

Konzeptionelle Aspekte eines landesweiten Fachgeoinformationssystems für die Bestandsdokumentation forstlicher Geodaten

Dipl.-Ing.(univ.) Georg Lothar

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reiner Rummel

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Matthäus Schilcher
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reinhardt
Universität der Bundeswehr München

Die Dissertation wurde am 20.01.2003 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen
am 07.07.2003 angenommen.

VORWORT	4
0 EINFÜHRUNG	5
1 GEOINFORMATIONSSYSTEME	7
1.1 Grundbegriffe aus der Informationsverarbeitung	7
1.1.1 Information	7
1.1.2 Daten und Datenmodelle	8
1.1.3 Interaktion und Nachrichten	10
1.2 Komponenten von Informationssystemen	10
1.2.1 Datenbank	11
1.2.2 Benutzeroberfläche, Methoden und Schnittstellen	13
1.3 Begriffsbestimmung Geoinformationssystem	14
1.4 Entwurf einer Taxonomie für Geoinformationssysteme	16
1.4.1 Fachanwendung	16
1.4.2 Lebensdauer der Geodaten	16
1.4.3 Räumliche Ausdehnung und Datenauflösung	17
1.4.4 EDV-Komponenten	18
2 DAS LANDESWEITE FACHGEOINFORMATIONSSYSTEM FORST-GIS	18
2.1 Systemaufbau (Grobkonzept)	19
2.2 Kerndatenbereiche und ihre Erfassung	22
2.2.1 Generelle Grundsätze für die Datenerfassung	22
2.2.2 Forstbetriebskarte (FBK)	23
2.2.3 Standortkarte (STK)	24
2.2.4 Waldfunktionskarte (WFK)	25
2.3 Aufbau der Geodatenbanken	26
2.3.1 Datenbanksystem für Geodaten	26
2.3.2 Plangebiet, Themen und Gebietsfragmente	27
2.3.3 Datendichte und Datenprofile	29
2.4 Kartenproduktion	30
2.4.1 Karten als GIS-Produkte	30
2.4.2 Verfahren für die Kartenfertigung	31
2.4.3 Reproduktion mittels hybridem Plotten	32
2.5 Übersicht zum Projektverlauf	34
3 MODELLIERUNG FORSTLICHER GEODATEN	36
3.1 Quellen für die Geodaten in der Forstverwaltung	36
3.1.1 Datenquellen für den Forstbetrieb	37
3.1.2 Datenquellen für die forstliche Rahmenplanung	40
3.1.3 Amtliche Datenquellen für den Raumbezug	41
3.2 Gesamtkonzept „Forstamtsmodell“	43
3.2.1 Gliederung des Gesamtdatenbestandes in Themen	43
3.2.2 Vertikale Strukturierung mit Folien	45
3.2.3 Horizontale Strukturierung mit Geoobjekten	46
3.2.4 Transiente Integration von Fachattributen	47
3.2.5 Mengengerüst für die Geodaten	50

3.3	Design forstlicher Geobjekte, am Beispiel Bestand	51
3.3.1	Objektstrukturierung für Geodaten	51
3.3.2	Konzeptioneller Entwurf von Geobjekten	54
3.3.3	Logischer Entwurf für Geobjekte	60
3.3.4	Geotransaktionen für schreibende und lesende Zugriffe	66
3.4	Realisierung der Geodatenbanken	72
3.4.1	Relationale Datenbankmanagementsystem – Oracle	72
3.4.2	Geodatenbankextension SICAD-GDB	75
3.4.3	GDB-Organisation im FORST-GIS	77
3.4.4	Zugriffe auf die Geodatenbank in Oracle	78
3.4.5	Projekt-Datenbank	80
3.4.6	Bayernweite, zentrale Geodatenbanken	85
3.4.7	Netzzugriff auf Oracle-Datenbanken	88
3.5	Archivierung und Sicherung der Geodaten	88
3.5.1	Archivierung der Geodaten	89
3.5.2	Sicherung (Backup)	90
3.5.3	Wiederherstellung der Datenbank (Recovery)	92
4	RAUMBEZUG UND GEOKODIERUNG FÜR LANDESWEITE GIS	93
4.1	Räumliches Bezugssystem	94
4.1.1	Referenzflächen für Lagekoordinaten	94
4.1.2	Geodätisches Datum	95
4.1.3	Geodätische Bezugssysteme	95
4.1.4	Amtliches Koordinatensystem in Bayern	97
4.2	Koordinatenumformung in ellipsoidischen Bezugssystemen	98
4.2.1	Dreidimensionale Kartesische Koordinaten in geodätische Koordinaten	98
4.2.2	Geodätische Koordinaten in GK-Projektionskoordinaten	99
4.2.3	GK-Projektionskoordinaten in Gebrauchskordinaten	99
4.3	Transformationen zwischen verschiedenen Bezugssystemen	100
4.3.1	Dreidimensionaler Datumsübergang nach Helmert	100
4.3.2	Zweidimensionaler Datumsübergang mit Projektionskoordinaten	102
4.3.3	Interpolation von Restklaffungen	104
4.3.4	Meereshöhen und ellipsoidische Höhen	105
4.4	Transformationsverfahren im FORST-GIS	107
4.4.1	Gauß-Krüger-Koordinate der Süd-West-Ecke für TK25-Blätter	107
4.4.2	UTM-Koordinaten aus Gauß-Krüger-Eingabeposition für Brandmeldungen	108
4.4.3	Gauß-Krüger-Koordinate und Höhe zu WGS84-Koordinate	108
4.4.4	Datumstransformation von Lagekoordinaten	108
4.4.5	Soldner- in GK-Koordinaten	109
5	QUALITÄTSSICHERUNG FÜR GEODATEN	111
5.1	Qualitätsmanagement	111
5.2	Qualität im GIS	112
5.2.1	GIS-Produkte	112
5.2.2	Geodaten	113
5.2.3	Qualitätsmerkmale von Geodaten	114
5.3	Qualität im FORST-GIS	116
5.3.1	Metrische Genauigkeit	118
5.3.2	Semantische Richtigkeit	120
5.3.3	Logische Konsistenz	120
5.3.4	Zusammenfassung der Prüfmittel im FORST-GIS	121

5.4	Betrachtungen zur Genauigkeit von Vegetationsflächen	121
5.4.1	Genauigkeit scharf abgegrenzter Flächen (Flurstück)	122
5.4.2	Genauigkeit von unscharf abgegrenzten Flächen (Bestand)	123
5.4.3	Genauigkeit von Schnittflächen	127
6	ASPEKTE ZUR OPTIMALEN GESTALTUNG DER FORSTANWENDUNGEN	130
6.1	Benutzerverwaltung	130
6.2	Betriebssystem-Environment	132
6.2.1	Variablen für die Login-Shell (C-Shell)	132
6.2.2	Menues für Shell-Aufrufe	133
6.2.3	Startaufrufe für die Forstanwendungen	135
6.2.4	Initialisierung der Projektumgebung	136
6.2.5	Bildschirm-Layout	138
6.3	Applikationen und Projekte	139
6.3.1	Verfügbare Applikationen	140
6.3.2	Projektauswahl	140
7	INDIKATOREN FÜR DIE SYSTEMEVALUIERUNG	142
7.1	Anlagenauslastung für die Digitalisierung	142
7.1.1	Ermittlung der Anlagenauslastung	142
7.1.2	Vorgaben für die Digitalisierung	143
7.1.3	Bewertung und Vergleich	143
7.1.4	Ergebnisse der Messungen	145
7.2	Digitalisierleistung	145
7.2.1	Ermittlung der Digitalisierungsgeschwindigkeiten	146
7.2.2	Ermittlung des Datenzuwachses	147
7.2.3	Ergebnis der Messungen	148
7.3	Festlegung von Leistungsdaten	149
7.4	Überprüfung der Digitalisierleistung	150
7.4.1	Messprotokoll für Geotransaktionen	150
7.4.2	Bilanzierungen für die Projektbearbeitung	151
8	DISTRIBUTION DIGITALER KARTEN IM INTERNET	153
9	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	155
	Literaturverzeichnis	157
	Verzeichnisse: Abkürzungen / Abbildungen / Tabellen	162
	Anlagen	166
	A1 Beispiele von Forstkarten als GIS-Produkte	
	A2 Metadaten für die Forstbetriebskarte	
	A3 Namenskonventionen für die Systemorganisation	
	A4 Recovery-Strategien für Oracle	
	A5 Beispiele zu Qualitätssicherungsverfahren	

VORWORT

Im Rahmen meiner Tätigkeit bei der Bayerischen Staatsforstverwaltung (StFoV), als verantwortlicher Leiter für das landesweite forstliche Geoinformationssystem FORST-GIS-Bayern (kurz FORST-GIS), bin ich seit 1991 damit beauftragt, stufenweise ein Geoinformationssystem für die Bayerische Staatsforstverwaltung auf- und auszubauen, die Verfahren für die Verarbeitung der forstlichen Geodaten in den produktiven Einsatz zu bringen und den wirtschaftlichen Betrieb des Systems und seine Weiterentwicklung zu sichern. Grundlage für die Systemeinführung waren die ausführlichen Voruntersuchungen und Empfehlungen der Projektgruppe FORST-GIS, die in den Jahren 1988 - 1990 die Systemauswahl traf, die fachlichen Vorgaben machte und die mittel- und langfristigen Ziele festlegte. Das Hauptziel war zunächst die Einführung eines rationellen Verfahrens für die Fertigung der Forstkarten. Daneben sollte aber von vornherein berücksichtigt werden, dass das System entsprechend neuer Anforderungen angepasst und erweitert werden kann und dass die erfassten Geodaten für eine "Mehrfachnutzung", über die Kartenfertigung hinaus, verwendet werden können.

In der folgenden Arbeit werden die wichtigsten konzeptionellen Aspekte des FORST-GIS dargestellt, die zur Einführung eines arbeitsfähigen Systems erforderlich waren und ein kurzer Ausblick auf seine künftigen Anwendungsmöglichkeiten gegeben. Den wissenschaftlichen Schwerpunkt der Arbeit bilden die Kapitel:

- 3 Modellierung forstlicher Geodaten
- 4 Raumbezug und Geokodierung für landesweite GIS
- 5 Qualitätssicherung für Geodaten

Besondere Probleme bei der Einführung des FORST-GIS bereiteten die personellen Rahmenbedingungen. Das verfügbare Personal, meist ohne EDV-Kenntnisse, musste in die Lage versetzt werden, das komplexe System qualifiziert zu bedienen, zu betreiben und auszulasten. Für die effiziente Nutzung der Anlagen war die ausreichende Akzeptanz der neuen Arbeitsplätze durch die Mitarbeiter unabdingbar.

Seit seiner Einführung und in Betriebnahme 1993 hat sich das FORST-GIS zu einer der größten mitteleuropäischen Geodatenbasen für forstliche Zwecke entwickelt. Die automationsgestützte Fertigung aller Forstkarten war und ist der Einsatzschwerpunkt, an dem die Wirtschaftlichkeit des gesamten Systems gemessen wird. Die positive Bilanz bei der Produktion der Forstkarten ergab sich durch Personaleinsparungen, der Beschleunigung der Produktion und der Reduzierung von Reproduktionskosten für die großformatigen Forstkarten. Die Tragfähigkeit der entwickelten und im Einsatz ständig optimierten Konzepte kann - nach nunmehr 10-jähriger Produktion - durch den erfolgreichen Verlauf des Projekts nachgewiesen werden. Die Wirtschaftlichkeit des FORST-GIS wurde 2002 durch den Obersten Bayerischen Rechnungshof geprüft und bestätigt. Die Prüfmitteilung des ORH vom 8.1.2003 besagt in der Zusammenfassung: *„Nach Auffassung des ORH hat die Bayerische Staatsforstverwaltung die 1989 festgelegten Projektziele im Wesentlichen erreicht und das Projekt erfolgreich abgeschlossen“*.

0 Einführung

Mit rund 2,5 Millionen Hektar Wald verfügt Bayern über die größte Waldfläche aller Bundesländer, davon sind 55% Privatwald, 30% Staatswald, 13% Körperschaftswald und 2% Bundeswald. Wald ist die naturnahe Form der Landnutzung, als Lieferant nachwachsender Rohstoffe, als Schutzwald und Naherholungsraum erfüllt er entscheidende ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Funktionen.

Entsprechend vielfältig und umfangreich sind die Aufgaben der für die Erhaltung und den Schutz, aber auch die nachhaltige Nutzung des Waldes zuständigen Bayerischen Staatsforstverwaltung (StFoV). Das zugehörige Unternehmen Bayerische Staatsforsten (Abb.0-1) bewirtschaftet selbst etwa 850.000 Hektar Staatswald und sonstige Flächen, dies sind mehr als 10% der bayerischen Landesfläche. Die Hauptaufgaben der StFoV sind die Bewirtschaftung und Verwaltung des Staatswaldes (ca. 850.000 ha), die Standorterkundung im Staatswald (ca. 626.000 ha), die Schutzwaldsanierung im Hochgebirge (ca. 120.000 ha), die forstliche Rahmenplanung (Wald funktionsplan für ganz Bayern), die Betreuung des Privat- und Körperschaftswaldes sowie die Forstaufsicht und die Vertretung hoheitlicher Belange.

Aufgaben und Organisation der Staatsforstverwaltung

Das Aufgabenspektrum der Bayerischen Staatsforstverwaltung umfasst die Bewirtschaftung und Verwaltung des Staatswaldes, die Förderung des Privat- und Körperschaftswaldes sowie hoheitliche Aufgaben. Gemessen am Aufwand dominiert die Staatswaldbewirtschaftung

Gesamtaufwand: 643,8 Mio. DM (nach BAB; einschl. Fördermittel)

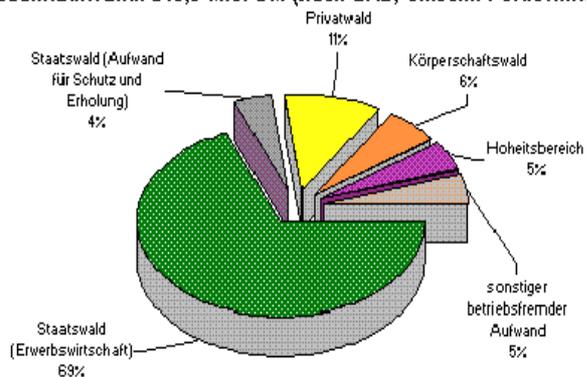


Abb.0-1: Gesamtaufwand der Bayerischen Staatsforsten 1998 (Aufteilung nach Aufgabenbereichen)

Für die sachgerechte Erfüllung dieser Tätigkeiten benötigt die Staatsforstverwaltung umfangreiche Information über die zu verwaltenden und zu bewirtschaftenden Waldflächen. Dies zeigt sich vor allem in einer Vielzahl von Kartenwerken, die von den staatlichen Forstbehörden geführt werden. Die wichtigsten Themengruppen sind der Forstbetrieb, die Standorterkundung und die Wald funktionsplanung. Die Karten wurden ursprünglich von Kartographen in traditioneller Form manuell gefertigt. Die ständig zunehmenden Anforderungen an die Karten aus quantitativer, qualitativer und inhaltlicher Sicht hat die Staatsforstverwaltung nach gründlichen Untersuchungen dazu bewegt, 1990 die Einführung eines landesweiten forstlichen Geoinformationssystems zu beschließen, dessen Hauptziele sein sollen:

**Rationelle automationsgestützte Produktion der Forstkarten
Mehrfachnutzung der wertvollen Geodaten für neue Fachanwendungen
Einsatz moderner Methoden für die Distribution digitaler Karten**

Diese Ziele waren und sind bei allen konzeptionellen Überlegungen als Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Die Wirtschaftlichkeit des FORST-GIS muss sich jedoch allein aus der Rationalisierung der Kartenproduktion ergeben. Den Einsatzschwerpunkt bildet die Erstellung der Forstbetriebkarten für den innerbetrieblichen Bereich der Forsteinrichtung, als Grundlage für die Bewirtschaftung des Staatswaldes.

In der vorliegenden Arbeit werden die konzeptionellen Grundlagen des FORST-GIS dargestellt, wobei besonderer Wert auf eine **synthetische Gesamtsicht** des komplexen Systems gelegt wird, mit dem Schwerpunkt Geodatenbank für die langfristige Bestandsdokumentation und die umfassende Bereitstellung der forstlichen Flächeninformation als Grundlage für eine Vielzahl von GIS-Produkten.

Im ersten Kapitel der Arbeit werden zunächst die allgemeinen Grundlagen von Geoinformationssystemen (GIS) kurz zusammengefasst und eine systematische Einteilung (Taxonomie) für GIS eingeführt, die unterschiedliche Zielsetzungen und wichtige Einsatzaspekte berücksichtigt. GIS werden dabei nicht als ein Sonderfall von herkömmlichen Informationssystemen verstanden, sondern vielmehr als eine Verallgemeinerung dargestellt mit neuen Datenformaten und Funktionalitäten für raumbezogene Daten in Vektor- und Rasterform. Insbesondere der gemeinsame Raumbezug (Geokode) - als Integrationseinheit für sonst unabhängige Geodaten - ist ein neues Datenmerkmal, das in üblichen Informationssystemen als „Joinkriterium“ nicht zur Verfügung steht. Im zweiten Kapitel wird ein Abriss der fachlichen Sicht des FORST-GIS gegeben, wobei sowohl die wichtigsten Systemkomponenten und Dienste (Services) als auch seine Kerndatenbereiche und der Datenbankaufbau skizziert werden. Das Kapitel enthält ein fachliches Grobkonzept für das Gesamtsystem, das der bisherigen Entwicklung als Leitbild zu Grunde liegt und das weitgehend die Anforderungen der Projektgruppe FORST-GIS wiedergibt.

Die Geodatenbanken des FORST-GIS sind das Hauptprodukt, sie beinhalten alle erfassten Geodaten für die bayernweite Bereitstellung und die langfristige Bestandsdokumentation der forstlichen Flächeninformation. Diese dient zunächst der Ableitung der Forstkarten, ist aber auch die Basis für die Mehrfachnutzung der Geodaten in Form thematischer Karten und Flächenanalysen. Das Datenmodell und die Qualität der Geodaten bestimmen dabei das Einsatzspektrum für neue Fachanwendungen wesentlich. Versäumnisse bei der Datenmodellierung können im nachhinein oft nur mit großem Aufwand ausgeglichen werden oder schränken die Verwendbarkeit des Datenbestandes dauerhaft ein. Dem geeigneten Datenmodell kommt damit eine besondere Bedeutung zu. Die Beschreibung der Geodatenbank bildet deshalb den Kern der Arbeit mit den Kapiteln drei bis fünf: **Geodatenmodell**, **Raumbezug** (Geokode) und **Qualitätssicherung**.

Zunächst werden im dritten Kapitel die Besonderheiten der Datenmodellierung und die Realisierung der Geodatenbanken des FORST-GIS beschrieben. Aus wirtschaftlicher Sicht, insbesondere wegen des Umfangs der Datenerfassung war darauf zu achten, dass *„die verwendete Datenstruktur einerseits komplex genug für die Wiedergabe der in der realen Welt tatsächlich existierenden Beziehungen ist, andererseits einfach genug für den effizienten und performanten Betrieb des Systems ist“* (Lipschutz 1987). Wegen der besonderen Bedeutung des Raumbezugs wird im vierten Kapitel eine Zusammenfassung der geodätischen Grundlagen des FORST-GIS gegeben. Der Raumbezug oder Geokode ist die zentrale Größe in einem GIS, er ist wichtig für die geometrische Beschreibung der Objekte, die Ableitung metrischer Größen und die Zusammenführung (Überlagerung, Verschneidung) verschiedener, unabhängiger Themenbereiche. Für die Erstellung von zuverlässigen GIS-Produkten ist schließlich noch die Prüfung der Geodaten und die Dokumentation ihrer Qualitätsmerkmale erforderlich. Dazu werden im fünften Kapitel die Qualitätssicherungsmaßnahmen im FORST-GIS dargestellt. Die angegebenen Qualitätsmerkmale sollen dazu geeignet sein, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Geodaten zu beschreiben sowie die von abgeleiteten Produkten zu beurteilen.

Für den erfolgreichen Einsatz des FORST-GIS wurde a priori seine Wirtschaftlichkeit als primäres Ziel vorgegeben. Die Wirtschaftlichkeit musste sich dabei jedoch allein aus der Rationalisierung der Forstkartenfertigung ergeben. Synergieeffekte aus der Mehrfachnutzung konnten zunächst nicht in die Erfolgsbilanz einbezogen werden. Wichtige Faktoren für einen effizienten und ökonomischen Einsatz sind das Personal, die verfügbare EDV-Infrastruktur und die Verfahren für die Bearbeitung der Geodaten. Im sechsten Kapitel wird ein kurzer Überblick über die Systemorganisation und das Design der Forstanwendungen gegeben. Für die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit werden signifikante Evaluierungsparameter benötigt, die aus der Produktion heraus abgeleitet sind. Die Ermittlung geeigneter Leistungsdaten für das FORST-GIS wird im siebten Kapitel dargestellt.

Die besondere Schwierigkeit bei diesem Projekt war, dass ein solches System **erstmalig** für eine große Forstverwaltung konzipiert, aufgebaut und in Betrieb genommen werden musste. Das technische Konzept des Systems beruht auf der Modifikation von Lösungen aus anderen GIS-Anwendungen, Neuentwicklungen und der Synthese dieser Teile zu einem produktiven

Gesamtsystem FORST-GIS-Bayern

1 Geoinformationssysteme

In seiner einfachsten Form ist ein Informationssystem ein Frage-Antwort-System auf einen Datenbestand (Bill/Fritsch 1991) oder mit dem heute gebräuchlichen Begriff ein interaktives System. Ausgangspunkt für die Interaktion (Wechselbeziehung) ist der Benutzer, er stellt explizit oder auch nur abwartend Fragen, das Informationssystem antwortet oder verlangt zusätzliche Angaben zur Präzisierung der Fragestellung (Zehnder 1985). Im Grunde genommen bildet damit auch jeder Büro- oder Verwaltungsbetrieb ein Informationssystem. Hier soll jedoch einschränkend unter einem Informationssystem ein Instrument in Verwaltung, Gesellschaft und Wirtschaft verstanden werden, das für die Dokumentation von Sachverhalten sowie als Hilfsmittel bei Planungen und der Entscheidungsfindung eingesetzt wird (Beeckmann 1988). Informationssysteme in diesem Sinne sind z.B. das Liegenschaftskataster, das Raumordnungskataster oder der langfristige Forstbetriebsplan; deren Informationsträger noch bis vor einigen Jahren ausschließlich Bücher und Karten waren, sogenannte analoge Datenträger. In den vergangenen Jahrzehnten hat die Flut an Daten und die Anforderungen der Benutzer an deren schnelle Verfügbarkeit und Aktualität stetig zugenommen, dies hat den Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) für die Informationsverarbeitung unabdingbar gemacht. Die EDV ermöglicht die platzsparende digitale Haltung großer Datenbestände und deren schnelle, selektive Präsentation und Interpretation, sie ist damit für den Aufbau und den Einsatz von leistungsfähigen Informationssystemen besonders geeignet. Senko (1975) charakterisiert ein Informationssystem folgendermaßen: "The purpose of an information system is to provide a relatively exact, efficient, unambiguous model of the significant resources of a real world enterprise."

1.1 Grundbegriffe aus der Informationsverarbeitung

Der Begriff Informationssystem wird aus den Wörtern Information (Bildung, Belehrung) und System (Zusammenstellung) gebildet. Zunächst sollen diese und einige andere wichtige Begriffe der Informationsverarbeitung erörtert werden.

1.1.1 Information

Das Wort Information gilt in der deutschen Umgangssprache als Synonym von Wissensvermittlung, insbesondere im Sinne **neuen** und praktisch relevanten Wissens. Dieser zentrale Begriff der Informatik (Wissenschaft von der systematischen Informationsverarbeitung) ist bis heute nicht präzise erfasst (Bauer/Goos 1991, Goos 1997). Seine technische Bedeutung deckt sich nicht mit der umgangssprachlichen Verwendung des Wortes. Anhand einiger fachlichen Auslegungen soll der Begriff umrissen werden. Information ist aus Sicht der:

Informatik: *Information ist das, was ein Mensch als nutzbares Ergebnis aus einem Informationssystem herausholt (Zehnder 1985). Sie ist eine logisch in sich geschlossene Einheit und stellt sich als höhere Ordnung den Daten gegenüber, aus denen sie sich zusammensetzt (Müller/Löbel/Schmid 1988).*

Kybernetik: *Information ist eine räumliche oder zeitliche Folge physikalischer Signale, die mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten oder Häufigkeiten auftreten und bei einem Empfänger ein bestimmtes Denkverhalten bewirken. Informationen aus voneinander unabhängigen Quellen wirken additiv (Wiener 1961).*

Nachrichtentechnik: *Information ist ein allgemeiner Begriff für eine Nachricht, die von einer Nachrichtenquelle ausgesandt und über einen Nachrichtenkanal an Empfänger übertragen wird. Es handelt sich dabei um diskrete (digitale) oder kontinuierliche (analoge) Zeichenfolgen (Kallenbach 1970).*

Journalistik: *Medien vermitteln Informationen, die im Hinblick auf den Empfänger unterschieden werden, es können Neuigkeiten, Kommentare, Hintergründe, etc. sein (Zehnder 1985).*

Aus den unterschiedlichen Ansätzen zeigt sich, dass Information durch die Interpretation von Daten und Nachrichten gewonnen wird. Dabei kann ein und derselbe Datenbestand unterschiedlich interpretiert, verschiedene Informationen liefern (*Bauer/Goos 1991*). In der Informationstheorie wird für die Informationsmenge eines Signals die Beziehung $I(A) = -\log P(A)$ angegeben. $P(A)$ ist dabei die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Ereignis (A) eintritt. Das sichere Ereignis ($P=1$) hat danach keinen Informationsgehalt ($I=0$). Dies kann aus Sicht eines Informationssystems so gesehen werden, dass eine Antwort, deren Inhalt bereits bekannt ist (sicheres Ereignis: $I=0$) keine Information darstellt, sondern nur das **Neue**, das man erfährt, Information ist. Für die Antwort aus einem Informationssystem kann man danach kein objektives Maß für die gewinnbare Informationsmenge angeben, da sie der subjektiven Beurteilung des Nutzers unterliegt.

Der Grundbegriff Information im Kontext von Informationssystemen soll hier folgendermaßen weiter verwendet werden: **Information ist das nutzbare Ergebnis, das ein Mensch als Antwort auf seine Fragen aus einem Informationssystem herausbekommt.** Information ist also das Resultat von Selektionen, Analysen und Synthesen der Dateninhalte des Informationssystems, entsprechend den Fragestellungen seiner Nutzer.

1.1.2 Daten und Datenmodelle

Damit Information ausgetauscht, verarbeitet und gespeichert werden kann, bedarf es eines Trägermediums, auf das die Information in interpretierbarer Form abgebildet wird. Die Natur verwendet dafür atomare und molekulare Strukturen, wie z.B. die Gene, die wohl leistungsfähigsten Informationsträger überhaupt. Papier und Schrift sind in der Geschichte der Menschheit die bisher bedeutendsten künstlichen Informationsspeicher. Zunehmend wichtiger werden Informationsträger, die von EDV-Anlagen verarbeitet werden können, dies sind magnetische oder optische Speichermedien.

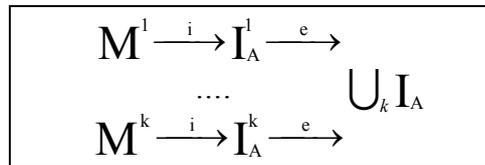
Kern einer EDV-Anlage ist der Rechner. Die klassische "von-Neumann-Rechnerarchitektur", an denen sich die heutigen Anlagen noch immer orientieren, umfasst insbesondere den Prozessor, dessen Operationen Speicherzellen bearbeiten. Jeder Informationsverarbeitungsprozess muss also letztlich in Speicherinhalten oder Daten und auf diese wirkende Folgen von Maschinenoperationen (Algorithmen) formuliert werden. Unter Daten versteht man in der EDV daher alles, was sich in einer für Rechner erkennbaren Weise kodieren lässt (*Müller/Löbel/Schmid 1988*).

Aus Anwendersicht beinhalten Daten die abstrahierten, qualitativen und quantitativen Beschreibungen von Entitäten und deren Beziehungen für ein zu betrachtendes Interessengebiet (*Bill/Fritsch 1991*). Eine Entität ist dabei ein Ereignis in der realen Welt oder eine eindeutig identifizierbare Erscheinungsform, die unabhängig von anderen Entitäten existieren kann, und die sich in Phänomene anderer Art, jedoch nicht in solche der gleichen Art unterteilen lässt. Damit die Abbildung eines Interessengebiets in Form von Daten möglich ist, bedarf es der Definition eines Datenmodells, das festlegt, wie die Entitäten mit Datenstrukturen (Objekten, Relationen) zu beschreiben sind. Die Daten und das zugrunde gelegte Modell sind das Trägermedium für die Information in einer EDV-Anlage. Für die Wiedergewinnung der Information muss dieser Prozess ganz oder teilweise umgekehrt werden.

$$\mathbf{I}_E \xrightarrow{a} \mathbf{M} \xrightarrow{i} \mathbf{I}_A \quad \text{mit} \quad \mathbf{I}_E \geq \mathbf{I}_A$$

Die nötige Abstraktion bei der Abbildung von Entitäten in einem Informationssystem - aus Sicht der jeweiligen Fachanwendung - führt zu einer mehr oder weniger starken Vereinfachung (Generalisierung) der Entitäten, d.h. die Reduktion auf ihre charakteristischen Eigenschaften im Fokus des jeweiligen Fachgebietes. Die Abbildung a der Eingabeinformation \mathbf{I}_E auf das Datenmodell \mathbf{M} ist deshalb i.d.R. kein bijektiver Prozess und damit nicht eindeutig umkehrbar. Der Umfang und Grad dieser Generalisierung muss bedarfsgerecht gewählt sein. Die Interpretation i der Daten liefert die Ausgabeinformation \mathbf{I}_A . Sie kann aus verschiedenen Blickwinkeln und Zielsetzungen erfolgen, daraus ergibt sich, dass ein und derselbe Datenbestand verschieden interpretiert, verschiedene Informationen liefert (*Bauer/Goos 1991*). Die Informationsmenge der Ausgabe kann die Informationsmenge der Eingabe jedoch nicht überschreiten.

In integrierten EDV-Konzepten lassen sich die Ergebnisse e von Abfragen auf verschiedene Datenbestände wieder als Eingaben für einen anderen Informationsprozess verwenden. Die gemeinsame Weiterverarbeitung verschiedener Datenflüsse, als Teil eines vernetzten Informationsflusses, kann zur Gewinnung neuer oder zum Erkennen verdeckter Information führen.



Durch die Kombination und Zusammenführung von Ausgabeinformationen verschiedener Datenquellen lässt sich die Informationsmenge für den Nutzer steigern, da die Teilmengen additiv sind, falls unkorrelierte Datenquellen vorliegen.

Der Unterschied zwischen Information und Daten soll anhand eines Rasterbildes (Abb.1-1) verdeutlicht werden. Für die Repräsentation eines Bildes mittels Rasterdaten in einer EDV-Anlage werden gleichförmige rechteckige oder quadratische Bildelemente (Pixel) verwendet. Die Bildelemente sind zeilen- und spaltenweise in einer Matrix angeordnet. Zu jedem Bildelement wird ein Farb- oder Grauwert gespeichert, zwischen den Bildelementen bestehen keine logischen Beziehungen (Bill/Fritsch 1991). Untersucht man die verschiedenfarbigen Bildpunkte einzeln, lässt sich der Bildinhalt - seine Information - nicht ohne weiteres erkennen. Die analytische Betrachtung der Rasterdaten, z.B. in Form eines Histogramms der Grauwerte oder deren Mittelwerte führt i.d.R. zu keiner Lösung. Erst die synthetische Gesamtsicht aller Einzeldaten, insbesondere ihre räumliche Anordnung, lässt die enthaltene Information erkennen (Vester 1985, Kinzel/Deker 1988).



Abb.1-1: Rasterdaten als Informationsträger

Die unterste Kodierungsebene für Daten in einer EDV-Anlage ist das Bit (binary digit), die kleinste darstellbare Informationseinheit, mit der der Prozessor arbeitet. Alle Abläufe in einem Prozessor müssen auf binäre Operationen zurückgeführt werden. Aus Anwendersicht sind jedoch höherwertige Datenaggregate erforderlich, um die Abbildung von Information in einem Rechner zu ermöglichen. Dies sind im einfachsten Fall Zahlen (Real/Integer), Zeichenketten (Charakter) oder Zeiger (Pointer) aus denen wiederum komplexere Strukturen gebildet werden können. Moderne Programmier- oder Datendefinitionssprachen erlauben es dem Anwender Objekte und Relationen (Datenstrukturen), für die optimale Modellierung der Entitäten seines Interessengebietes zu definieren. Voraussetzung für eine Datenstruktur ist, dass einerseits die Struktur komplex genug für die Wiedergabe der in der realen Welt tatsächlich existierenden Beziehungen ist, andererseits muss sie einfach genug sein für den effizienten und performanten Betrieb des Informationssystems (Lipschutz 1987). Wichtige Datenstrukturen sind z.B.: Tabellen mit Attributen, Geometrielemente (Punkte, Linien, Flächen) oder Bilddaten (Bitmaps).

Der Begriff Daten wird hier folgendermaßen eingeführt: **Daten und das zugrunde gelegte Modell sind das Trägermedium für die Information in EDV-Systemen, sie können von Prozessoren verarbeitet werden und sind auf digitale und analoge Speichermedien eindeutig abbildbar.** Daten sind die

Grundlage der Informationsverarbeitung, sie sind passiv und werden erst durch ihre Interpretation, im Kontext einer konkreten Fragestellung, zur Information. Die Beschreibung des Datenmodells erfolgt mit Hilfe von sogenannten Metadaten, dies sind beschreibende „Daten über Daten“.

1.1.3 Interaktion und Nachrichten

Für die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ist es nötig, dass die Wünsche und Anweisungen des Anwenders der Maschine mitgeteilt werden können und die Maschine zu einem hinreichenden Dialog mit dem Benutzer fähig ist. Diese Wechselbeziehung bezeichnet man heute als Interaktion, dabei wechseln sich Aktionen des Benutzers mit Reaktionen des Systems ab. Die Interaktion mit einem Informationssystem besteht im Austausch von Nachrichten, die übermittelt werden, um die Informationsverarbeitungsprozesse zu steuern.

Nachrichten bedürfen der Interpretation, um ihren Inhalt zu erfahren. Solche Interpretationsmechanismen sind im Alltag z.B. die Sprache, in der EDV spricht man von Algorithmen. Algorithmen enthalten die Vorschriften nach denen eine Nachricht interpretiert wird, dabei sind drei Ebenen zu unterscheiden:

Syntax:	die Ebene der Zeichen, sie regelt die formale Relation der Zeichen (Reihung, Form, Größe, Abstand, Kontrast, etc.)
Semantik:	die Ebene der Bedeutungen, sie regelt die Beziehungen zwischen den Zeichen und den Objekten, die sie beschreiben sollen
Pragmatik:	die Ebene der Beziehungen, sie regelt den Zusammenhang zwischen den Zeichen und den Benutzern (z.B. Zweck und Empfänger einer Nachricht)

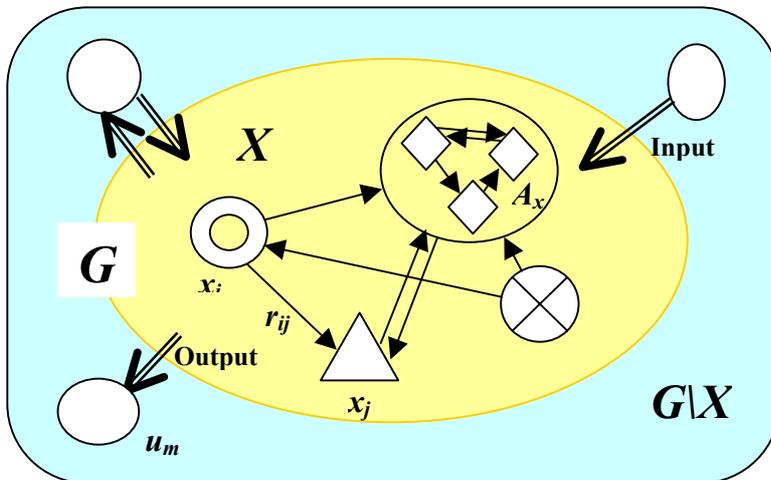
Die Algorithmen, die für die Kommunikation erforderlich sind, werden als Interpretierer bezeichnet. Der Interpretierer überprüft die Syntax der Anweisungen, übersetzt sie und sorgt für deren Ausführung. Er realisiert die Vorschriften, die den semantisch und pragmatischen Inhalt der syntaktische Form der Nachrichten regeln, die zur Steuerung des Systems nötig sind. Daten und Nachrichten sind beide Folgen von Zeichen, sie unterscheiden sich jedoch in ihren Zielsetzungen. **Während Daten der Verarbeitung und Speicherung von Information dienen, ist Zweck der Nachrichten die Informationsübertragung** (Bauer/Goos 1991).

1.2 Komponenten von Informationssystemen

In der DIN-Norm 19226 wird ein System beschrieben als *„... eine Menge aus einer Anzahl von definierten Elementen, wobei für jedes Element die Entscheidung über seine Zugehörigkeit zur Menge eindeutig sein muss. Es bestehen zwischen Elementen unterschiedliche Beziehungen dergestalt, dass jedes Element durch eine oder mehrere Beziehungen direkt oder indirekt verbunden ist.“* Der Kern des Systembegriffes ist, dass ein System Eigenschaften hat, die nicht aus einer bloßen Reihung der Eigenschaften seiner Elemente erklärt werden können, sondern die durch das Beziehungsmuster der Elemente determiniert sind. Für Systeme gilt auch das von Liebig (1803-1873) formulierte Gesetz vom Minimum, das sinngemäß lautet: **„Das schwächste Element eines Systems, das für seinen Betrieb wesentlich ist, bestimmt seine Leistung.“** Dieser Satz weist besonders darauf hin, dass zur Leistungsoptimierung, die Beseitigung der Schwachstellen eines Systems nötig ist, nicht die weitere Verstärkung anderer, bereits leistungsfähiger Elemente.

Schneider (1988) gibt folgende Definition des Systembegriffs (Abb.1-2): Ein System $S=\{X,R\}$ ist gegeben, wenn eine umfassende Grundgesamtheit G eine kleinere Trägermenge X umschließt, die sich aus kleinsten Einheiten x_i aufbaut. Diese Elemente x_i unterhalten Wirkungsbeziehungen $R=\{r_{ij}|Relation\ der\ x_i \in X\}$ untereinander und zu Einheiten, die der Umgebung $G \setminus X$ angehören; diese Relationen sind systembildend. Falls Elemente x_i Aggregationen in X ergeben, werden diese Aggregate A_x als Subsysteme bezeichnet. Folgende Minimalanforderungen an ein System werden gestellt: Die Trägermenge X muss mindestens zwei Elemente x_i enthalten; konkrete Einheiten der Umgebung $G \setminus X$ müssen sich von den Elementen x_i unterscheiden, aber mit ihnen interagieren; zwischen den Elementen

des System und den Einheiten der Umgebung muss mindestens eine Relation (Wirkungsbeziehung) existieren. Bei den Aktivitäten eines Systems lassen sich endogene Aktivitäten die von den systembildenden Wirkungsbeziehungen ausgehen, und exogene Aktivitäten die von der Umgebung $G \setminus X$ verursacht werden, unterscheiden. Des weiteren lassen sich die Wirkungsbeziehungen zwischen dem System und seiner Umgebung je nach ihrer Richtung als Input oder Output bezeichnen.



System $S=\{X,R\}$

Grundgesamtheit G

Trägermenge $X \subset G$

Elemente (Einheiten) $x_i \in X$

Struktur $R=\{r_{ij}|Relation\ der\ x_i \in X\}$

Endogene Wirkungsbeziehungen r_{ij}

Umgebung $G \setminus X$

Einheiten der Umgebung $u_m \in G \setminus X$

Aggregate A_x (Subsysteme)

Interaktionen **Input, Output**

Abb.1-2: Systeme

In Bill/Fritsch (1991) wird ein Informationssystem folgendermaßen definiert: "Beschränkt sich die Funktion des Systems auf die Aufnahme (Erfassung), Verarbeitung und Wiedergabe von Information, so ist es ein Informationssystem. Es besteht somit aus der Gesamtheit der Daten und Verarbeitungsanweisungen. Der Benutzer soll in der Lage sein, daraus ableitbare Information in einer verständlichen Form zu erhalten."

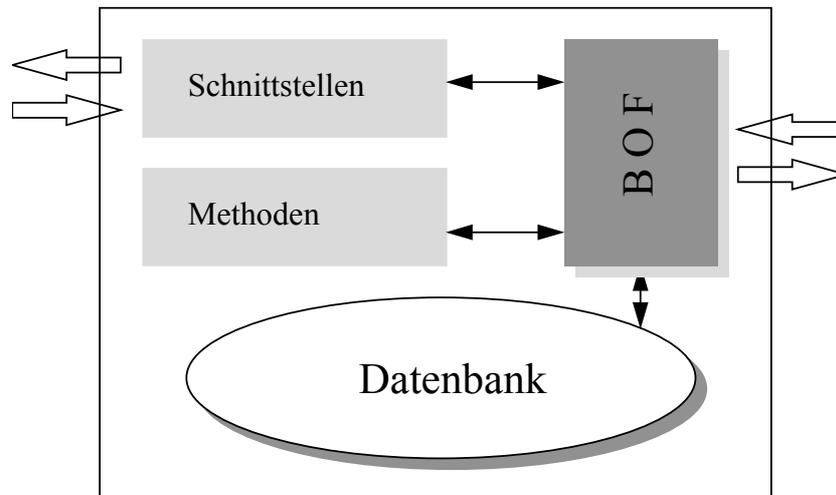


Abb.1-3: Elemente eines Informationssystems

In diesem Sinne ist unter einem Informationssystem (Abb.1-3) ein System zu verstehen, dessen aktive Elemente Informationsarbeiten - Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Verteilung - wahrnehmen, untereinander Daten austauschen und durch formalisierte Kommunikationsbeziehungen miteinander verbunden sind. Nach Zehnder (1985) besteht ein Informationssystem aus folgenden wesentlichen Elementen: Datenbank, Methoden, Schnittstellen und einer "Hilfsorganisation", die hier als Benutzeroberfläche (BOF) bezeichnet wird.

1.2.1 Datenbank

Eine Datenbank ist nach DIN 44300 eine strukturierte Menge von Daten, die mit einem gemeinsamen Verwaltungssystem gepflegt wird und das Ziel hat, die Datenverwaltung von der Programmlogik der Verfahren und Methoden zu trennen. Aus EDV-Sicht handelt es sich dabei um Datenmengen, die nach einem vorgegebenen Schema persistent gespeichert, verwaltet und von verschiedenen, unabhängigen

Anwendungen genutzt werden. Datenbanken werden durch physische und logische Prinzipien der Informationsverarbeitung gekennzeichnet. Die physischen Datenabbildungsverfahren beschreiben die Prinzipien der Informationsabbildung auf ein digitales Speichermedium. Die logischen Prinzipien der Abbildung enthalten das Konzept und die Regeln zur Abbildung der Informationseinheiten (Objekte und deren Beziehungen) und Strukturen zur Speicherung und Verwaltung der Datenmengen (*Müller/Löbel/Schmid 1988*). Die Abbildung der Daten - das Datendesign - in einer Datenbank erfolgt auf verschiedenen Abstraktionsebenen, die Schemata genannt werden. Man unterscheidet nach *ANSI/SPARC (1975)*:

Externe Schema	(fachliche Sicht der Objekte, logische Teilsicht)
Konzeptionelle Schema	(logische Gesamtsicht)
Interne Schema	(physikalische Sicht)

Das konzeptionelle Schema beschreibt die gesamten logischen Beziehungen der Daten. Dabei geht es z.B. um die Zuordnung von Attributen zu Objekten und um Beziehungen zwischen Objekten. Im internen Schema werden die Art und der Aufbau der physikalischen Datenstrukturen beschrieben, z.B. mit wie vielen Bytes ein bestimmtes Attribut an welcher Stelle eines Datensatzes gespeichert werden soll und wie die Zugriffe auf das Attribut geregelt sind. Für die Zugriffe, die Organisation des physikalischen Speichers und die Datensicherheit sorgt das Betriebssystem des Rechners (*Hake/Grünreich 1994*). Das externe Schema legt fest, wie Teile der Daten aus Benutzersicht (View) aufgabenorientiert darzustellen sind und welche Zugriffsberechtigungen der einzelne Nutzer hat.

Nach Dittrich (1997) ist eine Datenbank eine Menge zusammengehörender Daten mit folgenden Eigenschaften:

- Dauerhaft verfügbar (persistent bzw. mit explizit steuerbarer Lebensdauer)
- Konsistent, integer, sicher (Transaktionskonzept, Before-/Afterimage)
- Redundanzarm
- Potentiell groß (nicht absehbare Extension)
- Integriert (für mehrere Anwendungen mit überlappendem Informationsbedarf einsetzbar)
- Parallel zugreifbar (gleichzeitig mehrfachnutzbar, Nebenläufigkeit)
- Transparent, bei Verteilung im Rechnernetz
- Verwendbar unabhängig vom Erzeugungsprogramm
- Bequem, flexibel und effizient handhabbar (assoziativer Zugriff)

Die vier generischen Grundoperationen einer Datenbank sind Lesen (select), Erfassen (insert), Ändern (update) und Löschen (delete) von Daten. Ihre Verarbeitung durch ein Datenbanksystem erfolgt in Form von Transaktionen. Transaktionen sind **atomare** Verarbeitungsschritte auf einer Datenbank, die immer **ganz** oder **gar nicht ausgeführt** werden müssen. Sie überführen eine Datenbank von einem konsistenten Zustand in einen anderen. Es darf keine Zwischenstadien geben, da sonst die Konsistenz der Datenbank nicht gewährleistet ist. Transaktionen müssen die sogenannten **ACID**-Bedingungen (*Gray/Reuther 1994*) erfüllen:

- **Atomar:** eine Transaktion ist atomar, alle Änderungen werden wirksam oder gar keine
- **Konsistent:** der gesamte Datenbestand der Anwendung ist ständig in logisch konsistentem Zustand
- **Isoliert:** Änderungen nicht abgeschlossener Transaktionen sind für andere Nutzer nicht sichtbar
- **Dauerhaft:** am Ende einer Transaktion sind die vorgenommenen Änderungen unwiderruflich

Leistung und Akzeptanz eines Informationssystems hängen wesentlich vom Informationsgehalt der Datenbank ab, d.h. von ihrem Potential an Information, das dem Benutzer durch Interpretation und Auswertung der Daten erschlossen werden kann, aber auch von den Zugriffsmöglichkeiten und den Zeiten für die Informationsbereitstellung. Ein grundlegender Faktor dafür ist die optimale Adaption des Sachverhaltes durch das verwendete physische Prinzip für die Datenmodellierung. Die Aufgabe der Informatik ist es dabei nicht in erster Linie möglichst natürliche Datenmodelle zu schaffen, sondern solche, die von Rechnern gut verarbeitet werden können. Die wichtigsten Datenstrukturen für Datenmodelle sind das Netzwerkmodell (Graphen), das relationale Modell (Tabelle) und das objektorientierte Modell.

Das Netzwerk- oder Graphenmodell ist charakterisiert durch Master-Detail-Beziehungen. Ein Master ist ein Element, dem andere Elemente (Details) nachgeordnet sind. Ein Master kann mehrere Details haben, ein Detail kann mehreren Mastern zugeordnet sein. Die Zuordnung erfolgt in Sets, jeder Set-Typ besitzt einen Master- und einen Detailtyp, womit auch "m:n-Beziehungen" optimal abgebildet werden können. Das Netzwerk ist wegen seiner engen Verwandtschaft mit Graphen besonders gut für die Abbildung von geometrischen und topologischen Sachverhalten geeignet, da deren "natürliche" Beziehungsstruktur ein Netzwerk ist (Abb.3-d).

In relationalen Modellen (Codd 1970) ist die einzige Datenstruktur die Tabelle. Zur Beschreibung der Objekte werden gleichberechtigte Tabellen aufgebaut, deren Zeilen (Tupel) ein konkretes Objekt mittels der festgelegten Attribute (Spalten) und ihren zugeordneten Wertebereichen (Domänen) beschreiben. Die Stärke des relationalen Modells liegt in der lexikalischen Beschreibung von Objekten mittels Attributen, die als atomare, unstrukturierte Einheiten betrachtet werden, und der ihnen zugrundeliegenden klaren mathematischen Darstellung (Cantoresche Mengen). Die Beziehungen (Relationen) zwischen den Objekten werden ebenfalls durch Attribute realisiert. Die Abbildung von komplexen Objekten, wie sie in geometrischen Strukturen die Regel sind, bereitet den relationalen Datenbanken jedoch Probleme (siehe z.B. Bill/Fritsch 1991).

Wegen der Probleme bei der Abbildung komplexer Objekte in relationalen Datenbanken, hat sich die Forschung im letzten Jahrzehnt verstärkt mit einem weiteren Modelltyp, der objektorientierten Datenbank befasst. Eine objektorientierte Datenbank (Atkinson M. et al 1989) präsentiert sich dem Benutzer in Form persistenter (persistent = andauernd, anhaltend) Objekte, gleich wie sich die relationale Datenbank in Form von Tabellen zeigt. Nach Schmidt, D. (1991) ist "Ein objektorientiertes Datenbanksystem ein Datenbanksystem zur Verwaltung persistenter Objekte. Seine Basisfunktionalität unterstützt den Lebenslauf persistenter Objekte, d.h. das Erzeugen, das Deaktivieren, das Aktivieren und das Zerstören von persistenten Objekten." Darüber hinaus muss es alle Eigenschaften eines klassischen Datenbanksystems haben (Dittrich 1997). Objekte können in einer "Teile-Beziehung" stehen und zusammengefasste (komplexe) Objekte bilden. Die konkrete Ausprägung eines Objektes bezeichnet man als Instanz der zugeordneten (Objekt-)Klasse. Derzeit gibt es zwei verschiedene Trends zur Realisierung objektorientierter Datenbanken. Die eine Richtung versucht die etablierten relationalen Datenbanken zu erweitern (objektrelationale DB = ORDB), die andere entwickelt völlig neue Datenbanksysteme (objektorientierte DB = OODB). Es gibt m.E. heute noch keine ausreichenden Erfahrungen für den dauerhaften Einsatz großer Geodatenbestände in streng objektorientierten Datenbanksystemen.

1.2.2 Benutzeroberfläche, Methoden und Schnittstellen

Neben der Datenbank, die den Kern eines Informationssystems bildet, werden Werkzeuge benötigt, mit denen das System bedient werden kann, die Daten verarbeitet und präsentiert werden können und der Datenaustausch mit anderen EDV-Systemen möglich ist.

Als Benutzeroberfläche (BOF) eines Informationssystems versteht man zum einen alle sichtbaren Eigenschaften, die die Kommunikation zwischen System und Benutzer bestimmen und zum anderen, in einem umfassenden Verständnis, alle Hilfsmittel für die Interaktion des Benutzers mit dem System. Die BOF ermöglicht den Dialog mit dem Informationssystem. Sie ist das Bindeglied zwischen Mensch und Maschine, die Dialogschnittstelle. Die Möglichkeiten und Form der Kommunikation ergeben sich aus den verfügbaren Eingabeelementen, Beispiele sind: Kommandosprachen, grafische Oberflächen oder die Spracheingabe. Allen gemeinsam ist, dass über das Eingabemedium BOF der Maschine mitgeteilt wird, was sie tun soll. Die Funktionen der BOF beeinflussen die Akzeptanz eines Informationssystems wesentlich (Lothar 1985). Den Maßstab für Benutzeroberflächen von GIS-Applikationen setzen heute die weit verbreiteten grafischen Oberflächen der PC-Systeme.

Methoden (Operationen) und Verfahren sind die Werkzeuge, deren sich der Benutzer für die Selektion, Analyse und Darstellung der Daten bedient. Je nach Anwendungsbereich eines Informationssystems sind unterschiedliche Methoden erforderlich. Beispiele sind: Selektionen, Präsentationen (grafisch oder tabellarisch), Transformationen, Verschneidungen, statistische Auswertungen oder komplexe Simu

lationen. Als Methoden werden in der EDV meist nichtverbale Lösungen für technische Probleme bezeichnet, die in Methodenbanken oder als Implementierungen in Objekten bereitgestellt werden. Ihr Einsatz wird über die BOF gesteuert. Fasst man solche Bausteine zu formalisierten Abläufen zusammen, die für die Abwicklung von standardisierten Aufgaben eingesetzt werden, so spricht man von Verfahren.

Unter Schnittstellen versteht man in der EDV die Übergänge (Nahtstellen) zwischen verschiedenen Hard- und Softwarekomponenten und den Datenbeständen des EDV-Systems. Die Hardwareschnittstellen für Informationssysteme unterscheiden sich nicht von denen anderer EDV-Systeme. Die verfügbaren Softwareschnittstellen bestimmen die Skalierbarkeit des Systems im Hinblick auf seine Funktionalität. Schnittstellen für den Datenaustausch sind in Informationssystemen besonders wichtig, da über sie die Kommunikation mit anderen EDV-Systemen und damit die Integration des Informationssystems in einem Betrieb und die fachübergreifende Zusammenarbeit ermöglicht wird. Die Datenschnittstellen enthalten die Vorschriften für die Übertragung von Teilen (Projektionen) des Modells, sie bestimmen das Kommunikationsniveau mit anderen EDV-Systemen (Lothar 1985).

1.3 Begriffsbestimmung Geoinformationssystem

Informationssysteme, deren Schwerpunkt es ist, Daten über unseren Lebensraum zu verarbeiten, werden heute meist unter dem Oberbegriff Geographische Informationssysteme zusammengefasst. Die Aufgabe der Geographie ist es, die Erdoberfläche zu beschreiben und das Ökosystem Erde-Mensch zu untersuchen. Die häufig benutzte Kurzform Geoinformationssysteme (Geo = Erde) bezeichnet diese Systeme jedoch treffender und allgemeingültiger, denn nicht nur die Geographen, sondern alle Fachdisziplinen, die Geoinformation verarbeiten, bedienen sich zunehmend dieser Instrumente.

Der Bedarf an Informationen über unseren Lebensraum ist heute sprunghaft gestiegen. Hauptursachen sind die hohe Siedlungsdichte, unser Streben nach wirtschaftlichem Wachstum, steigendem Lebensstandard und höherem Freizeitangebot. Immer häufiger führen raumbedeutsame Maßnahmen zu konkurrierenden Nutzungsansprüchen an Grund und Boden und zu Konflikten mit der Ökologie. Eine optimale Gestaltung, nachhaltige Bewirtschaftung und Gesamtentwicklung des antropogenen Lebensraumes, im Einklang mit der Ökologie, muss daher ein primäres Ziel bei allen relevanten Planungen und Maßnahmen sein. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, ist die Abstimmung der beteiligten Planungsträger und eine sorgfältige fachübergreifende Planung erforderlich. Ein wichtiges Hilfsmittel dabei können Geoinformationssysteme sein (Lothar 1991).

Es gibt eine ganze Reihe von Definitionen und Begriffsbestimmungen für Geoinformationssysteme (GIS). Bill/Fritsch (1991) sehen in einem GIS ein *"... rechnergestütztes System, das aus Hard- und Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden."* Entsprechend der vielen verschiedenen Einsatzgebiete von GIS und deren Heterogenität ergänzen die dort getroffenen Begriffsbestimmungen diese knappe Beschreibung aus vielfacher Sicht. Bei einigen stehen die Funktionalität, die Hard- und Softwarekomponenten oder organisatorische Aspekte des Systems im Vordergrund, andere betonen stärker das fachliche Einsatzspektrum oder sehen ein GIS als Sonderfall eines Informationssystems an. Hier soll für ein GIS eine Definition verwendet werden, die der Kommunalverwaltung entstammt und sich an die ursprüngliche Definition eines Landinformationssystems (FIG 1981) anlehnt. Beeckmann (1988) sagt:

"Ein GIS ist ein Instrument in Gesellschaft, Politik, Verwaltung, Recht und Wirtschaft für die Dokumentation, Planung und Entscheidungsfindung bei Sachverhalten, die auf Grund und Boden - den Raum - bezogen sind. Es besteht aus:

- *einer **geographischen Datenbank**, in deren Datenbasen die Modelle raumbedeutsamer Strukturen einer bestimmten Region dokumentiert sind*
- *Verfahren und Methoden, mit denen die Modelldaten erfasst, aktualisiert, präsentiert, assoziiert und analysiert werden können*
- *Schnittstellen für die Integration und die Kommunikation mit anderen EDV-Systemen*

*Die Basis bildet ein **einheitliches räumliches Bezugssystem**, das die eindeutige geographische Zuordnung und fachübergreifende Verknüpfung der raumbezogenen Daten ermöglicht."*

Diese Definition sagt sowohl etwas über die Einsatzbereiche eines GIS, als auch über seine wesentlichen Komponenten aus und beschreibt ein GIS als eine **Erweiterung** herkömmlicher Informationssysteme für **mehrdimensionale, geometrieorientierte Daten**, sogenannte Geodaten. Wichtiges Merkmale eines GIS ist die Verwendung von Geometriedaten in Kombination mit beschreibenden Attributen und die Möglichkeit, Daten aus verschiedenen Themenbereichen, die denselben Raumbezug verwenden, zu überlagern. Für die Überlagerung sind keine zusätzlichen semantischen Verknüpfungen nötig (aber ratsam, aufgrund der begrenzten metrischen Genauigkeit). Der Raumbezug ist das Basisverknüpfungskriterium in einem GIS, für das es in einem normalen Informationssystem keinen Vergleich gibt. Als Synonym für GIS wird deshalb im deutschsprachigen Bereich, vor allem in der Verwaltung, auch der Begriff **raumbezogene Informationssysteme** verwendet. Raumbezogen ist hier im Sinne des Raumordnungsgesetzes zu verstehen, d.h. es handelt sich um Sachverhalte, die mit dem Grund und Boden, dem geographischen Raum zu tun haben. Der Begriff Raum weist zudem auf die wichtigste Eigenschaft der Daten, ihre mehrdimensionale geometrische Struktur direkt hin. Im Englischen hat sich für Geodaten der Begriff "spatial data" (spatial = räumlich) etabliert.

Die Modellierung im GIS erfordert zusätzlich zur attributiven Beschreibung von Entitäten Geometrielemente und topologische Information. Allgemein sind Modelle Arbeitsmittel, die es ermöglichen, die Fülle der Umweltinformation durch sinnvolle Reduktion und Ordnung fassbar zu machen. Es sind vereinfachte, zweckorientierte Beschreibungen von Entitäten der realen Welt **aus fachlicher Sicht**. Geodatenmodelle beinhalten primär geometrische Strukturen, sie sind geometrieorientiert, d.h. sie benötigen eine definierte mathematische Grundlage. Die Datenerfassung im GIS ist maßstabsorientiert, da die Geoobjekte in Abhängigkeit von ihrem Erfassungsmaßstab vereinfacht sind oder werden; ihre Form unterliegt einer Erfassungsgeneralisierung. Durch die Wahl der Auflösung (Punktdichte/Genauigkeit) bei der Datenerfassung wird auch ein Maßstabsbereich festgelegt, der die erreichbare Auswertegenauigkeit implizit bestimmt. Im Hinblick auf signifikante metrische Auswertungen und Verschneidungen muss a priori auf eine hinreichende Dichte und Genauigkeit der Stützpunktinformation des Geodatenmodells geachtet werden. Die Lagegenauigkeit gleichartiger Objekte oder Objektteile sollte möglichst homogen sein, um signifikante analytische Auswertungen zu ermöglichen.

Für die Modellierung eines Raumes in einem GIS werden Daten unterschiedlichen Typs verwendet, um die geometrischen und fachlichen Eigenschaften sowie die Beziehungen zwischen den Geoobjekten entsprechend den fachlichen Anforderungen optimal zu beschreiben. Folgende Datentypen sind für die Abbildung von Geoobjekten erforderlich:

- Vektordaten für Geometrielemente (Punkte, Linien, Flächen) und die kartographische Ausgestaltung (Texte, Symbole)
- Topologische Beziehungen (Knoten, Kanten, Maschen)
- Rasterdaten für Bildinformationen (Pixel)
- Attribute für die Beschreibung physikalischer, betriebswirtschaftlicher, ökologischer und soziologischer Parameter (Tabellen)
- Digitale Höhenmodelle (Geländemodelle, Oberflächenmodelle)
- Verknüpfungs- und Verweiselemente (Schlüssel, Links) für semantische Beziehungen zwischen Vektoren und Attributen

Für den Einsatz solcher unterschiedlicher Datentypen wird häufig der Ausdruck hybride Datenverarbeitung verwendet (*Schilcher 1995*).

Die metrische Basis eines Geodatenmodells wird als einheitliches Raumbezugssystem bezeichnet, das die eindeutige geographische Zuordnung und die fachübergreifende Verknüpfung der Geodaten ermöglicht. Die mathematische Festlegung des Raumbezugs erfolgt durch die Wahl eines geodätischen Bezugssystems (siehe 4.1.3), das einem GIS zu Grunde gelegt wird. Nach *Hase (1999)* dient ein geodätisches Bezugssystem der Koordinatengebung (Geokodierung) zur Abbildung der Erdoberfläche. Dazu wird das Bezugssystem mittels physikalischer und geometrischer Festlegungen theoretisch beschrieben, diese Festlegungen werden als geodätisches Referenzsystem bezeichnet. Für die Zahlengebung, dem Geocode, muss noch ein geeignetes Koordinatensystem zugeordnet werden. Als Koordinatensystem werden in GIS ebene Projektionskoordinaten bevorzugt. Die Nutzung eines Refe

renzsyste.ms für geodätische Zwecke oder in einem GIS erfordert seine „Materialisierung“ in Form eines sogenannten Referenzrahmens (Frame). Referenzrahmen werden üblicherweise durch ein Netz diskreter Anschlusspunkte realisiert, dies können abgemarkte Punkte im Feld oder virtuelle Punkte in der Datenbank sein. Diese Verbindungselemente müssen geeignet sein, die Anbindung an das Raumbezugssystem für die Geokodierung der Objekte hinreichend genau zu ermöglichen.

Die wesentliche Präsentationsmethode für Geodaten ist die Karte. Karten sind themenbezogene, analoge oder digitale Abbildungen raumbezogener Sachverhalte mit den Mitteln der kartographischen Präsentation und unter Verwendung einer festgelegten geodätischen Projektion. Die allgemeine Bedeutung von Karten wird von *Briggs/Peat (1990)* folgendermaßen beschrieben: „*Karten sind anschauliche Bilder, die es dem Denken erlauben, sich auf Aspekte der Realität zu konzentrieren, die sonst allzu leicht in den Details verloren gehen. Mit einer guten Karte lernen wir Züge der Wirklichkeit zu schätzen, die uns sonst vielleicht entgangen wären, und wir können in dieser Wirklichkeit Forschungen anstellen, die uns ohne die Karte sicher nicht gelängen.*“.

1.4 Entwurf einer Taxonomie für Geoinformationssysteme

Im Folgenden werden generelle Merkmale von GIS aufgezeigt, die GIS-Einsätze aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchten und ihre systematische Einteilung in „Arten“ erlauben sollen. Als Klassifizierungsmerkmale für GIS werden die Fachanwendung, die Lebensdauer der Geodaten, der räumliche Bereich und die Datenaufösung sowie der Architekturtyp der EDV-Komponenten eingeführt. Daraus ergeben sich die Grundzüge einer Taxonomie, die helfen soll die Art eines GIS zu beschreiben und zu definieren und ihm einen konzeptionellen Rahmen mit arttypischen Schwerpunkten zuzuordnen. Am Beispiel des Grobkonzepts für das FORST-GIS werden im 2. Kapitel diese Merkmale beschrieben.

1.4.1 Fachanwendung

Für GIS ist die Einteilung nach ihrem Anwendungsgebiet am gebräuchlichsten. So gibt es heute eine ganze Reihe von GIS-Derivaten, wie z.B. kommunale GIS (KIS), Netzinformationssysteme (NIS), Umweltinformationssysteme (UIS) usw. Dies sind Applikationen aus verschiedenen Fachbereichen. Die Fachanwendung gibt die Themen, den **Typ der Geobjekte**, ihre Merkmale und die zugehörigen Qualitätsanforderungen vor, die in einem GIS verarbeitet und geführt werden sollen sowie die **Produkte**, die aus diesen Geodaten abgeleitet werden müssen. Wichtige konzeptionelle Unterschiede ergeben sich in Abhängigkeit vom Objekttyp. Für die Verarbeitung punkt-, linien- oder flächenhafter sowie künstlicher oder natürlicher Objekte sind hinsichtlich der Modellbildung und der benötigten Methoden unterschiedliche Anforderungen zu berücksichtigen. Für manche Anwendungen reichen Abbildungen der Objekte in Form von georeferenzierten Rasterdaten (Bilder) aus, während andere komplexe Modelle mit topologisch strukturierten Vektordaten in der Kombination mit physikalischen Parametern erfordern.

GIS kann man grob in zwei Hauptsparten einteilen, in Basisgeoinformationssysteme und in Fachgeoinformationssysteme. Basisgeoinformationssysteme enthalten Geodaten, die für andere GIS-Anwendungen als **Raumbezugssystem** oder als georäumlicher Hintergrund benötigt werden. Ihre Führung obliegt i.d.R. den Vermessungsverwaltungen der Länder. Wichtige Quellen für Geobasisdaten sind das Amtliche Topographisch-Kartographische Informations-System (ATKIS), die digitale Flurkarte (DFK), die digitalen topographischen Karten (DTK) und die digitalen Orthophotos (DOP). Fachgeoinformationssysteme setzen mit ihren zusätzlichen Informationsebenen (Themen) auf diesen Geobasisdaten auf; deren Verfügbarkeit und Qualität ein wesentlicher konzeptioneller Aspekt beim Aufbau eines GIS ist.

1.4.2 Lebensdauer der Geodaten

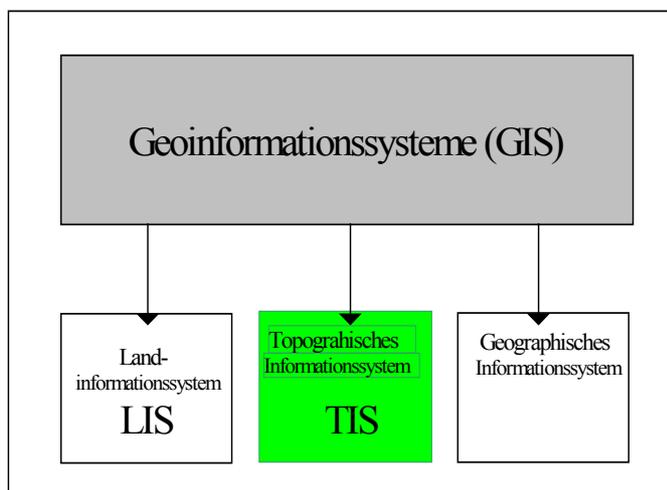
Schwerpunkte von GIS-Anwendungen sind die raumbezogene Erfassung und Modellierung von Umweltressourcen für ihre Verwaltung und nachhaltige Nutzung sowie die von technischen Anlagen und Gütern als Grundlage für ihren Unterhalt, ihren Betrieb und ihre Planung. Der GIS-Einsatz kann dabei sowohl auf die langfristige Bestandsdokumentation als auch auf die Durchführung von einzelnen, unabhängigen Projekten ausgerichtet sein. Daraus resultieren hinsichtlich der Lebensdauer (Persistenz) und der Modellierung der Geodaten unterschiedliche Systemkonzepte.

GIS, die in erster Linie für die Bestandsdokumentation eingesetzt werden, enthalten meist Kernthemen für Anwendungsgebiete, die die Grundlage für viele Fragestellungen bilden. Die Bestandsdatenbank ist auf die langfristige Dokumentation der raumbezogenen Daten hin ausgelegt. Die Geodatenbestände müssen aus EDV-Sicht über viele Hard- und Softwaregenerationen verwaltet und beherrscht werden und möglichst allen benötigten Verfahren und Methoden als Basis zur Verfügung stehen. Die Qualität der Datensammlung hat Vorrang; ihre Kontinuität muss über lange Zeiträume - **persistente Datensicht** - gewährleistet sein. Dazu ist ein vorausschauendes, zukunftsorientiertes Vorgehen erforderlich, denn **Struktur, Informationsgehalt und Organisation der Datensammlung sind ausschlaggebend**, sie bestimmen weitgehend das Einsatzspektrum und damit auch die Wirtschaftlichkeit eines Systems. Die eingesetzten Hard-/Software-Komponenten sind aufgrund der notwendigen, langen Lebensdauer der Geodatenbank nur von temporärer Bedeutung. Man kann davon ausgehen, dass die Hardware ca. alle 2-3 Jahre einen Leistungssprung nach oben macht und alle 5-7 Jahre vollständig ersetzt werden muss. Bestandsdatenbanken sollten wegen der Verfügbarkeit für ressortübergreifende Mehrfachnutzungen, Redundanzvermeidung und Sicherheit der Daten möglichst zentral verwaltet werden (Lother 1991). Nach Hake/Grünreich (1994) gilt für den Einsatz der digitalen Datentechnik allgemein, dass ihre Vorteile vor allem oder überhaupt erst dann eintreten, wenn größere Datenbestände aus langer Sicht und für eine möglichst vielseitige Verwendung angelegt werden, und zwar in Form von Informationssystemen.

Beim GIS-Einsatz für Projekte (z.B. Planung, Forschung) müssen die Prioritäten bei der Bewertung der Systemkomponenten anders festgelegt werden als bei der Bestandsdokumentation. Ein Projekt ist nach DIN 69901 „ein definiertes Vorhaben, detailliert geplant, mit genauer Finanzierung, das in einem festgesetzten Zeitrahmen abgewickelt wird“, d.h. **Projekte sind abgeschlossene, zeitlich begrenzte Vorgänge**. Für ihre Durchführung müssen alle erforderlichen Geodaten bereitgestellt werden. Es wird eine fachübergreifende Benutzersicht aus den relevanten Datenbeständen benötigt. Für die Durchführung von Projekten werden z.B. spezielle Verfahren und Methoden für den Planentwurf, Simulationsmodelle, statistische oder betriebswirtschaftliche Auswertungen benötigt. Die verwendeten Werkzeuge (Verfahren, Methoden) müssen möglichst optimal geeignet sein, die projektspezifischen Aufgaben zu lösen. Die Durchführbarkeit der Aufgabe hat Vorrang. Das Vorgehen ist in Hinblick auf die effiziente Projektabwicklung weitgehend zweckorientiert. Die erzeugten Datenstrukturen sind nur von sekundärer Bedeutung - **transiente Datensicht** - solange sie ihren Zweck erfüllen (Lother 1991). Projektlösungen können autonom eingesetzt werden; Ziel ist jedoch ihre Anbindung an vorhandene Geodatenbanken zur Bereitstellung und Übernahme von verfügbaren Datenbeständen. Die Erfassung und Bereitstellung der Geodaten verursachen oft erhebliche Kosten, sie können mehr als 80% der gesamten Kosten eines Vorhabens ausmachen (Abb. 1-5).

1.4.3 Räumliche Ausdehnung und Datenauflösung

Wichtige Systemmerkmale für ein GIS sind seine räumliche Ausdehnung, d.h. Dimensionen und Größe des Gebietes das erfasst wird und die geometrische Auflösung des Datenmodells (Abstraktionsgrad). Unter Auflösung ist dabei der Grad der "Feinheit" der Daten zu verstehen mit denen die Geoobjekte abgebildet werden. GIS können global, regional oder lokal mit zwei, drei oder vier Dimensionen aufgebaut werden. Kraus (1996) unterscheidet GIS (Abb. 1-4) in Abhängigkeit von ihrem Maßstabsbereich in:



Landinformationssysteme (LIS) für den Inhalt eines Mehrzweckkatasters (Flurkarten, Stadtgrundkarten, technische Pläne für Leitungen 1:1 - 1:5.000)

Topographische Informationssysteme (TIS) für die Abbildung der natürlichen und künstlichen Landschaft (Topographische Daten 1:2.500 - 1:100.000)

Geographische Informationssysteme für kleinmaßstäbliche geographische und thematische Inhalte (geographische Karten 1:100.000 und kleiner)

Abb. 1-4: Einteilung von GIS nach Kraus (1996)

Die geometrische Auflösung bezeichnet die „Feinheit“ oder „Schärfe“ mit denen Objektstrukturen erfasst sind. Während dieser Begriff bei Rasterdaten gebräuchlich ist, muss für Vektordaten ein Äquivalent eingeführt werden. Die geometrische Auflösung von Vektordaten wird hier durch die Datendichte (Geometrielemente je Flächeneinheit, siehe 2.3.3) und der metrischen Genauigkeit der zugrunde liegenden Ortsvektoren (Koordinaten) beschrieben, wobei beide Einflußfaktoren weitgehend vom Erfassungsmaßstab abhängen. Wichtige Maßstabbereiche für Detail- und Rahmenpläne sowie Übersichten sind:

- 1: 1.000 Standardmaßstab in bebauten Gebieten, Detailpläne
- 1: 5.000 Grenzmaßstab bei der Zusammenführung von LIS und TIS
- 1: 10.000 Grenzmaßstab für die grundrisstreue Darstellung
- 1: 25.000 schwach generalisierte, grundrissähnliche Darstellung
- 1: 50.000 generalisierte Darstellung, Rahmenpläne aus der Landes- und Regionalplanung
- 1:100 000 stark generalisierte Übersichten, Grenzmaßstab zu geographischen Anwendungen.

Die Größe eines Einsatzgebietes in Verbindung mit der erforderlichen Auflösung der Geodaten ergibt wichtige Hinweise über Zeit- Kosten- und Ressourcenbedarf (z.B. Speicherplatz für Datenbanken) beim Aufbau eines GIS. Es ist bei der Konzeption zu beachten, dass die für die Abbildung eines Sachverhalts nötige Datendichte sich annähernd quadratisch zu einer Maßstabsänderung verhält, die Wahl des richtigen Erfassungsmaßstabs hat damit wesentlichen Einfluss auf den Aufwand für die Datenerfassung.

1.4.4 EDV-Komponenten

Eine weitere, gebräuchliche Einteilungsmöglichkeit bietet die Gruppierung von GIS nach den eingesetzten EDV-Komponenten (Systemklasse), so können je nach Größe und Aufgabe des Systems z.B. unternehmensweite, verteilte Client-Server-Architekturen, einzelne Workstation für komplexe Analysefunktionen oder Desktop und Web-Technik für die breite Anwendung im Auskunftsbereich zum Einsatz kommen (*Schilcher u.a. 1996*). Während die bereits aufgeführten drei Klassifizierungskriterien unveränderliche Merkmale der Geodaten betreffen, ist die Auswahl der Systemklasse ein temporaler Aspekt, der von der zur Zeit der Einführung verfügbaren Technologie abhängt. Bei GIS, die langfristig angelegt werden, ist innerhalb ihrer Lebensdauer i.d.R. mit mehreren Hard- und Softwaregenerationen zu rechnen. Art und Verteilung der eingesetzten EDV-Komponenten sollte beim Ersatz einer Generation (ca. alle 5 Jahre) in Abhängigkeit vom wachsenden Aufgabenspektrum und den verfügbaren Kommunikationsmöglichkeiten an den Stand der Technik angepasst werden. Bei großen GIS-Applikationen kommen meist Kombinationen verschiedener Systemklassen zum Einsatz. Die Aufwände für die Migrations- und Portierungsarbeiten bei einem Wechsel der EDV-Komponenten sind wichtige Faktoren für die Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer eines GIS.

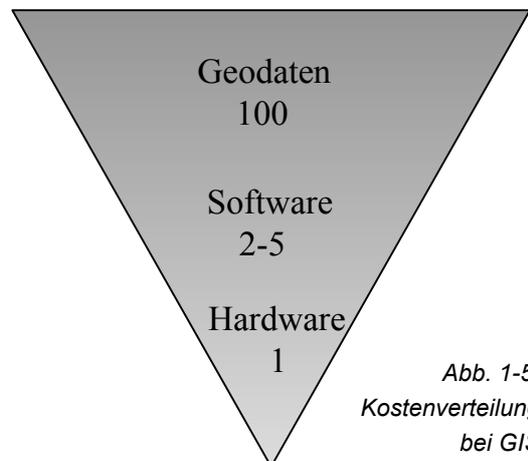


Abb. 1-5:
Kostenverteilung
bei GIS

Anwender binden sich heute wegen der teuren Einführungs-, Entwicklungs- und Einarbeitungsphasen sowie der kostspieligen Datenerfassung und den meist proprietären Datenmodellen längerfristig an eine GIS-Software. Die richtige Produktwahl und Produktkombination hat deshalb einen wesentlichen Einfluss auf den erfolgreichen Verlauf des Systemseinsatzes über längere Zeiträume. Besonders wichtig bei der Produktauswahl sind daher auch Fragen wie die Marktpräsenz und die Einsatzschwerpunkte der ausgewählten GIS-Software. Das weite Feld der Erfassung, Verwaltung und Präsentation von Geodaten kann jedoch i.d.R. nicht mit einem GIS-Produkt optimal abgedeckt werden.

Aus der Relation der Kosten (*Abb.1-5*) ist ersichtlich, dass die Hardwarekomponenten in der Gesamtbilanz nur ein geringes Sparpotential beinhalten. Eine falsche Sparsamkeit bei der Auswahl der Hardware ist deshalb nicht ratsam. Die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, aber auch die Ergonomie der Hardware sind wichtige Produktionsfaktoren. Ausfallzeiten oder die Leistungsabnahme beim Personal, wegen ergonomisch ungünstiger Geräte können die eingesparten Mittel bei der Beschaffung vom „Billigprodukten“ schnell um ein vielfaches übersteigen.

2 Das landesweite Fachgeoinformationssystem FORST-GIS

Das Geoinformationssystem der Bayerischen Staatsforstverwaltung (StFoV) wird als FORST-GIS-Bayern, in Kurzform als FORST-GIS bezeichnet (*Rottmann/Schreyer 1991*). Nach der oben (1.4) angegebenen Taxonomie ergibt sich folgende Definition: **Das FORST-GIS ist ein landesweites Fachgeoinformationssystem für die Bestandsdokumentation forstlicher Geodaten. Die Forstdaten beschreiben primär flächenförmige Geoobjekte, wie Wirtschafts-, Standorts- oder Waldfunktionsflächen im Grundriss. Ihre Erfassung erfolgt aus Datenquellen im Maßstabsbereich topographischer Darstellungen. Alle Geodaten der StFoV setzen auf den amtlichen Geobasisdaten der Vermessungsverwaltung auf, aus denen der Raumbezug und der Kartenhintergrund übernommen wird.** Mit dem Aspekt Bestandsdokumentation ist im Forstbereich ein aus EDV-Sicht sehr langer Zeitraum verbunden, in dem die Daten interpretierbar und beherrschbar bleiben müssen. Für die langfristige Nutzung der Geodaten muss das Systemkonzept konkrete und absehbare Anforderungen an eine forstliche Geodatenbasis vorausschauend berücksichtigen.

Das FORST-GIS wird seit 1993 als innerbetrieblicher Dienstleister mit **verteilten Systemen** auf Ebene der Forstdirektionen (FoD) und im StMLF, Bereich Forsten, eingesetzt. Die FoD sind für die gesamte Datenerfassung in ihren Amtsbezirken, die Verwaltung dieser Datenbestände sowie für FoD-spezifische Sondernutzungen zuständig. Bereiche, die teure Ressourcen erfordern, die von einer FoD allein nicht ausgelastet werden können, landesweite Bedeutung haben oder spezielles Wissen erfordern, sind zentral am StMLF gebündelt. Nachfolgend wird das fachliche Grobkonzept für das FORST-GIS beschrieben, das als Leitbild der bisherigen Entwicklung zu Grunde liegt und im Wesentlichen die Anforderungen der Projektgruppe FORST-GIS (*Rottmann/u.a. 1991*) wiedergibt.

2.1 Systemaufbau (Grobkonzept)

Der Systemaufbau des FORST-GIS wird aus organisatorischen, technischen und wirtschaftlichen Gründen stufenweise durchgeführt. Das Gesamtsystem (Grobgliederung, *Abb.2.1*) ist in drei Ausbaustufen unterteilt worden, wobei die erste und zweite Stufe die Hauptziele „Automationsgestützte Kartenproduktion“ und „Mehrfachnutzung der Geodaten“ realisieren, die dritte Stufe Maßnahmen für die Systemevolution und die Datendistribution beinhalten. Für die Einführung des Systems werden Teile dieser Ausbaustufen, nach Prioritäten, in Entwicklungsphasen mit Aktivitäten zum Erreichen von Teillösungen zusammengefasst, um wegen der kurzen Lebenszyklen und der hohen Kosten von EDV-Komponenten, sobald als möglich produktive Subsysteme in den Einsatz zu bringen (*Fuchs/Lothar 1998, Lothar/Rottmann 1998*).

In der ersten Ausbaustufe „**Automationsgestützte Kartenproduktion**“ wurden zunächst beim Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (StMLF) und bei den Forstdirektionen (FoD) die organisatorischen und technischen Voraussetzungen geschaffen, die Forstkarten digital zu erstellen. Die FoD sind für die Erfassung der gesamten forstlichen Geodaten zuständig, die Kartenfertigung wird zentral an der Kartographischen Anstalt (KA) des StMLF durchgeführt. Zur ersten Stufe gehören auch der Entwurf (Modellierung) und die Generierung der Geodatenbanken und die Realisierung von Verfahren für neue Standardkarten sowie die Regelung der Kommunikation (Datenaustausch) zwischen den beteiligten Stellen FoD und StMLF.

