualität der Landschaft vorgestellt werden. Für eine bessere Übersicht wird dabei nach den räumlichen Dimensionen der Visualisierung und Analyse unterschieden zwischen ein-, zwei-, und dreidimensionalen Analyse- und Darstellungsmethoden. Diese Unterteilung entspricht den in Kap. 3.2.1.1 beschriebenen ein-, zwei- und dreidimensionalen Grundformen der Landschaftselemente und bietet somit die Möglichkeit, Analyse und Visualisierungstechniken mit Bezug auf grundlegende Landschaftselementformen darzustellen.

Es soll damit gezeigt werden, wie mit Hilfe verschiedener GIS-Funktionalitäten sichtbare Landschaftselemente reproduziert und analysiert werden können. Die Reproduktion von akustischen Landschaftsphänomenen und von Landschaftseindrücken, die durch psychologische Faktoren der Landschaftswahrnehmung beeinflusst werden (siehe Kap. 3.3), bleiben dagegen zunächst Multimedia-Anwendungen vorbehalten, die in Kap. 4.4.1 näher beschrieben werden.

4.3.1 GIS 1-dimensional (alphanumerisches GIS)

4.3.1.1 *Merkmale der 1D-Funktionalität*

Der Begriff *1-dimensional* wird hier im übertragenen Sinne verstanden. Er beinhaltet die Funktion eines GIS, Landschaftselemente alphanumerisch zu beschreiben und zwar zunächst völlig losgelöst von der grafischen Darstellung.

Im Gegensatz zur zeichnerischen Umsetzung eines GIS-Objektes (Punkt, Linie, Fläche, Körper) in zwei oder drei Dimensionen, wird das Objekt lediglich durch numerische oder in Text gefaßte Information beschrieben. Diese Information bezieht sich auf **Quantität** oder **Qualität** des Objektes und wird i.d.R. tabellarisch abgespeichert. Die geometrische Form und die räumliche Lage der Objekte können dagegen nur indirekt mittels der unten näher beschriebenen 2D-Funktionalität dargestellt werden.

Die **quantitativen Objekteigenschaften** (Umfang oder Inhalt einer Fläche, Länge einer Strecke) werden gleichzeitig mit dem Zeichnen des Objektes entweder automatisch berechnet und abgespeichert, oder sie können je nach Bedarf später vom Programm ermittelt werden. **Qualitative Objekteigenschaften** müssen in einem Vektor-GIS vom

Bearbeiter nachträglich eingegeben werden (bspw. ökologische Flächenwerte in einer Biotopkarte). Ein Raster-GIS kann qualitative Objekteigenschaften mit Hilfe eines Interpretationsschlüssel automatisch berechnen, z.B. die Auswertung von Rasterdaten eines Satellitenbildes.

Die objektbezogenen Tabellen können mit externen tabellarischen Fachdaten - bspw. Daten der amtlichen Biotopkartierung, oder der Forsteinrichtung - verknüpft werden. Somit kann eine Fülle unterschiedlicher Objektinformation mit dem betreffenden Objekt verbunden werden. Abb. 4.7 verdeutlicht die Verbindung zwischen den tabellarischen und den grafischen Daten. Jede Zeile der Tabelle beinhaltet die Geometriedaten (Flächengröße und -umfang) und die Sachdaten für eine ganz bestimmte Biotopfläche. Dieser direkte Bezug wird durch das GIS hergestellt und verwaltet und wie Abb. 4.7 zeigt, wirkt sich die Auswahl eines Datensatzes in der Tabelle somit auch gleichzeitig auf das dazugehörige grafische Objekt aus.

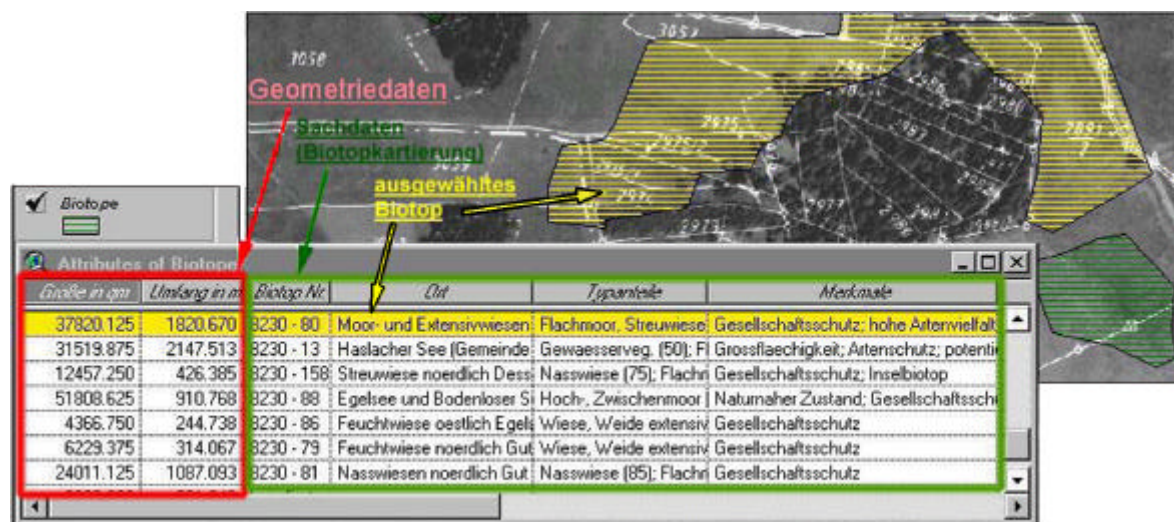


Abb. 4.7: Verknüpfung von Geometriedaten (Spalte 1 und 2 der Attributtabelle) mit externen Sachdaten der Biotopkartierung (Spalte 3 bis 6). Zwischen den alphanumerischen Daten der Tabelle und dem grafischen Objekt, das sie beschreiben, besteht ein direkter Bezug, so sind in der ersten Tabellenzeile die Geometrie- und Sachdaten der ausgewählten, schraffierten Biotopfläche enthalten.

4.3.1.2 Visualisierung

Alphanumerische Daten lassen sich in Form von Tabellen oder Berichten darstellen. Durch die grafische Umsetzung in Diagramme kann die Lesbarkeit und Verständlichkeit der Daten i.d.R. erhöht werden. Eine Verbesserung der Transparenz wird aber auch dadurch erreicht, daß die Daten in unmittelbaren Zusammenhang mit den entsprechenden Landschaftsobjekten gebracht werden, bspw. durch die Plazierung oder Einblendung von

Kartogrammen in direkter Nachbarschaft des grafisch dargestellten Objektes, wie dies in Abb. 4.8 links oben gezeigt wird.

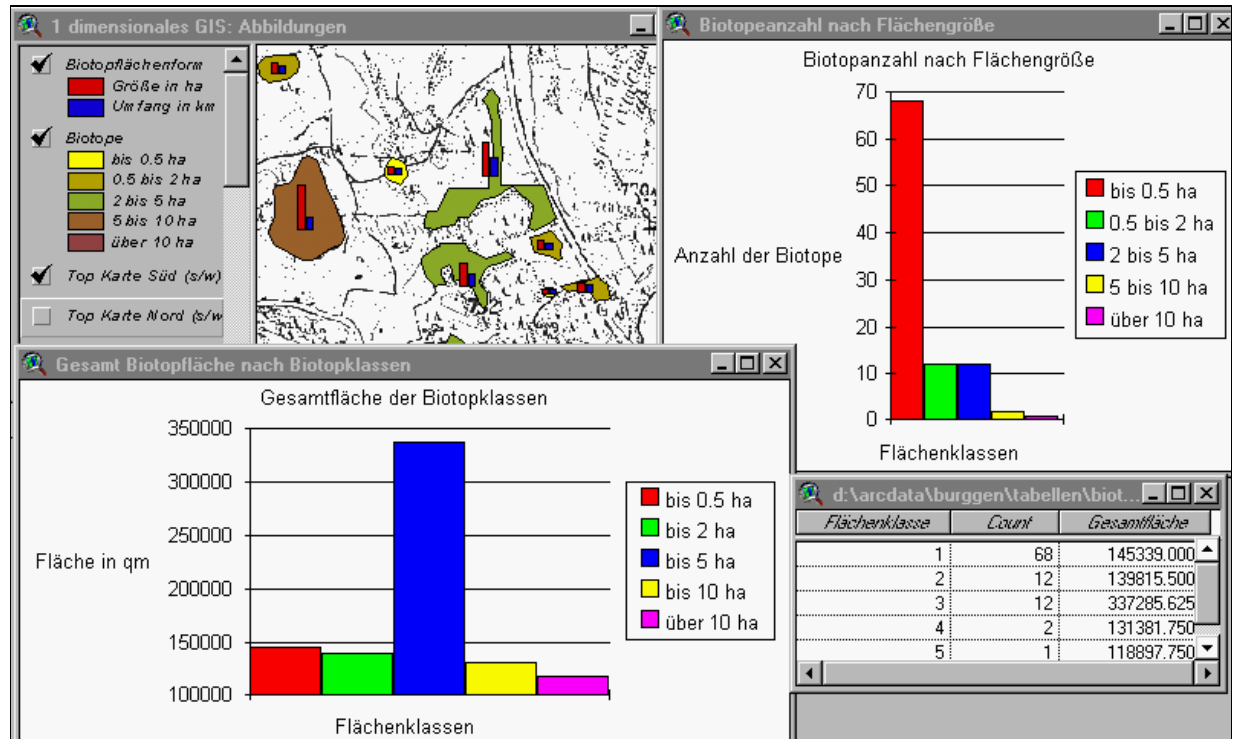


Abb. 4.8: Darstellung alphanumerischer GIS-Daten als Diagramm (unten links u. oben rechts), Tabelle (unten rechts) und Kartogramm (oben links).

4.3.1.3 Analyse

Parameter zur Beschreibung des Landschaftsbildes bzw. des Landschaftscharakters lassen sich auch ohne grafische GIS-Funktionen erfassen. Die alphanumerisch gespeicherten Objekte - z.B. ästhetisch relevante Landnutzungen - lassen sich nach bestimmten Kriterien selektieren und abfragen. Anhand der tabellarischen Daten können

- Anzahl der Teilflächen
- Größe der Teilflächen und
- prozentualer Anteil an der Gesamtfläche

ermittelt werden.

Für eine vergleichende Betrachtung haben wir das Gemeindegebiet Burggen in einen südlichen und nördlichen Teil getrennt. Für beide Flächen wurde die Anzahl der vereinzelt Waldbestände, ihre durchschnittliche Größe und der Waldanteil an der

Gesamtfläche ermittelt. Abb. 4.9 gibt einen Überblick über das nördliche und südliche Testgebiet.

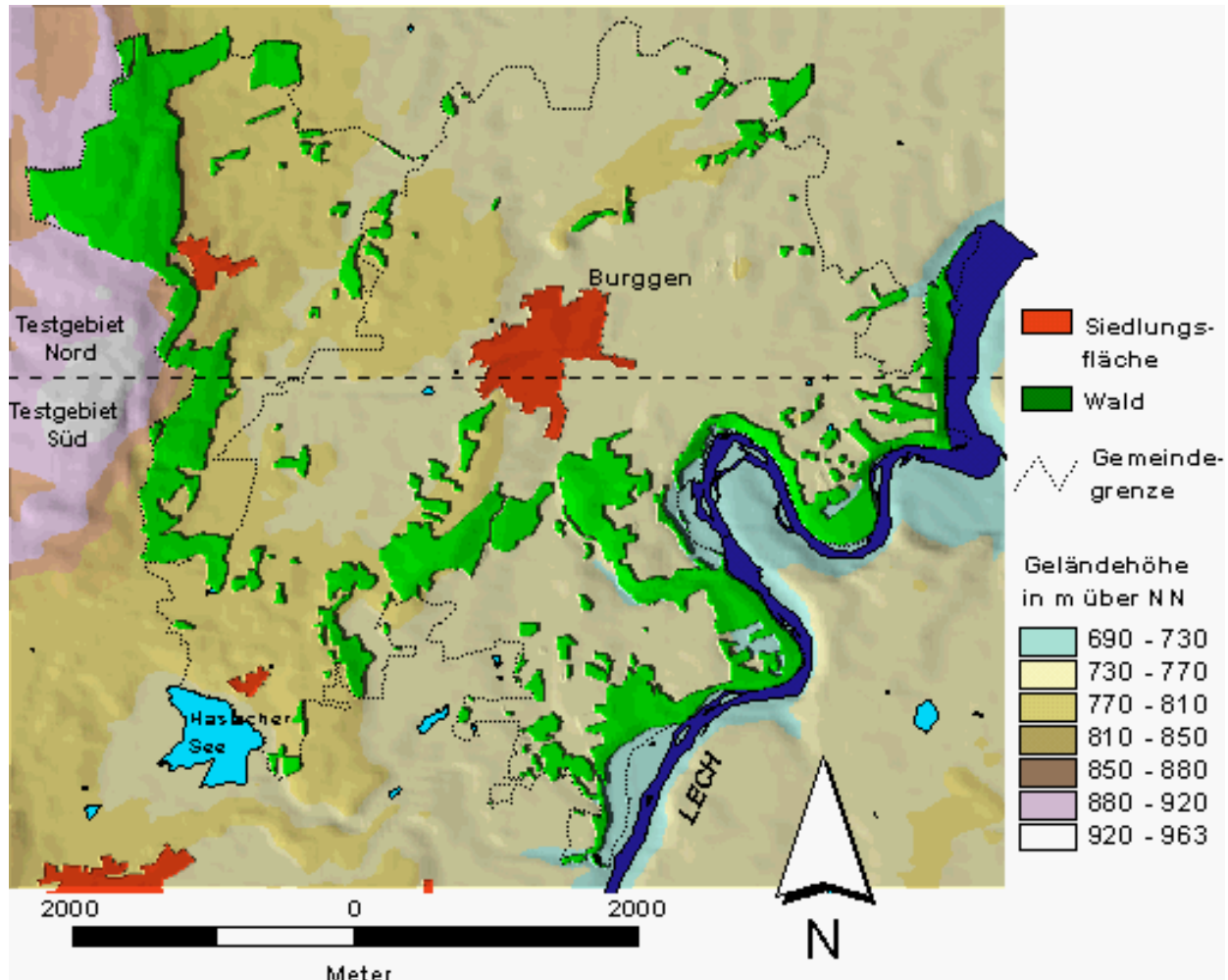


Abb. 4.9: Das Gemeindegebiet Burggen mit den Testgebieten Süd und Nord

In der folgenden Tabelle sind die Werte wiedergegeben, die das Untersuchungsgebiet in Bezug auf seine Waldflächen und auf Basis von alphanumerischen Daten beschreiben, ohne dabei die geometrische Form der Landschaftselemente zu berücksichtigen.

	Burggen Nord	Burggen Süd																																																
Ausgangsdaten: Auszug aus der Objekttabelle der Waldflächen.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fläche in qm</th> <th>Umfang in m</th> <th>Wald Nummer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1558047.500</td><td>15942.955</td><td>2</td></tr> <tr><td>24619.500</td><td>991.224</td><td>3</td></tr> <tr><td>427.000</td><td>356.939</td><td>4</td></tr> <tr><td>113312.750</td><td>1445.417</td><td>5</td></tr> <tr><td>2064.500</td><td>383.089</td><td>6</td></tr> <tr><td>128.250</td><td>61.076</td><td>7</td></tr> <tr><td>...</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Fläche in qm	Umfang in m	Wald Nummer	1558047.500	15942.955	2	24619.500	991.224	3	427.000	356.939	4	113312.750	1445.417	5	2064.500	383.089	6	128.250	61.076	7	...			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fläche in qm</th> <th>Umfang in m</th> <th>Wald Nummer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1558047.500</td><td>15942.955</td><td>2</td></tr> <tr><td>117382.750</td><td>4510.166</td><td>42</td></tr> <tr><td>267225.625</td><td>8267.632</td><td>60</td></tr> <tr><td>3902.250</td><td>334.660</td><td>62</td></tr> <tr><td>51960.875</td><td>1544.816</td><td>64</td></tr> <tr><td>5422.875</td><td>323.385</td><td>65</td></tr> <tr><td>...</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Fläche in qm	Umfang in m	Wald Nummer	1558047.500	15942.955	2	117382.750	4510.166	42	267225.625	8267.632	60	3902.250	334.660	62	51960.875	1544.816	64	5422.875	323.385	65	...		
Fläche in qm	Umfang in m	Wald Nummer																																																
1558047.500	15942.955	2																																																
24619.500	991.224	3																																																
427.000	356.939	4																																																
113312.750	1445.417	5																																																
2064.500	383.089	6																																																
128.250	61.076	7																																																
...																																																		
Fläche in qm	Umfang in m	Wald Nummer																																																
1558047.500	15942.955	2																																																
117382.750	4510.166	42																																																
267225.625	8267.632	60																																																
3902.250	334.660	62																																																
51960.875	1544.816	64																																																
5422.875	323.385	65																																																
...																																																		
Anzahl der Waldteile	52	87																																																
Durchschnittliche Größe der Waldteile	4,4 ha	5,5 ha																																																
Waldanteil in % der Gesamtfläche	11,2 %	20,4 %																																																

Tab. 4.1: Indizes zur Beschreibung von bewaldeten Landschaften auf Basis alphanumerischer Daten ohne Berücksichtigung der geometrischen Form der Landschaftselemente.

4.3.2 GIS 2-dimensional (planimetrisches GIS)

4.3.2.1 Merkmale der 2D-Funktionalität

Die Merkmale der 2D-Funktionalität umfassen die klassischen Aufgaben eines GIS. Neben Quantität und Qualität (*1-dimensional*) werden hier auch die geometrische Form und die räumliche Lage des Objektes beschrieben.

GIS-Objekte, die durch ein oder mehrere Koordinatenpaare (x- und y-Koordinate) definiert sind, können grafisch dargestellt, selektiert und abgefragt werden. Dies trifft auf alle Landschaftselemente zu, die im GIS als Punkt, Linie oder Fläche erfaßt werden, wie Waldflächen, Schutzgebiete, aber auch Wege, Einzelbäume oder Aussichtspunkte.

4.3.2.2 Visualisierung

Die Darstellung entspricht der analogen Kartendarstellung, mit dem Unterschied, daß einzelne Themen oder ausgewählte Objekte eines Themas, ein- oder ausgeblendet werden können. Diese Überlagerungsfunktion ermöglicht eine flexible Gestaltung und Handhabung der Karte.

Die vektorisierten Objekte lassen sich auch mit Rasterdaten - z.B. einer gescannten Topographischen Karte oder einer Luftbildkarte - kombinieren und liefern damit zusätzliche Information über die Landschaft.