Schwerpunkt der zweiten Ausbaustufe „**Thematische Anwendungen, Flächenanalysen**“ ist es, die im Zuge der Kartenproduktion anfallenden wertvollen digitalen Daten einer zusätzlichen Nutzung, über die Kartenfertigung hinaus, zuzuführen. Diese **Mehrfachnutzung** der Geodaten soll zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Systems beitragen, in dem die Fachanwender mit neuen unterstützenden Auswertungen der umfangreichen Flächeninformation versorgt werden können. Priorisierte Teile dieser Stufe sind die Flächenberechnungen für Bestände und Standortseinheiten. Weitere wichtige Verfahren bilden die Ableitungen von thematischen Karten und Flächenanalysen. Für solche neue Anwendungen müssen

Lösungen konzipiert und entwickelt werden, die dann als Standardverfahren in die Produktion eingeführt werden. Voraussetzung für den umfassenden Einsatz neuer Verfahren ist ein repräsentativer Datenbestand, damit Informationswünsche der Nutzer in ausreichendem Maß erfüllt werden können. Ein mehrjähriger Vorlauf der ersten Stufe war deshalb sinnvoll, wobei jedoch die Struktur der erfassten Geodaten bereits die konzeptionellen Ziele der zweiten Stufe mit berücksichtigen muss. Der Umfang der Mehrfachnutzung ist von den evaluierbaren Anforderungen der Fachanwender, der Quantität und Qualität der erfassten Datenbestände und der Verfügbarkeit geeigneter Auswertemethoden abhängig.

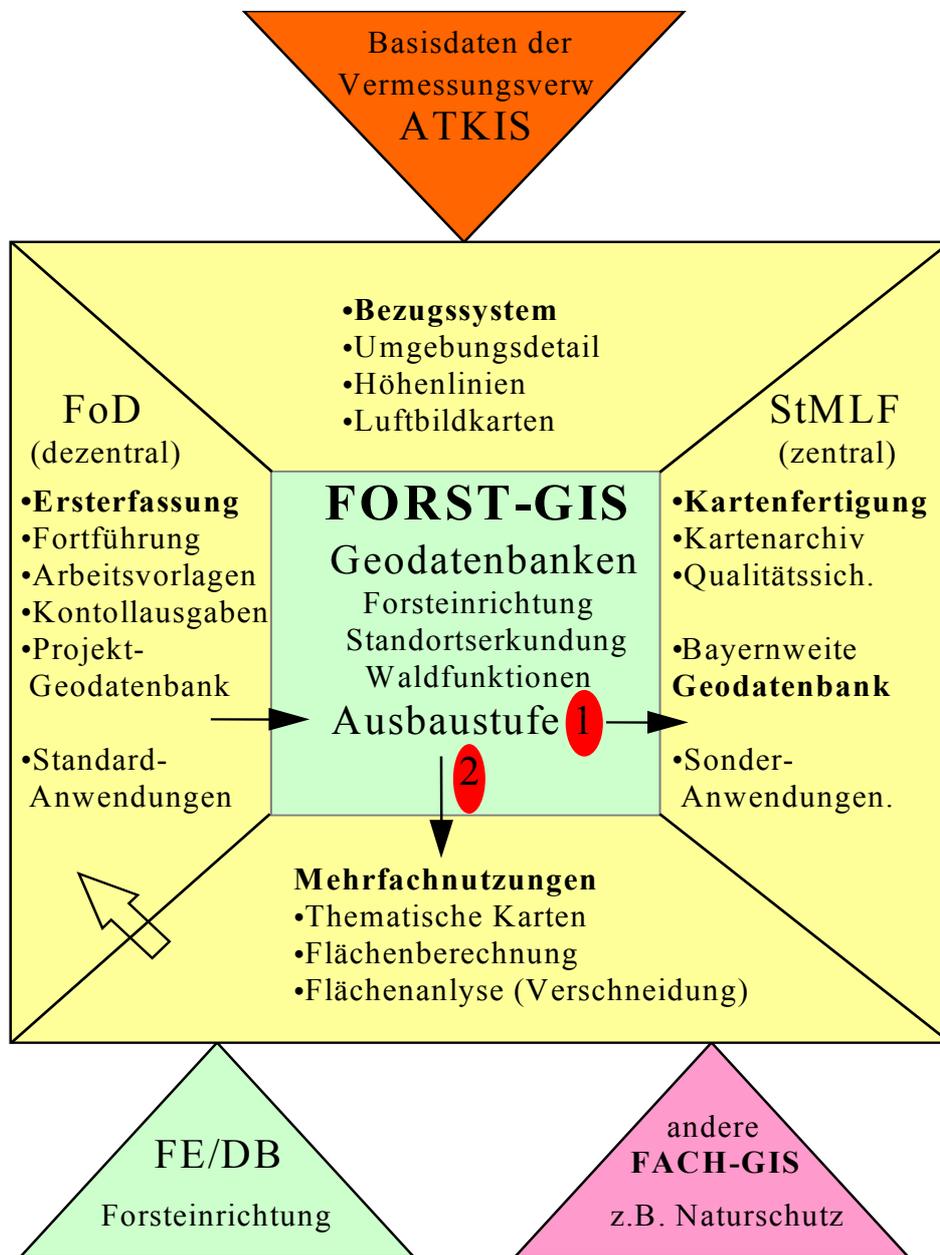


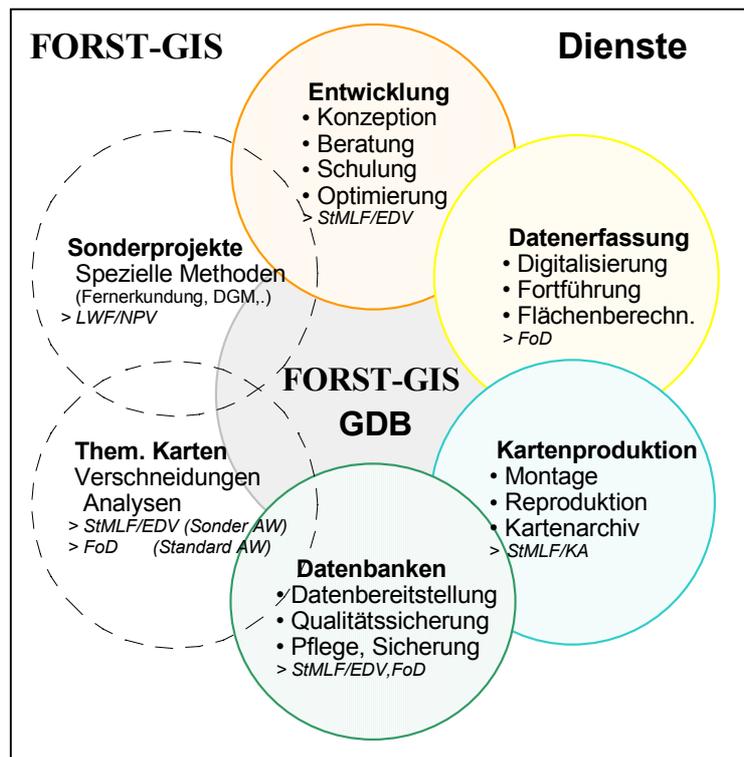
Abb.2-1: Grobkonzept FORST-GIS

In der dritten Ausbaustufe werden die evolutionären Maßnahmen bei der Entwicklung des FORST-GIS zusammengefasst, dies sind die Optimierung der Anwendungen, die bedarfsgerechte Integration von zusätzlichen Datenbeständen und funktionalen Komponenten, bis hin zu Ersatzbeschaffungen für überalterte Hard- und Softwareteile. Ein wichtiger Aspekt ist auch die zunehmende Nutzung moderner Verfahren für die Distribution der Forstkarten in digitaler Form. Dies können Grafikdateien auf CD sein oder ein benutzergeführtes System im Intranet der StFoV. Die dritte Ausbaustufe wird wegen ihrer Wechselwirkungen mit den anderen Ausbaustufen, je nach Erfordernis und verfügbaren Mitteln, teilweise parallel zur ersten und zweiten Stufe umgesetzt.

Für die erste Ausbaustufe des FORST-GIS lässt sich eine konkrete Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durchführen, da die Kosten des alten und neuen Verfahrens für die Kartenfertigung gegenübergestellt werden können (Lothar/Neft 1994). Die in der zweiten Stufe geforderten neuen Anwendungen bedürfen dagegen einer sorgfältigen Bewertung. Bei der Anforderung einer neuen Anwendung muss aus Gründen der Wirtschaftlichkeit die Frage *„was bringt diese Anwendung für die Staatsforstverwaltung?“* sorgfältig untersucht werden. Der Nutzen neuer Anwendungen beruht hauptsächlich auf den Faktoren **Qualität** und **Quantität**. Durch neue Produkte kann das Arbeitsergebnis verbessert und/oder die Arbeit beschleunigt (Rationalisierung) werden. Der Nutzen von Rationalisierungseffekten lässt sich i.d.R. gut evaluieren, dagegen können bei Maßnahmen zur Qualitätssteigerung der Arbeit oft nur schwer Aussagen über deren Wirtschaftlichkeit gemacht werden.

Der Aufbau des FORST-GIS erfolgt soweit als möglich dezentral unter Berücksichtigung der Gliederung der StFoV in den Bereich Forsten am StMLF, die 4 Forstdirektionen (FoD), den ca. 130 Forstämtern (FoA) und etwa 1000 Forstdienststellen (FoDst). Die GIS-Dienste (Abb.2-2) sind an den FoD und am StMLF untergebracht; FoA und FoDst sind Nutzer der GIS-Produkte, derzeit in Form analoger Forstkarten. Die vier FoD sind zuständig für die Datenerfassung in ihren Amtsbezirken, die Bereitstellung dieser Datenbestände, ihrer Sicherung und Archivierung sowie für den Einsatz standardisierbarer und FoD-spezifischer Auswertungen. Am StMLF erfolgt zentral die Fertigung aller Forstkarten sowie die Entwicklung des Systems und der Aufbau der bayernweiten Geodatenbanken.

Abb.2-2: FORST-GIS-Dienste



Im FORST-GIS werden die eingesetzten Mitarbeiter und Geräte in Subsysteme, sogenannte "Dienste" eingeteilt (Abb.2-2), um einen rationellen und strukturierten Betrieb zu ermöglichen. Unter einem Dienst oder Service in diesem Sinne wird hier *„die aufgabenorientierte Bündelung von Mitarbeiter-Know-how und Geräten zu einem Subsystem, mit dem Ziel die Gerätere Ressourcen durch möglichst effiziente Arbeit optimal auszulasten“* verstanden. Die Einteilung in Dienste berücksichtigt das nötige Spezialwissen der Mitarbeiter für einen Service und die bedarfsgerechte Zuordnung der erforderlichen EDV-Geräte, im Sinne einer Ressourcenbündelung. Aus Systemsicht bilden die Dienste Subsysteme mit definierten Aufgaben, Schnittstellen und Kommunikationsbeziehungen.

Die wichtigsten zentralen Aufgaben sind die Kartenfertigung, die Weiterentwicklung und Optimierung des Systems sowie der Aufbau der bayernweiten Geodatenbanken für die Kerndatenbereiche. Die Dienste: Datenerfassung, Kartenproduktion und Datenbanken gehören zur ersten, thematische Karten und Sonderprojekte zur zweiten Ausbaustufe. Den größten Dienst bildet zur Zeit die Datenerfassung mit vier GIS-Gruppen an den FoD. Die Entwicklung und Leitung stellt eine übergeordnete, zentrale Funktion dar, die für die Steuerung des Gesamtsystems, seinen Betrieb und seinen Ausbau zuständig und verantwortlich ist.

2.2 Kerndatenbereiche und ihre Erfassung

Schwerpunkt der ersten Ausbaustufe des FORST-GIS ist die Digitalisierung und die automationsgestützte Kartenproduktion für die Kerndatenbereiche. Die Kerndatenbereiche entsprechen inhaltlich den wichtigsten Forstkarten und sind die Grundlage vieler Fragestellungen in der Forstverwaltung.

Forsteinrichtung	(Forstbetriebskarte 1:10.000)
Standortserkundung	(Standortskarte 1:10.000)
Waldfunktionsplanung	(Waldfunktionskarte 1:50.000)

Neben diesen drei Hauptkarten werden eine ganze Reihe von Sonder- und Zusatzkarten eingesetzt, z.B.:

- Forstliche Übersichtskarte mit den Waldbesitzarten (1:50.000 und 1:200.000)
- Schutzwaldsanierungskarte (1:10.000)
- Lebensraumtypenkarte (1:10.000) für naturschützerische Belange
- Hangabilitätskarte (1:25.000) im Hochgebirge
- Astungs-, Pflege- und Düngungskarten (1:10.000) für den Forstbetrieb
- Forsthauptkarte (1:5.000) für die Liegenschaftsverwaltung.

Hinzu kommen im Bereich der Forsteinrichtung eine große Anzahl beschreibender Flächendaten, die in Attributform vorgehalten werden sowie die vielfältigen Daten der Stichprobeninventur. Diese Datenbestände eignen sich für den GIS-Einsatz, da sie einen Raumbezug indirekt über semantische Verknüpfungsmöglichkeiten oder direkt über Koordinatenattribute enthalten. Die Begangs- und die Inventurdaten werden in der Forsteinrichtungsdatenbank (FE/DB) vorgehalten und müssen für Auswertungen über eine definierte Schnittstelle an das GIS übergeben werden. Anwendungen für Sonderkarten und thematischen Darstellungen mit Daten der FE/DB sind der zweiten Ausbaustufe zugeordnet. Beispiele zu den Forstkarten (Ausschnitte mit Legenden) enthält die Anlage 1.

2.2.1 Generelle Grundsätze für die Datenerfassung

Die Daten im FORST-GIS werden hauptsächlich mit manuellen Digitalisierverfahren als Vektordaten erfasst, da die Strukturierung und Attributierung der Geodaten durch **fachlich gut ausgebildete** Digitalisierer die beste Datenqualität, d.h. einen optimalen Informationsgehalt liefert. Automatische Digitalisierverfahren durch Scannen, Entzerren, Vektorisieren und Strukturieren werden nur in Sonderfällen eingesetzt, da für sie geeignete Voraussetzungen vorliegen müssen, um die geforderte Qualität der Daten, bei wirtschaftlichem Einsatz zu erzielen (siehe z.B. *Hake/Grünreich 1995*). Wichtige Voraussetzungen für den Einsatz der automatisierten Digitalisierung sind ein großflächiges, homogenes Erscheinungsbild der Karten und ihre Trennbarkeit in einzelne Themenbereiche. Im FORST-GIS wurden die Waldflächen 1:50.000 nach diesem Verfahren mit gutem Ergebnis bayernweit erfasst.

Als Raumbezugssystem wird im FORST-GIS - entsprechend der gemeinsamen Bekanntmachung über den Aufbau raumbezogener Informationssysteme der Bayer. Staatskanzlei und der Bayer. Staatsministerien vom 07.01.1992 - das amtliche Gauß-Krüger-Koordinatensystem (12°-Meridian) verwendet. Die Anbindung der Daten an das Gauß-Krüger-Koordinatensystem erfolgt mit ausreichender Genauigkeit durch Einpassung der Digitalisiervorlagen über die Blattecken der Flurkarten für die Forstbetriebskarte bzw. den TK25-Blattrahmen für die Waldfunktionskarte. Die Erfassung der Daten wird maßstaborientiert durchgeführt, d.h. die Lagegenauigkeit und der Generalisierungsgrad der Daten entsprechen der jeweiligen Digitalisiervorlage. Für das FORST-GIS ergeben sich damit zwei Hauptmaßstabsebenen 1:10.000 und 1:50.000. Die Ebene 1:10.000 enthält die Detail- und Objektplanungen der Forsteinrichtung, die Ebene 1:50.000 die forstlichen Rahmenpläne. Für die Koordinaten der Maßstabsebene 1:10.000 ist eine möglichst homogene Genauigkeit anzustreben, da sie die Grundlage für analytische Auswertungen (Flächenberechnungen, Verschneidungen) bilden. Für die Kartenausgabe ist die lineare Skalierung der Daten nur im Bereich vom 0.5- bis 2.5-fachen des Ausgangsmaßstabes vorgesehen. Vorkehrungen für komplexe kartographische Generalisierungen des forstlichen Inhalts bei der Kartenfertigung können damit zunächst entfallen (*Lothar 1996*).

2.2.2 Forstbetriebskarte (FBK)

Der Forstbetriebsplan besteht aus Text- und Kartenteil. Für den Textteil mit den beschreibenden Daten wird seit 1984 ein Informationssystem, die Forsteinrichtungsdatenbank (FE/DB), eingesetzt. Der Kartenteil, die Forstbetriebskarte, ist im FORST-GIS schrittweise aufzubauen. Die Forstbetriebskarte dient primär dem Vollzug des langfristigen Forstbetriebsplanes, sie wird deshalb nur für die Staatswaldfläche (ca. 850.000 ha) geführt und besteht aus etwa 800 Einzelplänen im Maßstab 1:10.000. Den Zeitrahmen für ihre Erfassung gibt das Forsteinrichtungsverfahren vor, das für ein Forstamt alle zehn Jahre durchgeführt wird, d.h. der Datenbestand wird voraussichtlich zehn Jahre nach Produktionsbeginn flächendeckend für den gesamten Staatswald in Bayern in einer ersten Epoche digital vorliegen. Die Forstbetriebskarte enthält die farbige Darstellung der Pflege- und Nutzungsarten oder der Entwicklungsstadien mit den geplanten Pflegemaßnahmen von Waldbeständen. Der Bestand ist ein Kollektiv von Bäumen, das eine einheitliche waldbauliche Bewirtschaftung ermöglicht. Er ist die kleinste Bewirtschaftungseinheit im Staatswald und bildet damit den Basisbezugsraum für die Forsteinrichtungsdaten. Inhaltlich kann die FBK in folgende Datenbestände gegliedert werden:

ständiges Detail:

- Flurkartenraster (Bezugssystem für Landeskoordinaten)
- Staatswaldgrenze
- befahrbares Waldwegenetz
- ständige Waldeinteilung (Distrikt- und Abteilungsgrenzen)

unständiges Detail (Flächen):

- Bestandsgrenzen, sie werden bei jeder Forsteinrichtung nach waldbaulichen Gesichtspunkten neu festgelegt
- Flächeninformationen der Forsteinrichtung mit den Varianten: Flachland, Hochgebirge, Auwald
- **Bestandsschlüssel** (Verbindungselement zur Forsteinrichtungsdatenbank)
- Infrastrukturen zur Erschließung der Bestände (Rückewege, Schneisen)
- bedeutsame Einzelbäume (Überhälter, Nachhiebsreste)
- Symbole, Signaturen und Texte für die Kartengestaltung

Hintergrund:

- Umgebungsdetail (Topographie außerhalb des Staatswaldes, Auszug aus der TK25)
- Höhenlinien (Höhenflurkarte 1:5.000 oder 1:10.000)

Die Digitalisierung der FBK erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird vor der Durchführung der Forsteinrichtung, dem Begang, das ständige Detail digitalisiert. Nach dem Begang des Forstamtes durch den Forsteinrichter erfolgt die übrige Digitalisierung und Ausarbeitung der Daten. Für das ständige Detail wird die Staatswaldgrenze den Flurkarten 1:5.000 (bzw. 1:2.500 oder 1:1.000) entnommen. Sie ergibt sich als Umringskontur von zusammenhängenden Staatswaldflurstücken. Die resultierenden Inselflächen bilden das Skelett des Datenbestandes. Mit der Digitalisierung aus den Flurkarten erhält man im Hinblick auf den Zielmaßstab 1:10.000 einen hinreichend genauen Rahmen. Die Übernahme der Staatswaldgrenzen aus der digitalen Flurkarte (DFK) der staatlichen Vermessungsämter wäre wünschenswert, ist aber derzeit nicht generell möglich, da die DFK in Bayern voraussichtlich erst ab 2004 flächendeckend vorliegt. Die Erfassung der Staatswaldgrenze macht weniger als 5% des Gesamtaufwandes aus, der für die Digitalisierung der FBK nötig ist, damit enthält dieser Arbeitsschritt nur ein geringes Rationalisierungspotential. Die Übernahme digitaler Daten aus der DFK ist deshalb m.E. nicht dringlich, aber zu empfehlen, wenn die Daten flächendeckend für den Wald in Bayern vorliegen.

Ausgehend von dem entstandenen Grundgerüst wird der Datenbestand zunehmend verdichtet. Das Vorgehen entspricht einem hierarchisch organisierten Einbindeverfahren - vom Großen ins Kleine. In den Staatswaldflächen werden zunächst die befahrbaren Waldwege eingefügt. Als Quelle für sie dient das vorliegende (alte) ständige Detail und Luftbildkarten für die Erfassung neuer Wege oder zur Ermittlung von Lagekorrekturen bestehender Wege. Anschließend werden die Grenzen der ständigen Waldeinteilung (Distrikte, Abteilungen) erfasst und die Flächenstruktur auf Abteilungsebene geprüft.

Nach der Forsteinrichtung werden die erhobenen Daten und festgelegten Maßnahmen aus den Begangspausen abteilungsweise digitalisiert. Die Begangspausen sind maßstäbliche Entwürfe, die der Forsteinrichter im Rahmen seines Begangs anfertigt. Sie enthalten die Daten des unständigen Details und die Flächeninformation, dies sind die Bestände, in Form von Farben und Schraffuren. Ein Bestand kann aus mehreren, nicht zusammenhängenden Teilflächen bestehen. Alle (Teil-)Flächen erhalten einen eindeutigen Schlüssel, der die logische Zusammenfassung der Teilflächen zum Geoobjekt Bestand und die Übernahme von bestandsbezogenen Attributen aus der Forsteinrichtungsdatenbank ermöglicht. Abschließend werden die Flächen der Bestände berechnet und distriktweise auf die Katastersollflächen abgeglichen; bei diesem Vergleich können auch grobe Fehler in den Flächen aufgedeckt werden.

2.2.3 Standortkarte (STK)

Die STK enthält die Standortseinheiten im Maßstab 1:10.000. Standortseinheiten sind zusammengefasste Flächen, die hinsichtlich der ökologischen Voraussetzungen, den waldbaulichen Möglichkeiten und der Gefährdung des Baumbestandes ähnliche Voraussetzungen haben. Ihre Farbgebung richtet sich nach dem Substrattyp (Bodenart). Die Darstellung wird ergänzt durch eine Vielzahl von Symbolen für andere wichtige Wachstumsfaktoren, Beispiele sind der Wasserhaushalt, die Geologie oder antropogene Einflüsse. Die STK ist ein Bestandteil des Forstbetriebsplanes. Sie wird von der Forstverwaltung, wie die FBK, nur für die Staatswaldflächen (ca. 626.000 ha, nicht im Hochgebirge) erstellt. Der Inhalt der STK kann in folgende Teile gegliedert werden:

Bezugssystem (Grundgerüst); aus der FBK kopiert = **kongruent**

- Staatswaldgrenzen
- Distriktgrenzen (Wege- und Gewässernetz)

Standortserkundung

- Standortseinheiten
- **Standortsschlüssel**
- Symbole und Flächensignaturen für andere wichtige Standortsfaktoren, wie z. B. Boden, Wasserhaushalt, Geologie, usw.

Hintergrund

- Ständiges Detail der FBK, optional mit Rückewegen, Schneisen oder Bestandsgrenzen (Die Teile werden aktuell aus der FBK überlagert)
- Umgebungsdetail (Topographie außerhalb des Staatswaldes, Auszug aus der TK25)
- Höhenlinien (Höhenflurkarte 1:5.000)

Die Digitalisierung der STK baut auf Teilen der FBK auf. Das Grundgerüst für die Standortsflächen bilden die Staatswaldgrenze, das befestigte Wegenetz und bedeutsame Gewässer, die aus der FBK einmalig beim Einrichten des Projektes kopiert werden. Dieser Basisdatenbestand ist damit kongruent zu den entsprechenden Elementen der Forsteinrichtung und ergibt den Rahmen für die zu erfassenden Standortseinheiten. Die entstehende Redundanz der Konturen wird zugunsten der einfacheren Datenstruktur (keine Verflechtung der Objekte Bestand und Standort) hingenommen, das Vorgehen entspricht überdies der unabhängigen Erfassung der beiden Datenbestände. Der Mehraufwand bei der Fortführung der kopierten Daten ist wegen ihrer verhältnismäßig hohen Stabilität und ihres relativ geringen Datenvolumens vertretbar. Abweichungen im Fortführungsstand zwischen FBK und STK sind bei der graphischen Darstellung der Standortdaten sofort ersichtlich, da der aktuelle Stand der FBK als Hintergrundinformation überlagert wird.

In das aus der FBK kopierte Grundgerüst werden die Grenzen der Standortseinheiten eingebunden. Die resultierenden Flächen erhalten einen bayernweit eindeutigen Standortsschlüssel. Der Schlüssel enthält Teile des Waldortes, die Wuchsgebietsgliederung von Bayern, eine dreistellige Kennzahl, in der Substrat, Trophie und Wasserhaushalt des Standorts verschlüsselt sind sowie einen zweistelligen Zusatz für die Kodierung standortlicher Besonderheiten. Anschließend werden die Standortsflächen distriktweise berechnet und mit dem Abgleichfaktor aus der Bestandsflächenberechnung korrigiert. Die Werte für Wege- und Gewässerflächen werden aus der FBK übernommen.

2.2.4 Waldfunktionskarte (WFK)

Die Waldfunktionsplanung als Instrument der forstlichen Rahmenplanung soll gewährleisten, dass die Funktionen des Waldes bei allen Maßnahmen der öffentlichen Planungsträger beachtet werden. Dies gilt vor allem für die Programme und Pläne der Raumordnung und Landesplanung, für die Bauleitplanung und für Maßnahmen anderer Fachverwaltungen, die den Wald mittelbar oder unmittelbar betreffen. Die Waldfunktionen werden im Maßstab 1:50.000 kartiert. Die WFK wird landkreisweise geführt und enthält:

Bezugssystem (Grundgerüst)

- Blattecken der Topographischen Karte 1:25.000 (TK25-Raster)
- Verwaltungsgrenzen aus ATKIS
- die Waldflächen nach Waldgesetz als Grundlage zur Ableitung der Waldfunktionen

Waldfunktionsflächen

- Boden-, Wasser-, Lawinen-, Klima-, Immissions-, Sicht- und Lärmschutz
- Wald mit Funktionen für die Erholung
- bedeutende ökologische Gegebenheiten (z.B. Biotop, Landschaftsbild)

Amtlich ausgewiesene Schutzgebiete (nachrichtlich übernommen)

- Wasserschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete
- Natur- und Landschaftsschutzgebiete, Naturdenkmäler
- Bannwald und andere bereits bestehende rechtsverbindliche Planungen

Hintergrund: Auszug aus der Topographischen Karte 1:50.000 (TK50)

- Grundriss / Gewässer / Höhenlinien

Als Grundlage für die Erstellung der digitalen Waldfunktionskarte war zunächst vorgesehen, die Waldflächen dem ATKIS, Objektbereich Vegetation, zu entnehmen. Bei der Bearbeitung eines Testlandkreises hat sich jedoch gezeigt, dass diese Daten im Hinblick auf den Zielmaßstab 1:50.000 nur bedingt geeignet sind, da der unterschiedliche Generalisierungsgrad der beiden Kartenwerke keine lineare Skalierung zulässt. Bei einer Verkleinerung der Flächen von 1:25.000 auf 1:50.000 sind linienhafte Objekte (Straßen, Bahnlinien, Flüsse) nicht mehr genügend freigestellt, zudem sind in den ATKIS-Daten die Waldwege nicht ausgespart. Die Lesbarkeit der Karte, besonders bei Mehrfachfunktionen, würde damit erschwert werden. Die Staatsforstverwaltung hat sich deshalb entschlossen, die WFK auf Basis der Waldflächen 1:50.000 abzuleiten. Zu diesem Zweck wurden von der Vermessungsverwaltung die Rasterdaten für den Walddecker der TK50 bezogen und dann in einem Vergabeauftrag automatisch digitalisiert. Damit standen kurzfristig bayernweit geeignete Ausgangsdaten zur Ableitung der Waldfunktionsflächen zur Verfügung.

Für die Erstellung der WFK wurde ein landkreisweiser Auszug aus den Waldflächen verwendet, der zunächst zu aktualisieren war. Die Abweichungen (z.B. Aufforstungen und Rodungen) zwischen Örtlichkeit und Datenmaterial (Fortführungsstand ca. 1990) mussten erhoben und als Änderungen kartiert werden. Zudem sind wegen unterschiedlicher fachlicher Interpretation von Wald zwischen Vermessungs- und Forstverwaltung die Waldflächen entsprechend den maßgeblichen Regelungen des Waldgesetzes ergänzt worden. Damit steht ein aktueller Vektordatenbestand zur Verfügung, auf dem die WFK aufgebaut werden kann und der auch als Ausgangsdatenmaterial für die Klassifizierung des Waldes nach Besitzarten eingesetzt wird. Die Ableitung der Waldfunktionen erfolgt durch Kopieren und ggf. Abteilen der entsprechenden Basiswaldflächen. Die Flächen erhalten den Landkreisschlüssel und die jeweilige Waldfunktion als Attribut. Es entstehen damit Schichten unabhängiger Funktionsflächen.

In der WFK werden als wichtige ergänzende Information zusätzlich die ausgewiesenen Schutzgebiete nachrichtlich übernommen. Für diese Daten sind in Bayern die mit dem Naturschutz beauftragten Behörden zuständig. Die Übernahme der Daten in digitaler Form von diesen Stellen ist im Sinne der gemeinschaftlichen Bekanntmachung über den Aufbau von raumbezogenen Informationssystemen der Bayer. Staatskanzlei und der Bayer. Staatsministerien anzustreben und in einigen Landkreisen teilweise erfolgt. Als Hintergrund werden Grundriss, Höhenlinien und Gewässer der Topographischen Karte 1:50.000 (TK50) verwendet. Dieser Maßstab gibt in Hinblick auf die Benutzung der WFK in analoger Form für den Planungsraum Landkreis ein noch gut handhabbares Format und von der Auflösung ein ausreichendes Kartenbild. Die Erfassung der WFK für Bayern konnte 1999 abgeschlossen werden.

2.3 Aufbau der Geodatenbanken

Die Geodatenbanken des FORST-GIS sollen die geschlossene, hochauflösende Abbildung des gesamten bayerischen Staatsgebietes ermöglichen und entsprechend den oben aufgeführten Kerndatenbereichen thematisch gegliedert sein. Diese thematische und räumliche Gliederung muss den organisatorischen Belangen genügen. Als Datenbanksystem wird im FORST-GIS das Geographische Datenbanksystem SICAD-GDB (Fischer 1995) der Firma SICAD-Geomatics als Erweiterung zum Standarddatenbanksystem Oracle eingesetzt.

2.3.1 Datenbanksystem für Geodaten

Die GDB ist ein proprietäres Datenbanksystem (siehe 3.4.2), das speziell für die Verwaltung von Geodaten entwickelt wurde. Für die Abbildung der Daten wird eine hybride Datenstruktur verwendet. Die Geometriedaten werden nach dem Netzwerkmodell (Graphen), die attributiven Daten (Sachdaten) nach dem relationalen Modell strukturiert. Die Struktur der Geometriedaten entspricht damit optimal ihren natürlichen, netzwerkartigen Beziehungen (siehe 3.3.3), während die beschreibenden Attribute (Sachdaten) in Form von Tabellen abgebildet und mit den Geometriedaten verknüpft werden können. Die Verknüpfung der beiden Datenbestände ist sowohl geometrisch als auch über semantische Verbindungselemente herzustellen. Geometrie, Sachdaten und Verbindungselemente werden von dem Datenbanksystem gemeinsam verwaltet und konsistent gehalten.

Geodaten können sehr umfangreich sein und große Gebiete abdecken, sie sind zweidimensional verteilt. Diesem wichtigen Merkmal wird in der GDB besonders Rechnung getragen. Alle Geodaten werden zweidimensional partitioniert und in Form sogenannter Zellen verwaltet. Den Zellen entsprechen dabei Datenblöcke, die eine vorgegebene Anzahl von Zeichen fassen können und denen über die Festlegung eines Plangebietes ein bestimmtes räumliches Segment zugeordnet wird. Beim Überlauf einer Zelle wird sie automatisch in vier gleiche Teile unterteilt, wobei jede neue Zelle räumlich einem der vier Quadranten der Ausgangszelle zugeordnet ist und wieder die vorgegebene Zeichenzahl aufnehmen kann. Die Struktur der zweidimensionalen Datenpartitionierung nennt man Quadtree-Struktur (Abb.2-3), da ein Adressbaum entsteht, der jeweils 4 Äste hat. Die Datenpartitionierung erfolgt automatisch, entsprechend der Datendichte in einem Bereich, für den Anwender unbemerkt.

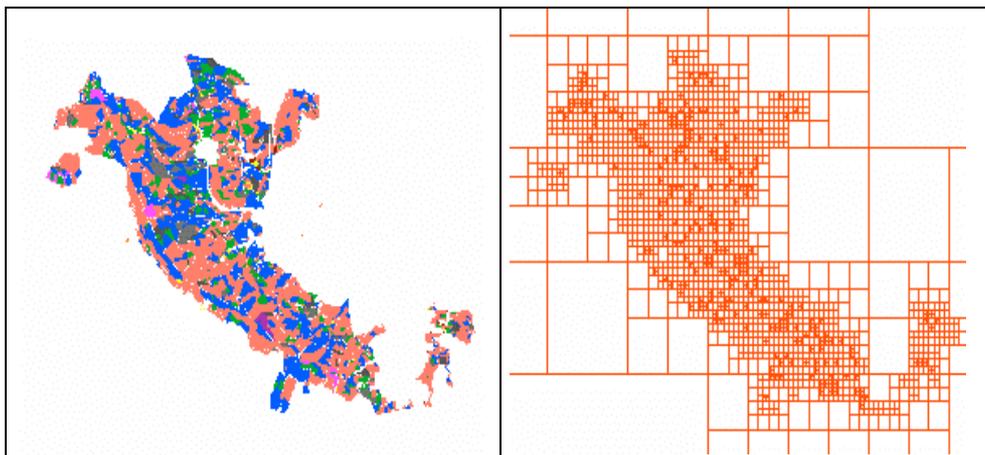


Abb.2-3: Räumliche Partitionierung eines zweidimensionalen Datenbestandes

Wichtige Funktionen der GDB sind: Der Zugriff kann über Koordinaten (Rechteck, Polygon) bereichsorientiert oder über Attribute objektbezogen erfolgen. Die Zugriffszeiten sind unabhängig von der absoluten Größe des Datenbestandes, sie hängen nur von der Größe des gelesenen Bereiches ab. Die Überlagerung unabhängiger Themen, die sich auf denselben geographischen Raum beziehen und denen dasselbe Raum Bezugssystem zugrunde liegt, ist möglich, ohne weitere Verknüpfungsmerkmale.

Die GDB verfügt über eine Datenschnittstelle (SQD = Sequentielles Datenformat), mit der die gesamte Semantik des Datenmodells an andere Informationssysteme übergeben werden kann. Die Schnittstelle

wird von fast allen namhaften GIS-Herstellern (z.B. ESRI) unterstützt. Aus syntaktischer Sicht ist die Ausgabe eine ASCII-Zeichenfolge, die semantische Information wird mittels Schlüsselworten und eindeutigen Objektbezeichnungen (Elementnummern) abgebildet.

2.3.2 Plangebiet, Themen und Gebietsfragmente

Die Geodatenbanken des FORST-GIS sind entsprechend der Kerndatenbereiche thematisch und maßstabsorientiert gegliedert. Zusätzlich wurde eine Datenbank für Übersichtskarten eingerichtet. Diese Festlegung erfolgte in Abhängigkeit von den Eigenschaften der einzelnen Datenbereiche, in Anlehnung an das Konzept MERKIS (Maßstabsorientierte Raumbezugsebenen für kommunale Informationssysteme). MERKIS ist eine Empfehlung des Deutschen Städtetages, die sich insbesondere mit den Problemen der Auflösung und Generalisierung verschiedener, maßstabsabhängiger Daten befasst und sie in sogenannte maßstabsorientierte Raumbezugsebenen einteilt. Die thematische Gliederung der Geodatenbanken im FORST-GIS umfasst die in *Tab.2-1* angegebenen Maßstabsbereiche und Themen:

<p>Maßstabsebene 1:10.000 für die Detail- und Objektplanung (1:5.000 - 1:25.000) Forsteinrichtung Standortskartierung Inventurgitter Naturschutz (Lebensraumtypen) Schutzwaldsanierung</p> <p>Maßstabsebene 1:50.000 für die forstliche Rahmenplanung (1:25.000 - 1:100.000) Waldflächen nach BayWaldG Waldfunktionen amtliche Schutzgebiete (nachrichtlich) FFH/SPA-Gebiete Verwaltungsgrenzen ATKIS (Objektbereich Gebiete) und Forstamtsgrenzen</p> <p>Maßstabsebene 1:200.000 für forstliche Übersichtskarten (1:50.000 - 1:500.000) Waldbesitzarten Organisationsübersichten Übersichtskarte von Bayern 1:500.000</p>
--

Tab. 2-1: Themenbereiche, vertikale Gliederung der Geodatenbanken

Alle Daten beziehen sich auf das amtliche bayerische Koordinatensystem. Die Plangebiete (*Tab.2-2*) der Geodatenbanken überdecken einen Bereich von 512x512 km², der Bayern vollständig umschließt und bei dem die Zellen der Viertelungsstufe 9 (2⁹=512) einem Gauß-Krüger-Kilometerquadrat entsprechen.

Koordinaten:	Gauß-Krüger-Koordinaten (12 ⁰ -Meridian)		Geodätische Koordinaten (Bessel)	
	RW	HW	B	L
SW-Ecke:	4.200.000,00	5.200.000,00	46°52'18.7235"	8°03'51.3290"
NO-Ecke:	4.712.000,00	5.712.000,00	49°14'26.0598"	11°23'44.4649"

Tab. 2-2: Plangebiet der bayernweiten Geodatenbanken

Für die Erfassung und Fortführung der Daten im Amtsbezirk einer FoD ist ausschließlich die FoD zuständig. Aus organisatorischen, technischen und wirtschaftlichen Gründen ist die Gesamtdatenbank deshalb entsprechend der Amtsbezirke der FoD aufzuteilen (horizontale Fragmentierung) und bei den FoD zu installieren. Zu diesem Zweck wurden für die Verwaltung der Projektdaten der FoD sechs Gebietsfragmente (*Abb.2-4*) gebildet, denen Projektdatenbanken zugeordnet werden.

Für den Einsatz des FORST-GIS sind zusätzlich FoD-übergreifende Auswertemöglichkeiten gefordert. Hierfür wird neben den Gebietsfragmenten auch eine Gesamtdatenbank benötigt. Diese bayernweite Geodatenbank wird zentral am StMLF geführt und soll zusammen mit der Forsteinrichtungsdatenbank (FE/DB) ein vollständiges Informationssystem für die Forsteinrichtung ergeben. Dazu müssen die Daten aus den Gebietsfragmenten der FoD landesweit zusammengefügt werden. Dieser Vorgang wird projektweise (FoA, Lkr) durchgeführt. Damit entsteht ein Sekundärdatenbestand, ein Replikat, neben den

FoD-Teildatenbanken. Dieses Vorgehen (horizontale Gliederung) erfordert ein Synchronisationsverfahren, damit die Datenbestände bei Änderungen abgeglichen werden können. Die Synchronisation kann mittels Differenzprotokollen (Afterimage-Protokolle) erfolgen. Dieses Verfahren für den Abgleich von Replikaten bei verteilten Datenbanken wird "Primary-Copy-Verfahren" genannt (Rahm 1996).

Der Grundgedanke der Verteilung und Synchronisation nach dem Primary-Copy-Verfahren ist, dass die Stellen, bei denen die Daten erhoben werden, über eine sogenannte führende Kopie (Primary-Copy) verfügen, auf der die anfallenden Änderungen ausgeführt werden. Diese Änderungen werden protokolliert und in sinnvollen Perioden zur Anpassung des Replikats verwendet. Die zeitlichen Abstände sind dabei von der Anwendung abhängig. Dieses Verfahren wurde erfolgreich von der Vermessungsverwaltung in Form der analogen Fortführungskarte eingesetzt und hat sich für Daten bewährt, die im EDV-Sinne geringe Änderungsraten haben.

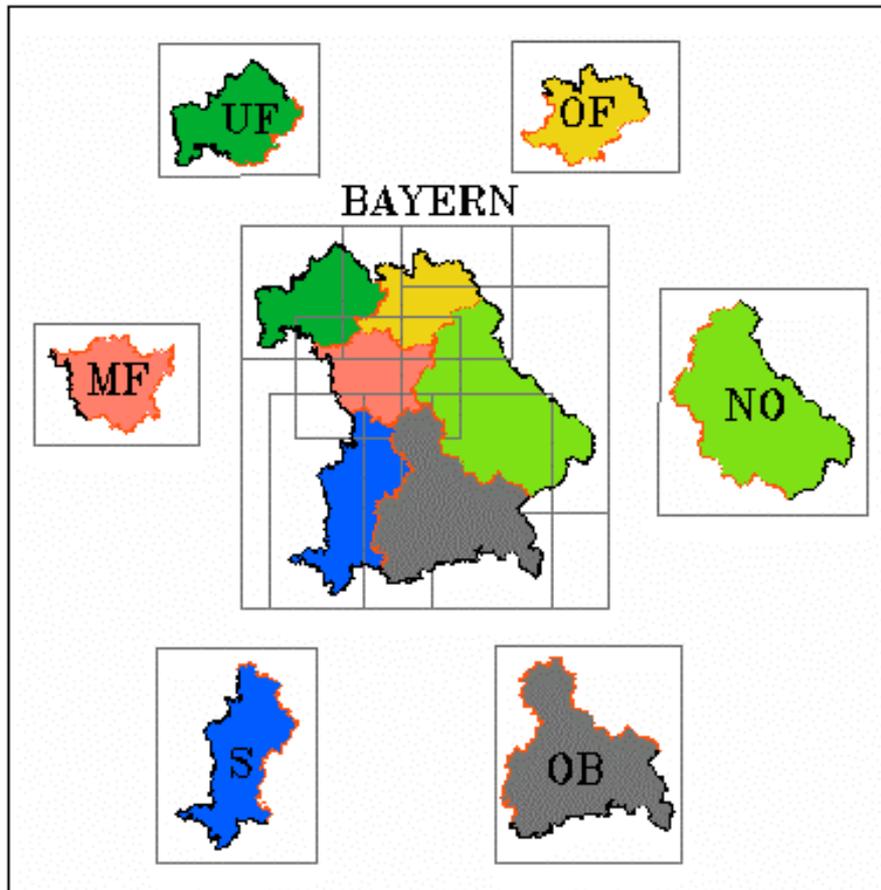


Abb.2-4: Gebietsfragmente, horizontale Gliederung der Geodatenbanken

Dieses Vorgehen wird durch Kosten Nutzenüberlegungen nach der "Methode der Orte hohen Nutzwerts" für redundante Verteilungen von Datenbanken mit der Formel nach Ceri, Pelagatti 1984 bestätigt.

$$N^x(f^k) = \sum_n H_{a^n}^x \times R_{a^n}^x(f^k) - C \times \sum_{i \neq x} \sum_n H_{a^n}^i \times U_{a^n}^i(f^k)$$

N^x = Nutzen am Ort x bezüglich des Fragments f^k

H^x = Häufigkeit des Anwenderprogramms a^n am Ort x

R^x = Anzahl der Lesezugriffe des Anwenderprogramm a^n am Ort x auf das Fragment f^k

U^i = Anzahl der Schreibzugriffe des Anwenderprogramm a^n am Ort i auf das Fragment f^k

C = Konstante für das Verhältnis von Lese- und Schreibzugriffen,

$C \geq 1$, da Schreibzugriffe i.d.R. aufwendiger sind als Leseoperationen

$x, i, k \in \{MF, S, OF, OB, NO, UF, StMLF\}$, n = Anzahl der GIS-Anwendungen

Anmerkung: Die Forderung nach einer Fragmentierung der Geodatenbanken ist Bestandteil des Fachkonzepts, da sie hauptsächlich der Minimierung der Betriebskosten des Systems dient und damit ein Wirtschaftlichkeitsaspekt ist.

Die Methode der Orte hohen Nutzwerts besagt: *„Ein Fragment wird auf all jenen Orten platziert, wo die Kosten der lesenden Zugriffe auf dieses Fragment größer sind, als die Kosten der ändernden Zugriffe der auf die anderen Orte verteilten Applikationen“*. Ein Fragment ist damit an allen Orten vorzusehen, für die N^x positiv ist (Ceri, Pelagatti 1984), d.h. ein Gebietsfragment am Ort x ist sinnvoll, wenn der Nutzen $N^x > 0$ ist. Für das FORST-GIS ergeben sich für alle 6 Gebietsfragmente Werte $N^x > 0$, da keine Schreibzugriffe von anderen FoD erfolgen, für das StMLF sind wegen der vielen Lesezugriffe, alle Fragmente zusätzlich vorzuhalten (Gesamtdatenbank).

Bei der Erfassung von Geodaten in interaktiven Prozessen ist die Leistung der Netze, die für die Übertragung der großen Datenmengen erforderlich ist, ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Einsatz lokaler Teildatenbanken, d.h. die Netzleistung ist heute noch der Engpass, der einen Einsatz von zentralen Geodatenbanken für die Digitalisierung verhindert. Die Vorhaltung eines zentralen Replikats der Datenbank hat neben den vertretbaren organisatorischen Mehrarbeiten, die aufgrund der nötigen Synchronisation entstehen, aber auch Vorteile. Die wichtigsten Vorteile sind, dass der wertvolle Datenbestand an unterschiedlichen Orten auf verschiedenen Rechnern online vorgehalten wird, er damit gut gegen Datenverluste geschützt ist, und dass die Daten zentral für FoD-übergreifende Auswertungen oder externe Nutzungen zur Verfügung gestellt werden können.

2.3.3 Datendichte und Datenprofile

Ein wesentliches Strukturmerkmal für Geodatenbanken sind die Datendichten der forstlichen Flächeninformation. Die Datendichten kann man in Elementen je Flächeneinheit (El/km²) Waldfläche angeben. Für die FBK/STK sind sie in Primär- und Sekundärgeometrie unterteilt. Die Primärgeometrie wird dabei für die exakte Modellierung der Geoobjekte Bestand und Standort benötigt und ist sowohl für ihre kartographische Abbildung als auch für die analytische Auswertung relevant. Zur Sekundärgeometrie werden die übrigen Daten zusammengefasst, die zur Darstellung von Zusatzinformationen und der Ausgestaltung benötigt werden. Für die Berechnung der Durchschnittswerte im FORST-GIS wurden repräsentative Stichproben von jeweils ca. 100.000 ha verwendet.

FBK-Geometrie	Insgesamt	Primär	Sekundär
Punkte (Knoten)	540	210	330
Linien (Kanten)	510	200	310
Flächen	70	50	20
Texte/Symbole	330	0	330
Summe	1450	460	990
STK-Geometrie	Insgesamt	Primär	Sekundär
Punkte (Knoten)	330	230	100
Linien (Kanten)	400	280	120
Flächen	120	100	20
Texte/Symbole	300	0	300
Summe	1150	610	540

Tab.2-3: Datendichten der FBK/STK

Die Digitalisierung von 1 km² FBK/STK erfordert durchschnittlich 1450/1150 Geometrieelemente, für deren Abbildung ca. 2400/2100 Stützpunktkoordinaten (Ortsvektoren) benötigt werden (Tab.2-3). Die Koordinatengenauigkeit ist *„von außen nach innen abnehmend“*. Die Genauigkeit der Staatswaldgrenzen entspricht der Flurkartengenauigkeit, Bestandsgrenzen und Standortsgrenzen sind - als Abgrenzungen natürlicher Übergangsbereiche - unscharf. Für die Abbildung eines Quadrates von 10x10 cm² in der Karte ist somit im Durchschnitt die Eingabe von mehr als 2000 Koordinaten (Ortsvektoren) erforderlich.

Die Datenprofile, gegliedert nach Primär und Sekundärgeometrie, zeigen auch Rationalisierungsmöglichkeiten auf. Die Primärgeometrie, die für die exakte Abbildung der Geoobjekte (Bestand/Standort) erforderlich ist, kann nicht ohne Genauigkeitsverlust des Modells reduziert werden. Die Sekundärgeometrie dagegen, die bei der FBK fast zwei Drittel des Datenbestandes ausmacht, kann durch Vereinfachung der Abbildungsvorschriften m.E. noch erheblich rationalisiert werden.

Für die WFK werden die Datendichten (Tab.2-4) entsprechend der Hauptthemen Wald, Waldfunktionen und amtliche Schutzgebiete gegliedert. Ihre Digitalisierung erfordert durchschnittlich ca. 100 Geometrielemente je Quadratkilometer Wald, für deren Darstellung rund 700 Stützpunkte benötigt werden. Die Koordinatengenauigkeit entspricht der Lagegenauigkeit der Flächenkonturen in der TK50. Entlang linienhafter Objekte (Straßen, Wege, Flüsse) werden die Vegetationsflächen teilweise stark verdrängt und damit zu pessimistisch dargestellt. Bei der Ableitung von Flächengrößen muss auf diese systematische Verfälschung der Flächen durch die Verdrängung Rücksicht genommen werden.

WFK-Geometrie	Insgesamt	Wald	Wald-Funktionen	amtliche Schutzgeb.
Punkte (Knoten)	39.0	18.0	19.5	1.5
Linien (Kanten)	39.4	17.8	20.0	1.6
Flächen	11.0	5.6	5.0	0.4
Texte/Symbole	7.2	0.0	1.2	6.0
Summe	96.6	41.4	45.7	9.5

Tab.2-4: Datendichte der WFK

Zum Vergleich zwischen den beiden Maßstabsbereichen werden die Werte gegenübergestellt (Tab.2-5). Das Ergebnis zeigt, dass die Elementzahl, die nötig ist, um 1 km² des jeweiligen Datenbestandes abzubilden, beim Übergang vom Maßstab 1:10.000 nach 1:50.000 stark abnimmt. Für die Darstellung der kleinermaßstäblichen WFK werden nur etwa 1/15 der Geometrielemente benötigt, die für die Abbildung der FBK oder STK erforderlich sind.

Datenbestand	Forstbetrieb	Standorte	Waldfunktion
Maßstab	1:10.000	1:10.000	1:50.000
Datendichte (El/km ²)	1450	1150	100
Objekte (Flächen)	50	100	10
Knoten / Kanten	410	510	80
Sekundärgeometrie	990	540	10
Stützpunkte	2400	2100	700

Tab.2-5: Elemente je km²

Für die Flächen (M), Knoten (N) und Kanten (K) gilt im FORST-GIS nur annähernd die (siehe 3.3.2)

$$\text{Euler-Charakteristik: } M + N - K = 2$$

da dieselben Konturen für mehrere Flächen (Signaturen) verwendet werden, d.h. "Mehrfachmaschen" vorliegen.

2.4 Kartenproduktion

Die Präsentation von Geodaten als Karten ist nach wie vor ihre wichtigste Darstellungsform. Beim FORST-GIS ist die automationsgestützte Kartenproduktion das Haupteinsatzziel vor der analytischen Nutzung der Daten. Karten werden im GIS als Ableitungen aus demselben Datenmodell betrachtet, das auch Grundlage für die analytischen Auswertungen ist.

2.4.1 Karten als GIS-Produkte

Für die digitale Kartenfertigung auf Basis eines GIS wird erwartet, dass analoge kartographische Ausdrucksformen als Mittel visueller Information durch den Einsatz digitaler Technologie schneller, kostengünstiger und flexibler bereitgestellt werden, als es mit der klassischen Kartentechnik möglich ist (Hake/Grünreich 1995). Der Hauptnachteil analoger Karten ist, dass sie Unikate sind, die man zwar reproduzieren, aber inhaltlich nur begrenzt verändern kann. Digitale Daten dagegen können auf Basis ihrer Bezugseinheiten schnell thematisch variiert und damit mehrfach genutzt werden.

Salitschew (1967) gibt folgende Begriffsbestimmung für die Karte: "Karten sind verkleinerte, generalisierte, erläuterte und **mathematisch bestimmte Abbildungen** der Erdoberfläche in der Ebene, welche die Verteilung, den Zustand und die Zusammenhänge der verschiedenen natürlichen und gesellschaftlichen Erscheinungen zeigen, die entsprechend dem Zweck der Karte ausgewählt und charakterisiert werden." Karten werden unterschieden in topographische Karten, sie zeigen im Wesentlichen Form, Gliederung und Bedeutung des Geländes und thematischen Karten, die vorwiegend Erscheinungen nichttopographischer Art enthalten. Bei diesen Erscheinungen handelt es sich jedoch um Dinge, die mit der Erdoberfläche in Verbindung stehen, also eine georäumliche Lage, Verteilung oder Bewegung besitzen (Imhof 1972).

Die Abgrenzung zwischen den Kartentypen ist nicht scharf, die Einteilung entspricht einem praktischen Gliederungsbedürfnis; topographische Karten sind die Grundlage für alle anderen Karten. Forstkarten gelten nach dieser Einteilung als thematische Karten. Sie werden hier jedoch eingeteilt in Standardkarten (FBK/STK/WFK) sowie Zusatzkarten und thematische Karten im Sinne von Sonderkarten.

2.4.2 Verfahren für die Kartenfertigung

Nach der Digitalisierung eines Projektes (FoA, Lkr) werden die Daten für die weitere Verarbeitung von der zuständigen FoD an die Kartographische Anstalt (KA) des StMLF übergeben. Sie werden dort für die Kartenfertigung (Abb.2-5) in einer Projektdateiabank aufgebaut und verwaltet. Zunächst vergleicht ein Prüfprogramm die Struktur der erfassten Daten mit der vorgegebenen Sollstruktur (Qualitätssicherung). Verifizierbare Abweichungen können automatisch behoben, die übrigen Abweichungen müssen in einem gezielten, interaktiven Prozess durch den Sachbearbeiter in Rücksprache mit dem Kartenredakteur schrittweise geklärt werden.

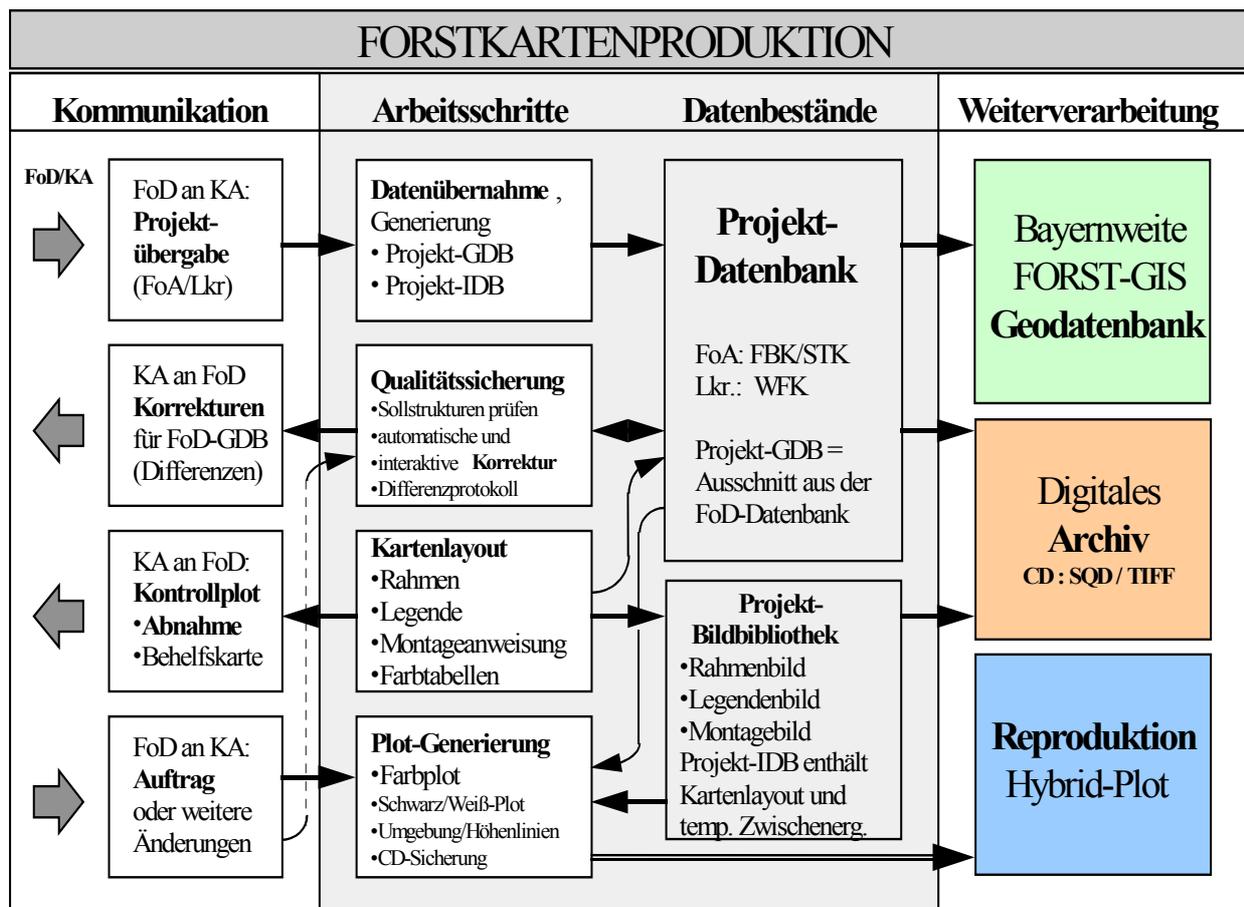


Abb.2-5: Workflow für die Forstkartenreproduktion

Nach Abschluss der Bearbeitung erhält die FoD bei Bedarf ein Änderungsprotokoll (Differenzprotokoll) zur Aktualisierung ihrer Teildatenbank (Synchronisation der Datenbestände) zurück. Die abschließende

Korrektur und Abnahme des Projektes erfolgt durch den verantwortlichen Kartenredakteur (Forsteinrichter, Standortserkunder, Waldfunktionsplaner). Für die Kartenfertigung wird von der KA zu jeder Karte eine Montageanweisung erstellt, die aus dem Rahmenbild, der Legende und den Referenzen auf die betreffenden Datenbankbereiche besteht, die den Karteninhalt bilden. Die Forstbetriebs- und Standortskarte enthalten meist Staatswaldinseln. Damit handhabbare Formate entstehen werden Teildaten oft in Form von Einsatzbildern eingefügt. Nach der Definition des Kartenbildes werden Farbplots mit allen Daten erzeugt. Diese Farbplots dienen den FoD als Grundlage für die Abnahme und Druckfreigabe. Die Farbplots können überdies als Behelfskarten eingesetzt werden bis die endgültige Karte vorliegt.

Eine wichtige zusätzliche Nutzung bei der Ableitung von Forstkarten aus den Geodatenbanken ist die Erstellung thematischer Varianten. So hat bereits die einfache Möglichkeit, Karteninhalte mittels Zuordnung verschiedener Farbtabellen thematisch zu variieren, die Akzeptanz und die Anwendung der Standortdaten wesentlich verbessert. Die Standortskarte wird heute mit zwei zusätzlichen Varianten erstellt, in denen die Standorte mittels Farbzweisung nach den Themen „Technische Befahrbarkeit“ und „Natürliche Waldgesellschaften“ aggregiert werden. Die Erstellung dieser zusätzlichen Produkte erfordert keinen großen Mehraufwand und keine wesentlichen Mehrkosten.

2.4.3 Reproduktion mittels hybridem Plotten

Die Wahl des Reproduktionsverfahrens für eine Karte hängt von ihrer Auflage, ihrem Format und ihrer inhaltlichen Gestaltung ab. Forstkarten sind wegen ihrer relativ geringen Auflage, Formate bis DIN A0 und vielen Flächenfarben sehr aufwendig in ihrer Herstellung. In den letzten Jahrzehnten wurden sie ausschließlich über Mehrfarboffsetdruck vervielfältigt. Als Alternative wurde 1995 die Möglichkeit der Ausgabe mittels hybridem Plotten untersucht und nach erfolgreichem Test zunächst für die FBK und dann für alle Forstkarten eingeführt.

Bis 1995 wurden die Forstkarten im Offsetverfahren mit 8 - 12 Farben gedruckt. Für die Erstellung der Druckvorlagen mussten dazu, nach erfolgter Druckfreigabe, die Daten in Farbauszügen (FBK-Hochgebirge bis zu 22 verschiedene Farben) zerlegt und auf Folienmaterial geplottet werden. Die Farbauszüge bildeten die Grundlage für die reprotechnische Weiterverarbeitung zu Farbdeckern. Für die Gebrauchskarte waren das Umgebungsdetail und die Höhenlinien hinzuzufügen. Dieser teure und aufwendige Weg für die analoge Ausgabe der FBK wurde 1995 durch die Reproduktion mittels hybridem Plotten abgelöst. Bei der STK erfolgt die Erstellung des Kartenlayouts analog zur FBK, es ist zusätzlich eine umfangreiche Legende anzufertigen. Die STK wird nur in einer Auflage von ca. 20 Karten erstellt, sie wird wie die FBK hybrid geplottet. Die WFK wird in einer Auflage von 300 - 400 Exem-

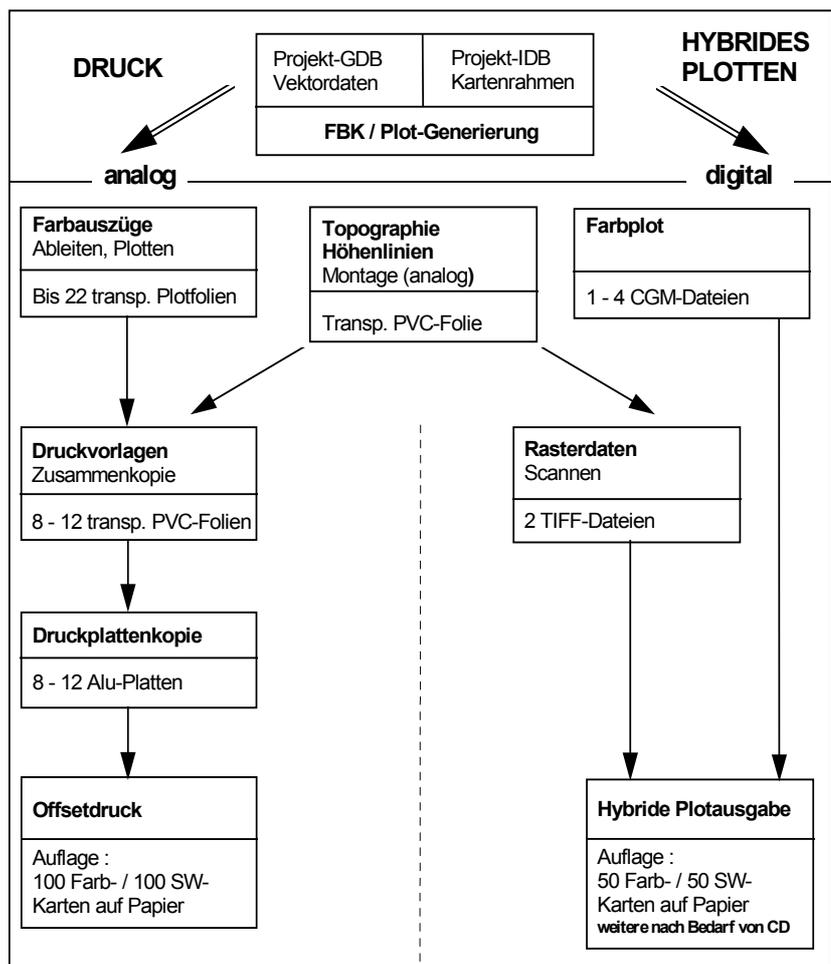


Abb.2-6: Gegenüberstellung Druck / hybrides Plotten für die FBK

plaren benötigt. Die Karte wurde deshalb nach wie vor mittels Offsetdruck gefertigt. Nach erfolgreichen Versuchen konnte 1997 auch die Reproduktion der WFK auf das hybride Plotten umgestellt werden.

Die hybride Verarbeitung von Geodaten ist für die Plotausgabe seit etwa 1990 im Einsatz. Für die Reproduktion der Forstkarten konnte das Verfahren jedoch erst in Betracht gezogen werden, als Plotter auf den Markt kamen (1995), die über ausreichende Kopiergeschwindigkeiten verfügten, um sie für eine kleinere Kartenaufgabe (50 - 100 Kopien) einsetzen zu können. Plotter wurden bis dahin nur für die Ausgabe von Einzelexemplaren oder einigen Kopien verwendet; für ihren wirtschaftlichen Einsatz an der Stelle eines Druckverfahrens für kleine Auflagen war eine schnelle Kopierfunktion mit einer Wiederholfrequenz von mind. 10 Karten/Stunde unabdingbar.

Beim hybriden Plotten werden Raster- (Bildpunkte, Pixel) und Vektordaten (Punkte, Linien, Flächen) gemeinsam verarbeitet. Die Ausgabe erfolgte zunächst auf Elektrostplottern und heute auf Hochleistungstintenstrahlplottern in den Farben: cyan, magenta, gelb und schwarz, dem sogenannten subtraktivem Farbmischverfahren (CMYB). Die Plotsoftware vereinigt dazu die Raster- und Vektor-Eingaben zu einem hybriden Plotauftrag und erzeugt daraus zunächst eine digitale Karte im TIF-Format. Die digitale Karte kann als Zwischenprodukt für weitere Nutzungen auf CD gespeichert werden. Die Auflösung der eingesetzten Plotter beträgt 600 Bildpunkte pro Inch (2.54 cm), sie wird dann mit 600 dpi (Dots per Inch) bezeichnet. Für die analoge Ausgabe können viele verschiedene Papiere, Folien und Tinten, je nach Anforderung und Einsatz des Produktes, verwendet werden.

Vorteile bei der Kartenproduktion mittels hybridem Plotten:

- Vollständige Integration in das GIS
- Zeitersparnis durch Wegfall von Arbeitsschritten
- Produktion sofort nach Abnahme durch den Karten-Redakteur
- Vergabeproblematik für den Druck von sehr großformatigen Farbkarten mit kleinen Auflagen entfällt
- Einfache Variation der Darstellung (Farben, Inhalt) zu Themenvarianten
- Einsparung von ca. 40 Folien und Druckplatten
- Mehrfachverwendung der Topographie bei FBK/STK und WFK/FÜK (Synergien)

FBK: Gesamtkosten für 1 Karte DIN A0, Auflage FBK 50 Farbe/50 SW		DM
Druckkosten (100/100) früher:		10.930
Kostenersparnis durch Hybrid-Plot (100/100)	58% (-6.680)	4.250
Modifikation der Auflage (50/50)	65% (-7.430)	3.500
Einsparung bei Mitverwendung für die STK	75% (-8.200)	2.730

Auflage (1995-01): **FBK: 83 FoA mit 393 Karten**
STK: 23 FoA mit 98 Karten + Themenkarten
Einzelkarten (Plots) **45.000**

WFK: Gesamtkosten für 1 Karte DIN A0, Auflage WFK 400 Farbe		DM
Druckkosten früher:		15.750
Kostenersparnis durch das Hybrid-Plot	55% (- 8.600)	7.150
Einsparung bei Mitverwendung für die FÜK	67% (-10.500)	5.250

Auflage (1998-01): **WFK: 56 Lkr mit 75 Karten**
FÜK: 46 Lkr mit 57 Karten
Einzelkarten (Plots) **40.000**

Nach der Einführung des Hybridplots für die Kartenreproduktion werden nunmehr alle Forstkarten, von der Digitalisierung bis zur analogen Ausgabe auf Papier, in vollständig digitalen Prozessen erstellt. Dieses neue Verfahren (Abb.2-6) beschleunigt die Kartenreproduktion erheblich und erspart mehr als die Hälfte der ursprünglichen Druckkosten; zudem können die aufwendigen Zwischenprodukte, bis zu 40 Folien und Druckplatten je Karte, eingespart werden.

2.5 Übersicht zum Projektverlauf

Das FORST-GIS wurde seit dem Beschluss zur Einführung eines forstlichen Geoinformationssystems bei der Bayerischen Staatsforstverwaltung 1990 phasenweise in die Produktion eingeführt (Tab.2-6), wobei die Hauptanwendungen in drei Ausbaustufen zusammengefasst sind.

SYSTEM Auswahl		
<i>(Beginn der Systemeinführung: 1.1.1991)</i>		
0	(02/88-12/90)	Systemauswahl und Beschluss der Projektgruppe FORST-GIS
1	(01/91-12/91)	Installation StMLF, Pilotprojekte FBK/STK/WFK
2	(01/92-12/93)	Installation FoD , Testprojekte Schwerpunkt FBK
SYSTEM 1993		
<i>(Stichtag für den Produktionsbeginn: 1.1.1993)</i>		
3	(01/93-12/93)	Teilproduktion (FoD OB, NO, S und KA)
4	(01/94-12/00)	Vollproduktion (alle FoD und KA) erste Ausbaustufe: „automationsgestützte Kartenproduktion“
5	(01/94-offen)	Entwicklungsschwerpunkt zweite Ausbaustufe: „Thematische Karten und Flächenanalysen“
6	(06/95-06/97)	Umstellung der Kartenreproduktion vom Offsetdruck auf das hybride Plotten
SYSTEM 2000		
<i>(Stichtag für den Produktionsbeginn: 1.7.2000)</i>		
7	(01/98-12/00)	Migration des FORST-GIS
8	(07/99-06/00)	Installation der neuen FoD-Anlagen Teilproduktion (alle FoD)
9	(07/00-03/01)	Installation der neuen Anlagen für GIS-DB und KA
10	(ab 04/01)	Vollproduktion (alle FoD und KA), Konzepte für neue Möglichkeiten der Datendistribution digitaler Karten im Intranet
11	(ab 01/02)	Digitale Karten in verschiedenen Datenformaten

Tab.2-6: Projektverlauf FORST-GIS

Neben der rationellen Produktion der Forstkarten sind die umfangreichen Geodaten, die im Rahmen dieser Arbeit entstanden sind, ein weiterer Nutzen. Sie bilden die Bestandsdatenbank mit allen wichtigen forstlichen Geobjekten, die bisher erfasst wurden und bilden die Basis neuer Anwendungen für überbetriebliche Zwecke, z.B. als Entscheidungsgrundlage für Waldbaukonzepte oder als Argumentationshilfe für die Forstpolitik und die Privatwaldförderung (Fuchs/Lother 1998).

Die Einführung und Entwicklung der ersten Ausbaustufe dauerte ca. zwei Jahre, das FORST-GIS wird seit 01/1993 zur automationsgestützten Kartenproduktion eingesetzt, seit 01/1994 werden alle Karten ausschließlich digital erstellt. Das System arbeitet damit seit 10 Jahren in Produktion, alle vorgesehenen Projekte wurden termingerecht bearbeitet, der eingesetzte Personalstand konnte den Prognosen entsprechend verringert werden. Die Rückstände in der Kartenproduktion sind aufgearbeitet worden, durch die Umstellung auf das hybride Plotten konnten zusätzlich erhebliche Mittel für die Reproduktion der Forstkarten eingespart werden.

In 9 Produktionsjahren, seit Produktionsbeginn 1/1993 bis 12/2001 wurden die in Tab.2-7 angegebenen Geodatenbestände mit dem FORST-GIS erfasst:

Datenbereich	FBK	STK	WFK	FÜK	Wald
Organisation	140 FoA	129 FoA	71 Lkr	71 Lkr	71 Lkr
Basisobjekt	Bestand	Standort	Funktion	Besitzart	Waldfläche
Raumbezug (GK)	FK5/TK25	FK5/TK25	TK50	TK50	TK50
Maßstab	1:10.000	1:10.000	1:50.000	1:50.000	1:50.000
Fläche (km ²)	8.500	6.300	23.750	23.750	23.750
Erfassungstand	6.500	2.500	vollständig	41 Lkr	vollständig
Basisobjekte	146.000	22.000	128.200	112.300	166.000
Geo-Elemente (Mio.)	9,7	2,7	1,5	0,8	1,2
Koordinaten (Mio.)	15,0	4,2	7,5	4,5	7,2
Datendichte(GE/km ²)	1.465	1.080	61	60	50
Flächen (Teilobjekte)	50	100	5	8	7
Knoten/Kanten	425	480	46	41	43
Sekundärgeometrie	990	500	10	1	0

Tab.2-7: Erfassungsstand FORST-GIS 12/2001 in Fläche

Der Aufwand für die Ersterfassung aller FoA beträgt ca. 40-50 Mannjahre. Die Digitalisierung wird von den FoD durchgeführt. Die Datengewinnung ist aus wirtschaftliche Gründen an die Fertigung der wichtigsten Forstkarten gekoppelt. Daraus folgt, dass für den Kerndatenbereich Forsteinrichtung erst nach Ablauf einer Forsteinrichtungsperiode von 10 Jahren für die gesamte Staatswaldfläche Basisdaten zur Verfügung stehen werden (Abschluss geplant 2003).

Die Anwendungen für die folienorientierte Erst- und Neuerfassung von Projekten wurden in Abhängigkeit des Mengengerüsts für die einzelnen Arbeitsschritte und aufgrund der Erfahrungen bei der Digitalisierung optimiert. Die Fortführung einzelner Daten erfolgt objektbezogen. Bereits seit 1994 wird an der Mehrfachnutzung der Datenbestände und der Erfassung ergänzender Geodaten für neue Anwendungen gearbeitet. Wichtige Themenbereiche wurden realisiert und in die Produktion eingeführt, dies sind Verfahren für:

- Flächenberechnung und Abgleichung für Bestände und Standorte
- Zusatzkarten zur FBK (Naturschutzzusatzkarte, Wegekassenkarte, Moorpflegekarte)
- Thematische Varianten zur STK (Natürliche Waldgesellschaften, Technische Befahrbarkeit)
- Schutzwaldsanierungskarte auf Luftbildbasis
- Organisationsübersichten (1:50.000 und 1:200.000)
- Forstliche Übersichtskarte mit den Waldbesitzarten (1:50.000 und 1:200.000)
- Übersichten über die FFH/SPA-Gebiete (1:200.000)
- Forsthauptkarte (1:5.000)
- Darstellung von Inventurergebnissen in Form eines Rasters (Grid)
- Analytische Flächenverschnidungen (z. B. Bestand x Standort)
- Flächenstatistiken mit thematischen Übersichten für die WFK

Schwerpunkt der weiteren Entwicklung des FORST-GIS ist die Distribution der umfangreichen Geodatenbestände für Anwendungen im Forstamt und in den Forstdienststellen. Hier ist geplant, die Daten in geeigneten Grafikformaten gemeinsam mit den benötigten Applikationen im Intranet der StFoV bereitzustellen (siehe Ausblick).

3 Modellierung forstlicher Geodaten

Das optimale Design der Geodaten im FORST-GIS ist die grundlegende Voraussetzung für ein hohes Informationspotential und damit für ein breites Einsatzspektrum der Geodatenbank. Aus wirtschaftlicher Sicht, insbesondere wegen des Umfangs der Datenerfassung, ist jedoch darauf zu achten, dass die verwendete Datenstruktur einerseits komplex genug ist für die Wiedergabe der tatsächlich existierenden Beziehungen in dem zu modellierenden Sachverhalt, andererseits einfach genug ist für einen effizienten und performanten Betrieb des Systems. Versäumnisse bei der Datenmodellierung können später oft nur mit großem Aufwand ausgeglichen werden, deshalb ist ein sorgfältiger, bedarfsgerechter Entwurf der Datenstruktur eine wichtige Voraussetzung, besonders für langfristig angelegte Bestandsdatenbanken.

Bei der Konzeption und dem Entwurf von Geodatenmodellen werden zunehmend vier statt drei Datenbankschemata (siehe 1.2.1) genannt. Das konzeptionelle Schema wird weiter aufgeteilt in das eigentliche, abstrakte konzeptionelle Schema, das von der Realisierung unabhängig ist, und in das logische Schema zur konkreten Modellierung der Geodaten, das vom jeweilig eingesetzten Datenbanksystem abhängig ist. Diese Gliederung des Entwurfs wird auch im FORST-GIS verwendet, daraus resultieren vier Sichten auf die Datenbank mit folgendem Inhalt:

- **Externes Schema:** Die fachliche Benutzersicht (Teilsichten) ergibt sich aus der Inhaltsanalyse der relevanten Forstkarten und ergänzender Datenquellen, im Kontext der Fachanforderungen.
- **Konzeptionelles Schema:** Die konzeptionelle Gesamtsicht „Forstamtmodell“ entsteht aus der Synthese der fachlichen Teilsichten und umfasst die Gliederung der Gesamtsicht in Themen und Folien sowie die Strukturierung mit Geoobjekten für wichtige Entitäten. Das Gesamtmodell wird entsprechend bestehender Informationssysteme fragmentiert und es werden die nötigen Datenschnittstellen zwischen den Fragmenten vorgesehen.
- **Logisches Schema:** Der logische Entwurf des Datenmodells mit Themen, Folien und Geoobjekten auf Basis der in den eingesetzten GIS- und Datenbankprodukten verfügbaren grundlegenden Datenstrukturen Geometrieelement und Tabelle (Tupel).
- **Internes Schema:** Die physikalische Sicht beschreibt die Implementierung und Generierung der Geodatenbanken mit dem RDBMS Oracle in Kombination mit der Geodatenbankextension SICAD-GDB auf Ebene der Produkte.

Die Aufteilung der Gesamtsicht einer Datenbank in das konzeptionelle und das logische Schema hat den Vorteil, dass der konzeptionelle Entwurf in einer von der Realisierung unabhängigen Form erfolgen kann. Wegen ihres engen Bezugs zu Objekten der Fachwelt werden dafür heute objektorientierte Entwurfsmechanismen, wie z.B. UML (Unified Modeling Language, Rumbaugh/Booch/Jacobson 1999) oder OMT (Object Modeling Technique, Partsch 1998) bevorzugt, die auch als semantische Datenmodelle bezeichnet werden. Anschließend wird dann der logische Entwurf mit der für das ausgewählte Datenbanksystem verfügbaren Entwurfssprache, dies ist meist die Datendefinitionssprache (DDL) der jeweiligen Datenbank, abgeleitet. Wie ein Objekt und seine Beziehungen aus dem konzeptionellen Schema in das logische Schema überführt werden kann, hängt von den Modellierungsmöglichkeiten ab, die das eingesetzte Datenbanksystem zur Verfügung stellt. Die Modellierung von Objekten, insbesondere die von Geoobjekten, ist nicht standardisiert, proprietäre Lösungen sind deshalb immer noch die Regel. Nachfolgend wird ein Überblick über das Design der Geodaten im FORST-GIS gegeben, das die Daten sowohl aus thematischer Sicht als auch aus Objektsicht strukturiert, da beide Datenstrukturen wichtige Möglichkeiten für den effizienten, selektiven Zugriff unterstützen.

3.1 Quellen für die Geodaten in der Forstverwaltung

Die externe Teilsicht der Daten ergibt sich aus der Erhebung der Anforderungen der Fachanwender sowie den dafür erforderlichen Informationsquellen und Verfahren unter den Rahmenbedingungen, die sich aus den mittel- und langfristigen strategischen Zielen des FORST-GIS ableiten. Der Schwerpunkt des FORST-GIS liegt in der räumlichen Modellierung von Forstämtern aus betrieblicher Sicht. Dazu sind geeignete Datenmodelle erforderlich, die in Geodatenbanken verwaltet werden sollen. Aus diesen Geodaten sind dann einerseits die benötigten Forstkarten abzuleiten, andererseits sollen sie als

Raumbezugsbasis für thematische Auswertungen in Verbindung mit ergänzenden Daten eingesetzt werden können. Für die Ermittlung der relevanten Geodaten eines Forstamts, wurden die wichtigsten Quellen von *Hamberger, Neft, Lothar 1994* zusammengestellt und gegliedert in interne Daten für den Forstbetrieb, öffentliche Daten für die forstliche Rahmenplanung, amtliche Geobasisdaten und sonstige Geodaten. Die geometrisch/topologische Abbildung von Forstflächen soll die bereits vorhandenen alphanumerischen Informationssysteme um die räumliche Struktur der Geobjekte ergänzen, als Grundlage für thematische Darstellungen und analytische Auswertungen.

3.1.1 Datenquellen für den Forstbetrieb

Die internen Datenquellen für den Forstbetrieb werden nur für die Staatswaldflächen und die sonstigen Flächen der Forstverwaltung geführt, dies sind in Bayern ca. 850.000 ha. Die Forstbetriebsdaten bilden entsprechend der Zielsetzungen des FORST-GIS (2.1) seine Kerndatenbestände, zu ihnen gehören die Begangs- und Inventurdaten der Forsteinrichtung sowie die Standortkartierung (Kartenausschnitte zu den Daten befinden sich in der Anlage 1).

Forstbetrieb / Begang

Bereich / Projekte:	Staatsforste in Bayern (850.000 ha), Forstamt
Geoobjekt:	Bestand (elementarer Bezugsraum)
Struktur:	1 bis n Bestandsteiflächen, die semantisch und topologisch verknüpft sind
Identifikation:	Epoche/Bestandsschlüssel (bayerweit eindeutig), Raumbezug
Persistenz:	1 FE-Periode, für eine Epoche von 10 Jahren aktiv, unbegrenzte Historie
Aggregate:	Unterabteilung, Abteilung, Distrikt, Forstamt
Raumbezug / Georeferenz:	Amtliche GK-Koordinaten (12 ^o -Meridian), FK5-Blattecken oder DFK
Semantische Beziehungen:	Inventurdaten, bestandsbezogene Fachdaten
Topologische Beziehungen:	Bestandsteiflächen derselben Epoche über Knoten und Kanten
Teildatenbestand:	Forstbetriebskarte (FBK)
Geoobjekt:	Bestand mit Schnittstelle zum Begang
Datentyp:	Vektordaten, Flächen (Polygone) mit Maschen-Topologie, Tabelle
Maßstab/Auflösung:	1:10.000 / 1:5.000-1:10.000
Datenhaltung:	Geodatenbanken (StMLF/zentraler GDS, Projekt-GDB der FoD)
Datenschnittstelle / Mengengerüst:	GDB-SQD (schlüsselwortorientiert / ASCII), ca. 10 kB/ha, 1450 Elemente/km ²
Stand der Erfassung:	6/2002: Ersterfassung 670.000 ha, geplanter Abschluss 2004 6/2002: Zweiterfassung 10.000 ha, Beginn in 2002
Teildatenbestand:	Begang
Datentyp:	Tabellen, waldbauliche Attribute
Datenhaltung:	Datenbank (StMLF-FE/DB)
Implizite Georeferenz:	über Bestand in FBK
Datenschnittstelle / Mengengerüst:	GDB-SQD (schlüsselwortorientiert / ASCII), ca. 2 kB/ha (aggregierter Auszug)
Stand der Erfassung:	2 Epochen vollständig
Join für Teildaten:	Epoche/Bestandsschlüssel zum Stichjahr der Forsteinrichtung

Standortserkundung

Bereich / Projekte:	Staatsforste in Bayern ohne Hochgebirge (626.000 ha), Forstamt
Geoobjekt:	Standortseinheit
Struktur:	1 bis n Standortsteiflächen, die semantisch und topologisch verknüpft sind
Identifikation:	Wuchsgebietsgliederung/Standortsschlüssel, Raumbezug
Persistenz:	unbegrenzt
Aggregate:	Wuchsgebiet, Forstamt
Raumbezug / Georeferenz:	Amtliche GK-Koordinaten (12 ^o -Meridian), Übernahme aus FBK (Grenzen, Wege)
Topologische Beziehungen:	Standortsteiflächen über Knoten und Kanten
Datentyp:	Vektordaten, Flächen (Polygone) mit Maschen-Topologie, Tabellen
Maßstab/Auflösung:	1:10.000 / 1:10.000
Datenhaltung:	Geodatenbanken (FoD-Projekte, zentraler GDS)
Datenschnittstelle / Mengengerüst:	GDB-SQD (schlüsselwortorientiert / ASCII), ca. 10 kB/ha, 1150 Elemente/km ²
Stand der Erfassung:	6/2002: 280.000 ha, Abschluss geplant 2005

Forstbetrieb / Inventur

Bereich / Projekte:	Staatsforste in Bayern (850.000 ha), Forstamt
Geoobjekt:	Inventurkreis mit Schnittstelle zur Inventur
Struktur:	Rasterpunkt (Grid, Node), Tabellen
Identifikation:	Epoche/Bestandsschlüssel/Inventurgitterindex, Raumbezug
Persistenz:	aktiv für eine Epoche von 10 Jahren, unbegrenzte Historie
Raumbezug / Georeferenz:	Bayernkoordinaten (modifizierte Soldnerkoordinaten), Georeferenz durch Transformation in das amtliche GK-System
Semantische Beziehungen:	Bestand über Epoche/Bestandsschlüssel
Topologische Beziehungen:	keine
Teildatenbestand:	Inventur
Datentyp:	Tabellen, waldbauliche Attribute
Datenhaltung:	Datenbank (StMLF-FE/DB)
Datenschnittstelle / Mengengerüst:	GDB-SQD (schlüsselwortorientiert / ASCII), ca. 0.2 kB/ha
Stand der Erfassung:	2 Epochen vollständig
Teildatenbestand:	Inventurraster , wird bei Bedarf aus den Koordinaten-Attributen temporär generiert und mit Tabellen verbunden (transiente Instantiierung)
Join für Teildaten:	Epoche/Bestandsschlüssel/ Inventurgitterindex

Die Daten des Begangs und der Standortserkundung beziehen sich auf reale Flächen, die Inventurdaten dagegen sind nur als Raster verfügbar, das eine statistische Erhebung in Stichproben repräsentiert. Die Inventurdaten liefern nur bei großräumiger Betrachtung signifikante Aussagen und Ergebnisse, sie können nicht kleinräumig aggregiert werden. Ihre räumliche Darstellung zeigt jedoch Clusterbildungen (Abb.3-1) entsprechend der räumlichen Häufung gleichartiger Merkmale. Inventurdaten werden nicht persistent vorgehalten, sondern je nach Bedarf aus der Forsteinrichtungsdatenbank (FE/DB) übernommen und in Form eines Rasters (Grid) als Grundlage für thematische Darstellungen aufbereitet. Dabei erfolgt die Transformation ihres Raumbezugs in das amtliche GK-System und eine Darstellung des Grids in Abhängigkeit von der Maschenweite des Inventurgitters. Die benötigten Tabellen sind vorzusehen, werden jedoch erst für ein Projekt instantiiert.

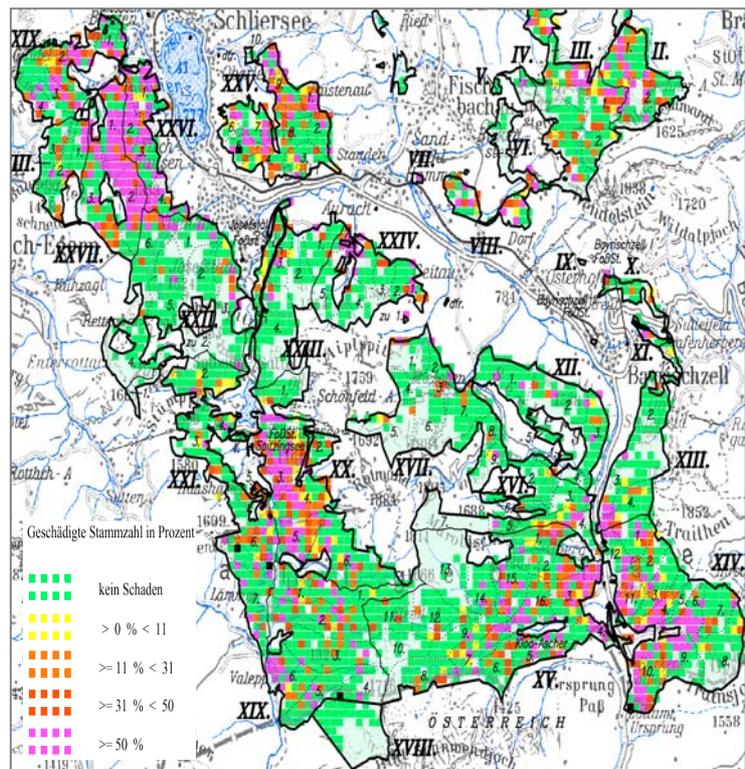


Abb.3-1: Inventurdaten

Die Kerndatenbereiche für die forstliche Flächeninformation im Staatswald sind geometrisch über ihren gemeinsamen Raumbezug verknüpft, teilweise liegen zusätzlich auf Ebene der Tabellen semantische Beziehungen vor. Die drei Themen sind ansonsten unabhängige Objektbereiche, die für kartographische Darstellungen aufgrund ihres gemeinsamen Raumbezugs überlagert und gemeinsam dargestellt werden können. Für Analysen ist ihre geometrische Verknüpfung, z.B. mittels einer Verschneidungsoperation erforderlich (Abb.3-h), um Auswertungen nach Attributen aus beiden Themen zu ermöglichen.

Betriebswirtschaftliche Daten: Die Integration von betriebswirtschaftlichen Daten, kann z.B. zur raumbezogenen Visualisierung von Kosten für Pflegemaßnahmen oder den Erträgen aus der Holzwirtschaft verwendet werden. Für solche Anwendungen liegen derzeit noch keine konkreten, standardisierbaren Fachanforderungen vor. Anfragen müssen projektspezifisch gelöst werden. Im Datenmodell des FORST-GIS ist jedoch die Integration solcher Daten in Form einer Schnittstelle

vorgesehen. Wichtige Bezugsräume für thematische Darstellungen sind der Bestand oder seine Aggregation Abteilung.

Bereich / Projekte:	Staatsforste in Bayern (850.000 ha), Forstamt
Datentyp:	Tabellen, betriebswirtschaftliche Attribute
Datenhaltung:	Datenbanken der Forstämter
Persistenz:	laufende Änderung
Implizite Georeferenz:	über Bestand oder Abteilung in FBK (Organisation)
Datenschnittstelle:	nicht definiert (projektspezifische Tabellen in ASCII-Format)
Stand der Erfassung:	vollständig, aktuell
Themenbereiche:	Jahresbetriebsplanung, Betriebsbuchhaltung, Holzeinschlag, ...
Join für Teildaten:	Attribute mit der Organisation

Zusatzkarten: Für die Dokumentation von Maßnahmen im Forstbetrieb, für die Schutzwaldsanierung und naturschützerischen Belange werden von der StFoV noch weitere Karten geführt. Wichtige Zusatzkarten sind die Schutzwaldsanierungskarte im Hochgebirge und die derzeit neu zu erstellende Lebensraumtypenkarte für das Monitoring von FFH/SPA-Gebieten sowie Pflege-, Astungs- und Düngekarten im Forstamt.

Thema:	Schutzwaldsanierungskarte
Bereich / Projekte:	Hochgebirge (ca. 130.000 ha), Forstamt
Geoobjekte:	Schutzwald- / Maßnahmenfläche
Struktur:	Vektordaten, Flächen (Polygone) mit Maschen-Topologie
Identifikation:	Sanierungsgebiets-/Maßnahmenflächennummer
Persistenz:	dauerhaft, geringe Änderungen, keine Historie
Raumbezug / Georeferenz:	Amtliche GK-Koordinaten (12 ^o -Meridian), FK5-Blattecken oder DFK
Maßstab/Auflösung:	1:10.000 / 1:10.000
Datenhaltung:	Geodatenbanken (FoD-Projekte, zentraler GDS)
Datenschnittstelle:	GDB-SQD (schlüsselwortorientiert / ASCII)
Stand der Erfassung:	6/2002: 7 von 14 Forstämtern

Thema:	Lebensraumtypenkarte
Bereich / Projekte:	Wald in Bayern , FFH/SPA-Gebiet (ca. 400)
Struktur:	Vektordaten, verschnittene und aggregierte Auszüge aus FBK und STK
Raumbezug / Georeferenz:	Amtliche GK-Koordinaten (12 ^o -Meridian)
Maßstab:	1:10.000 - 1:25.000
Datenhaltung:	Projektdateien als ArcView-Shapes
Stand der Erfassung:	in Vorbereitung, Laufzeit der Ersterfassung 2003-2007

Thema:	Pflege-, Astungs- und Düngekarten
Bereich / Projekte:	Forstamt , kartenorientiert
Bezugsobjekt:	Bestand oder Abteilung
Struktur:	Attribute
Datenquelle:	analoge Karten an den Forstämtern
Bewertung:	Diese kartographischen Daten liegen nur in analoger Form am Forstamt vor. Für ihre Integration wäre ihre Digitalisierung erforderlich.

Die Integration dieser Zusatzdaten kann allein über ihren Raumbezug als ergänzende Themen erfolgen. Für die Ableitung von Karten können die Daten ganz oder teilweise anderen Themen überlagert werden um die gewünschten Auswertungen in einem gemeinsamen View zu erstellen. Die analog vorliegenden Daten müssen je nach Bedarf als Rasterdaten oder als Vektordaten erfasst und georeferenziert werden.

3.1.2 Datenquellen für die forstliche Rahmenplanung

Die forstlichen Rahmenpläne mit den Waldfunktionen oder der Waldbesitzarten sind wichtige Strukturinformationen für ein Forstamt. Die Daten liegen nur kleinmaßstäblich (1:50.000) vor, so dass ihre Kombination mit den primären Datenquellen des Forstbetriebs (1:10.000) nur bedingt möglich ist. Es sind öffentlich-rechtliche Datenbestände, die für das gesamte Staatsgebiet geführt werden.

Forstorganisation

Bereich / Projekte:	Staatsgebiet Bayern (ca. 7.050.000 ha), Regierungsbezirk
Identifikation:	Raumbezug
Persistenz:	laufende Änderung, Historie (jährlicher Stand zum Stichtag 1.7.)
Struktur:	Vektordaten, Linien (Polyline), Bedeutung über Folie (Ebene)
Aggregationen:	Bayern
Raumbezug:	Amtliche GK-Koordinaten (12 ^o -Meridian)
Maßstab/Auflösung:	1:50.000 / 1:50.000
Erfassung:	vollständige Epochen 2000, 2001, 2002

Waldfunktionen / Wald / Waldbesitzarten

Bereich / Projekte:	Staatsgebiet Bayern (ca. 7.050.000 ha / 2.375.000 ha Wald), Landkreis
Basisobjekte:	Funktions- / Wald-/ Besitzartenfläche
Identifikation:	Raumbezug
Persistenz:	dauerhaft, geringe Änderungen, keine Historie
Struktur:	Vektordaten, Flächen (Polygon), Bedeutung über Folie (Ebene)
Raumbezug:	Amtliche GK-Koordinaten (12 ^o -Meridian)
Aggregationen:	Regierungsbezirk, Bayern
Maßstab/Auflösung:	1:50.000 / 1:50.000
Erfassung:	Waldfunktionen und Wald vollständig, Waldbesitzarten 51 Landkreise
Bewertung:	Die Kombination mit Daten aus der Forsteinrichtung ist wegen des großen Unterschieds in der Auflösung (1:10.000/1:50.000) nur bedingt möglich.

Hanglabilitätskarte

Bereich / Projekte:	Hochgebirge (ca. 130.000 ha), kartenorientiert
Struktur:	Vektordaten, Linien (Polyline)
Maßstab/Auflösung:	1:25.000 / 1:25.000
Datenhaltung:	Dateien (StMLF)
Datenschnittstelle:	ARC/INFO (Export-Format)
Bezugssystem:	nicht einheitlich, Bildkoordinaten
Stand:	ca. 1991, nicht aktuell
Bewertung:	Die Daten liegen in digitaler Form vor, haben jedoch kein einheitliches Bezugssystem und sind nicht aktuell.

Amtliche Schutzgebiete und FFH/SPA-Gebiete:

Bereich:	Staatsgebiet Bayern (ca. 7.050.000 ha / 2.375.000 ha Wald)
Identifikation:	Raumbezug
Struktur:	Vektordaten, Flächen und Linien, Bedeutung über Folie(Ebene)
Raumbezug:	Amtliche GK-Koordinaten (12 ^o -Meridian)
Maßstab/Auflösung:	1:50.000 / 1:25.000 – 1:50.000
Erfassung:	vollständig, nachrichtlich von der Umweltverwaltung übernommen
Bewertung:	Die Kombination mit Daten aus der Forsteinrichtung ist wegen des großen Unterschieds in der Auflösung (1:10.000/1:50.000) nur bedingt möglich.

Die nachrichtliche Übernahme der amtlichen Schutzgebiete und der FFH/SPA-Gebiete aus dem Raumordnungskataster (ROK) der Umweltverwaltung kann direkt in der Datenschnittstelle GDB-SQD erfolgen, da die Umweltverwaltung (www.stmlu.bayern.de) das ROK ebenfalls mit SICAD führt.

3.1.3 Amtliche Datenquellen für den Raumbezug

Für die Aufgaben der FoA werden eine Reihe von Kartengrundlagen benötigt, die von anderen Institutionen geführt werden. Diese Stellen gehen zunehmend dazu über, ihre Daten in digitaler Form zur Verfügung zu stellen. Mittelfristig werden von der Vermessungsverwaltung, den Naturschutzbehörden, aber auch von privaten Forsteinrichtern und Standortserkundern digitale Daten angeboten. Für ihre Verwendung im FORST-GIS sind geeignete Datenschnittstellen von zentraler Bedeutung. Je nach Format der Daten (Vektoren, Attribute, Bilder) werden entsprechende Datenschnittstellen für ihre Übernahme benötigt. Wichtige Schnittstellen für Vektordaten sind die Formate SQD, SHAPE, DXF für Bilddaten die Formate TIFF, PNG, JPEG. Voraussetzung für ihre Integration ist, dass die Daten dasselbe Raumbezugssystem wie das FORST-GIS verwenden oder durch Transformation überführt werden können. Die metrische Genauigkeit und die Auflösung der Daten müssen im Kontext des jeweiligen Projektes ausgewählt, untersucht und bewertet werden.

Besondere Bedeutung für GIS-Anwendungen haben die amtlichen Daten der Vermessungsverwaltung, da sie die Basis für flurstücks- und topographiebezogene Geodaten sind und den Anschluss an das amtliche Bezugssystem ermöglichen (www.geodaten.bayern.de).

GRUBIS: Das amtliche Grundstücks- und Bodeninformationssystem (GRUBIS) enthält die Daten des Liegenschaftskatasters in Form des Automatisierten Liegenschaftsbuches (ALB) und der Digitalen Flurkarte (DFK).

Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB)

Das ALB ist der beschreibende Teil des Liegenschaftskatasters, dessen Buchungseinheit das Flurstück ist. Ein Flurstück ist eine abgegrenzte Bodenfläche, die mit einer Nummer bezeichnet wird, die den Bezug zur Flurkarte (DFK) herstellt. Die zu einem Katasterbezirk gehörenden Flurstücke bilden eine Gemarkung. Insgesamt gibt es in Bayern ca. 10,4 Millionen Flurstücke. Das Liegenschaftskataster ist das amtliche Verzeichnis des Grundbuchs, das für Umfang und Gestalt, d. h. den Grenzverlauf, jedes einzelnen Grundstücks maßgebend ist.

Das ALB enthält Flurstücksdaten und Eigentümerdaten; wichtige Attribute sind das Flurstückskennzeichen (Gemarkung/Flurstücksnummer), Gebäude, Nutzung und Fläche sowie nachrichtlich der Name und die Adresse des Eigentümers. Die rechtsverbindlichen Eigentümer enthält das Grundbuch.

Digitale Flurkarte (DFK)

Die (digitale) Flurkarte (Abb.3-2) ist der darstellende Teil des Liegenschaftskatasters, sie liegt derzeit in Bayern noch nicht flächendeckend vor. Die Vermessungsverwaltung plant, den Datenbestand bis 2004 vollständig in digitaler Form bereitzustellen, derzeit sind besonders im Waldbereich noch große Lücken. Die Flurkarte enthält den Grenzverlauf und die Flurstücksnummer, Gebäude mit Hausnummern, Nutzungsarten und ausgewählte topographische Informationen.

Struktur: Vektordaten, Linien, Bedeutung über Folie (Ebene)

Raumbezug: Amtliche GK-Koordinaten (12°-Meridian)

Maßstab/Auflösung: 1:1.000 / 1:5.000

Datenschnittstelle: GDB-SQD (schlüsselwortorientiert / ASCII)

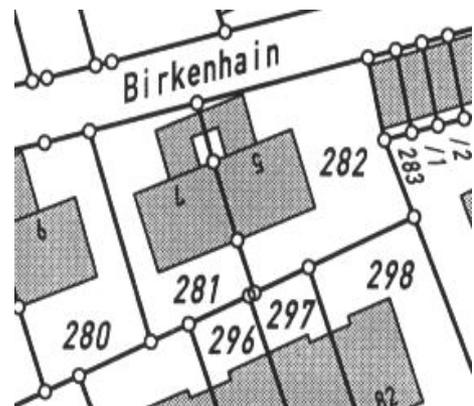


Abb.3-2: Digitale Flurkarte

Eine wichtige Zusatzkarte zur Flurkarte ist die Höhenlinienkarte im Maßstab 1:5.000 bzw. 1:10.000 im Hochgebirge. Diese Karte liegt derzeit noch nicht in digitaler vor und muss vom Anwender mittels Scannen digitalisiert werden. Aus der Höhenflurkarte werden die Höhenlinien für den Forstbetrieb entnommen, diese Quelle liefert eine genauere und morphologisch bessere Darstellung des Reliefs als die zur Zeit verfügbaren DGM-Produkte.

Im FORST-GIS werden für die Georeferenzierung der Objekte bisher die Blattecken der Flurkarte verwendet, sie bilden den Koordinatenframe für den Anschluss der Forstdaten an das amtliche GK-System. Mit zunehmender Verfügbarkeit der DFK sollen die Flurstücksgrenzen jedoch direkt aus der DFK übernommen und als Raumbezugsbasis verwendet werden.

ATKIS: Das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) enthält im Wesentlichen den Inhalt der topographischen Karte 1:25.000 in Vektorform. Die Daten sind unterteilt in die Folien (Objektbereiche): Siedlung, Verkehr, Vegetation, Gewässer, Relief und Gebiete. Wichtig für das FORST-GIS ist der Objektbereich Gebiete, der die Verwaltungsgrenzen enthält. Die übrigen Datenbereiche werden im FORST-GIS als Rasterdaten verwendet (siehe topographische Karten). Neben dem hochauflösenden Datenbestand gibt es noch die digitalisierte Übersichtskarte von Bayern (Vektor 500-Bayern) im Maßstab 1:500.000, die als Grundlage für kleinmaßstäbliche Übersichten eingesetzt wird.

Topographische Karten: Auszüge aus Topographischen Karten (Abb.3-3) werden im FORST-GIS in Form von Rasterdaten als Hintergrund für viele Karten verwendet. Der Grundriss aus der TK25, in der Vergrößerung 1:10.000, wird den FBK und STK als Umgebungsdetail hinterlegt. Die Daten werden projektweise analog beschafft, überarbeitet, gescannt und georeferenziert. Für forstliche Rahmenpläne und Übersichtskarten bilden Auszüge der DTK50 (Grundriss, Gewässer, Höhenlinien) oder der DTK200 (Grundriss, Gewässer) den Kartenhintergrund. Die DTK50 und DTK200 liegen flächendeckend für Bayern vor, sie werden als Binärbilder im GeoTIFF mit einer Auflösung von 400 dpi in Dateien verwaltet und können gemeinsam mit den Vektordaten hybrid verarbeitet (siehe 2.4.3) werden.



Abb.3-3: TK50-Auszug

Luftbildkarten: Aktuelle Luftbilder sind für die StFoV eine wertvolle Informationsquelle. Differentiell entzerrte Luftbilder (Orthophotos, Abb.3-4) sind Orthogonalprojektionen und zeigen die Geländeoberfläche und Vegetation zum Aufnahmezeitpunkt. Sie bilden eine wichtige Kartengrundlage, wenn zusätzlich zu den üblichen topographischen Inhalten eine Darstellung der Vegetation benötigt wird. Die Luftbildkarte 1:5.000 im Blattschnitt der Flurkarte kann besonders für die Erfassung, Ergänzung oder Aktualisierung topographische Objekte eingesetzt werden. Ihre regelmäßige Erfassung hat 1995 begonnen. Die gesamte Landesfläche wurde in 5 Teilabschnitten, Abstand 1 Jahr, befliegen, Abschluss der Erstbefliegung war 1999. Der geplante Aktualisierungszyklus beträgt 5 Jahre. Die Daten werden derzeit als digitale Orthobilder (DOP) mit Grauwerten im GeoTIFF mit einer Auflösung von 300 dpi abgegeben.

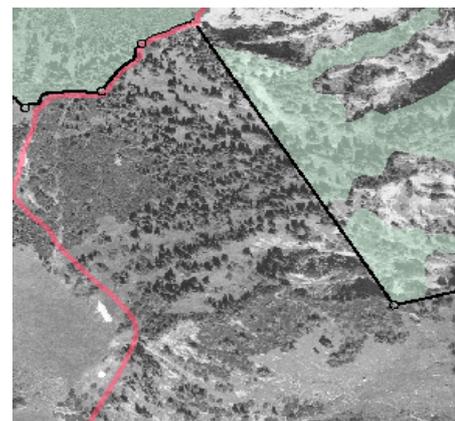


Abb.3-4: Orthobild-Auszug

(Beispiel Schutzwaldsanierung: Orthobild mit Vektordaten aus dem FORST-GIS)

Digitales Geländemodell (DGM): Ein DGM beschreibt die Erdoberfläche (Relief) mit einer Vielzahl von Rasterpunkten, denen die Geländehöhen zugeordnet sind, es bildet ein dreidimensionales Gitter (Abb.3-5), in dem sich die Höhen zu Punkten interpolieren lassen. Das DGM25 in Bayern hat eine Maschenweite (Gitter) von 50 m, woraus sich Punkthöhen mit einer Genauigkeit von 2-3 Metern ermitteln lassen. Aus dem DGM können mit entsprechenden Programmen sogenannte DGM-Produkte abgeleitet werden, dies sind z.B. Höhenlinien, Gefällsstufen oder die Exposition.

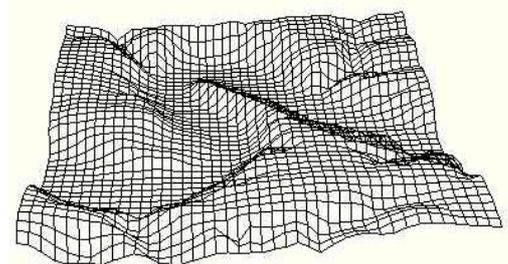


Abb.3-5: DGM25

Flurkartenrahmen: Die Flurkartenblattecken sind ein amtlicher Datenbestand, sie bilden im FORST-GIS derzeit die Grundlage für die Zuordnung der Digitalisiervorlagen bei der Ersterfassung. Die Genauigkeit der Punkte liegt bayernweit unter einen Meter (siehe 4.4.5). Mit zunehmender Verfügbarkeit der DFK können direkt die digitalen Flurstücksgrenzen für die Anbindung der Forstdaten an das Landeskoordinatensystem verwendet werden.

3.2 Gesamtkonzept „Forstamtsmodell“

Das Datenmodell für das FORST-GIS resultiert aus einer Gesamtsicht der oben aufgeführten forstlichen Datenquellen (Teilsichten), im Kontext der nötigen Verarbeitungsprozesse und den Prioritäten der Fachanwender. Es bildet entsprechend den Zielsetzungen die konzeptionelle Grundlage für die Ableitung der Forstkarten, aber auch die Basis für zusätzliche analytische Auswertungen der Geodaten. Die GIS-Produkte werden hauptsächlich für den Einsatz im Forstbetrieb der StFoV erstellt, es sind insbesondere Standard- und Themenkarten für Zwecke der Forsteinrichtung im Staatswald und für die forstliche Rahmenplanung. Das entworfene Datenmodell wird wegen seiner Fokussierung auf den Forstbetrieb als „Forstamtsmodell“ bezeichnet. Das Forstamtsmodell ist eine **virtuelle Gesamtsicht** von Geodaten, die für ein Forstamt wichtig sind und dient zunächst als Leitbild, um relevante Datenstrukturen und Beziehungen abzuleiten. Je nach Bedarf muss es aber auch möglich sein das Forstamtsmodell ganz oder teilweise für ein Projekt zu realisieren. Dazu werden Datenbestände, deren Hauptnutzung in anderen Systemen liegen, wie z.B. die Begangs- und Inventurdaten der Forsteinrichtungsdatenbank, für die Auswertungen nachrichtlich in das FORST-GIS übernommen. Für ihre temporäre Integration müssen Schnittstellen und Datencontainer bereitgestellt werden, wobei die bestehende Struktur der Daten im Forstamtsmodell weitgehend nachgebildet wird. Das Forstamtsmodell wird dadurch in Segmente zerlegt, aus Daten die im FORST-GIS persistent zu halten sind und solche die bei Bedarf transient aus anderen Informationssystemen übernommen und integriert werden.

3.2.1 Gliederung des Gesamtdatenbestandes in Themen

Als **Thema** oder Themenbereich wird ein Datensegment bezeichnet, das eine fachlich unabhängige Teilsicht des Gesamtmodells darstellt und dessen Daten logisch zusammengehören. Verschiedene Themen sind nur über ihren gemeinsamen Raumbezug miteinander verknüpft, sie haben a priori keine anderen Beziehungen. Ein Thema wird in einer eigenen Geodatenbank verwaltet, die ein Projekt oder das gesamte Staatsgebiet umfassen kann (siehe 3.4.3). Themen in diesem Sinne entsprechen inhaltlich weitgehend den oben aufgeführten Datenquellen, sie bilden die Hauptstruktur der Geodaten im FORST-GIS (Tab.3-2). Die Inhalte der Themen werden außerdem in primäre und sekundäre Daten sowie Raumbezug und Hintergrund gegliedert. Diese Einteilung erfolgt im Hinblick auf die nötige Priorisierung der Datenerfassung und die zielgerichtete Begrenzung der Aufwände für die Qualitätsprüfung. Damit ergeben sich folgende Datenklassen: Primärgeometrie, Sekundärgeometrie, Raumbezug und Kartenhintergrund. Im FORST-GIS werden nur die Primär- und Sekundärgeometrien in Form von Vektordaten erfasst und in den Geodatenbanken vorgehalten. Der Raumbezug wird den Datenquellen der Vermessungsverwaltung entnommen. Rasterdaten für den Kartenhintergrund werden als externe Themen betrachtet, die bei Bedarf aus Dateien geladen werden. Themen unterscheiden sich außer nach ihrem Inhalt auch nach ihrer Auflösung, da der Erfassungsmaßstab (siehe 1.4.1) einen wichtigen Indikator für die Informationsdichte und die metrischen Verknüpfungsmöglichkeiten der Geodaten darstellt. Jedem Thema sind generell Verfahren für seine Erfassung und Fortführung, für die Ableitung von Standardkarten sowie ein Geodatenbanktyp für die Datenverwaltung zugeordnet (siehe Kapitel 6). Innerhalb eines Themas werden die Geodaten, je nach Datentyp, als Geometrieelemente und/oder als Tabellen abgebildet.

Geometrieelemente sind die grundlegenden Vektor-Datenstrukturen, für die geometrische Modellierung von raumbezogenen Entitäten. Bei einem 2d-GIS für die Grundrissdarstellung von flächenhaften Objekten werden die Geometrieelemente Punkt, Linie, Fläche zur Beschreibung der Form sowie Text und Symbol zur kartographischen Ausgestaltung vorausgesetzt (Tab.3-1).

Elementtyp / Dimension	Geometrie	Topologie	Verwendung
Punkt 0	Koordinate	Knoten (Node)	Raumbezug
Linie 1	Gerade, Arc, Spline	Kante	Kontur
Fläche 2	Polygon	Masche	Bezugsraum, Objektteil
Text 0	Koordinate mit Text	Singulärer Knoten	Ausgestaltung
Symbol 0	Koordinate mit Grafik	Singulärer Knoten	Ausgestaltung

Tab.3-1: Geometrieelemente für Grundrissdarstellungen

Tabellen sind die grundlegende Datenstruktur für die thematische Modellierung, sie dienen der lexikalischen Beschreibung von Entitäten sowie deren semantischen Beziehungen mittels Attributen. In einer Tabelle wird die Bedeutung eines Attributs durch den Namen der Spalte festgelegt, eine konkrete Ausprägung einer Struktur, das Tupel (Instanz einer Tabelle), ergibt sich aus den Werten einer Zeile. Im FORST-GIS wird zwischen lokalen Tabellen, die einem Thema für die Beschreibung von Geoobjekten zugeordnet sind, und globalen Tabellen, die für Aggregationen, Verwaltung und Organisation verwendet werden, unterschieden. Lokale Tabellen sind einem Thema eindeutig zugeordnet, globale Tabellen können für mehrere oder alle Themen in der Datenbank von Bedeutung sein.

Attribute beschreiben die semantischen Merkmale von Entitäten in einer Tabelle oder als Deskriptor an einem Geometrieelement durch die zugeordneten Werte aus definierten Wertebereichen (Domäne). Die Werte können Texte, Zahlen oder auch Bilder sein, die zulässigen Formate sind von der verwendeten Datenbanksoftware abhängig. Die Semantik eines Attributs ergibt sich aus seinem Namen und seinem Wert sowie eventuell aus Zusatztabelle, falls an Stelle der tatsächlichen Attributwerte Schlüsselzahlen verwendet werden.

Für die Grobstrukturierung des FORST-GIS wurden entsprechend den in 3.1 angegebenen Datenquellen folgende Themen gebildet, die zusätzlich folienstrukturiert und teilweise objektstrukturiert sind.

Thema	Teildaten	Struktur	Format	Status	Format
Forsteinrichtung	Forstbetriebskarte	F/E/○	V/M10	p	SQD
	FE/DB-Begang	T	A	t	SQD
Standortserkundung	Standortkartierung	F/E/○	V/M10	p	SQD
	Hanglabilitätskarte	E	V/M25	D	ARC
Inventurdaten	FE/DB-Inventur	T	A	t	SQD
	Inventurgitter	E/○	V/grid	t	SQD
Schutzwaldsanierung		F/E	V/M10	p	SQD
Naturschutz	Lebensraumtypen	F/E	V/M10	D	Shape
Forstorganisation		F/E	V/M50	p	SQD
Waldbesitzarten		F/E/○	V/M50	p	SQD
Waldfunktionen		F/E/○	V/M50	p	SQD
Amtl. Schutzgebiete		F/E	V/M50	p/n	SQD
FFH/SPA-Gebiete		F/E	V/M50	p/n	SQD
Topograph. Karten	TK25	F, nur für Projekte	R/M25	D	TIFF/B
	DTK50	F	R/M50	D	GTIFF/B
	DTK200	F	R/M200	D	GTIFF
Höhenlinien	FK5-Höhe	F, nur für Projekte	R/M10	D	TIFF/B
Orthobilder	LK5	F, nur für Projekte	R/M5	D	GTIFF
DFK		F/E	V/M5	t	SQD
Format	V = Vektor / R = Raster / A = Attribut		Mxx = Maßstabszahl (xx = Tausender)		
Struktur	F = Folie / E = Geometrieelement / ○ = Objekt / T = Tabelle				
Status	p = persistent in DB / t = transient in DB / D = Datei / n = Nachrichtlich				

Tab.3-2: Thematische Grobgliederung des Gesamtmodells

Die thematisch gegliederten Datenbestände des FORST-GIS müssen aufgrund der Fachanforderungen als Grundlage für folgende GIS-Produkte verwendbar sein:

- Forstbetriebs- und Standortskarten
- Flächenberechnung für Bestand und Standort, Bereitstellung der Ergebnisse für andere Verfahren
- Thematische Varianten der Standortskarte durch Aggregationen
- Schutzwaldsanierungskarten
- Waldfunktionsskanten und forstliche Übersichten für Organisation und Waldbesitzarten
- Kartographische Darstellungen für Inhalte der Forstinventur; z.B. Schäden durch Wildverbiss
- Karten zur Dokumentation von Maßnahmen und Besonderheiten im Forstbetrieb
- Thematische Darstellungen für waldbauliche und betriebswirtschaftliche Attribute
- Gemeinsame Auswertungen für Bestands- und Standortdaten (Verschneidung)

Bei den umfangreichen Geodatenbeständen des FORST-GIS sind zur Ableitung aller geforderten GIS-Produkte zwischen der Grobstruktur Thema (Tab.3-2) und den grundlegenden Datenstrukturen Geometrieelement (Tab.3-1) und Tabelle noch zusätzliche Strukturierungsmöglichkeiten erforderlich. Dazu können die Geodatenmodelle in Abhängigkeit von ihren Anwendungsschwerpunkten nach verschiedenen Strategien weiterentwickelt werden. Wichtige Möglichkeiten sind die Folienstruktur der Geometrie, die objektstrukturierte Abbildung fachlicher Entitäten oder eine Kombination von Folien mit Objekten. Im FORST-GIS wird ein kombiniertes Modell verwendet, wobei die Objektstrukturierung nur für die Teile der Kerndatenbestände eingesetzt wird, die klar definierbare, wichtige Geoobjekte aus forstlicher Sicht enthalten, dies sind nach der oben getroffenen Einteilung die Primärgeometrien der Themen.

3.2.2 Vertikale Strukturierung mit Folien

Folien (Synonyme: Ebene, Layer, Schicht) unterteilen ein Thema in logische Einheiten, in der aus fachlicher Sicht oder aus Sicht eines Verfahrens Geometrieelemente oder Objektteile mit gleichen Merkmalen zusammengefasst sind. Sie werden nach pragmatischen Kriterien aggregiert, um vor allem die rationelle Datenerfassung und die separate Überlagerung und gemeinsame Darstellung von Teildatenbeständen mit anderen Themen/Folien für die grafische Präsentation zu unterstützen. Folien bilden die vertikale Struktur (Layer=Schicht) innerhalb eines Themas. Wichtige Kriterien für die Folienbildung im FORST-GIS sind die forstliche oder topographische Bedeutung der Geometrieelemente sowie die optionale und selektive Nutzung von Folien bei der Kartenfertigung.

Die Folienstruktur innerhalb eines Themas wird am Beispiel der Forstbetriebskarte (Tab.3-3) aufgezeigt. Das Folienkonzept gibt aus fachlicher Sicht den hierarchischen Ablauf der Datenerfassung wieder, der vom Großen zum Kleinen geht. Zunächst wird das metrische Skelett aus Staatswaldgrenze, Wege und Gewässern erfasst, in das dann die topographische Linien und Bestandsgrenzen eingebunden werden.

Folie	FBK - Primärgeometrie : Goobjekte Bestand
1	Grenzpunkte aus der DFK
2	Staatswaldgrenze / Flurstücksgrenze, FoA-Grenzen, digitalisierte Grenzpunkte
3	LKW-befahrbare Waldwege
4	Gewässer
5	Rückewege und Schneisen (Bestandsgrenzen)
6	Rückewege und Schneisen (DISTR-, ABT-, UABT-Grenzen)
7	Sonstige forstwirtschaftliche Grenzen (DISTR, ABT, UABT)
8	Bestandsgrenzen, Bestandsteilflächen (Geoobjekt) → Geolink mit Tabelle Bestand
FBK - Sekundärgeometrie : Infrastrukturen und Sonderflächen	
11	Rückewege, Schneisen, Steige, Einpunktierungen, Nachhiebsreste, Überhälter, u.a..
16	Sonstige Gewässer
22	Schutzwaldflächen
23	Versuchs- und A.R.B.-Flächen; Nassbodenflächen
24	Immissionsflächen
26	FoD-spezifische Sonderflächen
FBK - Sekundärgeometrie : Signaturen, Texte, Symbole	
9	Flächen: Balkensignaturen (BI, NHB, LAT, ...), Nutzungsarten für AW, HG
10	VVJ-Flächen, VVJ-Symbole, Berechtigungsalmen
12	Begleitbänder und Symbole Distriktgrenze, Distriktnamen
13	Begleitbänder und Symbole Abteilungsgrenze, Abteilungsname
14	Begleitbänder Unterabteilungsgrenze, Unterabteilungsname
15	Bestandshochziffern, dringliche Pflegemaßnahmen
17	Texte: Baumarten, Gewässer-, Wege-, Bergnamen, u.a.
20	Zaunlinien, Zaunsymbole
21	Begleitbänder NSG, NR; Symbole: Naturschutzgebiet, Naturwaldreservat
23	Begleitbänder und Symbole WSG; Symbole: Versuchsfläche
24	Begleitbänder FFH/SPA-Gebiete, Symbole FFH/SPA
25	Begleitbänder Sanierungsgebiet; Symbole: Verbauung, Verbauung geplant
30	Begleitbänder FOA-Grenzen
FBK - Raumbezug und Hintergrund	
28	UTM-Gitter
29	Passkreuze und Rahmen der Forstkarten
30	FK5-Rahmen für den Raumbezug, FK5-Blattbezeichnungen
Raster	TK25 Grundriss und Höhenflurkarte

Tab.3-3: Beispiel Folienmodell des Themas FBK

Die Elemente der Primärgeometrie der FBK sind zweifach hierarchisch gegliedert, nach ihrer topographischen und nach ihrer organisatorischen Bedeutung. Die Topographische Bedeutung wird durch die Foliennummer, die organisatorische durch ein Attribut als Deskriptor am Geometrieelement gekennzeichnet:

geometrieelement (folie,attrO)

Abnahme der metrischen Genauigkeit ↓	Topographie (<i>folie</i>)	Forstorganisation (<i>attrO</i>)	Vom Großen zum Kleinen ↓
	Staatswaldgrenze Wege Gewässer Topographische Linien Bestandsgrenzen	Forstamt Distrikt Abteilung Unterabteilung Bestand	

Innerhalb einer Folie werden für alle Geometrieelemente die wesentlichen Parameter und Attribute festgelegt und in Form von Metadaten beschrieben (siehe Anlage 2, Metadaten der FBK). Die daraus resultierenden Folien/Elementmodelle für die verschiedenen Themen sind die Basis für die generelle Strukturierung der Geometriedaten im FORST-GIS. Diese Definitionen sind in allen Verfahren zu berücksichtigen und müssen durch geeignete Prüfmaßnahmen verifiziert werden.

Die thematische Modellierung nach Folien ist auf das Folienprinzip der analogen Karte zurückzuführen, bei dem Schichten gleichartiger räumlicher Information nach pragmatischen Aspekten gebildet werden. Die Strukturierung in Folien unterstützt sowohl die Datenerfassung, als auch die grafische Darstellung. Für die rationelle Erfassung von Massendaten ist sie ein wichtiger Ansatz, um Verfahren für einen „schnellen“ Digitalisierfluss zu erstellen. Rationalisierungseffekte erzielt man dabei besonders durch die gemeinsame Erfassung vieler gleichartiger Objektteile in einem Arbeitsgang. Eine „Unterbrechung“ des Digitalisierflusses durch laufendes Abfragen neuer, individueller Attributwerte, wie es bei einer objektbezogenen Erfassung der Fall wäre (siehe 3.3.4), kann vermieden werden. Für die Kartenausgabe oder die Darstellung am Bildschirm können Folien eines Themas selektiv angesprochen werden und aufgrund des gemeinsamen Raumbezugs mit beliebigen Folien anderer Themen oder mit Rasterdaten überlagert werden. Damit lassen sich bei sinnvoller Einteilung der Folien schnell und einfach Bildvarianten erstellen, die aus einer Kombination verschiedener Themen-Folien bestehen oder aus Übersichtsgründen nur Teilbereiche eines Themas beinhalten.

3.2.3 Horizontale Strukturierung mit Geobjekten

Alle Geodaten des FORST-GIS sind zunächst nach Themen und Folien in Schichten gegliedert, womit ihre Erfassung und ihre kartographische Präsentation, in Abhängigkeit von den geforderten Kartenprodukten, optimal unterstützt wird. Folien erlauben es jedoch nicht, einzelne Entitäten aufgrund ihrer semantischen Merkmale zu identifizieren. Für die Ableitung von thematischen Karten und für analytische Auswertungen der Geodaten ist es aber erforderlich, bestimmte Strukturen, die wichtige Entitäten der Fachwelt repräsentieren, gezielt zu selektieren und zu bearbeiten. Die optimale Darstellung solcher raumbezogenen Entitäten erfolgt mittels Geobjekten, die eine Entität durch die zusammenfassende Beschreibung mit geeigneten Datenstrukturen abstrahieren und ihre Beziehungen mit anderen Entitäten durch Relationen beschreiben. In diesem Sinne enthält z.B. die Folie 4 „Gewässer“ keine Objekte, sondern ist nur eine Aggregation aller Objektteile mit der gleichen Bedeutung.

Geobjekte bilden die horizontale Struktur eines Themas, sie beschreiben raumbezogene Entitäten semantisch und geometrisch. Es sind Aggregationen oder Kompositionen von Objektteilen aus Geometrieelementen und Tabellen über die Folien hinweg zu einem „Mosaik“. Die Geometrieelemente enthalten die vektorielle Information mit dem Geocode und die topologischen Beziehungen, die Tabellen die attributive Beschreibung und die semantischen Beziehungen eines Geobjekts. Geobjekte sind eindeutig identifizierbare Individuen der modellierten Fachwelt, die als Instanz einer festgelegten (Objekt)-Klasse generiert werden; die zentralen Geobjekte im FORST-GIS sind der Bestand, der Standort und der Inventurkreis. Mit Geobjekten sind auch Verknüpfungen über ein Thema hinweg möglich (siehe 3.3.3). Nachfolgend wird eine Darstellung des Forstamtsmodells aus objektstrukturierter Sicht gegeben.

Das Bild (Abb.3-6) zeigt für die drei unabhängigen Kerndatenbereiche (Themen): Begang, Inventur und Standorte, deren Basisgeobjekte und deren Aggregationen sowie ihre Beziehungen, die für die Mehrfachnutzung der Geodaten wichtig sind. Die Basisgeobjekte sind aus fachlicher Sicht, die kleinsten logischen Einheiten oder Basisbezugsräume, auf die sich fachliche Aussagen beziehen. Am Beispiel des Bestands wird im Kapitel 3.3 eine Beschreibung der Objektstrukturierung im FORST-GIS gegeben.

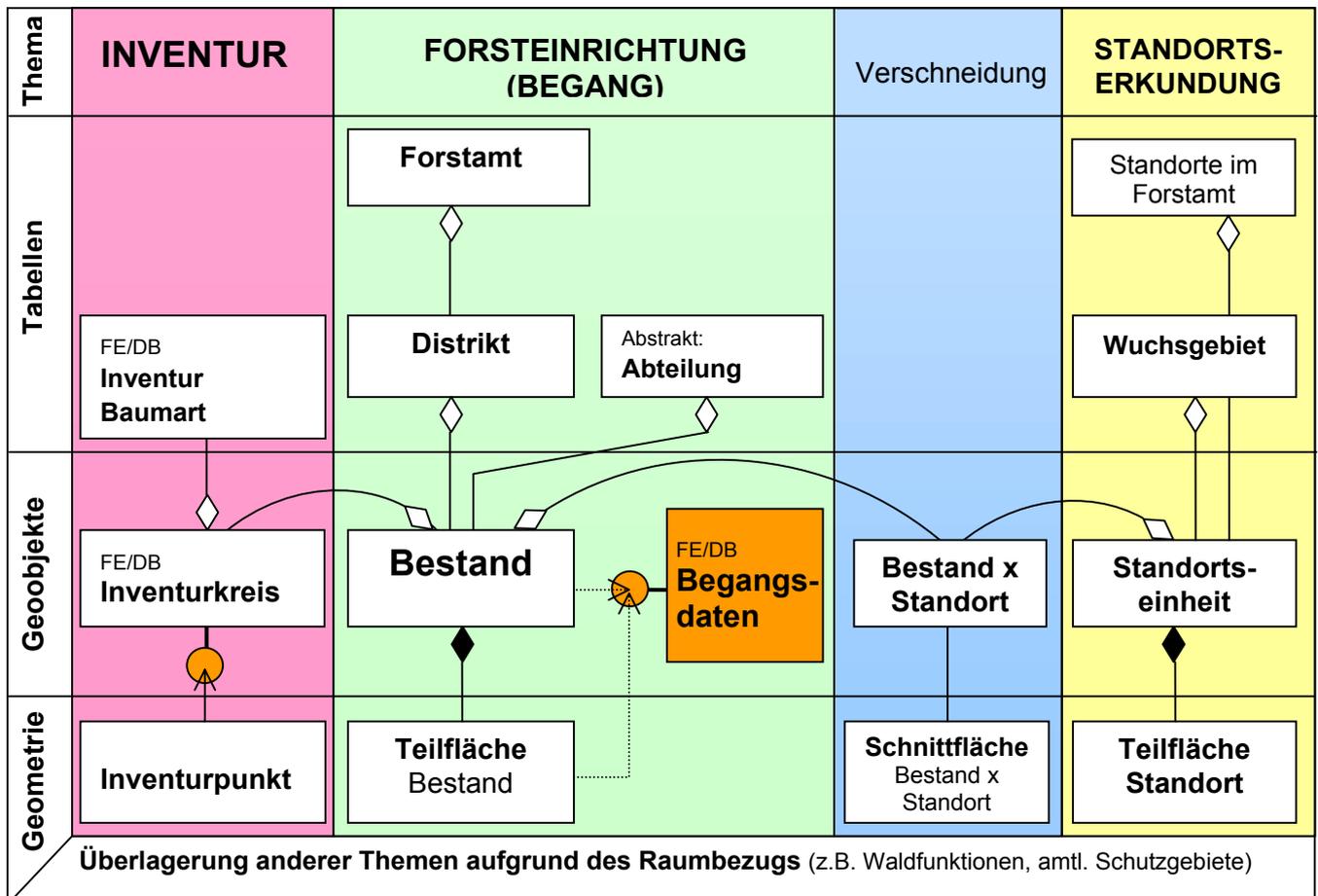


Abb.3-6: Forstamtsmodell – Grobstruktur des Objektmodells

Der Aufwand für die Objektbildung, die Verwaltung und Prüfung der Geoobjekte und ihre Verknüpfungsmöglichkeit mit zusätzlichen beschreibenden Daten soll aus Wirtschaftlichkeitsgründen auf den nötigen Umfang beschränkt werden. Die Objektstrukturierung wird im FORST-GIS deshalb nur dann eingesetzt, wenn Operationen den Zugriff auf bestimmte, eindeutig identifizierbare Entitäten erfordern, um:

- Einzelne, ausgewählte Merkmale in Form von thematischen Karten darzustellen
- Räumliche Analysen durch Verschneidungen durchzuführen
- Objektbezogene Zugriffe zu ermöglichen, z.B. für die Berechnung von Bestandsflächen
- Selektive objektweise Änderungen der Daten zu ermöglichen, z.B. für die Fortführung

Das Geoobjekt Bestand hat dabei eine zentrale Stellung im FORST-GIS, es ist für die Mehrfachnutzung der Forstbetriebsdaten in Verbindung mit den beschreibenden Daten aus der Forsteinrichtungsdatenbank oder aus betriebswirtschaftlichen Verfahren wichtig. Es ergänzt die attributiven Forsteinrichtungsdaten um die geometrische Abbildung des Bestands.

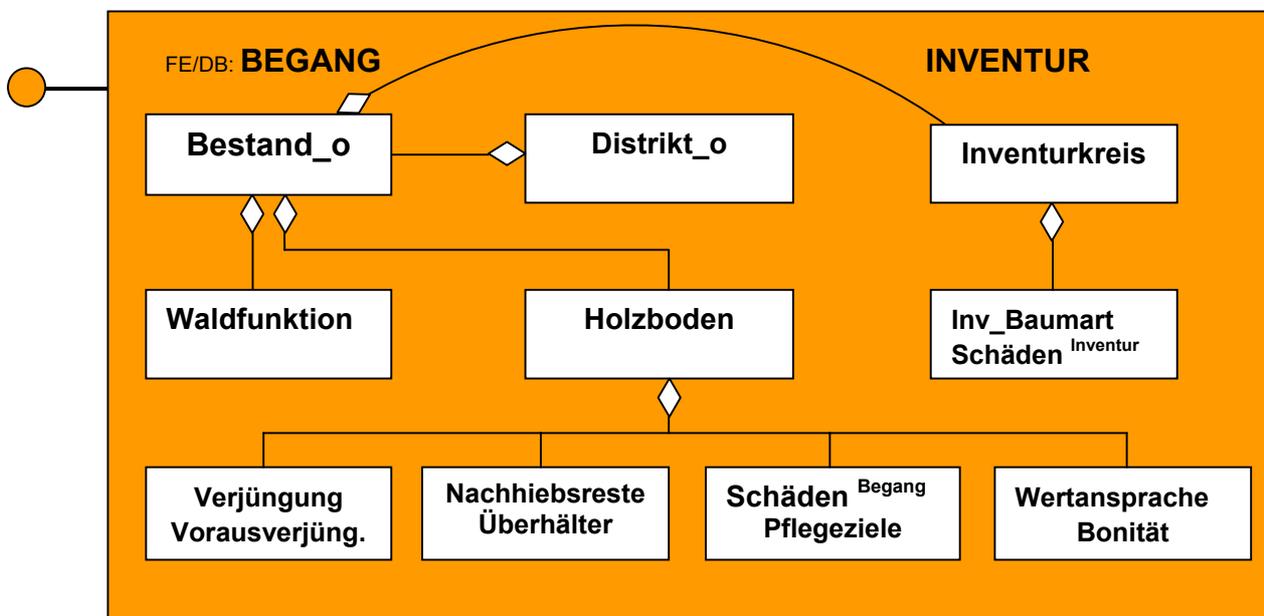
3.2.4 Transiente Integration von Fachattributen

Die Bildung von Geoobjekten im FORST-GIS erfolgt über lokale Tabellen, die einem Thema zugeordnet sind. In diesen Tabellen werden nur die Attribute zur Objektidentifikation und Attribute mit geometrischer Bedeutung (z.B. Fläche) vorgehalten, alle anderen Fachattribute werden bei Bedarf temporär vom jeweiligen Verfahren übernommen und angefügt. Für die Integration von Daten, die in anderen

Informationssystemen geführt werden, wird das Forstamtsmodell über Schnittstellen erweitert. Damit enthält es Datensegmente die persistent im FORST-GIS verwaltet werden und solche die nur transient für Projekte von anderen Verfahren übernommen werden. Diese Maßnahme soll verhindern, dass Fachdaten in mehreren System redundant geführt werden und damit inkonsistente Zustände der Daten sowie einen Mehrfachaufwand bei ihrer Erfassung und Pflege verursachen können.

Den wesentlichen Datenpool mit vielen beschreibenden Attributen zur Ableitung thematischer Karten oder raumbezogener Analysen bildet die Forsteinrichtungsdatenbank (FE/DB). Für Projekte werden bei Bedarf Attribute oder bereits aggregierte Einheiten mittels einer definierten Verbindungs- und Datenschnittstelle (Abb.3-7) übernommen. Die Daten werden in vordefinierte Tabellen eingespielt und können dann mit den entsprechenden Geobjekten über die festgelegten Join-Attribute verbunden werden. Wichtige Schnittstellen ergeben sich zum Bestand und zum Inventurkreis. Die umfangreichsten beschreibenden Daten (Tab.3-4) stehen für den Basisbezugsraum Bestand zur Verfügung, die viele thematische Auswertungen auf Ebene des Bestands oder dessen Aggregate Forstamt, Distrikt, Abteilung ermöglichen. Inventurdaten werden im FORST-GIS nicht dauerhaft vorgehalten, für ihre Nutzung in einem Projekt werden sie temporär in die vorbereitete Datencontainer übernommen, ausgewertet, kartographisch dargestellt und dann wieder gelöscht.

Abb.3-7: Fachtabellen aus der FE/DB (Begang/Inventur)



Damit die transiente Zusammenführung der Daten aus der FE/DB und mit den Geobjekten aus dem FORST-GIS für thematische Auswertungen erfolgen kann, muss die Syntax der Schnittstelle und ein semantisches Verbindungselement (Join-Attribute) vorgegeben sein, das in beiden Systemen verfügbar bzw. generierbar ist. Als Syntax wurde das SQD-Format der SICAD-GDB vereinbart, die Semantik der Join-Attribute für Begang und Inventur stützt sich auf die Attribute *LFZFE* = Laufzeitbeginn der Forsteinrichtung (Epoche) und *BESTKEY* = Bestandsschlüssel (alt) zum Zeitpunkt LFZFE. Beide Attribute zusammen ergeben eine bayernweit eindeutige logische OID, die einem Objekt für seine gesamte Lebensdauer zugeordnet ist (siehe 3.3.3).

Nachfolgend wird der Inhalt der wichtigsten Tabellen der FE/DB (Tab.3-4) aufgezeigt, die für eine Übernahme in das FORST-GIS vorgesehen sind. In der FE/DB werden als Attributwerte häufig Schlüsselzahlen verwendet, d.h. die Semantik der Attribute ist nur implizit über die zugeordneten Schlüsselzahlentabellen gegeben. Schlüsselzahlen werden häufig eingesetzt, um die Tabelleneinträge zu verkürzen, dies hat aber den Nachteil, dass die Inhalte schwerer lesbar sind. Die Vielfalt der Attribute soll auch einen Eindruck über das Informationspotential für Fachauswertungen vermitteln, das in der FE/DB für den gesamten Staatswald in 2 Epochen vorliegt, und das in Verbindung mit den Geobjekten räumlich dargestellt und analysiert werden kann. Diese Möglichkeit der kartographischen Präsentation kann das Erkennen räumlicher Zusammenhänge in den umfangreichen forstlichen Daten wesentlich fördern.

Attribute Begang aus FE/DB

Distrikt_o (DO)		
FOA	Forstamsnummer (FOA_NUM)	N3
DIS	Distrikt	N2
DISNAME	Distriktnamen	C30

Bestand_o (WO)		
LFZFE	Forsteinrichtung / Laufzeitbeginn	N4
BESTKEY	GIS-Bestandsschlüssel (alt)	C10
a_BESTKEY	Bestandsschlüssel (neu)	N10
ABT	Abteilung	N2
BEST	Bestandsnummer	N2
BFL	Bestandsfläche (BFLABG)	N7,2
BISDAT	Gültig bis	C8
BKL	Betriebsklasse	N2
FEBKL	Begangsklasse	N2
FENR	Forsteinrichtungsnummer	N8
DIS	Distrikt	N2
FOA	Forstamt (2-stellig)	N2
FOA_NUM	Forstamsnummer (3-stellig)	N3
FOD	Forstdirektion neu	N1
FODST	Forstdienststelle	N2
OFOD	Forstdirektion alt	N1
TWBZN	Teilwuchsbezirk	N2
UABT	Unterabteilung	C1
VONDAT	Gültig ab	C8
WBZN	Wuchsbezirk	N2
WUGN	Wuchsgebiet	N2

Holzbodenfläche (HB)

LFZFE	Forsteinrichtung / Laufzeitbeginn	N4
BESTKEY	GIS-Bestandsschlüssel (alt)	C10
BESTLFD	Laufende Flächennummer	N2
AKL	Altersklasse	N2
BEHAND	Behandlungstyp	N4
BFG	Bestandsformengruppe	N3
BFH<1,2,3>	Hauptbestandsf., 1./2./3. Baumart	N2
BFN	Nebenbestandsform	N2
BFS	Sonderbestandsform	N2
BMISCH	Mischungsform	N4
BSALTER	Bestandesalter	N4
BSCGRAD	Beschirmungsgrad	N4,2
BSCHI	Bestandsschichtung	N4
BSCHL	Bestandsschlussgrad	N4
HOEREL	relative Höhenlage	N4
PDR	Pflegedringlichkeit	N2
PEZ	Zahl der Eingriffe	N4,2
PFL	Pflegefläche	N4,2
PFLVVJ	Pflegefläche in der VVJ	N4,2
PSATZ	Pflegesatz	N3
STADIUM	Entwicklungsstadium	N4
VBZH<1,2,3>	Bestockungsziel, 1./2./3. Baumart	N2
VBZN	Bestockungsziel Nebenbaumart	N2
VDR	Verjüngungsdringlichkeit	N3
VZA<1,2>	Verjüng. 1./2. Einreih. Zeitraum	N4,2

Subtabellen zu Holzboden (VZ/VV/NU/PZ/SC/ER/WR)

LFZFE	Forsteinrichtung / Laufzeitbeginn	N4
BESTKEY	GIS-Bestandsschlüssel (alt)	C10
BESTLFD	Laufende Flächennummer	N2
BAFE	Baumart	N2
Verjüngungsziel / Vorausverjüngung (VZ/VV)		
VZH	Haupt-Verjüngungsziel	N3
VZHPFL	Pflanzziel im Hauptbestand	N3
VZN	Neben-Verjüngungsziel	N3
VVJFL	Vorausverjüngungsfläche in %	N3
Nachhiebreste / Überhälter (NU)		
UEBFM	Festmeter Überhälter	N4
NHRFM	Festmeter Nachhiebreste	N4
Pflegeziele / Schäden Begang (PZ/SC)		
PZH	Haupt-Pflegeziel	N3
PZN	Neben-Pflegeziel	N3
SART	Schadensart Begang	N3
SUM	Schadensumfang	N3
PZN	Schadensfläche in %	N3

Ertragstafelschätzung / Wertansprache (ER/WR)		
BON	Bonität	N4,1
ANTBA	Baumartenanteil	N4,1
WKL	Wertansprache-Klasse	N4
SMM	Sondermerkmal	N4

Waldfunktionen (FU)

LFZFE	Forsteinrichtung / Laufzeitbeginn	N4
BESTKEY	GIS-Bestandsschlüssel (alt)	C10
FUART	Funktionsart	N2
FUFL	Flächenanteil	N4,2
FUTGL	Tauglichkeitsgrad	N4

Attribute Inventur aus FE/DB

Inventurkreis (IK)

LFZFE	Forsteinrichtung / Laufzeitbeginn	N4
BESTKEY	GIS-Bestandsschlüssel (alt)	C10
KOORD	Koordinatenwert (Index)	N8
BESTLFD	Laufende Flächennummer	N2
BAYKOLI	Bayern-Koordinate links	N6
BAYKOOB	Bayern-Koordinate oben	N6
FEIKL	Inventurklasse	N2
FENR	Forsteinrichtungsnummer	N6
GAUSSRW	Gauß-Krüger-Koordinate, RW	N10
GAUSSHW	Gauß-Krüger-Koordinate, HW	N10
HOEHABS	Höhe, absolut	N4
INVMET	Inventurmethode	N4
MUGEST	Muttergestein	N4
NEIGGRAD	Neigungsgrad	N4
REPFL	Repräsentationsfläche	N7,4
RZA<1,2>	Einreihungsfläche 1./2. Zeitraum	N7,4
STOE1	Standort, Substrat	N4
STOE2	Standort, Trophiemerkmal	N4
STOE3	Standort, Wasserhaushalt	N4
STOEHG	Standort, Hochgebirge	N4
STOM	sonstige Standortmerkmale	N4
ZAUN	Zäunungskennzeichen	C1
ZUSATZPK	Zusatzpunkt	C1

Inventur-Baumart (IB)

LFZFE	Forsteinrichtung / Laufzeitbeginn	N4
BESTKEY	GIS-Bestandsschlüssel (alt)	C10
KOORD	Koordinatenwert (Index)	N8
BAFE	Baumart der Forsteinrichtung	N2
BESTLFD	Laufende Flächennummer	N2
ANTBA	Baumartenanteil in %	N5,1
ANTMET	Anteil-Berechnungsmethode	N4
BESTKU	Kreis-Kennung	N4
DMIT	BHD in cm, Mittel	N5,1
GHA	Grundfläche je ha in m ²	N5,1
HMIT	Höhe in m, Mittel	N3,1
INVALT	Inventuralter	N3
NHA	Stammzahl je ha	N7
ORGBG	Bestockungsgrad, Original	N3,2
ORGBON	Bonität, Original	N3,1
SKENN	Schadensansprache J/N	C1
STDBG	Bestockungsgrad, Original	N3,2
STDBON	Bonität, Original	N3,1
VHA	Vorrat je ha (Efm o.R)	N5,1
VJFL	Reduzierte VJ-Fläche in ha	N9,2
WKENN	Wertigkeitsansprache J/N	C1
WNHA	Wertholz Stammzahl je ha	N7
WVHA	Wertholz Vorrat je ha	N5,1
WVPR	Wertholz Vorratsanteil in %	N5,2
ZWHA	Zuwachs je ha und Jahr	N4,1
ZHA	Zuwachs je ha (Efm o.R)	N3,1
SS<ik>	Geschädigte Stammzahl in %	N3
SV<ik>	Geschädigter Vorrat in %	N3
<ik>	Schadenstyp <1,21,22,23,3,4,5,6,7>	

Tab.3-4: Attribute aus der FE/DB, Kurzbeschreibung

3.2.5 Mengengerüst für die Geodaten

Als Kalkulationsgrundlage für die Dimensionierung der Ressourcen für ein Projekt wird ein Mengengerüst für ein durchschnittliches Forstamt von 5.000 ha, mit durchschnittlicher Datendichte (siehe 2.3.3) angegeben, das nach dem Forstamtsmodell (Abb.3-6, 3-8) strukturiert ist. Das Mengengerüst ermöglicht die Abschätzung des Datenaufkommens nach Geometrieelementen für ein Projekt, in Abhängigkeit von seinem thematischen Umfang und gibt grobe Richtwerte für die resultierenden Datenvolumina.

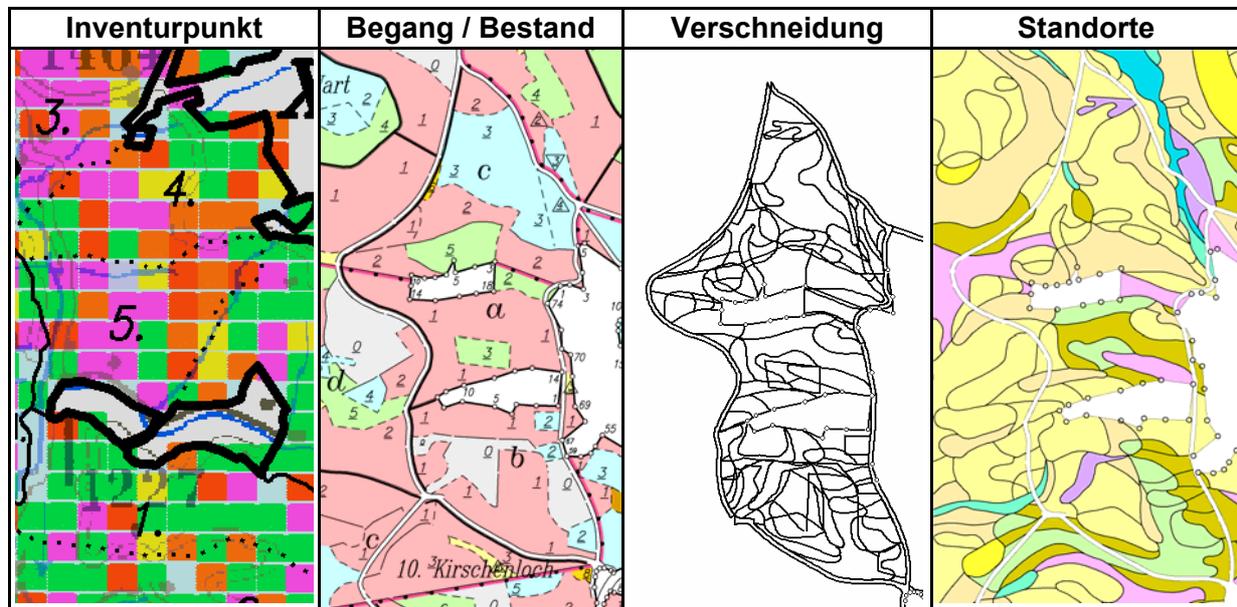


Abb.3-8: Forstamtsmodell – Mengengerüst für die Kerndaten

Für ein Forstamtsprojekt (Tab.3-5) ist mit ca. 40 kB/ha Vektordaten und Attribute zu rechnen. Für den Raumbezug und Kartenhintergrund sind zusätzlich ca. 14 kB/ha Rasterdaten erforderlich (300 dpi, Maßstab 1:10.000). Damit ergibt sich für ein durchschnittliches FoA (5000 ha Staatswald, 450 km² Amtsbezirk) ein Speicherplatzbedarf von 200 MB für die Vektordaten und Attribute sowie 620 MB für die Rasterdaten (z.B. Orthobilder oder Topographische Karten). Aus der folgenden Tabelle ergeben sich die Zusammensetzung der Geometriedatenbestände für die Kernthemen, einschließlich der Verschneidung Bestand x Standort, in Geometrieelementen.

	FE-Inventur	FE-Begang	Verschneidung	Standorte
Klasse	Inventurkreis	Bestand	Schnittfläche	Standort
Instanzen	1.500	1.250	9.000	100
A/E-Punkte	1.500	20.000	1.500	17.000
Linien		25.000	9.000	20.000
Flächen		2.500	9.000	5.000
Texte		3.500	-	5.000
Symbole		5.000	-	10.000
Stützpunkte	1.500	200.000	300.000	200.000

Tab.3-5: Mengengerüst: für 5000 ha Staatswald (Mittelwerte)

Neben den lokalen, objektbezogenen Tabellen (Bestand, Standort und Inventurkreis), die je nach Thema in einer Projekt-GDB angelegt werden, sind in jeder Datenbank zusätzlich globale Tabellen (Tab.3-6) mit wichtigen Organisations- und Verwaltungsdaten vorhanden (siehe auch 3.4).

Organisation: Gebiete	Organisation: Kartenblatt	Auftragsverwaltung
FOA: Forstamt	FK5: Flurkarte / Bereich	AN: Aufträge
DIS: Distrikt	FK5E: Flurkarte / SW-Ecke	KA: Kartendefinitionen
LKR: Landkreis	FK5P: Flurkarte / Transformation	KU: Einsatzbilder
GEM: Gemeinde	TK25: TK25-Bereich	
WUG: Wuchsgebiet	TK25h: Höhenanomalie	

Tab.3-6: Globale Tabellen für die Organisation

3.3 Design forstlicher Geobjekte, am Beispiel Bestand

Die Gliederung der Geodaten im FORST-GIS nach Thema und Folie entspricht dem herkömmlichen Vorgehen beim Aufbau von Geodatenbeständen, die überwiegend für die Ableitung von Karten eingesetzt werden, sie bedarf keiner weiteren Erläuterung. Hier soll näher auf die **zusätzliche** Strukturierung der Geodaten mit Objekten eingegangen werden, die hier wegen ihres Raumbezugs und ihrer überwiegend geometrischen Eigenschaften als **Geobjekte** bezeichnet werden. Geobjekte erweitern die Einsatzmöglichkeiten der Datenbank besonders im Hinblick auf thematische und analytische Auswertungen, die eine hohe Logik im Datenmodell erfordern. Für ihre Verwendung in GIS gibt es heute noch keine standardisierte Vorgehensweise. Die proprietäre Lösung im FORST-GIS, auf Basis der Grundstrukturen Geometrieelement und Tupel aus Attributen, soll am Beispiel des Geobjekts Bestand beschrieben werden. Der (Wald-)Bestand wurde als Beispiel ausgewählt, da er eine zentrale Stellung in den Forstdaten hat. Bestände sind die kleinste Organisations- und Bewirtschaftungseinheit im Staatswald und damit die elementaren Bezugsräume für viele forstwirtschaftliche Planungen und Maßnahmen. Auf dem Bestand beziehen sich eine große Anzahl beschreibender Attribute aus der Forsteinrichtungsdatenbank (Auszug siehe Tab.3-4) und aus betriebswirtschaftlichen Verfahren, deren Menge nicht abgeschlossen ist. Der Bestand ergänzt - analog dem Flurstück - die vielfältigen attributiven Daten der Forsteinrichtung um ihre geometrische Abbildung, so wie das Flurstück in der DFK, seine buchmäßige Beschreibung im ALB ergänzt. Das Beispiel soll eine mögliche Strategie für die Objektstrukturierung von Geodaten aufzeigen, die im FORST-GIS nicht als generelles Konzept, sondern nur als ergänzende Strukturierungsmöglichkeit für wichtige Teildatenbestände, den Primärdaten, eingesetzt wird.

Wegen der Allgemeinheit des Wortes „Objekt“ ist auch der Begriff „objektorientiert“ viel strapaziert und bei unvorsichtiger Verwendung stets in Gefahr ein Allgemeinplatz zu werden. Vorab sollen deshalb diese Begriffe noch einmal kurz in ihrer Bedeutung umrissen werden. Unter einem „**Objekt**“ wird hier ein allgemeines technisches Konzept verstanden, mit dem man die realen Objekte der Umwelt, die hier zur Unterscheidung als Entitäten bezeichnet werden, so abstrahieren kann, dass sie von einem Rechner als logische Einheit verarbeitet und verwaltet werden können. Der Begriff „**objektorientiert**“ ist dagegen von der Informatik fest belegt und bezeichnet ganz spezielle Konzepte für die Modellierung von Datenbanken oder für die Erstellung von Programmsystemen. Die Verwendung von Geobjekten im FORST-GIS entspricht nur in Teilen diesen Prinzipien der Objektorientierung, die lediglich auf der konzeptionellen Ebene eingesetzt werden. Die Realisierung der Geobjekte auf der logischen Ebene des Datenbankmodells erfolgt mit den verfügbaren Mitteln der eingesetzten Produkte (Oracle, SICAD-GDB), die nicht objektorientiert im Sinne der Informatik sind. Die nachfolgend dargestellte Modellierung der Objekte im logischen Modell der Geodatenbanken des FORST-GIS wird deshalb zur Unterscheidung von den objektorientierten Konzepten der Informatik als „**objektstrukturiert**“ bezeichnet.

Anmerkung: M.E. ist es für den Anwender in erster Linie nicht ausschlaggebend, wie die Entitäten seiner Fachwelt im jeweiligen Datenbanksystem intern als Objekte modelliert sind. Vielmehr ist für ihn primär von Bedeutung, dass die Datenbank die für seine Anwendungen erforderlichen Objekte als logische Einheit, performant und mit dem nötigen Detaillierungsgrad jederzeit bereitstellen kann und die Objekte persistent und konsistent verwaltet.

3.3.1 Objektstrukturierung für Geodaten

Als strategische Referenz für den objektstrukturierten Entwurf der Geobjekte im FORST-GIS werden zunächst die grundlegenden Konzepte der Objektorientierung in Anlehnung an die Veröffentlichungen der International Conference on Deductive and Object-Oriented Database Systems (DOOD, *Atkinson et al 1989*) kurz zusammengestellt, um daraus das Vorgehen für die Konzeption und den Entwurf von Geobjekten abzuleiten. Nach *Dittrich (1997)* basiert die Objektorientierung auf dem Grundgedanken: „Objektorientierte Systeme betrachten und modellieren die Entitäten der realen Welt als eine Kollektion von kooperierenden und untereinander in Beziehung stehenden wohlunterscheidbaren Einheiten, den Objekten“. Dieser Ansatz hat nach *Rauh (1999)* viele Gemeinsamkeiten mit dem Wesen gegenständlicher Systeme (1.2), wobei die Objekte den Systemelementen und die Relationen den

Wirkungsbeziehungen entsprechen. Der Objektorientierung in der Informatik liegen drei wesentliche Prinzipien zu Grunde, die:

- Abstraktion und Autonomie (Einkapselung)
- Klassifikation (Zusammenfassung gleichartiger Objekte)
- Taxonomie und Vererbung (Klassenhierarchie, Polymorphismus)

Objektorientierung wird sowohl als analytische Technik für die objektorientierte Systemanalyse (siehe z.B. *Partsch 1998*) und den objektorientierten Systementwurf (siehe z.B. *Rumbaugh et al 1999*) sowie als konstruktive Technik für die objektorientierte Systemkonstruktion (siehe z.B. *Dittrich 1997, Heuer 1992*) für Programme und Datenbanken eingesetzt. Datenbank- und Programmsysteme verfolgen dabei jedoch grundsätzlich andere Zielsetzungen (Tab.3-7). Während ein Programmsystem aus einer exakt festgelegten Menge von Objekten für eine bestimmte Aufgabe konstruiert wird, muss eine Datenbank so beschaffen sein, dass sie einen großen Objektivorrat mit nicht absehbarer Extension vorhalten kann, aus dem Objekte nach Bedarf ausgewählt werden können, und der für die gemeinsame Nutzung durch viele Applikationen zur Verfügung steht. Für Datenbanken steht insbesondere das Konzept der Kapselung in einem prinzipiellen Konflikt zu ihren Erfordernissen; für Datenbankobjekte ist deshalb der Kapselungsbegriff „liberal“ zu behandeln (*Dittrich 1997*).

Konzepte der OO-Programmierung	Konzepte der OO-Datenmodelle
<ul style="list-style-type: none"> • Klassen, Methoden und ihre Einkapselung • Vererbung, Klassenhierarchien • Polymorphismus und spätes Binden • Metaklassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Objektidentität und Persistenz • Klassen und Klassenhierarchien • Strukturvererbung (Taxonomie) • Beziehungen zwischen Klassen (Relationen) • Integritätsbedingungen

Tab. 3-7: OO-Konzepte, nach Heuer (1992)

Für den Aufbau von Informationssystemen lässt sich strukturelles Wissen über die Umwelt in Termen von Gegenständen (Entitäten) mit ihren Eigenschaften sowie Assoziationen (Beziehungen) zwischen ihnen ausdrücken. Diese Strukturen lassen sich allgemein mit objektorientierten semantischen Datenmodellen beschreiben. Für den logischen Entwurf und seine Realisierung mit einem konkreten Datenbankprodukt muss jedoch das vom Produkt unterstützte Datenmodell eingesetzt werden. Datenbankprodukte verwenden hierarchische, relationale, netzwerkartige oder objektorientierte Modelle (siehe 1.2.1), wobei heute die relationalen Datenbanken den Markt beherrschen, objektorientierte dagegen nur eine Außenseiterrolle spielen, i.d.R. für Spezialanwendungen mit komplexen Objekten (z.B. CAD, GIS). Damit ein Datenbanksystem als objektorientiert (OODBMS) bezeichnet werden kann, sollte es nach *Atkinson et al (1989)* mindestens die nachfolgenden 13 Grundeigenschaften (Detailkonzepte) erfüllen, die man quasi als eine Checkliste für objektorientierte Datenbanksysteme ansehen kann.

- (1) Zusammengesetzte Objekte (Complex Objects)
- (2) Objektidentität, wird durch System gewährleistet (Object Identity)
- (3) Einkapselung für Zustand und Operationen (Encapsulation)
- (4) Klassenkonzept und Definierbarkeit von Klassen (Classes)
- (5) Klassenhierarchie und Vererbung (Class Hierarchies)
- (6) Überschreiben, Überladen und spätes Binden (Overriding, Overloading, and Late Binding)
- (7) Berechnungsvollständigkeit, Sprache zur Formulierung von Operationen (Computational Completeness)
- (8) Erweiterbarkeit um neue Datenstrukturen und Typen (Extensibility)
- (9) Dauerhafte Verwaltung von Datenelementen (Persistence)
- (10) Optimierung der internen Datenorganisation (Secondary Storage Management)
- (11) Paralleler Zugriff, Mehrfachbenutzbarkeit, Nebenläufigkeit (Concurrency)
- (12) Wiederherstellung im Störfall (Recovery)
- (13) Abfragesprache für interaktive Zugriffe (Ad Hoc Query Facility)

Dittrich (1997) ergänzt: „Ein OODBMS muss ein **objektorientiertes Datenmodell** aufweisen, was im einzelnen die Unterstützung der oben genannten Detailkonzepte (1) bis (7) bedeutet, und es muss außerdem alle funktionalen Eigenschaften eines klassischen Datenbanksystems (siehe 1.2.1) haben“.

Objekte als Abstraktion der statischen Struktur von Entitäten - mit deskriptiven Eigenschaften und Assoziationen - sind der Kerngedanke objektorientierter Systeme. Objekte können aber als allgemeines technisches Konzept der Informatik aufgefasst werden, das folgende wesentliche Inhalte hat:

- Objekte sind eine Abstraktion einer Entität mit definierten Grenzen und einer **definierten Identität**; jedes Objekt ist ein Unikat.
- Objekte existieren unabhängig von den Werten ihrer Eigenschaften; während ihr Zustand, die Werte, sich ändern können, bleibt ihre Identität unveränderlich erhalten.
- Bei Objekten ist streng zwischen Gleichheit und Identität zu unterscheiden, zwei Objekte sind dann gleich, nicht identisch, wenn sie zu einem Zeitpunkt in allen ihren Eigenschaften übereinstimmen
- Objekte können zu komplexen Objekten aggregiert werden.
- Klassen werden eingeführt, damit die Vielzahl der Objekte beherrschbar bleibt. Klassen sind Muster (Schablonen) gleichartiger Objekte, die gemeinsame Eigenschaften und Verhaltensmerkmale vorgeben und bezeichnen.
- Objekte werden ausschließlich als Instanzen ihrer Klassen erzeugt.
- Neue Klassen können als Generalisierung oder Spezialisierung (Vererbung, Spezialisierung vom Allgemeinen zum Besonderen) einer Klasse gebildet werden.

Für die Objektorientierung im Sinne der Informatik kommen zusätzliche Detailkonzepte (siehe oben) hinzu, die das allgemeine technische Konzept Objekt weiter spezifizieren, wie z.B. die Implementierung von problemorientierten Operationen als Methoden (direkt) in den Objekten.

An **object** in an OODB can be regarded as a quadruple **<OID,class,value,state>**, and a **class** as an 11-tuple **<class-name, member value type, member state type, {member messages}, {member methods}, class value, class state, {class messages}, class value type, class state type, {class methods} >**

Sichtbare Objekteigenschaften: **< OID, Klasse, {Attribute} >**

Sichtbare Klasseneigenschaften: **< Klassenname, {Klassenattribute/-typen}, {Klassenoperationen} >**

Für Sachverhalte mit komplexen Entitäten, wie sie in Geodaten vorkommen, ist die Nutzung des Objektkonzepts für die Strukturierung der Daten auch ohne die vollständige Realisierung aller Detailkonzepte der Objektorientierung sinnvoll. Es muss dabei eine Adaption mit den Mitteln der verfügbaren, i.d.R. nicht objektorientierten Datenbankprodukte erfolgen. Solche Datenmodelle, die sich nur das technische Konzept Objekt - mit Klassen, zusammengesetzten Objekten und komplex aufgebauten Attributen - stützen, bezeichnet man als strukturell objektorientiert oder kurz als **objektstrukturiert**. Eine Datenbank enthält dann eine Menge von Datenobjekten, die von Klassen abstammen.

Ein wichtiger Aspekt von Objekten ist die Wahrung ihrer **Identität**, die durch einen geeigneten Object Identifier (OID) zu realisieren ist, für den gilt: „An object identifier (OID) is a system-supported concept, separate from the value of an object, to support object identity within the database. To meet the requirements of object identity, an OID has to be system-wide unique, has to remain unchanged over the lifetime of the object, and cannot be reused for other objects“. Aus dieser Definition resultieren folgende Anforderungen, die ein OID erfüllen muss:

- ein OID ist **systemweit eindeutig**
- ein OID ist **unveränderlich** während der gesamten Lebensdauer des Objekts
- ein OID wird nach dem Untergang des Objekts **nicht wiederverwendet**

Sofern jedes Objekt eine solche OID enthält, unabhängig von seiner Komplexität, ist für die vollkommene Unabhängigkeit seines Zustands (Werte) und seiner individuellen Existenz gesorgt. Die Generierung von OID kann nach verschiedenen Möglichkeiten erfolgen. Es gibt logische OID (Surrogate), sie sind flexibel und resistent gegenüber Reorganisationen, physische OID (Adressen), sie sind lang aber schnell, aber von Reorganisationen betroffen oder Kombinationen von beiden. Surrogate sind systemweit eindeutige, persistente Bezeichner, die unabhängig vom physikalischen Speicherort sind. Sie können z.B. aus Aggregaten von Datums- und Zeitangaben der Systemuhr gebildet werden.