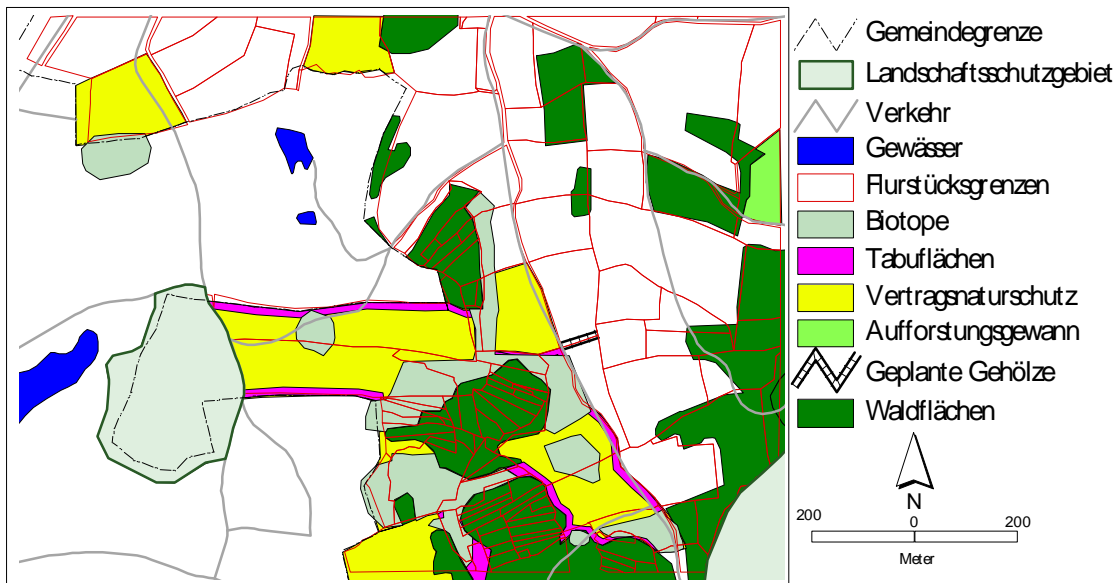


Abb. 4.10: Überlagerung von zweidimensionalen Vektordaten des Landschaftsplanes Burgenland

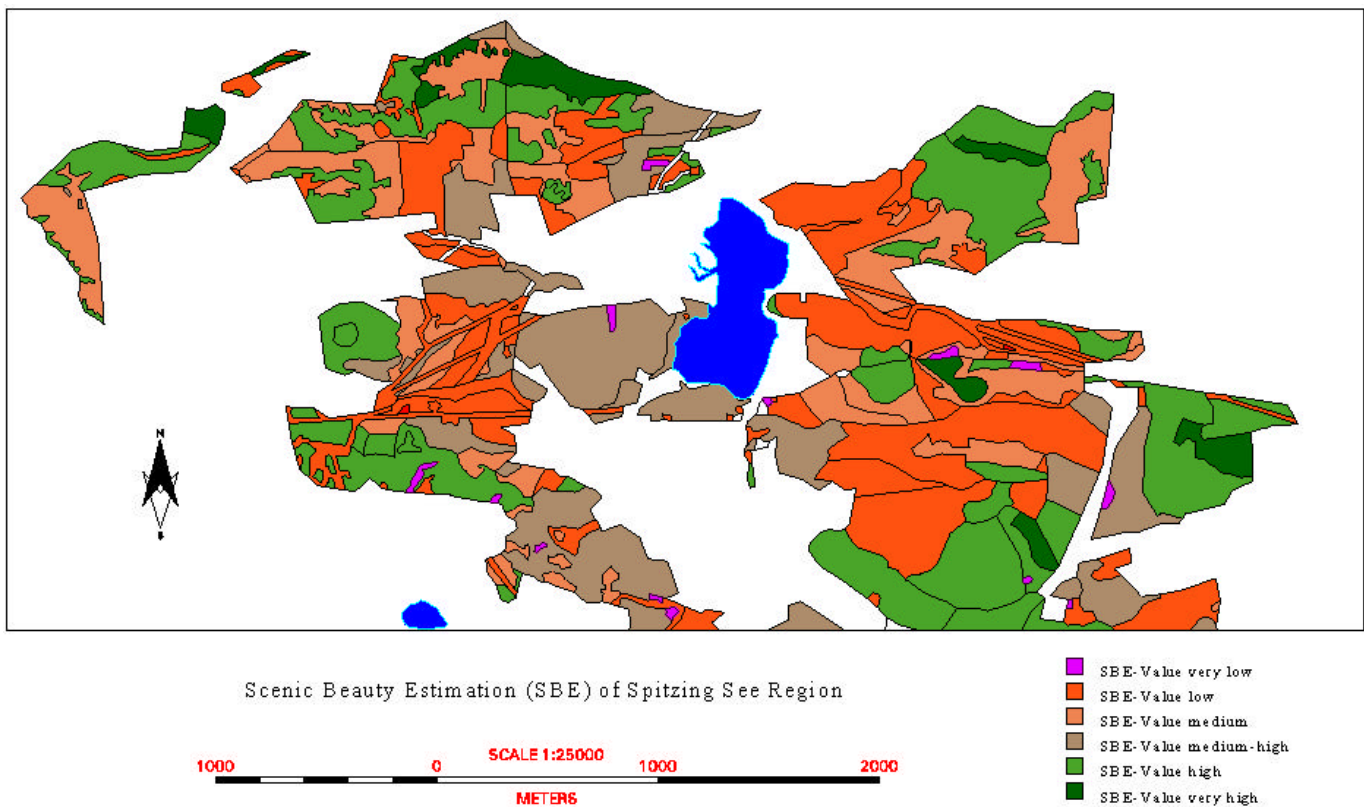


Abb. 4.11: Karte der ästhetischen Qualität des Waldes im Untersuchungsgebiet Spitzingsee

4.3.2.3 Analyse

Dank der grafischen Darstellung läßt sich nicht nur die geometrische Form der Objekte analysieren, auch die Lage im 2-dimensionalen Raum wird festgelegt und kann abgefragt werden. Der größte Teil der bisher veröffentlichten ökologischen GIS-Analysen arbeitet nach dieser Methode.

Durch einfache ökologische (oder ästhetische) Bewertungen, die häufig auf einer rein gutachterlichen Ansprache beruhen, lassen sich z.B. Landnutzungen neu klassifizieren und als ökologische (oder ästhetische) Ergebniskarten präsentieren. Dies wurde im Rahmen des FORAM Forschungsprojektes auch für eine ästhetische Bewertung (Scenic Beauty Estimation, SBE) des Waldes im Untersuchungsgebietes Spitzingsee durchgeführt, wobei die ästhetische Qualität über die Struktur der Bestände aus der Forstbetriebskarte abgeleitet wurde.

Abb. 4.11 zeigt das Ergebnis dieser Bewertung: lila und rötliche Flächen sind schwach strukturierte Bestände (v.a. gleichaltrige Fichtenjungbestände) und wurden mit einem geringen ästhetischen Wert beurteilt. Grüne Bestände wurden dagegen aufgrund ihrer Struktur (v.a. plenterartiger Aufbau) als ästhetisch reizvoller angesehen. Eine Überprüfung im Gelände ergab, das diese zweidimensionale Analyse der Waldlandschaft jedoch die wirkliche Situation nur unzureichend widerspiegelt, weil für die Beurteilung der visuellen Landschaftsqualität die Perspektive der Betrachtung - und damit die dritte Raumdimension - eine entscheidende Rolle spielt. Die Sichtbarkeit der von der Forsteinrichtung ermittelten Bestandesstruktur ist abhängig von der relativen Position des Betrachters zum entsprechenden Bestand und für eine plausible Bewertung des Landschaftsbildes ist dieser Aspekt zu berücksichtigen. Das in Abb. 4.11 dargestellte Bewertungsergebnis erscheint insofern zumindest dafür geeignet, die Grenzen einer 2-dimensionalen GIS Analyse darzustellen.

Ein anderer Ansatz zur Quantifizierung des Landschaftsbildes oder des Landschaftscharakters ist die gezielte Abfrage ästhetisch relevanter Landnutzungstypen nach ihrer geometrischen Form und Lage.

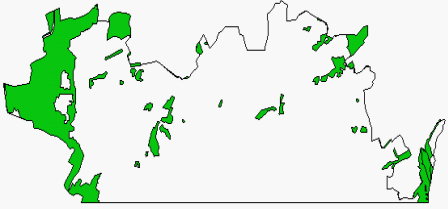
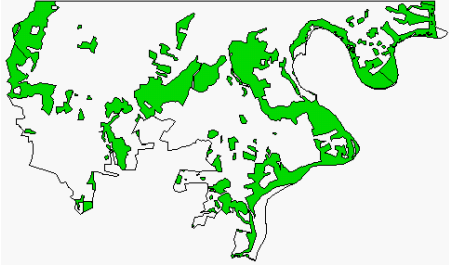
Ein bekannter Parameter zur Ermittlung eines ökologischen Randeffektes ist der Quotient aus dem Umfang und der Größe einer Fläche. FORMAN & GODRON (1986) entwickelten hierfür folgende Formel:

$$D_i = P / 2 \cdot \sqrt{A \cdot \pi} \quad (D_i \text{ ist gleich } P \text{ durch } 2 \text{ mal Quadratwurzel aus } A \text{ mal } \pi)$$

Dabei ist D_i der Index für die Gestalt einer Fläche, P ist der Umfang und A ist die Größe der Fläche.

Im Gegensatz zu dem unter Kap. 4.3.1.3 beschriebenen eindimensionalen Index ist hier ein Maß für die Komplexität der 2-dimensionalen Form eines flächigen Objektes gegeben. Je mehr der Wert gegen 1 strebt, desto gleichförmiger erscheint das Objekt. Ein Wert von 1,0 entspricht schließlich einem Kreis.

Die Flächenform von Landnutzungen sind für das Landschaftsbild genauso wichtig wie für die Landschaftsökologie. Vielgestaltige Formen erhöhen den Reiz einer Landschaft, gleichmäßige, geometrische Formen werden dagegen als monoton empfunden (BELL 1993, AMMER & PRÖBSTL 1991). In diesem Zusammenhang wird daher vorgeschlagen, den oben beschriebenen Formindex zur visuellen Beschreibung von Landschaftselementen (z.B. für Waldflächen) zu verwenden. Zur Demonstration dieses Ansatzes wurde im folgenden Beispiel ein flächengewichteter Gesamtindex für die vereinzelt Waldteile im Norden und Süden des Gemeindegebiets Burggen (vgl. Abb. 4.9) nach der Formel von FORMAN & GODRON berechnet (vgl. Tab. 4.2).

	Burggen Nord	Burggen Süd
Ausgangsdaten: Kartographische Erfassung der Waldgebiete		
flächengewichteter Gesamtindex	3,09	3,43

Tab. 4.2: Zweidimensionaler Formindex (flächengewichteter Gesamtindex) der Waldteile im Norden und Süden der Gemeinde Burggen

Die Einzelindexwerte der verschiedenen Waldteile, die für die Ermittlung des Gesamtindex berechnet wurden, lagen zwischen 1,05 und 4,94. Werte in der Größenordnung von 1,05 beschreiben annähernd perfekte Kreisformen, die in der Natur selten vorkommen. Sie

lassen sich daher nur durch das Digitalisieren von sehr kleinen Objekten auf kleinmaßstäblicher Kartengrundlage und der dabei auftretenden grafischen Generalisierung erklären.

In Bezug auf die Waldform erscheint das Landschaftsbild im Nordteil gleichförmiger und monotoner als im Süden, wo die Waldteile durch vielgestaltigere Flächenformen gekennzeichnet sind, wie dies auch in Abb. 4.9 zu sehen ist. Diese Tatsache wird durch den flächengewichteten Formindex wiedergegeben, der im Süden entsprechend höher liegt als im Norden.

Für lineare Landschaftselemente (Flüsse, Wege, Vegetationsgrenzen) gibt der von der sogenannten „Talentwicklung“ abgeleitete Wert ein Hinweis auf die Bewegtheit des Objektes. Die „Talentwicklung“ wird ursprünglich zur Beschreibung des Grades des Mäandrierens eines Flusses errechnet aus dem Quotient der tatsächlichen Länge des Flusses (Linie entlang der tiefsten Punkte im Tal) und der Länge der kürzesten Entfernung (der Luftlinie) zwischen Anfangs- und Endpunkt des betreffenden Flußabschnittes (WEIDENBACH 1990). Nach der gleichen Methode lassen sich im Grunde alle lineare Landschaftselemente aus ästhetischer Sicht quantitativ beschreiben. Je größer der Wert ist, desto bewegter ist das lineare Objekt und desto eher erhöht es den Reiz einer Landschaft. Kritisch muß bemerkt werden, daß der hier vorgeschlagene Formindex lediglich die Form von Landschaftselementen - nicht ihre Wirkung auf den Betrachter - zu quantifizieren vermag und in diesem Sinne ist er nur als eine von vielen Größen in der Landschaftsbildbewertung zu sehen. Inwieweit der Wert mit der subjektiven Empfindung der Attraktivität einer Landschaft korreliert, müßte mit Hilfe von sozial-empirischen Untersuchungen erst noch festgestellt werden. In diesem Zusammenhang wäre es auch interessant, festzustellen, ab welchem Indexwert Erholungssuchende die Form von z.B. Waldrändern als attraktiv oder monoton einstufen.

4.3.3 GIS 3-dimensional (volumetrisches GIS)

4.3.3.1 Merkmale eines volumetrischen GIS

Ein grundsätzliches Problem der grafischen Landschaftsdarstellung besteht darin, daß auch für 3-dimensionale Objekte nur ein 2-dimensionales Medium (Bildschirm oder Karte) zur Verfügung steht. Perspektivische Darstellungen und die Schattierung von Objekten durch eine imaginäre Lichtquelle werden daher häufig eingesetzt um einen 3-dimensionalen Eindruck zu vermitteln. Dies war in der Vergangenheit die Domäne von Landschaftsmalern, wie dem berühmten *Heinrich Berann*, dessen Panoramen und

Vogelschaubilder eindrucksvoll zeigen, wie eng Kunst und Kartographie beieinander liegen. Abb. 4.12 zeigt ein im Stile *Beranns* gezeichnetes Landschaftspanorama der Oberen Donau.

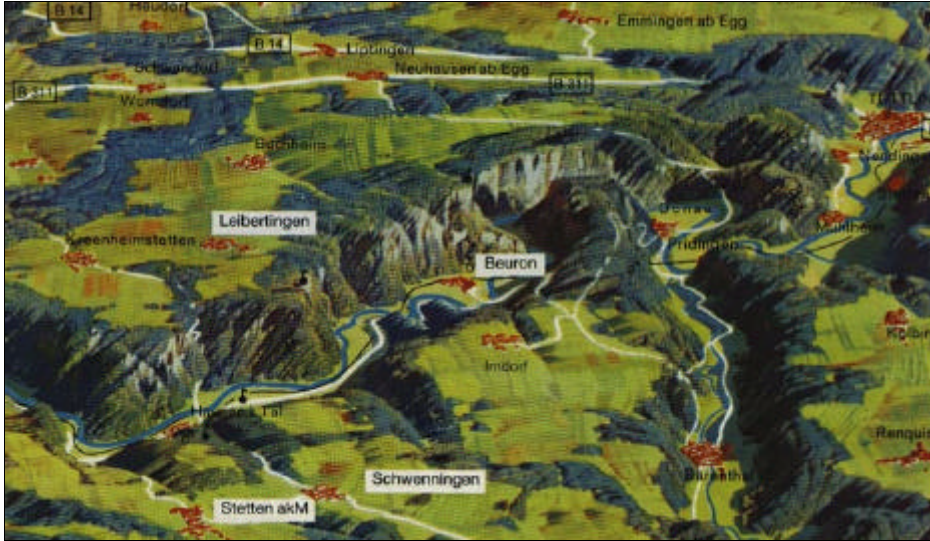


Abb. 4.12: Das Landschaftspanoramas der Oberen Donau aus der Vogelperspektive, gezeichnet im Stile des Landschaftsmalers H. Berann

Grundlage für die Darstellung der Geländeoberfläche im GIS ist das Digitale Höhenmodell (DHM), das für alle gemessenen Höhenpunkte die entsprechenden x-, y-, und z-Werte i.d.R. im Gauß-Krüger-Koordinatensystem vorhält. Nach einer Definition von BILL (1996) bezeichnet man ein Digitales Höhenmodell als die Menge der digital gespeicherten Höhenwerte, die als Funktion der Lage der Punkte die Höhenstruktur des Objektes hinreichend repräsentieren.

Die Punkte des DHM werden von den zuständigen Landesvermessungsämtern photogrammetrisch - i.d.R. als gleichmäßig verteiltes Punktegitter - erfaßt und als 3-spaltige Ascii (American Standard Code for Information Interchange) Datei gespeichert und an Dritte abgegeben (vgl. Tab. 4.1). Je nach Bewegtheit des Geländes ändert sich dabei die Genauigkeit des DHM. Durchgeführte Genauigkeitsanalysen haben nach HOSS (1995) ergeben, daß die mittleren Höhenfehler in ebenem und schwach geneigtem Gelände bei $\pm 2 - 3$ m liegen. Dieser Wert kann jedoch bei extremen topographischen Verhältnissen, wie etwa in den Alpen, auf über ± 10 m ansteigen (LANDESVERMESSUNGSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG 1995, zur Genauigkeit des DHM siehe auch BILL 1996).

Qualitätsunterschiede gibt es aber auch durch die Dichte der Meßpunkte und die Methode der Erfassung. Das DHM des Landesvermessungsamt Baden-Württemberg ist bspw. kein

reines Geländeoberflächenmodell, sondern repräsentiert insbesondere in Gebieten mit Bodenbewuchs die Vegetationsoberfläche, deren Höhenwert abhängig ist vom Aufnahmezeitpunkt der Luftbilder (HOSS 1995). In Bayern werden die photogrammetrisch erfaßten Höhen dagegen auf die tatsächliche Bodenoberfläche zurückgerechnet. (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DER FINANZEN 1993). Die Kenntnis der Herleitung von amtlichen DHM-Daten ist daher z.B. für Einsehbarkeitsanalysen von großer Wichtigkeit.

Punkt-ID	x-Koordinate	y-Koordinate	z-Koordinate
30000001	489000.00	276300.00	1209.93
30000001	489000.00	276325.00	1219.30
30000001	489000.00	276350.00	1219.77
30000001	489000.00	276375.00	1219.01
30000001	489000.00	276400.00	1219.28

Tab. 4.3: Auszug aus dem Höhenmodell „Spitzingsee“ des Bayerischen Vermessungsamtes mit Gauß-Krüger Koordinaten (x , y) und Höhenmetern über NN (z).

Die Höheninformation kann auf einfache Weise auch aus den Höhenlinien und -punkten der amtlichen Kartenwerke digital abgegriffen werden. Bei geeigneter Geräteausstattung können Höhendaten zudem im Gelände (mittels Global Positioning System oder analogen Profilmessungen) oder an einem Stereoplotter (bspw. SD 2000 von Leica oder Planicomp von Zeiss) photogrammetrisch über das Luftbild gewonnen werden. Alle Höhendaten können anschließend mit Hilfe eines geeigneten GIS-Programms zu einem Oberflächenmodell generiert werden.

Wesentlicher Bestandteil eines digitalen Geländemodells sind neben den gespeicherten Daten die Rekonstruktionsvorschriften, d.h. die Algorithmen mit deren Hilfe man aus den diskreten Punkten einen Kurven-, bzw. Flächenverlauf berechnen kann. Man kennt von einigen Punkten Lage und Höhe und sucht entweder von lagemäßig bekannten Punkten die Höhe oder von höhenmäßig bekannten Punkten die Lage. Bei der Ableitung von Höhenlinien und der Geländeoberfläche aus dem DHM handelt es sich im Prinzip um die Interpolation von Kurven und Meßpunkten nach unterschiedlichen Verfahren.

Die Verarbeitung des DHM zu einem Oberflächenmodell (digitales Geländemodell) erfolgt entweder nach der *Gittermethode* im Rasterformat, bei der jedes Bildelement (Pixel) die Information von x -, y -, und z -Koordinate trägt, oder nach der *Dreiecksmethode* im Vektorformat, bei der die Höheninformation von den Eckpunkten und Seitenlinien

vektorisierter Dreiecke getragen wird. Im ersten Fall spricht man auch von einem GRID oder Lattice, im zweiten Fall von einem TIN (Triangulated Irregular Network).