Geoobjekte werden für die Abstraktion raumbezogener Entitäten eingesetzt. Für ihre Modellierung sind geometrische Datenstrukturen, die hier als Geometrielemente bezeichnet werden, zusätzlich zu den üblichen Attributen zur Beschreibung thematischer oder temporaler Sachverhalte (siehe auch 5.2.3) erforderlich. Damit ergeben sich folgende sichtbaren Eigenschaften von Geoobjekten

Geoobjekt ::= < OID, Klasse, {Geometrielemente}, {Attribute} >

Die sichtbaren Eigenschaften der Geoobjekte werden in Anlehnung an ihren primär metrischen, form- und lagebeschreibenden Charakter als Konfiguration der Geoobjekte bezeichnet. Aus dem erweiterten Aufbau folgt, dass für Geoobjekte eine geometrische und thematische Modellierung erforderlich ist.

Nach *Bill/Fritsch (1991)* führt die vollständige Konfiguration von Geoobjekten zu einer Dreiebenen-Hierarchie, wobei die unterste Ebene die Metrik enthält, die i.d.R. durch Koordinaten gegeben ist, die mittlere Ebene die Topologie aufnimmt, und die oberste Ebene die semantische Bedeutung eines Geoobjekts wiedergibt. Die metrische Information mit dem Geocode beruht auf der Geometrie des Raumes, die topologische auf der Geometrie der Lage. Bei Geodaten ergibt sich die Topologie meist implizit aus ihrer geometrischen Struktur. Eine Topologie, die aus der Metrik eines Raumes abgeleitet wird, bezeichnet man als induzierte Topologie. Für die drei Konfigurationsebenen von Geoobjekten werden folgenden Definitionen angegeben:

- *Unter **geometrischen Modellieren** versteht man die Beschreibung, Bearbeitung und Speicherung der zugrundeliegenden Geometrie von raumbezogenen Objekten (Geoobjekten), in dem analytische und approximierende Verfahren eingesetzt werden.*
- *Unter **topologischen Modellieren** versteht man die Beschreibung, Bearbeitung und Speicherung der Geometrie der Lage von räumlichen Objekten (Geoobjekten). Als Hilfsmittel dienen dabei topologische Invarianten und Konsistenzbedingungen.*
- *Unter **thematischen Modellieren** versteht man die Beschreibung, Bearbeitung und Speicherung der zugrundeliegenden Thematik eines räumlichen Objekts (Geoobjekt). Als Hilfsmittel dienen thematische Ebenen und Objekthierarchien, in denen verschiedene thematische Inhalte vorgehalten und Objekte zusammengefasst werden können.*

Die Konfiguration eines Geoobjekts resultiert dann aus der Zusammenfassung dieser drei Teilmodelle, in denen die metrischen Eigenschaften, die beschreibenden Merkmale und die topologischen und semantischen Beziehungen festlegt und mittels Geometrielementen und Attributen beschrieben werden.

3.3.2 Konzeptioneller Entwurf von Geoobjekten

Die Grundlage für die Konzeption eines Datenmodells ist die Analyse der fachlichen Vorgaben, mit dem Ziel zu beschreiben, welche Leistungen ein System erbringen soll (aber nicht wie). Das Ergebnis soll eine vollständige, konsistente und eindeutige Spezifikation, die Anforderungsdefinition für das System sein. Dieser Prozess wird auch als Requirements Engineering bezeichnet (siehe *Partsch 1998*). Das methodische Vorgehen bei der Analyse der Fachanforderungen, die auch als Problemanalyse bezeichnet wird, kann man in folgende Schritte unterteilen:

- **Objekte und Klassen identifizieren:** Klassen und Objekte entsprechen oft Substantiven in den Fachanforderungen. Objekte und Klassen trennen - Objekte sind ansprechbar, Klassen sind anonym.
- **Attribute identifizieren:** Aus Sicht eines Objekts nach allgemeinen oder problemspezifischen Beschreibungen suchen.
- **Verfeinern durch Vererbung:** Spezialisierung werden angezeigt, wenn eine Klasse alle Merkmale einer anderen sowie noch weitere Merkmale hat. Generalisierungen werden angezeigt, wenn zwei Klassen viele gleiche aber auch einige unterschiedliche Merkmale aufweisen, d.h. die Oberklasse fehlt.
- **Assoziationen identifizieren:** Beziehungen zwischen Klassen entsprechen oft Verben oder Verbalphrasen der Fachanforderung (keine Aktionen). Bei „ist Teil von“-Beziehungen ist zu beachten, dass das Löschen des Ganzen i.d.R. zum Löschen der Teile führen sollte.
- **Suche nach Operationen (Dienste):** Klassen separat untersuchen und mit Diensten aus der Fachwelt versehen, dann Hauptaufgaben des Systems untersuchen und prüfen, ob die notwendigen Operationen vorhanden sind.
- **Überarbeitung des Ergebnisses (Reduktion):** Klassen mit nur einem Objekt oder Objekte mit nur einem Dienst, Attribut oder Beziehung sowie abgeleitete Attribute oder Objektbeziehungen sind vermutlich überflüssig.

Der **konzeptionelle Entwurf** auf Grundlage der erstellten Anforderungsdefinition beschreibt das Datenmodell in einer formalen Form als semantisches Modell, unabhängig von seiner Realisierung mit dem speziellen Datenmodell eines konkreten Datenbankproduktes. Aus Systemsicht sind Datenbanken statische Strukturen aus Objekten (Datenbankobjekte) und deren Beziehungen sowie geeigneten Operationen für ihre Verwaltung und Auswertung. Für die Darstellung der Klassen und ihrer Beziehungen wird im konzeptionellen Schema das Klassendiagramm verwendet, das eine Gesamtsicht der statischen Struktur wiedergibt. Der Detailentwurf einzelner Objekte (bzw. Klassen), die sich aus dem Klassendiagramm ergeben, kann dann in mehreren Teilsichten (*Abb.3-9*) erfolgen, die Projektionen einer Entität unter verschiedenen Blickwinkeln gleichkommen.

Es werden hier drei Teilsichten für das Design von Objekten eingeführt:

- I. **Endogene** (innere) Struktur für die deskriptiven Merkmale in Form klassifizierter Objekteigenschaften
- II. **Exogene** Struktur für die äußeren Beziehungen mit Assoziationen zwischen Instanzen der eigenen Klasse und fremder Klassen
- III. **Funktionale** Struktur für die Verhaltensmerkmale als Operationen für den Zugriff auf das Objekt und seine Merkmale sowie Funktionen für Auswertungen

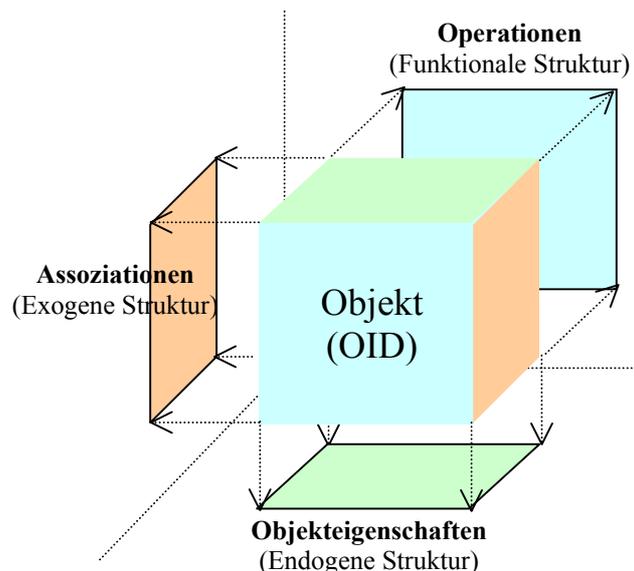


Abb.3-9: Designebenen für Datenbankobjekte

Die Kombination der drei Teilsichten für den konzeptionellen Entwurf von Objekten mit den oben angegebenen drei Modellierungsebenen

für die Konfiguration von Geobjekten ergibt fünf Teilentwürfe (Dimensionen) für das Design eines Geobjekts, mit denen seine Detailstruktur dargestellt werden kann:

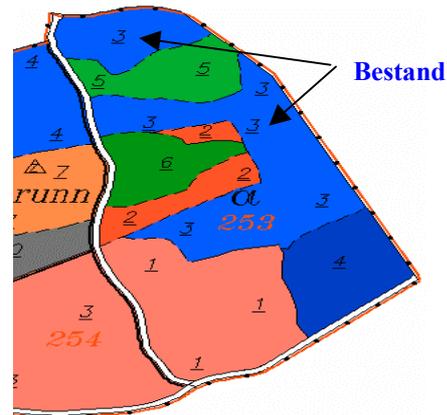
- Thematisches Modell der endogenen Struktur
- Semantische Assoziationen für äußere Beziehungen im thematischen Modell
- Geometrisches Modell der endogenen Struktur
- Topologische Assoziationen für äußere Beziehungen im geometrischen Modell
- Operationen entsprechend den Verhaltensmerkmalen

Neben dem Klassendiagramm sind der Raumbezug und die Geometrie der Daten die wesentlichen globalen Designfaktoren für ein Geodatenmodell. Die Eigenschaften der Geometrie wirken sich auf die Konfiguration aller Geobjekte aus, und zwar sowohl auf ihre endogene als auch auf ihre exogene Struktur. Die grundlegenden geometrischen Eigenschaften der raumbezogenen Forstdaten resultieren vornehmlich aus der Fachvorgabe: „*Geodaten im FORST-GIS sind Geokodierte Grundrissdarstellungen von flächenhaften Entitäten unterschiedlicher Thematik*“. Für die geometrische Darstellung empfiehlt sich damit ein zweidimensionales Kantenmodell, das die Forstflächen mittels Punkten und Linien, d.h. durch eine Randdarstellung im Grundriss beschreibt. Dieser Ansatz erlaubt die einfache Trennung zwischen metrischer und induzierter topologischer Information, wobei Punkte die Knoten, Linien die Kanten und Flächen die Maschen induzieren. Die topologische Struktur der Forstdaten entspricht „Landkarten“ im Sinne der Graphentheorie, die auch als ebene Flächengraphen bezeichnet werden.

Nachfolgend werden die wesentlichen Aspekte der Konzeption von Geobjekten im FORST-GIS am Bestand aufgezeigt, die sich auf das Klassendiagramm (*Abb.3-b*) und das Detailkonzept von Geobjekten beschränken. Die Struktur des Bestandes ist repräsentativ für andere flächenhafte Geobjekte im FORST-GIS, d.h. aus dem Geobjekt Bestand lässt sich durch Generalisierung eine abstrakte Oberklasse „Forstfläche“ ableiten, die über die grundlegenden Merkmale flächenhafter Entitäten verfügt und damit den allgemeinen Aufbau dieses Objekttyps beschreibt. Für das Beispiel wird zunächst ein kurzer Auszug

aus den fachlichen Vorgaben für den Bestand (Abb.3-a) gegeben, der seine wesentlichen geometrischen und thematischen Eigenschaften sowie seine Beziehungen und Verhaltensmerkmale beschreibt.

Die Forstbetriebskarte enthält die farbige Darstellung der Pflege- und Nutzungsarten oder der Entwicklungsstadien mit den geplanten Pflegemaßnahmen von (Wald)-Beständen. Ein Bestand kann aus mehreren, räumlich nicht zusammenhängenden Teilflächen bestehen. Der Bestand ist ein Kollektiv von Bäumen innerhalb eines abgegrenzten Gebiets, das eine einheitliche waldbauliche Bewirtschaftung ermöglicht. Er ist die kleinste Verwaltungs- und Bewirtschaftungseinheit im Staatswald und bildet damit den Basisbezugsraum für die beschreibenden Daten der Forsteinrichtung sowie für andere wichtige Zustände und Planungsgrößen. Organisatorisch werden Bestände der ständigen Waldeinteilung zugeordnet, die eine Hierarchie aus Abteilung, Distrikt und Forstamt darstellt. Die waldbaulichen Eigenschaften des Bestands werden durch Standortdaten ergänzt, die einer gesonderten Standortkartierung ausgewiesen werden. Standorte sind zusammengefasste Flächen, die hinsichtlich der ökologischen Voraussetzungen, den waldbaulichen Möglichkeiten und der Gefährdung des Baumbestandes ähnliche Voraussetzungen haben. Ihre Farbgebung richtet sich nach dem Substrattyp (Bodenart)...



Für den Bestand gibt es folgende Fachanforderungen, Beispiele sind: Farbige Darstellung in der Forstbetriebskarte, Flächenberechnung und Abgleichung auf die Katastersollfläche, Thematische Ausprägungen für Attribute der FE/DB, z.B Bestandsform, Verschneidung mit Standorten

Abb.3-a: Auszug aus den Fachvorgaben für den Bestand

Klassendiagramme enthalten die statische Struktur eines Datenmodells, die sich - unter Anwendung der oben angegebenen Regeln für die Problemanalyse - aus den Fachvorgaben ergibt. Sie zeigen die Klassen, den Typ ihrer Datenstruktur sowie ihre Assoziationen. Auf die Angabe von Attributen der Klassen wird verzichtet, siehe hierzu Anlage 2. Die Darstellung des Klassendiagramms erfolgt nach der UML-Notation (z.B. Oestereich 2001)

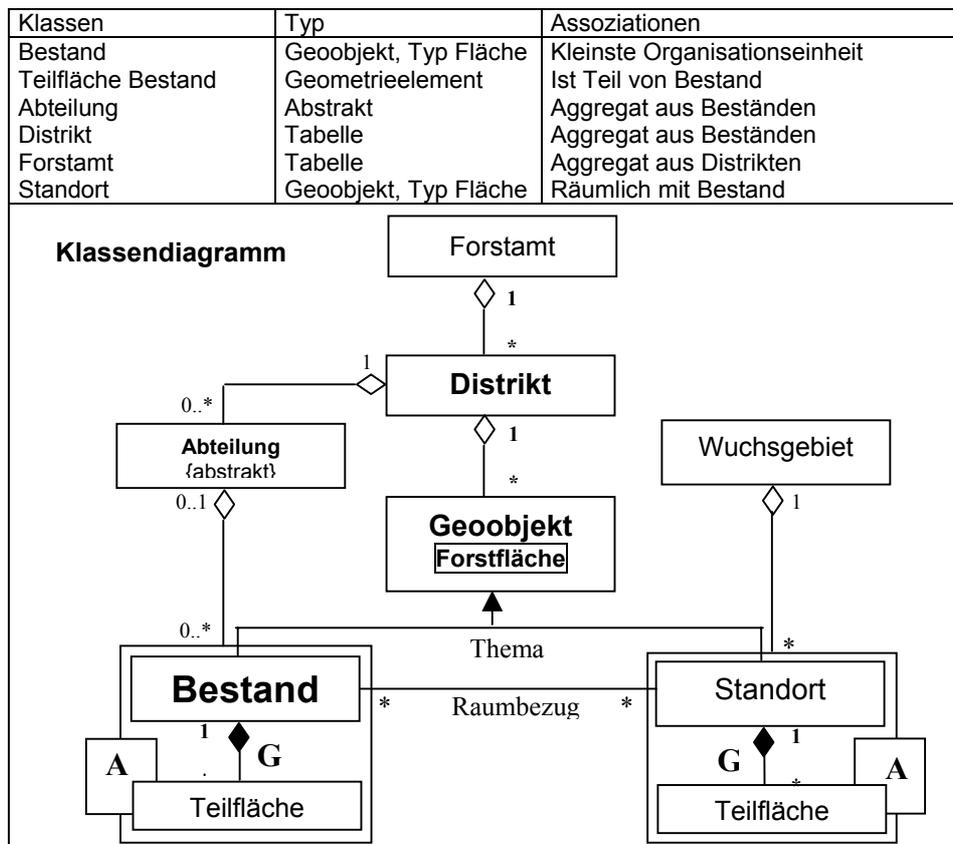


Abb. 3-b: Klassendiagramm für den Bestand

Die Bestandsteilflächen sind aus fachlicher Sicht keine Objekte, sie werden deshalb als Teilobjekt Geometrie, basierend auf einem Flächenelement realisiert und über eine spezielle 1:n-Relation G (Geolink) mit den attributiven Merkmalen verbunden. Die symbolische Multiplizität A bezeichnet die topologischen Beziehungen zwischen den Teilflächen verschiedener Objekte über die Maschen-Adjazenz (siehe unten).

Die **Teilobjekte Geometrie** enthalten die geometrischen Eigenschaften und topologische Assoziationen eines Bestands. Für die Randbeschreibung und Geokodierung von zweidimensionalen Flächen sind die geometrischen Datenstrukturen (Abb.3-c) Punkt, Linie und Fläche erforderlich, mit denen die metrischen und topologischen Eigenschaften sowie die grafische Präsentation beschrieben werden können.

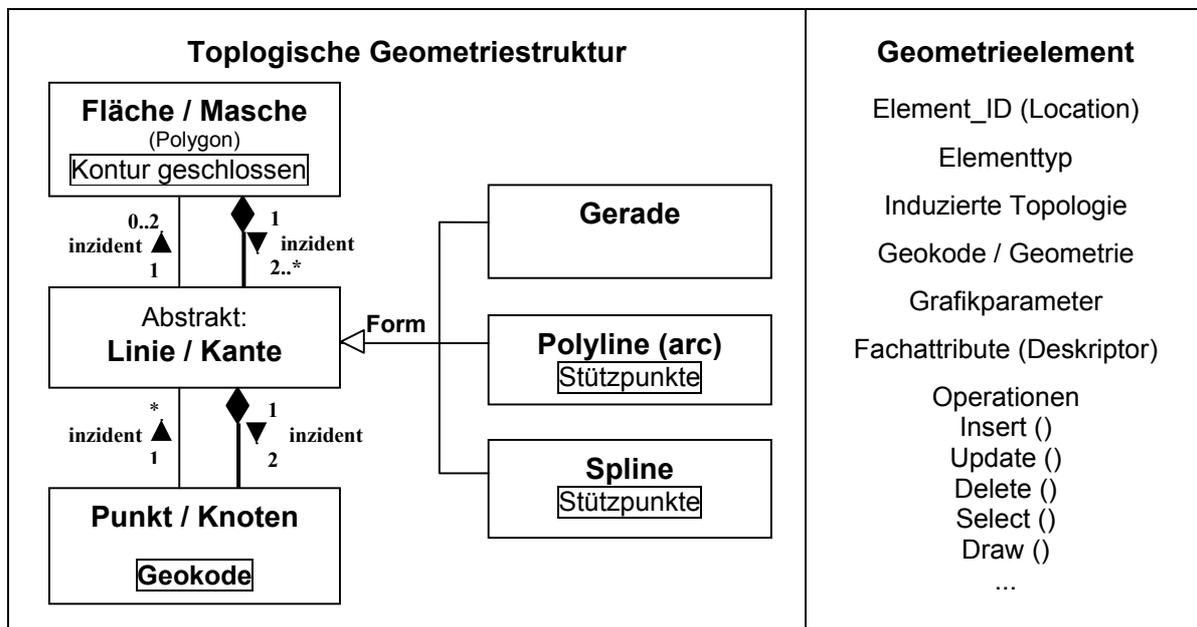


Abb. 3-c: Geometrieelemente für 2d-Flächenmodelle

Die Geokodierung erfolgt auf der Ebene der Punkte über die Punktkoordinaten. Die geometrische Form nicht gerader Linien wird mittels Stützpunkten in Koordinatenfeldern beschrieben, die Bestandteil der Linienelemente sind. Flächen ergeben sich aus geschlossenen Konturzügen (Zyklen), sie können auch Inselflächen enthalten.

Die äußeren Beziehungen der Geobjekte über gemeinsame Knoten oder Kanten werden aus der topologischen Information abgeleitet, die durch die Geometrie induziert wird. Als Grundlage für die Erläuterung der topologischen Beziehungen (3.3.3/4) im zweidimensionalen Geodatenmodell werden zunächst einige wichtige Sätze der Topologie und Graphentheorie (in Anlehnung an *Aigner 1984, Bill/Fritsch 1991*) für ebene Flächengraphen zusammengestellt.

- Die Aufgabe der Topologie - der Geometrie der Lage - ist es, geometrische Sachverhalte mittels topologischer Invarianten und Beziehungen unabhängig von deren Metrik zu beschreiben.. Eine Topologie, die aus der Metrik eines Raumes abgeleitet wird, bezeichnet man als induzierte Topologie.
- Ein ebener Flächengraph oder Landkarte $L = \{N, K, M\}$ ist ein planarer Graph $G = \{N, K\}$ zusammen mit den zu L gehörenden Ländern M , die nachfolgend als Maschen bezeichnet werden.
- Ist $G = \{N, K\}$ ein zusammenhängender planarer Graph, so zerlegen die Kanten die Ebene in endlich viele zusammenhängende Gebiete, die Maschen M , von denen genau eine, das äußere Gebiet, nicht beschränkt ist. Für einen zusammenhängenden planaren Graphen mit den Maschen M gilt die Euler-Charakteristik der Ebene: $|M| + |N| - |K| = 2$.
- Ein Graph heißt planar, wenn er in der Ebene so dargestellt werden kann, dass keine Schnittpunkte von Kanten vorkommen, die nicht zugleich Knoten der Maschen sind, und er heißt zusammenhängend, falls je zwei Knoten durch eine Kante verbunden sind. Planare Graphen sind einfache, endliche Graphen.
- Ein endlicher Graph $G = \{N, K\}$ ist durch die begrenzte Menge N seiner Knoten und die Menge K seiner Kanten definiert. Als Knoten N_i (Node) werden die Stellen bezeichnet, in der eine Kante beginnt oder endet, oder in der sich mehrere Kanten treffen. Eine Kante K_j stellt die Verbindung zwischen zwei Knoten dar, jede Kante besitzt einen Anfangs- und einen Endknoten. Ein Graph ohne Mehrfachkanten und ohne Schlingen heißt einfacher Graph
- Die Kanten einer Masche M_k bilden einen Weg, der als Zyklus oder topologischer Kreise bezeichnet wird. Zyklen sind Wege in Graphen, die von einem Knoten ausgehen und im selben Knoten enden, wobei die Anfangs- und Endkanten voneinander verschieden sind.
- Die topologischen Invarianten im zweidimensionalen Raum sind die Geschlossenheit, Schnittpunktreue, Trennung innen/außen und die Randpunkteigenschaft..

Die Beziehungen (topologische Verknüpfungen) zwischen den Elementen eines Graphen, den Maschen, Knoten und Kanten, werden als **inzident** bezeichnet, wenn sie verschiedene Elemente und als **adjazent**, wenn sie gleichartige Elemente verbinden. In ebenen Flächengraphen gibt es nach *Findeisen (1990)* vier topologische Grundbeziehungen:

- **Knoten-Adjazenz:** Zwei Knoten sind über eine Kante miteinander verbunden
- **Knoten-Kanten-Inzidenz:** Alle Kanten, die von einem Knoten abgehen sind mit ihm inzident
- **Maschen-Adjazenz:** Zwei Maschen sind über eine Kante miteinander verbunden
- **Maschen-Kanten-Inzidenz:** Alle Kanten einer Masche (Umringskontur) sind mit ihr inzident

Aus diesen vier Grundbeziehungen können weitere abgeleitet werden, wie z.B. die Kanten-Adjazenz oder die Knoten-Maschen-Inzidenz.

Betrachtet man die Strukturen einer zweidimensionalen Flächengeometrie in den Sichten: Geometrie, induzierte Topologie und Beziehungsstruktur (*Abb.3-d*), so zeigt sich, dass die Beziehungen zwischen den Elementen des Graphen und damit auch der Geometrie ein **Netzwerk** bilden!

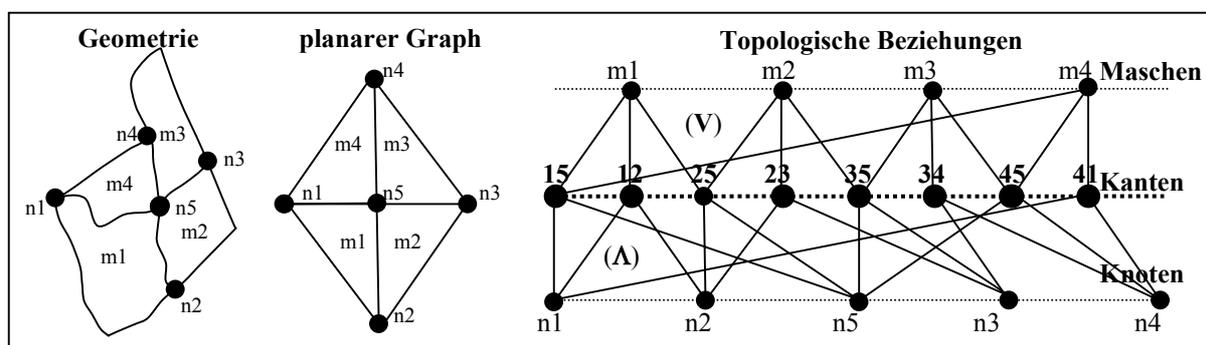


Abb.3-d: Topologische Beziehungen in ebenen Flächengraphen (Landkarten)

Aus der Darstellung der topologischen Beziehungen (*Abb.3-d*) lassen sich die Inzidenz- und die Adjazenz-Beziehungen direkt erkennen. Inzidenz-Beziehungen entsprechen den Verbindungen zwischen verschiedenartigen Elementen. Adjazenz-Beziehungen zeigen sich als „(Λ)-förmige“ Struktur für die Knoten und als „(V)-förmige“ Struktur für die Maschen, ausgehend von einer Kante. Zwei Knoten oder zwei Maschen sind also immer über eine Kante miteinander adjazent, d.h. benachbart. Bei Randkanten bildet der Außenraum die zweite Masche. Kanten sind damit bei einer Randbeschreibung von Flächen das „Adjazenzmedium“ für Knoten und Maschen. Die induzierten topologischen Beziehungen zwischen Knoten, Kanten und Maschen ergeben die exogene geometrische Struktur mit den äußeren Beziehungen von Geobjekten, ihre Codierung erfolgt in den Geoelementen (siehe 3.3.3/4). Die topologischen Beziehungen in einer Geometrie mit einem zusammenhängenden planaren Graphen entsprechen Assoziation zwischen Instanzen (Objekten) derselben Klasse.

Das **Teilobjekt Attribute** wird für die Beschreibung der thematischen Eigenschaften und semantischen Assoziationen verwendet. Die Zusammenfassung einer festen Anzahl benannter Attribute nennt man Tupel, ihre Verwaltung erfolgt in Tabellen, wobei die Tupel den Zeilen und die Attribute den Spalten der Tabelle entsprechen. Die Tabelle bildet somit die Klasse, die Tupel mit den Attributwerten die Instanzen. Tabellen zur Beschreibung von Objekten werden nicht vollständig normalisiert, wie es in relationalen Datenbanken üblich ist, sondern bleiben in der 2. Normalform (siehe z.B. *Meier 1997*), damit eine objektbezogene Darstellung der thematischen Eigenschaften möglich ist. Die Eindeutigkeit der Tupel wird mittels Primärschlüsseln gewährleistet. Für Geobjekte werden deren Werte aus speziellen Generierungsvorschriften abgeleitet, die den inhaltlichen Anforderungen an einen OID im obengenannten Sinne entsprechen müssen. Die semantischen Beziehungen (Relationen) werden über Fremdschlüsselbeziehungen realisiert, die auf der Referenz von gleichen Attributwertkombinationen in zwei Tabellen beruhen. Die semantischen Beziehungen werden für die Beschreibung von Assoziationen mit Instanzen anderer Klassen, insbesondere zu den Tabellenaggregaten und zu anderen Geobjekten verwendet. Nach der von *Bill/Fritsch (1991)* angegebenen Dreiebenen-Hierarchie für die vollständige Konfiguration von Geobjekten bildet die attributive Beschreibung die oberste Ebene. Bei Geobjekten im FORST-GIS wird

deshalb ein Tupel als „Objektkopf“ verwendet, das den semantischen Rumpf für die Teilobjekte Geometrie bildet (siehe 3.3.3).

Die Definition der hier wichtigen grundlegenden Konzepte Primär- und Fremdschlüssel für attributive Daten in Tabellen werden dem relationalen Datenmodell entnommen (Denzel 1997, Meier 1997):

- Primärschlüssel werden von einem oder mehreren Attribut(en) gebildet, sie werden zur eindeutigen Identifizierung beim Zugriff und für die referentielle Integrität verwendet. Primärschlüsselattribute müssen die Bedingungen *unique* und *not Null* erfüllen.
- Fremdschlüssel sind Attribute in einer Tabelle, deren Werte der gleichen Domäne eines Primärschlüssels einer referenzierten Tabelle angehören. Der Fremdschlüssel realisiert eine Inklusionsabhängigkeit, die als referentielle Integrität bezeichnet wird, zur Erhaltung der Datenkonsistenz.
- Fremdschlüssel bei Teile-Beziehungen werden „on delete cascade“ deklariert, daraus folgt, dass bei einer Löschung in der übergeordneten Tabelle auch die referenzierenden Teile-Tabellen mit einbezogen werden.

Operationen beschreiben die Verhaltensmerkmale von Objekten. In Objektorientierten Systemen sind die Operationen als Methoden in den Klassen implementiert, damit bilden Objekte abgeschlossene Pakete aus Daten und den dazugehörigen, problemorientierten Methoden. Herkömmliche Datenbanken enthalten dagegen nur eine Reihe generischer Operationen für die Datenstrukturen. In Datenbanken werden vier elementare Operationen für den Zugriff auf Objekte oder auf Datenstrukturen benötigt:

<i>INSERT</i>	erzeugen oder einfügen (Konstruktor)	<i>SELECT</i>	anfragen, auffinden
<i>DELETE</i>	löschen (Destruktor)	<i>UPDATE</i>	ändern

Der Zugriff auf die öffentlichen Eigenschaften von Objekten wird über die Methoden „get/set“ realisiert. Für Geoobjekte benötigt man weitere grundlegende Operationen, die insbesondere ihre geometrische und grafische Struktur auswerten, Beispiele sind: Objekt zeichnen (draw), transformieren (move, scale), berechnen metrischer Größen (area, distance, ...) oder die Navigation mit topologischen Beziehungen (Inzidenz). Die Realisierung von Operationen im FORST-GIS erfolgt konventionell, datenstrukturorientiert mit einer prozeduralen Sprache (SICAD-Prozeduren mit embedded SQL), die nicht objektorientiert ist. Die Zuordnung der Operationen zu den Objekten wird über die Benutzeroberfläche hergestellt. Dieses Vorgehen stellt zwar eine wesentliche Abweichung von den objektorientierten Prinzipien dar, bedeutet jedoch aus pragmatischer Sicht keine Einschränkung der Systemleistungen. Auf die Realisierung der Operationen wird hier nicht weiter eingegangen (SICAD-Geomatics 2001, Lothar 2002), sie stützt sich auf die SICAD-Elementroutinen (Operationen) und auf die generischen Operationen der Oracle-Datenbank.

Das **Detailkonzept** für ein Geoobjekt (Abb.3-e) zur Modellierung von Forstflächen ergibt sich aus der Zusammenfassung der beschriebenen fünf Teilentwürfe für die Objektkonfiguration.

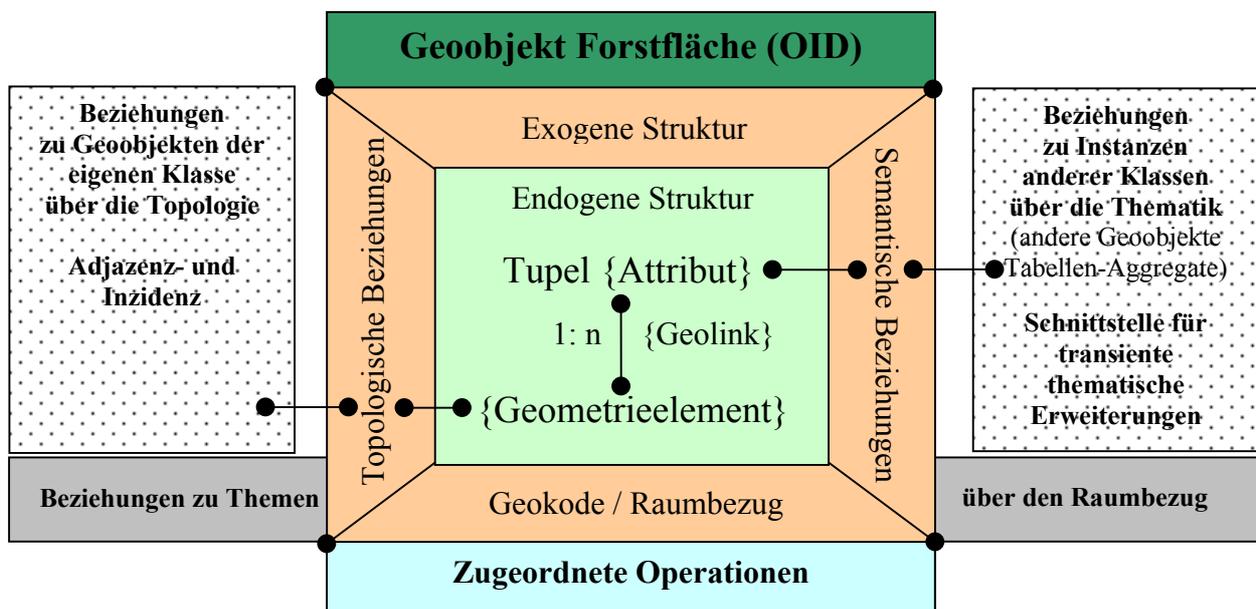


Abb.3-e: Detailkonzept Geoobjekt „Forstfläche“

Aus dem konzeptionellen Detailkonzept für Geoobjekte kann man entnehmen, dass für ihren Aufbau geeignete Datenstrukturen zur Abbildung ihrer metrischen Eigenschaften und topologischen Assoziationen (Teilobjekt Geometrie) sowie für ihre thematischen Merkmale und semantischen Assoziationen (Teilobjekt Attribute) benötigt werden. Die metrischen und thematischen Eigenschaften bilden die deskriptiven Merkmale der Geoobjekte, sie werden zur endogenen Struktur zusammengefasst. Die topologischen und semantischen Assoziationen bilden die exogene Struktur, sie beschreiben ihre äußeren Beziehungen. Für die Zusammenfassung der Teilobjekte zu einem Geoobjekt sind jedoch noch die Strukturen Geolink und Schnittstelle für transiente, thematische Erweiterungen einzuführen. Als **Geolink** wird eine 1:n-Relation bezeichnet, mit der die Teilobjekte Geometrie und Attribute (Tupel) über die Struktur $\langle \text{OID}, \{\text{EID}\} \rangle$ verknüpft werden. Eine Schnittstelle für die transiente thematische Erweiterung von Geoobjekten wird benötigt, um die vielen beschreibenden Daten, die in anderen Verfahren vorgehalten werden, je nach fachlicher Erfordernis, als Attribute den Geoobjekten anzuhängen (Join); die Menge der thematischen Eigenschaften der Geoobjekte ist nicht abgeschlossen. Das erstellte Detailkonzept beschreibt eine abstrakte Klasse „Forstfläche“ (Abb.3-b, 3-e), aus der durch Spezialisierung die Klassen für die Basisgeoobjekte Bestand oder Standort abgeleitet werden können.

3.3.3 Logischer Entwurf für Geoobjekte

Mit dem logischen Entwurf der Geoobjekte werden die Ergebnisse des konzeptionellen Schemas in das spezielle Datenmodell umgesetzt, das dem eingesetzten GIS- und Datenbankprodukten zu Grunde liegt. Für den Aufbau der Geodatenbanken im FORST-GIS ist das Relationale Datenbanksystem Oracle (3.4.1) in Kombination mit der Geodatenbankextension SICAD-GDB (3.4.2) im Einsatz. Die SICAD-GDB bildet aus Benutzersicht das DBMS für die Geodaten, das eine Oracle-Datenbank als Container für die Datenablage und Verwaltung verwendet und die allgemeinen Datenbankservices von Oracle nutzt. SICAD unterstützt für die geometrisch/topologische Modellierung ein Netzwerkmodell, die thematische Modellierung erfolgt direkt mit dem relationalen Datenmodell von Oracle. Für die Verbindung von Geometrie- und Sachdaten (Attribute in Tabellen) stellt SICAD systemunterstützte und systemüberwachte Features zur Verfügung, die hier als Geolink bezeichnet werden. In SICAD sind damit für Geodaten die Strukturierungsmöglichkeiten zweier Datenmodelle vereinigt, das relationale Modell (RDM), dessen besondere Leistungen in der attributiven Beschreibung von Entitäten liegt, kombiniert mit dem Netzwerk- oder Graphenmodell (GDM) für die Modellierung zweidimensionaler Geometrien mittels einer Randbeschreibung. Für die nachfolgende Darstellung von Sachverhalten aus SICAD wird auf die Benutzerdokumentation (*SICAD-Geomatics 2001*) verwiesen. Die Umsetzung des Entwurfs beginnt entsprechend der Dreiebenen-Hierarchie für die Teilmodelle von Geoobjekten mit der thematischen Modellierung.

Die Realisierung des Teilobjekts Attribute für die thematische Modellierung erfolgt mit Oracle-Tabellen. In der SICAD-GDB können lokale, GDB-spezifische, und globale, datenbankweite Tabellen, unterschieden (siehe 3.4.4) werden. Für Geoobjekte werden spezielle lokale Tabellen kreiert, ihre Tupel stellen den „Kopf“ (Header) eines Geoobjekts dar. Dieser Objektkopf enthält nur die OID und die Attribute mit der Organisation sowie Attribute mit primär geometrischem Inhalt, dies sind z.B. die berechnete und abgeglichene Bestandsfläche. Die OID ergibt die systemweite Identität eines Geoobjekts, sie entspricht seiner „Personalausweisnummer“, die Organisationsattribute ergeben den Objektnamen für die logische Ansprache, sie entsprechen seinen „Personalien“, der Geocode ist seine Adresse. OID und Organisationsattribute werden für das Anhängen weiterer beschreibender Daten verwendet, mit denen der semantische Rumpf der Geoobjekte für Auswertungen transient erweitert werden kann.

Eine Kapselung der Objektzustände (kann) wird nicht realisiert, sie ist für Datenbankobjekte ohnehin nur bedingt sinnvoll, da man Datenbankobjekte in vielen Fällen gerade mittels Prädikaten über Teile ihrer Werte (z.B. ... where Fläche > 10 and Nutzung = 'AD') in einer Menge von Objekten aufsuchen möchte (siehe 3.3.1). Der Schutz der Geodaten erfolgt für Schreibzugriffe mit den Mechanismen des Betriebssystems und den umfangreichen Objektprivilegien der Oracle-Datenbank, Lesezugriffe sind für berechnete Nutzer generell freigegeben.

Als OID werden im FORST-GIS anstelle von Surrogaten mit „willkürlichem“ Inhalt Generierungsvorschriften für benutzerdefinierte (logische) OID verwendet, die durch die Anwendung generiert werden. Die OID sind damit zwar nicht systemunterstützt, sollen aber ansonsten den inhaltlichen Anforderungen an eine OID entsprechen. Die Generierung der OID für den Bestand erfolgt aus den Attributen mit der Organisation und dem Laufzeitbeginn der Forsteinrichtung, die eine bayernweit eindeutige Attributkombination für Forstflächen ergeben.

- *OID ist systemweit eindeutig:* Durch ihre Verwendung als Primärschlüssel wird die Eindeutigkeit innerhalb der Tabelle geprüft und erzwungen, die systemweite Eindeutigkeit wird von der Generierungsvorschrift gewährleistet.
- *OID ist unveränderlich während der gesamten Lebensdauer des Objekts:* Die OID-Attribute werden mit Sperrmechanismen der Datenbank vor Veränderungen geschützt.
- *OID wird nach dem Untergang des Objekts nicht wiederverwendet:* Durch eine temporale Komponente ergibt sich keine Wiederholung einer OID. Im FORST-GIS werden zudem Objekte i.d.R. nicht gelöscht, da eine Historie über mehrerer Epochen aufgebaut werden soll.

Die wesentlichen Einwände gegen Schlüssel als OID: „Schlüssel-Attribute können geändert werden“ und „Eindeutigkeit nur innerhalb einer Tabelle „ können beseitigt werden, indem die Schlüsselattribute gegen Änderungen mittels Oracle-Objektprivilegien gesperrt werden und ein Generierungsalgorithmus verwendet wird, der die systemweite Eindeutigkeit garantiert (Tab.3-8).

CREATE TABLE Bestand(\		Klassenname
LFZFE	NUMBER(4) , \	OID-Teil=Epoche (Zeit)
BESTKEY	NUMBER(10) , \	OID-Teil=f(Orga)
FOA	NUMBER(3) , \	Organisation
DIS	NUMBER(2) , \	...
ABT	NUMBER(2) , \	„Objektname“
UABT	CHAR(1) , \	...
BEST	NUMBER(2) , \	Organisation
BESTYP	CHAR(8) , \	Bestandstyp
BFL	NUMBER(7,2) , \	Geometrie
BFLABG	NUMBER(7,2) , \	Geometrie
PRIMARY KEY (LFZFE, BESTKEY))	OID „Objektidentität“
ALTER TABLE Bestand	ADD (\	Fremdschlüssel für
FOREIGN KEY (FOA, DIS) REFERENCES	gdbadmin.Distrikt)	Aggregation Distrikt
GBCRETD Bestand 'LFZFE BESTKEY ' K	RTY=OR	Relation Geolink
GBCRELD Bestand BESTYP	NAM PAR WRITE	Temp. Deskriptoren
GBCRELD Bestand BFL	BFL DESC WRITE	...
GBCRELD Bestand BFLABG	BFLABG DESC WRITE	...
GRANT SELECT, INSERT ON BESTAND TO PUBLIC		Zugriffsberechtigung
GRANT UPDATE (LFZFE, BESTKEY) ON BESTAND TO ADMIN		(Eigentümer und ADMIN)

Tab. 3-8: Definition des Objektkopfes der Klasse Bestand

Die OID für den Bestand ist ein komplexer Wert aus Zeit- und Organisation, die jedem Bestand eine eindeutige Wertekombination in der komplexen Ebene zuweist. Ihre Definition erfolgt als Primärschlüssel des Objektkopfes. Die Werte ergeben sich aus der Generierungsvorschrift:

$$\text{OID}_{\text{Bestand}} ::= (<lfzfe>, <bestkey>) \text{ mit } \text{bestkey} ::= <10^7 \text{foa} + 10^5 \text{dis} + 10^3 \text{abt} + 10^2 \text{uab} + \text{best}>$$

Die OID wird bei der Objekterzeugung von der Anwendung generiert. Dieses Vorgehen hat gegenüber der Verwendung eines „willkürlichen“ Surrogats (z.B. aus Datum/Uhrzeit/...) den Vorteil, dass die Werte in den getrennten Systemen FORST-GIS und FE/DB unabhängig voneinander generiert werden können und damit als Joinkriterium für die Teildatenbestände zur Verfügung stehen. Darüber hinaus kann man die OID für Plausibilitätsprüfungen im Rahmen der Qualitätssicherung einsetzen. Die OID darf jedoch in den Anwendungen nicht fachlich interpretiert werden, hierfür müssen die Attribute für die Organisation verwendet werden! Für Prüfzwecke kann die Eigenschaft der OID verwendet werden, dass die Differenz zweier OID eine „organisatorische Distanz“ der beiden Objekte ergibt, die in Verbindung mit fachlichen Kriterien eine schnelle Prüfung (siehe Anlage 5-9) der äußeren Beziehungen von Beständen auf der Ebene von Aggregaten (z.B. Abteilung) ermöglicht. Je geringer die Differenz zweier OID-Werte ist, desto näher liegen die Bestände beieinander, z.B.: $|\text{OID}_i - \text{OID}_k| < 10^3$ heißt, dass die Bestände zur gleichen Abteilung gehören.

Für die transiente Erweiterung der Geoobjekte um Attribute aus anderen Informationssystemen spielen die Attribute der Objektkopfes eine wesentliche Rolle. Sie enthalten die nötige Join-Information, um z.B. die Tabellen Bestand (FORST-GIS) und Bestand_o (FE/BD) zu verbinden. Diese Verbindung ist wichtig für die Übergabe der berechneten Flächen an die FE/DB, für die Abgleichung der Nutzungsart im Rahmen der Qualitätsprüfung, für die Übernahme der aktuellen Organisation und für den Anschluss von Tabellen (siehe 3.3.2) mit bestandsbezogenen Attributen (z.B. Bestandsform) zur thematischen Auswertung. Die Schnittstelle zwischen FE/DB und dem Geoobjekt Bestand hat folgenden Aufbau:

- Physikalisch: Transport mittels ftp oder Datenträger
- Syntax: SQD-Format der SICAD-GDB, ASCII-Zeichen
- Semantik: Attribute für Begang und Inventur
- Join: <lfzfe,bestkey>

Durch dieses Konzept ist es möglich, dass Organisationsänderungen für Bestände nur in der FE/DB fortgeführt werden müssen (Bestand_o) und bei Bedarf den Geoobjekten im FORST-GIS zugeordnet werden können. Die Generierung des benötigten Join kann in der FE/DB auf Grund der mitgeführten organisatorischen Historie unabhängig vom FORST-GIS erfolgen.

Die endogene Struktur des Teilobjekts Geometrie besteht aus Punkten, Linien (Varianten) und Flächen (mit Inseln). Die für ihre Abbildung verfügbaren SICAD-Elemente (PG,LI,LY,SN,FL) entsprechen dem oben angegebenen Aufbau (Abb.3-9) von Geometrieelementen. Jedes SICAD-Element erhält eine datenbankweite, eindeutige Identität (Location), die hier als Elementidentität (EID) bezeichnet wird. Innerhalb einer (Teil-) Datenbank ergibt sich die EID aus <DBID,Elementnummer>, wobei die DBID die Nummer der GDB und die Elementnummer eine eindeutige Elementadresse innerhalb einer GDB ist.

<pre> ELEMENTTYP PG (Punkt 50) EBENE 1 X 4362225.88 Y 5563298.70 PRIORITAET 0.000000 PKZ G0 PNR 1001 </pre>	<pre> ELEMENTTYP LI (Gerade 138) EBENE 2 PRIORITAET 1.000000 SM 1 ST 1 TXT 'StFoV' </pre>
<p>Topologie / Inzidenz-Beziehungen</p> <pre> 50 PG LIPG 138 SNPG 340 C4 PG LIPG 138 LYPG 218 138 LI StFoV FLLI 490 1A4 PG LYPG 218 SNPG 340 218 LY Distrikt FLLY 490 340 SN Abteilung FLSN 490 490 FL VJN </pre> <p>(gekürzte EID)</p>	<pre> ELEMENTTYP LY (Polygonzug 218) EBENE 3 FLD .4362979 E 7 .5563499 E 7 4363177 E 7 .5563094 E 7 PRIORITAET 1.000000 ST 2 SM 2 TXT 'Distrikt' </pre>
<pre> ELEMENTTYP FL (Fläche 490) EBENE 8 X .4362784 E 7 Y .5563310 E 7 PRIORITAET -7.000000 W 0.000000 SA 2.500000 FCO 21 NAM VJN FLA 356775.476 </pre>	<pre> ELEMENTTYP SN (Spline 340) EBENE 4 ZSP FREI LEN 1104.277448 WAN -82.385826 WEN -162.782787 FLD .4362254 E 7 .5563215 E 7 4362914 E 7 .5562965 E 7 PRIORITAET 1.000000 ST 3 SM 3 TXT 'Abteilung' </pre>
<p>Goelement::= < EID, Typ, FID, {Inzidenz}, [Geokode,{Formparameter}], [Grafikparameter], [Deskriptorattribut] ></p>	

Tab.3-9: SICAD-Elemente für Grundrissdarstellungen von Flächen

Die topologische Information wird in den SICAD-Elementen mit Strukturketten abgespeichert, mit denen sich die Inzidenz-/Adjazenz-Beziehungen (Abb.3-f) abbilden lassen. Strukturketten sind dabei Verweise zwischen Master- und Detail-Elementen. Sie gehen immer von einem Master aus, führen über die zugehörigen Details und enden wieder am Master (Ringstruktur). Wobei Master die übergeordneten und Detail die untergeordneten Elemente sind. Mit der Ringstruktur in den SICAD-Elementen können folgende Master/Detail- oder Detail/Master-Beziehungen zwischen den Geometrieelementen abgebildet werden:

Geometrie-elementtyp	Induzierte Topologie	Topologische Strukturen von SICAD-Elementen	Topologische Beziehungen in ebenen Flächengraphen
Fläche	Masche	kann Master von (2...n) Linien sein	Maschen-Kanten-Inzidenz $K_{\{12,14,15,16,17\}} = \mathbf{I}\downarrow M_{\{1\}}$ (alle Kanten mit adjazenten Maschen)
Linie	Kante	kann allgemein Detail von (1 2 n) Flächen sein, in ebenen Flächengraphen genau von 2 benachbarten Flächen oder 1 Fläche und dem Außenraum	Kanten-Maschen-Inzidenz, Umkehrung Maschen-Adjazenz $m_2 \mathbf{V} m_3 \Rightarrow M_{\{2,3\}} = \mathbf{I}\uparrow K_{\{23\}}$
		ist Master von genau 2 Punkten	Kanten-Knoten-Inzidenz, Umkehrung Knoten-Adjazenz $n_1 \mathbf{\wedge} n_5 \Rightarrow N_{\{1,5\}} = \mathbf{I}\downarrow K_{\{17\}}$
Punkt	Knoten	kann Detail von (1 2...n) Linien sein, in ebenen Flächengraphen von mindestens 2 Linien	Knoten-Kanten-Inzidenz $K_{\{12,14,23,34\}} = \mathbf{I}\uparrow N_{\{2\}}$ (alle Kanten mit adjazenten Knoten)

Die Grundrissgeometrie der Forstflächen induziert einen planaren Graphen. Das Beziehungsmuster seiner Elemente hat eine Netzwerkstruktur, die auf den vier topologischen Grundbeziehungen beruht.

Die Strukturketten in den SICAD-Elementen adaptieren dieses Beziehungsmuster optimal, die Strukturketten enthalten die benötigten Inzidenz-Beziehungen.

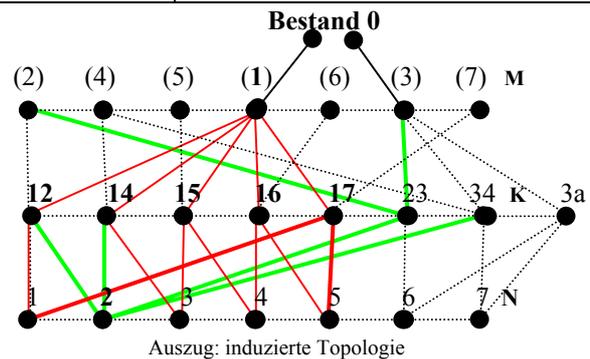


Abb.3-f: Logischer Entwurf Bestand, Teil Topologie

Mit diesen Inzidenz-Beziehungen lässt sich der innere Aufbau und die äußeren Beziehungen der Geoobjekte auf Geometrieebene darstellen, sie ergänzen die metrische Information der Koordinaten um die topologische Information in Form von Ringstrukturen. Aus der Abb.3-f ist zu ersehen, dass Inzidenzen zwischen Master und Detail die endogene Struktur und Inzidenzen zwischen Detail und Master die exogene Struktur wiedergeben. In SICAD stehen spezielle Operatoren (Kommandos) für die Auswertung der Inzidenz-Beziehungen zur Verfügung (siehe z.B. Kommandos SKKS, GBSRT), die eine Navigation im Topologiemodell ermöglichen. Die Operatoren sind mengenorientiert, gerichtet und rekursiv, sie werden hier mit $\mathbf{I}\downarrow$ und $\mathbf{I}\uparrow$ bezeichnet, wobei bedeutet:

- **mengenorientiert:** Die Operatoren setzen auf eine Startmenge von Elementen (Adressen) auf und erweitern die Ergebnismenge entsprechend allen bestehenden Inzidenz-Beziehungen oder ersetzen die Startmenge durch die Menge der inzidierten Elemente (optional).
- **gerichtet:** von oben nach unten $\mathbf{I}\downarrow$ für Inzidenzen zwischen Master- und Detail-Elementen, von unten nach oben $\mathbf{I}\uparrow$ für Inzidenzen zwischen Detail- und Masterelementen
- **rekursiv:** Die Operatoren können mehrfach hintereinander angewendet werden, wobei die nachfolgende Operation auf die Ergebnismenge der vorherigen aufsetzt. Die Operationen sind nicht kommutativ.

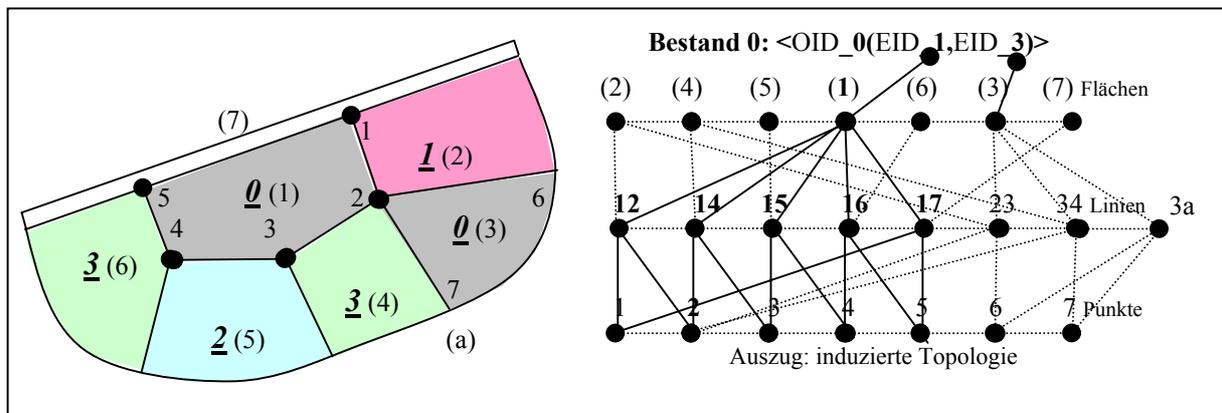
Anwendungsbeispiele für die Operatoren werden in 3.3.4 gegeben, für die Beschreibung objektbezogener Zugriffe auf die Geometriedatenbestände.

Damit bei der Datenerfassung mit SICAD die Geometrielemente topologisch richtig miteinander verkettet werden, müssen die eingesetzten Verfahren aus dem Sachverhalt der Anwendung heraus (Maßstab, Datendichte, Verfahrensablauf) optimal parametrisiert sein. Besonders wichtig sind die Einstellungen der Optionen für die Punkt- und Linienidentifikation und das „Auftrennverhalten“ bei der Erzeugung neuer Punkt oder Linienelemente. In SICAD sind für die Steuerung der Verkettungsoperationen folgende Optionen wichtig:

- TOL Identifikation von Punkten und Linien (Toleranz für Elementidentität)
- TZL Identifikation von Liniestützpunkten
- LAT Auftrennung von vorhandenen Linien innerhalb der Toleranz beim Erzeugen neuer Punkte oder Auftrennung von neuen Linien an Punkten, die innerhalb der Toleranz vorhandenen sind
- SEQ Linientypen, auf die sich das eingestellte Auftrennverhalten bezieht

Abb.3-g: Abbildung von Bestandsflächen in SICAD

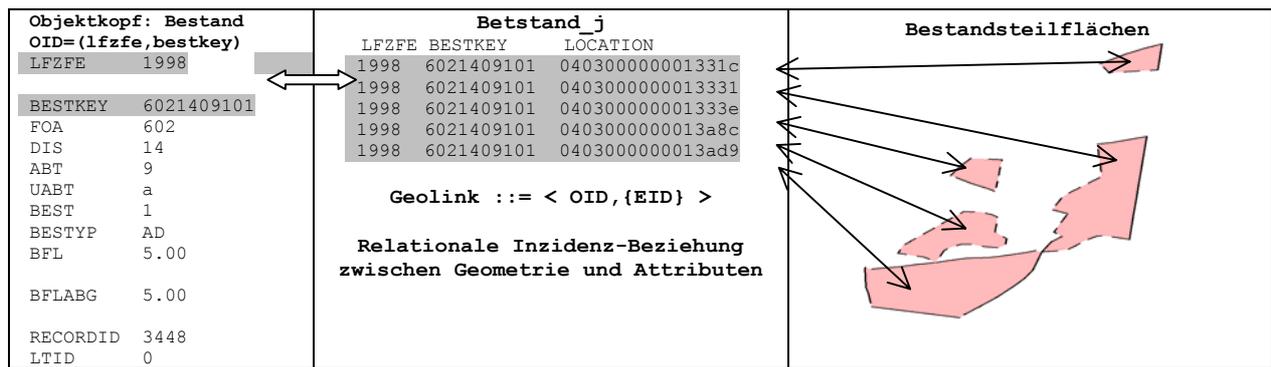
ELEMENT	Inzidenz-Beziehungen
49C FL (1)	FL 49C
50 PG 1	LIPG 138 LIPG 434 LIPG 590
C4 PG 2	LIPG 138 LIPG 214 LIPG 698 LIPG 7A0
138 LI 12	LI 138 FLLI 49C FLLI F1C
1A0 PG 3	LIPG 214 LIPG 2F0 LIPG 8AC
214 LI 14	LI 214 FLLI 49C FLLI 101C
27C PG 4	LIPG 2F0 LIPG 3CC LIPG 988
2F0 LI 15	LI 2F0 FLLI 49C FLLI 109C
358 PG 5	LIPG 3CC LIPG 434 LIPG A90
3CC LI 16	LI 3CC FLLI 49C FLLI 111C
434 LI 17	LI 434 FLLI 49C FLLI 119C
51C PG	LIPG 590 LIPG B24 LIPG C0C
590 LI 27	LI 590 FLLI F1C FLLI 119C
624 PG	LIPG 698 LIPG C0C LIPG CA0
698 LI 23	LI 698 FLLI F1C FLLI F9C
72C PG	LIPG 7A0 LIPG CA0 LIPG D34
7A0 LI 34	LI 7A0 FLLI F9C FLLI 101C
838 PG	LIPG 8AC LIPG D34 LIPG DC8
8AC LI 45	LI 8AC FLLI 101C FLLI 109C
914 PG	LIPG 988 LIPG DC8 LIPG E5C
988 LI 56	LI 988 FLLI 109C FLLI 111C
A1C PG	LIPG A90 LIPG B24 LIPG E5C
A90 LI 67	LI A90 FLLI 111C FLLI 119C
B24 LI 7a	LI B24 FLLI 119C
C0C LI 2a	LI C0C FLLI F1C
CA0 LI 3a	LI CA0 FLLI F9C
D34 LI 4a	LI D34 FLLI 101C
DC8 LI 5a	LI DC8 FLLI 109C
E5C LI 6a	LI E5C FLLI 111C
F1C FL (2)	FL F1C
F9C FL (3)	FL F9C
101C FL (4)	FL 101C
109C FL (5)	FL 109C
111C FL (6)	FL 111C
119C FL (7)	FL 119C



Bei optimaler Einstellung der Optionen für die Identifikation und Verkettung wird die topologische Struktur (Abb.3-g) praktisch ohne Mehraufwand für die Digitalisierer bei der Erfassung der Geometrielemente systemunterstützt aufgebaut, d.h. die wichtige topologische Grundstruktur zweidimensionaler Flächengeometrien wird durch das System „weitgehend automatisch“ in den Geometrieelementen induziert.

Für die Konfiguration der Geobjekte ist es nötig, die Teilobjekte Geometrie und Attribute zu verbinden. Wegen der engen Beziehung zwischen den Teilen wird dazu in SICAD eine spezielle Relation verwendet, die systemunterstützt erzeugt und gepflegt wird; diese Verbindungsinformation wird hier als Geolink bezeichnet. Der Geolink (Tab.3-a) stellt die Beziehungen zwischen dem Tupel „Objektkopf“ und den zugehörigen Teilflächen her. Er wird in systemgenerierten Tabellen (siehe Kommando GBCRETD) verwaltet, deren Spalten die OID-Attribute (Primärschlüssel des Objektkopfes) und die EID (Location) der SICAD-Elemente (Flächen) enthalten. Für 1:1-Beziehungen zwischen einem Tupel und der Geometrie wäre auch die Tabelle „Objektkopf“ um eine Spalte für die EID erweiterbar. Im FORST-GIS wird jedoch

nur der allgemeine Fall für 1:n-Beziehungen eingesetzt, bei dem für jede Objektklasse die zugehörige Relation Geolink in einer eigenen (lokalen)-Tabelle verwaltet wird.



Tab. 3-a: Geolink zur Verbindung von Geometrie und Sachdaten

In Analogie zu den topologischen Beziehungen kann man den Geolink auch als eine relationale Inzidenz-Beziehung zwischen den Teilobjekten Geometrie und Attribute verstehen, die mittels Join-Beziehungen realisiert wird (Tab.3-a, Abb.3-n). Beim Löschen von Teilflächen wird der jeweilige Eintrag für den Geolink vom System mit gelöscht, dies ist in der Datenbank über Trigger (ereignisgesteuerte Datenbankdämonen) realisiert. Die Löschung (Auflösung) eines Gesamtobjekts wird über eine Anwenderfunktionen gesteuert, in der zunächst die Fläche mit dem Geolink und dann der Objektkopf gelöscht wird. Geometrielemente, die auch Teil eines anderen Geobjekts sind, bleiben erhalten.

Die geometrischen Beziehungen zwischen verschiedenen, unabhängigen Themen ergeben sich aus dem gemeinsamen Raumbezug für die Geometriedaten. Geodaten können aufgrund ihres Geokodes einander überlagert und geometrisch in Beziehung gebracht werden. Mit geeigneten Operatoren lassen sich dann Abfragen wie *enthält*, *berührt*, *überlappt* usw. (siehe Findeisen 1990) stellen. Ein Bezug auf konkrete Teilflächen, die sich z.B. durch Überlappungen in zwei Gruppen von Geobjekten ergeben lässt, sich jedoch nicht herstellen, hierzu ist erst die Verschneidung der Flächen (Abb.3-h) erforderlich. Die Beziehung zwischen Beständen und Standorten ist eine m:n-Relation. Für die Modellierung müssen m:n-Relationen auf zwei Relationen 1:n und 1:m zurückgeführt werden, wofür eine neue Tabelle definiert werden muss, die diese Relation aufnimmt. Für Geobjekte erfordert die Auflösung einer m:n-Relation zusätzlich die geometrische Verschneidung der Flächen. Auf die resultierenden Schnittflächen können dann die Attribute beider Themen bezogen werden. Durch die geometrische Verschneidung wird die m:n-Relation aufgelöst und es können semantische und topologische Beziehungen zwischen den Objekten der beiden Themen aufgebaut werden.

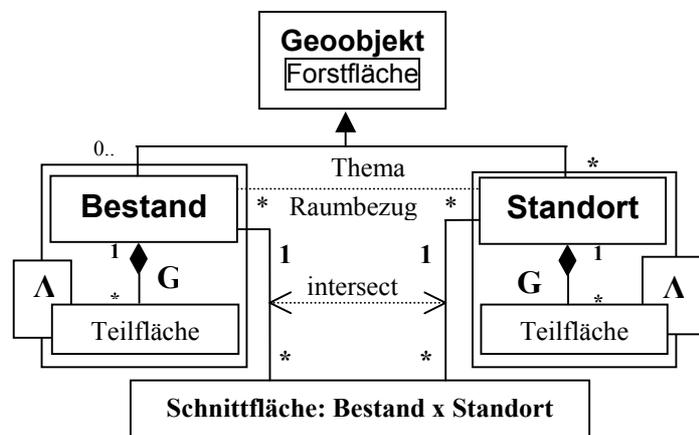


Abb.3-h: Verschneidung bei m:n-Beziehungen (intersect)

Zusammenfassend (Tab.3-b) liegt der Objektstrukturierung der Geodaten im FORST-GIS folgende Strategie (Definition/Konzeption/Pragmatik) zu Grunde: Geobjekte sind systemweit eindeutige, logische Einheiten zur Abbildung wohlunterscheidbarer raumbezogener Entitäten der zu modellierenden Fachwelt. Sie werden ergänzend zu anderen Strukturen eingesetzt, für die Abbildung komplexer Sachverhalte, vornehmlich mit flächenhafter Struktur. Geobjekte sind keine abgeschlossen Einheiten, sondern offen für transiente Erweiterungen über definierte Schnittstellen mit Attributen aus anderen Informationssystemen. Ihr Aufbau wird in die endogene Struktur mit den deskriptiven Eigenschaften und in die exogene Struktur mit den äußeren Beziehungen unterteilt. Die deskriptiven Eigenschaften werden mit Geometrielementen und Attributen in Tabellen (Tupel) modelliert. Die Assoziationen zwischen Geobjekten ergeben sich aus den Inzidenz-Beziehungen der induzierten Topologie und aus Relationen zwischen den Tabellen. Ein Geobjekt wird über ein Tupel instantiiert, dem Objektkopf, der in einer

speziellen Tabelle verwaltet wird. Der Objektkopf bildet den deskriptiven Rumpf eines Geoobjekts, er enthält den Objektidentifizier (OID) und ansonsten nur die Attribute mit der Organisation, für die logische Ansprache der Geoobjekte sowie wichtige geometrische Merkmale. Die OID wird als Primärschlüssel realisiert, mit einer komplexen Domäne, aus der jedem Geoobjekt eine systemweit eindeutige Wertekombination zugeordnet wird. Die Zusammenfassung der Teilobjekte zu einer logischen Einheit erfolgt über eine systemunterstützte Relation, dem Geolink (Tab.3-a), der Verknüpfungen zwischen den Geometrieteilen (Teilflächen) und dem Objektkopf herstellt. Operationen für den Zugriff und die Bearbeitung von Geoobjekten werden mit einer prozeduralen Sprache realisiert und über die Benutzeroberfläche zugeordnet. Dafür stehen als operative Grundfunktionen die generischen Operationen der Datenbank (SQL) und die Elementroutinen von SICAD zur Verfügung. Geoobjekte sind eine zusätzliche Möglichkeit wichtige Teildatenbestände mit Basisbezugsräumen – Primärdaten – logisch zu strukturieren, so dass sie für thematische Auswertungen und Analysen in Verbindung mit attributiven Beschreibungen aus anderen Informationssystemen eingesetzt werden können.

Thema	< Name_Thema, {Folie}, {{Geoobjekt}}, {{globale_Tabelle}} >	Grobstruktur nach Datensegmenten (Datentyp), entsprechend den Datenquellen und ihrer Auflösung
Folie	< FID, {Geometrieelement} > FID: < Foliennummer > eindeutige Nummer innerhalb eines Themas	Vertikale Unterteilung eines Themas in logische Schichten, zur flexiblen Bildung inhaltlicher Varianten und Aggregation von Objektteilen gleicher Bedeutung
Geoobjekt	Klasse: < Name_Klasse, Typ_Geometrieelement, Tabelle_Objektkopf, Tabelle_Geolink, OID-Generator > Instanz: < OID, Klasse, Tupel_Objektkopf, {Geometrieelement, Tupel_Geolink} >	Horizontale Struktur für ein Thema mit fachlichen raumbezogenen Entitäten, als Grundlage für objektbezogene Zugriffe und Analysen
Geometrie- element	Typ: < Punk Linie Fläche > (Abb.3-c) Instanz: < EID, Typ, FID, {Inzidenz}, [Geokode, {Formparameter}] ^{*)} , {{Grafikparameter}}, {Deskriptorattribut} > EID: < Elementadresse > = < DBID, Elementnummer >, eindeutige Nummer innerhalb einer Datenbank	Grundstruktur Geometrie für die Abbildung von 2d-Geometrien aus Punkten, Linien und Flächen, aggregiert nach Folien und/oder Geoobjekten mit dem Geokode und den topologischen Beziehungen ^{*)} Geokode nur bei Punkten, Formparameter nur bei Arc und Spline vorhanden
Tabelle, lokal	Klasse: < Name_Tabelle, Primärschlüssel, {Attribut}, [Fremdschlüssel] > Instanz_Objektkopf: < OID, Klasse, {Attributwert} > Instanz_Geolink: < OID, {EID} > OID: < Konstruktor >, systemweit eindeutiges Kriterium für die Objektidentität	Grundstruktur Attribute für die semantische Beschreibung von Geoobjekten und für die Verbindung zwischen Geometrie- und Sachdaten (Geolink) sowie die transiente Erweiterungen durch „externe“ Attribute
Tabelle, global	Klasse: < Name_Tabelle, [Primärschlüssel], {Attribut}, [Fremdschlüssel] >	Semantische Aggregation von Geoobjekten und für die Verwaltung und Organisation der Datenbestände

Tab.3-b: Datenstrukturen für Geodaten im FORST-GIS (Übersicht)

3.3.4 Geotransaktionen für schreibende und lesende Zugriffe

Zur Veranschaulichung der Objektstrukturierung im FORST-GIS werden abschließend einige elementare objektbezogene Zugriffsstrategien aufgezeigt, die im FORST-GIS im Einsatz sind. Die vielfältigen, raumbezogenen Zugriffsvarianten der SICAD-GDB über Geometrie, Attribute oder kombiniert, in Verbindung mit der Möglichkeit als Hintergrund beliebige Auszüge anderer Themen zu überlagern, können der Benutzerdokumentation von SICAD-GEOMATICS (2001) oder Fischer (1995) entnommen werden. Als Beispiele werden hier die Erzeugung (insert) von Geoobjekten im Rahmen von Erst- oder Neuerfassungen aufgezeigt, die elementaren Zugriffe für objektbezogene Änderungen (update)

hergeleitet und einige allgemeine Lesezugriffe (select) mit Geoobjekten skizziert. Geoobjekte werden im FORST-GIS nur im Fehlerfall gelöscht (delete), da die Historie der Forstflächen dauerhaft dokumentiert und verwaltet werden muss.

Die Erzeugung der Geoobjekte bei der Erst- oder Neuerfassung von Datenbeständen erfolgt nicht durch einen geschlossenen Konstruktor, sondern in Teilschritten mit Geometrie, Topologie und Thematik. Für die Erzeugung der Geoobjekte Bestand wird ein mehrstufiges Verfahren eingesetzt:

- Folienweise Digitalisierung der Geometrielemente für die Geoobjekte entsprechend ihrer organisatorischen und topographischen Bedeutung
- Erzeugen der Teilflächen entsprechend ihrer Nutzungsart (Farbgebung)
- **Generierung der Geoobjekte** im Rahmen der Flächenberechnung, dabei Zuweisung der Organisationsattribute sowie visuelle Kontrolle der hierarchischen Flächenblöcke (siehe Qualitätssicherung A5-9)
- Distriktweise Abgleichung der Bestandsflächen auf die Katastersollfläche (siehe Qualitätssicherung A5-5)
- Abgabe der abgeglichenen Bestandsflächen an die FE/DB zur Übernahme und Prüfung der Vollständigkeit

Bei der Erfassung des Gesamtdatenbestandes für ein Forstamt, ergeben sich bei der folienweisen Digitalisierung der Geometrielemente gute Rationalisierungs- und Optimierungsmöglichkeiten für die Arbeitsabläufe, da viele „gleichartige Objektteile“ in einem Arbeitsgang seriell erfasst werden können. Die Bedeutungen einer Serie von Objektteilen „*geometrielement (folie,attrO)*“ werden voreingestellt und allen nachfolgend erzeugten Geometrieelementen angehängt. Für den Ablauf der Datenerfassung lässt sich dazu folgendes Interaktionsmuster mit formalen Operationen angeben, dem das Mengengerüst für die objektstrukturierte Primärgeometrie der FBK (Bestände 1250, 10.000 Knoten/Kanten in 8 Folien) eines mittleren Forstamts zu Grunde liegt:

Die Primärgeometrie eines Themas ist in k hierarchische Folien ($k=8$) unterteilt

Folie1: $\langle \text{set}(\text{folie,attr...}), \{\text{insert}(\text{geo})\} \rangle$

Folie2: $\langle \text{set}(\text{folie,attr...}), \{\text{insert}(\text{geo})\} \rangle$

..... $k = 8$

Foliek: $\langle \text{set}(\text{folie,attr...}), \{\text{insert}(\text{geo})\} \rangle$

Objekt: $\langle \text{set}(\text{folie...}), \{\text{create}(\text{objekt})\} \rangle$

Einzelaktionen: $10\text{set} + 10000\text{insert} + 1250\text{create} \approx 12000$

set: Voreinstellung für Folie, Attribute oder Grafikparameter

insert: Erzeugt Geometrielemente und übernimmt die mit *set* voreingestellten Werte

add: Anhängen von Attributen oder Grafikparametern

create: Erzeugt Geoobjekte an Geoobjekte oder Elemente

Zum Vergleich das Interaktionsmuster bei einer rein objektbezogenen Erfassung für die gesamte Extension der Klasse (1250 Instanzen), wobei jedes Geoobjekt in einem Arbeitsgang erzeugt wird.

Ein Primärgeometrie eines Themas enthält n Geoobjekte ($n=1250$) der Klasse (Bestand)

Objekt1: $\langle \{\text{set}(\text{folie}), \{\text{insert}(\text{geo}), \text{add}(\text{attr...})\}\}, \text{create}(\text{objekt}) \rangle$

Objekt2: $\langle \{\text{set}(\text{folie}), \{\text{insert}(\text{geo}), \text{add}(\text{attr...})\}\}, \text{create}(\text{objekt}) \rangle$

..... $n = 1250$

Objektn: $\langle \{\text{set}(\text{folie}), \{\text{insert}(\text{geo}), \text{add}(\text{attr...})\}\}, \text{create}(\text{objekt}) \rangle$

Einzelaktionen: $3000\text{set} + 10000\text{insert} + 10000\text{add} + 1250\text{create} \approx 25000$

Die Gegenüberstellung der beiden Interaktionsmuster zeigt, dass bei der rein objektbezogenen Erfassung mehr als doppelt so viele Einzelaktionen durch den Bediener erforderlich wären als beim folienorientierten Ablauf. Während für die Erst- und Neuerfassung der Geodaten eines Forstamts oder ähnlicher Projekte das folienorientierte Vorgehen Vorteile aufweist, ist für die Änderung einzelner Geoobjekte im Zuge der Fortschreibung des Datenbestandes ein objektbezogenes Verfahren zu empfehlen. Transaktionen in Geodatenbanken (Geotransaktionen) müssen den ACID-Bedingungen genügen. Sie unterscheiden sich jedoch durch ihre Dauer wesentlich von Transaktionen in herkömmlichen Datenbanken. Während eine Transaktion üblicherweise im Millisekundenbereich durchgeführt wird, können Geotransaktionen Stunden oder sogar Tage dauern. Die Nebenläufigkeit von Transaktionen (Parallelzugriffe) für lesende Zugriffe muss dabei ohne Einschränkung erhalten bleiben. Damit auch die ändernden Zugriffe, zu möglichst wenigen Kollisionen in der Datenbank führen, muss das Transaktionsgebiet und damit auch die Sperrung betroffener Datenbereiche minimiert werden. Das Sperrgranulat in der SICAD-GDB ist die Zelle. Objektbezogene Änderungen werden deshalb auf der Ebene minimaler Mengen von Geoobjekten – die hier als Minimalkollektiv (*Abb.3-i*) bezeichnet werden – durchgeführt. Unter einem Minimalkollektiv wird dabei die kleinstmögliche Menge von Teilobjekten

(Bestands- oder Standortteilflächen) verstanden, die für eine Geotransaktion mit änderndem Zugriff erforderlich ist (Abb.3-i, 3-j, 3-n). Operationen mit Minimalkollektiven können auf die elementaren Fälle Punkt-, Linien- und Flächenänderung zurückgeführt werden.

Operationen	Topologie	Geometrie
<p>Ausgangselement: Punkt induziert über Knoten-Kanten-Inzidenz $K\{12,14,23,34\} = I \uparrow N\{2\}$ Kanten-Maschen-Inzidenz $M\{1,2,3,4\} = I \uparrow K\{12,14,23,34\}$ das Kollektiv $M\{1,2,3,4\} = I \uparrow I \uparrow N\{2\}$ Adjazente Maschen über Knoten (Knoten-Maschen-Inzidenz)</p>	<p>Bestand 0: <OID_0 (eid_1,eid_3)></p>	<p>Punktänderung</p>
<p>Ausgangselement: Linie induziert das Kollektiv $M\{1,4\} = I \uparrow K\{14\}$ Adjazente Maschen über Kanten (Kanten-Maschen-Inzidenz)</p> <p>$M\{1,4\}$ sind die zwei Maschen, die über die Kante $K\{14\}$ adjazent sind</p>	<p>Bestand 0: <OID_0 (eid_1,eid_3)></p>	<p>Linienänderung</p>
<p>Ausgangselement: Fläche induziert über Maschen-Kanten-Inzidenz (Kontur) $K\{12,14,15,16,17\} = I \downarrow M\{1\}$ Kanten-Maschen-Inzidenz $M\{1,2,4,5,6,7\} = I \uparrow K\{12,14,15,16,17\}$ das Kollektiv $M\{1,2,4,5,6,7\} = I \uparrow I \downarrow M\{1\}$ Erste Nachbarn Maschen-Adjazenz (V)</p>	<p>Bestand 0: <OID_0 (eid_1,eid_3)></p>	<p>Fläche-Konturänderung</p>
<p>Ausgangselement: Fläche induziert über Maschen-Kanten-Inzidenz (Kontur) $K\{12,14,15,16,17\} = I \downarrow M\{1\}$ Kanten-Knoten-Inzidenz (Eckpunkte) $N\{1,2,3,4,5\} = I \downarrow K\{12,14,15,16,17\}$ Knoten-Kanten-Inzidenz $K\{12,14,15,16,17,23,24\} = I \uparrow N\{1,2,3,4,5\}$ Kanten-Maschen-Inzidenz $M\{1,2,3,4,5,6,7\} = I \uparrow \{12,14,15,16,17,23,24\}$ das Kollektiv $M\{1,2,3,4,5,6,7\} = I \uparrow I \downarrow I \downarrow M\{1\}$ Zweite Nachbarn</p>	<p>Bestand 0: <OID_0 (eid_1,eid_3)></p>	<p>Fläche-Punktänderung</p> <p>z.B. Austausch der Koordinaten des Umrings nach einer Transformation</p>
<p>Ausgangselement: Fläche induziert über den Geolink (G)</p> <p>insert into M select EID from G where OID in (select OID from G,M where EID=eid1)</p> <p>das Kollektiv $M\{eid1,eid3\} = G M\{eid1\}$ Bestand</p>	<p>Bestand 0: <OID_0 (eid_1,eid_3)></p>	<p>Objekt-Attributänderung</p> <p>z.B. Neuberechnung der Bestandsfläche</p>

Abb.3-i: Grundlegende Minimalkollektive für Update-Fälle

Damit Geotransaktionen mit änderndem Zugriff von möglichst kurzer Dauer sind, und sie nur kleine Bereiche der Geodatenbank auf Ebene der Zellen sperren, werden Minimalkollektive für die Durchführung einer Änderung verwendet. Die Auswahl der Ausgangselemente, die von einer Änderung

betroffen sind, kann dazu in einem Übersichtsbild (Leseauftrag) oder die Organisationsattribute erfolgen. Da die Inzidenz-Operatoren mengenorientiert sind, kann die Ausgangsmenge auch aus mehreren zu ändernden Elementen vom Typ Punkt, Linie oder Fläche bestehen. Durch die Navigation mit den Inzidenz-Operatoren entsprechend der Grundmuster erhält man dann die minimale zugehörige Menge von Teilflächen, die von der Änderung betroffen sind.

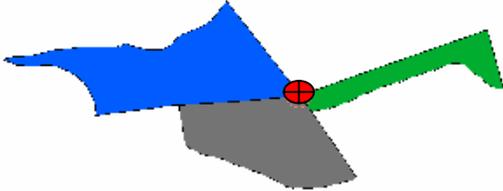
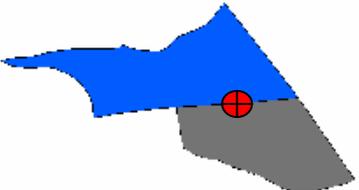
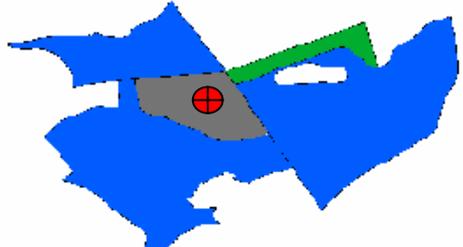
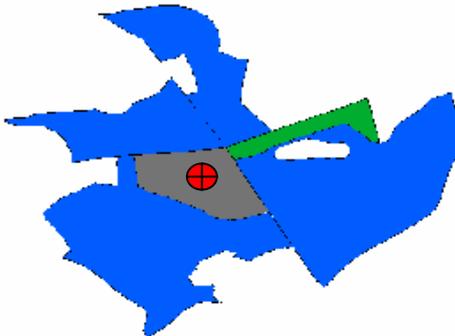
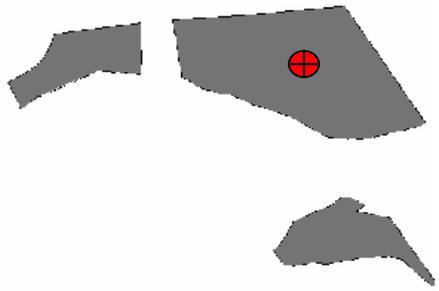
<p>Ausgangselement Punkt(e) gbresem actual;semi kom 'Punkt(e) identifizieren' se pg # skks dm pg Übergang <lifl> erfolgt implizit gbemau gbler gva=sed %p0%p1</p> <p>Kollektiv: Adjazente Maschen über Knoten</p>	
<p>Ausgangselement Linie(e)/Typ Polyline gbresem actual;semi kom 'Polyline(s) identifizieren' se ly # skks dm ly gbmgmg smem 0 0 gbemau gbler gva=sed %p0%p1</p> <p>Kollektiv: Adjazente Maschen (über Kanten)</p>	
<p>Ausgangselement Fläche(n) gbresem actual;semi kom 'Fläche(n) identifizieren' suinfl fl # skks md fl Übergang <lifl> erfolgt implizit gbmgmg smem 0 0 gbemau gbler gva=sed %p0%p1</p> <p>Kollektiv: Erste Nachbarn</p>	
<p>Ausgangselement Fläche(n) gbresem actual;semi;%L1:%L3=.F. kom 'Fläche(n) identifizieren' suinfl fl # skks md fl va=1 Linientypen in der Kontur ermitteln %i1=%%nsel do %i0 1 %i1 set %t0 typ nr=%i0 set %l0 txc %T0.eq.'LY';if %l0 %l1=.t. set %l0 txc %T0.eq.'SN';if %l0 %l2=.t. set %l0 txc %T0.eq.'LI';if %l0 %l3=.t. enddo if %l1 skks md ly if %l2 skks md sn if %l3 skks md li skks dm pg va=1 Übergang <lifl> erfolgt implizit gbmgmg smem 0 0 gbemau gbler gva=sed %p0%p1</p> <p>Kollektiv: Zweite Nachbarn</p>	
<p>Ausgangselement Fläche gbresem actual;semi kom 'Bestandsteilfläche identifizieren' %P9=?P suinfl fl %P9 gbmgmg smem 0 0 insert into actual select g.location\ from bestand_j g, actual a\ where g.location<>a.location and\ bestkey in (select g.bestkey\ from bestand_j g, actual a\ where g.location=a.location) gbemau gbler gva=sed %p0%p1</p> <p>Kollektiv: Bestand</p>	

Abb.3-j: Mögliche Realisierung mit SICAD-Kommandos (Beispiele)

Nach der Darstellung des folienorientierten Vorgehens für die Neuerfassung von Geobjekten und dem Zugriff mittels Minimalkollektiven aus Teilobjekten für die Änderung sollen noch einige allgemeine objektbezogene Zugriffsstrategien aufgezeigt werden. Allgemeine Zugriffe erfolgen i.d.R. für Auskunftszwecke, d.h. nur „Lesend“, dabei wird durch das Transaktionskonzept gewährleistet, dass keine Behinderung durch andere lesende oder ändernde Zugriffe entstehen. Man kann generell zwischen objektbezogenen und wertbezogenen Zugriffen unterscheiden, die mittels generischer Objektoperationen für das direkte Auffinden oder generischer Werteoperationen für Attribute des Objekts gemäß seinen Wertaufbau realisiert werden.

Für topologische objektbezogene Zugriffe können die Inzidenz-Beziehungen (siehe oben) genutzt werden, für semantische objektbezogene Zugriffe die Attribute des Objektkopfes. Aus fachlicher Sicht ist die OID, insbesondere wenn sie durch ein allgemeines Surrogat gebildet wurde, kein geeignetes Zugriffskriterium, da sie ein Objekt zwar eindeutig bezeichnet, das Objekt aber anonym lässt. Die OID kann man mit der Personalausweisnummer vergleichen, die zwar eine Person eindeutig identifiziert, über die man sie aber nicht ansprechen kann. Für den semantischen objektbezogenen Zugriff benötigt ein Objekt deshalb zusätzlich Personalien („Namen, Geburtsdatum“), also eine fachlich definierte, eindeutige Bezeichnung. Für den Waldbestand sind dies die Attribute mit seiner organisatorischen Zuordnung. Über diese Attribute kann zusätzlich, wegen der hierarchischen Organisation, eine Aggregation der Bestände zu den Obereinheiten Abteilung, Distrikt oder Forstamt erfolgen.

Selektion eines Geobjektes Bestand zum Vormerken der EID (Location) in der Tabelle *Actual* für eine bestandsbezogene Geotransaktion über die Organisationsattribute mit den Werten xxx:

```

insert into Actual
select Geolink.EID from Bestand_j Geolink, Bestand Geobjekt where
Geobjekt.lfzfe      = Geolink.lfzfe      and
Geobjekt.bestkey  = Geolink.bestkey  and
Geobjekt.foa        = xxx                and # Aggregationsebene Forstamt
Geobjekt.dis        = xx                 and # Aggregationsebene Distrikt
Geobjekt.abt        = xx                 and # Aggregationsebene Abteilung
Geobjekt.uabt       = x                  and # Aggregationsebene Unterabt.
Geobjekt.bs         = xx                 # Geobjekt Bestand

```

Aggregate auf Organisationsebenen (Forstamt, Distrikt, Abteilung) ergeben sich, in dem man die Where-Bedingung nur bis zur jeweiligen Einheit angibt. Die Umringskontur eines Distriktes oder einer Abteilung kann dann durch Nachselektion über die Organisationsattribute (*attO*) an den Linienelementen erfolgen

Die allgemeinste Zugriffsvariante sind wertbezogene Zugriffe. Hierzu müssen die Objekte über öffentliche Attribute verfügen (keine Kapselung). Objektbezogene Zugriffe über Attribute, die direkt im Objektkopf enthalten sind, erfordern lediglich eine Abfrage entsprechend des oben dargestellten Joins. Als Beispiel sollen alle Bestände mit der Nutzungsart AD und einer Fläche größer als 10 Hektar im Forstamt mit der Nummer 608 gesucht und in der Tabelle *Actual* vorgemerkt werden.

```

insert into Actual
select Geolink.EID from Bestand_j Geolink, Bestand Geobjekt where
Geobjekt.lfzfe      = Geolink.lfzfe      and
Geobjekt.bestkey  = Geolink.bestkey  and
Geobjekt.foa        = 608                and # Forstamt
Geobjekt.besttyp    = 'AD'               and # Nutzungsart
Geobjekt.bfl        > 10                 and # berechnete Fläche

```

Für den Zugriff über Attribute aus der Forsteinrichtungsdatenbank, d.h. über transiente Attribute, müssen die Join-Operationen entsprechend erweitert werden. Join-Operationen über mehrere Tabellen mit einer Extensionen, die für die Abbildung der Geobjekte des gesamten Staatswaldes nötig sind, verursachen mit der Datenbank Oracle keine Performanceprobleme. Für die Abkürzung und Reduzierung der Schreibarbeit können für häufig vorkommende Abfragen Views (Datenbankview) gebildet werden, wobei ein View die Funktion einer abstrakten Objektklasse (Beispiel Abteilung) übernimmt.

```
CREATE VIEW Abteilung AS
select EID,FoA,Dis,Abt,Bfl from Bestand_j Geolink, Bestand Geoobjekt where
Geoobjekt.lfzfe = Geolink.lfzfe and
Geoobjekt.bestkey = Geolink.bestkey
```

Daraus ergeben sich die EID für die Bestandsteiflächen und die Fläche einer Abteilung:
 insert into Actual select EID from Abteilung where FoA=xx and Dis=xx and Abt=xx
 select FoA,Dis,Abt,sum(BFL) from Abteilung where FoA=xx and Dis=xx and Abt=xx group by Abt

Bei allgemeinen Abfragen in umfangreichen Datenbeständen ist zunächst eine Analyse der Abfrage sinnvoll, mit der die Zugriffstrategie festgelegt wird. Die Analyse umfasst Fragen wie: „Welche Objekte mit welchen Eigenschaften sollen abgefragt werden? / In welchen Geometrieelementen und Attributen sind die Eigenschaften abgebildet und gespeichert? / Müssen zusätzliche Daten integriert oder nacherfasst werden? / Sind für das Ergebnis spezielle Auswerteoperationen erforderlich?“. Beispiel für eine vollständige Geotransaktion im FORST-GIS: Dargestellt werden sollen die Geoobjekte Bestand eines Distrikts, die eine bestimmte Hauptbaumart (Buche) haben, auf dem Hintergrund der STK und es soll eine Flächenliste für die Bestände gruppiert, nach den Abteilungen des Distrikts angezeigt werden.

- Verbindung zu Geodatenbank erstellen
 Connect as user_x
 Connect to geodatabase P_FBK000
- Ermittlung der Objektmenge (Actual)
 insert into Actual
 select Geolink.EID from Bestand_j Geolink, Bestand Geoobjekt, Bestand_o Interface, Holzboden Fachdaten where
Geoobjekt.lfzfe = Geolink.lfzfe and
Geoobjekt.bestkey = Geolink.bestkey and
Geoobjekt.lfzfe = Interface.lfzfe and
Geoobjekt.bestkey = Interface.bestkey and
Interface.lfzfe = Fachdaten.lfzfe and
Interface.bestkey = Fachdaten.bestkey and
Interface.bestlfd = Fachdaten.bestlfd and
 Geoobjekt.FoA = xxx and
 Fachdaten.HBA = 'Buche'
- Lesen der Objektmenge (Geotransaktion)
checkout elements with display as select EID from Actual [for update]
- Überlagern der STK als Hintergrund
checkout with display as select EID from P_STK000 where covers (EID,Segmnet) for overlay
- Ausgeben der Flächentabelle
 select FoA,Dis,Abt,Sum(BFL) from Bestand Geoobjekt, Bestand_j Geolink, Actual where
Actual.EID = Geolink.EID and
Geoobjekt.lfzfe = Geolink.lfzfe and
Geoobjekt.bestkey = Geolink.bestkey
 group by FoA,Dis,Abt order by FoA,Dis,Abt

Die Möglichkeiten in einem GIS Geometriedaten und Attribute kombiniert abzufragen sowie innerhalb der Geometrie topologisch und innerhalb der Attribute semantisch zu navigieren bestimmen das Nutzungsspektrum des Datenpools erheblich. Je mehr Logik in den Daten enthalten ist, desto größer ist ihr Einsatzpotential für Fachfragen. Der Datenbestand muss dazu entsprechend der konzeptionellen Erfordernisse optimal mit den verfügbaren Datenbankprodukten adaptiert werden. In vielen Systemen werden jedoch besonders die äußeren Beziehungen der Objekte auf Ebene der Geometrie vernachlässigt, so dass die Geometrie im wesentlichen aus „Puzzle“-Objekten besteht, die nur über die Form, **nicht** aber über gemeinsame Knoten und Kanten, in Beziehung stehen. In solchen Datenmodellen ist eine topologische Navigation über Inzidenz-Beziehungen sehr aufwendig, da sie bei Bedarf erst über Formvergleiche (geometrische Identität) approximiert werden müssen.

3.4 Realisierung der Geodatenbanken

Aus physikalischer Sicht werden die Geodatenbanken (GDB) des FORST-GIS mit dem Relationalen Datenbank Management System (RDBMS) Oracle und der Geodatenbankextension SICAD-GDB unter dem Betriebssystem UNIX aufgebaut. Die optimale Konfiguration und Parametrisierung der Datenbank, auf die Anwendung hin, ist ein wichtiger Bestandteil des Systemkonzepts, da nur dadurch die Datenkonsistenz und Datensicherheit gewährleistet ist, aber auch eine gute Performance und ein wirtschaftlicher Ressourcenbedarf (Hauptspeicher, Platten) erreicht werden kann. Die für das FORST-GIS spezifischen Teile des physikalischen Schemas werden nachfolgend aufgezeigt. Innerhalb der Datenbanken der FoD werden die Geodaten in Projekten organisiert, denen jeweils eine Projekt-GDB zugeordnet ist. Zusätzlich werden auf einem zentralen Geodatenserver (zGDS) bayernweite Geodatenbanken aufgebaut, die nach Thema und Epoche gegliedert sind.

3.4.1 Relationale Datenbankmanagementsystem – Oracle

Die Geodatenbanken im FORST-GIS werden mit dem relationalen Datenbankmanagementsystem (RDBMS) Oracle auf verteilten Datenbankservern aufgebaut, wobei zur Zeit die Software „Oracle Server Enterprise 8“ (Abb.3-k) unter dem Betriebssystem UNIX (sgi/IRIX) eingesetzt wird.

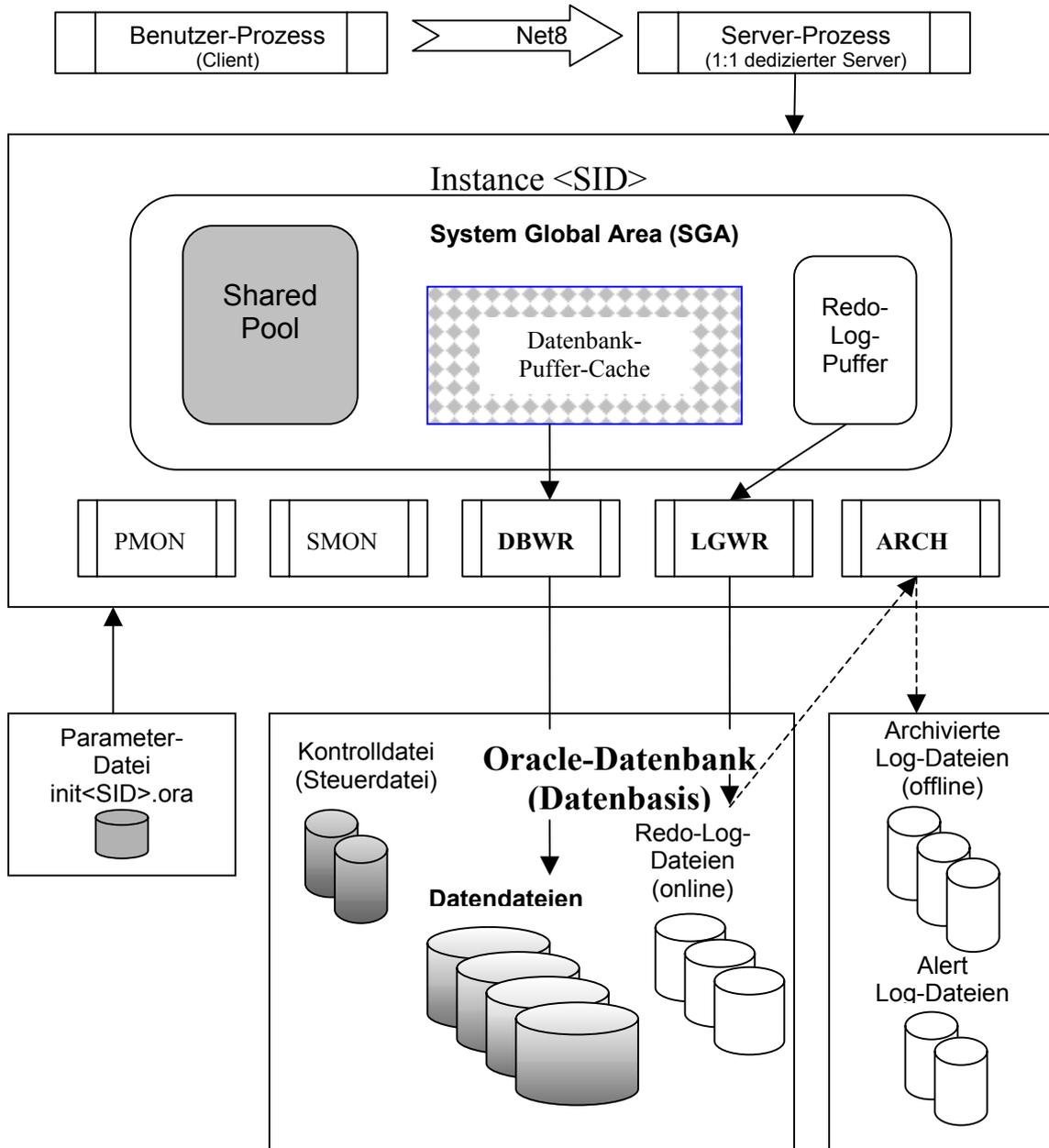


Abb.3-k: Oracle-Datenbankarchitektur

Kommunikation Der Zugriff der Benutzer auf die Datenbank erfolgt über das Netzwerkprotokoll TCP/IP mit dem Produkt Oracle-NET8. Der Benutzer (Client) kommuniziert über einen Serverprozess mit der Datenbank. Im FORST-GIS wird ein dedizierter Server verwendet, d.h. jedem Benutzerprozess ist genau ein Serverprozess (1:1) zugeordnet. Der Serverprozess verarbeitet die SQL-Anweisungen, die der Benutzer über den Benutzerprozess an die Datenbank stellt und gibt die Ergebnisse zurück. Eine Oracle-Datenbank besteht aus einer Instance (SID) und einer Datenbank (Datenbasis).

Instance: Die Instance ist eine Kombination aus einem Hauptspeicherbereich „System Global Area (SGA)“ und mehreren Hintergrundprozessen für verschiedene Aufgaben, die auf diesen Hauptspeicherbereich zugreifen. Die Instance bildet den „aktiven Teil“ des Datenbanksystems, mit dem Aktionen (Transaktionen) auf der Datenbank ausgeführt werden können. Der Instance-Name wird als „Oracle System Identifier“ (SID) bezeichnet. Die Instance wird in der Parameterdatei `init<sid>.ora` konfiguriert. Die wichtigsten Komponenten der Instance sind:

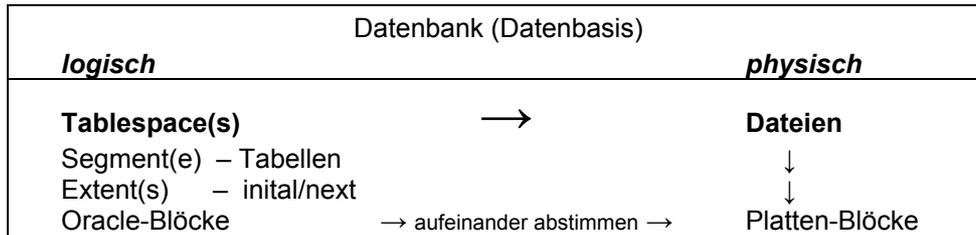
- ◆ **System Global Area (SGA)** muss vollständig im Hauptspeicher sein. In der SGA sind enthalten:
 - **Datenbankpuffer-Cache** (Blockpuffer) enthält eine festgelegte Anzahl von Kopien von Datenblöcken, die von der Platte gelesen wurden, um auf sie bei erneuter Benutzung schnell zugreifen zu können. Alle Benutzer, die gleichzeitig mit der Datenbank verbunden sind, haben gemeinsamen Zugriff auf ihn.
 - **Shared Pool** ist ein Bereich in der SGA, der Konstrukte wie den Data-Dictionary-Cache und Shared SQL-Areas enthält um die Abarbeitung von Befehlen zu beschleunigen.
 - **Redo-Log-Puffer** ist ein zyklischer Speicher, der Informationen über alle Änderungen der Datenbank für ihre Wiederherstellung im Fehlerfall (Recovery der Datenbank) enthält.
- ◆ **Datenbank-Hintergrundprozesse**
 - **Database Writer-Prozess** (DBWR) schreibt periodisch die geänderten Blöcke, die in der SGA liegen, aus dem Datenbankpuffer-Cache in die Datendateien. Kein anderer Prozess kann Datenbankblöcke schreiben.
 - **Log Writer-Prozess** (LGWR) schreibt das Transaktionsprotokoll vom Redo-Log-Puffer auf Platte in die Redo-Log-Dateien (online Redo-Log-Dateien).
 - **Archiver-Prozess** (ARCH) kopiert die online Redo-Log-Dateien in das vorgesehene Archiv, bevor der LGWR mit einem Log-Switch auf eine neue Gruppe wechselt (offline Redo-Log-Dateien).
 - **Prozeß-Monitor** (PMON) beobachtet die Datenbankaktivität aus Betriebssystemsicht – „sind alle notwendigen Prozesse vorhanden?“
 - **System-Monitor** (SMON) führt automatisches Instance-Recovery durch und verbindet freie Speicherbereiche in den Datendateien.

Datenbank: Die Datenbank (Datenbasis) ist die Sammlung der Daten, sie ist der „passive Teil“ des Datenbanksystems. Die Datenbank liegt in Form von Dateien auf den Platten des Rechners vor, sie wird ausschließlich über die zugeordnete Instance bearbeitet. Die Datenbank erhält im FORST-GIS denselben Namen wie die Instance (s.u.). Wichtige Dateien sind:

- **Datendateien** sie enthalten die eigentlichen Daten- und Indexsegmente (Tabellen) sowie die Rollback-segmente (Before Image)
- **Online Redo-Log-Dateien** mit der After Image Information für die Datenbankwiederherstellung
- **Offline Redo-Log-Dateien** archivierte Redo-Log-Daten
- **Alert-Log-Dateien** mit einem chronologischen Protokoll der Meldungen und Fehler zur Prophylaxe und Ermittlung von Störungen (`/disk2/oradata/FODx/DUMP/bdump/alert_FODx.log`)
- **Parameterdatei** definiert die Instance, sie enthält die Konfigurationsparameter als Text, u.a. für die Größe der SGA (`/usr/app/oracle/admin/FODx/pfile/initFODx.ora`). Die Parameterdatei verweist auf die Konfigurationsdatei (`/usr/app/oracle/admin/FODx/pfile/configFODx.ora`). Beispiel siehe unten.
- **Kontrolldatei** (Steuerdatei) ist eine binäre Datei, die die Struktur und den Status der Datenbank beschreibt. Von der Kontrolldatei sollten mindestens 2 Ausführungen auf verschiedenen Platten vorhanden sein. Eine Textform kann mit dem Servermanager-Kommando (`svrmgrl > alter database backup controlfile to trace`) erzeugt werden, Ausgabe nach (`/disk2/oradata/FOD6/DUMP/udump`).

Die Datenbank setzt sich physisch aus einer Menge von Dateien zusammen, die auf verschiedene Platten verteilt sind. Damit der Anwender die physische Struktur der Datenbank nicht kennen muss, und

im Bedarfsfall die physische Struktur modifiziert werden kann, ohne dass die Anwendungen geändert werden müssen, wird in Oracle der physischen eine logische Datenbankstruktur zugeordnet, die die Datenbank aus logischer Sicht beschreibt.



Die Datenbank wird in kleinere logische Speicherbereiche unterteilt, die Tablespaces. Jeder Tablespace besteht aus einer oder mehreren Betriebssystemdateien, die nachträgliche Erweiterung durch zusätzliche Betriebssystemdateien ist möglich. Tablespaces können bei Bedarf der Datenbank angehängt (online) und von ihr abgehängt (offline) werden.

Zusammenfassung wichtiger Aspekte der Oracle-Architektur:

- Die Instance wird in der Parameterdatei init<SID>.ora konfiguriert.
- Die Struktur und der Status der Datenbank (Datenbasis) wird in der Kontrolldatei beschrieben, die Kontrolldatei (alle Kopien!) muss verfügbar sein, wenn die Datenbank geöffnet wird.
- Alle SQL-Anweisungen werden von Serverprozess verarbeitet, der dem Benutzerprozess zugeordnet ist. Beim dedizierten Server ist jedem Benutzerprozess genau ein Serverprozess zugeordnet.
- Identische SQL-Anweisungen verwenden Shared SQL-Areas im Shared Pool.
- Daten, die aus der Datenbank gelesen oder deren Änderungen noch nicht festgeschrieben wurden, sind in Daten- oder Rollback-Blöcken im Datenbankpuffer-Cache gespeichert.
- Rollback-Blöcke enthalten „Before Images“ von geänderten Daten
- Die Hauptaufgabe des DBWR ist es, alle geänderten Puffer in Dateien zu schreiben.
- Der Server zeichnet alle Änderungen der Datenbank im Redo-Log-Puffer „After Images“ auf.
- Die Redo-Log-Dateien werden verwendet, um geänderte Daten im Hauptspeicher nach einem Instance-Fehler wiederherzustellen.
- Der LGWR schreibt Redo-Log-Einträge auf Platte.
- Checkpoints stellen sicher, dass alle geänderten Datenbank-Puffer in Dateien geschrieben sind.
- Der ARCH kopiert die online Redo-Log-Dateien in ein festgelegtes Archiv (Platte oder Band), wenn der LGWR auf eine neue Redo-Log-Gruppe wechselt (Log-Switch).
- Lesevorgänge blockieren Schreibvorgänge nicht
- Schreibvorgänge blockieren Lesevorgänge nicht.

Die Oracle Software und Datenbank sind im FORST-GIS nach dem Oracle-Standard: Oracle Flexible Architecture (OFA) installiert. Der Mount-Point für die Software ist das Verzeichnis /usr/app. Für die Datenbank werden die 3 Mount-Points /disk2/oradata, /disk3/oradata, /disk4/oradata verwendet

Start und Stop der Datenbank wird mit dem Servermanager (svrmgrl) durchgeführt. Im FORST-GIS erfolgt der Start i.d.R. automatisch beim Hochfahren (/etc/rc2.d/S92oracle) des Server-Rechners, beim Herunterfahren (/etc/rc0.d/K12oracle) wird die Datenbank gestoppt. Die Datenbank kann bei Bedarf als Benutzer oracle mit dem svrgrml gestartet oder gestoppt werden (siehe auch Toolschest).

Normal-Start:	startup open	
Start Admin:	startup mount	→ Admin-Arbeit → alter database open
Normal-Stop:	shutdown immediate	
Abbruch:	shutdown abort	→ bei Datenbankfehlern

Für unterschiedliche Einsatzzwecke können mehrere Parameterdateien init<SID>.ora vorgehalten werden, die durch einen Neustart der Datenbank aktiviert werden können, wodurch sich eine Adaption der Insatnce für spezielle (z.B. sehr große) Transaktionen erreichen lässt.

3.4.2 Geodatenbankextension SICAD-GDB

Die SICAD-GDB (GeoDatenBank, neue Bezeichnung SICAD-GDS = GeoDatenServer) ist eine proprietäre Datenbankeerweiterung (Geodatenbankextension) der Firma SICAD-Geomatics, die speziell für die Verwaltung von Geodaten entwickelt wurde. Im FORST-GIS wird die GDB als Geodatenbankextension zum RDBMS Oracle eingesetzt. Die Modellierung der Geodaten erfolgt in der GDB für die Geometriedaten nach dem Netzwerkmodell (Graphen), für die attributiven Daten (Sachdaten) nach dem relationalen Modell. Die Struktur der Geometriedaten entspricht damit optimal ihren natürlichen, netzwerkartigen Beziehungen; während die beschreibenden Attribute (Sachdaten) in Form von Tabellen abgebildet werden. Geometriedaten können mit Sätzen in den Sachdatentabellen über das Spezialattribut „Location“ verknüpft werden. Die unterschiedlichen Daten: Geometrie, Sachdaten und Verbindungselemente (Geolink) werden von dem Datenbanksystem gemeinsam verwaltet und konsistent gehalten.

Geodaten können sehr umfangreich sein und große Gebiete (Plangebiet) überdecken, sie sind zweidimensional verteilt. Diesem wichtigen Merkmal wird in der GDB besonders Rechnung getragen. Alle Daten werden zweidimensional partitioniert und in Form sogenannter Zellen verwaltet. Die Zellen entsprechen Datenbankblöcken und können eine vorgegebene Anzahl von Zeichen fassen. Die Größe

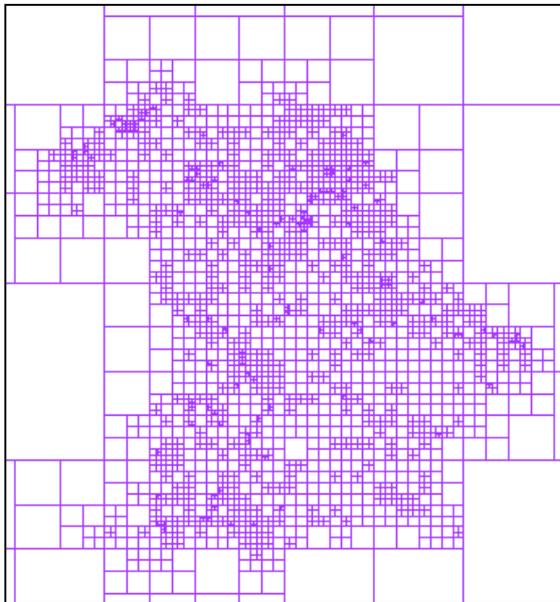


Abb.3-1: Quadtree-Partitionierung

der Zelle ist dabei auf die konfigurierte Oracle-Datenblockgröße (DB-Block-Size=8192 Byte) abzustimmen. Im FORST-GIS wird die empfohlene Zellgröße von 10240 Byte verwendet, die so gewählt ist, dass eine Zelle in komprimierter Form (0.5) in einem Datenbankblock Platz hat. Den Zellen ist über die Festlegung des Plangebietes und der Zellviertelungsstufe ein bestimmtes räumliches Segment zugeordnet. Beim Überlauf einer Zelle wird diese automatisch in vier gleiche Teile aufgeteilt, wobei jede neue Zelle räumlich einem der vier Quadranten der Ausgangszelle entspricht und wieder die vorgegebene Zeichenzahl aufnehmen kann. Diese Methode der zweidimensionalen Datenpartitionierung nennt man Quadtree-Partitionierung (Abb.3-1), da ein Adressbaum entsteht, der jeweils vier Äste hat. Die Partitionierung erfolgt automatisch, entsprechend der Datendichte in einem Bereich.

Die GDB verfügt für den Datenaustausch über eine Datenschnittstelle (SQD = Sequentielles Datenformat), mit der die gesamte Information des Datenmodells als Transfermodell an andere Informationssysteme übergeben werden kann. Die Schnittstelle wird von fast allen namhaften GIS-Herstellern (z.B. ESRI) unterstützt. Aus syntaktischer Sicht ist die Schnittstelle eine lesbare ASCII-Datei mit Schlüsselworten und Werten, die semantische Information über das Modell wird mittels Schlüsselworten, den zugehörigen Werten und eindeutigen Objektbezeichnungen (Elementnummern) abgebildet.

Eine GDB besteht aus einer Gruppe von Tabellen im RDBMS; in denen geometrische, topologische, grafische und alphanumerische Daten sowie die Metadaten gespeichert werden. Die Zusammengehörigkeit der Tabellen wird durch einen Database-Identifizier (DBID) gekennzeichnet, der allen GDB-Tabellen angehängt wird. Eigentümer einer GDB ist der Datenbankbenutzer, der sie eingerichtet hat. Beim Einrichten einer GDB wird ihr Plangebiet festgelegt durch die Angabe der Koordinaten für die SW- und NO-Ecke (Rechteck).

In der GDB befinden sich die Geometriedaten, diese sind in speziellen Tabellen im Format „long-raw“ organisiert, d.h. für die Oracle-Datenbank nicht transparent. Für ihre Bearbeitung und Verwaltung wird die

Geodatenbankextension SICAD-GDB verwendet. Attribute werden in „normalen“ Tabellen verwaltet, die einer GDB zugeordnet werden können oder unabhängig sind. Sätze der Tabellen (Tupel) können über das Spezialattribut „Location“ mit der Geometrie relational verknüpft werden, die Verknüpfung wird als Geolink bezeichnet. Eine GDB besteht aus etwa zwanzig Tabellen, davon sind drei die Kern-Tabellen mit den Geometrieelementen :

GBELEMENT_DBID (Element-ID, Zell-ID)	Verweis in welcher Zelle ein Element gespeichert ist
GBCELL_DBID (Zell-ID, Daten)	Zellen (long raw) mit den gespeicherten Elementen
GBREFERENCE_gbid (Element-ID, Zell-ID)	Verweise, welche Zellen von einem Element sonst noch geschnitten werden (außer der Speicherzelle)

Alle in einer Datenbank angelegten GDB werden in der Tabelle gbdatabases_ffff (Superdatenbank) verwaltet, die in der Datei superdb.par definiert ist. Die Tabelle gbdatabases_ffff enthält folgende Attribute:

desc gdbadmin.gbdatabases_ffff			Beispiel: select * from gdbadmin.gbdatabases_ffff where dbname='P_FBK608'	
Name	Null?	Type		
DBNAME	NOT NULL	VARCHAR2 (30)	DBNAME	P_FBK608
DBID	NOT NULL	NUMBER (5)	DBID	1003
RDBACTIVE	NOT NULL	NUMBER (5)	RDBACTIVE	1
RDBMSPRODUCT	NOT NULL	VARCHAR2 (30)	RDBMSPRODUCT	ORACLE
RDBNODENAME	NOT NULL	VARCHAR2 (30)	RDBNODENAME	Pilot
RDBNAME	NOT NULL	VARCHAR2 (30)	RDBNAME	PROJ
RDBUSERNAME	NOT NULL	VARCHAR2 (30)	RDBUSERNAME	UP608
RDBUSERPWD		VARCHAR2 (30)	RDBUSERPWD	üäappxø
PROCESSORTYP	NOT NULL	VARCHAR2 (30)	PROCESSORTYP	R4000
SYSTEMNAME	NOT NULL	VARCHAR2 (30)	SYSTEMNAME	IRIX
GDBXSYSTEM	NOT NULL	VARCHAR2 (30)	GDBXSYSTEM	SICAD-GDBX-O (IRIX)
GDBXMAJOR	NOT NULL	NUMBER (2)	GDBXMAJOR	4
GDBXMINOR	NOT NULL	NUMBER (2)	GDBXMINOR	2
SUBVERSION		VARCHAR2 (30)	SUBVERSION	1
DBCRETSTAMP	NOT NULL	VARCHAR2 (16)	DBCRETSTAMP	2000062915044500
DBMODTSTAMP	NOT NULL	VARCHAR2 (16)	DBMODTSTAMP	0000000000000000
DBDELTSTAMP	NOT NULL	VARCHAR2 (16)	DBDELTSTAMP	0000000000000000

Zusammenfassung wichtiger Aspekte der GDB-Architektur:

Datenmodellierung für Anwenderobjekte:

- Zweidimensional partitionierte Geometrie, automatisch in Abhängigkeit von der Datendichte
- Modellierung der Geometrie im Netzwerk = „natürliche Beziehungsstruktur in Graphen“
- Modellierung der Sachdaten im relationalen Modell
- Relationale Verknüpfung von Geometrie und Sachdaten (Geolink)
- Gemeinsame Verwaltung von Geometrie und Sachdaten

Zugriff auf Anwenderobjekte

- Der Zugriff kann über Koordinaten (Rechteck, Polygon) bereichsorientiert oder über Attribute objektorientiert erfolgen, Beispiele:
 - Nach Geometrie oder Sachdaten
 - Einzelnes Objekt (isoliert oder mit Umgebung)
 - Objektkollektive für Änderungen (Nachbarn)
 - Räumliche Verteilung von Objekten mit gleichen Merkmalen
- Die Zugriffszeiten sind unabhängig von der absoluten Größe des Datenbestandes
- Die selektive Überlagerung unabhängiger Datenbanken, die sich auf denselben geographischen Raum beziehen und denen dasselbe Raumbezugssystem zugrunde liegt, ist möglich

Datenaustausch (SQD-Schnittstelle)

- Datenaustausch zwischen den FORST-GIS-Diensten
- Langfristige Datenhaltung und Datensicherung (Archiv)
- Integration von anderen GIS-Herstellersystemen und Informationssystemen
- Parallelbetrieb altes und neues System

3.4.3 GDB-Organisation im FORST-GIS

Für die laufenden Arbeiten wird je FoD eine Datenbank für Projekte auf einem lokalen Server eingerichtet. Die Bestandsdaten werden in bayernweiten Datenbanken auf einem zentralen Server für Remote-Zugriffe, Auswertungen und die langfristige Sicherung vorgehalten. Für jedes Projekt oder Thema, das bearbeitet oder bereitgestellt wird, muss eine Geodatenbank (GDB) eingerichtet werden.

Namen der Oracle-Datenbanken

Zentraler GIS-DB-Server:	FGIS	
Lokaler FoD-DB-Server:	FOD<x>	<x>::=1 2 3 4 5 6
Lokaler KA-DB-Server	KART	
Entwicklungsrechner	PROJ	

Für die Datenbanken gilt folgende Festlegung:

Name Datenbank = Name Instance (SID) = Name Netzservice

Netz-Adressen für die ORACLE-Datenbanken:

Zentraler GIS-DB-Server:	FGIS@FGIS00:<user>
Lokaler FoD-DB-Server:	FODx@FGISx0:<user> $x \in (1,2,3,4,5,6)$

Bezeichnung von Projekten

Die Bearbeitung der Datenbestände ist im FORST-GIS in Projekten organisiert. Das Projekt ist die zentrale Organisationseinheit für die Abwicklung von Aufträgen und die Verwaltung der Daten in den Datenbanken. Die Bezeichnung von Projekten setzt sich aus ihrem Datentyp und einer Ordnungsnummer zusammen. Der Datentyp ergibt sich aus der thematischen Grobstruktur, die Ordnungsnummer aus den Kennzahlen für die Projektgebiete (siehe auch Anlage 2, Namenskonventionen).

PROJEKT ::= <Datentyp><Ordnungsnummer>

Folgende Datentypen sind vorgesehen:

Für die Forstbetriebsplanung (Detailplanung, intern – 1:10.000)

FBK	Forstbetriebskarte
STK	Standortskarte
INV	Inventurauswertungen
SCH	Schutzwaldsanierungskarte
NAT	Naturschutzergänzungskarte (Kleinstrukturen)

Für die forstliche Rahmenplanung (öffentlich-rechtlich – 1:50.000)

WFK	Waldfunktionskarte
FUK	Forstliche Übersichtskarte mit den Waldbesitzarten
ORG	Organisationsübersichten
LUM	Amtliche Schutzgebiete
WWF	Sonderflächen (z.B. FFH)

Die zulässigen Ordnungs-Nummern, das zugeordnete Projektgebiet (SW/NO-Ecke) und der Name des Projekts werden in den Tabellen gdbadmin.orga_Foa und gdbadmin.orga_Lkr verwaltet (s.u). In diesen Tabellen sind alle zulässigen Projektgebiete vorgemerkt. Die Projektnummern sind 3-stellig, der Nummernbereich ist [000-999]

Standard-Projekte (Forstamt/Landkreis)	<Ordnungsnummer> ::= <foa lkr> Standard-Projekte werden für die Datenerfassung verwendet (Neuprojekte). Ordnungsnummern für Standard-Projekte sind die amtlichen FoA-Nummern (<i>foa</i>) für den Bereich Forstbetrieb sowie die Lkr-Nummern (<i>lkr</i>) für den Bereich forstliche Rahmenplanung.
Groß-Projekte (Regierungsbezirk)	<Ordnungsnummer> ::= 100 200 300 400 500 600 700 Enthalten die Daten mehrerer Standard-Projekte. Groß-Projekte werden i.d.R. für die Verwaltung von statischen Daten (Altprojekte) eingesetzt. Groß-Projekte sind bisher nur für die forstliche Rahmenplanung vorgesehen und umfassen einen Regierungsbezirk. Die erste Ziffer ist die Nummer des Rbz. Für die Datenerfassung (Neuprojekte) werden sie nur für die Datentypen FUK und ORG verwendet.
Sonder-Projekte	<Ordnungsnummer> ::= 801-899 901-999 Beliebige Gebiete für Sonderaufgaben können zugeordnet werden
Gesamt-Projekte (Bayern)	<Ordnungsnummer> ::= 00<e> / nur auf zentralem Datenserver Bayernweite Datenbanken für die Bestandsdokumentation der erfassten und geprüften Datenbestände des FORST-GIS, wobei die Versionsnummer <e>::=0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 die Epoche kennzeichnet.

Namen für die Projekt-GDB und den GDB-Eigentümer:

Die Namen werden nach folgenden Regeln gebildet:

Für die Forstbetriebsplanung (Detailplanung, intern – 1:10.000)
GDB-NAME: **P_<FBK|STK|SCH|NAT|INV><foa>** Eigentümer: **UP<foa>**

Für die forstliche Rahmenplanung (öffentlich-rechtlich – 1:50.000)
GDB-NAME: **R_<WFK|FUK|LUM|WWF|ORG><lkr>** Eigentümer: **UR<lkr>**

Die GDB wird in der Datenbank einem Eigentümer (User/Schema) zugeordnet. Im FORST-GIS erhält der Eigentümer einer GDB einen projektspezifischen Namen. Ein Eigentümer fasst alle Daten(-typen) zu einem Gebiet, das derselben P- oder R-Ordnungsnummer zugeordnet ist logisch zusammen. Die zugehörigen Tabellen sind damit in der Datenbank demselben Schema zugeordnet.

Beispiele für Namen:

Projektgebiet	Forstamt 608		Landkreis 777	
Projekt	FBK608	STK608	WFK777	FUK777
Projekt-GDB	P_FBK608	P_STK608	R_WFK777	R_FUK777
Eigentümer	UP608		UR777	

3.4.4 Zugriffe auf die Geodatenbank in Oracle

Aus konzeptioneller Sicht werden die Daten im FORST-GIS in verschiedene Geodatenbanken für Projekte (FoA, Lkr) oder flächendeckend für ganz Bayern gespeichert. Eine Geodatenbank (GDB) fasst alle Geometrie-Tabellen zu einer logischen Einheit zusammen. Sachdaten die eine enge Beziehung (Verknüpfung) mit der Geometrie haben und räumlich einem Projekt zugeordnet werden, können ebenfalls in die GDB importiert werden. Tabellen die für die gesamte Datenbank gelten, werden in globalen Tabellen (Orga_Tabellen) verwaltet. Der Zugriff auf die Geodaten erfolgt mittels „Geotransaktionen“, die i.d.R. sehr lange dauern (Stunden/Tage), im Vergleich zu normalen Transaktionen (Subsekunden)

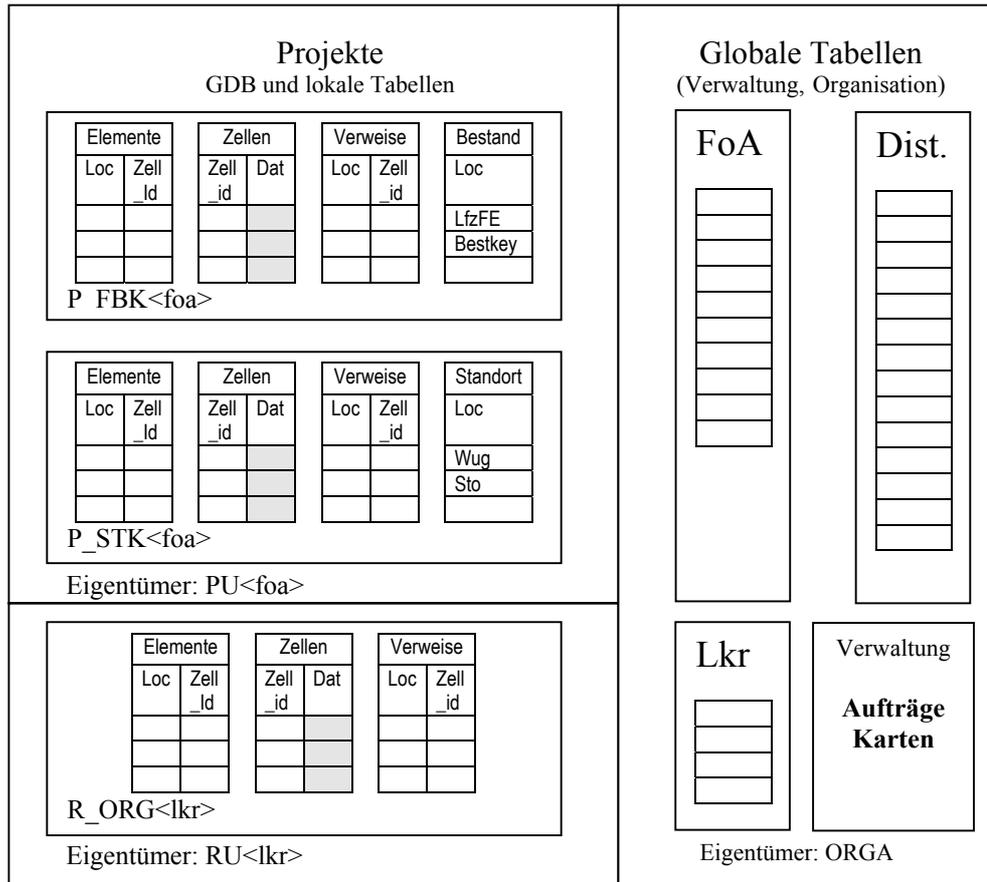


Abb.3-m: Aufbau der Geodatenbanken in Oracle

Die Geodatenbanken enthalten aus fachlicher Sicht eine Menge von Geobjekten (Bestand, Standort), die im konzeptionellen Schema der Geodatenbank beschrieben werden (Beschreibung z.B. mit UML). Dieses Fachmodell wird dann mit den Möglichkeiten der SICAD-GDB und Oracle als logisches Schema realisiert (Beschreibung mit DDL) und als eine Menge von Tabellen installiert (Abb.3-m, 3-n).

GEOMETRIE		Sachdaten	
SICAD-Elemente	GDB-Elemente	Geolink-Tabellen	Tabellen
Selektion: se, sr, srt, supo, suinfl lose, skks ▼ Selektionsmenge (SM) Additiv Semi SICAD-Adressen	Selektion: gbsrt ▼ Elementmenge (EM) Additiv gbresem Element-Adressen	Auswahl: Select ▼ Ergebnis (cursor) Fundmenge	Auswahl: Select ▼ Ergebnis (cursor) Fundmenge
Mengenübergang SM ↔ EM (actual)		Übergang (join) EM ↔ Tabelle (FM)	
gbmgmg EMSM ...	gbmgmg SMEM ...	LOCATION (Elementnummer)	select * from actual em, tab_geo fm, ... where em.location=fm.location and ...
	insert into actual select location from tab_geo ...		

Abb.3-n: Verbindung von Geometrie- und Sachdaten

3.4.5 Projekt-Datenbank

Die Daten des FORST-GIS werden in ORACLE-Datenbanken nach Projekten organisiert und verwaltet. Die Struktur der Datenbank ist so gewählt, dass sie von der verfügbaren Hardware (Abb.3-o) optimal unterstützt wird und die Produktion einer FoD für mindestens 3 Jahre aufnehmen kann. Abgeschlossene Projekte werden in die zentralen Datenbanken übernommen und können nach der Übernahme in den Projekt-Datenbanken gelöscht werden, da sie dann für Remote-Zugriffe auf dem zentralen Datenbankserver zur Verfügung stehen.

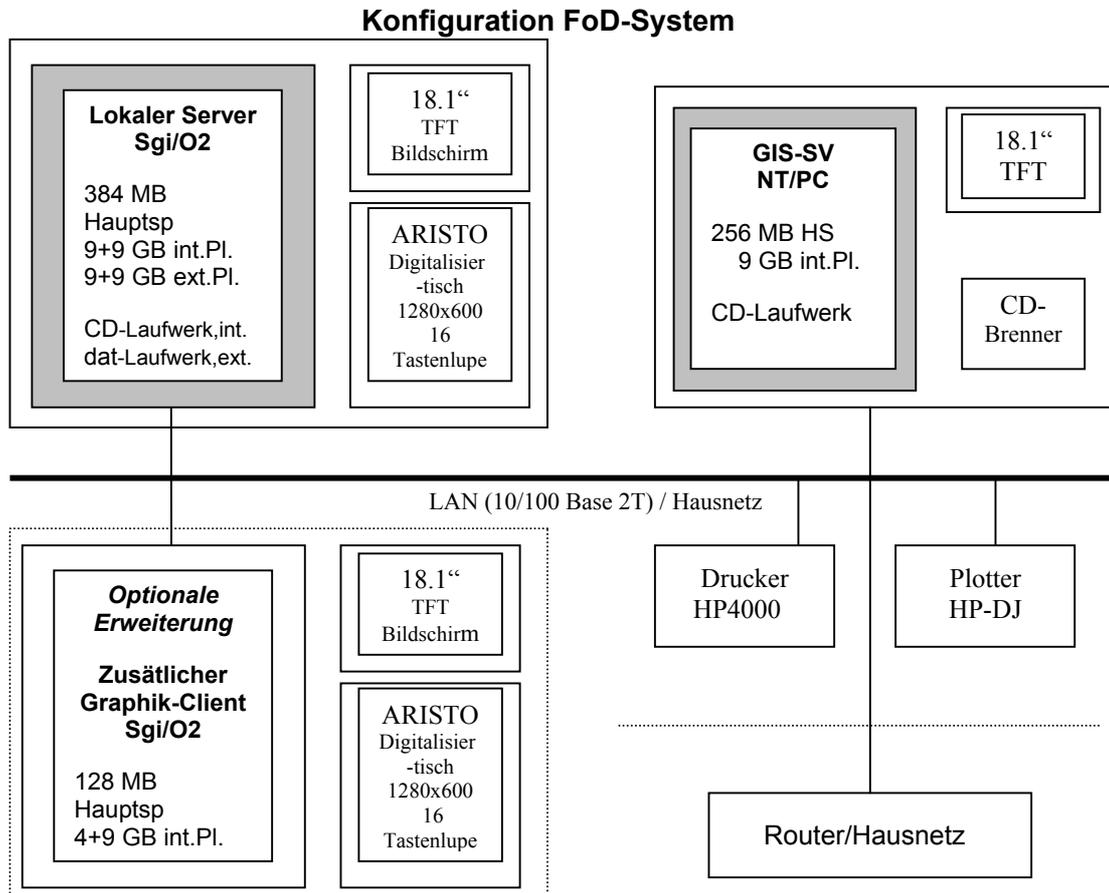


Abb.3-o: Grundkonfiguration eines Subsystems

Die GIS-Anlage einer FoD besteht aus:

- **Server für die lokale Geodatenbank**, Drucker und Lizenzen
- Arbeitsplatz für den GIS-Systemverwalter
- weitere Graphikarbeitsplätze (optional)
- Laserdrucker DIN A4 (HP4000N)
- Tintenstrahlplotter (HP-Designjet) für großformatige Ausgaben (DIN A0)
- Digitalisier-tische (ARISTO, Format 1200x600)
- Die LAN-Vernetzung erfolgt über das Hausnetz der FoD
- Der Anschluss an das Forst-Netz erfolgt über den Router der FoD

Die Software-Grundausstattung besteht aus (Versionsstand 12/99):

- Betriebssysteme UNIX und NT (O2, IRIX 6.5.7 / NT 4.0)
- Datenbanksoftware Oracle (Oracle 8.0.5-Enterprise-Server)
- Geodatenbankextension (SICAD-GDBX V3.x)
- GIS-Software (SICAD V5.3), Voll-, PC-, Batch-Lizenzen
- Plotsoftware (SICAD-PLOT V4.2, PLOT-FORST)

Für die Anzahl der Digitalisier-arbeitsplätze gilt beim derzeitigen Arbeitsprofil die Faustregel, dass je 100.000 ha Staatswald ein Grafikarbeitsplatz benötigt wird.

Konfiguration der Projekt-Datenbank

Die Datenbank-Software wird unabhängig von den Daten auf der Systemplatte des lokalen Servers verwaltet (siehe unten) im Dateiverzeichnis: /usr/app/oracle/product/8.0.5. Die Datenbank ist wie in Tab.3-c angegeben konfiguriert:

/disk2/oradata		/disk3/oradata		/disk4/oradata	
Control-File-1		Control-File-2		Control-File-3	
REDO-1 (online)	50	RBS	600	REDO-2 (online)	50
TEMP	250	SYSTEM	100		
TOOLS	15				
DUMP (Alert)	10				
REDO_Archiv		GDBX		GDBX_IDX	
arc1	400	gdb01	2000	idx01	2000
arc2	Z 300	gdb02	2000	idx02	2000
arc3	Z 300	gdb03 ¹⁾	2000	¹⁾	
WORK	100	ORGA ²⁾	400		
		^{2) FOD5 (ORGA 100)}		^{1) FOD5 (gdb03 1000 /+ idx03 1000)}	
Summe (MB):	1500		7100		4050
Kapazität (MB)	9000		9000		9000

Tab.3-c: Projektdatenbanken, Tablespaces und Datenbankdateien

Contol-File (3)	Steuerdateien beschreiben Struktur und Status der Datenbank
DUMP	Chronologische Protokolle der Meldungen und Fehler
TEMP	Temporäre Segmente, die beim Sortieren verwendet werden
TOOLS	Segmente, die vom Oracle Server Tools verwendet werden
SYSTEM	Data Dictionary
RBS	Rollback-Segmente (Before Image)
REDO (2)	Online Redo-Log-Dateien (After Image, 2 Member, 10 Gruppen)
REDO_Archiv	Archiv für die Redo-Log-Dateien (offline Redo-Log-Dateien)
WORK	Temporäre Segmente (z.B. Elementmengen)
ORGA	Statische Segmente (Abgeschlossene Projekte, z.B. WFK)
GDBX	GDB-Projekte, Produktionsdaten
GDBX_IDX	GDB-Projekte, Indizes zu den Produktionsdaten

Bei der Konfiguration wurde berücksichtigt, dass alle wichtigen Produktionsdaten auf die beiden externen Platten (/disk3 und /disk4) gelegt werden, damit bei einem Ausfall des Rechners die Datenbank mit einem entsprechend konfigurierten Ersatzrechner schnell rekonstruiert werden kann. Der Performance-Aspekt Daten und Indizes auf Platten mit verschiedenen Controllern zu verteilen wurde zugunsten der höheren Ausfallsicherheit zurückgestellt.

Umgebungsvariablen für den Datenbankbetrieb in UNIX

```
# Oracle-Variablen
ORACLE_BASE=/usr/app/oracle                export ORACLE_BASE
ORACLE_HOME=/usr/app/oracle/product/8.0.6; export ORACLE_HOME
ORACLE_SID=FODx;                          export ORACLE_SID
# Oracle-Environment
ORACLE_TERM=iris;                         export ORACLE_TERM
LD_LIBRARY_PATH=$ORACLE_HOME/lib;         export LD_LIBRARY_PATH
ORA_NLS33=$ORACLE_HOME/ocommon/nls/admin/data; export ORA_NLS33
NLS_LANG=German_Germany.WE8ISO8859P1;     export NLS_LANG
LC_NUMERIC=C;                             export LC_NUMERIC
NLS_NUMERIC_CHARACTERS=".,"; export NLS_NUMERIC_CHARACTERS
NLS_DATE_FORMAT=YYYYmmdd;                export NLS_DATE_FORMAT
# Pfad-Variable
PATH=$PATH:$ORACLE_HOME/bin; export PATH
```

Beispiel: Datenbankdateien der FoD UF:

(ls -R /disk*/oradata/FOD6)

```
/disk2/oradata/FOD6: CONTROL DUMP REDO
REDO_Archiv TEMP TOOLS WORK
```

```
/disk2/oradata/FOD6/CONTROL:
control01.ctl
```

```
/disk2/oradata/FOD6/DUMP:
arch bdump cdump udump
```

```
/disk2/oradata/FOD6/DUMP/arch:
```

```
/disk2/oradata/FOD6/DUMP/bdump:
alert_FOD6.log
```

```
/disk2/oradata/FOD6/DUMP/cdump:
```

```
/disk2/oradata/FOD6/DUMP/udump:
```

```
/disk2/oradata/FOD6/REDO:
redo10.dbf redo12.dbf redo14.dbf redo16.dbf redo18.dbf
redo11.dbf redo13.dbf redo15.dbf redo17.dbf redo19.dbf
```

```
/disk2/oradata/FOD6/REDO_Archiv:
arc0 arc1 arc2 arc3
```

```
/disk2/oradata/FOD6/REDO_Archiv/arc0:
```

```
/disk2/oradata/FOD6/REDO_Archiv/arc1:
redo190.dbf redo191.dbf ..... redo200.dbf
```

```
/disk2/oradata/FOD6/REDO_Archiv/arc2:
redo150.dbf.Z redo151.dbf.Z ..... redo189.dbf.Z
```

```
/disk2/oradata/FOD6/REDO_Archiv/arc3:
redo120.dbf.Z redo121.dbf.Z ..... redo149.dbf.Z
```

```
/disk2/oradata/FOD6/TEMP:
tmp01.dbf
```

```
/disk2/oradata/FOD6/TOOLS:
tool01.dbf
```

```
/disk2/oradata/FOD6/WORK:
tmp01.dbf
```

```
/disk3/oradata/FOD6: CONTROL GDBX ORGA
RBS SYSTEM
```

```
/disk3/oradata/FOD6/CONTROL:
control02.ctl
```

```
/disk3/oradata/FOD6/GDBX:
gdb01.dbf gdb02.dbf gdb03.dbf
```

```
/disk3/oradata/FOD6/ORGA:
org01.dbf
```

```
/disk3/oradata/FOD6/RBS:
rbs01.dbf
```

```
/disk3/oradata/FOD6/SYSTEM:
sys01.dbf
```

```
/disk4/oradata/FOD6: CONTROL GDBX REDO
```

```
/disk4/oradata/FOD6/CONTROL:
control03.ctl
```

```
/disk4/oradata/FOD6/GDBX:
idx01.dbf idx02.dbf
```

```
/disk4/oradata/FOD6/REDO:
redo20.dbf redo22.dbf redo24.dbf redo26.dbf redo28.dbf
redo21.dbf redo23.dbf redo25.dbf redo27.dbf redo29.dbf
```

Projektvormerkung und Dimensionierung

Die zulässigen Projekte und Plangebiete werden in Tabellen verwaltet. Die Einrichtung einer Projekt-GDB erfolgt über ein Makro mit der Benutzerkennung gbadmin.

Für Projekte für die Forstbetriebsplanung (Detailplanung, intern – 1:10.000)

```
desc gbadmin.orga_foa
```

Name	Null?	Type
FOANUM	NOT NULL	CHAR(4)
FOANAM		VARCHAR2(100)
XLU		NUMBER(10)
YLU		NUMBER(10)
XRO		NUMBER(10)
YRO		NUMBER(10)
BERKON		NUMBER(1)
FBKAUS		DATE
FBKEIN		DATE
STKAUS		DATE
STKEIN		DATE
FLBAUS		DATE
LFZFE		CHAR(12)
ANTEIL		NUMBER(3)
UMORGA		CHAR(2)

Beispiel:

```
select * from gbadmin.orga_foa where
foanum=608
```

Name	Value
FOANUM	608
FOANAM	Bad Königshofen
XLU	4382000
YLU	5557000
XRO	4404000
YRO	5588000
BERKON	1
FBKAUS	
FBKEIN	02.05.95
STKAUS	
STKEIN	21.10.96
FLBAUS	
LFZFE	1994
ANTEIL	100
UMORGA	

Für Projekte für die forstliche Rahmenplanung (öffentlich-rechtlich – 1:50.000)

```

desc gdbadmin.orga_lkr
Name          Null?      Type
-----
LDKSCHL      NOT NULL  NUMBER(3)
LDKNAME      VARCHAR2(100)
REGSCHL      NUMBER(3)
LANDXLU      NUMBER(10)
LANDYLU      NUMBER(10)
LANDXRO      NUMBER(10)
LANDYRO      NUMBER(10)
LAZEXKO      NUMBER(10)
LAZEYKO      NUMBER(10)
WFKAUS       DATE
WFKEIN       DATE
FUKAUS       DATE
FUKEIN       DATE

Beispiel:
select * from gdbadmin.orga_lkr where
ldkschl=674
-----
LDKSCHL  674
LDKNAME  HASSBERGE
REGSCHL  6
LANDXLU  4378333
LANDYLU  5523139
LANDXRO  4422969
LANDYRO  5569584
LAZEXKO  4399471
LAZEYKO  5544033
WFKAUS
WFKEIN
FUKAUS
FUKEIN

```

Für die richtige Dimensionierung der GDB-Tabellen (Tab.3-d, 3-g) bietet der Hersteller eine Hilfe über „Konvektionsgrößen“, die beim Einrichten einer GDB sinnvoll ausgewählt werden müssen. Die Größenangabe (SPT) richtet sich nach der zu erwartenden Elementzahl, die in einer GDB gespeichert werden soll. Die optimale Größe kann mit den vorne angegebenen Datendichten ermittelt werden, wobei für das Verhältnis zwischen Daten- und Indextabellen empfohlen wird: **Tabellen/Index = 60/40**

SPT (vordefiniert)	Anzahl Elemente (Normgröße)	Platzbedarf (Normgröße)	Tabellen Tablespace	Index Tablespace
XXS	5.000 EI	3 MB	2 MB	2 MB
XS	20.000 EI	9 MB	5 MB	4 MB
S	100.000 EI	40 MB	24 MB	16 MB
M	500.000 EI	200 MB	120 MB	80 MB
L	2.000.000 EI	800 MB	480 MB	320 MB
XL	10.000.000 EI	4.000 MB	2.400 MB	1.600 MB

Tab. 3-d: Richtwerte für GDB-Platzbedarf

Datenbankbenutzer (Schema)

Innerhalb der Datenbank werden für die Regelung der Zugriffsberechtigung und der logischen Zusammenfassung von Tabellen sogenannte Schemata (Datenbankbenutzer) gebildet. In den FoD-Datenbanken werden die in der Tab. 3-e angegebenen Datenbankbenutzer eingerichtet:

Benutzergruppe	Name	Def. TS	Aufgaben
DB-Administration	sys	SYSTEM	Höchste Berechtigung, Eigentümer des Data Dictionary
	system	SYSTEM	Datenbankadministration
GDB-Verwaltung	gdbadmin	ORGA	Eigentümer der Superdatenbank, Projekte einrichten
Projekt-Verwalter	UP_<foa>	WORK	Eigentümer der Projekte für die Forstbetriebsplanung
	UR_<lkr>	WORK	Eigentümer der Projekte für die forstliche Rahmenplanung
Operative Nutzer	digix	WORK	Digitalisierungsaufträge (x=1,2,..)
	karte	WORK	Kartenbearbeitung
	daten	WORK	Datenaustausch
	sicplot	WORK	Plotaufträge
	fgis	WORK	Systemverwalter über PC
	batch(y)	WORK	Zugriff über Batch-Lizenzen (y=2,..)

Tab. 3-e: Standard-Datenbankbenutzer

Im FORST-GIS haben die Benutzer folgende Berechtigungen

sql GRANT **connect, resource**

sql GRANT GEO **write on all plans to public**

Als Temporären Tablespace verwenden alle Benutzer den Tablespace TEMP

Instance für den Betrieb der Projektdatenbanken

Die Instance wird mit der Datei `init<SID>.ora` parametrisiert. Der Instance-Name (SID) für die Projektdatenbank ist `FOD<x> mit <x>::= 1|2|3|4|5|6`. Es können Varianten vorgehalten werden, mit denen eine Instanz für verschiedene Zwecke unterschiedlich konfiguriert werden kann. Die Instance ist für die Erfassung der Datenbestände auf Ebene von Forstamts- und Landkreisprojekten optimiert.

```
#-----
$Header: init<SID>.ora 12-jun-97.09:14:56
hpiao Exp $ Copyr (c) 1992 Oracle
#-----
```

```
# include database configuration parameters
ifile= /usr/app/oracle/admin/FODx/pfile/configFODx.ora
```

```
rollback_segments= (rbs01,rbs02,rbs03,rbs04)
```

```
# INIT.ORA file
# your RDBMS installation for your site.
# Important system parameters
# are discussed, and example settings given.
# Some parameter settings are generic to any size installation.
# For parameters that require different values in different size
# installations, three scenarios have been provided:
# SMALL, MEDIUM and LARGE.
# Any parameter that needs to be tuned according to
# installation size will have three settings, each one commented
# according to installation size.
#
# Use the following table to approximate the SGA size needed #for
# the three scenarios provided in this file:
#
# -----Installation/Database Size-----
#          SMALL      MEDIUM      LARGE
# Block    2K  4500K    6800K    17000K
# Size     4K  5500K    8800K    21000K
#
# To set up a database that multiple instances will be using, place
# all instance-specific parameters in one file, and then have all
# of these files point to a master file using the IFILE command.
# This way, when you change a public
# parameter, it will automatically change on all instances. This is
# necessary, since all instances must run with the same value for
# many parameters. For example, if you choose to use private
# rollback segments,
# these must be specified in different files, but since all gc *
# parameters must be the same on all instances, they should be in
# one file.
#
# INSTRUCTIONS: Edit this file and the other INIT files it calls for
# your site, either by using the values provided here or by providing
# your own. Then place an IFILE= line into each instance-specific
# INIT file that points at this file.
```

```
# tuning parameters
db_files = 1022
db_file_multiblock_read_count = 8      # SMALL
db_file_multiblock_read_count = 16     # MEDIUM
db_file_multiblock_read_count = 32     # LARGE

# db_block_buffers = 200                # SMALL
# db_block_buffers = 550                # MEDIUM
db_block_buffers = 4000                 # LARGE

# shared_pool_size = 3500000            # SMALL
# shared_pool_size = 6000000            # MEDIUM
shared_pool_size = 9000000              # LARGE
log_checkpoint_interval = 10000

# processes = 50                        # SMALL
processes = 100                         # MEDIUM
# processes = 200                       # LARGE
```

```
# dml_locks = 100                       # SMALL
dml_locks = 200                         # MEDIUM
# dml_locks = 500                       # LARGE
```

```
# log_buffer = 8192                     # SMALL
# log_buffer = 32768                    # MEDIUM
log_buffer = 163840                      # LARGE
```

```
# sequence_cache_entries = 10          # SMALL
sequence_cache_entries = 30             # MEDIUM
# sequence_cache_entries = 100         # LARGE
```

```
# sequence_cache_hash_buckets = 10    # SMALL
sequence_cache_hash_buckets = 23       # MEDIUM
# sequence_cache_hash_buckets = 89    # LARGE
```

```
# audit_trail = true                   # if you want auditing
# timed_statistics = true              # if you want timed statistics
max_dump_file_size = 10240             # limit trace file size to 5 Megeach
```

```
log_archive_start = true               # if you want automatic archiving
log_archive_dest =
/disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arch1/redo
log_archive_format = %s.dbf
```

```
# compatible = 7.3.3.0
# global_names = TRUE
```

```
# %init_ora_comment%mts_dispatchers="ipc,1"
# %init_ora_comment%mts_max_dispatchers=10
# %init_ora_comment%mts_servers=1
# %init_ora_comment%mts_max_servers=10
# %init_ora_comment%mts_service=%Oracle_Sid%
#
# %init_ora_comment%mts_listener_address="(ADDRESS=(PROT
OCOL=ipc)(KEY=PNPKEY))"
```

```
# needed if running OPS
# %init_ora_ops_comment%PARALLEL_SERVER=TRUE
open_cursors = 1024
```

```
#-----
# $Header: cnfg.ora 1.1 95/02/27 12:14:25 wyim Osd<unix> $
Copyr (c) 1992 #
# cnfg.ora - instance configuration parameters
#-----
```

```
control_files =
(/disk2/oradata/FODx/CONTROL/control01.ctl,
/disk3/oradata/FODx/CONTROL/control02.ctl,
/disk4/oradata/FODx/CONTROL/control03.ctl)
```

```
# Below for possible future use...
#init_sql_files = (?/dbs/sql.bsq,
#                ?/rdms/admin/catalog.sql,
#                ?/rdms/admin/expview.sql)
background_dump_dest = /disk2/oradata/FODx/DUMP/bdump
core_dump_dest = /disk2/oradata/FODx/DUMP/cdump
user_dump_dest = /disk2/oradata/FODx/DUMP/udump
log_archive_dest = /disk2/oradata/FODx/DUMP/arch/arch.log
```

```
db_block_size = 8192
```

```
db_name = FODx
```

Funktionen im Toolchest Oracle

Toolchest	
Desktop	
Selected	
Internet	
Find	
System	
SICAD_Doku	
IRIX_Doku	
Abmelden	
ORA/GDB-Info	
SQL*Plus	
NEDIT	
Console	
Oracle-Start/Stop	
Oracle-BACKUP	
Help	

Die Administration der Datenbank kann nur vom Benutzer oracle aus erfolgen. Die wichtigsten Anwenderfunktionen für die Datenbank werden als Menü angeboten. Die Verwaltung und Wiederherstellung der Datenbank erfolgt über das Dienstprogramm Servermanager (svrmgrl) im Zeilendialog. Das Dienstprogramm SQL*Plus kann für den direkten SQL-Dialog mit der Datenbank eingesetzt werden.

Folgende Anwenderfunktionen stehen zur Verfügung:

Oracle-Backup (siehe 3.5.2) für die Sicherung (Abb.3-g)

Oracle-Start/Stop für das explizite stoppen (shutdown) und starten (startup) der Datenbank für die Administration

ORA/GDB-INFO für die Überwachung der Datenbankressourcen.

- Liste der DB-Benutzer
- Neuer DB-Benutzer
- Summe ORA-Daten
- Summe GDB-Daten
- Summe PRO-Daten
- SGA-Status
- DB-Struktur

3.4.6 Bayernweite, zentrale Geodatenbanken

Für die Bestandsdokumentation, die projektübergreifende Nutzung der Daten und die Datenbereitstellung für interne und externe Anwendungen werden zentral bayernweite Geodatenbanken (Tab.3-g) aufgebaut, die nach Thema und Epoche gegliedert sind.

Interne Platte 2		RAID-System			
/disk2/oradata		/disk3/oradata		/disk4/oradata	
Control-File-1		Control-File-2		Control-File-3	
REDO-1 (online)	100	RBS	1000	*)	
TEMP	500	SYSTEM	200		
TOOLS	20				
DUMP (Alert)	10				
REDO_Archiv		FE0_dat	3000	Fe0_icx	2000
arc1	400	FE1_dat	5000	FE1_idx	3000
arc2	Z 300	STK_dat	3000	STK_idx	2000
arc3	Z 300	WFK_dat	1000	WFK_idx	1000
		FUK_dat	1600	FUK_idx	1000
		GDBX	2000	GDBX_idx	1000
WORK	200	ORGA²⁾	400		
Summe (MB):	1900		17200		10000
Kapazität (MB)	18000				50000

Tab.3-f: zentrale Geodatenbanken, Tablespaces und Datenbankdateien

*) Die 2. Redo-Log-Gruppe wird in das dvz /disk1 auf der Systemplatte gelegt (100 MB), da Online-Redo-Log-Dateien aus Performancegründen nicht in das RAID-System gespeichert werden sollen.

Die Konfiguration und Aufteilung der zentralen Datenbank (Tab.3-f) entspricht weitgehend der einer Projektdatenbank. Wesentliche Unterschiede sind die zusätzlichen Tablespace für die bayernweiten GDB und die Verwendung eines RAID-Systems für die Geodaten. Die zentralen Datenbanken sind jedoch mit der Oracle-Version 8.1.6 (8i) aufgebaut. Die Instance ist für den lesenden Zugriff mit Remoteprozessen auf bayernweite Datenbanken optimiert.

Instance für den Betrieb der zentralen Geodatenbank (Oracle 8.1.6)

Die Parameterdatei für die Instance FGIS befindet sich im dvz /usr/app/oracle/admin/pfile

initFGIS.ora für Oracle 8.1.6

```

db_name      = "FGIS"
instance_name = FGIS
service_names = FGIS

control_files =
('/disk2/oradata/FGIS/CONTROL/control01.ctl',
'/disk3/oradata/FGIS/CONTROL/control02.ctl',
'/disk4/oradata/FGIS/CONTROL/control03.ctl')

open_cursors = 1024
max_enabled_roles = 30

db_block_buffers = 32768
shared_pool_size = 61156147
large_pool_size = 614400
#java_pool_size = 20971520
log_checkpoint_interval = 10000
log_checkpoint_timeout = 1800
processes = 200
log_buffer = 327680
#log_buffer = 163840

# audit_trail = false # if you want auditing
# timed_statistics = false # if you want timed statistics
# max_dump_file_size = 10000 # limit trace file size to 5M each

# Uncommenting the lines below will cause automatic archiving if
# archiving has
# been enabled using ALTER DATABASE ARCHIVELOG.
# log_archive_start = true
# log_archive_dest_1 = "location=/usr/app/oracle/admin/FGIS/arch"
# log_archive_format = arch_%t_%s.arc
# If using private rollback segments, place lines of the following
# form in each of your instance-specific init.ora files:
#rollback_segments = ( RBS0, RBS1, RBS2, RBS3, RBS4, RBS5,
#RBS6, RBS7, RBS8, RBS9, RBS10, RBS11, RBS12, RBS13, #RBS14 )

# Global Naming -- enforce that a dblink has same name as the db it
# connects to
# global_names = false

# Uncomment the following line if you wish to enable the Oracle
# Trace product
# to trace server activity. This enables scheduling of server collections
# from the Oracle Enterprise Manager Console.
# Also, if the oracle_trace_collection_name parameter is non-null,
# every session will write to the named collection, as well as enabling
# you to schedule future collections from the console.
# oracle_trace_enable = true
# define directories to store trace and alert files

background_dump_dest = /usr/app/oracle/admin/FGIS/bdump
core_dump_dest = /usr/app/oracle/admin/FGIS/cdump
user_dump_dest = /usr/app/oracle/admin/FGIS/udump

# Uncomment this parameter to enable resource management for
# your database.
# The SYSTEM_PLAN is provided by default with the database.
# Change the plan name if you have created your own resource plan.
# resource_manager_plan = system_plan

db_block_size = 8192

remote_login_passwordfile = exclusive
os_authent_prefix = ""

# Uncomment the following line when your listener is configured for
# SSL
# (listener.ora and sqlnet.ora)
# mts_dispatchers =
# "(PROTOCOL=TCPS)(PRE=oracle.aurora.server.SGiopServer)"

compatible = "8.1.6"
sort_area_size = 65536
sort_area_retained_size = 65536

```

Planungsindikatoren für die zentrale Geodatenbank

Datentyp	Epoche	Fläche	Objekte	Elemente	SPT	Geodatenbank	Tablespaces	
FBK	1993-2000	500.000	120.000	7.500.000	XL	P_FBK000	FE0_dat	FE0_idx
	ab 2001	850.000	200.000	12.500.000	XL	P_FBK001	FE1_dat	FE1_idx
STK	Gesamt	626.000	70.000	10.000.000	XL	P_STK000	STK_dat	STK_idx
SCH	Gesamt	120.000	15.000	200.000	M	P_SCH000	STK_dat	STK_idx
WFK	Gesamt	Bayern	120.000	1.500.000	L	R_WFK000	WFK_dat	WFK_idx
LUM	Gesamt	Bayern	20.000	150.000	M	R_LUM000	WFK_dat	WFK_idx
						R_FUK000	FUK_dat	FUK_idx
FUK	Wald/FÜK	Bayern	120.000	1.000.000	L	R_FUK000	FUK_dat	FUK_idx
	Gesamt	Bayern	120.000	1.000.000	L	R_FUK001	FUK_dat	FUK_idx
ORG/FoA	1.7.2000	Bayern	FoA142	50.000	S	R_ORG000	FUK_dat	FUK_idx
	1.7.2001	Bayern	FoA138	50.000	S	R_ORG001	FUK_dat	FUK_idx
	1.7.2002	Bayern	FoA133	50.000	S	R_ORG002	FUK_dat	FUK_idx
FFH	1.3.2001	Bayern	1.000	100.000	S	R_WWF000	FUK_dat	FUK_idx
	1.8.2001	Bayern	1.000	100.000	S	R_WWF001	FUK_dat	FUK_idx

Tab.3-g: zentrale Geodatenbanken, Planungsindikatoren

Generierung einer bayernweiten GDB (Auszug)

```

* -----
* Beispiel: P_FBK000 (FE 1993-2000)
* -----
DEFINE  GDBX_TABTSNAME TEXT LOCAL;* Name Tablespace fuer Tabellen
DEFINE  GDBX_IDXTSNAME TEXT LOCAL;* Name Tablespace fuer Indextabellen
* -----
* Bereiche in Tabelle vormerken
sql  CONNECT AS gdbadmin
sql  INSERT INTO\
      gdbadmin.  orga_foa (FOANUM,FOANAM,XLU,YLU,XRO,YRO,LFZFE)\
      VALUES    ('000','Bayern',4200000,5200000,4712000,5712000,'1993')
Sql  INSERT INTO\
      gdbadmin.  orga_lkr (LDKSCHL,LDKNAME,LANDXLU,LANDYLU,LANDXRO,LANDYRO)\
      VALUES    ('000','Bayern',4200000,5200000,4712000,5712000)
*
* Datenbankbenutzer (Eigentümer) definieren
sql  CONNECT AS system
sql  CREATE USER gb0fbk \
      IDENTIFIED BY          gdsadmin\
      DEFAULT TABLESPACE   gdbx\
      TEMPORARY TABLESPACE temp
sql  GRANT connect,resource TO gb0fbk
*
* GDB anlegen
sql  CONNECT AS gb0fbk/gdsadmin
%GDBX_TABTSNAME='tablespace FEO_DAT'
%GDBX_IDXTSNAME='tablespace FEO_IDX'
sql  CREATE GEODATABASE P_FBK000 WITH SIZE 'XL' RANGE 4200000 5200000, 4712000 5712000
*
* Zugriffsrechte festlegen
sql  CONNECT TO GEODATABASE P_FBK000
sql  REVOKE  GEO  WRITE  ON ALL PLANS FROM PUBLIC
sql  GRANT   GEO  WRITE  ON ALL PLANS TO   gdbadmin
sql  SHOW   GEO  RIGHTS ON ALL PLANS
*
* Tabelle Bestand definieren
SQL  CREATE TABLE Bestand
      LFZFE          NUMBER(4)
      BESTKEY       VARCHAR2(10)
      FOA           NUMBER(3)
      DIS           NUMBER(2)
      ABT           NUMBER(2)
      UABT          CHAR(1)
      BEST          NUMBER(2)
      BESTYP        CHAR(8)
      BFL           NUMBER(7,2)
      BFLABG        NUMBER(7,2)
      ANTEIL        NUMBER(4,1)
      PRIMARY KEY (LFZFE,BESTKEY)
*
* Beziehung zu Tabelle Distrikt definieren
SQL  ALTER TABLE Bestand ADD ( \
      FOREIGN KEY (FOA,DIS) REFERENCES gdbadmin.Distrikt)
*
* Tabelle Bestand_J mit Location (EID) für Geolink und Synonym OR
GBCRETD Bestand 'LFZFE BESTKEY ' K RTY=OR
*
* Attributverwendung in für Grafik am Element Fläche definieren
GBCRELD Bestand LFZFE LFZFE DESC WRITE
GBCRELD Bestand BESTKEY BESTKEY DESC WRITE
GBCRELD Bestand BESTYP NAM PAR WRITE
GBCRELD Bestand BFL BFL DESC WRITE
GBCRELD Bestand BFLABG BFLABG DESC WRITE
GBCRELD Bestand ANTEIL ANTEIL DESC WRITE
GBCRELD Bestand FOA FOA DESC WRITE
GBCRELD Bestand DIS DIS DESC WRITE
GBCRELD Bestand ABT ABT DESC WRITE
GBCRELD Bestand UABT UABT DESC WRITE
GBCRELD Bestand BEST BEST DESC WRITE
*
* Zugriffsrechte für die Tabelle
sql  GRANT select,insert ON Bestand TO public
sql  GRANT select,insert ON Bestand_j TO public
*
* IMPORT der Tabellen als Systemtabellen (lokal Tabelle)
SQL  ALTER TABLE Bestand MODIFY TO SYSTEM TABLE
SQL  ALTER TABLE Bestand_j MODIFY TO SYSTEM TABLE

```

3.4.7 Netzzugriff auf Oracle-Datenbanken

Im FORST-GIS erfolgt die Kommunikation zwischen Datenbank- Server und Client ausschließlich über das Netzwerkprodukt Oracle-NET8, auch dann, wenn Server und Client am selben Rechner arbeiten. Als Oracle-Client wird im FORST-GIS normalerweise ein SICAD-Prozess verwendet, für die Systemverwaltung kann auch mit SQL*Plus gearbeitet werden. Beim Beginn einer Sitzung schickt der Benutzer (Client-Prozess) einen Request (Anforderung) an die Datenbank. Dieser Request wird vom Listener Prozess empfangen, der einen neuen Serverprozess startet und dem Client zuordnet. Beim dedizierten Server wird jedem Client genau ein Server-Prozess zugeordnet.

NET8 wird über zwei Dateien gesteuert, über die Datei listener.ora, die die Parameter für den Listener-Prozess einer Datenbank enthält und tnsnames.ora, in der festgelegt ist, an welche Datenbanken vom Client Anforderungen gestellt werden können.

Der Listener „hört“ auf Anforderungen für seine Datenbank und startet die Serverprozesse

```
# Installation Generated Net8 Configuration
# Version Date: Jun-17-97
# Filename: Listener.ora
#
LISTENER =
  (ADDRESS_LIST =
    (ADDRESS= (PROTOCOL= IPC) (KEY= FODx))
    (ADDRESS= (PROTOCOL= TCP) (Host=
FGISx0) (Port= 1521))
  )
SID_LIST_LISTENER =
  (SID_LIST =
    (SID_DESC =
      (SDU=4096)
      (GLOBAL_DBNAME= FGISx0.)
      (ORACLE_HOME=
/usr/app/oracle/product/8.0.5)
      (SID_NAME = FODx)
    )
  )

STARTUP_WAIT_TIME_LISTENER = 0
CONNECT_TIMEOUT_LISTENER = 10
TRACE_LEVEL_LISTENER = OFF
```

Der Client kann ermitteln auf welche Datenbanken er zugreifen kann (Syntax-Beispiel für einen Eintrag)

```
# Installation Generated Net8 Configuration
# Version Date: Oct-27-97
# Filename: Tnsnames.ora
#
extproc_connection_data =
  (DESCRIPTION =
    (ADDRESS = (PROTOCOL = IPC) (KEY = PROJ))
    (CONNECT_DATA = (SID = PROJ))
    FODx=(DESCRIPTION=
      (SDU=8192)
      (ADDRESS_LIST=
        (ADDRESS=
          (PROTOCOL=TCP)
          (HOST=FGISx0)
          (PORT=1521)
        )
        (ADDRESS=
          (PROTOCOL=IPC)
          (KEY=FODx)
        )
      )
    )
    (CONNECT_DATA=
      (SID=FODx)
    )
  ) )
```

3.5 Archivierung und Sicherung der Geodaten

Bei langfristig angelegten Bestandsdatenbanken müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, um die geforderte Lebensdauer und Konsistenz der Daten zu gewährleisten. Hierzu gehören Strategien für Störfälle der Datenbank und ein Konzept für eine langfristige Archivierung (*Abb.3-p*) der Datenbestände. Damit bei Störfällen ein Datenverlust oder ein inkonsistenter Zustand der Datenbank verhindert werden kann, ist die Datenbank laufend zu sichern (*Abb.3-q*). Im FORST-GIS wird dazu ein regelmäßiges Backup durchgeführt. Der zentrale Geodatenserver verfügt zusätzlich über ein RAID-System (Level 5). Für die Wiederherstellung der Datenbank auf Basis der Redo-Log-Dateien und der Backups sind für die wichtigsten bekannten Störfälle Recovery-Strategien simuliert und dokumentiert worden. Zusätzlich werden die Daten projektweise langfristig auf CD archiviert, wofür geeignete, langlebige Medien eingesetzt werden, auf die die Daten in möglichst einfachen Formaten (ASCII) geschrieben werden. Während die Datenbank die Geodaten online für den Betrieb auf dem jeweilig installierten Rechnern bereitstellt, bildet das Archiv die langfristige offline Datenbasis, die für möglichst viele Herstellersysteme interpretierbar sein sollte. Konzepte für die Sicherung und Archivierung sowie die weitgehend verlustfreie Wiederherstellung der Datenbanken sind ein unabdingbarer Bestandteil eines Systemkonzepts für die Bestandsdokumentation.