Beide Modelle bilden das Gelände als sogenannte *Funktionale Oberfläche* ab. Funktionale Oberflächen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie für einen durch x- und y-Koordinate gekennzeichneten Ort nur einen einzigen z-Wert (Höhenwert) speichern. Sie berücksichtigen nicht die Tatsache, daß ein und derselbe Ort unendlich viele z-Werte haben kann, wie das hypothetische Beispiel einer vollkommen senkrechten Geländeabbruchkante zeigt (vgl. Abb. 4.13). Je nachdem von welcher Seite man sich nähert (D1 oder D2), trifft man bei gleichen x- und y-Werten auf einen anderen z-Wert. Funktionale Oberflächenmodelle werden daher auch häufig als 2,5-dimensionale Modelle bezeichnet. Hier zeigt sich im übrigen ein weiterer, wesentlicher Unterschied zu CAD-Programmen, die diese Beschränkung nicht haben.

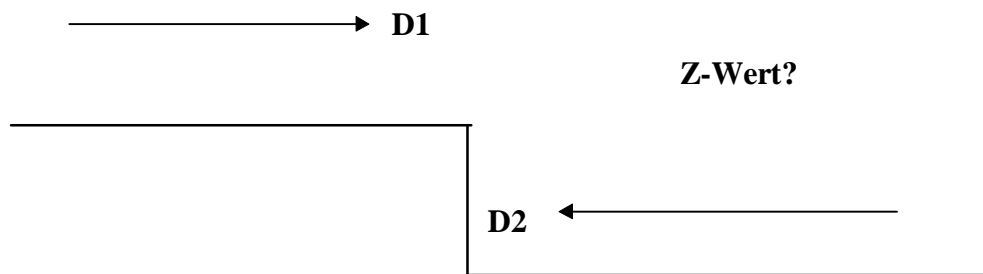


Abb. 4.13: Je nachdem von welcher Seite man sich der Geländekante nähert (D1 oder D2), trifft man bei gleichen x- und y-Werten auf einen anderen z-Wert.

Gittermodelle stellen die Geländeoberfläche als ein gleichmäßiges Gitter von Punkten dar. Die Geländehöhe wird an jedem Ort des Gitters als Durchschnittswert der angrenzenden Höhenpunkte ermittelt, wobei näher liegende Punkte bei der Berechnung stärker gewichtet werden. Zur Interpolation der Punkte bieten sich unterschiedliche Algorithmen an, die je nach Eigenart der Quelldaten für eine realistische Darstellung des Modells geeignet sind. So ist bspw. die *Spline Interpolation* für die Berechnung einer gleichmäßigen Geländeform geeignet. Weitere bekannte Interpolation Algorithmen sind *Inverse Distance Weighted*, (IDW), *Kriging* und die *Trendinterpolation*. Die Ergebnisse der Interpolation sind grundsätzlich um so besser, je enger das Netz der Meßpunkte ist, denn je kleiner die Entfernung zwischen den Gitterpunkten ist, desto naturgetreuer wird die Landoberfläche wiedergegeben. Bruchlinien, die einen abrupten Wechsel des Geländes beschreiben (z.B. entlang von Flußufern oder Bergrücken), können nachträglich anhand der interpolierten

Gitterwerte in das Gitter eingerechnet werden (vgl. Abb. 4.14). Anders als bei der Dreiecksmethode kann die Höheninformation von Bruchlinien jedoch nicht zur Berechnung des Geländemodells verwendet werden.

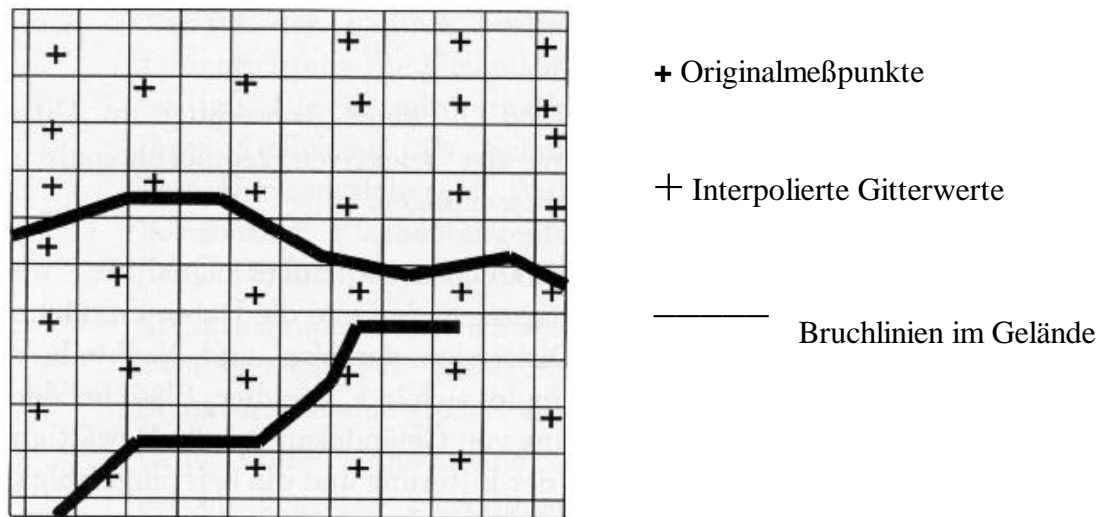


Abb. 4.14: Digitale Geländemodellierung nach der Gittermethode

Das Gittermodell ist einfach aufgebaut und läßt sich vergleichsweise leicht bearbeiten. Die angewendeten Algorithmen der Gittermethode stammen z.T. von etablierten Bildbearbeitungsroutinen und gelten als sehr bewährt. Andererseits kann bei der Berechnung der Geländeoberfläche durch die Interpolation der mehr oder weniger eng beisammenliegenden Meßpunkte Höheninformation verlorengehen. Die Folge ist eine Verzerrung und Verfälschung der tatsächlichen Landoberfläche. Bei einer unzureichenden Meßpunktdichte kann bei großmaßstäblichen Planungen die Anwendung der Gittermethode dazu führen, daß lineare Landschaftselemente nicht ausreichend beschrieben werden. Das regelmäßige Gitter erfordert daher eine optimale Datendichte für die Geländerepräsentation, was wiederum zu einem sehr hohen, technisch schwierig zu handhabenden Speicherbedarf führt.

Bei der *Dreiecksmethode* wird nach der *Delaunay Triangulation* ein sogen. „Triangulated Irregular Network“ (TIN) erzeugt (ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE 1992b). Bei der Triangulation wird das Gelände durch die Dreiecksvermaschung der eingegebenen Höhenpunkte abgebildet. Dabei müssen die Höhendaten weder gleichmäßig verteilt sein, noch aus reinen Punktdaten bestehen. Als alternatives Konzept zur Gittermethode können auch lineare Höheninformationen, wie Bergrücken, Uferlinien etc. zur Berechnung eines TINs berücksichtigt werden, indem diese Geländebruchlinien als

Dreiecksseiten verwendet werden (vgl. Abb. 4.15). Bezeichnenderweise wird die Oberfläche durch eine Vielzahl benachbarter Dreiecke repräsentiert, die an ihren Eckpunkten - das sind die gemessenen Höhenpunkte - miteinander verknüpft sind.

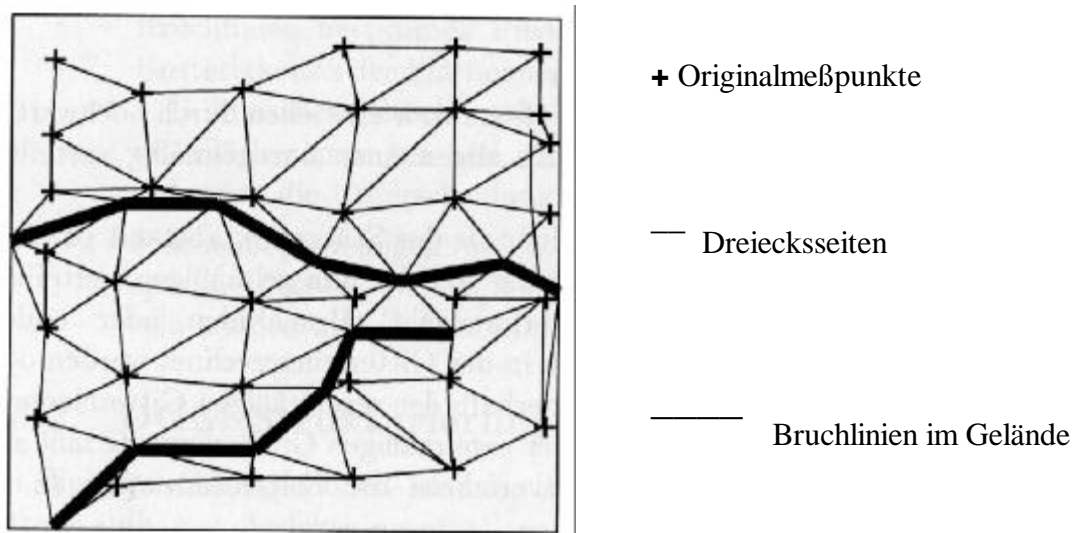


Abb. 4.15: Digitale Geländemodellierung nach der Dreiecksmethode

Die Auflösung von TINs wird programmgesteuert dort erhöht, wo das Gelände unruhiger ist und dort vereinfacht, wo eine gleichmäßige Geländeform wiedergegeben werden soll. Die Koordinaten der Meßpunkte bleiben dabei gespeichert und werden bei darauffolgenden Geländemodellierungen (z.B. durch Interpolation) berücksichtigt, damit keine Primärinformation verlorengeht. Die Geländehöhe kann somit an jeder beliebigen Stelle des Dreiecksmodells ermittelt werden. Dabei werden die Höhenwerte der angrenzender Dreieckseckpunkte nach ihrer Nähe zum gesuchten Punkt wie beim Gittermodell gewichtet und gemittelt.

Beide Methoden haben Vor- und Nachteile, die vor Beginn der Planung auf Grundlage der erwarteten Ergebnisse abzuwägen sind:

- Bei der Dreiecksvermaschung können morphologische Informationen berücksichtigt werden, indem Bruchlinien im Gelände (Fluß- und Seeufer, abrupte Waldränder etc.) als Dreiecksseiten Verwendung finden. Auf gleiche Weise können lineare Landschaftselemente wie Straßen oder Flüsse durch das Dreiecksmodell wiedergegeben werden und gehen im Gegensatz zum Gittermodell nicht verloren.
- Die Nachteile von TINs sind die komplexen Verarbeitungsmethoden und die technische Handhabung. Das Angebot von DHMs als Dreiecksmodell ist bis heute

sehr gering und die selbständige Prozessierung ist aufgrund der benötigten Hard- und Software und dem notwendigen Know-How sehr zeit- und kostenintensiv.

Gittermodelle werden gewöhnlich für regionale Planungen im kleinen Maßstab eingesetzt. Dreiecksmodelle sind aufgrund ihrer höheren Genauigkeit für detailliertere Planungen im großen Maßstab geeignet.

4.3.3.2 Visualisierung

4.3.3.2.1 2,5-dimensionale Darstellung

Unter 2,5-dimensionaler Darstellung versteht man die grafische Beschreibung der Erdoberfläche durch die Schummerung des Geländes. Im Gegensatz zu der unten beschriebenen „echten“ 3D-Darstellung ist keine perspektivische Ansicht möglich, dennoch wird eine sehr plastische Abbildung des Raumes erreicht, insbesondere wenn berechnete Höhenlinien zusätzlich eingeblendet werden.

Die für die Schummerung eingesetzten Schattierungsmodelle verwandeln die Daten des 3-dimensionalen Geländemodells in ein 2-dimensionales Bild, das einen räumlichen Eindruck vermittelt. Der eigentliche 3D-Effekt wird dabei durch die Berechnung eines Geländeschattens erzielt. Der entsprechende Algorithmus berechnet eine imaginären „Sonne“, die je nach Himmelstand einen unterschiedlichen Schummerungseffekt der Landschaft erzeugt. Durch die Festlegung des horizontalen (Azimut) und vertikalen (Höhenwinkel) Sonnenstandswinkel können die Belichtungsverhältnisse für jede Tages- und Jahreszeit und jede geographische Breite berechnet werden. Der Azimut wird im Uhrzeigersinn gemessen, wobei 90 Grad dem Sonnenstand im Osten und 270 Grad dem Stand der Sonne im Westen entspricht. Der Höhenwinkel wird von 0 - 90 Grad angegeben, wobei ein Winkel von 90 Grad dem höchsten Sonnenstand (Zenit) entspricht. Grundsätzlich kann jedes einzelne Bildelement eines Raster-GIS, das durch x-, y-, und z-Koordinaten definiert ist, auf diese Weise geschummert werden.

Die Belichtung einer Landschaft ist von besonderer Bedeutung für die optische und emotionale Wahrnehmung, man denke bspw. an die einzigartige Atmosphäre von Sonnenaufgängen oder Sonnenuntergängen. Schräg einfallendes Sonnenlicht erzeugt ein Wechselspiel von Schatten und Licht und vermag dadurch das Erscheinungsbild der Landschaft dramatisch zu verändern.

Zur Verdeutlichung wurde die Belichtung des Geländemodells des Gemeindegebietes von Burggen für sechs verschiedenen Tageszeiten unter Berücksichtigung der Wald- und Gebäudehöhen gerechnet (vgl. Abb. 4.16). Die Sonnenstandswerte zur Berechnung der

Schummerung beziehen sich auf die geographischen Lagewerte von München (11 Grad 35 Minuten östliche Länge; 48 Grad 8 Minuten nördliche Breite), sowie auf die planetarischen Werte des 21. Juni 1998. Danach ergeben sich die an entsprechender Stelle in Abb. 4.16 dargestellten Werte für den Azimut (A) und den Höhenwinkel (H).

In gleicher Weise lassen sich auch Beleuchtungsmodelle für verschiedene Jahreszeiten berechnen, woraus sich bspw. die jährliche Sonnenscheindauer für bestimmte Landschaftsteile ableiten ließe.

4.3.3.2.2 3-dimensionale Darstellung

Die „echte“ 3-dimensionale Visualisierung zeichnet sich im Gegensatz zur 2,5-dimensionalen Darstellung durch die Möglichkeit der veränderbaren Perspektive aus. Bereits durch eine einfache hypsometrische Flächentönung (tiefe Lagen werden blau und grün, hohe Lagen grau und weiß eingefärbt) wird ein räumlicher Eindruck des Geländes erzeugt (vgl. Abb. 4.17 und Abb. 4.18).

Durch die Überlagerung des Geländemodells mit geo-referenzierten Rasterdaten, wie Topographischen Karten (z.B. TK25 im Falle von Abb. 4.20 und Abb. 4.22), Orthophotos etc., kann die Perspektive durch zusätzliche Bildinformation ergänzt werden. Abb. 4.19 und Abb. 4.21 liegt ein Orthophoto der Oberen Donau zugrunde, welches auf das digitale Geländemodell projiziert wurde. Es wurde eine Parallelprojektion gewählt, durch welches das Bild je nach Neigung der Flächen im Geländemodell unterschiedlich verzerrt wird. Durch die Verbindung der beiden Elemente ist es möglich perspektivische Ansichten der Landschaft aus unterschiedlichsten Blickpunkten zu erzeugen. Der große Vorteil dieser Methode liegt darin, daß quantitative Sichtanalysen von Aussichtspunkten, wie sie weiter unten näher beschrieben werden, durch eine qualitative, d.h. im Bild dargestellte Komponente ergänzt werden. Durch die digitale Veränderung des Orthophotos ließen sich so auch sichtbare Veränderungen im Gelände photorealistisch visualisieren.

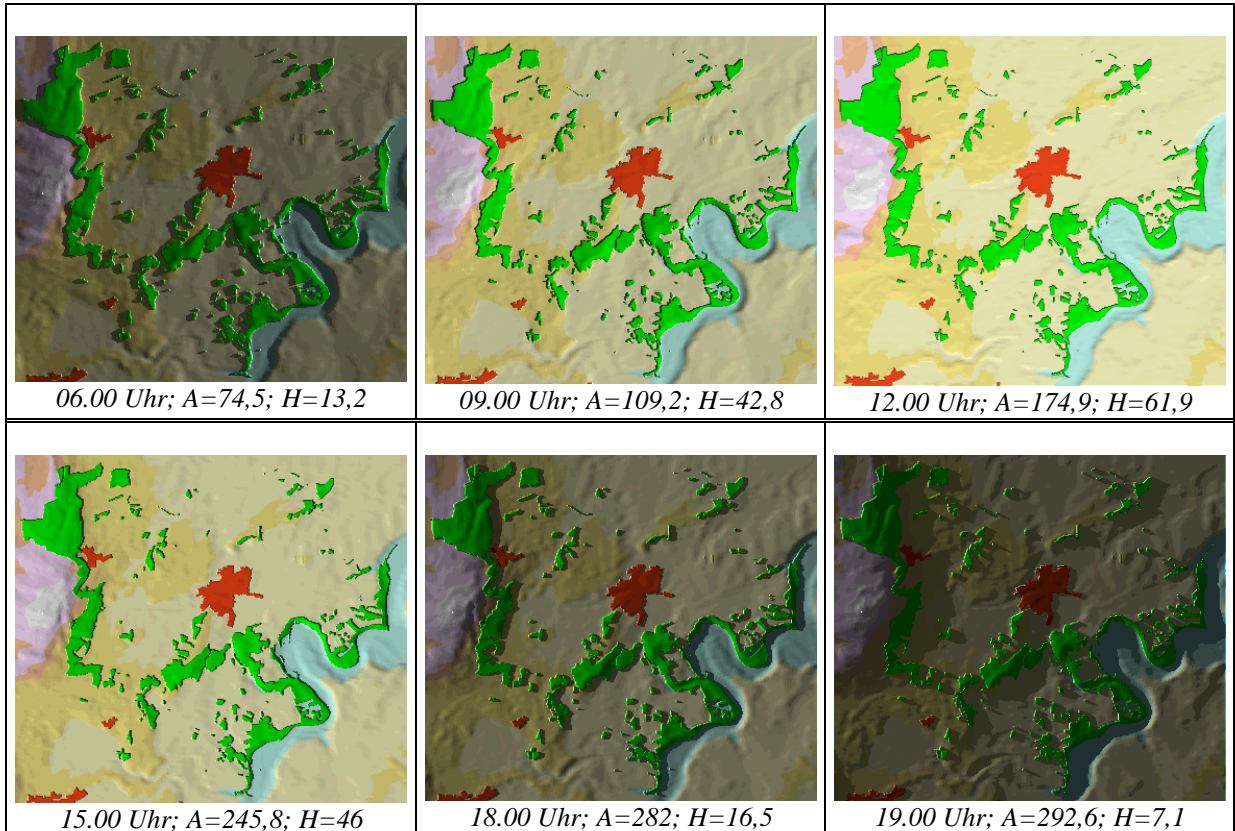


Abb. 4.16: Beleuchtungsmodelle der Landschaft in Burggen für 6 verschiedenen Tageszeiten (A = Azimut, H= Höhenwinkel)

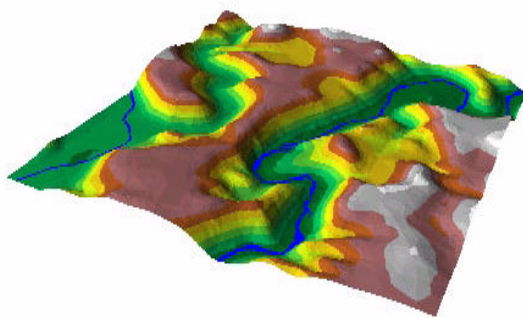


Abb. 4.17: Hypsometrische Flächentönung des Geländemodells Obere Donau (Gesamtansicht, Blick nach Nordwest)

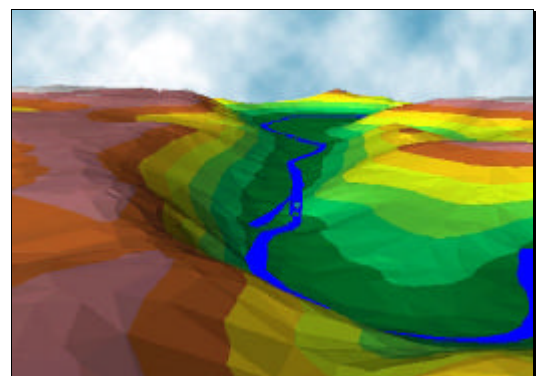


Abb. 4.18: Hypsometrische Flächentönung des Geländemodells Obere Donau (Blick über den Knopfmacher Fels durch das Donautal nach Norden)

Orthophoto	Topographische Karte TK 25
------------	----------------------------

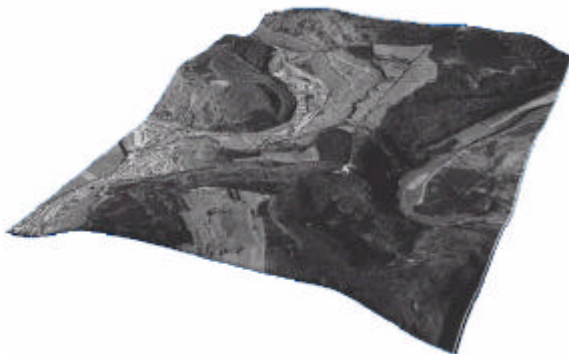


Abb. 4.19: Geländemodell der Oberen Donau überlagert mit einem Orthophoto (Gesamtansicht, links Bäratal, rechts Donautal)



Abb. 4.20: Geländemodell der Oberen Donau überlagert mit der TK 25 (gleiche Blickrichtung wie bei Abb. 4.19)

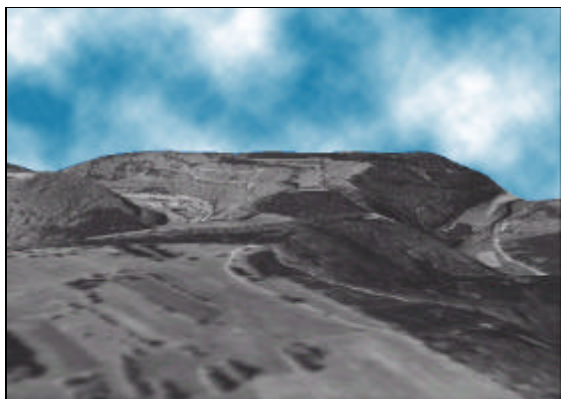


Abb. 4.21: Geländemodell der Oberen Donau überlagert mit einem Orthophoto (Blick nach Norden, links Bäratal, rechts Donautal)

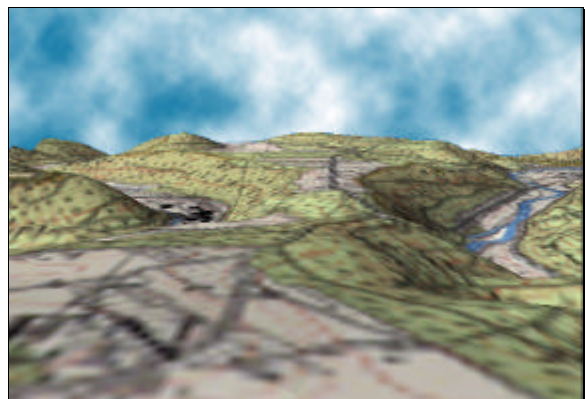


Abb. 4.22: Geländemodell der Oberen Donau überlagert mit der TK 25 (gleiche Blickrichtung wie bei Abb. 4.21)

Der Ergänzung des digitalen Geländemodells sind nahezu keine Grenzen gesetzt, da sie mit jeglicher Art von digitalen Bilddaten überlagert werden können. Die folgende Abb. 4.23 zeigt eine Überlagerung mit einem Anaglyphenbild (zur Synthese siehe Kap. 4.4.1.1.2), einer topographischen Karte und einem Photo, das vom Aussichtspunkt *Knopfmacher Fels* aufgenommen wurde. Die Überlagerung mit terrestrischen Photos ist sicherlich die reizvollste Aufgabe, weil damit die Grundlage für die Vermessung eines auf dem Photo festgehaltenen Ausblicks geschaffen würde. Auf einem Photo simulierte Landschaftsveränderungen (siehe Kap. 4.4.1.1.1) könnten somit direkt ins GIS übernommen werden. Die Überlagerung ist jedoch äußerst schwierig und zeitaufwendig. Bereits bei der Georeferenzierung der Photoaufnahme stößt man auf das Problem der ausreichenden

Bestimmung von Paßpunkten. Für eine sehr genaue Überlagerung wäre es z.B. für alle abgebildeten Objekte notwendig die x- und y-Koordinaten ihrer Eckpunkte (d.h. bei Bäumen nicht nur den Stammfußes, sondern auch den Baumwipfel) zu bestimmen. In gleichem Maße müßte aber auch die Information über die entsprechenden Objekte im Höhenmodell enthalten sein. Selbst wenn beides zuträfe, bleibt die Aufgabe die Perspektive des Geländemodells mit dem Standort und der Perspektive der Aufnahme in Übereinstimmung zu bringen. Alle drei Anforderungen konnten in Abb. 4.23 nur bedingt gelöst werden, mit der Folge eines sehr großen Projektionsfehlers. Dennoch verdeutlicht die Abbildung die vielseitigen Möglichkeiten der Visualisierung.

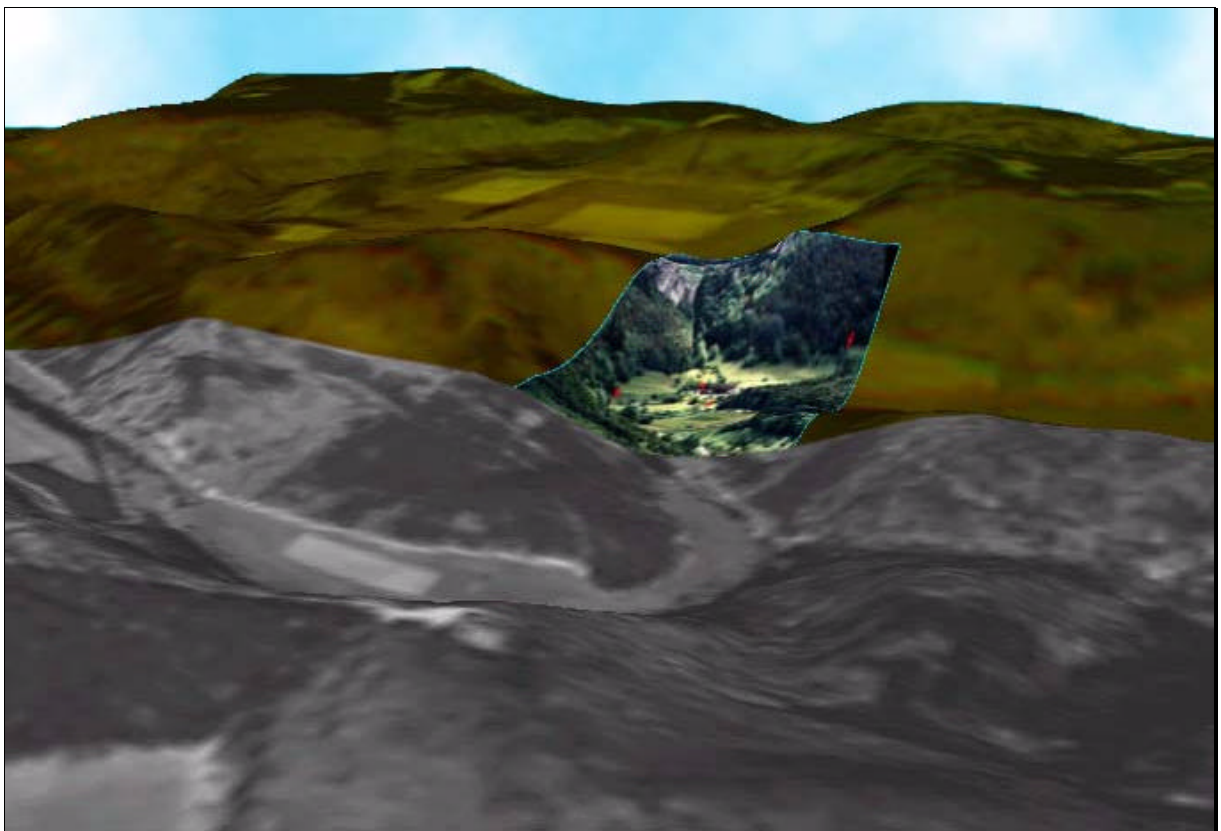


Abb. 4.23: Überlagerung des Geländemodells der Oberen Donau mit einem Orthophoto (Vordergrund), einem Anaglyphenbild (Hintergrund) und einem terrestrischen Farbphoto (Mitte). Blick über den Knopfmacherfels (Aufnahmestandort des Farbphotos) zum Jägerhaus.

Die Genauigkeit dieser Überlagerungen ist sehr stark vom Maßstab abhängig. Im allgemeinen gelingt eine befriedigende Projektion von Orthophotos oder auch Satellitenbildern auf digitale Geländemodelle nur im kleinen Maßstab, bei dem Details der Erdoberfläche nicht wahrnehmbar sind. So ist es zum Beispiel nicht möglich, Solitärbäume oder andere Elemente mit einer starken Höhenentwicklung aus einer Orthophotodarstellung in eine Schrägansicht zu überführen, weil hierfür ja meist die

geometrische Information im digitalen Geländemodell fehlt. Bei einer Überlagerung eines Luftbildes über ein Geländemodell, das keine Höheninformation für Einzelbäume und Wald enthält, erscheinen die Bäume des Luftbildes folglich nicht stehend, sondern flach auf dem Boden liegend.

Jüngste Entwicklungen im GIS-Bereich ermöglichen es auch 2-dimensionale Vektordaten in 3D-Objekte zu überführen und auf der Basis des DGM zu visualisieren. Die technische Entwicklung geht damit noch einen Schritt weiter und verbindet die klassischen 2D-GIS-Funktionen mit der 3D-Welt. Im Ergebnis kann man sich damit nicht nur in Echtzeit durch eine virtuell geschaffene Landschaft bewegen, man hat auch die Möglichkeit alle enthaltenen Objekte zu messen und abzufragen. Die folgenden Abb. 4.24 und Abb. 4.25 zeigen zwei perspektivische Ansichten der Landschaft im Süden des Gemeindegebietes Burggen, die mit dieser neuen 3D-GIS Technologie berechnet wurden.

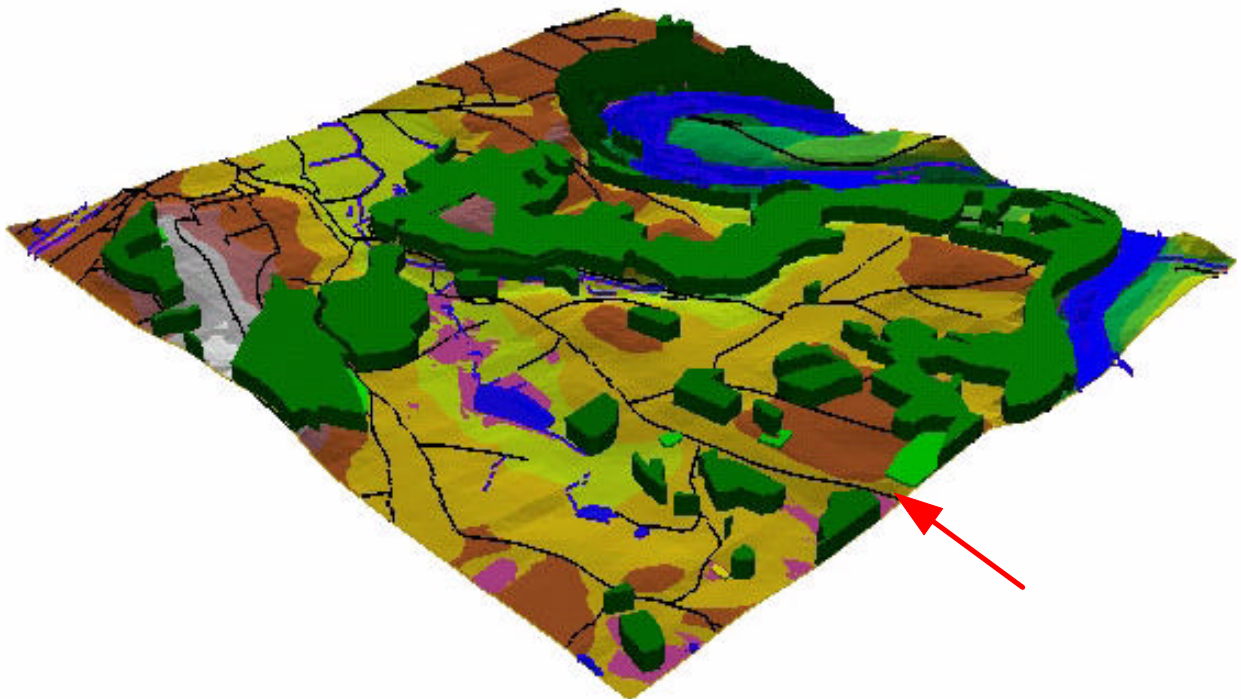


Abb. 4.24: Visualisierung von bewaldeten Flächen als 3D-Objekten im Süden der Gemeinde Burggen (der Pfeil dient zur Orientierung der Deatailansicht in Abb. 4.25).

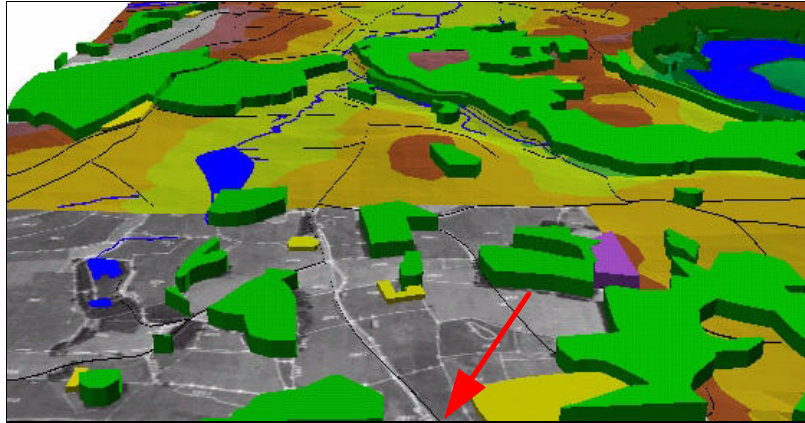


Abb. 4.25: Detailansicht von Abb. 4.24 mit Luftbildkarte. Gelbe Objekte sind Erstaufforstungsflächen, das lilafarbene Objekt im rechten Bildteil visualisiert ein geplantes Aufforstungsgewinn. Der Pfeil dient zur Orientierung in Abb. 4.24

4.3.3.3 Analyse

Dank der zusätzlichen Höheninformation lassen sich Einsehbarkeitsanalysen durchführen, die zur Beurteilung der visuellen Qualität einer Landschaft von großem Nutzen sind. Einsehbarkeitsanalysen beantworten grundsätzlich die Frage: Welche Teile der Landschaft kann ich von welchen (Aussichts-) Punkten sehen? Eine naheliegende Anwendung ist die Suche nach optimalen Aussichtspunkten im Rahmen einer Erholungsplanung oder - umgekehrt - die Suche nach „unsichtbaren“ Standorten für ästhetisch nachteilige Eingriffe in die Landschaft und die Beurteilung der visuellen Auswirkungen von geplanten Maßnahmen, bspw. im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsstudie.

Nach dem gleichen Prinzip werden gegenwärtig sehr viele Standortsuntersuchungen für Funknetz-Sendeanlagen und Windkraftanlagen durchgeführt (z.B. BÖHRINGER & GRAF 1995). Und für die Forstwirtschaft in Großbritannien ist das DHM für die standortsbezogene Berechnung der Windwurfgefährdung (Windthrow Hazard Classification, PARR 1997) zu einer unverzichtbaren Planungsgrundlage geworden.

4.3.3.3.1 Analyse der Einsehbarkeit der Landschaft

Bevor ein DHM für die Berechnung von Sichtbeziehungen verwendet werden kann, muß es modifiziert werden, je nachdem, ob es auf der Geländeoberfläche oder der Vegetations- bzw. Gebäudeoberfläche basiert (siehe 4.3.3.1). Von Vorteil ist ein reines Geländeoberflächenmodell, zu dem die sich mit der Zeit verändernden Höhen der Vegetation und Gebäudeneubauten hinzugerechnet werden können. Ein solches Modell liegt für das Gemeindegebiet Burggen vor. Für die Analyse der Einsehbarkeit wurde das Modell dort erhöht, wo sich Siedlungen, Aufforstungen oder Wald befinden. Aus

Ermangelung genauerer Höhendaten wurden Siedlungsflächen pauschal um 15 Meter überhöht, Aufforstungen um 5 m und Wald um 25 m. Die folgenden Abbildungen zeigen das „geschummerte“ Geländemodell vor (Abb. 4.26) und nach (Abb. 4.27) der Veränderung.

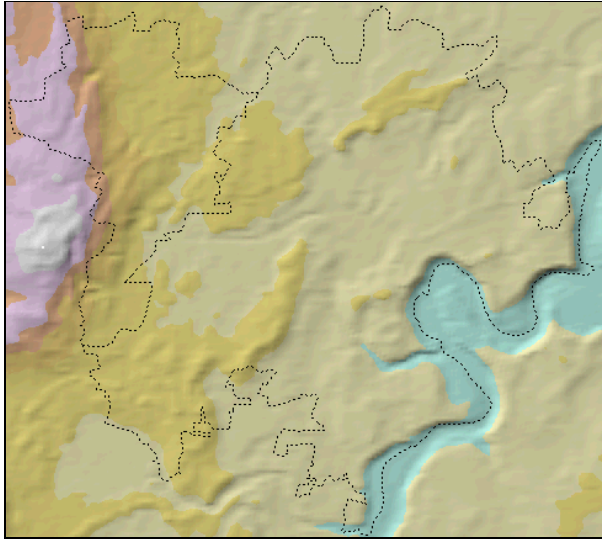


Abb. 4.26: Geländemodell Burggen mit Gemeindegrenzen ohne Berücksichtigung von Vegetations- und Gebäudehöhen



Abb. 4.27: Geländemodell Burggen mit der Höheninformation für Wald (25 m), Gebäude (15 m) und Aufforstungen (5 m)

Auf dieser Basis können nun Sichtbeziehungen berechnet werden, die sich als Sichtlinien im Profil oder als Summe der einsehbaren Flächen darstellen lassen. Die folgende Abb. 4.28 zeigt das Sichtprofil vom Aussichtspunkt „Burgberg“ zum Lech.