3.5.1 Archivierung der Geodaten

Neben der regelmäßigen Sicherung der Geodatenbanken (online Geodaten) werden im FORST-GIS die Projekte in verschiedenen Stati langfristig auf CD oder Dat-Bänder archiviert (offline Geodaten). Für eine CD wird bei sachgemäßer Behandlung eine Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren prognostiziert. Die Geodaten eines Projektes werden als SQD-Dateien gesichert, da diese Schnittstelle von verschiedenen GIS- Software-Produkten interpretiert werden kann und alle Daten mit einfachen Texteditoren lesbar sind.

Archivierungsstati:

<p>FOD Zwischensicherung: Status: Abschluss der Digitalisierung (SQD-Datei-Konvoi)</p>	 <p>LfzFe-1 ▼</p>	<p>Übergabe der Projektdaten als SQD-Konvoi an die KA für die Kartenfertigung</p> <p>Transport: ftp oder dat-Band</p>
<p>KA Zwischensicherung Status: Abschluss der Kartenfertigung (SQD-Datei-Konvoi)</p>	 <p>LfzFe ▼</p>	<p>Prüfung der Grafik des Projektes, Abnahme durch Datenredakteur und Ableitung der Forstkarten</p> <p>Übergabe der Projektdaten als SQD-Konvoi an das GIS</p>
<p>GIS Endgültige Projekt-Sicherung Status: Übernahme in die zentrale Geodatenbank (SQD-Datei-Konvoi)</p>	 <p>LfzFe+1 ▼</p>	<p>Prüfung der Objekte des Projektes und Isolierung</p> <p>Übernahme der Projektdaten als SQD-Konvoi in die zentrale GDB</p>
<p>CD-Archiv mit abgeschlossenen, geprüften und isolierten Projekten</p> <p>OFFLINE GEODATEN</p>		<p>Zentrale GDB mit abgeschlossen und geprüften Projekten</p> <p>ONLINE GEODATEN auf zentralem Geodatenserver</p>

Abb.3-p : Archivierung der Geodaten

Format für die langfristige Archivierung:

Physikalisch	CD-ROM ISO9660
Syntax	SICAD-SQD-Schnittstelle / ASCII-Datei
Semantik	Schlüsselworte mit Werten: Elemente / Elementnummern / Attribute

```

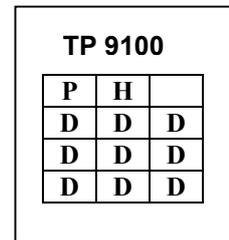
ETYP=FL STU=1 ENUM=00240000000058d5 EB=22 DP=-7 ST=70
NAM 'SCHW410'
X X415123BD56ECBFB1 4.493045358e+06
Y X415424C7C27381D8 5.280543038e+06
W XC2340000 -4.500000e+01
SA X41A00000 2.000000e+01
FLA X0000000000000000 0.000000000e+00
FCO 0
TXT '41020'
INTV 'SO02311'

```

Anmerkung: Die Bearbeitung der Daten erfolgt in Projekt-GDB, nach der Übernahme der Projekte in die zentrale GDB können sie in der Projekt-GDB gelöscht werden.

3.5.2 Sicherung (Backup)

Die Datenbanken mit den Geodaten müssen regelmäßig gesichert werden (Backup, *Abb.3-g*), damit bei Defekten der Anlage (Plattenfehler) kein oder nur ein vertretbarer Datenverlust entstehen kann. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte jedoch die Aufwände für die Datensicherung und für eine eventuelle Neuerrfassung verlorener Daten ausgewogen sein. Da im FORST-GIS die Geodatenbanken derzeit nur während der Arbeitszeit verfügbar sein müssen, ist eine Offline-Sicherung, d.h. bei heruntergefahrener Datenbank, möglich. Die Sicherungen werden im Normalfall in der Nacht mit Betriebssystemmitteln (tar) auf Magnetbändern (DLT oder dat) durchgeführt. Für den zentralen GDS ist zusätzlich ein RAID-System (Redundant Array of Inexpensive Disks), mit dem Level RAID_5, installiert, das die Datensicherheit erhöht. Die Platten werden zu einer LUN (Logical Unit) bestehend aus 9 Daten-, 1 Parity- und 1 Hotspare-Platte zusammengefügt. Beim Ausfall einer Platte wird die defekte Platte automatisch durch die Hotspare-Platte ersetzt, damit ist eine ausreichende Sicherheit und Verfügbarkeit der Geodaten gegeben (siehe z.B. Herrmann 1998).



Das Datenbanksystem Oracle zeichnet alle Änderungen in sogenannten Redo-Log-Dateien auf. Sie enthalten alle Informationen, die für eine eventuelle Wiederherstellung der Datenbank erforderlich sind (After Image). Es werden online- und offline Redo-Log-Dateien unterschieden. Online Redo-Log-Dateien bilden ein Dateiverbund der von der Datenbank zyklisch beschrieben wird. Im FORST-GIS werden 10 Gruppen mit je 2 Member für die Spiegelung verwendet. Die Redo-Log-Dateien haben eine Größe von 5 MB, damit stehen 50 MB für einen Zyklus zur Verfügung. Abgeschlossene Redo-Log-Dateien werden vom Archiver-Prozess (ARCH) in ein Archiv (REDO_ARCHIV/arc1) auf Platte geschrieben, diese archivierten Redo-Log-Dateien werden als offline Redo-Log-Dateien bezeichnet. Die offline Redo-Log-Dateien müssen regelmäßig auf einen unabhängigen Datenträger gesichert werden. Voraussetzungen für die Aktivierung des Archiver-Prozess in Oracle:

Einträge in init<SID>.ora:

```
log_archive_start = true # if you want automatic archiving
log_archive_dest =
/disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo
log_archive_format = %s.dbf
```

Einschalten des Archiv-Log-Modus

```
svrmgrl
connect
startup mount
alter database archivelog;
```

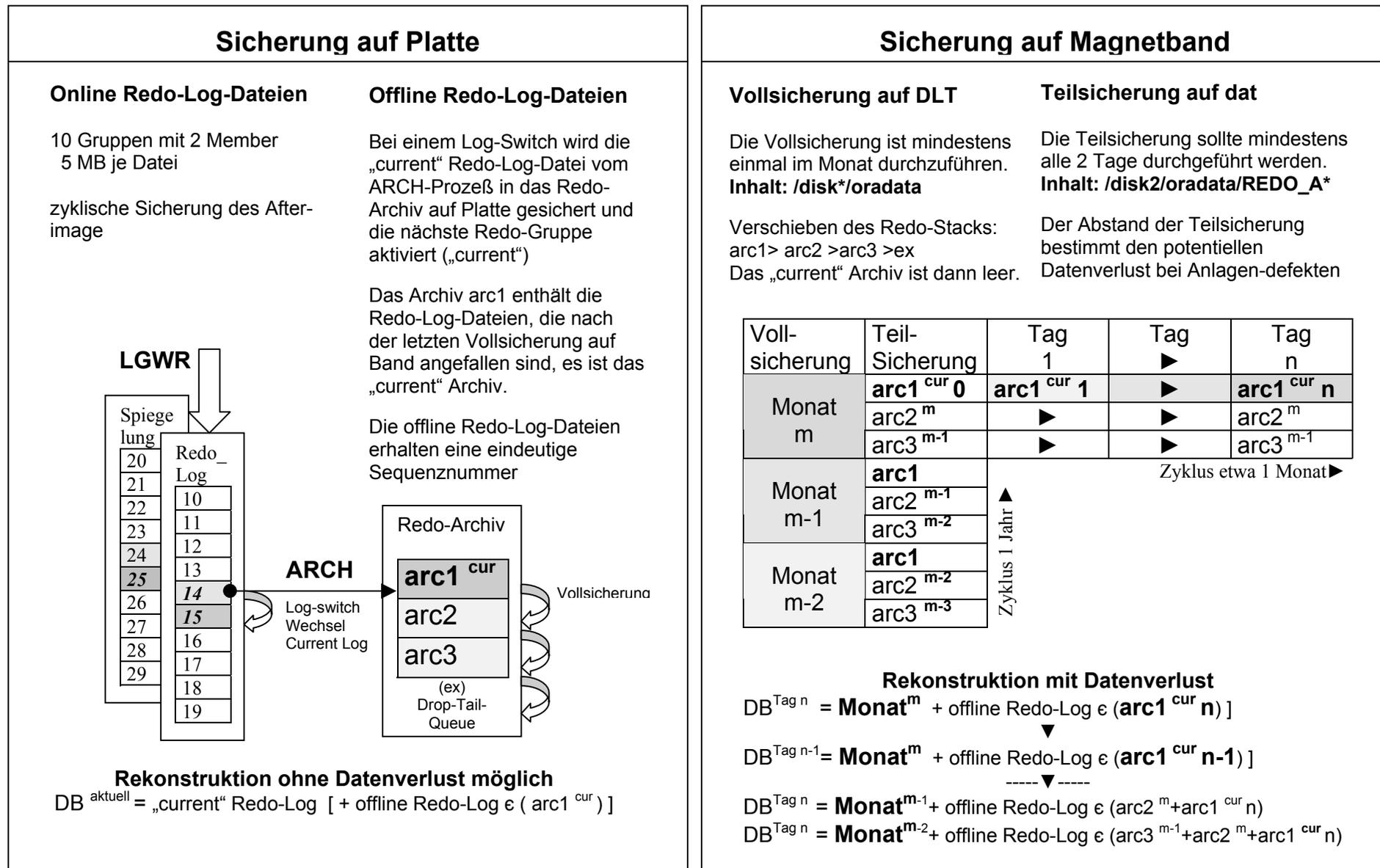
Im FORST-GIS gibt es zwei Backup-Varianten, die Vollsicherung für die vollständige, konsistente offline Sicherung der gesamten Datenbank und die Teilsicherung, bei der nur die offline Redo-Log-Dateien gesichert werden, die die Änderungen bezüglich der letzten Vollsicherung enthalten (*Tab.3-h*). Die Bandsicherungen werden zur Überprüfung noch einmal gelesen, dadurch verdoppelt sich die Sicherungsdauer (siehe Umfang der Sicherung in Stunden) zu Gunsten der Sicherheit.

Backup-Variante	Inhalt	Durchführung Regelm./Ereignis	Umfang		Medium	Format	Treiber
			GB	h			
Voll-sicherung	/disk*/oradata	monatlich, nach Recov	12.0	4.5	DLT-Band 1/2"	tar cvf /dev/dlt	/dev/rmt /tps2d4nsv
Teil-sicherung	/disk2/oradata /REDO_Archiv	täglich, nach Bedarf	0.5	0.5	dat-Band 4 mm	tar cvf /dev/tape	/dev/rmt /tps1d3nsv

Tab.3-h: Backup für die Projektdatenbanken

Für die Bandsicherung wird ein Bandpool aus 12 DLT-Bändern für die monatliche Vollsicherung und 12 dat-Bändern für die Teilsicherungen verwendet. Die DLT-Bänder erhalten die Monatsnamen, die dat-Bänder werden laufend durchnummeriert (2-stellig 01-12). Die Datenträger werden zyklisch durchgewechselt. Der Zyklus für die Vollsicherung beträgt ein Jahr, für die Teilsicherung circa einen Monat. Die dat-Bänder sollten alle 2 Jahre gegen neue Datenträger ausgetauscht werden. Für die Identifikation des Backup wird eine eindeutige Sicherungs_Id aus Datum und Uhrzeit generiert. Die Sicherungs_Id wird als erste Datei (sav_id) auf das Band geschrieben. Nach **erfolgreicher** Sicherung wird ein Eintrag in die Logging-Datei \$FGIS_SYS_PATH/log_dat/**sav_log** gemacht und die tar-Liste als Sicherungsprotokoll im dvz \$FGIS_SYS_PATH/log_dat/**sav_dir** gespeichert. Die Protokolle erhalten den Namen des Datenträgers ergänzt durch die Sicherungs_Id.

Abb.3-q: Datenbank-Backup-Konzept im FORST



3.5.3 Wiederherstellung der Datenbank (Recovery)

Als Folge von Betriebsstörungen (Stromausfall), Hardwarefehlern oder unsachgemäßer Bedienung des Datenbankservers kann die Datenbank in einen inkonsistenten Zustand geraten oder es können Datenbankdateien zerstört werden. Der Versuch die Datenbank hochzufahren (startup open) wird abgebrochen, die Datenbank kann nicht geöffnet werden, das Fehlerszenario wird in Form von Oracle-Fehlermeldungen skizziert. Die vollständige, konsistente Wiederherstellung der Datenbank (Recovery) ist nötig, für langfristig angelegte Bestandsdatenbanken sind aus Sicherheitsgründen die Strategien für das Vorgehen bei Störfällen ein wichtiger Bestandteil des Konzepts. Die Strategien müssen zu Überprüfung simuliert werden! Zur Festlegung der Strategien für die Wiederherstellung sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Vollständiges Fehlerszenario aufzeichnen, das heißt, **alle** angezeigten Fehlermeldungen dokumentieren (ausdrucken). Nähere Informationen zu den Fehlermeldungen können mit Hilfe des Kommandos `oerr ora <fehlernummer>` abgefragt werden.
- Nicht mehrfach versuchen die Datenbank zu öffnen, es könnten Folgefehler entstehen, die das ursprüngliche Fehlerszenario überlagern.
- Auszug aus der Logging-Datei drucken `tail -300 /disk2/oradata/FODx/DUMP/pdump/alert_FODx.log | lp`
- Falls die Datenbank noch läuft mit `shutdown abort` herunterfahren.
- Eventuell eine Vollsicherung der Datenbank durchführen, um den aktuellen Stand zu sichern. Dazu ist die gesamte Datenbank mit `tar cvf /dev/dlt /disk*/oradata` auf ein eigenes DLT-Band (nicht aus dem Sicherungsbandpool nehmen!) zu schreiben (Aufwand ca. 2-3h).
- Zur Festlegung der Wiederherstellungsstrategie die Hersteller-Hotline einbeziehen. Die FoD NO hat hierfür einen Softwarepflegevertrag für Oracle.

Das Vorgehen für die Wiederherstellung ist je nach Fehlerszenario unterschiedlich, so dass vor Beginn des Recovery zunächst eine Wiederherstellungsstrategie festzulegen ist. In der Anlage soll an einigen wichtigen Störfällen das Vorgehen für die Wiederherstellung der Datenbank aufgezeigt werden. Die Wiederherstellung der Datenbank muss als Benutzer `oracle` mit dem Administrationsprogramm `Servermanager (svrmgrl)` durchgeführt werden.

Vorbereitung der Wiederherstellung:

Defekte Dateien ermitteln

Dateinummer(n)	<code>select * from v\$recover_file;-----↓</code>
Dateiname(n)	<code>select name from v\$dbfile where file#=:;</code>
ausführliche Info über Datei	<code>select * from v\$datafile where file#= .;</code>

Offline Redo-Log-Dateien die benötigt werden ermitteln

aktuelle Sequenznummer	<code>select sequence# from v\$thread;</code>
erforderliche Redo-Log-Dateien	<code>select * from v\$recovery_log;</code>

Online Redo-Log-Datei ermitteln, die gerade benutzt wird (current)

current Redo-Log ermitteln	<code>tail - 500 /disk2/.../alert* grep „Current log#“</code>
Kontrolle: vergleichen mit	<code>ls -lt /disk2/oradata/FODx/REDO/*</code>

Aktuellste Sicherungen für die defekten Dateien (Vollsicherung) und für die offline Redo-Log-Dateien (Teilsicherung) bereitstellen

eventuell Bandname ermitteln	<code>grep <dateiname> /disk2/fgis/log_dat/sav_dir*</code>
------------------------------	--

Beachten! Für die Wiederherstellung dürfen nur die Dateien von der Sicherung eingespielt werden, die defekt sind (s.o.), insbesondere keine online Redo-Log-Dateien und Kontrolldateien überschreiben !

Beispiele für die wichtigsten Fehlerszenarien im FORST-GIS werden in der Anlage 4 aufgezeigt:

- System-Tablespace defekt
- Interne Platte des Servers /disk2 defekt und ausgewechselt
- Externe Platte des Servers /disk3 oder /disk4 defekt und ausgewechselt
- Datenbankdatei versehentlich gelöscht oder umbenannt
- Datenbankdatei defekt

4 Raumbezug und Geokodierung für landesweite GIS

Das FORST-GIS ist ein topographisches Fachgeoinformationssystem für die Bestandsdokumentation der forstlichen Flächendaten, es enthält primär die Grundrissdarstellungen der Forsteinrichtung, Standortserkundung und Waldfunktionsplanung mit den Basisobjekten Bestand, Standort und Waldfunktion. In Einzelfällen ist auch die Höhenlage der Objekte von Bedeutung. Während die Grundrissdaten der Objekte von der Staatsforstverwaltung nach fachlichen Kriterien durch eigene, umfassende Aufnahmen bestimmt werden, reicht für ihre Höhenlage die von der Vermessungsverwaltung gelieferte, allgemeine Reliefinformation in Form von Höhenlinien oder Digitalen Geländemodellen (DGM) aus.

Für die landesweite Erfassung der Forstdaten in den Maßstäben 1:5.000 bis 1:50.000 ist ein einheitliches räumliches Bezugssystem erforderlich, das dem gesamten Datenbestand zugrunde liegt. Für das FORST-GIS wird entsprechend der gemeinsamen Bekanntmachung über den Aufbau raumbezogener Informationssysteme der Bayerischen Staatskanzlei und der Bayerischen Staatsministerien vom 7.1.1992 das amtliche Gauß-Krüger-Koordinatensystem verwendet. Dieses Koordinatensystem bildet die Grundlage für die Geokodierung der Objekte, es wird in den Datenbanken durch geeignete Verbindungselemente realisiert, damit es für alle Arbeiten verfügbar ist. Aus historischen und organisatorischen Gründen werden in der Forstverwaltung noch weitere Bezugssysteme verwendet. Dies sind das bayerische Soldnersystem, in modifizierter Form als sogenannte „Bayernkoordinaten“, für die Geokodierung der Inventurdaten und das Universal Transversal Mercator System (UTM) für die Zusammenarbeit im Katastrophenschutz (Brandmeldung). Zunehmend gewinnen auch Daten an Bedeutung, deren Lageinformation Messungen mit dem Globalen Positionierungssystem (GPS) entstammt, die sich auf das World Geodetic System 1984 (WGS84) beziehen.

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen in der Bundesrepublik (AdV) hat im Mai 1991 bei ihrer 88. Tagung beschlossen, dass zukünftig in der Bundesrepublik Deutschland für alle Aufgaben der Landesvermessung und des Liegenschaftskataster einheitlich das Referenzsystem ETRS89 (European Terrestrial Reference System) eingesetzt werden soll. Das ETRS89 ist eine genauere Definition des WGS84, für geodätische Zwecke, und stimmt für topographische Anwendungen mit dem WGS84 überein. Ergänzend wurde 1995 die Verwendung der UTM-Projektion für das neue amtliche Koordinatensystem festgelegt. Daraus folgt, dass die bisherigen amtlichen Gauß-Krüger-Koordinaten mit dem Datum Rauenburg (DHDN) zukünftig durch UTM-Koordinaten mit dem Datum ETRS89 ersetzt werden. Diese Umstellung erstreckt sich erfahrungsgemäß über einige Jahrzehnte, da das gesamte Vermessungswerk davon betroffen ist, sie muss aber in der Konzeption einer langfristig angelegten Geodatenbank für die Bestandsdokumentation berücksichtigt werden. Die Vektordatenbestände des FORST-GIS enthalten derzeit (12/2001) ca. 40 Millionen Ortsvektoren, jährlich kommen etwa 5 Millionen neue dazu. Bei einer Änderung des Raumbezugs müssen alle Koordinaten des Datenbestandes in das neue Bezugssystem transformiert werden.

Die Überführung der verschiedenen Koordinaten und Messwerte in das Bezugssystem des FORST-GIS erfordert geeignete Transformationen, die für ein topographisches Geoinformationssystem, das bayernweit angelegt ist, einen hinreichend genauen Geocode (Raumbezug) liefern. Insbesondere soll die Aufnahmegenauigkeit durch Einflüsse von Transformationsfehlern nicht (wesentlich) verschlechtert werden. Im FORST-GIS wird für die grundlegenden topographischen Objekte eine absolute Lagegenauigkeit von ± 3 Metern angestrebt, darin sind sowohl die globalen als auch die lokalen Fehlereinflüsse enthalten. Diese Genauigkeit ist insbesondere für die Staatswaldgrenze und das befahrbare Waldwegenetz erforderlich, die bezüglich der Georeferenzierung das metrische Skelett der Datenbestände bilden, in das andere Objekte eingehängt werden. Die Genauigkeit der absoluten Lagerung der Datenbestände, d.h. ihres Raumbezuges, ist besonders für die Verschneidung (siehe 5.4.3) verschiedener, unabhängiger Themenbereiche wichtig, um signifikante Ergebnisse zu erzielen. Nachfolgend werden die geodätischen Grundlagen für topographische Geoinformationssysteme kurz erläutert und die wichtigsten Gebrauchsformeln für die Geokodierung im FORST-GIS zusammengestellt, wobei der Schwerpunkt auf den Lagekoordinaten liegt.

4.1 Räumliches Bezugssystem

In einem GIS werden georäumliche Erscheinungen modelliert, d.h. es werden Teile der Erdoberfläche (Geoobjekte) nach Lage und Höhe abgebildet. Grundlage dafür ist ein räumliches Bezugssystem, das durch ein geodätisches Referenzsystem, ein zugeordnetes Koordinatensystem und geeigneten Bezugselementen (Koordinatenframe), die das Referenzsystem im GIS repräsentieren, festgelegt wird. Über diese Bezugselemente können die Messungen zur Erfassung der Geoobjekte (Strecken, Winkel, Bildkoordinaten, Höhenunterschiede) an das Bezugssystem angeschlossen werden. Bei der Verwendung von Landeskoordinaten spricht man heute von der Geokodierung der Objekte.

Aus der Figur der Erde heraus, die in guter Näherung ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid ist, ergibt sich für die Abbildung der Erdoberfläche ein dreidimensionales Problem. Einem GIS könnte zwar prinzipiell direkt ein dreidimensionales geozentrisches Koordinatensystem zugrunde gelegt werden, da jedoch die Karte die wichtigste Darstellungsform von Geodaten ist, werden in GIS ebene Lagekoordinaten (Projektionskoordinaten) bevorzugt, die durch geeignete Höhenangaben ergänzt werden.

4.1.1 Referenzflächen für Lagekoordinaten

Die abzubildenden Geoobjekte müssen auf eine mathematisch beherrschbare Referenzfläche projiziert werden, auf der ein Koordinatensystem ausgebreitet werden kann. Das Erdschwerefeld stellt die Hauptorientierung (Lotrichtung) für exakte Messungen dar, es wäre damit naheliegend, die Referenzfläche physikalisch zu definieren. In der Geodäsie wurde dazu das Geoid eingeführt. Das Geoid ist eine Äquipotentialfläche des Schwerefeldes in Höhe eines mittleren Meeresspiegels, d.h. eine Fläche konstantem Schwerepotentials; auf einer solchen Fläche würde kein Wasser fließen. Es hat jedoch eine sehr komplexe Form, die sich nur durch Reihenentwicklungen approximieren lässt, damit ist es zur Definition von Lagekoordinaten nicht geeignet. Referenzflächen werden daher mathematisch definiert und mit dem Erdkörper in Beziehung gesetzt. Je nach Aufgabenstellung und Genauigkeitsanforderung gibt es verschiedene Möglichkeiten (Tab.4-1) die Erdfigur durch eine Fläche zu approximieren.

Lokale Vermessung	< 10 km	Ebene	kartesische Koordinaten
Landesvermessung	< 200 km	Kugel	sphärische Koordinaten
	> 200 km	Rotationsellipsoid	geodätische Koordinaten
Geodäsie	global	Geozentrum	3d-kartesische Koordinaten
		Geoid	Lotrichtung, Lotabweichung
Geographie	Länder, Welt	Kugel	geographische Koordinaten

Tab.4-1: Referenzflächen

Bei großmaßstäblichen Anwendungen können nur für kleine Gebiete direkt ebene kartesische Koordinaten verwendet werden (5-10 km Ausdehnung), da sich sonst die Einflüsse der Erdkrümmung als Modellfehler auswirken. Für große Gebiete wie z.B. das Land Bayern sind die Grundlagen einer Landesvermessung erforderlich.

Parameter	Bessel	WGS84	Hayford	Krassowski
Große Halbachse ($a_{[m]}$)	6 377 397.155	6 378 137.000	6 378 388.000	6 378 245.000
Kleine Halbachse ($b_{[m]}$)	6 356 078.963	6 356 752.314	6 356 911.946	6 356 863.019
Abplattung (f)	1:299.1528128	1:298.2572236	1:297	1:298.3
Polkrümmung ($c_{[m]}$)	6 398 786.349	6 399 593.626	6 399 936.608	6 399 698.902

Tab.4-2: Wichtige Referenzellipsoide

Der Landesvermessung in Bayern liegt eine ellipsoidische Referenzfläche, das Besselipsoid, zugrunde. Auf diesem Ellipsoid wurde das Koordinatensystem landesweit ausgebreitet, wozu hierarchische Festpunktnetze durch Winkel- und Streckenmessungen bestimmt worden sind. Als Projektion für die amtlichen Lagekoordinaten wird die Gauß-Krüger-Abbildung verwendet. Solche Punktfelder bezeichnet man heute auch als Benutzersegment oder Koordinatenframe eines Referenzsystems, da sie das

Koordinatensystem physisch realisieren, so dass lokale Messungen an das landesweite System angebunden werden können. Alle Messungen müssen bei der Umrechnung in Koordinaten theoretisch auf die Referenzfläche reduziert werden, um Modellfehler zu vermeiden, diese Reduktionen können für topographische Messungen vernachlässigt werden, da sie meist unter der erforderlichen Messgenauigkeit liegen.

Ein Rotationsellipsoid (Tab.4-2) ist durch die Angabe von zwei Parametern (a, f oder a, b) geometrisch bestimmt. In der Landesvermessung unterscheidet man mittlere und bestanschließende Ellipsoide. Bis vor einigen Jahrzehnten wurde die Bestimmung der Referenzflächen weitgehend aus astrogeodätischen Lotabweichungen durchgeführt, die nur auf den Kontinenten gemessen werden können. Solche Beobachtungen liefern Ellipsoide, die sich in ihren Dimensionen und ihrer Lagerung der physikalisch definierten Erdoberfläche, dem Geoid, im jeweiligen Bereich der Landesvermessung optimal anpassen (bestanschließende Ellipsoide). Ein mittleres Ellipsoid und eine geozentrische Lagerung der Systeme ist damit nicht erreichbar, diese konnten erst mit Hilfe von Satellitenmessungen ermittelt werden.

4.1.2 Geodätisches Datum

Der räumliche Bezug eines Koordinatensystems zum Erdkörper wird durch das geodätische Datum (Torge 1975) hergestellt, wobei man für seine geometrische Definition im Wesentlichen über sechs Freiheitsgrade, drei Translationen und drei Rotationen, verfügen muss. Die heute verwendeten Landesvermessungen entstanden meist zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Zur Bestimmung des geodätischen Datums (Tab.4-3) wurden i.d.R. für den Fundamentalpunkt eines Netzes die Beziehungen zwischen seinen physikalisch bestimmten Koordinaten $P_0(\varphi_0, \lambda_0, h_0)$ und seinen geometrisch definierten Koordinaten $P_0(B_0, L_0, H_0)$, bezogen auf das gewählte Referenzellipsoid (a, b), festgelegt. Lage- und Höhe wurden getrennt betrachtet. Für die Lagenetze sind üblicherweise die Festlegungen $B_0 = \varphi_0$ und $L_0 = \lambda_0$ getroffen worden, d.h. die geodätischen Koordinaten (B_0, L_0) des Fundamentalpunktes wurden gleich seinen astrogeodätischen Koordinaten (φ_0, λ_0) gesetzt und damit die Lotabweichungen im Fundamentalpunkt $\xi_0 = \eta_0 = 0$.

Wenn die kleine Halbachse b des Rotationsellipsoids (a, b) parallel zur Erdachse steht, gelten folgende Beziehungen: $B_0 = \varphi_0 - \xi_0$ $L_0 = \lambda_0 - \eta_0 / \cos B_0$ $A_0 = a_0 - \eta_0' \tan B_0$ $h_0 = H_0 + N_0$	B_0, L_0	geodätische Koordinaten
	A_0	geodätisches Azimut
	φ_0, λ_0	Lotrichtung (astrogeod. Koord.)
	a_0	astronomisches Azimut
	ξ_0, η_0	Lotabweichungen
	H_0	Ellipsoidhöhe
	h_0	Meereshöhe
	N_0	Geoidundulation bezogen auf (a, b)

Tab.4-3: Geodätisches Datum

Durch diese Festlegungen fällt im Fundamentalpunkt die Ellipsoidnormale mit der Lotrichtung zusammen. Für die Orientierung der Lagenetze wurde das geodätische Azimut (A_0) gleich dem astronomischen Azimut (a_0) gesetzt, wodurch geometrisch gesehen die kleine Halbachse (b) des Rotationsellipsoids (a, b) näherungsweise parallel zur Erdachse gestellt wird. Als Bezugsfläche wurde im allgemeinen ein bestanschließendes Ellipsoid verwendet. Schließlich gilt für die ellipsoidische Höhe (H_0) des Fundamentalpunktes und seiner Meereshöhe (h_0) noch die Beziehung $h_0 = H_0 + N_0$, wobei die Geoidundulation (N_0) den Höhenunterschied zwischen dem Referenzellipsoid und Geoid angibt.

4.1.3 Geodätische Bezugssysteme

Die Abbildung der Erde erfolgt heute meist noch nach Lage (2d-Grundriss) und Höhe (1d-Relief) getrennt, die wichtigsten Gründe dafür sind:

- terrestrische Lage- und Höhenmessungen beruhen auf verschiedenen Messverfahren
- es werden unterschiedliche Referenzflächen verwendet, für die Lage ein Rotationsellipsoid, für die Höhe das Geoid oder Quasigeoid (Meereshöhen).

- in Abhängigkeit von der Anwendung wird der Lage- und Höheninformation eine unterschiedliche Bedeutung beigemessen, dies hat Auswirkungen auf die nötige Datendichte und die Aufnahme-genauigkeit
 - die vollständige 3d-Erfassung und Modellierung eines großen Gebietes ist sehr aufwendig
- Moderne Messverfahren (Satellitennavigation oder Fernerkundung) liefern zunehmend direkt 3d-Daten, so dass die dreidimensionale Modellierung von Geoobjekten immer mehr an Bedeutung gewinnt.

	Bezugssysteme	Datum und Bezugsfläche	Koordinatentyp	
Lage	Amtl. Bayer. GK-Koord.	DHDN, Rauenburg	Bessel	eben/konform
	Bayer. Soldner-Koord.	Frauenkirche München	Laplace, Kugel	sphärisch
	UTM	ED50	Hayford	eben/konform
	GPS-Koordinaten	WGS84/ETRS89	WGS84	3D kartesisch
	Amtl. „DDR“ GK-Koord.	S42/87	Krassowsky	eben/konform
Höhe	Meereshöhen	Pegel Amsterdam	Quasigeoid	Normal Höhe
	Ellipsoidhöhen	jeweiliges Referenzellipsoid		Lot auf Ellipsoid

Tab.4-4: Geodätische Bezugssysteme

Für die landesweite Realisierung eines geodätischen Bezugssystems (Tab.4-4) wurden Punktnetze verschiedener Ordnung gemessen, die hierarchisch aufgebaut sind. Die Netze sind soweit verdichtet worden, dass lokale Messungen einfach angeschlossen werden können. Für lokale Messungen sollen i.d.R. ebene Rechnungen möglich sein und nur geringe Reduktionen anfallen. Nach *Schnädelbach (1996)* gibt es zur Definition geodätischer Bezugssysteme die folgenden Möglichkeiten.

Dreidimensionale kartesische geozentrische Koordinatensysteme $P(X_g, Y_g, Z_g)$

Der Ursprung liegt im Massenmittelpunkt der Erde (g =Geozentrum), die Z_g -Achse geht in Richtung einer mittleren Rotationsachse der Erde, die X_g -Achse bildet die Schnittlinie eines Referenzmeridians mit dem Äquator. In solchen Systemen werden künstliche Erdsatelliten koordiniert, z.B. des GPS im WGS84. Es eignet sich schlecht für anschauliche Darstellungen von Vermessungsergebnissen und damit auch für Geoinformationssysteme.

Ellipsoidische Bezugssysteme

Die Erdoberfläche lässt sich in guter Näherung durch ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid (Abb.4-1) approximieren, dessen Bezug zum Erdkörper durch das geodätische Datum festgelegt wird. Damit entstehen mit dieser Fläche verbundene, also geometrisch definierte ellipsoidische Systeme. Die Koordinaten lassen sich je nach Erfordernis in verschiedenen Formen darstellen. Folgende Darstellungsformen sind möglich:

Dreidimensionale kartesische Koordinaten

$P(X, Y, Z)$: Der Ursprung liegt im Mittelpunkt des Ellipsoids, die Z -Achse ist identisch mit der Rotationsachse, die X -Achse wird von der Schnittlinie eines Referenzmeridians mit dem Äquator gebildet. Diese Systeme eignen sich ebenfalls schlecht für anschauliche Darstellungen von Vermessungsergebnissen und damit auch für GIS, sind aber wichtig für die Transformation zwischen verschiedenen Referenzsystemen.

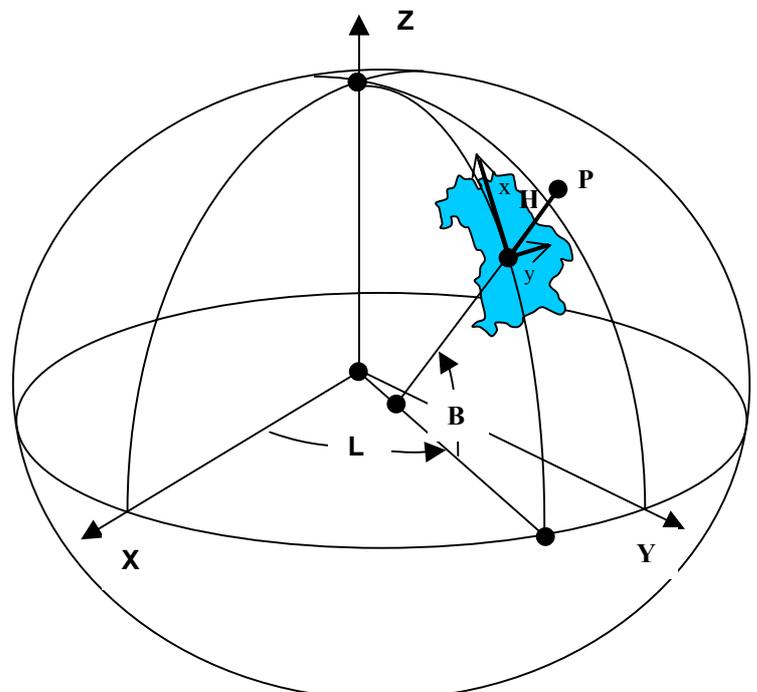


Abb.4-1: Ellipsoidische Bezugssysteme

Geodätische Koordinaten P(B,L,H): Von Vorteil ist bei diesen Systemen der enge Bezug zur Lotrichtung und damit zu den Begriffen „Höhe“ und „Grundriss“ sowie die Möglichkeit der einheitlichen Koordinierung auch der großräumigsten Projekte. Vermessungsarbeiten können gut dargestellt werden, nachteilig sind die schwierigen Berechnungen bei großmaßstäblichen Arbeiten, da keine ebene Trigonometrie verwendet werden kann. Sie eignen sich nicht für normale GIS-Anwendungen.

Projektionskoordinaten P(x,y): Mit diesen Koordinaten werden Teile der Ellipsoidoberfläche durch kartesische Koordinaten beschrieben, so dass bei allen Folgearbeiten die ebene Trigonometrie verwendet werden kann. Das System wird in der dritten Dimension durch Ellipsoid- oder Meereshöhen ergänzt. Nachteilig ist wegen der auftretenden Verzerrungen die begrenzte Größe des Anwendungsgebietes. Die Verzerrungen können jedoch mit entsprechenden Korrekturgliedern je nach Genauigkeitsansprüchen ermittelt werden. Die Anwendung solcher Systeme ist die Regel für lokale Vermessungen und GIS. Wichtige Beispiele für solche Projektionskoordinaten sind Gauß-Krüger-Koordinaten (eben, konform) oder Soldnerkoordinaten (rechtwinklig-ellipsoidisch oder rechtwinklig-sphärisch).

Gebrauchskordinaten P(RW,HW): Um die Anwendung von Projektionskoordinaten zu vereinfachen, kann man sie zu sogenannten Gebrauchskordinaten modifizieren. Dabei werden zum Beispiel Konstanten addiert, damit keine negativen Koordinatenwerte entstehen oder ein mittlerer Maßstab eingeführt, um die Beträge der Verzerrungen zu verringern. So sind z.B. Gauß-Krüger- und UTM-Koordinaten von der Projektion her ebene konforme Koordinaten, die jedoch aus pragmatischen Gründen unterschiedlich zu Gebrauchskordinaten modifiziert werden.

4.1.4 Amtliches Koordinatensystem in Bayern

Die wichtigste Projektion im Deutschen Vermessungswesen ist die ebene konforme Abbildung nach C. F. Gauß. Diese Abbildung hat Gauß im Rahmen der Hannoverschen Landesvermessung zwischen 1820 und 1830 entwickelt. Das Verfahren wurde später von Krüger überarbeitet und dokumentiert und wird deshalb als Gauß-Krüger-Abbildung bezeichnet. Sie liegt dem amtlichen Bayerischen Koordinatensystem zugrunde und wird auch als Projektion für die großmaßstäblichen topographischen Karten verwendet. Bei der Gauß-Krüger-Abbildung werden die geodätischen Koordinaten (B,L) auf einem Ellipsoid konform (winkeltreu im Differenziellen) in ein ebenes kartesisches Koordinatensystem (x,y) abgebildet, wobei nach *Schnädelbach 1996*:

- der Schnittpunkt des durch das abzubildende Gebiet verlaufenden Bezugsmeridians (Hauptmeridian) mit dem Äquator die ebenen Koordinaten $(x,y)=(0,0)$ erhält
- das Bild des Hauptmeridians eine Gerade ergibt, die die Abszissenachse (x) des Systems bildet (gegenseitige Festlegung der Orientierung der beiden Koordinatensysteme)
- die Länge auf der Abszissenachse zum entsprechenden Bogen des Hauptmeridians in einem konstanten Verhältnis steht (gegenseitige Festlegung des Maßstabes)

$$\text{Konforme Abbildung: } \mathbf{x} + i\mathbf{y} = F(\mathbf{q} + i\mathbf{l}) \quad \text{mit} \quad F'(\mathbf{q} + i\mathbf{l}) = \frac{\partial \mathbf{y}}{\partial \mathbf{l}} - i \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \mathbf{l}}$$

q	isometrische Breite = $\text{artanh}(\sin B) - e \text{artanh}(e \sin B)$
$l = L - L_0$	Längenunterschied zum Hauptmeridian (L_0)
B, L	geodätische Breite und Länge

Diese Funktion kann geschlossen nur mit einem elliptischen Integral dargestellt werden, deshalb müssen für die Abbildungsgleichungen Reihenentwicklungen verwendet werden. Wird die Funktion mit einer Taylorreihe in einem Punkt auf dem Hauptmeridian entwickelt, sind die Ableitungen nicht mehr von l abhängig und es ergeben sich Reihen der folgenden Form:

$$\mathbf{x} + i\mathbf{y} = F(\mathbf{q}) + F'(\mathbf{q})(i\mathbf{l}) + \frac{1}{2}F''(\mathbf{q})(i\mathbf{l})^2 + \frac{1}{6}F'''(\mathbf{q})(i\mathbf{l})^3 + \dots$$

Nach der Zerlegung der komplexen Reihe in Real- und Imaginärteil erhält man die gebräuchlichen Abbildungsgleichungen für die konforme Abbildung (Ableitungen siehe z.B. *Schnädelbach 1996*, *Großmann 1975*). Die Abbildungsgleichungen nach Schnädelbach werden unten angegeben.

Durch die Abbildung des Ellipsoids in die Ebene ergeben sich Verzerrungen, die sich auf Längen, Flächen und Richtungen auswirken. Die Richtungsverzerrung ist bei der Gauß-Krüger-Abbildung wegen der Konformität so geringfügig, dass sie in der Praxis fast immer vernachlässigt werden kann. Die Verzerrungen von Längen und Flächen können mittels Reduktionsformeln berechnet werden.

Die Längenreduktion zwischen gemessener Strecke S und aus Koordinaten gerechneter Strecke s

beträgt näherungsweise:
$$\Delta S = s - S = \frac{y_m^2}{2R_m^2} S$$

Die Flächenreduktion zwischen Feldfläche F und aus Koordinaten gerechneter Fläche f

beträgt näherungsweise:
$$\Delta F = f - F = \frac{y_m^2}{R_m^2} F$$

Wegen der stark zunehmenden Längenverzerrung mit wachsendem Abstand (y) vom Hauptmeridian werden Gauß-Krüger-Meridianstreifensysteme von je 3° Längenunterschied gebildet. In Bayern wird jedoch seit Einführung der Basisgeoinformationssysteme der Vermessungsverwaltung das gesamte Staatsgebiet einheitlich im 4. Meridianstreifen (Hauptmeridian: $L_0=12^\circ$ -Ost) abgebildet.

Der Abstand (y) vom Hauptmeridian beträgt in Bayern maximal etwa 220 km. Bei $y=200$ km und $R=6370$ km ergibt sich ein Wert $\Delta S \sim 0.5$ m für eine Strecke von 1 km und $\Delta F \sim 0.1$ ha für eine Fläche von 1 km^2 (100 ha). Diese Beträge können in topographische Geoinformationssystemen vernachlässigt werden.

4.2 Koordinatenumformung in ellipsoidischen Bezugssystemen

Innerhalb desselben ellipsoidischen Bezugssystems lassen sich je nach Erfordernis die Koordinaten in den oben genannten, verschiedenen Formen darstellen, wobei die **strenge Umformung** einer Darstellung in die andere möglich ist. So werden zum Beispiel in GIS und für lokale Vermessungen ebene Projektionskoordinaten bevorzugt, die Blattsschnitte der Topographischen Karten sind mit geographischen Koordinaten festgelegt, für den räumlichen Übergang zwischen verschiedenen Referenzsystemen werden dreidimensionale kartesische Koordinaten benötigt.

4.2.1 Dreidimensionale Kartesische Koordinaten in geodätische Koordinaten

$$P(B, L, H) = {}^G \tilde{U}_E^K P(X, Y, Z)$$

$$\tan L = \frac{Y}{X}$$

Iteration :

$$\tan B_{i+1} = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \times \frac{N_i + H_i}{(1 - e^2)N_i + H_i}$$

$$N_{i+1} = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_{i+1}}}$$

$$H_{i+1} = \frac{Z}{\sin B_{i+1} - (1 - e^2)N_{i+1}}$$

Startwerte: $N_0 = a$ $H_0 = 0$

Abbruch: $|dB| = |B_{i+1} - B_i| < 0.05 \cdot 10^{-6}$

$$P(X, Y, Z) = {}^K \tilde{U}_E^P P(B, L, H)$$

$$X = (N + H) \cos B \cos L$$

$$Y = (N + H) \cos B \sin L$$

$$Z = ((1 - e^2)N + H) \sin B$$

mit

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Formeln nach Schnädelbach (1996)

4.2.2 Geodätische Koordinaten in GK-Projektionskoordinaten

Berechnungen auf dem Ellipsoid führen auf elliptische Integrale, deren analytische Lösung nicht möglich ist, daher sind Reihenentwicklungen erforderlich. Es sind verschiedene Algorithmen für die Umformung von ebenen konformen Koordinaten in geodätische Koordinaten hergeleitet worden, hier werden die kompakten Formeln von *Schnädelbach (1996)* angegeben, die für topographische Genauigkeiten eine quasi strenge Darstellung ermöglichen.

$$P(x, y) = {}^p \tilde{U}_{L_0}^G P(B, L)$$

$$\tan B_f = \frac{\tan B}{\cos(l \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B})} \quad \text{mit } l = L - L_0$$

$$x = G(B_f) = \frac{a}{1+n} \left[\left(1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64} \right) \frac{B_f}{\rho} - \frac{3n}{2} \left(1 - \frac{n^2}{8} \right) \sin 2B_f + \frac{15n^2}{16} \left(1 - \frac{n^2}{4} \right) \sin 4B_f - \dots \right]$$

$$y = c \operatorname{arsinh} \left(\frac{\tan l \cos B_f}{\sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B_f}} \right) \quad \text{mit } n = \frac{a-b}{a+b}; \quad e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}; \quad \rho = \frac{180}{\pi}$$

$$P(B, L) = {}^g \tilde{U}_{L_0}^P P(x, y)$$

$$\bar{B}' = \frac{1+n}{a \left(1 + \frac{1}{4} n^2 + \frac{1}{64} n^4 \right)} x \quad \text{mit } n = \frac{a-b}{a+b}$$

$$\bar{B}_f = \bar{B}' + \frac{3}{2} n \left(1 - \frac{9}{16} n^2 \right) \sin 2\bar{B}' + \frac{1}{16} n^2 \left(21 - \frac{55}{2} n^2 \right) \sin 4\bar{B}' + \dots \quad \text{mit } B_f = \rho \bar{B}_f$$

$$\tan l = \sinh \left(\frac{y}{c} \right) \frac{\sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B_f}}{\cos B_f} \quad L = L_0 + l$$

$$\tan B = \tan B_f \cos(l \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B})$$

4.2.3 GK-Projektionskoordinaten in Gebrauchskordinaten

$$P(RW, HW) = {}^A \tilde{U}^P P(x, y)$$

$$RW = m_0 y + 500000 + 10^6 k$$

$$HW = m_0 x$$

	GK	UTM
Bezeichnung	RW, HW	EW, NW
m_0	1	0.9996
b_0	3	6
L_0	3/6/9/12/15	3/9/15/21
k_0	0	183

$$P(x, y) = {}^p \tilde{U}^A P(RW, HW)$$

$$y = (RW - 500000 - 10^6 k) / m_0$$

$$x = HW / m_0$$

$$\text{mit } k = \operatorname{int}(L_0 + k_0) / b_0$$

x, y	ebene konforme Koordinaten
RW, HW	GK-Gebrauchskordinaten
m_0	Maßstabsfaktor
k	Kennzahl für Meridianstreifen
b_0	Breite eines Meridianstreifens
L_0	Hauptmeridian
k_0	Konstante für Streifenanzahl

4.3 Transformationen zwischen verschiedenen Bezugssystemen

Zwischen den Koordinaten eines Punktes in verschiedenen Bezugssystemen (z.B. GK und UTM) bestehen **keine strengen Beziehungen**, da den Koordinaten i.d.R. unterschiedliche Datumsfestlegungen und geodätischen Berechnungsgänge sowie unabhängige Beobachtungen zugrunde liegen. Die geometrischen Beziehungen zwischen den Koordinaten in Quell- und Zielsystem müssen daher empirisch ermittelt werden. Sie werden durch Transformationsgleichungen beschrieben, in denen die gesuchten Koordinaten des Zielsystems als Funktion der gegebenen Koordinaten des Quellsystems mit den zu bestimmenden Parametern dargestellt werden. Das Modell der Transformation muss im Transformationsgebiet die geometrischen Beziehungen zwischen den beiden Systemen möglichst gut repräsentieren. Für solche Transformationen wird hier der Begriff **Datumsübergang** eingeführt, da primär der Wechsel des Bezugssystems erfolgt. Einflüsse der unterschiedlichen Datumsfestlegungen und von Netzverzerrungen können dabei jedoch nicht getrennt werden. Für die Datumsübergänge ist daher zu empfehlen, bekannte Einflüsse von Netzverzerrungen, z.B. durch die Projektion, vor Ermittlung der Transformationsparameter zu beseitigen. Netzverzerrungen aufgrund unterschiedlicher Messgenauigkeit und Messfehlern zeigen sich als Restklaffungen (Widersprüche) in den Passpunkten. Diese Restklaffungen können bei Bedarf mit Interpolationsansätzen weiterverarbeitet werden, man spricht dann von einer Homogenisierung der Koordinaten.

Für die Ermittlung der Transformationsparameter sind Punkte erforderlich, deren Koordinaten im Quell- und Zielsystem bekannt sind, sogenannte homologe Punkte oder Passpunkte. Die Anzahl und Verteilung der Passpunkte muss ausreichen, um mindestens die Parameter (Geometrische Freiheitsgrade der Transformation) zu bestimmen, aus Gründen der Genauigkeit und Zuverlässigkeit sind jedoch redundante Punkte zu empfehlen. In der Geodäsie wird meist die Methode der kleinsten Quadrate verwendet, um aus den Koordinaten identischer Punkte eines Punkthaufens die Transformationsparameter zu schätzen. Es gibt dann genau eine Lösung, bei gleicher Punktzahl und gleichem Transformationsansatz, mit der die Punkte von einem Bezugssystem in ein anderes abgebildet werden können (Wirth 1990). Aus geodätischer Sicht werden an die gewählte Transformation Mindestanforderungen gestellt, die Abbildung soll geraden-, parallelen- und verhältnistreu sein. Je nach Erfordernis werden weitere geometrische Einschränkungen wie ein einheitlicher Maßstab oder die lineare Konformität eingeführt.

4.3.1 Dreidimensionaler Datumsübergang nach Helmert

Die gebräuchlichste Form für den Datumsübergang ist die räumliche Helmerttransformation, sie ermöglicht die winkeltreue Abbildung von einem orthogonalen Referenzsystem in ein anderes. Die Koordinaten des Ausgangssystems werden dazu in rechtwinklig kartesische Koordinaten umgeformt. Zur Ermittlung der rechtwinklig kartesischen Koordinaten im Zielsystem wird dann eine räumliche Ähnlichkeitstransformation mit kleinen Winkeln und einer Skalierung, die nahe beim Wert 1 liegt, durchgeführt.

$$P(X, Y, Z)_{Dn} = \mathbf{DS}_{Da}^{Dn} P(X, Y, Z)_{Da}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{Dn} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{Da} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mu & rz & -ry \\ -rz & \mu & rx \\ ry & -rx & \mu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{Da}$$

Formeln nach Schnädelbach (1996)

Woraus sich unter Vernachlässigung von Produkten kleiner Größen ergibt:

Referenzsystem		Translationen (m)			Maßstab	Rotationen (rad)		
von	nach	Δx	Δy	Δz	$10^{-6} \mu$	$10^{-6} rx$	$10^{-6} ry$	$10^{-6} rz$
DHDN	WGS84	600.0	76.0	424.0	5.80	-4.50	-1.20	8.10
DHDN	ED50	704.1	182.2	567.6	0.00	-2.53	-0.67	12.30
ED50	WGS84	-74.8	-91.5	-108.6	-1.91	0.0	0.39	0.89
WGS84	DHDN	-600.0	-76.0	-424.0	-5.80	4.50	1.20	-8.10

Tab.4-5: Transformationsparameter für Datumsübergänge

Diese Datumstransformation wird als Datumsübergang nach Helmert („Datums-Shift“) bezeichnet. Für viele Übergänge zwischen Referenzsystemen sind Parametersätze (Tab.4-5) verfügbar, die bayernweit eine Transformationsgenauigkeit von einigen Metern liefern. Meist reicht für kartographische Anforderungen die damit erzielbare Genauigkeit aus. Falls eine höhere Genauigkeit erforderlich ist, müssen die Transformationsparameter aus homologen Punkten für das Projektgebiet bestimmt werden.

Bestimmung der Transformationsparameter für den Datumsübergang

Falls genauere Transformationsparameter für ein Projektgebiet benötigt werden, können sie aus Punkten, deren Lagekoordinaten und Höhen in beiden Systemen bekannt sind, geschätzt werden. Für die Koordinaten eines jeden Passpunktes lassen sich 3 Gleichungen für die Datumstransformation anschreiben. Zur Bestimmung der sieben unbekanntenen Transformationsparameter werden mindestens 7 Koordinatenpaare von 3 Passpunkten benötigt, i.d.R. wird man jedoch mehr als 3 Passpunkte verwenden, die möglichst gleichmäßig über das Gebiet verteilt sind, um eine zuverlässigere Schätzung der Transformationsparameter zu erhalten. Die drei Translationen, drei kleinen Rotationen und der Maßstabsfaktor nahe beim Wert 1 ergeben sich dann durch eine vermittelnde Ausgleichung. Für die Ausgleichung werden Verbesserungsgleichungen der nachfolgenden Form für alle Koordinaten der Passpunkte aufgestellt. Alle Gleichungen zusammen ergeben ein lineares Gleichungssystem, das überbestimmt ist. Bei einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate wird das inhomogene Gleichungssystem unter der Nebenbedingung [vv]=min aufgelöst.

Formeln nach Wirth (1990)

Verbesserungsgleichungen für die Koordinaten eines Punktes:

Schreibt man alle Verbesserungsgleichungen für die Koordinaten der Passpunkte als lineares Gleichungssystem in Matrixform ergibt sich:

$$\mathbf{v} = \mathbf{A} \Delta \mathbf{P}_{Ds} - \mathbf{l}$$

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -Z & Y & 1 & 0 & 0 & X \\ Z & 0 & -X & 0 & 1 & 0 & Y \\ -Y & X & 0 & 0 & 0 & 1 & Z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} rx \\ ry \\ rz \\ \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X - X_s \\ Y - Y_s \\ Z - Z_s \end{bmatrix}$$

Reduziert man in beiden Systemen die Koordinaten der n Passpunkte auf ihren Schwerpunkt, dies entspricht der Einführung eines Translationsvektors $\Delta \mathbf{T}_s$, so vereinfacht sich die Auflösung des linearen Gleichungssystems und man erhält Rotationen, die nicht mit den Translation korreliert sind.

Reduktion der Koordinaten auf ihren Schwerpunkt

Da	Dn	$\Delta \mathbf{T}_s$
$x_i = X_i - X_s$ mit $X_s = [X_i]/n$	$x_i = X_i - X_s$ mit $X_s = [X_i]/n$	$X_s - X_s$
$y_i = Y_i - Y_s$ mit $Y_s = [Y_i]/n$	$y_i = Y_i - Y_s$ mit $Y_s = [Y_i]/n$	$Y_s - Y_s$
$z_i = Z_i - Z_s$ mit $Z_s = [Z_i]/n$	$z_i = Z_i - Z_s$ mit $Z_s = [Z_i]/n$	$Z_s - Z_s$

Nach der Methode der kleinsten Quadrate ergeben sich dann die Erwartungswerte für die Unbekannten Transformationsparameter durch Auflösung des linearen Gleichungssystems

$$\Delta \mathbf{P}_{Ds} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{l}_s$$

Wobei die inverse Matrix $(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1}$, in der Schreibweise mit dem Gauß'schen Summenzeichen [..], nach folgendem Schema berechnet werden kann:

$$\begin{bmatrix} ([xx+zz][xx+yy]-[yz]^2)/D & ([xz][yz]+[xy][xx+yy])/D & ([xy][yz]+[xz][xx+zz])/D & 0 & 0 & 0 & 0 \\ ([xz][yz]+[xy][xx+yy])/D & ([yy+zz][xx+yy]-[xz]^2)/D & ([xy][xz]+[yz][yy+zz])/D & 0 & 0 & 0 & 0 \\ ([xy][yz]+[xz][xx+zz])/D & ([xy][xz]+[yz][yy+zz])/D & ([yy+zz][xx+zz]-[xy]^2)/D & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/n & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/[xx+yy+zz] \end{bmatrix}$$

Determinante D der 3x3-Submatrix mit den Rotationen ergibt sich aus:

$$D = [yy+zz][xx+zz][xx+yy] - 2[xy][xz][yz] - [xz][xz][xx+zz] - [yz][yz][yy+zz] - [xy][xy][xx+yy]$$

An den Translationen ist noch die Korrektur ΔT_s wegen der Einführung von Schwerpunktskoordinaten anzubringen. Die Punkte können dann unter Verwendung der ermittelten Transformationsparameter in das Zielsystem überführt werden. Nach dieser Methode lassen sich jedoch nur für größere Gebiete, in denen ausreichend homologe Punkte mit räumlichen Koordinaten vorliegen, alle Transformationsparameter signifikant ermitteln. Für kleine Gebiete können die Rotationen und der Maßstab nicht unabhängig bestimmt werden, da sie sich wegen der großen Distanz zum Koordinatenursprung wie Translationen auswirken.

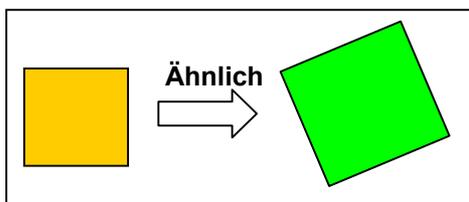
4.3.2 Zweidimensionaler Datumsübergang mit Projektionskoordinaten

Der Datumsübergang nach Helmert, auf der Ebene 3-dimensionaler kartesischer Koordinaten mit den oben (Tab.4-5) angegebenen „grobe“ Transformationsparametern reicht in der Regel für topographische Genauigkeiten aus. Erfahrungsgemäß ergeben sich landesweit, unter Einführung einer mittleren Höhe, Transformationsfehler im Bereich einiger Meter. Bei höheren Genauigkeitsansprüchen, wird wegen der unterschiedlichen Bedeutung von Lage und Höhe und den meist fehlenden Punkthöhen der zweidimensionale Datumsübergang mit Projektionskoordinaten verwendet. Die Güte des Ergebnisses hängt dabei von der Verteilung der Passpunkte und der Genauigkeit ihrer Koordinaten in beiden Bezugssystemen ab. Die gewählte Transformation soll den geometrischen Beziehungen der Koordinatensysteme im Transformationsgebiet (Projektgebiet) möglichst gut entsprechen, d.h. sowohl die Verwendung zu weniger, als auch zu vieler Parameter (Überparametrisierung) wirken sich ungünstig auf das Ergebnis aus. Bei den verhältnismäßig geringen Genauigkeitsanforderungen in topographischen GIS kann die Zuordnung einer Transformation aufgrund ihrer bekannten geometrischen Eigenschaften getroffen werden. Bei höheren Anforderungen sollte zusätzlich das Transformationsmodell durch geeignete Signifikanztests für die ermittelten Parameter überprüft werden.

In Abhängigkeit von den geometrischen Eigenschaften der Projektionskoordinaten werden im FORST-GIS zwei verschiedene Transformationen verwendet. Für den Übergang zwischen ebenen konformen Systemen (z.B. UTM/GK) wird die Ähnlichkeitstransformation eingesetzt, für den Übergang zwischen Systemen, die in keiner konformen Beziehung stehen (z.B. Soldner/GK) wird die Affintransformation verwendet (*Formeln nach Albertz/Kreiling 1980*). Bei der Transformation von digitalisierten Koordinaten (Bildkoordinaten) in das Raumbezugssystem wird die Wahl der Transformationsart durch Vergleich des Punktfehlers aus Ähnlichkeits- und Affintransformation getroffen (siehe 5.3.1).

Transformation ebener, konformer Lagekoordinaten

Für die Transformation ebener konformer Lagekoordinaten wird im FORST-GIS die Ähnlichkeitstransformation eingesetzt. Die Ähnlichkeitstransformation bewirkt eine linear-konforme Abbildung der Koordinaten eines Punkthaufens von einem System auf das andere. Für die eindeutige Bestimmung der vier Transformationsparameter reichen die Koordinaten von zwei identischen Punkten aus. Zur Steigerung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit empfiehlt sich jedoch die Verwendung von zusätzlichen Passpunkten; man spricht dann von einer Helmerttransformation.



$$P(X,Y)_{Dn} = \mathbf{HT}_{Da}^{Dn} P(X,Y)_{Da}$$

$$X = a_0 + a_1 X - b_1 Y$$

$$Y = b_0 + b_1 X + a_1 Y$$

Eigenschaften der Ähnlichkeitstransformation:

- 4 Geometrische Freiheitsgrade: 2 Translationen, 1 Rotation, 1 Maßstab
- Linear konforme (winkeltreue) Abbildung; orthogonaler Übergang
- Umformungskante (2 Punkte)
- Rotation ist der Richtungswinkel der x-Achse des Ausgangssystems im Zielsystem

Transformationsparameter für die Helmertransformation:

Die vier Parameter können für einen Punkthaufen mit $n \geq 2$ Passpunkten unter Verwendung von Schwerpunktskoordinaten aus folgenden Beziehungen ermittelt werden:

Parameter Helmertransformation P_{HT}

$$a_1 = \frac{[xx] + [yy]}{[xx] + [yy]} \quad b_1 = \frac{[xy] - [yx]}{[xx] + [yy]}$$

$$a_0 = X_s - a_1 X_s + b_1 Y_s \quad b_0 = Y_s - b_1 X_s - a_1 Y_s$$

Da

$$x_i = X_i - X_s \text{ mit } X_s = [X_i]/n$$

$$y_i = Y_i - Y_s \text{ mit } Y_s = [Y_i]/n$$

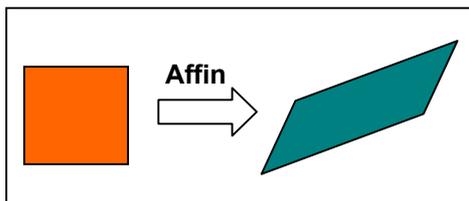
Dn

$$x_i = X_i - X_s \text{ mit } X_s = [X_i]/n$$

$$y_i = Y_i - Y_s \text{ mit } Y_s = [Y_i]/n$$

Transformation ungleichartiger Lagekoordinaten

Liegen zwischen zwei Systemen keine konformen Beziehungen vor, oder handelt es sich um ungleichartige Lagekoordinaten wird im FORST-GIS die Affintransformation für den Datumsübergang eingesetzt. Der wichtigste Anwendungsfall ist die Transformation von Soldnerkoordinaten in das amtliche Gauß-Krüger-System, d.h. die Ermittlung ebener konformer Koordinaten aus sphärischen Soldnerkoordinaten.



$$P(X, Y)_{Dn} = \mathbf{A} \mathbf{T}_{Da} P(X, Y)_{Da}$$

$$X = a_0 + a_1 X + a_2 Y$$

$$Y = b_0 + b_1 X + b_2 Y$$

Eigenschaften der Affintransformation:

- 6 Geometrische Freiheitsgrade: 2 Translationen, 2 Rotationen (Drehung, Scherung), 2 Maßstäbe
- Invarianten: Geraden-, Parallelen- und Verhältnistreue
- nicht konform, Winkel werden verzerrt
- Umformungsmasche (3 Punkte, nicht kollinear)
- Maßstab einer Linie ist von ihrer Orientierung abhängig
- Rechts-/Links-Koordinatensysteme können ineinander überführt werden

Transformationsparameter für die Affintransformation:

Die sechs Parameter können für einen Punkthaufen mit $n \geq 3$ Passpunkten, die nicht auf einer Geraden liegen, unter Verwendung von Schwerpunktskoordinaten aus folgenden Beziehungen ermittelt werden:

Parameter Affintransformation P_{AT}

$$a_1 = \frac{[yy][xx] - [xy][yx]}{[xx][yy] - [xy][xy]} \quad b_1 = \frac{[yy][xy] - [xy][yy]}{[xx][yy] - [xy][xy]}$$

$$a_2 = \frac{[xx][yx] - [xy][xx]}{[xx][yy] - [xy][xy]} \quad b_2 = \frac{[xx][yy] - [xy][xy]}{[xx][yy] - [xy][xy]}$$

$$a_0 = X_s - a_1 X_s - a_2 Y_s \quad b_0 = Y_s - b_1 X_s - b_2 Y_s$$

Da

$$x_i = X_i - X_s \text{ mit } X_s = [X_i]/n$$

$$y_i = Y_i - Y_s \text{ mit } Y_s = [Y_i]/n$$

Dn

$$x_i = X_i - X_s \text{ mit } X_s = [X_i]/n$$

$$y_i = Y_i - Y_s \text{ mit } Y_s = [Y_i]/n$$

Die Affintransformation ist die allgemeinste, lineare Abbildung für ebene Koordinaten. Sie kann auch dann eingesetzt werden, wenn nicht ebene Koordinaten vorliegen (z.B. sphärische Soldnerkoordinaten), die in einem hinreichend kleinen Gebiet näherungsweise wie ebene Koordinaten behandelt werden können. Für topographische Genauigkeiten ist dies im Bereich eines Forstamtes möglich (siehe *Blachnitzky 1987*).

4.3.3 Interpolation von Restklaffungen

Beim Einsatz überbestimmter Koordinatentransformationen zeigen sich lokale Spannungen und Messfehler in den Widersprüchen zwischen den transformierten Koordinaten und den Sollkoordinaten der Passpunkte. Diese Widersprüche werden als Restklaffungen bezeichnet.

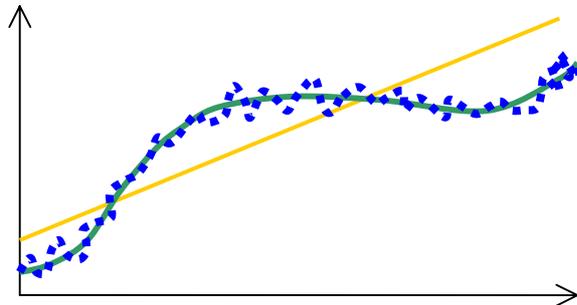


Abb.4-2: Restklaffungen

Die Restklaffungen in den identischen Punkten sind die Grundlage („Signale“) für eine flächenhafte lokale Anpassung der Geometrien.

Restklaffungen können enthalten:

- Trend: Transformation in das Bezugssystem geometrisch unzureichend parametrisiert
- Signal: Lokale Verzerrungen durch Spannungen im Aufnahmenetz
- Rauschen: Zufällige Messfehler

$$r_i = P(x,y)_i^Z - P(x,y)_i^Q = (\Delta x, \Delta y)_i$$

Falls die klaffungsfreie Einpassung eines Punkthaufens gefordert wird, müssen die Restklaffungen (Abb.4-2) durch Interpolation auf alle Punkte verteilt werden, wobei die Nachbarschaft erhalten bleiben soll. Man interpoliert unter der Hypothese „benachbarte Punkte verhalten sich ähnlich“. Ein wichtiger Anwendungsfall ist z. B. die nachbarschaftstreue Einpassung von Punkthaufen, deren Koordinaten mittels GPS im WGS84 bestimmt wurden, in das Bezugssystem des FORST-GIS, d.h. in GK-Koordinaten im DHDN. Durch die Interpolation wird der Punkthaufen geometrisch verzerrt, die lineare Konformität („Ähnlichkeit im Großen“) wird gestört. Im FORST-GIS wird jedoch die Forderung gestellt, dass bei der Interpolation zu mindest die Konformität („Ähnlichkeit im Kleinen“) erhalten bleiben soll. Die Verteilung der Restklaffungen erfolgt deshalb nach dem von *Lenzmann/Haase (1996)* vorgeschlagenen Verfahren mittels streckengewichteter Interpolation mit dem Gewicht $1/s^2$. Sie zeigten auf, dass durch dieses Vorgehen die Konformität im Sinne der Gauß'schen Abbildung erhalten bleibt, falls die Restklaffungen keine zu großen Werte annehmen, was in der Praxis, nach dem Eliminieren grober Fehler in den Passpunkten, immer der Fall sein wird. Kleine Störungen geometrischer Invarianten (lineare Konformität) können in einem GIS mit natürlichen Objekten i.d.R. vernachlässigt werden, da es bei natürlich abgegrenzten Flächen keine Geraden, Parallelen oder rechte Winkel in den Konturen gibt.

Dieses Vorgehen bezeichnet man als Homogenisierung, wobei der Kerngedanke der Homogenisierung die nachbarschaftstreue Interpolation von Massepunkten auf Basis der Restklaffungen in den identischen Punkten ist. Die Nachbarschaft wird dabei durch den gewählten Gewichtsansatz (Abb.4-3) beschrieben. Die Massepunkte werden durch eine verkettete Transformation und Interpolation vom Quellsystem ins Zielsystem überführt.

$$M(x,y)^Z = I(\Delta x, \Delta y)_i | T(a_f) M(x,y)^Q$$

Im FORST-GIS wird folgende Strategie für die klaffungsfreie Einpassung eines Punkthaufens in das konforme Bezugssystem festgelegt: Helmertransformierung mit anschließender Interpolation der Restklaffungen mit $p=s^{-2}$ als Gewicht. Die streckengewichtete Interpolation ist das allgemeine arithmetische Mittel der Restklaffungen mit Abstandsgewichten, sie wird auch als Korrelationsverfahren bezeichnet.

$$r_m = [p_i r_i] / [p_i] \quad \text{wobei} \quad p_i = s^{-2} = 1/s^2 \Rightarrow r_m = [rs^{-2}] / [s^{-2}]$$

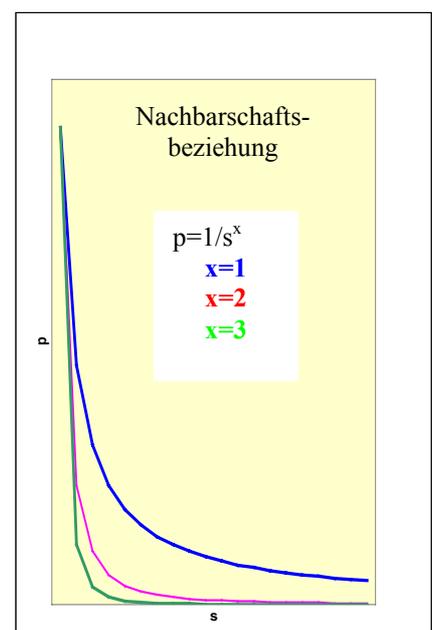


Abb.4-3: Streckengewicht

4.3.4 Meereshöhen und ellipsoidische Höhen

Die AdV hat bei ihrer 93. Tagung 1993 beschlossen, dass das amtliche Höhensystem (DHHN) der Bundesrepublik Deutschland von den bisher verwendeten orthonormalen Höhen (sphäroidische Höhen) auf Normalhöhen umgestellt werden soll, das neue System erhielt die Bezeichnung DHHN 92 (Deutsches Haupthöhennetz 92). Der Niveauunterschied zwischen den alten und den neuen Höhen beträgt ca. 12 cm. Normalhöhen werden unter der Einbeziehung von Schweremessungen und eines definierten Normalschwerefeldes abgeleitet. Wegen des Unterschieds zwischen dem tatsächlichen Schwerefeld und dem Normalschwerefeld beziehen sich die Normalhöhen nicht auf das Geoid, sondern auf eine Fläche, die man als Quasigeoid bezeichnet. Das Quasigeoid hat keine physikalische Bedeutung, es entsteht, wenn man für alle Punkte ihre Normalhöhen auf ihren Lotlinien entlang nach unten abträgt. Die Undulationen des Quasigeoids werden als Höhenanomalien (ξ) bezeichnet.

Die Unterschiede zwischen den verschiedenen physikalisch definierten metrischen Höhen: Normalhöhen, Orthonormalhöhen und orthonometrischen Höhen (siehe z.B. *Weber 1994*) sind im Flachland sehr gering und bewegen sich im Hochgebirge in der Größenordnung von einigen Dezimetern. Für topographische Anwendungen kann man auf die Unterscheidung der exakten Höhendefinitionen verzichten, diese Höhen werden nachfolgend allgemein als **Meereshöhen** bezeichnet.

Im FORST-GIS werden auch Gebiete in Österreich verwaltet (Forstamt St. Martin) sowie grenzüberschreitende Projekte durchgeführt (z.B. Nationalpark Bayer. Wald). Die auftretenden Klaffungen zu den Höhensystemen der bayerischen Nachbarländer, die durch unterschiedliche Höhendefinitionen und Bezugspegel verursacht werden, bewegen sich im Bereich von 1 bis 2 Dezimetern, sie können i.d.R. ebenfalls vernachlässigt werden.

Ellipsoidische Höhen sind geometrisch definiert, als Länge des Lotes durch den Messpunkt auf das Referenzellipsoid. Der Unterschied zwischen den physikalisch definierten Meereshöhen (h) und den geometrischen Ellipsoidhöhen (H), wie sie sich z.B. aus GPS-Messungen ergeben, beträgt mehrere Meter (*Abb.4-4*). Diese Reduktion muss beim Wechsel der Höhendefinition im FORST-GIS berücksichtigt werden. Dazu ist die Höhenanomalie (ξ) bezogen auf das jeweilige Referenzellipsoid erforderlich. Die Höhenanomalie ist der Höhenunterschied zwischen dem Quasigeoid und dem Ellipsoid, sie hängt von der Dimension und der Lagerung des Referenzellipsoids ab.

$$P(\mathbf{h})_{Dn} = \mathbf{N} \mathbf{T}_E P(\mathbf{H})_{Da}$$

$$\mathbf{h}_{Dn} = \mathbf{H}_{Da} + \xi_E$$

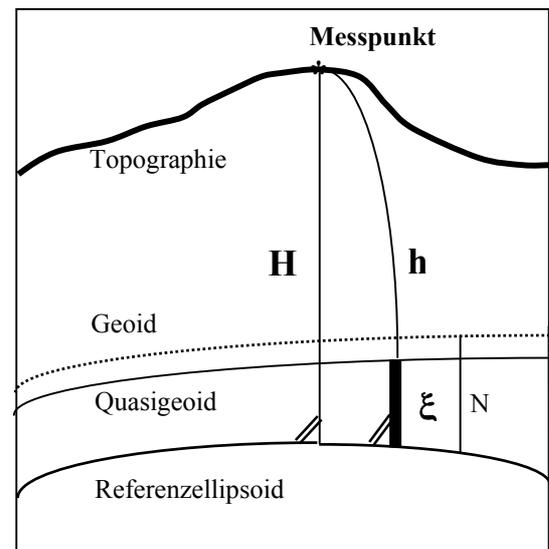


Abb.4-4. Höhendefinitionen

Leigemann/Wziontek (1999) bezeichnet die Höhenanomalien bezüglich des bestanschließenden Besselellipsoids als relative Höhenanomalien und die bezüglich des geozentrisch gelagerten Referenzellipsoids GRS80 des ETRS89 als absolute Höhenanomalien. Hier zeigt sich in den Beträgen der Höhenanomalien direkt die Bedeutung des Attributs „bestanschließend“, während in Bayern die absoluten Höhenanomalien Beträge zwischen 45 und 48 Metern annehmen, bewegen sich die relativen Höhenanomalien für das Besselellipsoid (*Abb.4-5*) zwischen -1 und -6 Metern.

Im FORST-GIS werden die relativen Höhenanomalien für das Besselellipsoid benötigt, da es die Referenzfläche für die amtlichen GK-Koordinaten im DHDN bildet. Für die Ermittlung der Höhenanomalien bezüglich des Besselellipsoids reichen Dezimeterwerte aus, wie sich z.B. dem „Lelgemann Geoid“ (siehe *Lelgemann/Wziontek 1999*) entnommen werden können. Der Unterschied zwischen den absoluten und den relativen Höhenanomalien wird näherungsweise durch den Datumsübergang beseitigt. Die Umrechnung von Ellipsoidischen Höhen H (Besselellipsoid) in Meereshöhen h des DHHN kann mit folgenden Beziehungen erfolgen:

$$\mathbf{h}_{\text{DHHN}} = \mathbf{H}_{\text{DHDN}} + \xi_{\text{Bessel}}$$

$$\mathbf{H}_{\text{DHDN}} = \mathbf{h}_{\text{DHHN}} - \xi_{\text{Bessel}}$$

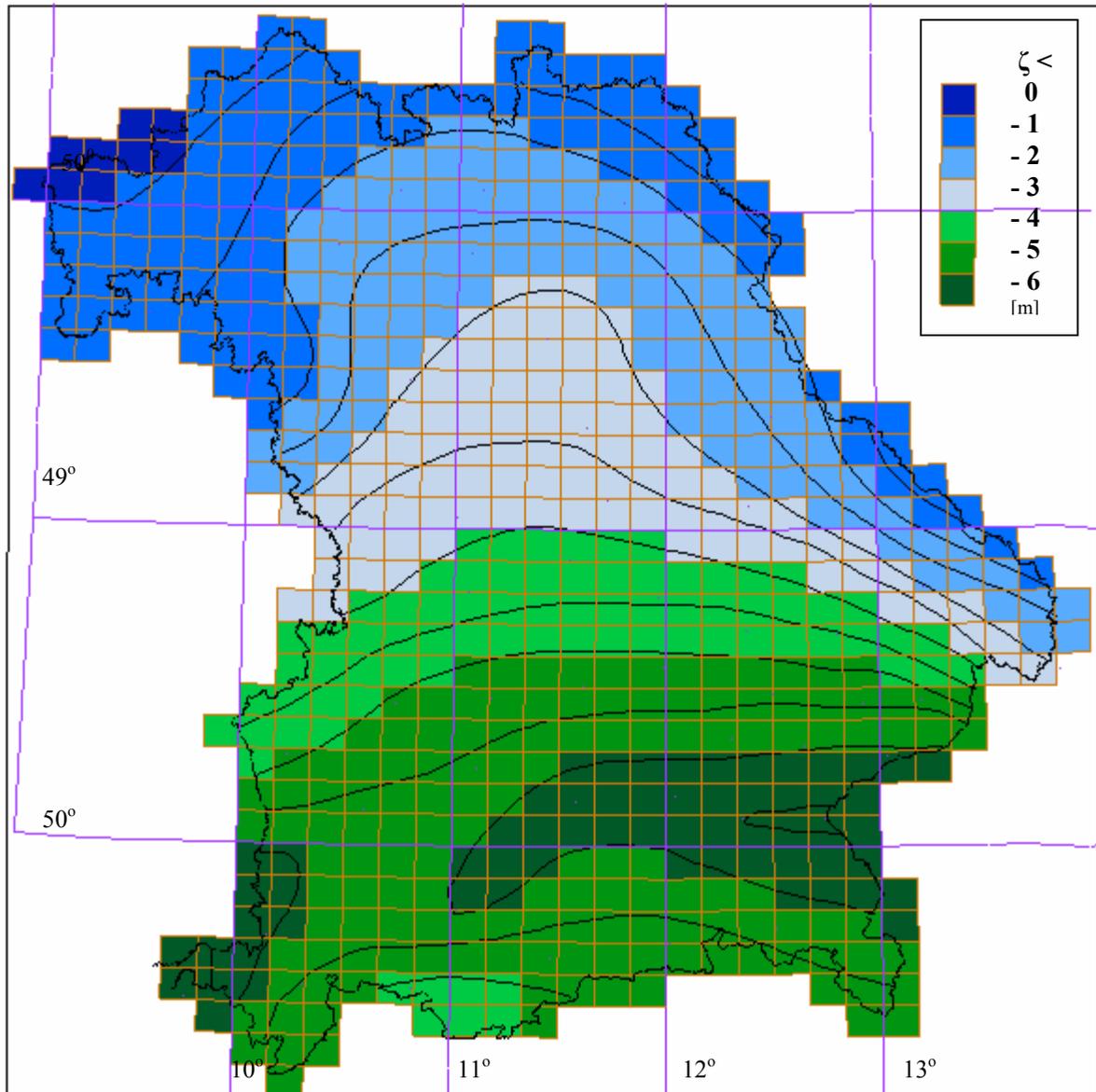


Abb.4-5: Höhenanomalien bezogen auf das Besselellipsoid für Bayern

Für die automationsgerechte Verwendung werden die Höhenanomalien bezüglich des Besselellipsoids im FORST-GIS aus einer diskretisierten Funktion abgeleitet, die aus einem Raster besteht, dessen Maschen die TK25-Blätter bilden. Hierzu wurde für jedes TK25-Blatt seine mittlere Höhenanomalie auf Dezimeter interpoliert und in einer Tabelle abgelegt, deren Zugriffsschlüssel der Name des TK25-Blattes ist. Wird für einen Punkt die Höhenanomalie benötigt, kann der Blattname aus seiner Koordinate berechnet werden und damit der Zugriff auf die Tabelle erfolgen, um den benötigten Wert für die Höhenanomalie zu ermitteln.

4.4 Transformationsverfahren im FORST-GIS

Die im FORST-GIS benötigten Transformationsverfahren für die Umrechnung des Geokodes der Objekte werden auf die oben angegebenen Koordinatenumformungen (4.2) und Datumstransformationen (4.3) zurückgeführt. Diese Grundoperatoren (Tab.4-6) sind als Programmmodule realisiert; **alle** erforderlichen Transformationsverfahren ergeben sich durch ihre Verkettung. Das Ziel ist es, **verifizierbare** Abbildungsergebnisse bei allen Koordinatentransformationen zu erhalten.