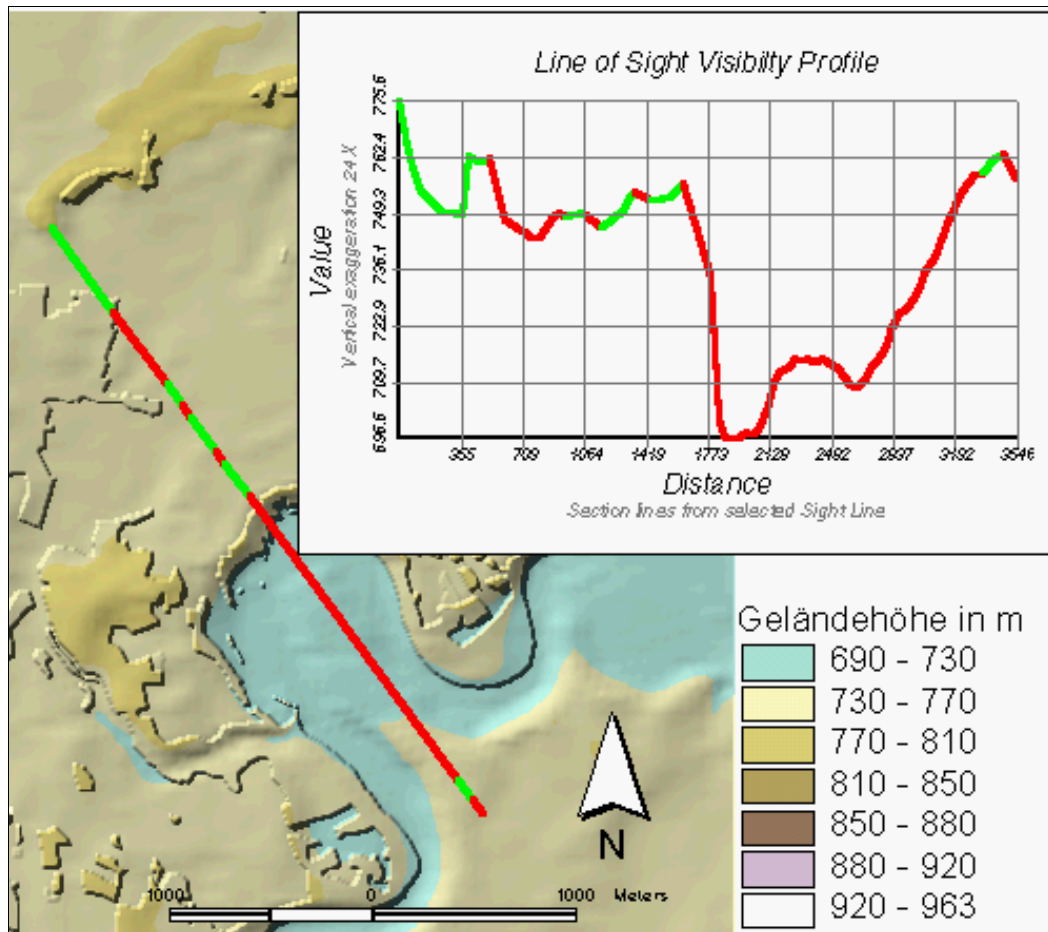


Abb. 4.28: Berechnung der Einsehbarkeit entlang einer Sichtachse vom Burgberg über den Lech

Die visuelle Qualität einer Landschaft bezieht sich im wesentlichen auf die sichtbare Vielfalt und Eigenart der Landschaft. Wenn von der visuellen Empfindlichkeit einer Landschaft gesprochen wird, meint man damit ihr mangelndes Potential, Landschaftsbild verändernde Eingriffe zu kaschieren. Beide Eigenschaften hängen eng miteinander zusammen: je höher die visuelle Qualität, desto höher ist i.d.R. auch ihre Empfindlichkeit. Die wissenschaftliche Beurteilung beider Werte erfolgte bisher v.a. von bestehenden Aussichtspunkten oder Verkehrswegen aus (MCCORMACK & O'LEARY 1994). Damit wird aber eher etwas über die Qualität der Aussichtspunkte und -wege gesagt als über die Landschaft selbst. Die Beurteilung bleibt sehr statisch und läßt eine weitere Entwicklung - bspw. die Erschließung neuer Aussichtspunkte - unberücksichtigt.

Hier wird daher eine Erweiterung der Einsehbarkeitsanalyse vorgeschlagen, die sich durch eine systematische Methode der Bewertung auszeichnet und damit die Grundlage für eine wissenschaftliche Beschreibung der Landschaft und ihrer potentiellen Ressourcen schafft: auf der Basis eines variabel auflösbaren Punktegitters, das über die Landschaft gelegt wird, ermittelt man mit Hilfe eines Raster-GIS von jedem Gitterpunkt aus alle sichtbaren Flächen. Als Ergebnis werden Flächen dargestellt, die von sehr vielen Punkten einsehbar

sind und andere, die - fast „unsichtbar“ - nur von wenigen Punkten im Geländemodell zu sehen sind. Die ganze Landschaft wird somit systematisch und nicht nach subjektiven Auswahlpunkten bewertet. Als Nebenprodukt ergeben sich auf den am besten einsehbaren Flächen potentielle Standorte für optimale Aussichtspunkte.

Zur Vereinfachung des Prozeßablaufs wurde für die Software ArcView 3.0 und deren Raster-GIS-Erweiterung (Spatial Analyst) ein Programm entwickelt (Quellcode und Beschreibung im Anhang dieser Arbeit), das eine flexible Durchführung der Einsehbarkeitsanalyse ...

- a) auf Basis von bestehenden Aussichtspunkten
- b) entlang von Wanderwegen oder Straßen und
- c) auf Basis systematisch ausgewählter Gitterpunkte

ermöglicht.

Einzelne Aussichtspunkte können für die Analyse vorab selektiert werden. Für die systematische Gitterpunktanalyse können zusätzlich bestimmte Landnutzungen als Ausschlußflächen ausgewählt werden, für die keine „Aussicht“ berechnet werden soll. So ist es bspw. unsinnig für Waldbestände oder Siedlungsgebiete eine „Aussicht“ zu berechnen, weil sich der virtuelle Beobachter im Falle einer erfolgten Korrektur des DGM um die Waldhöhe auf dem Kronendach stehend wiederfinden würde. Würde man andererseits die Wald- und Gebäudehöhe im Geländemodell nicht berücksichtigen, dann würde auch die Sichtbehinderung durch dieselben nicht berechnet werden.

Abb. 4.30 stellt das Ergebnis einer systematischen Einsehbarkeitsanalyse für das Untersuchungsgebiet Burggen dar. Abb. 4.29 zeigt, wie das Programm für die Analyse zunächst Aussichtspunkte im Abstand von 500 Meter im Untersuchungsgebiet festlegt und anschließend Punkte ermittelt, die entweder im Wald, im Dorf oder im Bereich von Aufforstungen liegen. Für diese Punkte wird keine Aussicht berechnet. Für die übrigen Punkte ermittelt das Programm, welche Landschaftsteile von ihnen aus eingesehen werden können.

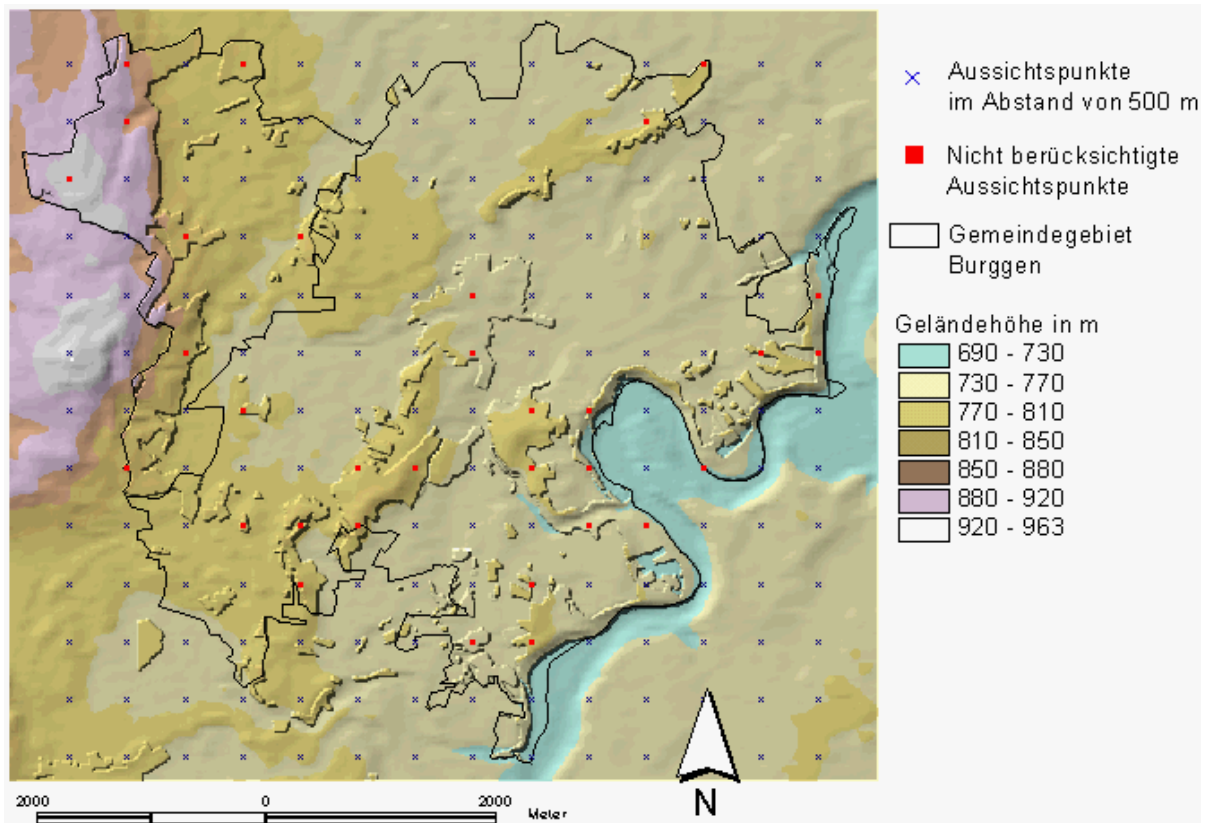


Abb. 4.29: Karte zur Auswahl der Aussichtspunkte für eine systematische Einsehbarkeitsanalyse des Untersuchungsgebietes Burggen

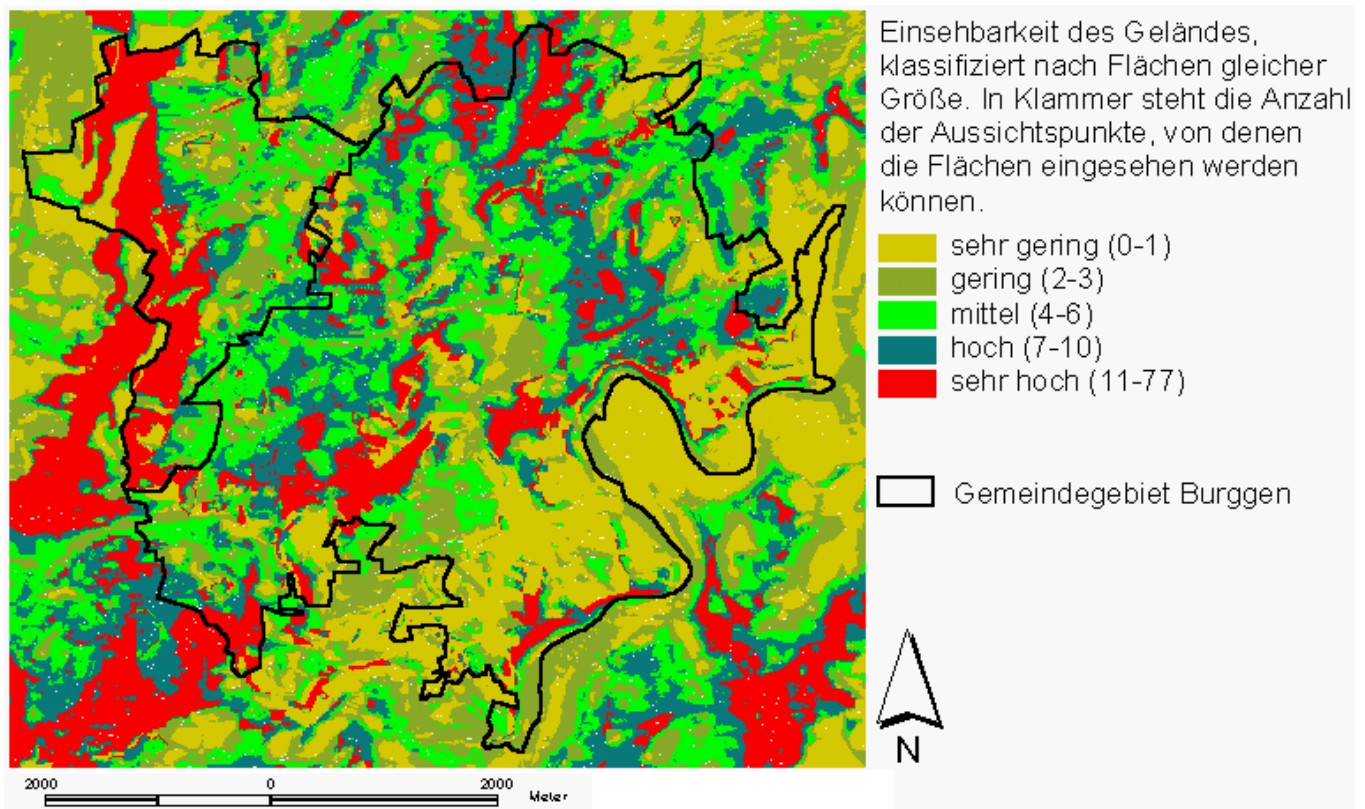


Abb. 4.30: Systematische Einsehbarkeitsanalyse für das Untersuchungsgebiet Burggen (Ergebniskarte).

Das Ergebnis der Analyse gibt für jede Fläche die Anzahl der Punkte an, von denen sie eingesehen werden kann (vgl. Abb. 4.30). Die Einsehbarkeit variiert zwischen Flächen, die von keinem Punkt eingesehen werden können bis zu Bereichen, die von 77 verschiedenen Gitterpunkten gesehen werden können. Für eine übersichtliche grafische Darstellung wurden die Flächen in 5 Klassen eingeteilt, die von einer *sehr geringen* bis zu einer *sehr hohen* Einsehbarkeit reichen (vgl. Abb. 4.30). Die Zuordnung der Flächen, die sich dadurch unterscheiden, von wievielen Punkten sie eingesehen werden können, zu einer der fünf Klassen wurde programmgesteuert so durch geführt, daß jede Klasse eine gleich große Gesamtfläche repräsentiert. Das heißt, die Summe der Flächen mit *sehr geringer* Einsehbarkeit ist gleich groß wie die Summe der Flächen mit *geringer, mittlerer, hoher* und *sehr hoher* Einsehbarkeit. Aufgrund dieser Klassifizierungsvorgaben definiert sich eine *sehr geringe* Einsehbarkeit dadurch, daß alle Teilflächen dieser Klasse von maximal 1 (0-1) Rasterpunkt eingesehen werden können, also nahezu „unsichtbar“ sind. Unter einer *sehr hohen* Einsehbarkeit werden Flächen zusammengefaßt, die von 11 bis 77 Punkten eingesehen werden können.

Wenn man Abb. 4.30 mit Abb. 4.29 vergleicht, so kann man feststellen, daß besonders hoch gelegene und exponierte Bereiche eine sehr hohe Einsehbarkeit aufweisen, sofern sie nicht durch Waldbestände *verschattet* werden (rote Flächen). Diese Lagen sind im Umkehrschluß als besonders aussichtsreich zu beurteilen und mit vielen potentiellen Aussichtspunkten ausgestattet, was wiederum für die Erholungsplanung von Bedeutung sein kann. Die gelben Flächen sind dagegen von nur wenigen Punkten im Gelände aus zu sehen und würden sich aus ästhetischer Sicht als potentielle Standorte für Nutzungen eignen, die das Landschaftsbild beeinträchtigen (z.B. Gesteinsabbau, Erstaufforstungen, Gewerbeflächen).

Als Fazit kann festgestellt werden, daß sich mit Hilfe solcher GIS-Analysen - abhängig von der Auflösung des DGM - sehr detaillierte Flächenabgrenzungen vornehmen lassen, die für die Landschaftsplanung wichtig sein können, und die durch eine einfache visuelle Interpretation einer Karte oder Reliefdarstellung in dieser Form nicht möglich sind.

4.3.3.2 Analyse der Reliefenergie

Die visuelle Qualität einer Landschaft hängt sehr stark mit der Bewegtheit des Reliefs zusammen. In der Geographie wird die Reliefenergie, d.h. der Höhenunterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt eines Geländes, als signifikante Größe zur Kennzeichnung der Oberflächenverhältnisse angesehen.

Die Berechnung der Reliefenergie (vgl. KIEMSTEDT 1967) beruht auf der Erfassung punktueller Geländeunterschiede z.B. entlang einer Profillinie. Um eine Aussage für eine ganze Landschaftseinheit zu erhalten, müssen mehrere Profillinien oder Bewertungsfelder kartographisch ausgewertet werden. Diese Methode ist sehr zeitaufwendig und ist i.d.R. auf die natürliche Geländeoberfläche beschränkt, d.h. reliefgestaltende Landschaftselemente wie Waldbestände oder Siedlungen können nicht berücksichtigt werden, da ihre Höhe kartographisch nicht erfaßt ist.

Als ergänzende Methode zur Berechnung der Reliefenergie und damit zur quantitativen Beschreibung von morphologischen Landschaftseinheiten wird ein sogenannter 3D-Index vorgeschlagen, der dem Quotienten aus der planimetrischen Fläche und der wirklichen Oberfläche entspricht:

$$\mathbf{3D\text{-Index}} = \frac{\mathbf{planimetrische\ Fl\ddot{a}chengr\ddot{o}\beta e}}{\mathbf{Fl\ddot{a}che\ der\ wirklichen\ Oberfl\ddot{a}che}}$$

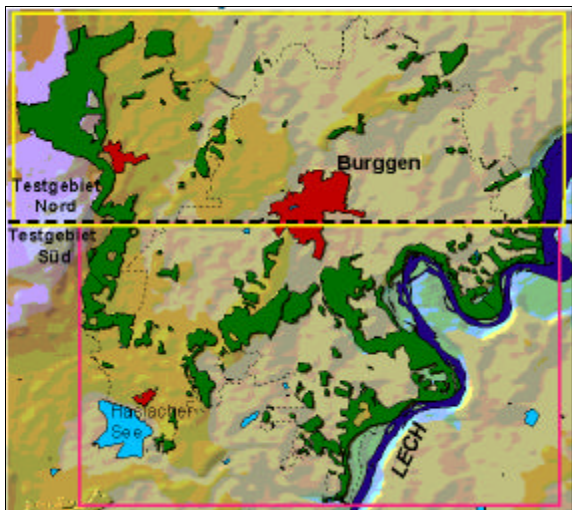
Es gilt, je kleiner der Wert desto bewegter ist das Relief. Bei diesem Modell ergibt sich der Wert nicht nur aus punktuellen Messungen z.B. entlang einer Blickachse oder Profillinie, sondern er berechnet sich aus sämtlichen gemessenen (und interpolierten) Höhenpunkte des digitalen Geländemodells.

Zur Demonstration der Methode werden für eine vergleichende Betrachtung 4 verschiedene Flächen ausgeschieden:

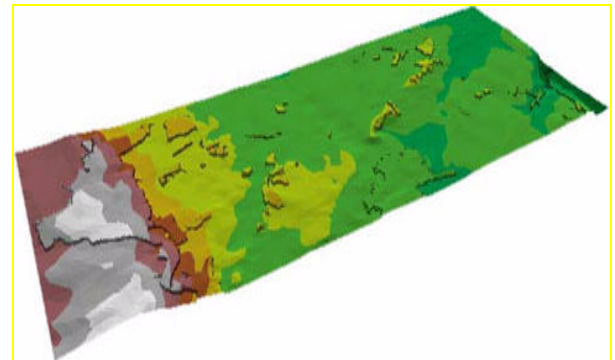
1. der nördliche Teil und
2. der südliche Teil des Untersuchungsgebietes Burggen (vgl. Abb. 4.9) sowie
3. Flächen, die nach dem Landschaftsplan Burggen als strukturarm bzw.
4. als strukturreich ausgeschieden wurden (vgl. Abb. 2.1).