Koordinatenumformungen	Operator	Inverser Operator
Kartesische in Geodätische Koordinaten	$G \tilde{U}_E^K$	$K \tilde{U}_E^G$
Geodätische in ebene konforme Projektionskoordinaten	$P \tilde{U}_{L0}^G$	$G \tilde{U}_{L0}^P$
Konforme Projektionskoordinaten in Gebrauchskordinaten (Anwenderkoordinaten)	$A \tilde{U}^P$	$P \tilde{U}^A$
Datumstransformationen	Operator	Parameter
Datums-Shift nach Helmert, 3d-Datumsübergang für kleine Drehungen und Maßstab nahe bei 1	$\overset{Dn}{DS}_{Da}$	ΔP_{DS}
Ähnlichkeitstransformation (4 Parameter, konform), 2d-Datumsübergang (Helmerttransformation)	$\overset{Dn}{HT}_{Da}$	P_{HT}
Affintransformation (6 Parameter) 2d-Datumsübergang	$\overset{Dn}{AT}_{Da}$	P_{AT}
Höhenübergang Ellipsoid-/NN-Höhen (1-Parameter) 1d-Datumsübergang	NT_E	ξ_E

Tab. 4-6: Operatoren für Koordinatenumformungen und Datumsübergänge

Für die Darstellung der Transformationsverfahren wird ein sequentieller Verkettungsoperator „|“ eingeführt, der zwei Grundoperationen so verknüpft, dass das Ergebnis einer Operation die Eingabe für die nächste Operation ergibt („pipe“). Nachfolgend werden an einigen Beispielen Transformationsverfahren aufgezeigt, die im FORST-GIS im Einsatz sind.

4.4.1 Gauß-Krüger-Koordinate der Süd-West-Ecke für TK25-Blätter

Die Berechnung der Gauß-Krüger-Koordinaten für die Ecken eines TK25-Blattes (Topographische Karte 1:25.000) aus dem Blattnamen der TK25 wird im FORST-GIS häufig verwendet, da die Blattecken der TK25 den Koordinatenframe für die Zuordnung der Digitalisiervorlagen der Waldfunktionskarte bilden. Die TK25 beruht auf der Gauß-Krüger-Abbildung. Die Einzelkarten sind Gradabteilungsblätter im Abstand von 10 Längen- und 6 Breitenminuten, bezogen auf das Besselipsoid. Die Karten werden mit einer eindeutigen, vierstelligen Nummer bezeichnet, die auch ihre Lage im Kartengitter angeben. Die Koordinate der Süd-Westecke errechnet sich dann aus dem Blattnamen folgendermaßen:

TK_n := BBLL (z.B. 8425), wobei: BB = Schichte Nord>Süd-Abstand 6' = 1/10°
 LL = Reihe West>Ost-Abstand 10' = 1/6°
 Ursprung für die Zählung: BB₀ = 89 := 47°
 LL₀ = 20 := 9°

$$SW(B,L) = SW(47^\circ + [89 - BB]/10, 9^\circ + [LL - 20]/6)$$

$$SW(RW, HW) = {}^A \tilde{U}^P | {}^P \tilde{U}_{12}^G SW(B, L)$$

Die übrigen Eckpunkte können unter Berücksichtigung des jeweiligen Offsets in Länge und Breite analog berechnet werden. Durch die Umkehrung des Verfahrens kann zu einer gegebenen Position das TK25-Blatt ermittelt werden, in welchem der Punkt liegt.

4.4.2 UTM-Koordinaten aus Gauß-Krüger-Eingabeposition für Brandmeldungen

Für die Zusammenarbeit im Katastrophenschutz werden Ortsangaben in UTM-Koordinaten eingesetzt. Die UTM-Koordinaten werden nach der Lokalisierung des Objekts, mit dem Datumsübergang nach Helmert unter Verwendung der Transformationsparameter in *Tabelle 4-5*, direkt aus den Gauß-Krüger-Koordinaten, ermittelt. Für die Höhe des Punktes wird ein grober Näherungswert eingesetzt.

$$P(EW,NW)_{15} = {}^A \tilde{U}^P | {}^P \tilde{U}_{15}^G | {}^G \tilde{U}_{WGS84}^K | \underset{DHDN}{\overset{WGS84}{\mathbf{DS}}} | {}^K \tilde{U}_{Bessel}^G | {}^G \tilde{U}_{12}^P | {}^P \tilde{U}^A P(RW,HW)$$

Mit diesem Verfahren können alle Datumsübergänge durchgeführt werden, für die die Parameter bekannt sind. Die Transformationsgenauigkeit liegt bei einigen Metern, diese wirkt sich zusätzlich auf die Lagegenauigkeit eines Punktes aus. Datumsfehler beeinflussen i.d.R. zwar nicht die relative Genauigkeit von Punkten, jedoch deren absolute Lage in Form eines systematischen Versatzes des gesamten Punkthaufens.

UTM-Koordinaten werden im FORST-GIS sowohl im 32. ($L_0=9^\circ$ -Ost) als auch im 33. ($L_0=15^\circ$ -Ost) Meridianstreifen verwendet. Der Übergang in den Nachbarstreifen erfolgt mit folgendem Verfahren:

$$P(EW,NW)_9 = {}^A \tilde{U}^P | {}^P \tilde{U}_{15}^G | {}^G \tilde{U}_9^P | {}^P \tilde{U}^A P(EW,NW)_{15}$$

Der Übergang von einem Meridianstreifen in den anderen ist im Gegensatz zum oben angegebenen Datumswechsel eine strenge Umformung der Koordinaten.

4.4.3 Gauß-Krüger-Koordinate und Höhe zu WGS84-Koordinate

Beim Einsatz von GPS für die Aufnahme forstlicher Objekte ist es erforderlich, die erhaltenen Koordinaten im WGS84 in das Bezugssystem des FORST-GIS zu transformieren. Die verwendeten Transformationsparameter müssen im FORST-GIS bekannt sein, um die Qualität des Geokodes beurteilen zu können (siehe Kapitel Qualitätssicherung).

$$P(RW,HW) = {}^A \tilde{U}^P | {}^P \tilde{U}_{12}^G | {}^G \tilde{U}_{Bessel}^K | \underset{WGS84}{\overset{DHDN}{\mathbf{DS}}} | {}^K \tilde{U}_{WGS84}^G P(B,L,H)_{WGS84}$$

$$P(h)_{DHDN} = \mathbf{NT}_{Bessel} P(H)_{DHDN} \quad \swarrow$$

Die von den GPS-Empfängern angebotenen Datumstransformationen werden nicht eingesetzt, da sie nicht verifizierbar sind und damit der Übergang von der Messung bezogen auf das WGS84 zum Geocode in einem anderen Bezugssystem nicht nachvollziehbar ist. Bei ungünstigen Transformationsparametern können Fehler entstehen, die das Messergebnis erheblich verfälschen.

4.4.4 Datumstransformation von Lagekoordinaten

Falls bei einem Datumsübergang zwischen zwei konformen Systemen eine höhere Genauigkeit erforderlich ist, als sie nach 4.4.3 erzielt werden kann und genügend Passpunkte vorliegen, werden im Bereich eines Forstamtes die Koordinaten durch den Ansatz einer ebenen Helmerttransformation bestimmt. Wichtige Anwendungsfälle sind der Übergang von UTM oder von WGS84-Koordinaten in das amtliche GK-System.

Für die Transformation UTM- in GK-Koordinaten werden zunächst die Modifikationen zu Gebrauchskordinaten entfernt, dann werden sie ggf. in beiden Systemen auf denselben Hauptmeridian umgerechnet. Da Netzverzerrungen aufgrund unterschiedlicher Bezugsmeridiane und Modifikationen keine Datumseffekte sind, sollten sie vor dem Datumsübergang eliminiert werden. Daraus ergeben sich

dann Transformationsparameter, die keine (bekannten) Projektionsverzerrungen mehr enthalten. Konforme Koordinaten mit verschiedenen Bezugsmeridianen enthalten unterschiedliche Projektionsverzerrungen, die sich hauptsächlich im Maßstabsfaktor auswirken (*Blachnitzky 1987*).

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{QS: } P(\mathbf{x}, \mathbf{y})_{12}^i = {}^P \tilde{\mathbf{U}}_{12}^G | {}^G \tilde{\mathbf{U}}_9^P | {}^P \tilde{\mathbf{U}}^A P(\text{EW, NW})_9^i \\ \text{ZS: } P(\mathbf{x}, \mathbf{y})_{12}^i = {}^P \tilde{\mathbf{U}}^A P(\text{RW, HW})_{12}^i \end{array} \right\} \Rightarrow \mathbf{P}_{\text{HT}} \Rightarrow \begin{array}{c} \text{DHDN} \\ \mathbf{HT} \\ \text{WGS84} \end{array}$$

i Passpunkte

$$\text{ZS} \leftarrow \text{QS: } P(\text{RW, HW})_{12} = {}^A \tilde{\mathbf{U}}^P | \begin{array}{c} \text{DHDN} \\ \mathbf{HT} \\ \text{WGS84} \end{array} | {}^P \tilde{\mathbf{U}}_{12}^G | {}^G \tilde{\mathbf{U}}_9^P | {}^P \tilde{\mathbf{U}}^A P(\text{EW, NW})_9$$

Bei der Umrechnung von geodätischen Koordinaten bezogen auf das WGS84, wie man sie aus GPS-Messungen erhält, in das amtliche GK-System, liegen verschiedene Koordinatenformen vor. Für den zweidimensionalen Datumsübergang werden die geodätischen Koordinaten zunächst mittels der GK-Abbildung projiziert und können dann mit der Helmerttransformation vom Quellsystem (QS) in das Zielsystem (ZS) überführt werden.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{QS: } P(\mathbf{x}, \mathbf{y})_{12}^i = {}^P \tilde{\mathbf{U}}_{12}^G P(\text{B, L})_{\text{WGS84}}^i \\ \text{ZS: } P(\mathbf{x}, \mathbf{y})_{12}^i = {}^P \tilde{\mathbf{U}}^A P(\text{RW, HW})_{12}^i \end{array} \right\} \Rightarrow \mathbf{P}_{\text{HT}} \Rightarrow \begin{array}{c} \text{DHDN} \\ \mathbf{HT} \\ \text{WGS84} \end{array}$$

i Passpunkte

$$\text{ZS} \leftarrow \text{QS: } P(\text{RW, HW})_{12} = {}^A \tilde{\mathbf{U}}^P | \begin{array}{c} \text{DHDN} \\ \mathbf{HT} \\ \text{WGS84} \end{array} | {}^P \tilde{\mathbf{U}}_{12}^G | P(\text{B, L})_{\text{WGS84}}$$

4.4.5 Soldner- in GK-Koordinaten

Die Inventurpunkte für die Forstinventur werden in „Bayernkoordinaten“ festgelegt, dies sind modifizierte Soldnerkoordinaten (*Bauer 1996*). Für die Darstellung von Inventurauswertungen im FORST-GIS und für den Eintrag der Inventurpunkte in Fernerkundungsergebnisse ist ihre Transformation in das Raumbezugssystem des FORST-GIS nötig. Soldner- und GK-Koordinaten sind in Bayern ungleichartig, sie beruhen auf unterschiedlichen geodätischen Grundlagen, Berechnungsgängen und Beobachtungen (*Blachnitzky 1987*). Haupteinfluss beim Datumsübergang ist die Meridiankonvergenz zwischen der x-Achse des Soldnersystems (Meridian durch die Frauenkirche in München) und dem 12°-Bezugsmeridian des amtlichen GK-Systems.

In der Landesvermessung wurde der Übergang von Soldner nach Gauß-Krüger üblicherweise mittels maschenweiser Affintransformation (Dreiecksmaschen) durchgeführt oder die Koordinaten wurden aus den alten Messungen neu berechnet. Dies war nötig, um die höchstmögliche Genauigkeit für das Kataster zu erreichen. In topographischen Systemen kann ein vereinfachter Ansatz gewählt werden. Im FORST-GIS werden die FK5-Raster als Vierecksmaschen verwendet, für die die sechs Parameter für eine Affintransformation vorberechnet sind. Das FK5-Raster ergibt bayerweit ein gut besetztes Stützpunktfeld mit hohem Repräsentationsanspruch (*Abb. 4-6*). Über den einfachen Zusammenhang von FK5-Name und Soldnerkoordinate kann ein schneller, indizierter Zugriff auf die optimalen Transformationsparameter erfolgen (siehe DPA Bauer). Innerhalb einer Flurkarte kann eine Ebene angenommen werden, entsprechend der Polyederprojektion für die bayerischen Flurkarten. Die Transformationsparameter werden aus der Tabelle Orga_Fk5p entnommen, in der für alle Flurkarten (Beispiele FK5: NW XVIII-26 und NW XVIII-27) die sechs Parameter für eine Affintransformation enthalten sind, die aus den vier Flurkartenecken berechnet wurden. Die Selektion der Parameter erfolgt über den FK5_KEY, der aus den gegebenen Soldnerkoordinaten schnell und einfach ermittelt werden kann.

$$P(X,Y)_{GK} = \begin{pmatrix} \text{DHDN} \\ \mathbf{AT} \\ \text{Soldner} \end{pmatrix}_{FK5_KEY} P(X,Y)_{\text{Soldner}}$$

$$X = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1 X + \mathbf{a}_2 Y$$

$$Y = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 X + \mathbf{b}_2 Y$$

$$FK5_KEY = f(x,y) = \begin{cases} Q := \text{sign}(x) \wedge \text{sign}(y) \\ S := \text{int} \frac{|y|}{s} + 1 \\ R := \text{int} \frac{|x|}{s} + 1 \end{cases}$$

$$FK5_KEY = 10^6 Q + 10^5 S + R$$

mit $s = 2334.873312$ Meter (Sollmaß der Flurkarte)

SATZTYP	Orga_Fk5p
FK5_KEY	101826
A0	5333488.72
A1	0.99994719
A2	0.00554634
B0	4468325.82
B1	0.00554634
B2	-0.99999002
*	
SATZTYP	Orga_Fk5p
FK5_KEY	101827
A0	5333486.97
A1	0.99990436
A2	0.00554634
B0	4468328.00
B1	0.00556775
B2	-0.99996861

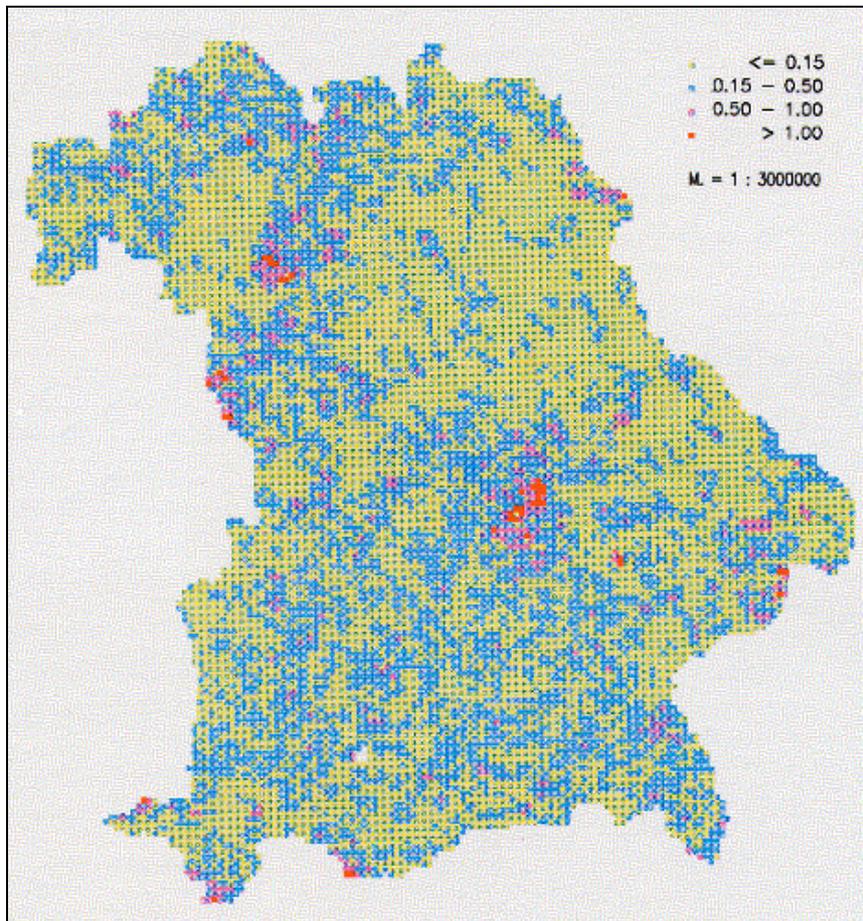


Abb.4-6: FK5-Transformationsmaschen, zu erwartende Transformationsgenauigkeit

Anmerkung: Die Verwendung von Maschen (Grid) für die diskrete Darstellung eines Kontinuums in einem GIS, z.B. eines Reliefs (DGM), der Höhenanomalie oder einer Transformationsbeziehung ist ein effizientes Verfahren, um die benötigten ortsabhängigen Werte automationsgerecht in Methoden zur Verfügung zu stellen. Für höhere Genauigkeitsansprüche müssen ggf. genauere Funktionswerte auf ein dichteres Raster umgerechnet werden.

5 Qualitätssicherung für Geodaten

Der aktuellen, umfassenden Information über georäumliche Strukturen und Zusammenhänge wird in Politik, Wirtschaft und Verwaltung zunehmende Bedeutung beigemessen. Moderne Instrumente zur Verarbeitung raumbezogener (spatial) Daten sind Geoinformationssysteme (GIS). Den Kern eines GIS bilden die Geodaten; ihr Informationsgehalt ergibt sich aus der umfassenden Verfügbarkeit für einen Themenbereich und ihrer Qualität. Das Einsatzspektrum der Geodaten ("Mehrfachnutzung") wird dabei wesentlich von ihrer Qualität bestimmt. Zieht man in Betracht, dass die Kosten für den Aufbau (Erfassung und Pflege) einer Geodatenbank bis zu 80% der Gesamtkosten eines GIS ausmachen können (Abb. 1-5), sollte bei der Konzeption und dem Einsatz eines GIS der Qualitätssicherung ausreichende Beachtung geschenkt werden. Ziel der Qualitätssicherung im FOSRT-GIS ist es, die primären Eigenschaften der Geoobjekte (Abb. 5-2) zu prüfen, und die Prüfung durch geeignete Qualitätsmerkmale zu dokumentieren.

5.1 Qualitätsmanagement

Die Strategie zum Erreichen der geforderten Qualität von Produkten hat sich in den vergangenen Jahren von der Qualitätskontrolle hin zum Qualitätsmanagement (Tab. 5-1) gewandelt. Während bei der Qualitätskontrolle (Endkontrolle) lediglich fehlerhafte Teile aus der Produktion herausgefiltert, also bereits entstandene Fehler beseitigt werden, ist es das Ziel des Qualitätsmanagements Fehler zu vermeiden, d.h. erst gar nicht entstehen zu lassen. Mit der zunehmenden Komplexität von Produkten, ihrer Entwicklung und ihren Herstellungsprozessen war die oft gebräuchliche Devise: "Wir haben nie Zeit es gleich richtig zu machen, aber wir haben immer Zeit es noch einmal zu machen" nicht mehr durchzuhalten. Die hohen Kosten der Fehlerbeseitigung, aber auch mögliche Image- und Marktverluste für ein Unternehmen bei der Auslieferung fehlerhafter Produkte haben dem Qualitätsmanagement einen rasanten Durchbruch verschafft. Die nötige Basis für den Aufbau von Qualitätsmanagementsystemen wurde in den Jahren 1990/91 mit der Einführung der Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff (kurz ISO 9000) geschaffen. Diese Normenreihe (Tab. 5-2) gibt Rahmenmodelle vor, nach denen für eine Organisation ein geeignetes Qualitätsmanagementsystem eingeführt werden kann, das es dieser ermöglicht, die geforderte Qualität von Produkten oder Dienstleistungen zu erreichen und aufrechtzuerhalten.

Methoden zur Qualitätssicherung		
Selbstprüfung	individuelles Verfahren	Für die Arbeit von Einzelpersonen oder kleinen Gruppen
Qualitätskontrolle	Endprüfung zur Fehlerbeseitigung	geschlossener Gesamtprozeß
Qualitätsmanagement	Beherrschung und Koordination der Teilprozesse zur Fehlervermeidung	komplexer Gesamtprozeß, insbesondere bei Aufteilung auf Subsysteme (Zulieferer)

Tab. 5.1: Methoden zur Qualitätssicherung

Unter Qualitätsmanagement (QM) versteht man dabei die Gesamtheit aller Maßnahmen in einem Unternehmen, die zur Sicherung der Produktqualität erfolgen. Das QM ist eine Aufgabe der Unternehmensleitung. Der dafür erforderliche Apparat wird als Qualitätsmanagementsystem (QMS) bezeichnet. Ein QMS betrifft die gesamte Organisationsstruktur, insbesondere die Verantwortlichkeiten sowie die Verfahren und Methoden zur Qualitätssicherung. Die operativen Regeln eines QMS können mit "Plane, was du tust, tue, was du geplant hast und schreibe auf, wie du es getan hast" kurz umrissen werden. Ein wirkungsvolles QMS muss die besonderen Gegebenheiten in einem Betrieb berücksichtigen. Dazu müssen die in der Normenreihe vorgegebenen Rahmenmodelle an die speziellen Bedürfnisse eines Betriebes angepasst werden. Die Einführung eines QMS ist ein iterativer Vorgang, mit dem Ziel das QMS ständig zu optimieren, um die geforderte Produktqualität bei möglichst hoher Produktivität zu erreichen.

Die Elemente eines QMS sind für Produktionsbetriebe in der Norm ISO 9004-1 und für Dienstleistungsbetriebe in der Norm ISO 9004-2 beschrieben. Die Realisierung und Darlegung von Modellen unterschiedlicher Komplexität wird von den Normen ISO 9001 / 9002 / 9003 geregelt, wobei die Norm ISO 9000 die Auswahlkriterien für das geeignete Modell enthält. Als Ergänzung zu den oft sehr allgemeingültigen Normen gibt es inzwischen eine Reihe von Leitfäden zur Einführung eines QMS. Beispiele sind: "Qualitätsmanagement für kleine und mittlere Unternehmen" vom Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie oder der branchenspezifische "Leitfaden für die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems im Ingenieurbüro" von der Bayer. Ingenieurkammer-Bau.



Tab.5-2: Normenwerk ISO 9000

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, ein gut eingeführtes QMS spart Kosten, die mittelfristig die Aufwendungen für seine Einführung übersteigen. Besonders die Wettbewerbsvorteile haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass immer mehr Unternehmen ihr QMS nach ISO 9000 zertifizieren lassen. Für diese Zertifizierung gibt es eigens akkreditierte Gutachterstellen, die einen Betrieb systematisch untersuchen ("auditieren"), wobei dieser sein QMS nach einem der Modelle ISO 9001-9003 darlegen muss. Dieses Zertifikat bescheinigt dem Unternehmen die Qualität seiner Arbeit, d.h. dass seine Produktionsprozesse geeignet sind Qualitätsprodukte zu erzeugen (i.d.R. führt Arbeitsqualität zu Produktqualität). Das Zertifikat kann allerdings nichts über die Qualität eines einzelnen Produktes aussagen!

5.2 Qualität im GIS

Ziel des QM ist die Sicherung der Qualität von Produkten und Dienstleistungen. Qualität ist gemäß ISO 8402 "die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen." Qualität bezieht sich auf objektiv beschreibbare oder messbare Eigenschaften eines Produktes oder einer Dienstleistung. Sie ist damit immer im Kontext einer bestimmten Sache zu sehen. Qualität bedeutet dabei nicht, die genaueste und perfekteste Lösung zu erzielen, sondern die geforderten (festgesetzte und vorausgesetzte) Merkmale einer Einheit so genau wie nötig zu erfüllen. Für die Beschreibung der Qualität im GIS ist zunächst anzugeben, welche Produkte mit einem GIS hergestellt werden.

5.2.1 GIS-Produkte

GIS-Produkte können zusammenfassend als Report bezeichnet werden, wobei ein Report das Ergebnis einer Auswertung ist und sich aus Karten, Tabellen und Texten zusammensetzt. Da mit einem GIS raumbezogene Daten verarbeitet werden, kommt der Karte als Präsentationsmittel von Auswerte

ergebnissen eine vorrangige Bedeutung zu, häufig ist das Ergebnis einer Auswertung ausschließlich eine Karte.

GIS-REPORT = { KARTE v TABELLE v TEXT }

Die Qualität eines GIS-Reports hängt dabei von methodischen und organisatorischen Faktoren ab, die wichtigsten sind:

- Datenverfügbarkeit und Datenqualität
- Auswertelgorithmen
- Präsentationsmethoden
- Organisation und Qualifikation des Personals
- verfügbare Mittel und Geräte

Für die Organisation der GIS-Produktion sind folgende Maßnahmen besonders zu empfehlen:

- Gesamtprozess in sinnvolle Teilprozesse zerlegen, z.B.: Datenerfassung, Kartenproduktion, Datenverwaltung, Auswertungen und Analysen, EDV-Betreuung
- Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten eindeutig festlegen und zuordnen
- Schnittstellen und Zuständigkeiten an den Schnittstellen definieren
- Arbeitsabläufe in systematischer Reihenfolge anordnen

Bei der Zuordnung der Mitarbeiter für einen Teilprozess sollte auf die nötige Qualifikation geachtet werden. Das breite Spektrum an GIS-Komponenten (Hardware, System-/Anwendungssoftware, Datenbanken, Scanner, Plotter, etc.) stellt hohe Anforderungen an das Personal, vor allem für Auswertungen (Report) und die Bedienung von Spezialgeräten sind oft besondere Kenntnisse und Routine erforderlich. Bei der Bildung von Teilprozessen ("GIS-Dienste", siehe *Abb.2-2*) sollte deshalb auf die sinnvolle Bündelung der wichtigen Ressourcen Know-how und Geräte geachtet werden.

Aus methodischer Sicht ist die Reportqualität von den verfügbaren Daten und den verwendeten Auswerte- und Präsentationsmethoden abhängig.

REPORTQUALITÄT = f (DATEN, ALGORITHMEN, PRÄSENTATION)

Da viele GIS-Auswertungen in Form von thematischen Karten präsentiert werden, sind kartographische Methoden für die Präsentation erforderlich, um ein anschauliches und lesbares Resultat zu erzielen (Lothar, 1996). Die Auswertemethoden sind je nach Anwendung sehr vielfältig, sie können von einfachen Berechnungsverfahren bis hin zu komplexen Simulationen reichen. Die Qualität der eingesetzten Algorithmen in Verbindung mit der Qualifikation des Auswerters sind wichtig für ein gutes Auswertergebnis. Die Daten haben jedoch die Schlüsselstellung für die Reportqualität, denn mit veralteten oder schlechten Daten kann sie auch durch noch so gute Auswerte- und Präsentationsmethoden nicht wesentlich verbessert werden.

5.2.2 Geodaten

Die Geodaten sind der Kern eines GIS, ihr Informationspotential bestimmt die Auswertemöglichkeiten und die Qualität eines GIS-Reports wesentlich. Geodaten werden meist in Datenbanken verwaltet. Datenbanken sind standardisierte Softwaresysteme zur Definition, Verwaltung, Verarbeitung und Auswertung von Daten. Sie werden hauptsächlich durch physische und logische Prinzipien der Informationsverarbeitung gekennzeichnet. Die physischen Prinzipien beschreiben die Art der Informationsabbildung auf digitale Speichermedien. Die logischen Prinzipien enthalten das Konzept und die Regeln zur Modellierung der Objekte und ihrer Beziehungen (Informationseinheiten) mittels Datenstrukturen, das sogenannte konzeptionelle Schema oder Datenmodell.

Modelle sind vereinfachte, zweckorientierte Beschreibungen von Teilen der realen Welt, aus fachlicher Sicht. Es sind Arbeitsmittel die es ermöglichen, die Fülle der Umweltinformation durch sinnvolle Reduktion und Ordnung fassbar zu machen. In diesem Sinne ist ein Datenmodell ein generalisiertes Abbild von Entitäten im Rechner in Form von Objekten und Beziehungen. Die Modellierung von

raumbezogenen Entitäten erfordert zusätzlich zur attributiven Beschreibung geometrische und topologische Strukturen. Geometriemodelle müssen mathematisch bestimmt sein, dies erfordert für Geodaten ein eindeutiges geodätisches Datum (Referenzfläche) sowie eine definierte geodätische Abbildung (z.B. Gauß-Krüger). Diese Grundlage für ein Geodatenmodell wird als einheitliches Raumbezugssystem bezeichnet, das die eindeutige geographische Zuordnung und fachübergreifende Verknüpfung der Geodaten ermöglicht. Es muss durch geeignete Verbindungselemente (z.B. Punktfeld für Einpassungen) realisiert sein, damit die Anbindung an das Raumbezugssystem für die Geokodierung der Daten hinreichend genau möglich ist. Die Datenerfassung im GIS ist maßstabsorientiert, da die erfassten Objekte in Abhängigkeit vom Maßstab vereinfacht sind oder werden; ihre Form unterliegt einer Erfassungsgeneralisierung.

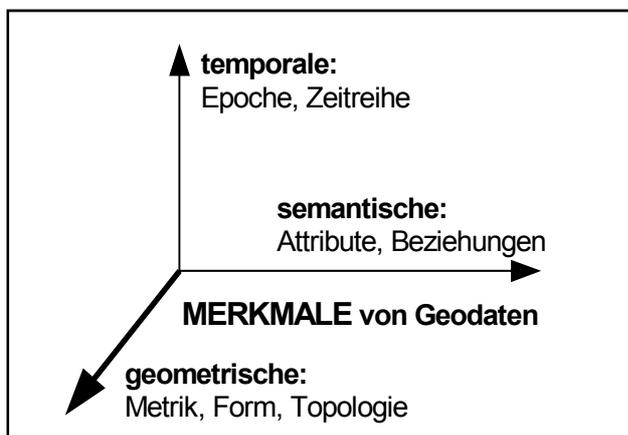
Aus wirtschaftlichen Gründen, insbesondere wegen des Umfangs der Datenerfassung, soll das Datenmodell so einfach wie möglich, aber so genau wie nötig aufgebaut werden. Dies lässt sich für projektbezogene Daten meist gut erreichen. Bei Bestandsdatenbanken, die mittel- oder langfristig die Basis für viele, oft noch nicht absehbare Auswertungen sein sollen, ist dies eine schwierige Aufgabe. Der Entwurf und Aufbau einer Geodatenbank ist eine Dienstleistung für den Fachanwender, der dabei von Anfang an mit eingebunden werden muss, damit die Daten seinen Auswertewünschen entsprechen.

Die Datenqualität ergibt sich aus der im Datenmodell definierten nominellen Wirklichkeit. Die Klassen und ihre Beziehungstypen müssen so beschrieben sein, dass die Objekte (Instanzen einer Klasse) über alle für die Anwendung nötigen Merkmale verfügen. **Versäumnisse bei der Datenmodellierung können später nur mit großem Aufwand ausgeglichen werden.** Für die Qualitätssicherung bei Geodaten ist daher die sorgfältige Modellierung und die Dokumentation des Modells mittels Metadaten Voraussetzung.

Für Geodaten wird zur Zeit beim internationale Normungsgremium ISO (TC 211 - Geoinformation) ein umfangreiches Normenwerk bearbeitet, das teilweise abgeschlossen ist und teilweise als Entwurf vorliegt. Die Aktivitäten des European Committee of Standards (CEN: TC 287 - Geoinformation) und der nationalen Normungsgremien fließen in diese Aktivitäten mit ein. Neben der Erarbeitung von Normen (de jure Standards) werden auch von der Industrie, gemeinsam mit GIS-Anwendern sogenannte de facto Standards entworfen, mit dem Ziel interoperable GIS zu schaffen. Zu diesem Zweck wurde das Open Gis Consortium (OGC) gegründet, das relevante Spezifikationen nach dem Konsensprinzip verabschiedet. Zwischen ISO/TC211 und der OGC besteht ein Abkommen zur engen Zusammenarbeit. So ist zu hoffen, dass in den nächsten Jahren die längst überfälligen Normen und Standards für Geodaten verabschiedet werden und zum Einsatz kommen. Aktuelles zu den Standardisierungsaktivitäten gibt es im Internet unter <http://www.isotc211.org> und <http://www.opengis.org>.

5.2.3 Qualitätsmerkmale von Geodaten

Qualität wird bezüglich beschreibbarer oder messbarer Merkmale (Eigenschaften, Beziehungen) eines Objektes im Bezug auf seine Eignung für einen bestimmten Zweck verstanden. Es ist daher für Geodaten erforderlich objektive Kriterien zur Beurteilung ihrer Qualität anzugeben, d.h. die Merkmale von Geoobjekten sind zusätzlich mit Qualitätsmerkmalen zu versehen, die deren Qualität beschreiben.



So kann z.B. für ein Flurstück die Qualität seiner Flächenangabe (Merkmal des Objekts Flurstück) durch die Standardabweichung (Qualitätsmerkmal) beschrieben werden. Mittels Vergleich der Standardabweichung mit der vorgegebenen Fehlergrenze lässt sich dann prüfen, ob die geforderte Qualität erreicht wurde. Die Qualitätsmerkmale sollen dem Benutzer von Geodaten hinreichende Auskunft darüber geben, welche Qualität er für die Aussagen eines Reports zu erwarten hat bzw. inwieweit die Daten für seine Aufgaben überhaupt geeignet sind (Ausschlusskriterien). *Abb.5-1: Merkmalsraum in GIS*

Für die Modellierung von Geoobjekten werden zusätzlich zu den in anderen Informationssystemen üblichen semantischen und temporalen Merkmalen geometrische Elemente benötigt (*Abb. 5-1*). Für diese Merkmalstypen werden in der Literatur (siehe z.B. *Caspary 1993, Stanek 1996*) meist fünf bis sechs Eigenschaften angegeben, deren Prüfung und Dokumentation für die Qualitätssicherung von Geodaten zu empfehlen ist.

Herkunft:	Datenquelle, Erfassungsmethode, Vorverarbeitung
Aktualität:	Stand der Erfassung und Fortführung, Rechtsverbindlichkeit
Datenbeschaffenheit:	Datentyp, Bezugssystem, Erfassungsmaßstab, Auflösung, Transferformat
Metrische Genauigkeit:	Lagegenauigkeit von Punkten (absolute und relative), Formgenauigkeit von Linien (Diskretisierung und Glättung), Flächengenauigkeit
Semantische Richtigkeit:	Richtigkeit der Attribute, Klassifizierungsgenauigkeit
Logische Konsistenz:	Richtigkeit der semantischen (referentielle Integrität) und topologischen Beziehungen (Nachbarschaft, Vernetzung)

Die Qualitätsmerkmale sollen dabei jedes für sich einen möglichst unabhängigen Bereich eines Datenbestandes abdecken und gemeinsam dazu geeignet sein, die Qualität aller möglichen Geoobjekte vollständig zu beschreiben; sie ergeben das Qualitätsmodell (*Tab. 5.3*) für einen Geodatenbestand. Die sechs angegebenen Qualitätsmerkmale kann man in die folgenden beiden Gruppen zusammenfassen, in die pragmatischen Qualitätsmerkmale Herkunft, Aktualität und Datenbeschaffenheit sowie in die deskriptiven Qualitätsmerkmale metrische Genauigkeit, semantische Richtigkeit und logische Konsistenz.

Geltungsbereich	Qualitäts-Merkmale	Beschreibung
Gesamter Datensatz Themenbereich Gebietsfragment Objekt	pragmatische Qualitätsmerkmale Herkunft Aktualität Datenbeschaffenheit	Freier Text expliziter Verweis impliziter Verweis Kenngröße Bedingung Qualitätsfolie
	deskriptive Qualitätsmerkmale metrische Genauigkeit semantische Richtigkeit logische Konsistenz	
Objektteil: Geometrie Objektteil: Attribut		

Tab.5-3: Qualitätsmodell für Geodaten (in Anlehnung an Caspary 1993)

Die pragmatischen Qualitätsmerkmale geben allgemeine, anwendungsorientierte Hinweise über einen Datenbestand. Sie beinhalten i.d.R. die Ausschlusskriterien für seine Verwendung und lassen sich meist schnell beurteilen. Die deskriptiven Qualitätsmerkmale geben Auskunft über die Qualität einzelner Eigenschaften, Objekte oder Gruppen von Objekten. Sie müssen durch geeignete Tests bestimmt werden. Hierfür sind Prüfmittel (Indikatoren) und Kenngrößen erforderlich, deren Einsatz oft sehr aufwendig werden kann. Für ein Qualitätsmerkmal ist sein Geltungsbereich anzugeben und eine geeignete Form für seine Beschreibung zu wählen.

Pragmatische Qualitätsmerkmale: Die pragmatischen Merkmale können meist mittels freiem Text oder Verweis beschrieben werden, sie gelten entweder für den gesamten Datensatz, einen Themenbereich oder ein Gebietsfragment und beinhalten damit globale Aussagen über die Qualität der Geodaten. Bei dem Merkmal Herkunft sind neben der Datenquelle und der Erfassungsmethode auch Angaben über evtl. Vorverarbeitungen (Transformationen, Homogenisierung, etc.) der Daten wichtig. Bei Zeitreihen sollten auch die Art der Datenerhebung und der Objektinterpretation für die einzelnen Epochen nachvollziehbar sein. Angaben zur Aktualität und Umfang der Datenerfassung (Vollständigkeit) sind unabdingbar, da sie ein wichtiges Ausschlusskriterium für die Verwendung der Daten darstellen. Die Datenbeschaffenheit kann u.a. Hinweise über die erforderlichen Verarbeitungsmethoden, die Datenvolumina, die nötigen Schnittstellen sowie den Erfassungsmaßstab und die Datendichte oder die Auflösung geben.

Deskriptive Qualitätsmerkmale: Für die deskriptiven Merkmale von Geoobjekten werden Qualitätsmerkmale benötigt, die Aussagen über ihre metrische Genauigkeit und semantische Richtigkeit sowie über die logische Konsistenz der Beziehungen von Objektteilen untereinander und von Objekten miteinander machen. Die deskriptiven Merkmale haben meist lokalen Charakter, sie beziehen sich auf Objektteile, Objekte oder Klassen und lassen sich mit Verweisen, Kenngrößen oder (topologischen) Bedingungen beschreiben. Für die Darstellung von räumlich variablen Genauigkeiten empfiehlt Caspary (1993) sogar eine eigene "Qualitätsfolie". Die Prüfung der deskriptiven Qualitätsmerkmale sollte wegen des Aufwands erst dann erfolgen, wenn die Daten aus pragmatischer Sicht für einen Report überhaupt geeignet sind.

5.3 Qualität im FORST-GIS

Um die Qualität von Produkten zu beurteilen, werden Prüfmittel eingesetzt. Da Qualität immer im Kontext einer bestimmten Anwendung zu sehen ist, können hier nur exemplarisch einige Prüfmittel oder Indikatoren zur Beurteilung der Qualität von Geodaten am Beispiel des FORST-GIS, Teildatenbestand Forsteinrichtung, aufgezeigt werden. Die Daten der Forsteinrichtung bestehen aus Text- und Kartenteil. Für den Textteil mit den beschreibenden Daten wird die sogenannte Forsteinrichtungsdatenbank eingesetzt. Der Kartenteil, die Forstbetriebskarte, wird parallel dazu im FORST-GIS für die gesamte Staatswaldfläche (ca. 850.000 ha) im Erfassungsmaßstab 1:10.000 geführt.

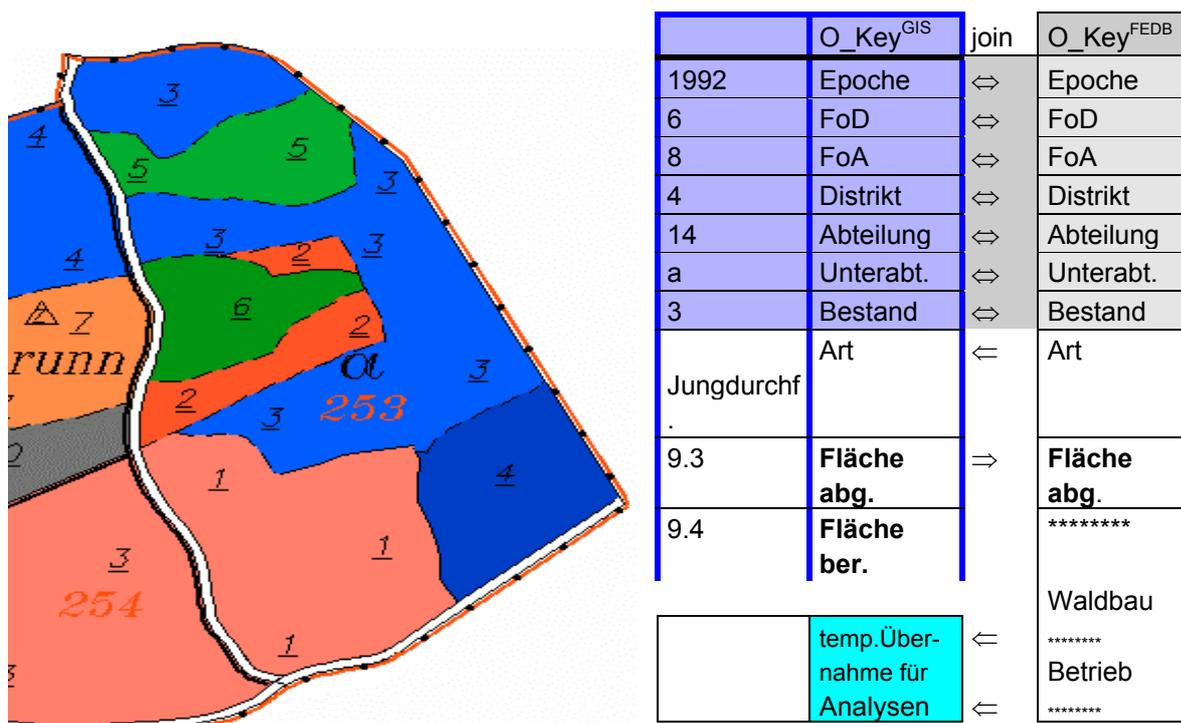


Abb.5-2 : Geoobjekt (Wald)-Bestand

Die Forstbetriebskarte enthält die farbige Darstellung der Pflege- und Nutzungsarten oder der Entwicklungsstadien mit den geplanten Pflegemaßnahmen von Waldbeständen. Der Bestand ist ein Kollektiv von Bäumen, das eine einheitliche waldbauliche Bewirtschaftung ermöglicht. Er ist die kleinste Verwaltungs- und Bewirtschaftungseinheit im Staatswald und bildet damit den Basisbezugsraum für alle Forsteinrichtungsdaten und wichtige Betriebsdaten (Lothar/Neft 1994). Dem Geoobjekt Bestand (Abb.5-2) kommt damit eine zentrale Bedeutung zu, die Qualität seiner Repräsentation im FORST-GIS muss deshalb hinreichend geprüft werden. Für die Prüfung werden visuelle Kontrollen der grafischen Präsentation in der Karte durch den Datenredakteur (Forsteinrichter) durchgeführt sowie programmunterstützte Verfahren zur Prüfung der Element- und Objektstruktur eingesetzt. Die Ergebnisse werden

dokumentiert, insbesondere bei fachlich begründeten Abweichungen (i.d.R. projektspezifische Zusatzinformation) von der vorgegeben Sollstruktur (siehe Anlage 2).

Zur Charakterisierung des Datenbestandes Forstbetriebskarte (FBK) wird in der nachfolgenden Tabelle (Tab.5-4) ein Auszug aus den pragmatischen Qualitätsmerkmalen gegeben.

Forstbetriebskarte, wichtige Metadaten		
Pragmatik	wichtige Merkmale:	
Abbildungsbereich	Land Bayern, Staatswald (850.000 ha)	
Erfassungszeitraum	1993-2002 (Ersterfassung)	
Erfassungsmethode	manuelle Digitalisierung, Vektordaten	
Basisobjekt: Bestand	1 bis n Teilflächen, Basisbezugsraum für waldbauliche und Betriebswirtschaftliche Maßnahmen	
Geometrie	wichtige Eigenschaften	
Linien	hierarchisches System von Grenzen	
Flächen	hierarchisches System von Flächen	
Erfassungsmaßstab	1:5.000-1:10.000	
Mittl. Datendichte (Geo)	1450 Elemente je Quadratkilometer	
Digitalisierung	Ersterfassung nach Folien, Fortführung objektweise	
Raumbezugssystem	GK-System (12°-Meridian)	
Anschlusselemente	Blattecken der Flurkarte 1:5.000	
Verteilung	Raster, Abstand ca.2.3 km, 14.033 Punkte, Genauigkeit ± 0.5 m	
Anschluss	Helmert- oder Affintransformation mind. 4 homologe Punkte	
Grenzlinien-Hierarchie	Linienart	Puffer
Staatswaldgrenze	(1) Flurstücksgrenze	± 2 m
Wege/Gewässer	(2) topogr. Linie / scharf	± 3 m
ständige forstw. Grenzen	(3) topogr. Linie / unscharf (Grate, Rinnen)	± 5 m
Bestandsgrenzen	(4) Vegetationsübergang	± 10 m
Flächen-Hierarchie	Kontur aus Linienarten	
Forstamt (Staatswald)	(1)	
Distrikt	(1) / (2)	
Abteilung / Unterabteilung	(1) / (2) / (3)	
Bestand	(1) / (2) / (3) nach außen, (4) gegeneinander	

Tab.5-4: Wichtige Merkmale der FBK-Daten

Die Geometrie der Forstbetriebskarte wird in Abhängigkeit von ihrer Bedeutung in folgende Kategorien eingeteilt, in die Primär- und Sekundärgeometrie sowie den Raumbezug und Hintergrund (Abb.5-3).

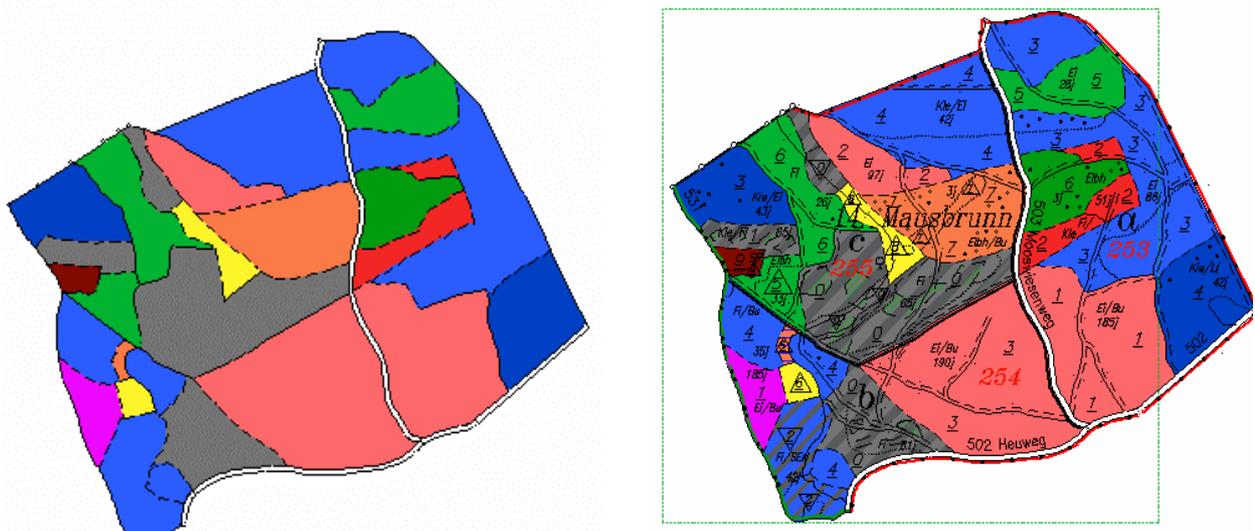


Abb.5-3: Primär- und Gesamtgeometrie ohne Hintergrund

Die Primärgeometrie wird dabei für die exakte Modellierung des Geoobjektes Bestand benötigt und ist sowohl für seine kartographische Abbildung als auch für analytische Auswertungen relevant. Zur Sekundärgeometrie werden die übrigen Daten zusammengefasst, die zur Darstellung von Zusatzinformationen und der Ausgestaltung (Texte, Symbole) benötigt werden. Primär- und Sekundärgeometrie sind Vektordaten. Den Hintergrund bilden Topographie und Höhenlinien, die als georeferenzierte Rasterdaten verarbeitet werden. Die Maßnahmen der Qualitätssicherung beziehen sich im Wesentlichen nur auf die Primärgeometrie und die Attribute des Bestands. Im folgenden soll besonders auf die Ermittlung deskriptiver Qualitätsmerkmale für den Bestand eingegangen werden, mit dem Ziel Qualitätsmerkmale für alle wichtigen Merkmale des Bestands anzugeben.

5.3.1 Metrische Genauigkeit

Bei der Beurteilung der metrischen Genauigkeit der Forstbetriebskarte werden die Lagegenauigkeit von Punkten sowie die Formgenauigkeit der Linien betrachtet. Wegen der besonderen Bedeutung der Fläche sind zusätzlich Aussagen über die Flächengenauigkeit wichtig. Beispiele zu den Qualitätskriterien befinden sich in der Anlage 5.

Raumbezug: Im FORST-GIS müssen verschiedene Datenbereiche für gemeinsame Auswertungen überlagert oder verschnitten und Daten der Vermessungs- und Umweltverwaltung mitverarbeitet werden, dazu ist ein einheitliches Raumbezugssystem für alle Daten unabdingbar. Bei der gemeinsamen Verarbeitung, z.B. für Flächenverschneidungen, wirken sich Datumsfehler und lokale Verzerrungen als systematische Fehlereinflüsse stark aus (siehe 5.4.3). Ein Qualitätsmerkmal für den Anschluss an das Landeskoordinatensystem sind die Restklaffungen bei der Zuordnung.

Raumbezug	gesamter Datenbestand (Anlage 5-2)
Q-Merkmal	mittlerer Punktfehler, Restklaffungen bei Zuordnung
Q-Dokument	Attribut in Tabelle Flurkarte, <i>expliziter Verweis</i>
Prüfmittel	Überbestimmte Transformation (Helmert oder Affin)
Fehlergrenze	mittlerer Punktfehler ± 1.5 m

Positionierungsgenauigkeit: Die Lagegenauigkeit von Punkten wird im FORST-GIS nur für die Staatswaldgrenze (Außenkontur) beschrieben. Die Genauigkeit der Staatswaldgrenze entspricht weitgehend der Genauigkeit ihrer Quelle (Flurkarte 1:5.000), der Punktfehler der Flurkarte 1:5.000 wird mit ± 2.0 m angegeben. Für die Beurteilung der absoluten Lagegenauigkeit werden stichprobenweise koordinatenmäßig bekannte Kontrollpunkte oder Auszüge aus der DFK verwendet. Die Klaffungen in den identischen Punkten dürfen die vorgegebene Fehlergrenze nicht überschreiten. Für die Genauigkeitsansprüche der Forstverwaltung ist eine Homogenisierung i.d.R. nicht erforderlich.

Positionsgenauigkeit Staatswaldgrenze (Anlage 5-3)	
Q-Merkmal	mittlerer Punktfehler, Restklaffungen
Q-Dokument	Punktsymbol \Rightarrow Lagestatus, <i>impliziter Verweis</i>
Prüfmittel	Vergleich mit unabhängigen Kontrollpunkten
mittl. Punktfehler	± 3.0 m für Grenzpunkte (absolute Lage)

Die Lagegenauigkeit resultiert dabei aus der Punktgenauigkeit der Flurkarte, der Genauigkeit der Zuordnung und der Digitalisierungsgenauigkeit.

Liniengenauigkeit: Innerhalb des Staatswaldes werden nur Flächen (Bestand) und deren Konturlinien betrachtet. Wichtige Wege und Gewässer werden ebenfalls als Flächen behandelt. Die Konturen bilden ein hierarchisches Grenzsystem (Tab. 5.4). Die Grenzlinien erhalten zwei Attribute, die deren Art und ihre forstliche Bedeutung festlegen (z.B. Wegrand/Distriktgrenze, siehe S.46). Die Konturgenauigkeit im FORST-GIS schwankt sehr stark (siehe 5.4.2). Während die Staatswaldgrenzen oder Wegeverläufe gut erfasst werden können, ist die Abgrenzung von Beständen gegeneinander meist recht unscharf, da es sich um die Erfassung natürlicher Übergangsbereiche handelt. Der Verlauf topographischer Linien kann durch die Aufnahme charakteristischer Punkte gut festgelegt werden, Vegetationsübergänge dagegen

können i.d.R. oft nur mit wenigen Punkten beschrieben werden, da sie in der Örtlichkeit schwer zu lokalisieren sind.

Den Grenzen werden im FORST-GIS Pufferbreiten zugeordnet. Die Pufferbreite hängt dabei von der Lokalisierbarkeit einer Linie, der Diskretisierungsdichte (Stützpunktzahl) und der Messgenauigkeit ab. Die Linienart ist mit einer Genauigkeitsaussage "Pufferbreite" verknüpft. Die Überprüfung erfolgt über den Vergleich terrestrisch erhobener Daten mit Luftbildkarten (Orthophotos).

Lagegenauigkeit	Linienarten (Anlage 5-4)
Q-Merkmal	Pufferbreite
Q-Dokument	Linienart \Rightarrow Pufferbreite, <i>impliziter Verweis</i>
Pufferbreite	je nach Linienart, relative Lage
Prüfmittel	Vergleich unabhängiger Datenquellen

Die Qualität topographischer Linien wird aus fachlicher Sicht nicht vollständig durch die Lagegenauigkeit ihrer Stützpunkte beschrieben, da die Linien nur durch eine begrenzte Anzahl diskreter Punkte repräsentiert werden können. Die Formgenauigkeit hängt stark von der Erfassungsmethode und der Lokalisierbarkeit der Linien ab. Die Genauigkeit der Aufnahme von Vegetationsübergängen und topographischen Linien lässt sich durch eine Steigerung der (Punkt-)Messgenauigkeit nicht wesentlich verbessern.

Flächengenauigkeit: Die Genauigkeit der Bestandsflächen wird aufgrund der starken Unterschiede in der Konturgenauigkeit nicht einzeln abgeschätzt. Als Qualitätsprüfung werden deshalb die Katastersollflächen der Distrikte verwendet, deren Konturen i.d.R. aus Flurstückgrenzen bestehen. Die Katastersollfläche wird mit der Summe der berechneten Bestandsflächen eines Distriktes verglichen, die Bestandsflächen werden auf die Sollfläche abgeglichen.

Flächengenauigkeit	Distrikt = ΣObjekte-Bestand (Anlage 5-5)
Q-Merkmal	Differenz: Sollfläche - Istfläche
Q-Dokument	Attribute: abgeglichene Fläche ^(Bestand) und Soll-Istfläche (Distrikt), <i>explizite Verweise</i>
Prüfmittel	Vergleich mit unabhängiger Kontrollfläche
Fehlergrenze	graphische Flächenermittlung ($DF=0.0004M\sqrt{F}$)

Die Einführung unabhängiger Kontrollwerte (Soll-Koordinaten, -Abstände, -Flächen, ..) als Indikatoren für die Qualitätsprüfung ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung der metrischen Qualität von Geodaten. Als Vergleichswert sind Fehlergrenzen erforderlich, mit denen Abweichungen beurteilt werden können.

Die Abschätzung der Genauigkeit einzelner Bestandsflächen erfolgt mittels Pufferbreiten nach der Formel von Zöhler/Magnussen (*Magnussen 1996, Pompe 2000*).

$$\sigma_B = (B/168) (U/B)^{1.7} (U/n)^{0.5} \exp(4.2-0.3U/\sqrt{\pi B}) m_P^{1.5} \quad (\text{Anlage 5-6})$$

σ_B	=	Standardabweichung der Bestandsfläche
B	=	Bestandsfläche
U	=	Umfang des Bestands
n	=	Anzahl der Stützpunkte
U/n	=	mittlere Seitenlänge \Rightarrow Maß für die Diskretisierung
U/B	=	Verhältnis Umfang zu Fläche \Rightarrow Maß für Flächenform
$U/2\sqrt{\pi B}$	=	Verhältnis Umfang des Bestands zum Umfang eines flächengleichen Kreises
m_P	=	$(\Sigma pL)/U$ = die mittlere Pufferbreite
ΣpL	=	Pufferbreite * Grenzlänge (Pufferfläche)

Diese Formel wird im FORST-GIS für die Abschätzung der Genauigkeit von Flächen mit natürlichen Grenzen (Topographie, Vegetationsübergänge) verwendet, da i.d.R. keine Punktgenauigkeiten vorliegen, um z.B. eine strenge Abschätzung nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz durchzuführen. Zudem wäre ein

solches Vorgehen sehr aufwendig, da die Konturen der Bestände häufig durch mehrere hundert Stützpunkte beschrieben werden (siehe 5.4.2).

Bei der Ermittlung der Genauigkeiten von Schnittflächen (z.B. Waldbestand x Standort), kann derselbe Ansatz verwendet werden, da die Konturen der Schnittflächen die Pufferbreiten von den Konturen ihrer Ausgangsflächen erben.

5.3.2 Semantische Richtigkeit

In der Forstbetriebskarte werden nur wenige wichtige Attribute mitgeführt, solche die die Bedeutungen geometrischer Elemente festlegen (z.B. Linie=Abteilungsgrenze), geometrischen Ursprung haben (z.B. abgeglichene Bestandsfläche) oder für die Verbindung (Join) mit den Attributen aus Forsteinrichtung und Betriebswirtschaft erforderlich sind. Die "Join-Attribute" zu den anderen Datensegmenten sind für die projektorientierte Zusammenführung der Daten im FORST-GIS und den Datenaustausch unabdingbar und müssen daher besonders auf ihre Richtigkeit hin geprüft werden.

Die Prüfung wichtiger Attribute erfolgt durch unabhängige, redundante Eingaben und Abgleich der Widersprüche.

Attributrichtigkeit	Bestand (Objekt)	(Anlage 5-7, 5-9)
Q-Merkmal	Fehlerquote	
Q-Dokument	Prüfprotokoll, freier Text	
Prüfmittel	unabhängige, redundante Eingabe	

Das Verfahren der unabhängigen, redundanten Eingabe wird angewandt, um die Attributrichtigkeit zu verbessern. Es können auch hohe Korrelationen zwischen Attributen für Prüfzwecke genutzt werden, so wird z.B. die Farbe des Bestands und die Nutzungsart einer Fläche in unabhängigen Arbeitsgängen erfasst und dann gegeneinander abgeglichen, um Eingabefehler zu reduzieren. Als Prüfmittel wird die kontrollierte Redundanz verwendet.

5.3.3 Logische Konsistenz

Beziehungen im Datenmodell können mit Attributen oder topologischen Bedingungen beschrieben werden. Im FORST-GIS werden attributive Beziehungen mit Fremdschlüsseln realisiert, deren referentielle Integrität die Datenbank überwacht. Auf der Ebene der Geometrielemente werden die Beziehungen von Objektteilen untereinander (endogene Struktur) und zwischen verschiedenen Objekten (exogene Struktur) topologisch beschrieben.

Beispiele für topologische Bedingungen sind: "die Kontur ist geschlossen (topologischer Kreis)" oder "die Flächen bilden eine Hierarchie (planarer Graph)". Topologische Bedingungen können auch mit Attributen (fachlichen Bedeutungen) kombiniert werden, z.B. für die Prüfung der Grenzhierarchie.

Topologie	Inzidenzbeziehungen	(Anlage 5-8)
Q-Merkmal	Fehlerquote	
Q-Doku.	Prüfprotokoll, freier Text	
Prüfmittel	topologische Bedingungen prüfen	

Ein Beispiel für eine topologische Bedingung kombiniert mit fachlicher Bedeutung ist die im FORST-GIS überprüfte Knotenbedingung: "In einem hierarchischen Grenzsysteem muss die höchstwertigste Grenze in einem Knoten durchlaufen, d.h. mindestens zweimal abgehen." Diese Prüfung für die fachliche Kodierung der Linien ist für Knoten mit bis zu vier abgehenden Kanten sehr wirksam. Im FORST-GIS gibt es i.d.R. Knoten mit drei oder vier Kanten oder Knoten mit zwei Kanten (Pseudoknoten bei Flurstücksgrenzen). Knoten mit mehr als vier abgehenden Kanten sind selten, da linienhafte Objekte wie Wege und Gewässer auch als Bestandsflächen verwaltet werden.

5.3.4 Zusammenfassung der Prüfmittel im FORST-GIS

Folgende Prüfmittel (siehe Anlage 5) zur Ermittlung deskriptiver Qualitätsmerkmale werden im FORST-GIS eingesetzt:

Metrische Qualität:

- Überbestimmte Transformation
- Vergleich mit unabhängigen Kontrollpunkten
- Vergleich von Linien in unabhängigen Datenquellen
- Vergleich mit unabhängigen Kontrollflächen
- Abschätzung der Flächengenauigkeit

Semantische Richtigkeit und logische Konsistenz:

- unabhängige, redundante Erfassung von Attributen
- topologische Beziehungen
- topologische Beziehungen kombiniert mit Attributen
- Prüfung der referentiellen Integrität (Datenbank)

Für die Ermittlung der Qualitätsmerkmale werden vor allem die kontrollierte Redundanz und die Prüfung von topologischen Bedingungen eingesetzt. Die redundante Information wird meist nur während der Datenerfassung benötigt und muss nicht in die Datenbank eingehen. **Ziel ist es einen weitgehend redundanzfreien Datenbestand aufzubauen, dessen Qualität durch Qualitätsmerkmale und dokumentierte Prüfungen nachgewiesen wird.** Bei der Erfassung von Geodaten, insbesondere für Aussagen über ihre metrische Genauigkeit und Attributrichtigkeit, ist die unabhängig erfasste, redundante Information m.E. unbedingt erforderlich. Eine redundanzfreie Datenerfassung führt zwar direkt zu einem redundanzfreien und damit widerspruchsfreien Datenbestand, dieser ist aber auch unzuverlässig, da er nicht kontrolliert wurde oder werden kann, d.h. Fehler können nicht aufgedeckt werden, da es keine Kontrollmöglichkeiten gibt. Widerspruchsfrei bedeutet nicht fehlerfrei!

Im FORST-GIS wird versucht, die Qualitätsmerkmale mit möglichst geringem Aufwand zu dokumentieren, um einerseits den Datenbestand nicht unnötig aufzublähen und andererseits den zusätzlichen Erfassungsaufwand in vertretbaren Grenzen zu halten. Meist werden implizite Verweise (Zuordnung von Genauigkeiten zu Attributen) verwendet. Eigene Attribute (explizite Verweise) in der Datenbank werden nur dann eingesetzt, wenn sie auch eine weitgehend selbständige Bedeutung haben (z.B. abgeglichene Fläche eines Bestands).

Die Prüfung und Dokumentation der Qualität von Geodaten ist für die Abschätzung der Reportqualität Voraussetzung. Die Qualitätsmerkmale sollten im Sinne des Fehlerfortpflanzungsgesetzes auf Auswertungen übertragen werden können, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Aussagen eines Reports beurteilen zu können. Die pragmatischen Merkmale eines Datenbestandes müssen unbedingt beschrieben sein, bei den deskriptiven Merkmalen sollten Minimalanforderungen erfüllt werden. Qualitätsmerkmale wie z.B. Lagestati von Punkten, Pufferbreiten für Linien, Aussagen über Stichprobenvergleiche mit unabhängigen Kontrollgrößen lassen sich i.d.R. mit vertretbarem Aufwand ermitteln und erhöhen die Qualität des Datenbestandes.

5.4 Betrachtungen zur Genauigkeit von Vegetationsflächen

Wegen der besonderen Bedeutung von Flächen im FORST-GIS wird hier eine Methode aufgezeigt, mit der die Genauigkeit von digitalisierten oder verschnittenen Vegetationsflächen mittels eines Fehlermaßes grob abgeschätzt werden kann. Der Flächenfehler wird für die Qualitätsprüfung und für kalkulatorische Zwecke benötigt. Bei vielen Fachfragen im Forstbetrieb werden Flächengrößen verwendet, die Fläche der Bestände ist ein wichtiges Attribut in der Forsteinrichtung, geht aber u.a. auch in die Berechnung von Akkordlöhnen für Bewirtschaftungs-, Pflege- oder Düngemaßnahmen ein, sie hat damit unmittelbare monetäre Auswirkungen. Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall ist die Beurteilung der metrischen Qualität von Verschneidungsergebnissen, denn bei analytischen Flächenverschneidungen ist die Abschätzung der Genauigkeit der resultierenden Schnittflächen wichtig, um ihre Signifikanz und die Aussagekraft des Ergebnisses zu beurteilen.

Zunächst wird am bekannten Fall des Flurstücks das strenge Vorgehen zur Ermittlung der Standardabweichung (mittlerer Fehler) einer Fläche nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz (FFG) aufgezeigt, um daraus abzuleiten, welche generellen Faktoren die Flächengenauigkeit beeinflussen. Diese Einflussfaktoren sollen dann als Parameter – Genauigkeitsindikatoren - in einem vereinfachten funktionalen Modell zusammengefasst werden, um daraus den Fehler von Vegetationsflächen mit vertretbarem Aufwand grob abzuschätzen zu können.

5.4.1 Genauigkeit scharf abgegrenzter Flächen (Flurstück)

Scharf abgegrenzte Flächen wie das Flurstück haben i.d.R. keine natürlichen Grenzen, ihr Grenzverlauf ist per Definition festgelegt oder künstlich geschaffen. Geometrische Konturverläufe wie Geraden und Kreisbögen sind vorherrschend. Eine Flurstücksgrenze ist bis auf einige wenige Ausnahmefälle immer die gerade Verbindung zweier Grenzpunkte. Grenzpunkte sind markierte (abgemerkte) Punkte, die heute meist durch exakte Messungen koordiniert werden. Die Genauigkeit der Koordinaten bewegt sich im Bereich einiger Zentimeter bis Dezimeter. Aus Sicht eines topographischen GIS liegen weitgehend gleichgenaue Punktkoordinaten vor. Ein Flurstück ist eine nach Eigentumsverhältnissen abgegrenzte, zusammenhängende Bodenfläche; es ist die Buchungseinheit im Liegenschaftskataster. Flurstücke haben folgende geometrisch relevante Eigenschaften:

- Flurstücke sind keine natürlichen Flächen
- Flurstücke haben i.d.R. keine natürlichen Grenzen (Ausnahme z.B. Wasserlauf)
- Flurstücksgrenzen sind bis auf wenige Ausnahmefälle gerade Verbindungen zweier Grenzpunkte
- Grenzpunkte sind „scharf“ markierte (abgemerkte), gut zentrierbare, künstliche Punkte

Die Flurstücksfläche ergibt sich als Funktion aus den Koordinaten der Grenzpunkte $P(x_i, y_i)$ zu

$$F = \frac{1}{2} \sum_i (y_{i+1} - y_{i-1}) x_i \quad \text{mit } i=[1, n] \text{ und } y_0=y_n \quad y_{n+1}=y_1$$

Die Standardabweichung σ_F (Varianz σ_F^2) der Flurstücksfläche kann man nach dem FFG aus den Koordinatenfehlern ermitteln:

$$\text{FFG: } \sigma_F^2 = \mathbf{A} \mathbf{C}_{xy} \mathbf{A}^T$$

σ_F Standardabweichung oder mittlerer Fehler der Fläche

C_{xy} Kovarianzmatrix der Koordinaten

$\mathbf{A} = [\delta f / \delta x]_{x_0}$ „Jacobi-Matrix“, Design-Matrix \rightarrow Form

für homogene und isotrope Punktfehler folgt wegen $C_{xy} = \sigma_{xy}^2 \mathbf{E}$

$$\sigma_F^2 = \sigma_{xy}^2 \mathbf{A} \mathbf{A}^T$$

$$\sigma_F = \frac{1}{2} \sigma_{xy} \sqrt{[s_i^2]} \quad \text{mit } s_i^2 = (y_{i+1} - y_{i-1})^2 + (x_{i-1} - x_{i+1})^2$$

σ_{xy} Koordinatenfehler = f (Messgenauigkeit, Zentriergenauigkeit)

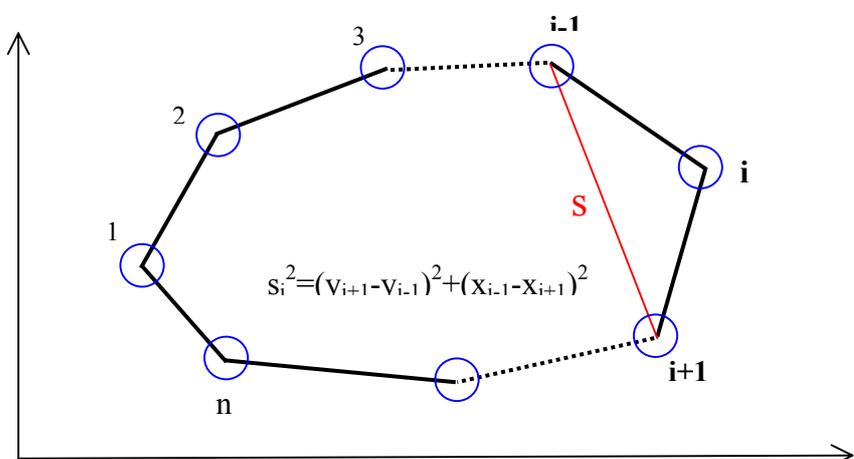
$\sqrt{[s_i^2]}$ Formindikator aus den Punktkoordinaten

Die Standardabweichung der Flurstücksfläche σ_F kann als Produkt der Punktgenauigkeit mit einem Formindikator interpretiert werden (Abb.5-4) unter der Voraussetzung, dass der Verlauf einer Flurstücksgrenze per Definition eine Gerade ist.

Flurstück:

$$\sigma_F = f(\text{Punktgenauigkeit, Flächenform})$$

Abb.5-4: Flurstücksfläche



Wie die Herleitung des Flächenfehlers zeigt, gehen in seine Berechnung nur Koordinatendifferenzen ein, d.h. globale, systematische Fehleranteile aufgrund eines ungenauen Anschlusses an das Landeskoordinatensystem (Lagerung, Datum), die sich in kleinräumigen Gebieten wie Translationen auswirken, haben keinen Einfluss; sie entfallen durch die Differenzbildung. Für die Abschätzung des Flächenfehlers innerhalb eines Themas werden deshalb relative Punktfehler verwendet, die die Unsicherheit der Lagerung nicht enthalten.

5.4.2 Genauigkeit von unscharf abgegrenzten Flächen (Bestand)

Natürliche Flächen, wie Waldbestände (Bestand) oder andere Vegetationsflächen, können nicht scharf abgegrenzt werden. Die Grenzen lassen sich oft nur gutachtlich durch grobe Messungen („Schätzungen“) festlegen, über ihren Verlauf kann a priori keine Annahme getroffen werden. Der Bestand ist ein Kollektiv von Bäumen, das eine einheitliche waldbauliche Bewirtschaftung ermöglicht. Er ist die Bewirtschaftungseinheit im Staatswald. Ein Bestand kann aus mehreren Teilflächen bestehen, die nicht räumlich zusammenhängen. Bestände haben die folgende Charakteristik:

- Waldbestände sind natürliche Flächen
- Waldbestände haben natürliche Grenzen, die durch Topographie und Vegetation gebildet werden
- Die Grenzen sind **unregelmäßige Linien**, deren Verlauf a priori nicht bekannt ist
- Zur Festlegung des Grenzverlaufs werden repräsentative Stützpunkte aufgenommen, die den Verlauf einer Grenzlinie approximieren
- Die Genauigkeit der Stützpunkte ist je nach Grenztyp sehr unterschiedlich, sie ist abhängig von der Lokalisierbarkeit des Grenzverlaufs; es gibt keine gut „zentrierbaren“ Marken wie bei Grenzpunkten
- Die Außengrenzen von Waldbeständen sind topographische Linien oder Flurstücksgrenzen
- Bestände haben gegeneinander keine scharfen Grenzen, sie gehen ineinander über; Vegetationsgrenzen können nur gutachtlich festgelegt werden, es sind eigentlich „**Übergangsfächen**“

Während die Form eines Flurstücks durch die Koordinaten der Grenzpunkte und der per Definition festgelegten „geradlinigen Verbindung“ zweier Grenzpunkte eindeutig festgelegt ist, kann bei einer Vegetationsfläche eine Annahme über den Grenzverlauf nicht erfolgen. Die Form der Vegetationsfläche muss durch Stützpunkte so genau wie nötig approximiert werden. Die Genauigkeit der Approximation hängt dabei von der Anzahl der aufgenommenen Stützpunkte ab; d.h. wenig Stützpunkte bedeuten wenig Information über den Verlauf einer Grenze. Daraus folgt, dass die Genauigkeit von Vegetationsflächen neben dem Punktfehler und der Flächenform auch vom Approximationsgrad der Grenzlinien, der Stützpunktdichte abhängt. Die Stützpunktdichte ist ein Maß für die Information, die über den Verlauf einer Grenze vorliegt.

Bestand: $\sigma_F = f(\text{Punktgenauigkeit, Flächenform, Stützpunktdichte})$

Die Stützpunkte zur Erfassung der Fläche werden in der Örtlichkeit so ausgewählt, dass sie den Verlauf einer Kontur in Abhängigkeit vom Zielmaßstab der Abbildung hinreichend genau wiedergeben (Erfassungsgeneralisierung). Gut erkennbare topographische Linien wie Wege- oder Gewässerränder können durch Stützpunktpolygone meist gut erfasst werden. Bei unscharfen topographischen Linien (z.B. Grade, Rinnen) oder Vegetationsübergängen dagegen lassen sich oft nur wenige Stützpunkte gutachtlich festlegen; die Liniengenauigkeit nimmt sehr stark ab. Der Punktfehler ist bei natürlichen Grenzen i.d.R. nicht von Interesse, da ja eigentlich Linien aufgenommen werden sollen, die lediglich durch ausgewählte diskrete Punkte repräsentiert werden müssen. Für die Darstellung der Linien werden die Punkte durch Polygonzüge oder Splines verbunden.

Die Genauigkeit der einzelnen Linien ist sehr unterschiedlich und im Normalfall nicht bekannt, es können lediglich Genauigkeitsklassen für die Bestandsgrenzen gebildet werden, die Klassifizierung erfolgt dabei in Abhängigkeit vom Linientyp. Jedem Linientyp wird eine Genauigkeit zugeordnet, die sich aus dem vorgegebenen Aufnahmeverfahren und dem Vergleich unabhängiger Datenquellen (Forstbetriebskarte, Orthobilder, Flurkarte) ergibt. Die großen Genauigkeitsunterschiede der Bestandsgrenzen müssen bei der Abschätzung der Flächengenauigkeit berücksichtigt werden, die Annahme $C_{xy} = \sigma_{xy}^2 E$ kann hier nicht

getroffen werden! Für die Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes würde man die Kovarianzmatrix C_{xy} der Koordinaten benötigen, wobei nur grobe Werte für die Varianzen, die Hauptdiagonale der Kovarianzmatrix, ermittelt werden könnten. Dadurch entstünde aber ein erheblicher Aufwand, da:

- Ein Forstamt einige Tausend Bestände hat
- Bestände oft einige Hundert Stützpunkte haben
- Bestandsgrenzen große Genauigkeitsunterschiede haben
- Das Wissen über die Genauigkeit sehr unscharf (grob) ist
- Die Genauigkeit der Stützpunkte sonst nicht benötigt wird

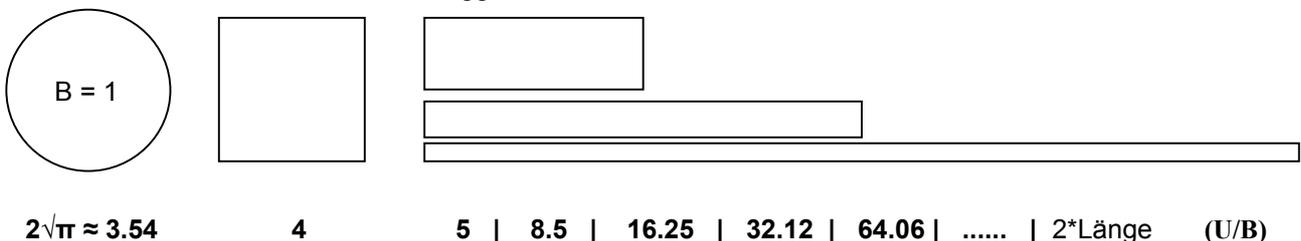
Daraus resultiert das Dilemma „Aufwand kontra Bedarf“, einerseits ist Aufwand zur Abschätzung der einzelnen Stützpunktfehler nur für die Ermittlung der Flächengenauigkeit über das FFG wirtschaftlich nicht vertretbar, andererseits benötigt man zumindest grobe Aussagen über die Flächengenauigkeit, damit man bei Fachanforderungen schnell Auskunft über die Qualität einer Auswertung geben kann. Um aus diesem Dilemma zu kommen, wird in Anbetracht der sehr unscharfen Kenntnis über die Konturgengenauigkeit ein einfacherer Weg zur groben Abschätzung der Flächengenauigkeit angegeben, der die wesentlichen Einflussgrößen auf die Genauigkeit natürlicher Flächen – Punktgenauigkeit, Flächenform, Stützpunktdichte – berücksichtigen soll.

Im Forstbereich entwickelte *Zöhrer (1976)* eine solche Formel zur Abschätzung der Genauigkeit von Vegetationsflächen, mittels der zu einer Fläche der Varianzkoeffizient als Produkt von 4 Einflussfaktoren berechnet werden kann. Das Produkt setzt sich wie gefordert aus Punktgenauigkeit, Flächenform, Stützpunktdichte und einem Kompensationsglied zusammen, das die gegenseitige Beeinflussung von Punktfehlern bei langgestreckten Flächen (siehe *Pompe 2000*) erfasst. *Magnussen (1996)* hat für diese Formel aus einem ausgewählten Satz von Flächen verschiedener Form und Größe die numerischen Werte für die Exponenten und Koeffizienten geschätzt. Er erhielt folgende Beziehung:

$$CV_B = \sigma_{xy}^{1.05} (U/B)^{1.32} (U/n)^{0.28} \exp(3.86 - 0.28U/\sqrt{\pi B})$$

$CV_B = 100 \sigma_B/B$	Varianzkoeffizient der Fläche mit σ_B Standardabweichung der Fläche
σ_{xy}	Standardabweichung der Koordinaten \Rightarrow Punktgenauigkeit
U/B	Verhältnis Umfang U zu Fläche $B \Rightarrow$ Indikator Flächenform
U/n	Verhältnis Umfang U zur Stützpunktzahl $n \Rightarrow$ Indikator Stützpunktdichte
$U/2\sqrt{\pi B}$	Verhältnis Umfang des Bestands zum Umfang eines flächengleichen Kreises

Der Indikator U/B für die Flächenform enthält die Beziehung zwischen dem Umfang und der Größe der Fläche, er erreicht sein Minimum beim Kreis und nähert sich für sehr langgestreckte Flächen der doppelten Länge. Der Verlauf wird an der normierten Fläche 1 dargestellt, wobei sich die Form der Fläche vom Kreis bis hin zu einem langgestreckten Rechteck verändert.



Der Verlauf des Indikators U/B zeigt, dass er bei kompakten Flächen klein ist, und bei sehr langgestreckten Flächen stark anwächst, dies entspricht dem zu erwartenden Verlauf des Flächenfehlers. Der Indikator U/n enthält den mittleren Stützpunktstand. Nach *Schwenkel (1990)* hängt die Flächengenauigkeit wesentlich von der Anzahl der Stützpunkte im Umring ab, in der Weise, dass bei abnehmendem Abstand der Stützpunkte die Genauigkeit der Fläche steigt.

Die Formel von *Zöhler/Magnussen (1996)* wurde von *Kraus/Ludwig (1998)* im Vergleich mit den FFG zur Beurteilung der Genauigkeit bei der Verschneidung von Flurstücksflächen herangezogen. Das wesentliche Ergebnis war, dass die angegebene Formel systematisch (bis zu 50%) zu groß schätzt und damit ungeeignet scheint für eine brauchbare Genauigkeitsaussage. Es wurde jedoch nicht berücksichtigt, dass die Formel für die Schätzung des Fehlers von natürlichen Flächen mit hoher Stützpunktzahl (Flächenapproximation) entwickelt wurde und nicht für per Definition festgelegte Flächenformen wie das Flurstück, das normalerweise wenige Grenzpunkte („Knickpunkte“) hat.

In der Diplomarbeit *Pompe (2000)* sollte der Ansatz wegen seines systematischen Verhaltens weiter untersucht werden. Das systematische Verhalten weist ja darauf hin, dass die Formel ein sinnvolles funktionales Modell des Sachverhalts darstellt und vermutlich nur einen Trend enthält. Die Aufgaben in der Diplomarbeit waren:

- Die Punktgenauigkeit durch ein geeignetes Maß für die Liniengenauigkeit zu ersetzen. Der Übergang vom Koordinatenfehler zum Linienfehler ist deshalb wünschenswert, weil im FORST-GIS vornehmlich gekrümmte Linien zur Beschreibung der Flächenkonturen verwendet werden; die Punktgenauigkeit ist i.d.R. weder bekannt noch von Interesse.
- Die Koeffizienten und Exponenten durch Vergleich mit den Ergebnissen aus den FFG zu kalibrieren, wobei das Ergebnis aus dem FFG als Zielfunktion für eine evolutionäre Strategie zu verwenden ist.

Für die Kalibrierung und Kontrolle der modifizierten Formel wurden zwei repräsentative, unabhängige Stichproben von Bestandsflächen aus dem FORST-GIS ausgewählt.