Das zu beschreibende Relief beinhaltet in diesem Fall neben den natürlichen Höhenunterschieden auch Wälder, Aufforstungen und Siedlungen, die, wie oben beschrieben (4.3.3.3), in das Geländemodell eingerechnet wurden. Für alle 4 Flächen wurden folgende Werte berechnet (z.T. gerundet): die planimetrische Fläche in ha (PF), die wirkliche Geländeoberfläche (GF), das Volumen zwischen dem tiefsten und höchsten Geländepunkt in km³ (GV) und das Verhältnis von planimetrischer Fläche zur wirklichen Geländeoberfläche (3D-Index). Die Ergebnisse sind in Abb. 4.31 und Abb. 4.32 dargestellt, wobei die Veränderung des 3D-Index mit der Veränderung des Reliefs korreliert. Er schwankt von 0,90 für strukturreiche Flächen bis zu 0,98 für strukturarme Bereiche (vgl. Abb. 4.32).

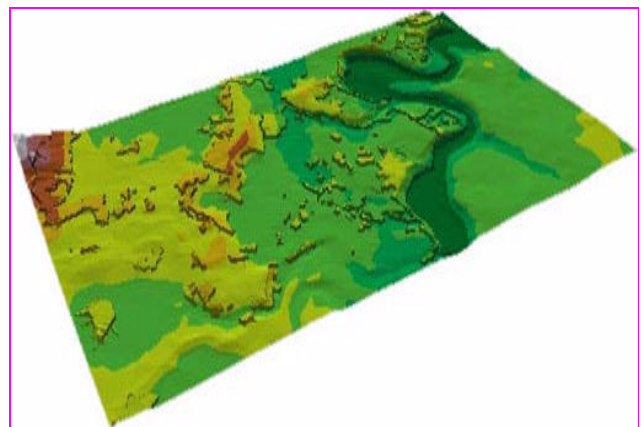
Das Testgebiet im Norden mit nur 52 reliefgestaltenden „Waldinseln“ (vgl. Tab. 4.1) hat mit 0,96 einen höheren Wert, als der morphologisch abwechslungsreichere Südteil (87 Waldinseln, 3D-Index: 0,93), der zusätzlich durch das Lechtal stark reliefiert wird (vgl. Abb. 4.31).



Das Gemeindegebiet Burggen mit Wald-, und Siedlungsflächen (vgl. Abb. 4.9).



Relief im Norden des Untersuchungsgebietes.
PF = 2031 ha, GF = 2117 ha, GV = 1,96 km³,
3D-index = 0,96



Relief im Süden des Untersuchungsgebietes.
PF = 2348 ha, GF = 2533 ha, GV = 1,61 km³,
3D-Index = 0,93

Abb. 4.31: Vergleichende Betrachtung des Geländereliefs im Norden und Süden von Burggen

Erklärung zu den perspektivischen Ansichten in Abb. 4.31 und Abb. 4.32: grüne Flächen bezeichnen Tieflagen, gelbe und braune Flächen sind mittlere Lagen und weiße Flächen sind Hochlagen. PF = planimetrische Fläche in ha, GF = wirkliche Geländeoberfläche, GV = das Volumen zwischen dem tiefsten und höchsten Geländepunkt in km^3 , 3D-Index = das Verhältnis von planimetrischer Fläche zur wirklichen Geländeoberfläche.

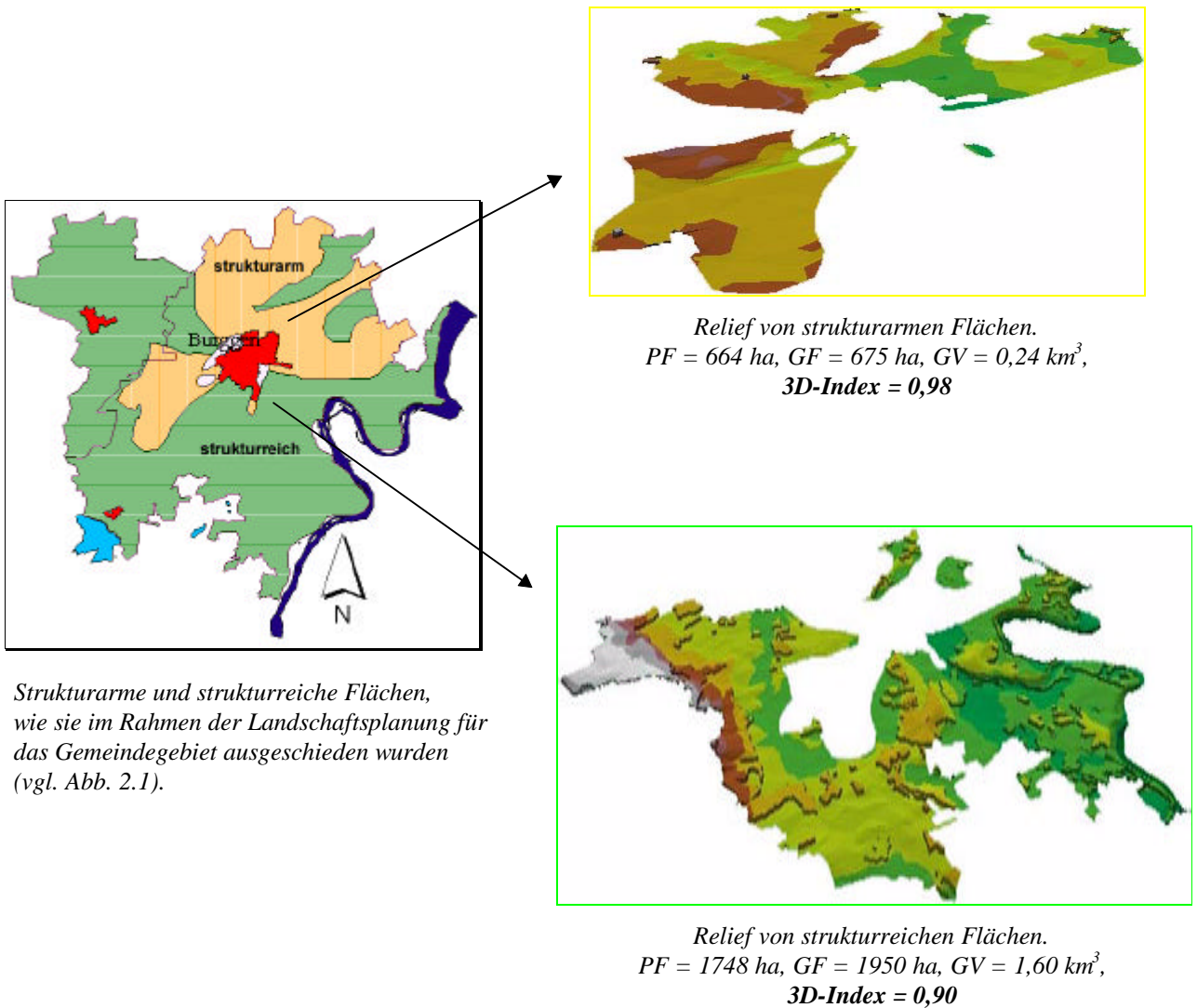


Abb. 4.32: Vergleichende Betrachtung des Geländereiefs von strukturarmen und strukturreichen Flächen

Der visuelle Vergleich zeigt, daß der 3D-Index bei homogenen Landschaften höher ist als bei bewegtem Relief. Zur Klärung der Frage, ob der Index für eine Klassifizierung von

visuellen Landschaftseinheiten geeignet ist, müßten mehrere Landschaftseinheiten nach dieser Methode untersucht werden. Hierfür müßten auch die entsprechenden Höhendaten gekauft und modelliert werden, was im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden konnte. Von Interesse wäre besonders, wie stark sich der Indexwert durch Erstaufforstungen verändern würde, die sich je nachdem, ob sie bestehende Waldbestände arrondieren oder als Inselaufforstungen angelegt werden, unterschiedlich stark auf den Index auswirken. In diesem Zusammenhang wäre auch an eine Besucherbefragung zu denken, die untersucht, ab welchem Wert das Relief (unter Einbeziehung von Waldbeständen) von Erholungssuchenden als attraktiv bzw. monoton betrachtet wird.

4.3.4 GIS 4-dimensional (multi-temporales GIS)

4.3.4.1 Merkmale eines 4-dimensionalen GIS

Die 4te Dimension eines GIS ist die Zeit. Viele geographische Daten werden nicht nur durch räumliche und thematische Eigenschaften charakterisiert, sondern auch durch ihre „Lage“ in der Zeit. „Unsere Umwelt ist dynamisch und jedes Objekt, jedes Phänomen oder jeder Prozeß innerhalb dieser Umwelt hat eine Vergangenheit, eine Gegenwart und eine Zukunft“ (BILL 1996).

Zeit manifestiert sich besonders deutlich durch wahrnehmbare Veränderungen eines Objektes. Der zeitliche Prozeß ist also auch immer mit Bewegungen verbunden. Diese Bewegungen gehen in der Natur aber meistens so langsam vonstatten, daß wir sie nur mit Hilfe von technischen Zeiträffern wahrnehmen können. Zum Beispiel das Austreiben der Blüten und des Laubs im Frühjahr (Bewegung zum Licht), der Tageslauf der Sonne (planetarische Bewegung) oder auch historische Veränderungen der Landnutzung, die häufig mit sozialen „Bewegungen“ im Zusammenhang stehen.

4.3.4.2 Visualisierung

Grundlage für die Visualisierung und Analyse von zeitlichen Veränderungen ist ein multi-temporaler Datensatz der verschiedenen Entwicklungsstadien. Je stärker die zeitliche Auflösung dieses Datensatzes ist, d.h. je häufiger und regelmäßiger Daten in der Vergangenheit erfaßt wurden, desto genauer kann er visualisiert und analysiert werden. Computertechnisch läßt sich dies durch das Aneinanderreihen von digitalen Daten (Zeichen, Bilder oder Töne) realisieren, die in zeitlich geordneter Reihenfolge wiedergegeben werden. Derart wiedergegebene Sequenzen werden auch als

Computeranimationen bezeichnet. Das bekannteste Beispiel für bewegte Einzelbilder ist der Film. Die zeitliche Auflösung der aufgenommenen Einzelbilder ist dabei ausschlaggebend für die Qualität des Films: um unseren Augen eine harmonische Bewegung der Bilder vorzutäuschen, sollte die Sequenz mit einer Auflösung von mindestens 15 - 17 Bildern pro Sekunde präsentiert werden. Beispiele von Bildanimationen sind ein wesentlicher Teil von Multimedia-Anwendungen und werden in Kapitel 4.4.1 näher beschrieben.

Aus der subjektiven Sicht eines Landschaftsbetrachters treten Landschaftsveränderungen aber auch dann ein, wenn der Betrachter in zeitlicher Abfolge seinen Standort ändert. Diese Bewegung durch ein digitales Geländemodell kann von modernen GIS-Programmen simuliert werden. Insofern ist durch diese sogenannten „Echtzeit“-Anwendungen in Form von interaktiven Geländemodellen im VRML-Format (Virtual Reality Modelling Language) die 4te Dimension bereits in heutige Geographische Informationssysteme implementiert. VRML-Modelle ermöglichen eine virtuelle Wanderung auf allen neueren IBM und Apple Macintosh Computern.

Durch die Veränderung des Maßstabes mit Hilfe von Zoom-Funktionen kann auch die Annäherung an Landschaftsobjekte im zweidimensionalen Raum eines GIS sehr plastisch am Bildschirm dargestellt werden. Das *Zoomen* von Vektordaten wird dabei so variable gestaltet, daß abhängig vom Maßstab neue Daten hinzugefügt (zoom-in) oder ausgeblendet (zoom-out) werden. Ähnliches gilt auch für die horizontale Bewegung (panning) über eine GIS Karte am Bildschirm.

4.3.4.3 Analyse

Analog zu den GIS-Analysefunktionen der ersten drei Dimensionen können auch die Objekte in der 4ten Dimension verwaltet und abgefragt werden. Voraussetzung ist lediglich eine Erweiterung der alphanumerischen Daten (Geometrie- und Sachdaten der Objekte) um einen Zeitfaktor (z.B. Aufnahmezeitpunkt oder -periode). Auf dieser Datenbasis ließen sich in Anlehnung an LANGRAN & CHRISMAN (zit. in BILL 1996) etwa Anfragen der folgenden Form beantworten:

- Wie war der Zustand eines Objektes zu einem bestimmten Zeitpunkt, wie war er vorher und nachher?
- Was hat sich über einen Zeitraum hinweg verändert?
- Wie war der zeitliche Verlauf der Veränderung (Amplitude und Frequenz)?
- Welche Entwicklungstrends zeigen sich?

Als Einsatzgebiet für ein multi-temporales GIS böte sich der Aufbau eines *Ästhetischen Landschaftsmonitoring Systems* an. Landschaftsveränderungen, z.B. durch Gesteinsabbau, Straßenbau oder die Siedlungsentwicklung, könnten damit nachvollziehbar dokumentiert, quantifiziert und analysiert und durch eine multimediale Präsentation (siehe Kap. 5.3) in überzeugender Weise visualisiert und damit auch qualifiziert werden.

4.4 Neue Digitale Medien

Unter dem Begriff Neue Digitale Medien (NDM) verstehen wir die Kombination verschiedener digitaler Kommunikationsmittel, die man auch als digitalen Medienverbund bezeichnen könnte. Hierzu gehört die weite Palette von Multimedia- und Internet-Anwendungen. Im Gegensatz zum Internet, das hier als reines *Transportmedium* gesehen wird, verstehen wir unter dem Sammelbegriff *Multimedia* die Summe verschiedener elektronischer Abbildungs- oder Wiedergabemedien.

4.4.1 Multimedia Anwendungen

Über die Bedeutung des Begriffes Multimedia findet man in der Literatur keine einheitliche Definition. Durch die häufige Benutzung im Zusammenhang mit neuen Entwicklungen der Computer-Industrie ist der Begriff zwar in aller Munde, letztlich jedoch ohne konkreten Inhalt.

Multimedia ist ein Kunstwort, zusammengesetzt aus dem lateinischen „Multi“, das in Wortzusammensetzungen *viel*, *vielfach* oder *vielfältig* bedeutet und dem lateinischen Wort „Media“ (plural von *Medium*), was soviel bedeutet wie *Mitte* oder *Mittel*. In der Kommunikationswissenschaft bezeichnet der Begriff allgemein eine Einrichtung für die Vermittlung von Nachrichten, wie z.B. Rundfunk, Presse und Fernsehen. Ganz allgemein kann man also von einem Mittel zur Weitergabe oder Verbreitung von Information durch Sprache, Gestik, Mimik, Schrift und Bild sprechen. Eine besondere Charakteristik von Multimedia, das im Duden der deutschen Rechtschreibung bezeichnenderweise als *Medienverbund* beschrieben wird, ist die Möglichkeit der Kombination und gleichzeitigen Verwendung verschiedener Medien.

Eine klare Trennung zu GIS-Anwendungen läßt sich dadurch aber noch nicht erreichen, weil alle GIS-Programme ihre Daten auch multimedial (graphisch, tabellarisch und in Textform) am Bildschirm darstellen und an den Benutzer weitergeben. Der entscheidende Unterschied ist jedoch die Art und Zielsetzung der Daten: GIS-Objekte sind streng georeferenziert mit quantitativ meßbaren Eigenschaften. Multimedia-Elemente dienen in erster Linie der qualitativen Beschreibung von Landschaftszuständen und erst durch die Verknüpfung mit GIS-Objekten wird ein gewisser Standortsbezug hergestellt.

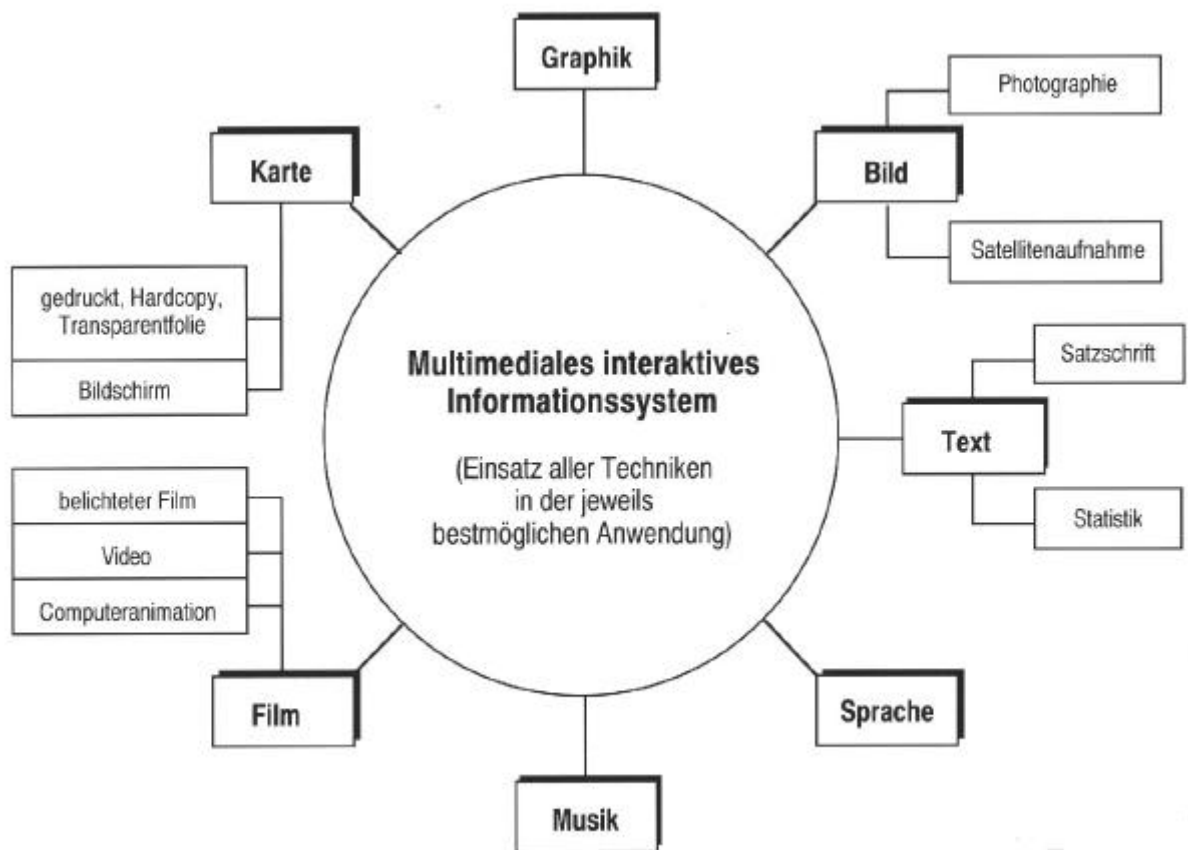


Abb. 4.33: Komponenten eines multimedialen interaktiven Informationssystems. (Quelle: MAYER & KRIZ 1996)

Die Prozessierung und Wiedergabe der einzelnen multimedialen Elemente erfordert eine spezielle Geräte- und Programmausstattung. Die Leistung und Qualität von Multimedia-Anwendungen ist noch stärker von der Hard- und Softwareentwicklung abhängig, als dies bei reinen GIS-Anwendungen der Fall ist. Auch hier wären weitere Ausführungen über gängige Systeme bereits nach kürzester Zeit überholt und daher wenig hilfreich. Einen Überblick über Hard- und Softwareanforderungen für Multimedia-Anwendungen zeigen z.B. CHRIST (1996) und BILL (1996).

Die folgenden Ausführungen beschränken sich daher auf eine Beschreibung der Methoden zur Herstellung von einigen Multimedia-Elementen, die Teil der im folgenden Kapitel dargestellten GIS-Präsentationen sind. Hierfür werden zwei Arten von Medien unterschieden:

- Zeitunabhängige Medien, wie Texte, Grafiken, Tabellen, Photos, und dergleichen
- Zeitabhängige Medien, wie Bildanimationen, Videosequenzen oder auditive Medien

4.4.1.1 Zeitunabhängige Medien

Medien sind zeitunabhängig, wenn sie nicht in der Lage sind, Entwicklungen (Bewegungen) der Landschaftsveränderung in zeitlicher Abfolge wiederzugeben. Das trifft auf die folgenden Medien zu:

- Textdokumente, Tabellen
- Grafiken und Diagramme
- Bilder (Terrestrische Bilder, Luftbilder, Landkarten)

Das interessanteste und vielfältigste Medium ist in diesem Zusammenhang das Bild, weshalb sich die folgenden Darstellungen auch mit den Möglichkeiten der Bildbearbeitung begnügen.

4.4.1.1.1 Terrestrische Bilder

Farbphotos oder Dias werden durch Analog/Digital Wandlung (Scannen) in ein computerlesbares Format überführt. Bei der Wahl der Bildauflösung für den Scannvorgang ist auf ein praktikables Verhältnis von Bildqualität und Dateigröße zu achten. In den meisten Fällen ist eine Auflösung von 200 dpi (dots per inch) ausreichend. Im Gegensatz zu einfachen Grafiken, die mit einer Farbinformation von 8 Bit (Binary Digit) pro Pixel (Picture Element) auskommen, ist für Farbphotos eine Farbtiefe von mindestens 16 Bit notwendig, um eine zufriedenstellende Qualität zu erreichen.

Mit der Bildbearbeitungssoftware Photoshop 3.0 kann die Bildstruktur (Kontrast, Helligkeit, Farbmischung, Bildgröße und Dateiformat) kontrolliert werden. In digitaler Form kann schließlich der Inhalt der Bilder verändert werden, dabei arbeitet das Programm ähnlich wie ein GIS-Programm auf verschiedenen Ebenen mit den folgenden Grundfunktionen:

- Bildelemente können durch Freihandzeichnen ergänzt oder abgewandelt werden
- Bildelemente können kopiert und an anderer Stelle eingefügt werden
- Bildpanoramen können durch das Anfügen mehrere Einzelaufnahmen erzeugt werden

Abb. 4.34 zeigt einen kleinen Ausschnitt einer Reihe von Waldbildern, die im Rahmen des erwähnten FORAM Design Projektes entstanden (PARR 1997). Ziel der Reihe war die Darstellung von unterschiedlichen waldbaulichen Behandlungsmethoden auf ein und demselben Standort, d.h. von Bild zu Bild ändert sich nur die Baumart und -verteilung, die Lichtverhältnisse und die Umgebung (siehe Weg und Himmel) bleiben dabei unverändert.

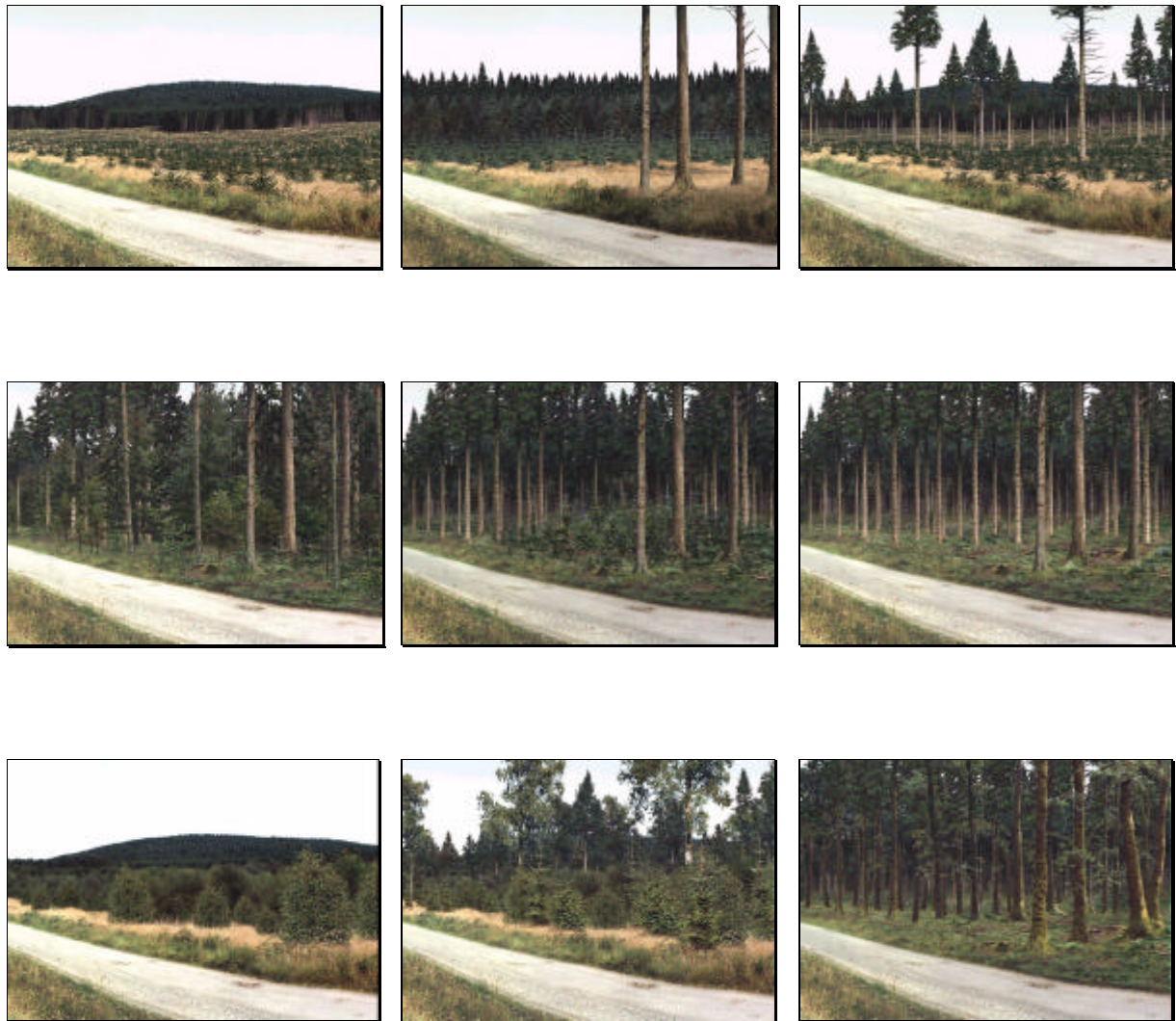


Abb. 4.34: Manipulierte Bildsequenz verschiedener Waldbausysteme (verändert nach PARR 1997)

Die folgenden Abbildungen zeigen ein digital erzeugtes Panorama aus dem Untersuchungsgebiet Spitzingsee, das aus vier Einzelbildern zusammengestellt wurde. Abb. 4.35 zeigt das Original, Abb. 4.36 die manipulierte Ansicht,.



Abb. 4.35: Das Original: aus 4 Photos zusammengesetztes Panorama des Spitzingsee Gebietes



Abb. 4.36: Die Manipulation: Panorama des Spitzingsee Gebietes mit Hotels und Liftrasse

Zur Überprüfung der Wirkung und Authentizität der Manipulation wurden beide Bilder einer Gruppe von 30 Studenten gezeigt. Mit zwei Diaprojektoren wurden beide Ansichten nebeneinander an die Wand projiziert. Die Studenten, von denen lediglich drei angaben, das Gebiet aus eigener Erfahrung zu kennen, wurden nach dem Original gefragt: 66% hielten danach die manipulierte Version für den Originalzustand der Landschaft am Spitzingsee (WEIDENBACH & WILD 1996). Dieses Ergebnis bestätigt zum einen die Wirkung von Bildmanipulationen, zum anderen scheint sich aber auch eine gewisse Erwartungshaltung - wie: „Hotels und Schneisen für Lifтанlagen gehören zum Bild der Alpen“- darin widerzuspiegeln.

4.4.1.1.2 Karte, Orthophoto, Luftbild und Anaglyphenbild

Topographische oder thematische Karten, Orthophotos oder Luftbildkarten und Luftbilder werden in gleicher Weise gescannt und in einem geeigneten Format abgespeichert. Häufig reicht es aus das Bild als 8 Bit-Graustufenbild (256 Graustufen) abzuspeichern, wodurch

ein schnellerer Bildaufbau gewährleistet wird. Orthophotos und Karten stellen das Gelände in Orthogonalprojektion dar und können daher als sehr genaue Hintergrundinformation für Vektordaten eines GIS eingeblendet werden (siehe Abb. 4.8). Luftbilder repräsentieren das aufgenommene Gelände in Form einer Zentralprojektion, d.h. die Landschaft wird je nach Beschaffenheit des Reliefs mehr oder weniger stark verzerrt abgebildet. Zum Bildrand hin nimmt diese Verzerrung zu (HUSS 1984). Aus diesem Grund sind Luftbilder als Hintergrundinformation für planimetrisch genau dargestellte Vektordaten nur bedingt geeignet.

Luftbildpaare, die sich zu einem Stereomodell zusammenfügen lassen, bieten dennoch eine äußerst interessante Möglichkeit für die digitale Landschaftsdarstellung. Sie sind die Grundlage für die Erstellung von sogenannten Anaglyphenbildern, die einen räumlichen Landschaftseindruck vermitteln: Zwei sich überlappende Luftbilder werden im 3-Kanal-Modus (Rot-Grün-Blau, RGB) gescannt. Eines der beiden Bilder wird anschließend im roten Kanal dargestellt, das andere im grünen. Die Überlappungsbereiche der Bilder werden daraufhin digital zur Deckung gebracht, in gleicher Weise, wie dies auch unter dem Stereoskop geschieht. Ein räumlicher Eindruck wird aber erst erreicht, wenn man beide Bilder durch eine Brille betrachtet, bei der die „Brillengläser“ aus einem roten und grünen Farbfilter bestehen. Auf diese Weise sieht jedes Auge einen anderen Farbkanal und nimmt damit nur das Luftbild wahr, welches im entsprechenden Farbkanal dargestellt wird. Das linke Auge sieht also aufgrund der versetzt aufgenommenen Luftbilder eine andere Ansicht der Landschaft, als das rechte Auge. Im Gehirn wird dieser stereoskopische Effekt wieder zu einem Bild zusammengesetzt, wodurch ein räumlicher Eindruck der Landschaft entsteht.

Die folgende Abb. 4.37 zeigt das Anaglyphenbild, das aus einem Luftbild-Stereopaar der Oberen Donau berechnet wurde. Hierfür wurde das Bildverarbeitungsmodul *EASI/PACE* der Firma *PCI* verwendet. Die Erstellung mit dem Bildbearbeitungsprogramm *Photoshop* ist grundsätzlich auch möglich, führt aber zu schlechteren Ergebnissen mit einem sehr schwachen 3D-Effekt.

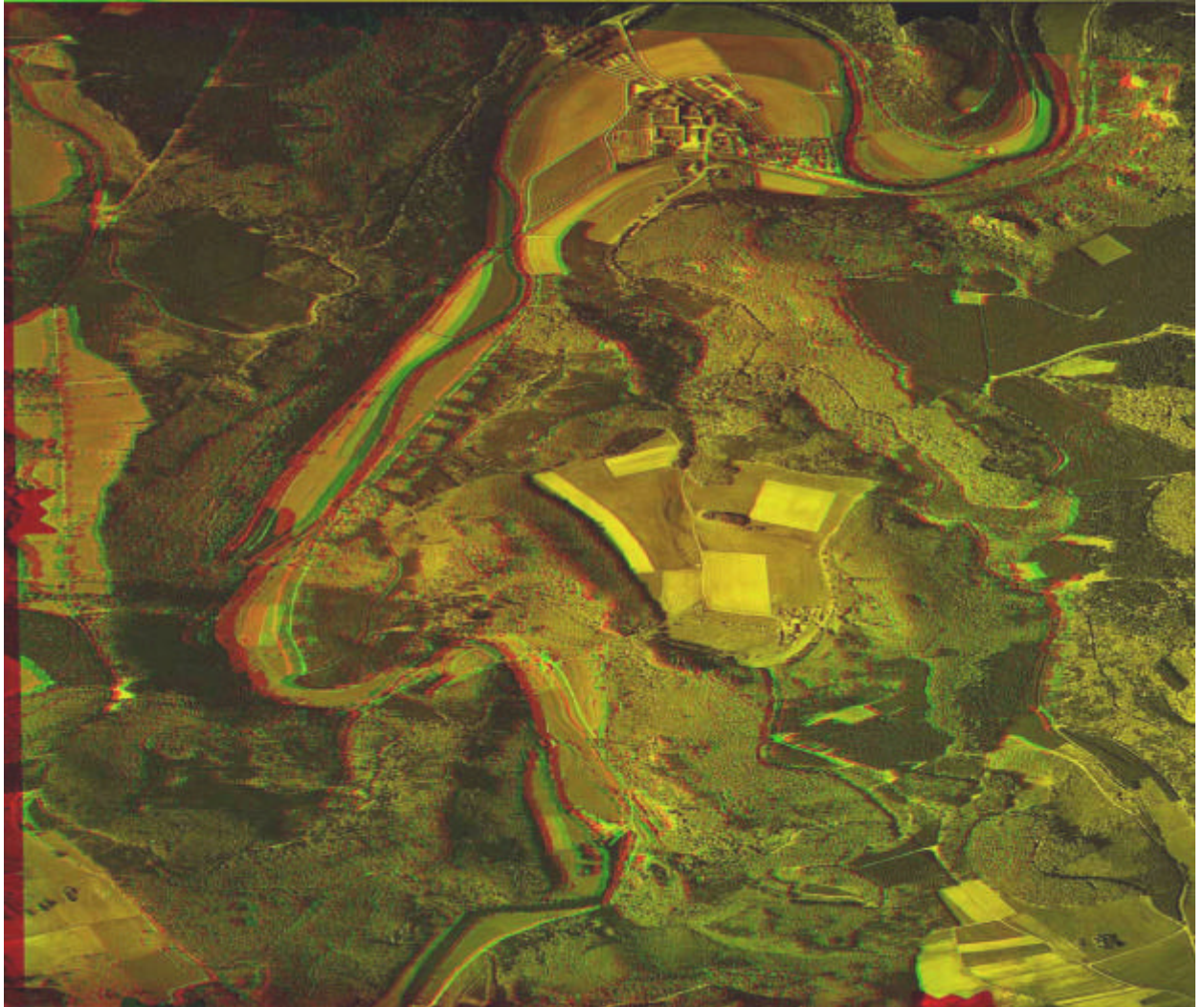


Abb. 4.37: Betrachtet man diese Anaglyphenbild aus dem Naturpark Obere Donau mit einer Rot-Grün-Brille, so entsteht ein räumlicher Eindruck

4.4.1.2 Zeitabhängige Medien

Zeitabhängige Multimedia-Elemente sind besonders dazu geeignet den zeitlichen Ablauf von Landschaftsveränderung zu visualisieren. In Frage kommen hierfür

- Bildanimationen und Virtuelle Geländemodelle
- Videosequenzen
- Auditive Medien (Sprache, Musik, Geräusche)

4.4.1.2.1 Bildanimationen und Virtuelle Geländemodelle

Der Begriff *Animation* bedeutet wörtlich soviel wie *lebendig machen, beleben, anregen, ermuntern*. Bildanimationen werden aus einer Reihe von Bildern erzeugt, die in zeitlicher Abfolge bestimmte Landschaftsveränderungen wiedergeben. Diese Bildreihe kann aus

realen oder manipulierten Photos oder aus gezeichneten Skizzen bestehen. Der sich verändernde Inhalt kann dabei (a) durch eine zeitliche Veränderung der Beobachtungsposition (Veränderung der Entfernung zum Objekt oder der Blickrichtung) oder (b) durch eine zeitliche Veränderung des Bildinhaltes bei gleichbleibender Beobachtungsposition entstehen.

Die folgende Abb. 4.38 ist ein Beispiel für den zweiten Fall. Der Beobachter verläßt seine Position nicht, lediglich das Objekt (die Aufforstung einer Wiese) ändert sich im Laufe der Zeit durch das Baumwachstum. Die Animation wurde unter Verwendung eines Farbphotos aus dem Gemeindegebiet Burggen erstellt. Auf der Grundlage des Originalphotos wurden mit Photoshop (Funktion *Freihandzeichnen*) neun verschiedene Bilder erzeugt, die unterschiedliche Wachstumsstadien einer Aufforstung simulieren. Die Bildreihe wurde anschließend mit der Software Ulead GIF Animator zu einer Animation zusammengestellt. Die Animation kann im Internet unter <http://www.lrz-muenchen.de/~lnn/daten/forum/mmgis/ani101.gif> abgerufen werden.

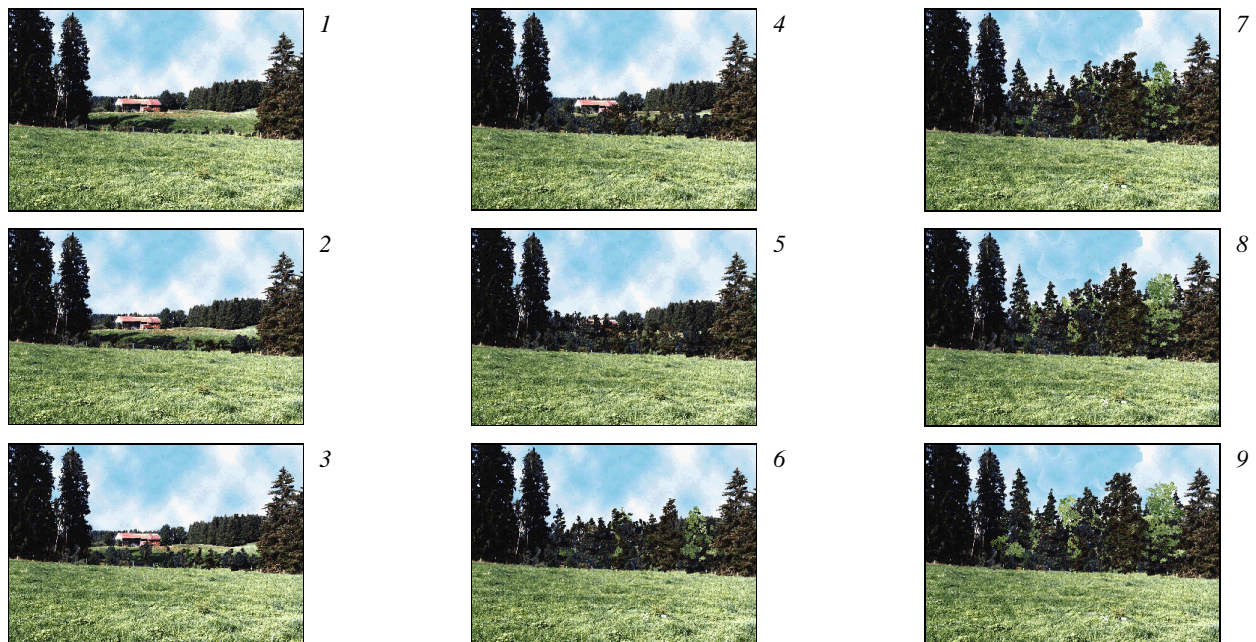


Abb. 4.38: Animation einer wachsenden Aufforstung im Untersuchungsgebiet Burggen, die aus neun manipulierten Einzelbildern zusammengesetzt wurde.

Ein Beispiel für den ersten Fall ist die Darstellung der Landschaft in Burggen auf der Basis eines TIN (Triangulated Irregular Network). Das im GIS generierte TIN wurde in die weit verbreitete Multimedia-Sprache VRML (Virtual Reality Modeling Language) übersetzt. Damit kann das Geländemodell auch außerhalb eines GIS visualisiert und navigiert werden, d.h. der Betrachter des Computerbildschirms kann sich mit Hilfe der Computermaus durch die virtuelle Landschaft bewegen. Hierbei berechnet der Computer

für jede gewünschte Bewegung die entsprechende Ansicht des Landschaftsmodells und bildet diese in Bruchteilen von Sekunden auf dem Bildschirm ab, wodurch der Eindruck einer virtuellen Wanderung oder eines virtuellen Fluges über die Landschaft entsteht. Das virtuelle Geländemodell des Untersuchungsgebietes Burggen befindet sich im Internet unter: <http://www.lrz-muenchen.de/~lmm/daten/foram/mmgis/Burggen0.wrl>

4.4.1.2.2 Videosequenzen

Videos sind ein sehr gutes Mittel um einen umfassenden Eindruck einer Landschaft wiederzugeben. Je nach Aussicht am Aufnahmestandort können Aufnahmen mit einem Winkel von 360 Grad gedreht werden, zusätzlich können bestimmte Landschaftsausschnitte stufenlos vergrößert werden. Seit leistungsfähigere, z.T. standardisierte Kompressionsalgorithmen entwickelt wurden, sind Videos auch für Anwendungen im Multimedia-Bereich interessant geworden (MAYER 1996). In der Regel werden Videos mit analogen Videorecordern gedreht, da digitale Systeme immer noch zu teuer sind. Das heißt, daß die analog aufgezeichneten Daten bei der Übertragung auf den Rechner digitalisiert werden müssen. Bei der Digitalisierung sollten mindestens 15 bis 17 Einzelbilder (oder Frames) abgespeichert werden, um unseren Augen einen übergangslosen Ablauf der Bilder vorzutäuschen. Moderne Videosysteme arbeiten mit einer Bildrate von 25 bis 30 Bilder pro Sekunde, was verständlicherweise eine hohe Prozessorleistung voraussetzt. Für jedes Bild muß zusätzlich noch Leuchtdichte (Luminanz), Farbinformation (Chrominanz) und gegebenenfalls der Ton vom System bearbeitet werden. Die zu bewältigende Datenmenge kann durch eine Verkleinerung des Bildformats und der Kompressionsrate (Wahl zwischen hoher Bildqualität oder hoher Wiederholrate) verringert werden.

Die Videos für die GIS-Präsentationen (siehe Kap. 2.4.3) im Naturpark Obere Donau und im Gemeindegebiet Burggen (mit und ohne Ton) wurden mit einem Sony Camcorder Hi 8 gedreht. Die Daten wurden anschließend mit dem low-cost Video System Aviator Speed der Firma FAST Electronics digitalisiert (Bildformat: 320 x 240, Farbtiefe 24 Bit, Audio: i.a. 8 Bit Mono). Aufgrund der geringen Prozessorleistung des verwendeten Computers (Intel 486 mit 100MHz) konnten im Durchschnitt nur 13 bis 15 Bilder pro Sekunde digitalisiert werden, mit der Folge eines merklichen Qualitätsverlustes. Die Videos wurden im Format *Video for Windows* mit einer durchschnittlichen Größe von 0,3 Megabyte pro Sekunde abgespeichert.

Abb. 4.39 zeigt zwei von acht Videofilmen, die für den digitalen Landschaftsplan Burggen gedreht wurden.



Abb. 4.39: Digitalisierte Videos für die Präsentation des Landschaftsplans von Burggen

4.4.1.2.3 Auditive Medien

Geräusche, die in der Landschaft vorkommen, sind ein wichtiger Teil des ganzheitlichen Landschaftsempfindens (siehe Kap. 3). Es bietet sich daher an, entsprechende Medien zu nutzen, um dieses Landschaftselement zu erfassen und zu reproduzieren. In Frage kommen hier Audio-Aufnahmen mit herkömmlichen Kassettenrecordern oder die Aufnahme in Kombination mit dem Videobild. Die kombinierte Audio-Video-Aufnahme hat den Vorteil, daß ein visuelles und akustisches *Landschaftsbild* synchron erfaßt und wiedergegeben werden kann. Dadurch wird der ganzheitliche reale Eindruck von Landschafts- und Umweltphänomen deutlich verstärkt.

Zur Demonstration dieses Effektes wurden für die digitale Präsentation des Landschaftsplanes Burggen (siehe Kap. 5.3) zwei Videos ausgewählt, die den besonderen akustischen Kontrast eines Aufnahmestandortes im Erholungsgebiet „Haslacher See“ aufzeigen (vgl. Abb. 4.39). Das erste Video zeigt das harmonische Bild schwimmender Enten. Zur Verstärkung der friedlichen Atmosphäre wurde das Video mit klassischer Musik unterlegt. Das zweite Video wurde wenige Meter vom See entfernt an der Verbindungsstraße zwischen Burggen und Bernbeuren aufgezeichnet. Die optisch attraktive Landschaft um den Haslacher See wird akustisch durch den starken Motorenlärm der vorbeifahrenden Autos beträchtlich gestört. Die akustische Information läßt in beiden Fällen ein ganz unterschiedliches *Landschaftsbild* entstehen.

4.4.1.3 Darstellungs- und Analysemöglichkeiten

Die effektvolle Darstellung von Multimedia Präsentationen ist an das Medium selbst gebunden, das die Information speichert und weitergibt. Das heißt,, Videos oder Bildanimationen können nicht in einem Textdokument präsentiert werden und ein Tonvideo verfehlt seine Wirkung genauso, wenn das Wiedergabegerät keinen Audio Ausgang hat und der aufgenommene Ton nicht zu hören ist.

Letztlich ist für die Wiedergabe aller hier vorgestellten Medien ein Personal Computer notwendig, der mit der geeigneten Software ausgestattet ist. Diese technische Abhängigkeit ist ein wichtiger Gesichtspunkt für die Nutzung und Präsentation von multimedialen Daten. Die Problematik wird auch in der vorliegenden Arbeit deutlich: eine realistische Demonstration der Wirkung von Multimedia-Anwendungen ist mit Printmedien nicht möglich, weil zeitabhängige Medien grundsätzlich nicht dargestellt werden können und weil zeitunabhängige Medien durch den Druck auf Papier an Qualität verlieren.

Während beim GIS die Analysefunktion im Vordergrund steht, bietet Multimedia v.a. die Möglichkeit, Landschaft realistisch wiederzugeben. Die Analyse von multimedialen Daten ist i.d.R. erst sinnvoll, wenn ein Standortsbezug hergestellt wird. Dies geschieht, wie in Kap. 5.3 gezeigt wird, z.B. durch die Verknüpfung mit einem GIS.

Die Methoden der Bildbearbeitung können bspw. für eine Analyse von Besucherpräferenzen eingesetzt werden (WEIDENBACH & WILD 1996, JOHNSON ET AL. 1994). Standortsbezogene terrestrische Photoaufnahmen sind für die Verifizierung und Plausibilitätskontrolle von Einsehbarkeitsanalysen dienlich, die im GIS durchgeführt wurden.

Bildanimationen können dazu verwendet werden, stattgefundenene Landschaftsveränderungen visuell zu untersuchen oder zukünftige Entwicklungen zu simulieren (siehe Abb. 4.38). Eine interessante Operation ist ferner die Bildfolgeanalyse von Videos zur Erkennung von im GIS gespeicherten Objekten. Selektive Analysen von Videoaufnahmen erlauben das sequentielle, kontextsensitive Auswählen einer Videosequenz zu einem raumbezogenen Objekt. Ähnliche Analyseoperationen sind auch für das Medium Ton denkbar, z.B. bei der Lärmausbreitungsmodellierung (BILL 1996). Die Auswirkung von Tönen und Geräuschen sind im Gegensatz zu visuellen Phänomenen physikalisch meßbar (siehe Kap. 3) und lassen sich mit Multimedia-Systemen quantifizieren und meßgenau reproduzieren.

Zusammengefaßt kann also gesagt werden, daß Multimedia-Systeme visuelle und akustische Landschaftselemente realistisch reproduzieren können. Darauf aufbauende Analysen lassen sich aber u.U. nicht immer statistisch absichern. Wegen der zugrundeliegenden guten Reproduktionsfähigkeit natürlicher Phänomene und der daraus

resultierenden Datentransparenz, bietet Multimedia jedoch eine interessante Möglichkeit zur Ergänzung traditioneller Planungsmethoden.

4.4.2 Das Internet

Das Internet und die einzelnen Internetdienste werden an dieser Stelle als reines Transportmedium verstanden. Die im World Wide Web (WWW) enthaltenen Multimedia-Anwendungen wurden, soweit sie für das Thema wichtig sind, zuvor bereits dargestellt. Mit welchen Dateiformaten GIS und Multimediaelemente im WWW verarbeitet werden können wird in Kap. 5.2.3.3 näher erläutert. Neben dem technischen Aspekt ist aber v.a. auch die Frage von Interesse, welcher Personenkreis das Internet mit welchen Absichten benutzt.

Der Begriff *Internet* faßt weltweit alle Rechner und Teilnetze (wie z.B. das NSFnet in den USA und das WIN-Wissenschaftsnetz in Deutschland) zusammen, die über ein bestimmtes standardisiertes Verfahren (TCP/IP = Transmission Control Protocol/Internet Protocol) miteinander kommunizieren.

Zu den wichtigsten und meist benutzten Netzdiensten im Internet gehören:

- die elektronischen Post (e-mail) mit der ursprünglich nur Text, heute aber auch Ton, Bilder und Videos verschickt werden können
- das file transfer protocol (ftp), das zum einfachen kopieren digitaler Daten über das Netz entwickelt wurde.
- telnet, ein Programm, das ein sogenanntes remote login in einen beliebigen Rechner erlaubt, d.h. man kann am eigenen Rechner einen fremden Rechner bedienen (bspw. login in Bibliotheken).
- usenet ermöglicht es sogenannte Newsgroups Meinungen zu einem gemeinsamen Thema auszutauschen
- das World Wide Web (WWW = Weltweites Geflecht), wird mit sogenannten Browsern (to browse = durchblättern) wie *Netscape* oder dem *Windows Internet Explorer* erschlossen, auf deren Programmoberflächen heutzutage alle oben genannte Dienste zusammengefaßt sind.

4.4.2.1 Geschichtliche Entwicklung des Internet

1968 entwickelte die ARPA (Advanced Research Projects Agency), eine Unterabteilung des US-Verteidigungsministeriums, das ARPAnet, die Keimzelle des Internet mit vier Computern des US-Verteidigungsministeriums. Ziel war der Aufbau eines Netzes, das auch nach der Zerstörung von Teilen (z.B. nach einem Atomschlag) noch funktioniert. Damit konnte man damals schon elektronische Post (e-mail) verschicken, Daten austauschen (file transfer mit dem file transfer protocol ftp) und vom eigenen Arbeitsplatz aus auf einem entfernten Rechner arbeiten (remote login). 1972 wurde das ARPAnet öffentlich und es durften sich wissenschaftliche Institutionen an der weiteren Entwicklung beteiligen.

In den folgenden Jahren wurde ein Übertragungsprotokoll entwickelt, das den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Computersystemen ermöglicht. 1982 wurde schließlich das heute noch gebräuchliche TCP/IP zum allgemeinen Internet-Protokoll. Sieben Jahre später wurde am CERN in Genf die Entwicklung des World Wide Web (WWW) als Projekt für den Datenaustausch ins Leben gerufen. Seitdem 1992 der damals verwendete Code HTML (Hyper Text Markup Language) als Public Domain für jedermann freigegeben wurde, wächst das WWW ständig.

Seit 1994 haben bisher eigenständige Informationsdienste, wie z.B. CompuServe oder T-Online Zugang zum WWW. Mitte der neunziger Jahre wurde das Softwareprodukt *Netscape*, zum Marktführer unter den Internet Browsern. Zur gleichen Zeit entwickelte die Firma *Sun* eine systemübergreifende Programmiersprache für das Internet (Java), die die Leistungsfähigkeit des WWW deutlich verbessert. Als universelles Betriebssystem wäre Java sogar dazu geeignet, das Internet als Systemplattform zu nutzen und bspw. *Windows* zu ersetzen.

Seit 1. August 1997 regelt in Deutschland das Multimedia-Gesetz die Nutzung des Internet, durch das u.a. die digitale Unterschrift geschützt wird (ANONYMOUS 1997b).

Die weitere Zukunft des Internet wird stark von der Frage bestimmt sein, ob die zunehmenden Datenmengen in ausreichender Geschwindigkeit transferiert werden können und ob das Netz genügend Sicherheit gegen nicht autorisierte Zugriffe von Außen bietet.

4.4.2.2 Nutzer und Nutzen des Internet

Durch die große Popularität des WWW erreicht das Internet immer mehr Privathaushalte, die mit Angeboten wie *Interaktives Fernsehen*, *PC-shopping*, *Home-banking* oder *Video on Demand* geworben werden. Damit verläßt das Internet seinen Stammplatz Universität und erobert die breite Masse. Bereits ab ca. 8 DM pro Monat (plus ca. 3 DM pro Online-

Stunde) ist heute ein privater Internet-Zugang über den größten deutschen Anbieter *T-Online* (rund 2,5 Mio. Kunden) möglich.

Weltweit benutzen heute ca. 40 Mio. Teilnehmer das Internet, mit deutlicher Tendenz nach oben. In Deutschland gibt es derzeit etwa 3,8 Mio. berufliche oder private Internet-Anwender (FOCUS ONLINE GMBH 1998a, Erhebung der Burda Medienforschung vom April/Mai 1997). Das amerikanische Marktforschungsinstitut *Jupiter Communication* rechnet bis zum Jahr 2000 sogar mit 6,9 Mio. Nutzern in Deutschland (ANONYMOUS 1996b).

Eine Studie der Essener Gesellschaft *Academic Data* kam nach einer Umfrage zu dem Ergebnis, daß jeder fünfte deutsche Haushalt mit mindestens einem PC ausgestattet ist. Von diesen nutzt wiederum nur jeder fünfte das Internet. Aufgeschlüsselt nach Geschlecht ergibt sich, daß nur rund 15% der Frauen das WWW häufig besuchen, bei den Männern sind es 56%. Von den befragten Internet-Nutzern gaben 91% an, gezielt Informationen im Netz abzurufen, 63% „surfen“ gern (MÖCKE 1997).

Zu anderen Ergebnissen gelangt die Burda Medienforschung *Typologie der Wünsche Intermedia TdWI* nach einer Studie, die von April bis Mai 1997 durchgeführt wurde (FOCUS ONLINE GMBH 1998a):

Die Befragung basiert auf 10.231 Interviews, die eine repräsentative Stichprobe der deutschsprachigen Bevölkerung ab 14 Jahren in Privathaushalten in der Bundesrepublik darstellen. Danach sind 6,7% der Bevölkerung oder 4,26 Mio. der deutschen Haushalte „online-fähig“ ausgestattet.

Die folgende Tab. 4.4 stellt die sozio-demographischen Merkmale der etwa 3,8 Mio. Internet Kunden denen der Gesamtbevölkerung gegenüber. Vom Verfasser wurden die Gruppen von Online-Nutzern hervorgehoben, die im Vergleich zur Gesamtbevölkerung überrepräsentiert sind.

	Online-Nutzer	Gesamtbevölkerung
Geschlecht:		
Männer	68,3%	47,5%
Frauen	31,7%	52,5%
Alter:		
14-19 Jahre	8,6%	7,2%
20-29 Jahre	29,5%	15,3%
30-39 Jahre	26,1%	18,4%
40-49 Jahre	20,9%	15,2%
50-59 Jahre	12,8%	17,4%
60 Jahre und älter	2,1%	26,6%
Schulbildung:		
Volksschule ohne Lehre	3,9%	14,5%
Volksschule mit Lehre	7,9%	37,5%
Weiterführende Schule ohne Abitur	35,0%	30,8%
Abitur/Studium	53,2%	17,2%
Berufsgruppe:		
größere Selbst./Freiberufliche	4,1%	1,4%
kl. u. mittl. Selbst./Landwirte	10,1%	5,9%
leitende Angestellte/Beamte	13,6%	4,3%
sonst. Angestellte/Beamte	42,9%	43,5%
Facharbeiter /Meister	4,7%	18,6%
sonst. Arbeiter	2,5%	13,7%
Haushaltsnettoeinkommen:		
unter 2000 Mark	5,7%	11,77%
2000-3000 Mark	10,1%	22,1%
3000-4000 Mark	17,5%	23,8%
4000-5000 Mark	22,4%	20,7%
5000-6000 Mark	14,7%	8,8%
6000 und mehr	29,6%	13,0%

Tab. 4.4: Sozialstruktur der Online-Nutzer (Quelle: FOCUS ONLINE GMBH 1998a)

Aus der Tabelle wird deutlich, daß das Internet nicht von allen sozialen Gruppen gleichermaßen benutzt wird. Im Vergleich zum Anteil an der Gesamtbevölkerung nutzen überproportional viele Männer und Personen zwischen 20 und 50 Jahren das Netz. Über die Hälfte der Nutzer hat Abitur oder ein Studium absolviert, wogegen ihr Anteil an der Gesamtbevölkerung nur 17,2% ausmacht. Unterrepräsentiert sind dagegen Frauen, alte Menschen, Arbeiter und Personen mit einem geringen Haushaltsnettoeinkommen.

Während das Prinzip des Internet lange Zeit die nicht-kommerzielle Nutzung durch Forschung und Wissenschaft war, ist gegenwärtig durch die Zunahme privater Benutzer ein deutlicher Trend zur Kommerzialisierung zu beobachten. Der Einsatz des Internet ist dabei für nahezu alle Wirtschaftsbranchen von Interesse.

TIMMINGER (1996) zeigt die Bedeutung des Internet für die Forstwirtschaft und hebt dabei v.a. auf die Bereiche Produktwerbung und Öffentlichkeitsarbeit ab. Er schlußfolgert, daß der gezielte Einsatz des Internet entscheidend dazu beitragen kann, „daß wir auch im

nächsten Jahrtausend noch eine funktionierende Forstwirtschaft staatlicher und privater Waldbesitzer haben.“

Das Internet ist aber auch ein wesentlicher Bestandteil der schulischen und universitären Ausbildung geworden. STROBL (1996) zeigt bspw., wie die GIS-Ausbildung über das Internet realisiert werden kann. Dank der Bundesinitiative „Schulen ans Netz“ zwischen der Telekom und dem Bundesbildungsministerium soll bis zum Jahr 2000 jede vierte Schule Zugang zum Internet haben (WEIMANN 1997). Ein wichtiger Lerninhalt muß dabei die sinnvolle Anwendung des Mediums sein. WEBER (1996) gibt einen Überblick über den Internet-Einsatz für die forstliche Hochschullehre in Freiburg und er kommt zusammenfassend zu der Einsicht, daß beim Einsatz des Internet in der forstwissenschaftlichen Lehre nicht alles, was machbar erscheint auch sinnvoll ist.

Dem Angebot im World Wide Web (WWW) steht nach einer Umfrage der Meinungsforscher Fittkau und Maaß eine Nachfrage gegenüber, die in Tab. 4.5 dargestellt ist und auf der fünften W3B-Umfrage (Online Erhebung) vom 8. Oktober bis 17. November 1997 unter 16.403 deutschsprachigen WWW-Nutzern beruht (FOCUS ONLINE GMBH 1998b):

Wozu verwenden Sie das WWW?

(Mehrfachnennungen möglich)

Aktuelle Information	76,3%
Software herunterladen	65,6%
Aus Neugier, zur Unterhaltung	65,5%
Geschäftliche, berufliche oder wissenschaftliche Recherche	62,8%
Produktinformation abrufen	60,4%
Zum Kommunizieren	56,1%
Zur Aus- und Weiterbildung	47,7%
Zum Spielen	10,4%
Sonstiges	12,8%

Tab. 4.5: Interessen der Online Nutzer (Quelle: Focus Online GmbH 1998b)

Die Ergebnisse machen deutlich, daß ein großer Teil der Nutzer durchaus ernsthafte, z.T. berufliche Interessen mit der Nutzung des Internet verfolgt. Information und Entertainment

werden besonders stark nachgefragt, weshalb von Medienexperten auch schon von einer neuen Form der Nachrichtenpräsentation, dem *Infotainment* gesprochen wird.