Für den Übergang vom Koordinatenfehler auf einen Linienfehler wurde zunächst der Helmertsche Punktfehler verwendet. Er ergibt sich aus den Koordinatenfehlern mit der Beziehung

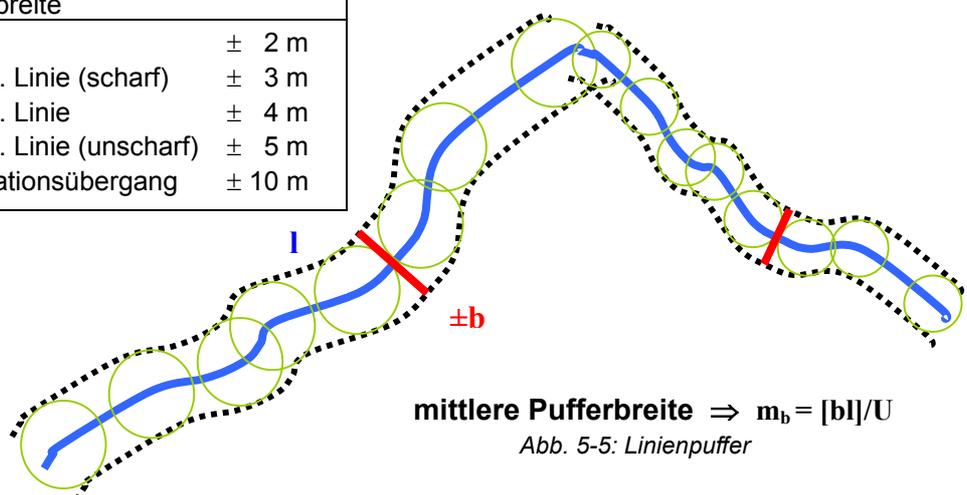
$$\sigma_{HP} = (\sigma_X^2 + \sigma_Y^2)^{1/2} \quad \text{als Kreis mit dem Radius } \sigma_{HP} \text{ um den Stützpunkt}$$

$$\sigma_{HP} = \sigma_{XY} \sqrt{2} \quad \text{für gleichgenaue Koordinaten}$$

Der Helmertsche Punktfehler hat keine Richtungsabhängigkeit und ist gegenüber einer Transformation invariant. Als Maß für die Liniengenauigkeit wurde die Pufferbreite für eine Linie eingeführt, die sich als konvexe Hüllkurve um die Helmertschen Punktfehler in den Stützpunkten ergeben würde. Dies ist wegen der sehr unscharfen Information über die Punktgenauigkeit ausreichend. Die Pufferbreite ist, so wie sie eingeführt wurde ein stochastisches Maß, dem die Wahrscheinlichkeit der Standardabweichung zugeordnet wird, mit der sich eine Linie innerhalb des Puffers befindet.

Pompe hat dann für die Genauigkeitsabschätzung nach der Formel von Zöhler die mittlere Pufferbreite des Bestands (*Abb.5-5*) anstelle des mittleren Koordinatenfehlers eingeführt. Die mittlere Pufferbreite einer Fläche wird dazu aus dem arithmetischen Mittel der Pufferflächen aller Konturen einer Fläche berechnet. Die Pufferbreiten werden als relative Genauigkeiten eingeführt, da in Flächenfehler nur Koordinatendifferenzen eingehen, d.h. Flächen sind lokale Größen, deren Genauigkeit weitgehend unabhängig ist vom Anschluss an das Landeskoordinatensystem. Stochastische Puffer sind eine gute Beschreibung der Übergangsfläche zwischen natürlichen Flächen!

Linienart	Pufferbreite	
Flurstücksgrenze		± 2 m
Wegrand	topogr. Linie (scharf)	± 3 m
Gewässerrand	topogr. Linie	± 4 m
Grate, Rinnen	topogr. Linie (unscharf)	± 5 m
Bestandsgrenze	Vegetationsübergang	± 10 m



Die von Pompe modifizierte Formel von Zöhrer/Magnussen zur Abschätzung der Genauigkeit mittels Pufferbreiten der Grenzen:

$$\sigma_B = (B/168) (U/B)^{1.7} (U/n)^{0.5} \exp(4.2 - 0.3U/\sqrt{\pi B}) m_b^{1.5}$$

Der Vorteil dieser Formel ist, dass sie Größen verwendet, die in den üblichen GIS für Flächen (Polygone) als Standardparameter anfallen, dies sind die Fläche (Area), der Umfang (Perimeter) und die Stützpunktzahl eines Polygons. Die Liniengenauigkeit muss bei der Digitalisierung kodiert werden. Dies kann implizit über die Bedeutung der Grenze erfolgen, die im System ohnehin kodiert werden muss. Für die Forstgrenzen (Staatwald-, Distrikt-, Abteilungs-, Bestandsgrenze) werden in Abhängigkeit von ihrer topographischen Bedeutung zur Zeit die in Abb.5-5 angegebenen Genauigkeitsklassen verwendet.

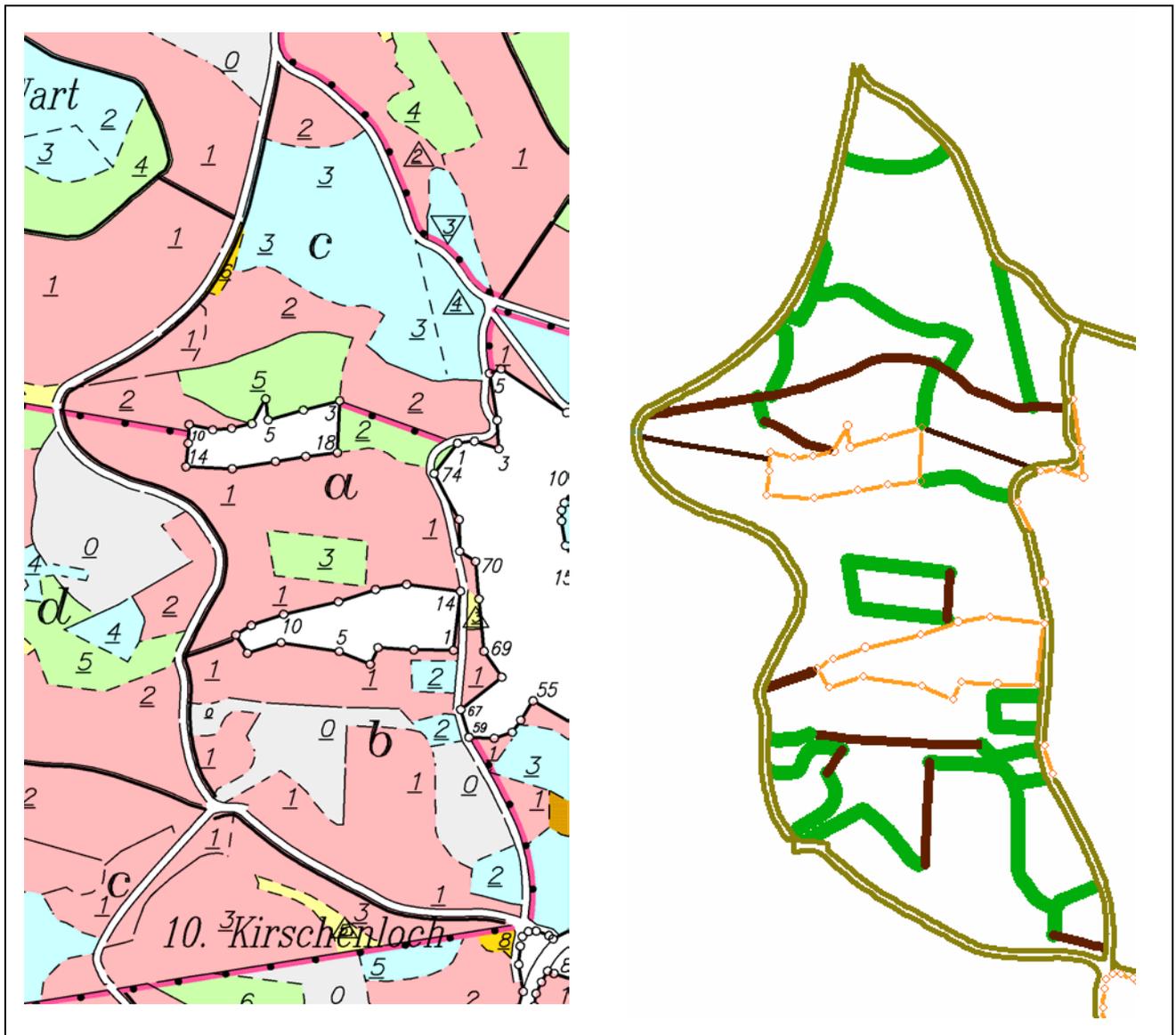


Abb.5-6: Genauigkeit von Bestandsflächen

Für die Abschätzung der Genauigkeit der Teilflächen (Bestände) eines Flächenblocks (Abteilung) kann über die Pufferflächen ein Beurteilungskriterium für die Größe des signifikanten „Flächenkerns“ s_{FK} nach der Faustformel $s_{FK} = (BF - \frac{1}{2}[U; m_{bi}]) / BF < 1$ ermittelt werden. Wobei BF die Gesamtblöckfläche ist und $\frac{1}{2}[U; m_{bi}]$ der Gesamteinfluss der Pufferflächen, wenn man die Pufferbreiten als stochastische Größe betrachtet.

Beispiel für die Berechnung der Flächenfehler nach der modifizierten Formel von Zöhler/Magnussen zu dem in *Abb.5-6* dargestellten Ausschnitt:

Best_Key	Fläche [ha]	Umfang [m]	Stützpt.	m_b [m]	σ_B [ha]	Nutzungs- art
6080210101	6.9	1941.	113	5.6	0.7	AD
6080210102	0.7	395.	34	6.9	0.1	JP
6080210103	0.8	378.	11	9.5	0.2	JP
6080210200	1.2	456.	52	7.9	0.1	VJN
6080210200	2.1	1077.	114	8.6	0.2	VJN
6080210201	0.6	354.	45	8.0	0.1	AD
6080210201	2.6	1193.	81	5.9	0.3	AD
6080210201	4.1	1205.	111	7.2	0.4	AD
6080210202	0.2	181.	20	8.6	0.0	JD
6080210202	0.3	203.	8	8.7	0.0	JD
6080210202	0.4	253.	31	7.2	0.0	JD
6080212301	0.7	468.	46	6.5	0.1	AD
6080212302	1.0	399.	26	6.2	0.1	AD
6080212302	1.1	575.	51	6.5	0.1	AD
6080212302	3.3	1200.	125	7.9	0.3	AD
6080212303	5.1	1079.	86	8.1	0.5	JD
6080212304	1.0	471.	44	6.8	0.1	JD
6080212305	1.8	626.	43	6.5	0.2	JP
6080212306	0.1	231.	16	7.3	0.0	NHB
Summen:	34.0	12685	1026	6.4	mit sFK=0.88	

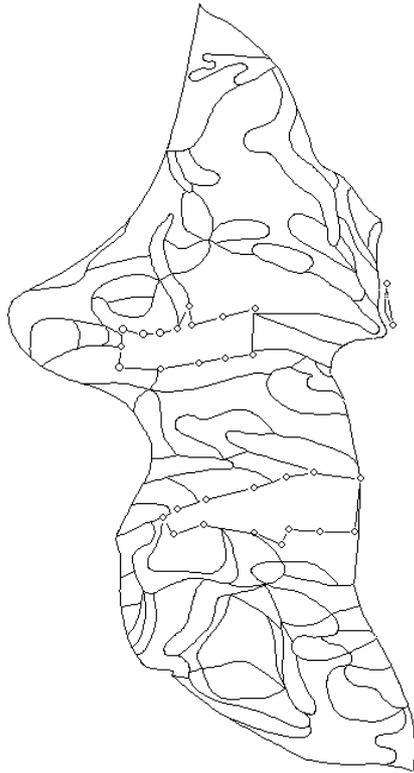
5.4.3 Genauigkeit von Schnittflächen

In das Verschneidungsergebnis gehen nicht nur die relativen Genauigkeiten (Puffer) der Konturen ein, sondern auch die Genauigkeit des Anschlusses der beiden Flächengruppen an das gemeinsame Bezugssystem. Ungenauigkeiten oder Unterschiede in der Geokodierung, die durch den Anschluss an das Landeskoordinatensystem entstanden sind, wirken sich systematisch auf das Verschneidungsergebnis aus. Aus dem Datumsfehler ergibt sich eine Translation mit dem Betrag $t=|\Delta x, \Delta y|$, d.h. die beiden Flächengruppen sind gegeneinander versetzt. Eine obere Schranke für den richtungsabhängigen Einfluss kann mit der Faustformel $\frac{1}{2}[U_i]t$ ermittelt werden. Bei der Verschneidung des Ergebnisses mit weiteren Flächengruppen nimmt die Signifikanz der Schnittflächen schnell ab, wobei der Datensatz mit dem größten Fehler den größten Einfluss auf das Ergebnis hat. Verschneidungen von unabhängigen Flächengruppen wirken sich bezüglich der Flächengenauigkeit kontraproduktiv aus. Bereits die Auswirkungen von Datumsfehlern im Bereich einiger Meter, wie sie in topographischen Abbildungen normal sind, können die Genauigkeit von zersplitterten Verschneidungsergebnissen stark systematisch beeinflussen. Eine untere Schranke für die Größe des noch signifikanten „Flächenkerns“ bei der Verschneidung unabhängiger Flächengruppen kann nach folgender Faustformel abgeschätzt werden:

$$sFK = [BF - \frac{1}{2}[U_i(m_{bi} + t)] / BF < 1$$

sFK	Koeffizient für den signifikanten Flächenkern
BF	Gesamtfläche des Verschneidungsblockes (Intersect)
U_i	Umfang der i Schnittflächen
m_{bi}	mittlere Pufferbreiten der i Schnittflächen
$t= \Delta x, \Delta y$	Betrag der Translation durch den Lagerungsunterschied in x und y

Das FORST-GIS enthält verschiedene Flächenobjekte, die für Auswertungen analytisch verschnitten werden müssen. Die wichtigste Verschneidung ist die von Beständen mit Standorten, um die m:n-Relation zwischen diesen beiden Geobjekten geometrisch aufzulösen (*Abb.3-h*). Die Abschätzung des Fehlers der Standortsflächen (*Abb.5-7*) erfolgt nach dem gleichen Prinzip mit der angegebenen Formel, wobei der Fehler der Standortsgrenze bestenfalls in der Größenordnung der Fehler der Bestandsgrenzen liegt.



Linienart	Pufferbreite
Flurstücksgrenze	± 2 m
Wegrand	topogr. Linie (scharf) ± 3 m
Gewässerrand	topogr. Linie ± 4 m
Standortsgrenze	gutachtliche Abgrenzung ± 10 m

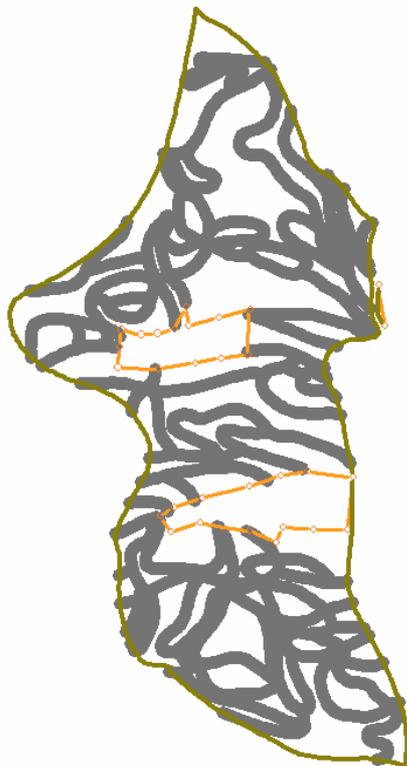


Abb. 5-7: Standortflächen

Standort	Fläche	Umfang	StPG	m_b	σ_B
608020510001Rh	0.5	293.	20	10.0	0.0
60802051000100	0.4	456.	42	10.0	0.0
608020510002Rh	0.7	359.	17	8.0	0.1
608020510002Rh	0.9	445.	28	10.0	0.1
60802051000200	0.1	231.	19	10.0	0.0
60802051000201	0.2	167.	14	10.0	0.0
60802051000202	0.2	315.	28	10.0	0.0
60802051000203	0.3	216.	21	10.0	0.0
60802051000204	0.4	239.	22	9.5	0.0
60802051000205	0.5	629.	56	10.0	0.0
60802051012400	0.1	161.	24	10.0	0.0
60802051012401	0.1	184.	21	9.4	0.0
60802051012402	0.2	318.	38	8.9	0.0
60802051012900	0.2	352.	39	9.2	0.0
60802051048200	0.1	134.	17	10.0	0.0
60802051048201	0.2	221.	25	10.0	0.0
60802051048202	1.4	992.	77	8.5	0.1
60802051048403	0.2	211.	24	10.0	0.0
60802051048404	0.3	255.	22	10.0	0.0
60802051048405	0.5	326.	23	10.0	0.0
60802051048406	0.5	431.	32	10.0	0.1
60802051048407	0.7	514.	35	8.0	0.1
60802051050100	0.4	477.	29	8.7	0.0
60802051050200	0.1	167.	18	8.5	0.0
60802051050201	0.2	182.	18	8.4	0.0
60802051050202	0.2	205.	17	10.0	0.0
60802051050203	0.2	382.	26	7.1	0.0
60802051050204	0.3	290.	23	8.5	0.0
60802051050205	0.3	300.	35	7.1	0.0
60802051050206	1.7	1009.	83	9.6	0.3
60802051050400	0.1	83.	15	8.8	0.0
60802051050401	0.2	189.	26	9.6	0.0
60802051050402	0.3	197.	30	10.0	0.0
60802051050403	0.3	265.	31	8.5	0.0
60802051050404	0.4	327.	32	9.4	0.0
60802051050800	0.1	111.	14	9.0	0.0
60802051050801	0.1	142.	22	7.2	0.0
60802051050802	0.5	367.	35	8.2	0.0
60802051050803	0.7	454.	31	8.6	0.1
60802051050804	1.0	689.	67	8.9	0.1
60802051060200	0.2	170.	19	10.0	0.0
60802051060201	0.2	210.	20	10.0	0.0
60802051060202	0.3	279.	30	8.3	0.0
60802051060203	0.5	330.	34	9.5	0.1
60802051060204	0.5	345.	21	7.7	0.0
60802051060205	0.5	568.	64	8.9	0.1
60802051060206	0.7	484.	58	9.1	0.1
60802051060207	0.9	671.	59	8.9	0.1
60802051060400	0.1	150.	19	8.3	0.0
60802051060401	0.2	304.	34	7.7	0.0
60802051060402	1.2	847.	70	7.4	0.1
60802051060700	0.2	234.	28	10.0	0.0
60802051060701	0.7	600.	39	5.4	0.1
60802051070200	0.2	215.	26	10.0	0.0
60802051070201	0.2	238.	27	8.3	0.0
60802051070202	0.2	239.	18	7.7	0.0
60802051070203	0.3	240.	24	10.0	0.0
60802051070204	0.3	247.	20	7.8	0.0
60802051070205	3.0	1438.	120	10.0	0.6
60802051070400	0.1	129.	14	8.0	0.0
60802051070401	0.2	207.	24	8.0	0.0
60802051070402	0.3	288.	22	10.0	0.0
60802051080800	0.2	222.	24	8.1	0.0
60802051080801	0.3	396.	38	9.8	0.0
60802051080802	0.5	432.	37	10.0	0.0
60802051088200	0.2	193.	21	10.0	0.0
60802051088201	0.2	224.	24	9.7	0.0
60802051088202	0.2	234.	26	9.2	0.0
60802051088203	0.3	307.	34	9.2	0.0
60802051088204	0.3	318.	32	10.0	0.0
60802051088205	0.4	349.	28	9.1	0.0
60802051088206	0.5	401.	39	8.4	0.0
60802051088207	0.7	419.	33	7.6	0.1
60802051088208	0.9	691.	60	9.4	0.1
60802051088209	2.0	779.	60	8.8	0.2
60802051088400	0.1	134.	15	10.0	0.0
60802051088401	0.2	225.	25	10.0	0.0
60802051088402	0.2	197.	17	8.6	0.0
	34.0	27239.		9.2	sFK=0.63

Die Konturen der Schnittflächen von Bestand und Standort (Linien) erben die Pufferbreiten von den Konturen ihrer Ausgangsflächen. Die Verschneidung (intersect) zweier Themen führt zu neuen Geoobjekten, die die Attributdaten der beiden Themen verbinden. Die Abschätzung der Genauigkeit der Schnittflächen (Abb. 5-8) kann nach demselben einfachen Verfahren von Zöhrer/Magnussen erfolgen, eine strenge Abschätzung mittels FFG und Punktfehlern wäre sehr aufwendig (siehe Bill/Korduan 1998, Kraus/Ludwig 1998).

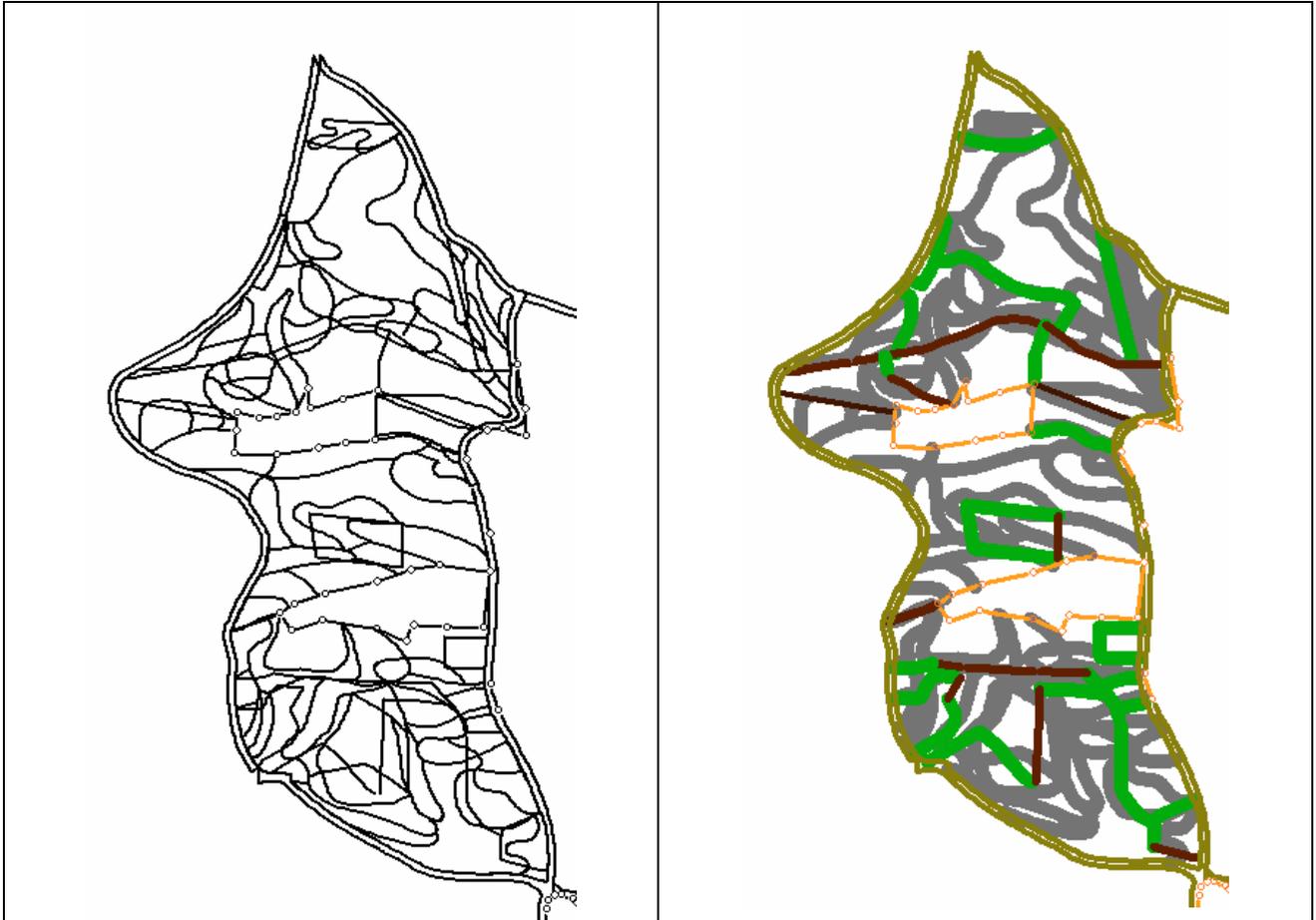


Abb. 5-8: Schnittflächen BestandxStandort (intersect)

Damit die Datumseinflüsse durch unterschiedlich genaue Anschlüsse an das Landeskoordinatensystem sich nicht auf die Schnittflächen von Standort mit Bestand auswirken, wird im FORST-GIS das Skelett der Standorte, bestehend aus Staatswald- Wege- und Gewässergrenzen, aus der FBK kopiert (siehe 2.2.3). Der äußere Rahmen, der die globale Lage der Geodaten festlegt, ist damit kongruent. Um die Entstehung von Splitterflächen (slivers) bei der Verschneidung zu unterdrücken, muss eine Toleranz für Mindestfläche vorgegeben werden. Die Abschätzung der Mindestfläche kann über die Pufferbreite der Bestandsgrenze erfolgen, dazu wird ein Kreis mit dem Radius der Pufferbreite: $\text{MinF} = p^2 \pi = 314 \text{ m}^2$ berechnet. Beim Einsetzen des dreifachen Wertes, ergibt sich daraus ein Wert von 0.1 ha, dies entspricht der in der Forsteinrichtung vorgegebenen Mindestfläche für einen Bestand.

Anmerkung: Dieses Vorgehen für die Genauigkeitsabschätzung von Vegetationsflächen nach der modifizierten Formel von Zöhrer/Magnussen entspricht dem praktischen Bedürfnis ein brauchbares, wenn auch grobes Qualitätskriterium einzuführen, dessen Einsatz nur einen geringen Mehraufwand erfordert. Das Vorgehen kann mit der Entwicklung eines Messwerkzeuges verglichen werden, wobei zunächst festgestellt wird, von welchen Einflussfaktoren die Messgröße abhängt und dann dieses Messwerkzeug im Vergleich mit einem geeichten und genaueren Messwerkzeug, dem FFG, kalibriert und geprüft wird. Die Anwendung zeigt, dass die Schätzung der Flächengenauigkeit mittels Indikatoren für Liniengenauigkeit, Flächenform und Stützpunktdichte brauchbare Ergebnisse mit geringem Aufwand ergibt.

6 Aspekte zur optimalen Gestaltung der Forstanwendungen

Nachfolgend werden einige grundlegende Aspekte für die Organisation und die Realisierung der Forstanwendungen kurz dargestellt. Eine ausführliche Abhandlung befindet sich in der Projektdokumentation (Lothar 2001). Das FORST-GIS basiert auf dem Multi-User/Multi-Task-Betriebssystem UNIX, dem relationalen Datenbanksystem Oracle, der Geodatenbankextension SICAD-GDB und der GIS-Software SICAD-BASE. Das wichtigste Ziel bei seinem Entwurf war, das Gesamtsystem entsprechend den Teilaufgaben in sinnvolle Subsysteme zu unterteilen, mit denen bestimmte Aufgabenbereiche optimal, d.h. auch in Abhängigkeit von der Qualifikation des Einsatzteams, bewältigt werden können. Rauh (1999) sagt: „Der Entwurf von Systemen ist ein kreativer Prozess, es gibt keine feste Regeln, jedoch Prinzipien die sich als nützlich erwiesen haben, insbesondere für die Subsysteme gilt, das sie nützliche und gebräuchliche Funktionseinheiten bilden sollen.“ Wichtige Aspekte beim Systementwurf waren die Benutzerorganisation und die Zuordnung der Applikationen mit den nötigen Rechnerressourcen, die räumliche Trennung der Subsysteme und die Kommunikation über das Behördennetz sowie die Steuerung der Zugriffsberechtigungen und die einfache Bereitstellung von aufgabenorientierten Benutzeroberflächen für die Interaktion mit den Verfahren.

Bei der Gestaltung von Benutzeroberflächen für Prozesse mit einer hohen Interaktionsrate, wie z.B. der Digitalisierung, war besonders die ergonomisch richtige Zuordnung der verschiedenen Eingabegeräte wie Tastatur, Maus, Digitalisierlupe für einen optimalen Arbeitsablauf zu beachten. Um die richtige Zuordnung der Eingabegeräte zu erreichen, mussten alle Verfahren in der Produktion über längere Zeit beobachtet und angepasst werden. Für die Organisation des Systems, insbesondere für die Navigation im Dateisystem und zur Verwaltung der Systemressourcen ist bei umfangreichen, verteilten Systemen wie dem FORST-GIS zu empfehlen, Namenskonventionen für alle Komponenten einzuführen, die in Dateiverzeichnissen, Dateien oder Bibliotheken abgelegt und dauerhaft verwaltet werden. Solche Konventionen beschreiben die Struktur und die Bedeutung der Namen. Im FORST-GIS sind für die Benennung und Organisation persistenter Speichereinheiten Regeln festgelegt (siehe Anlage 3), die von allen Anwendungen unterstützt werden.

6.1 Benutzerverwaltung

Die Organisation der Arbeitsabläufe, die Zuordnung von Ressourcen und Applikationen sowie die Regelung von Berechtigungen erfordert in einem Informationssystem, das landesweit angelegt und verteilt aufgebaut ist, die Einrichtung von Arbeitsbereichen (Gruppen) und Benutzern (Tab.6-1). Bei größeren, verteilten Systemen wie dem FORST-GIS mit vielen Tausend Komponenten - Datenbanken, Dateien, Bibliotheken, Bibliothekselementen, Aufträgen - müssen von vorneherein Vorschriften für die Namensgebung für alle Komponenten festgelegt und in allen Verfahren und von allen Mitarbeitern verwendet werden, damit das Gesamtsystem transparent und navigierbar bleibt. Die Namenskonventionen beschreiben eine logische Sicht der Systemorganisation, sie können auch als Generierungsvorschrift für die Metadaten zur Systemorganisation betrachtet werden (Zusammenstellung in Anlage 3). Es ist in größeren Systemen nicht sinnvoll erst im nachhinein jede Komponente mit willkürlicher Namensgebung in umfangreichen Metadatenkatalogen zu beschreiben, der Name einer Komponente muss eindeutig und selbstredend sein.

Für den Einsatz des FORST-GIS, mit den Schwerpunkten Digitalisierung, Kartenerstellung und Geodatenverwaltung werden an den GIS-Anlagen Benutzerkennungen eingerichtet, denen verschiedene Arbeitsabläufe und Profile zugeordnet sind und die Berechtigungen regeln sowie Verfahren und Benutzeroberflächen bereitstellen. Beispiel für die Parametereingabe zur Definition einer Benutzerkennung mit dem Systemmanager.

(>Security and Access Control>> User Manager>>>Add)

Login Name	karte
Full Name	Kartenrahmen
Account Type	local
Password	no
User_ID	„system“
Primary Group	SICAD
User Home Directory	/disk2/karte
Shell	csh

Zusammenstellung der Benutzerkennungen des FORST-GIS

0:	Systemverwaltung	root	setup		
1:	Administration FORST-GIS	oracle	gdbadmin	plotadm	
2:	Version FORST-GIS	fgis			
3:	Operative Benutzer	digi1	karte	daten	sicplot
4:	Entwicklung	thea	plfgis		

Gruppe	User (login.icon)	Funktion	HOME_dvz	Zugriff		
				chmod	chown	chgrp
0	root (sgi)	Systemverwaltung	/	-	root	sys
	EZsetup	Systemeinstellungen	/var/sysadmdesktop/	755	EZsetup	guest
	shutdown	System anhalten	/usr/people/shutdown	755	root	sys
1	oracle	ORACLE-Administrator	/disk2/oracle	755	oracle	dba
	gdbadmin	GDB-Administrator	/disk2/gdbadmin	755	gdbadmin	SICAD
	plotadm	Plot-Administrator	/disk2/plotadm	755	plotadm	SICAD
2	fgis (wolf)	FORST-GIS-Version	/disk2/fgis	755	fgis	SICAD
3	digi1 (kube)	Digitalisierung	/disk2/digi1	755	digi1	SICAD
	karte	Kartenrahmen, Kartenplot	/digi2/karte	775	karte	SICAD
	daten	Datenaustausch	/digi2/daten	775	daten	SICAD
	sicplot	FoD-Plotten	/disk2/sicplot	775	sicplot	SICAD
4	thea	Sonderanwendungen FoD	/disk2/thea	755	thea	SICAD
	plfgis	Entwicklung FORST-GIS	/disk2/plfgis	755	plfgis	SICAD

User (login.icon)	Sicad_start	Oracle_user	sh/login	Toolchest	Xdefaults	Hintergrund	Paßwort -Status
root (sgi)	-	-	default	-	-	Dämmerung	GIS
EZsetup	-	-	default	-	-	-	-
shutdown	-	-	/etc/shutdown	-	-	-	-
oracle	-	system	profile_ora	auxch_ora	-	Wirbel	GIS
gdbadmin	fogis_B/P	gdbadmin	login_bat	auxch_gdb	Xdef_B	Ausbucht./grün	GIS
plotadm	-	-	login_bat	auxch_plo	-	-	GIS
fgis (wolf)	-	-	default	chest_gis	-	Streuung/grün	GIS
digi1 (kube)	fogis_L/P	digi1	login_anw	chest_anw	Xdef_L	Ausbucht./grün	SV
karte	fogis_L/P	karte	login_anw	chest_anw	Xdef_L	-	SV
daten	fogis_B/P	daten	login_bat	chest_dat	Xdef_B	-	GIS
sicplot	fogis_L/B/P	sicplot	login_anw	chest_plo	Xdef_B	Marmor grün	SV
thea	fogis_L/P	thea	login_anw	chest_anw	Xdef_L	-	SV
plfgis	plfgis	plfgis	login_efg	auxch_efg	Xdef_S	Wirbel	GIS

Tab.6-1: Benutzerkennungen

Auszug aus der Benutzertabelle /etc/passwd für die FORST-GIS-Kennungen. Die systematische Anordnung des Login-Bildschirms („pandora“) wird über die Reihenfolge der Benutzerkennungen in der /etc/passwd festgelegt. Für das FORST-GIS (lokaler Server) ist folgende Anordnung, entsprechend der oben eingeteilten Arbeitsbereiche, vorgegeben:

```
root:c7ChSwwf4qrw:0:0:Super-User:/:bin/csh
oracle:K4TkyPvjxcjRA:4938:200:Oracle-Administrator:/disk2/oracle:/bin/sh
gdbadmin:Y4LCv3Yo:1111:999:GDB-Administrator:/disk2/gdbadmin:/bin/csh
plotadm:UZxeOHq4h59Yg:1122:0:Plot-Administrator:/disk2/plotadm:/bin/csh
digi1:G6QhUYNsu0irY:1114:999:Digitalisierung:/disk2/digi1:/bin/csh
karte:16dObLqTeyDFg:1117:999:Kartenrahmen:/disk2/karte:/bin/csh
daten:1HCXobRn.9R9A:1118:999:Datenaustausch:/disk2/daten:/bin/csh
thea:w6V9B5Bnpj9c6:1119:999:Sonderkarten:/disk2/thea:/bin/csh
sicplot:872NtUJYz8q/k:1120:999:SICAD-PLOT:/disk2/sicplot:/bin/csh
fgis:4flsCr9NFZaF2:1112:999:FORST-GIS-Version:/disk2/fgis:/bin/csh
shutdown::0:0:System anhalten:/shutdown:/etc/shutdown
```

Anmerkung Passworte: Zum Schutz der Kennungen müssen Passworte vergeben werden, aus pragmatischen Gründen ist es jedoch sinnvoll, Passworte nach vorgegeben Strukturen zu generieren.

Anmerkung Verdecken, Sperren von Benutzerkennungen:

Eintrag :*: in /etc/passwd :Paßwortspalte:
 →**Kennung gesperrt**, kein login möglich
 Eintrag <username : noshow>
 in /var/sysadm/config/clogin.conf
 →**Kennung verdeckt**, login möglich

6.2 Betriebssystem-Environment

Die GIS-Rechner (lokale Server) laufen unter dem Betriebssystem UNIX (Xopen-Standard), in der Herstellerversion IRIX der Firma Silicon Graphics (sgi). Für die Steuerung und den Start der FORST-GIS-Anwendungen werden die Mittel des IRIX-Betriebssystems verwendet. Das Systemenvironment der Benutzer wird je nach Shell-Typ mit der Datei `.login` oder `.profile` eingestellt. Für den Start der Anwendungen werden Menüs verwendet, die mit dem IRIX-Toolchest erstellt wurden.

6.2.1 Variablen für die Login-Shell (C-Shell)

In den FORST-GIS-Kennungen wird - mit Ausnahme der Kennung Oracle (siehe Dokumentation Datenbank) und den Systemkennungen – die C-Shell verwendet.

C shell Initialization as a login shell: In this case, before executing the commands from the `.cshrc` file, the shell executes the commands from the following files in the order specified: `/etc/cshrc`, `/etc/login` and `/etc/csh.cshrc`. These files can be used to provide system-wide settings for all csh users. After executing commands from the `.cshrc` file, a login shell executes commands from the `.login` file in your home directory; the same permission checks as those for `.cshrc` are applied to this file. Typically, the `.login` file contains commands to specify the terminal type and environment.

Das Systemenvironment im FORST-GIS wird festgelegt in den Dateien:

<code>/etc/cshrc</code>	global	für alle Benutzer
<code>.login</code>	lokal	für den jeweiligen Benutzer

Die Zuordnung der verschiedenen login-Dateien ist in der Tabelle Benutzerkennungen zu ersehen, die Quellen sind Bestandteil der Dokumentation (Lothar 2001). Die übrigen Dateien mit Einstellmöglichkeiten für die C-Shell werden nicht genutzt.

Globales Environment aus `/etc/cshrc`, folgende Variablen werden gesetzt:

<u>FOD-Variablen</u>	(<i>x</i> = Nummer der FoD)	
FOD_NUM	" <i>x</i> "	Nummer der FoDS
FOD_NAM	"FOD <i>x</i> "	FoD-Datenbank
FOD_GDB	"4200000 5200000 4712000 5712000"	FoD-Plangebiet (anpassen)
FOD_HOS	"FGIS <i>x</i> 0"	FoD-GIS-Rechner

FGIS-HOME-Verzeichnisse

HOME_DISK	/disk2	Platte für FoD-Anw.
FGIS_SYS_PATH	\${HOME_DISK}/fgis	FGIS_Software_Pfad
SICAD_SYS_PATH	\${HOME_DISK}/SICAD	SICAD_Software_Pfad
ORACLE_HOME	/usr/app/oracle/product/8.0.5	Oracle_Software_Pfad
LM_LICENSE_FILE	1700@\${FOD_HOS}	Lizenz_Server

Oracle-Variablen

	(<i>FODx</i> = Oracle_DB = Instance = Netzservice	\${FOD_NAM})
ORACLE_SID	\${FOD_NAM}	
ORACLE_TERM	iris	
NLS_LANG	German_Germany.WE8ISO8859P1	
LC_NUMERIC	C	
NLS_NUMERIC_CHARACTERS	","	
NLS_DATE_FORMAT	YYYYmmdd	
LD_LIBRARY_PATH	\${ORACLE_HOME}/lib	

Suchpfad

PATH	\${PATH}:\${ORACLE_HOME}/bin:\${FGIS_SYS_PATH}/bin:\${SICAD_SYS_PATH}/bin
------	---

Mit den .login-Dateien werden die benutzer- und versions-spezifischen Einstellungen vorgenommen. Es werden folgende Variablen gesetzt:

Pfade für FGIS

```
FGIS_Version      `cat ${FGIS_SYS_PATH}/version`
FGIS_PATH         ${FGIS_SYS_PATH}/${FGIS_Version}
FGIS_USER        $USER
FGIS_ORA_USER    ${FGIS_USER}/${FGIS_USER}
```

Pfade für SICAD

```
SICAD_CDB1       ${SICAD_SYS_PATH}/GRKN_PARAMS/CDB.STD
SICAD_FW         ${FGIS_PATH}/GRFE_PARAMS/FW.FBK
SICAD_FT        ${FGIS_PATH}/GRFE_PARAMS/FT.FGIS
SICAD_LU        ${FGIS_PATH}/GRFE_PARAMS/LU.FGIS
SICAD_SM        ${FGIS_PATH}/GRFE_PARAMS/SM.FGIS
SICAD_UI_PARAMS ${FGIS_PATH}/GRFE_PARAMS/UIP.FGIS
SICAD_I         ${FGIS_PATH}/GRFE_PARAMS/I.TA16
SICAD_CGMVLT    ${FGIS_PATH}/CGM_PARAMS/GBK
```

Pfade für die GDBX

```
GDBXPATH         ${FGIS_SYS_PATH}/gdb_param:${SICAD_SYS_PATH}/GDBX_PARAMS
```

6.2.2 Menues für Shell-Aufrufe

Die Benutzeroberfläche zum Starten der FORST-GIS-Anwendungen ist mit dem herstellerspezifischen Toolchest von IRIX realisiert. Hierbei kann das vom System angebotene Standard-Toolchest entweder überdefiniert (.chestrc) oder erweitert (.auxchestrc) werden.

The toolchest program reads a description of its buttons and menus from a menu description file when the program starts. The standard menu set is described by the system toolchest file /usr/lib/X11/system.chestrc, but users can customize their toolchest menu by providing either an auxiliary toolchest file named .auxchestrc or a user-customized toolchest file named .chestrc in their home directory. The system toolchest file includes the auxiliary file, and thus adds its contents to the default system menu, while the user-customized toolchest file overrides the system toolchest file. It is suggested that the auxiliary toolchest file be used for customization if possible, as future changes to the system toolchest will then be incorporated automatically. If a user-customized toolchest file is to be used, it is suggested that the system toolchest file be copied to \$HOME/.chestrc as a starting point and then the user can modify the .chestrc file. See the comments below on the include and sinclude keywords for a discussion of how to set up an include file. In addition to including the auxiliary toolchest file, the system toolchest file will also include all files ending with .chest in the directory /usr/lib/X11/app-chests.

Die Menüs werden im FORST-GIS festgelegt in den Dateien:

/usr/lib/X11/app-chest/Forst.chest	global	für alle Benutzer
.chestrc oder .auxchestrc	lokal	für den jeweiligen Benutzer

Die Zuordnung der Menues ist in der Tabelle Benutzerkennungen zu ersehen.

Das Forst.chest enthält globale Funktionen für den Aufruf der Online-Dokumentation von IRIX und SICAD und einen Button zum Abmelden (logout). Es wird an alle Toolchests angefügt.

```
#####
#           Forst.chest   im dvz
#           /usr/lib/X11/app-chests
#####
# menu pane descriptions
# Top Level Menu Description
Menu ToolChest
{
  no-label   f.separator
  "SICAD_Doku" f.checkexec.sh "cd /usr/SICAD_DOCU/deutsch/SICAD/Handbuch;acroread"
  no-label   f.separator
  "IRIX_Doku" f.checkexec.sh "/usr/sbin/insight"
  no-label   f.separator
  no-label   f.separator
  "Abmelden" f.checkexec.sh "/usr/bin/X11/endsession"
}
```

Die benutzerspezifischen Toolchests (Abb.6-1) enthalten Funktionen, die dem Aufgabenprofil der jeweiligen Benutzerkennung entsprechen. Bei den Administrationskennungen werden die vom System angebotenen Toolchests um die benutzerspezifischen Funktionen erweitert (.auxchestr). Für die operativen Kennungen und die Versionskennung werden eigene Toolchests (.chestr) definiert, die nur benutzerspezifische Funktionen enthalten und nur dann, wenn es die Aufgaben erfordern, einen direkten Zugang zur Shell ermöglichen (i.d.R. ist kein Shellaufruf vorgesehen).

Beispiele:

`.chestr – digi1`

`.auxchestr – gdbadmin`

Werkzeuge
SICAD_Start
PC: GIS_SV
NEDIT
Hardcopy
SICAD_Doku
IRIX_Doku
Abmelden

Abb.6-1: Beispiele für IRIX-Toolchests

Werkzeuge
Desktop
Auswahl
Internet
Suchen
System
SICAD_Doku
IRIX_Doku
Abmelden
SICAD-Batch
SICAD-PC
SQL*Plus
NEDIT
Hardcopy
Hilfe

```
#####
# menu pane descriptions - Datenbankverwaltung (oracle)
#####
# Top Level Menu Description
Menu ToolChest
{
    no-label                f.separator
    no-label                f.separator
    "ORA/GDB-Info"         f.menu Oracle
    no-label                f.separator
    "SQL*Plus"             f.checkexec.sh "winterm -geometry 80x40+100+420 -title \"SQL*Plus\" -icontitle \"SQL*Plus\"
                          -e \"sqlplus system/manager\""
    no-label                f.separator
    "NEDIT"                f.checkexec.sh "nedit"
    no-label                f.separator
    "Console"              f.checkexec.sh "/usr/sbin/startconsole"
    no-label                f.separator
    no-label                f.separator
    "Oracle-Start/Stop"    f.menu OraStart
    no-label                f.separator
    Oracle-BACKUP           f.menu OraSave
}
Menu Oracle
{
    "Liste DB-Benutzer"    f.checkexec "winterm -H -e /bin/csh ${FGIS_SYS_PATH}/sql_fgis/se_user.sql"
    no-label                f.separator
    "Neuer DB-Benutzer"    f.checkexec "winterm -H -e /bin/csh ${FGIS_SYS_PATH}/sql_fgis/cr_usr1.sql"
    no-label                f.separator
    "Summe-ORA-Daten"      f.checkexec "winterm -H -e /bin/csh ${FGIS_SYS_PATH}/sql_fgis/se_data.sql"
    no-label                f.separator
    "Summe-GDB-Daten"      f.checkexec "winterm -H -e /bin/csh ${FGIS_SYS_PATH}/sql_fgis/se_gdbx.sql"
    no-label                f.separator
    "Summe-PRO-Daten"      f.checkexec "winterm -H -e /bin/csh ${FGIS_SYS_PATH}/sql_fgis/se_gdbi.sql"
    no-label                f.separator
    "SGA_Status"           f.separator
    "DB-Struktur"          f.checkexec "/bin/csh ${FGIS_SYS_PATH}/sql_fgis/se_stru.sql"
}
Menu OraStart
{
    "DB_START_UP"          f.checkexec.sh "/etc/init.d/oracle start"
    no-label                f.separator
    "DB_SHUTDOWN"          f.checkexec.sh "/etc/init.d/oracle stop"
}
Menu OraSave
.....
```

6.2.3 Startaufrufe für die Forstanwendungen

Für das Arbeiten mit SICAD stehen verschiedene Lizenztypen zur Verfügung. Die Anzahl der Lizenzen und der Lizenztyp ist dabei dem Aufgabenprofil der jeweiligen GIS-Gruppe (FoD, GA, DB) angepasst. Die verschiedenen Lizenzen unterscheiden sich erheblich in den Kosten:

(Kostenverhältnis : Voll-Lizenz=100 / PC-Lizenz=70 / Batch-Lizenz=10)

Wegen der hohen Kosten von Voll-Lizenzen wurde darauf geachtet, dass sie nur dort eingesetzt werden, wo es unbedingt nötig ist (Digitalisierung). Für alle anderen Arbeiten (Systemverwaltung, Sonderaufgaben) werden PC-Lizenzen bzw. die besonders günstigen Batch-Lizenzen verwendet. Batch-Lizenzen sind nicht grafikfähig, können aber für alle automatisierbaren Abläufe, insbesondere beim Plotten und beim Datenaustausch eingesetzt werden. Die oben dargestellte Benutzerverwaltung unterstützt auch den Einsatz des richtigen Lizenztyps für die Anwendungen.

Der Start von SICAD für die Forstanwendung erfolgt mit den Shell-Scripts `fogis_<typ>`, wobei `typ` für den Lizenztyp steht.

SICAD-Start	Voll-Lizenz	<code>fogis_L</code>
SICAD-Batch	Batch-Lizenz	<code>fogis_B</code>
SICAD-PC	PC-Lizenz	<code>fogis_P</code>

Der Aufruf von SICAD wird über die im Systemenvironment definierten Systemvariablen gesteuert. Sie legen insbesondere die Pfade für die Software und die Customizing-Dateien (SICAD-Umgebung) fest.

Shell-Scripts für den SICAD-Aufruf (`sh fogis_<typ>`):

```
# fogis_L
cd
SICAD_LICENSE=${FGIS_SYS_PATH}/sic_lizenz/LICENSE.STD
SICAD_LIC_TYP=L
export SICAD_LICENSE SICAD_LIC_TYP
echo $SICAD_LICENSE
cp ${FGIS_SYS_PATH}/X11/Xdefaults_L.Xdefaults
unlimit memoryuse
${SICAD_SYS_PATH}/bin/sicad "-S${FGIS_SYS_PATH}/sic_start/${FGIS_USER}" "-C"

# fogis_B
cd
SICAD_LICENSE=${FGIS_SYS_PATH}/sic_lizenz/LICENSE.BATCH
SICAD_LIC_TYP=B
FGIS_ORA_USER=batch/batch
export SICAD_LICENSE SICAD_LIC_TYP FGIS_ORA_USER
echo $SICAD_LICENSE
cp ${FGIS_SYS_PATH}/X11/Xdefaults_B.Xdefaults
${SICAD_SYS_PATH}/bin/sicad "-S${FGIS_SYS_PATH}/sic_start/${FGIS_USER}"

# fogis_P
cd
SICAD_LICENSE=${FGIS_SYS_PATH}/sic_lizenz/LICENSE.PC
SICAD_LIC_TYP=P
FGIS_ORA_USER=fgis/fgis
export SICAD_LICENSE SICAD_LIC_TYP FGIS_ORA_USER
echo $SICAD_LICENSE
cp ${FGIS_SYS_PATH}/X11/Xdefaults_P.Xdefaults
${SICAD_SYS_PATH}/bin/sicad "-S${FGIS_SYS_PATH}/sic_start/${FGIS_USER}" "-C"
```

Die Shell-Scripts setzen die Variablen für die Lizenzen und ggf. die Einstellung für spezielle Datenbankbenutzer. Die lizenzabhängige Datei für die Darstellung des SICAD-Fensters (Abb.6-2) wird kopiert und anschließend SICAD gestartet. Beim Start wird eine dem Benutzer entsprechende Initialisierung der SICAD-Umgebung (`${FGIS_SYS_PATH}/sic_start/${FGIS_USER}`) vorgenommen.

Darstellung des SICAD-Aufrufs im FORST-GIS:

```
sh fogis_<L|B|P>    ${FGIS_SYS_PATH}/bin/fogis_typ    /disk2/fgis/bin

sicasd "-Sstart" "-C"  ${SICAD_SYS_PATH}/bin/sicasd    /disk2/SICAD/bin/sicasd
Initialisierung der SICAD-Umgebung:
"-Sstart"          ${FGIS_SYS_PATH}/sic_start/${FGIS_USER    /disk2/fgis/sic_start/.....
"-C"              optionales Öffnen eines Koordinatenfensters
```

Ablauf beim Laden eines Verfahrens:

- Lizenzen prüfen	<code>\${SICAD_LICENSE}]</code> <code>\${FGIS_SYS_PATH}/sic_lizenz/..</code> <code>\$(LM_LICENSE_FILE)</code> <code>/usr/local/flexlm/licenses/license.dat</code>	Pfad für die Lizenzstrukturdateien /disk2/fgis/sic_lizenz/... Lizenzserver (siehe oben) Pfad für Lizenzdateien
- Menü-Oberfläche	<code>\${SICAD_UI_PARAMETERS}]</code> <code>\$(FGIS_PATH)/GRFE_PARAM/UIP.FGIS</code> <code>\$(SICAD_MM_PATH)]</code> <code>/disk2/fgis/FGIS_Vx/LAYOUT</code>	Pfad für die Menü-Oberfläche (MM) /disk2/fgis/FGIS_Vx/GRFE_PARAMS/.. Pfad für MM-LAYOUT in UIP.FGIS MM-Oberfläche FORST-GIS
- SICAD-Fenster	<code>\$(SICAD_SYS_PATH)/GRFE_PARAM/UIP.STD</code> <code>.Xdefaults</code> <code>/usr/lib/X11/app-defaults/SICAD</code>	Default-Einstellung SICAD Kopie von /disk2/fgis/X11/... Default-Einstellung SICAD
- Datenbank	<code>\$(GDBXPATH)]</code> <code>\$(FGIS_SYS_PATH)/gdb_param</code>	Pfad für die GDB-Parameter /disk2/fgis/FGIS_Vx/gdb_param
- SICAD-Start	<code>\$(FGIS_SYS_PATH)/sic_start/\${FGIS_USER}</code>	/disk2/fgis/sic_start/..... (siehe unten)

6.2.4 Initialisierung der Projektumgebung

Für jeden Benutzer, der SICAD laden kann, gibt es eine Datei mit ausführbaren SICAD-Kommandos zum Initialisieren der Anwendungsumgebung. Die Start-Dateien werden bei SICAD-Aufruf mit "-Sstart" zugewiesen und befinden sich im Dateiverzeichnis `$(FGIS_SYS_PATH)/sic_start`. Die Start-Dateien haben den Namen des Benutzers `$(FGIS_USER)`. Die Zuordnung der Start-Dateien ist in der Tabelle Benutzerkennungen zu ersehen.

Beispiel für eine Start-Datei (digi1) – Digitalisierung:

```
* -----
* START für FGIS-DIGITALISIERUNG      (Beispiel für eine Forstanwendung)
* -----
* Variablendeklaration
* System (Start)
* DEFINE FGISPATH      TEXT    GLOBAL;* Pfad fuer Version
* DEFINE FGISUSER     TEXT    GLOBAL;* Name Benutzer
* DEFINE ORAUSER      TEXT    GLOBAL;* Name/Passw. Oracle-Benutzer
* DEFINE LIZENZ       TEXT    GLOBAL;* Verwendeter Lizenz-TYP (L/P/B/S)
*
* Produktionsenvironment (Start)
* DEFINE KART         TEXT    GLOBAL;* Pfad fuer die Projekt-IDBen
* DEFINE DATA        TEXT    GLOBAL;* Pfad fuer Schnittselliendateien
* DEFINE PLOT         TEXT    GLOBAL;* Pfad fuer CGM-Dateien
*
* Projekt (pl.i.pro)
* DEFINE PRODAT       TEXT    GLOBAL;* Bezeichnug Datentyp      (z.B. NAT)
* DEFINE PRONUM       TEXT    GLOBAL;* FoA/Lkr-Nummer        (z.B. 608)
* DEFINE PROTYP       TEXT    GLOBAL;* Bezeichnug Projekttyp (z.B. FBK)
* DEFINE PRONAM       TEXT    GLOBAL;* Name des Projektes    (z.B. NAT608)
*
* Datenbank (pl.i.gdb)
* DEFINE GBNAME       TEXT    GLOBAL;* Name der vorgemerkten GDB
* DEFINE GBORGA       TEXT    GLOBAL;* Name der GDB-ORGA mit FK/TK-Raster
* DEFINE GBUEB1       TEXT    GLOBAL;* Name der 1. ueberlagerungs-GDB
* DEFINE GBUEB2       TEXT    GLOBAL;* Name der 2. ueberlagerungs-GDB
* DEFINE GBUEB3       TEXT    GLOBAL;* Name der 3. ueberlagerungs-GDB
```

```

* Auftrag (Anwendung)
DEFINE PROANR TEXT GLOBAL;* Auftragsbezeichn.:10VC (z.B. XX)
DEFINE PROAUF TEXT GLOBAL;* Name des Auftrages (z.B. NAT608-XX)
DEFINE PROSAV TEXT GLOBAL;* Name des Sicherungsbildes
DEFINE PROTXT TEXT GLOBAL;* FoA/Lkr-Name: 30VC
DEFINE PRODIS TEXT GLOBAL;* Distriktname: 30VC
*
* -----
* Systemvariablen und Forstenvironment initialisieren
* -----
SET %FGISPATH ENV FGIS_PATH
SET %FGISUSER ENV FGIS_USER
SET %ORAUSER ENV FGIS_ORA_USER
SET %LIZENZ ENV SICAD_LIC_TYP
SET %L0 TXC %LIZENZ.EQ.'L'
*
Produktionsenvironment initialisieren
%KART=%FGISPATH//'/../..//karte/'
%DATA=%FGISPATH//'/../..//daten/'
%PLOT=%FGISPATH//'/../..//sicplot/'
*
GDB-Server (vollständiger Pfad), bei Zusatz-GA
*
%ORAUSER='FODx@FGISx0:'//%ORAUSER
*
%GL0 Eingabesteuerung: .F. > Tablett / .T. > Maus
*
* -----
* Standard-Bibliotheken oeffnen
OPEN PDB TMP.PDB
OPEN PDB (%FGISPATH//'/LIB_PDB/ORGA')
OPEN PDB (%FGISPATH//'/LIB_PDB/DIGI')
OPEN IDB (%FGISPATH//'/LIB_IDB/ORGA') LNR=2
OPEN SDB (%FGISPATH//'/LIB_SDB/ORGA')
OPEN MDB (%FGISPATH//'/LIB_MDB/ORGA')
IF (%L0) OLD LOG.FGIS
IF (.NOT.%L0) OLD LOG.PCBA
*
* -----
* Optionen einstellen
CURSOR XT
DPRIO PRI
OP RUB=ON
OP PRT=N MEL=N SLD=2 TXK=0
OP KUE=0;* Kuerzung GDB-Koordinaten deaktiviert
OP TOL=5 TZL=1 GID=ABST
OP LAT=2 SEQ='LI'
OP PKZ=Z ZPG=2 ZPN=0 PTH=40
OP IFL=0 FCO=0
*
* -----
* Benutzeroberfläche bereitstellen und Datenbank vormerken
* -----
Projekt auswahlen
DOP PL.I.DIG IDB=.T.
*
* -----
* Tablettbereich aktivieren
IF (.NOT.%L0) GOTO NODI
KOM '*** MLD0 > TABLETTBEREICH angeben (lu/ro)'
MSGSUP
BTA # #
%L0=%ERROR
IF (%L0) TABM 0; %GL0=%L0
*
* -----
* Menues aktivieren
IF (.NOT.%L0) MA LUPE -100000 -100000 -99990 -99990
*
FUER FBK und STK Tablett-Menues aktivieren
%T9='*** MLD1 > '//%PROTYP//' TABLETT-MENU aktivieren (lu/ro) '
SET %L1 TXC %PROTYP.EQ.'FBK'
SET %L2 TXC %PROTYP.EQ.'STK'
IF (.NOT.%L0.AND. (%L1.OR.%L2)) KOM %T9
IF (.NOT.%L0.AND.%L1) MA FBK
IF (.NOT.%L0.AND.%L2) MA STK
IF (%L0) KOM '*** MLD2 > Maus-Eingabe'
IF (.NOT.%L0) KOM '*** MLD2 > Tablett-Eingabe'
*
* -----
.NODI UISTATUS '*** BOF > FGIS-DIGITALISIERUNG gestartet - USER : '//%FGISUSER
DOP PL.D.KOM TXT2='FGIS-DIGITALISIERUNG für '//%PRONAM//' arbeitsbereit'
*
* -----

```

Die Einstellungen aus der Start-Datei werden in der Prozedur für die Projektauswahl PL.I.PRO, abhängig vom Projekttyp, teilweise überdefiniert.

6.2.5 Bildschirm-Layout

Die Darstellung des SICAD-Fensters (Abb.6-2) wird gesteuert durch die .Xdefaults (Größe, Einteilung, Text, Fonts, Farben) und den Menüs (SICAD-MM, siehe unten) die geladen werden. Die Auswahl der Menüs ist vom Projekttyp abhängig.

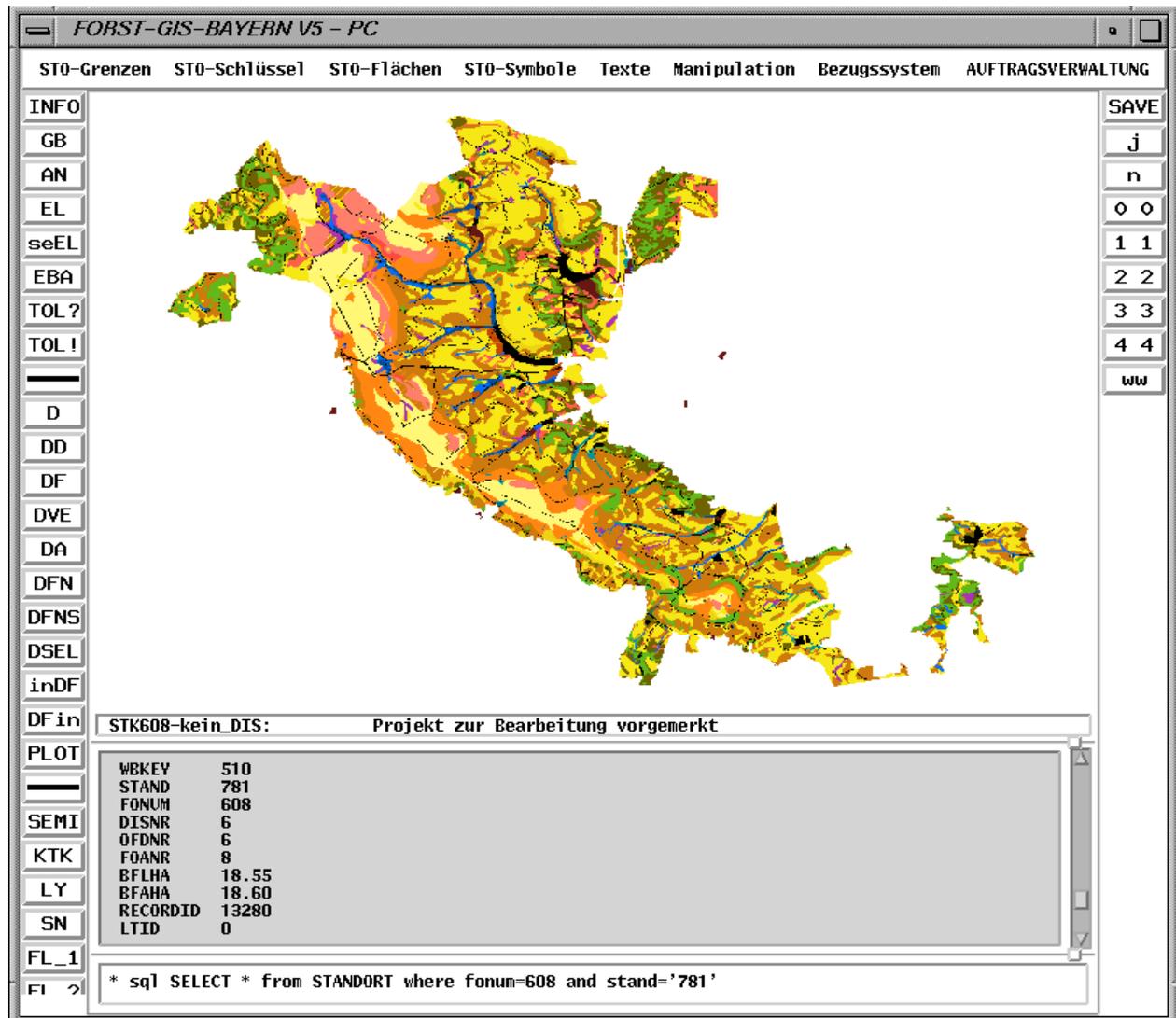


Abb.6-2: Bildschirmlayout für die Digitalisierung

Die Defaulteinstellungen für Größe und Einteilung des SICAD-Fensters in den FORST-GIS-Anwendungen wurde so gestaltet, dass sie optimal den Arbeitsabläufen entsprechen. Insbesondere für die Digitalisierungsanwendungen wurde ein möglichst großes Fenster für die Grafikausgabe angestrebt. Die Einteilung kann vom Anwender geändert werden („Schiebe-Button“ rechts/unten).

Das Fenster besteht aus folgenden Teilen:

- Fenster für die Grafikausgabe (Bildbereich)
- Statuszeile
- Textfenster für den Dialog und die Anzeige von Ergebnissen mit Rollbereich
- Eingabezeile(n)
- Optional ein Koordinatenfenster

Der Rand des Fensters enthält:

- Kopfzeile mit Versionsangabe und Lizenztyp
- Menüleiste mit Pull-Down-Menüs für die Funktionsauswahl
- Statisches Buttonfeld links, mit Hilfsfunktionen
- Dynamisches Buttonfeld rechts, mit optionalen Funktionen (verfahrensabhängig)

Die Fenster werden über den Motif-Window-Manager (mwm) verwaltet und entsprechen dem Standard OSF/Motif. Für die verschiedenen Lizenztypen werden unterschiedliche Xdefaults verwendet. Bei Batch-Lizenzen hat das Grafikfenster eine geringe Bedeutung. Die Xdefaults befinden sich im Verzeichnis $\{\text{FGIS_SYS_PATH}\}/\text{X11}$ und werden beim Start von SICAD in die jeweilige Benutzerkennung kopiert.

Für den Aufruf der SICAD-Funktionen (Prozeduren und Kommandos) werden Pull-Down-Menüs und Button-Felder verwendet, die mit dem SICAD-MenuMaker (Abb.6-3) erstellt wurden. Die Oberfläche ist in **APPLICATIONEN** gruppiert, die die Funktionen für die Anwendungen beinhalten. Die Applikationen bestehen aus Pull-Down-Menüs (**MENUBAR**) und Button-Felder (**BFIELD**, **BITMAP**). Über die Pull-Down-Menüs können die Funktionen (Prozeduren, Kommandos) für eine Anwendung aufgerufen werden. Die Buttonfelder enthalten wichtige Hilfs- und Sonderfunktionen, die erfahrungsgemäß für den Arbeitsablauf wichtig sind. Die Masken werden von Funktionen für die Ein- und Ausgaben verwendet.

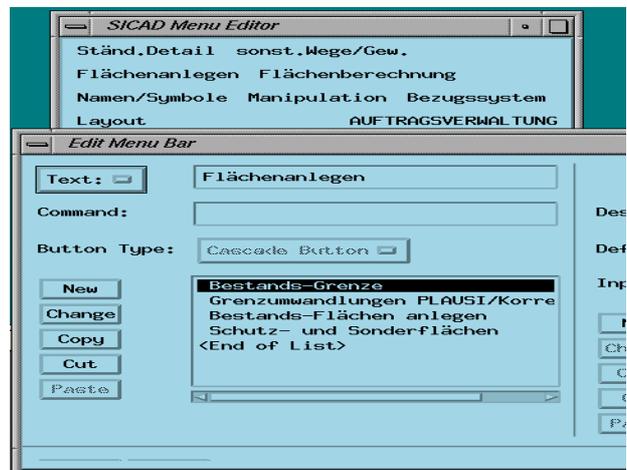


Abb.6-3: Definition von Benutzeroberflächen

Die Benutzeroberfläche des FORST-GIS besteht aus folgenden Komponenten, die im Verzeichnis $\text{/disk2/fgis/FGIS_Vxx/LAYOUT}$ verwaltet werden:

APPLICATION : MENUBAR : BFIELD BITMAP : MASK

```

/disk2/fgis/FGIS_V521/LAYOUT/APPLICATION:
FBK FUK INV LUM NAT ORG SCH STK WFK WWF adm dat krt plo rem
/disk2/fgis/FGIS_V521/LAYOUT/MENUBAR:
FBK FUK INV LUM NAT ORG SCH STK WFK WWF adm dat krt plo rem
/disk2/fgis/FGIS_V521/LAYOUT/BFIELD:
FBK.AW HM HM.NUM HM.TR STK.FL.ZU SY.MIN SY.WAS
FBK.FL HM.LUP HM.SAV HM.TRSNLY SY.ANT SY.REL
FBK.HG HM.LY HM.SN STK.FL SY.BOE SY.STK
/disk2/fgis/FGIS_V521/LAYOUT/BITMAP:
ANT01 BOE09 BOE25 REL07 ..... ZI25
/disk2/fgis/FGIS_V521/LAYOUT/MASK:
AUFTRAG DISTRIKT FLURKARTE PROJEKT RASTER RDLUM RDWFK

```

6.3 Applikationen und Projekte

Den FORST-GIS-Anwendungen sind die SICAD-Applikationen zugeordnet, die die erforderlichen Funktionen (Prozeduren, Kommandos) in Form von Menüs und Buttons zur Verfügung stellen. Die Auswahl der Applikation erfolgt über den Namen des Benutzers $\{\text{FGIS_USER}\}$, bei den Digitalisierungsanwendungen zusätzlich über den Datentyp des Projektes, der dieselbe Bezeichnung hat wie die zugeordnete Applikation (siehe unten).

Die Grundlagen für den Optimierungsgrad der Verfahren im FORST-GIS bilden die Wiederholungsraten der Teilfunktionen einzelner Arbeitsabläufe und die Qualifikation des verfügbaren Personals. Bei hohen Wiederholungsraten können auch geringe Zeitgewinne beim Ablauf einer Funktion in der Summe erhebliche Rationalisierungsgewinne erzielen. Die Eingaben und Entscheidungen des Bearbeiters sind bei den Digitalisierungsprozessen der größte Zeitfaktor im Bearbeitungsablauf. Eine Erhöhung der Rechnerperformance (schnellere Reaktion des Rechners) allein bringt hier meist keine wesentlichen Zeitgewinne, man kann die stärkere Leistung der Rechner jedoch zur weiteren Automatisierung komplexerer Vorgänge nutzen. Zur Beurteilung von Anforderungen für die Änderung und Optimierung von Arbeitsabläufen wird folgende Bewertung eingesetzt:

$$k_M \Delta t h_{pa} \geq k_E t_E / b_R$$

k_M = Lohnkostenfaktor für Bearbeiter
 Δt = Zeitgewinn durch die Optimierung
 h_{pa} = Wiederholungsrate, Häufigkeit im Jahr

k_E = Kostenfaktor für die Entwicklung
 t_E = Zeitaufwand für die Entwicklung
 b_R = Restbetriebszeit in Jahren

Optimierungsansätze bei Digitalisierverfahren müssen in erster Linie auf die Optimierung des Interaktionsprofils hinwirken. Fragen der technischen Realisierung der Verfahren, d.h. „welche Programmiersprache verwendet wurde, mit welchem Programmdesign (objektorientiert oder datenstrukturorientiert) die Programme entworfen wurden oder ob die Programme kompiliert sind oder interpretiert werden müssen“ – sind zunächst zweitrangig.

6.3.1 Verfügbare Applikationen

Zur Zeit sind folgende Anwendungen (Applikationen) im FORST-GIS verfügbar:

Applikationstyp	Benutzer	Applikation	Forst-Anwendung
Digitalisierung:	digi<x>	FBK	<i>Forstbetriebkarte</i>
	digi<x>	STK	<i>Standortskarte</i>
	digi<x>	INV	<i>Inventurauswertungen</i>
	digi<x>	SCH	<i>Schutzwaldsanierungskarte</i>
	digi<x>	NAT	<i>Naturschutzzusatzkarte (Kleinstrukturen)</i>
	digi<x>	WFK	<i>Waldfunktionskarte</i>
	digi<x>	FUK	<i>Forstliche Übersichtskarte mit den Waldbesitzarten</i>
	digi<x>	ORG	<i>Organisationsübersichten</i>
	digi<x>	LUM	<i>Amtliche Schutzgebiete</i>
Organisation:	digi<x>	WWF	<i>Sonderflächen (z.B. FFH)</i>
	<i>gdbadmin</i>	<i>adm</i>	<i>Administration Projekte, Projekt-GDB</i>
	<i>daten</i>	<i>dat</i>	<i>Datenaustausch</i>
	<i>karte</i>	<i>kar</i>	<i>Karten-Layout Bearbeitung</i>
	<i>sicplot</i>	<i>plo</i>	<i>Plotausgabe</i>
	<i>thea</i>	<i>rem</i>	<i>Remotезugriffe auf den zentralen Geodatenserver</i>

Tab.6-2: Verfügbare Applikationen

Die Forst-Anwendungen (Tab.6-2) sind als Sicad-Prozeduren realisiert, die sich in den Prozedurbibliotheken befinden (LIB_PDB), zusätzlich werden Bilder (LIB_IDB), Symbole (LIB_SDB) und Tablett-Menüs (LIB_MDB) verwendet, die sich in den jeweiligen Bibliotheken befinden.

```

FGIS_V52/LIB_PDB: DIGI.dat ORGA.dat ORGA_adm.dat
                  DIGI.idx ORGA.idx ORGA_adm.idx
FGIS_V52/LIB_SDB: FBK.dat FUK.dat LVA.dat ORGA.dat STK.dat WFK.dat
                  FBK.idx FUK.idx LVA.idx ORGA.idx STK.idx WFK.idx
FGIS_V52/LIB_MDB: ORGA.dat ORGA.idx
FGIS_V52/LIB_MDB: ORGA.dat ORGA.idx

```

Die Gestaltung der Grafik am Bildschirm und im Plotfile wird mittels Customizing-Dateien mit Definitionen für Farben, Strichmuster, Flächendarstellungen, etc. gesteuert. Die Bibliotheken und Customizing-Dateien sind zum Teil applikationsspezifisch und werden über den Projekttyp zugeordnet (siehe unten).

```

FGIS_V52/CGM_PARAMS: VLT.FBK VLT.FBK_k VLT.FBK_o VLT.FUK VLT.STK VLT.WFK
FGIS_V52/FCO_PARAMS: FBK.dat FUK.dat STK.dat WFK.dat fco.fbk fco.stk
                  FBK.idx FUK.idx STK.idx WFK.idx fco.fuk fco.wfk
FGIS_V52/GRFE_PARAMS: FT.FGIS FW.STK I.TA16 TABLET.CONFIG.ag
                  FW.FBK FW.WFK LU.FGIS TABLET.CONFIG.a3
                  FW.FBK_k FW.WFK_k LU.STD
                  FW.FBK_s I.MAUS SM.FGIS
                  FW.FUK I.TA05 UIP.FGIS

```

6.3.2 Projektauswahl

Die Bearbeitung der Datenbestände ist im FORST-GIS in Projekten organisiert. Das Projekt ist die zentrale Organisationseinheit für die Abwicklung von Aufträgen und die Verwaltung der Daten. Die Bezeichnung eines Projekts setzt sich aus seinem Datentyp und einer Ordnungsnummer zusammen.

PROJEKT ::= <Datentyp><Ordnungsnummer>

Zuordnung Datentyp – Applikation: Beim Applikationstyp Digitalisierung wird die Anwendung über die Identität der Bezeichnung des Datentyps und der Bezeichnung der Applikation zugeordnet. Für den Applikationstyp Organisation wird die Anwendung über den Namen des Benutzers zugeordnet.

Für die Forstbetriebsplanung (Detailplanung, intern)

- 0 **FBK** Forstbetriebskarte
- 1 **STK** Standortskarte
- 2 **SCH** Schutzwaldsanierungskarte
- 3 **NAT** Naturschutzzusatzkarte (Kleinstrukturen)
- 4 **INV** Inventurauswertungen

Für die forstliche Rahmenplanung (öffentlich-rechtlich)

- 5 **WFK** Waldfunktionskarte
- 6 **FUK** Forstliche Übersichtskarte mit den Waldbesitzarten
- 7 **LUM** Amtliche Schutzgebiete
- 8 **WWF** Sonderflächen (z.B. FFH)
- 9 **ORG** Organisationsübersichten

Die Ordnungsnummer für Projekte ist für die Forstbetriebsplanung die Nummer des Forstamtes, für die forstliche Rahmenplanung die Landkreisnummer. Die zulässigen Nummern werden in Tabellen verwaltet.

Zuordnung Applikation – Customizing: Für die Zuordnung von Customizing-Dateien und Bibliotheken werden die Datentypen zusätzlich zu Projekttypen zusammengefasst. Folgende Projekttypen sind vorgesehen, denen die Datentypen zugeordnet sind:

- 1 **FBK** FBK|INV|SCH|NAT
- 2 **STK** STK
- 3 **WFK** WFK|LUM|WWF
- 4 **FUK** FUK|ORG

Projektumgebung: Die Einstellung der Projektumgebung umfasst die Applikation, die Customizing-Dateien und die Bereitstellung der Geodaten in der Datenbank

- Bibliotheken öffnen f (Datentyp)
- Customizing-Dateien zuordnen f (Projekttyp)
- SICAD-Optionen setzen f (Datentyp)
- Datenbank öffnen und GDB vormerken f (Projekt)



Die Einstellungen werden bei der Auswahl eines Projektes und dem Laden der zugehörigen Applikation von den SICAD-Prozeduren PL.I.DIG für den Applikationstyp Digitalisierung und PL.I.PRO für den Applikationstyp Organisation vorgenommen. Die Auswahl eines Projektes erfolgt über eine Maske (Abb.6-4). Das Öffnen der Datenbank und das Vormerken der GDB erfolgt mit der Prozedur PL.I.GDB. Die Festlegung der zulässigen Projektnummern erfolgt in den Tabellen:

gdbadmin.orga_FOA für forstamtsbezogene Projekte
gdbadmin.orga_LKR für landkreisbezogene Projekte

Nur Projektnummern, die in diesen Tabellen vorgemerkt sind können im FORST-GIS verwendet werden.

Abb.6-4: Maske Projektauswahl

Im FORST-GIS erfolgt die Bereitstellung der Geodaten, der Anwendung, der Systemumgebung und der Customizingtabellen für die Bearbeitung eines Projekts über die Eingabe von nur drei Parametern, diese sind der Benutzername (login) sowie der Datentyp und die Projektnummer. Damit erhalten die Projektbearbeiter die optimal vorbereitete, projektbezogene Arbeitsumgebung mit minimalen Eingaben zur Verfügung gestellt.

7 Indikatoren für die Systemevaluierung

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des FORST-GIS ist die Digitalisierleistung ein zentraler Bewertungsparameter, neben der Anzahl der benötigten Mitarbeiter und der erzielten Datenqualität, die im Kapitel 5 behandelt wurde. Für die Evaluierung des FORST-GIS werden deshalb repräsentative Leistungsdaten benötigt. Zu ihrer Ermittlung sind die Anlagenauslastung und die Digitalisierleistung der Forstdirektionen (FoD) über einen Zeitraum von drei Jahren gemessen und ausgewertet worden. Die Ergebnisse sind auch die Grundlage für die Kalkulation von geplanten Projekten und der monetären Bewertung von Digitalisierungsarbeiten und Vergabeangeboten. Im Einzelnen sind für die GIS-Anlagen der FoD folgende Leistungsindikatoren bestimmt worden:

- Gesamtbetriebszeit der Anlage
- Digitalisierzeit
- Rechnerleistung (CPU-Zeit)
- Anzahl der digitalisierten Elemente
- Datenvolumina der Geodatenbanken

Der Messzeitraum umfasst ca. 600 Arbeitstage und ergibt damit eine Stichprobe von 25% des für die Erfassung der Geodaten (Kernbereiche: FBK, STK, WFK) angesetzten Zeitraums von 10 Jahren.

7.1 Anlagenauslastung für die Digitalisierung

Das Arbeitsprofil der GIS-Anlagen an den FoD umfasst hauptsächlich folgende Arbeiten, wobei die Digitalisierung den Einsatzschwerpunkt bildet:

- Digitalisierung der Geodaten
- Flächenberechnungen und Ergebnislisten
- Plotten von Arbeitskarten
- Datenverwaltung, Datenaustausch und Datensicherung

Die Benutzeroberfläche für die Steuerung der Anwendungen (siehe Kapitel 6) wurde so gestaltet, dass die Trennung von Tätigkeiten möglich ist, in solche, die Graphik benötigen und solche, die ohne Grafik im alphanumerischen Dialog ausgeführt werden können. Diese Maßnahme erlaubt es, die teuren Graphikarbeitsplätze und Softwarelizenzen für die Digitalisierung freizuhalten und die anderen Aufgaben (Flächenberechnung, Plotten, Datenaustausch), weitgehend parallel an einfachen X-Terminals durchzuführen. Durch das parallele Arbeiten können die Anlagen besser ausgelastet werden.

Für die Digitalisierung werden in den FoD 2 bis 5 Digitalisierer eingesetzt, die Sonderaufgaben an X-Terminals oder PC-Arbeitsplätzen werden vom Systemverwalter durchgeführt oder delegiert. Für die Steuerung der Arbeiten wurden am Rechner verschiedene Benutzerkennungen (siehe 6.1) eingerichtet, denen bestimmte Tätigkeitsbereiche zugeordnet sind. Die eingesetzten Rechnerressourcen können damit den Tätigkeiten gegenübergestellt werden, für die sie eingesetzt worden sind.

7.1.1 Ermittlung der Anlagenauslastung

Für die Benutzerbereiche wurden, gegliedert in die zwei Gruppen Digitalisierung und Gesamtbetrieb, die Betriebszeit im Messzeitraum und die benötigte Rechnerleistung (CPU-Zeit) gemessen. Insgesamt wurden sechs Messungen (Nullmessung und 5 Wiederholungen) für einen Messzeitraum von jeweils ca. 120 Arbeitstagen (halbjährlich) durchgeführt.

Erfasste Messwerte:

t_A	= Messzeitraum in Arbeitstagen	[AT]
t_D	= Betriebszeit Digitalisierung in Stunden	[h]
t_B	= Gesamtbetriebszeit in Stunden	[h]
c_D	= CPU-Zeit Digitalisierung in Sekunden	[sec]

Für die GIS-Anlage einer FoD ergeben sich damit:

$d = t_D / t_A$	[h/AT]	mittlere Digitalisierzeit je Arbeitstag
$b = t_B / t_A$	[h/AT]	mittlere Gesamtbetriebszeit je Arbeitstag
$c = c_D / t_D$	[sec/h]	durchschnittliche CPU-Zeit beim Digitalisieren

Für einen Graphikarbeitsplatz (GA):

$$g = d / n = t_D / (n * t_A) \quad [\text{h/AT/GA}] \quad \text{mittlere Betriebszeit eines GA je AT}$$

$n = \text{Anzahl der Graphikarbeitsplätze}$

Für einen Mitarbeiter (MA):

$$a = b / m = t_B / (m * t_A) \quad [\text{h/AT/MA}] \quad \text{mittlere Einsatzzeit eines MA je AT}$$

$m = \text{Anzahl der Mitarbeiter}$

7.1.2 Vorgaben für die Digitalisierung

Vom *StMLF* wurden 1992 für die FoD folgende Einsatzmodelle in Anlehnung an die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der Projektgruppe FORST-GIS (Bericht: Anlage 6, S.23, Tab.13) vorgegeben. In der Vorgabe wird unterschieden zwischen FoD mit einem Graphikarbeitsplatz und solchen mit zwei und mehr Graphikarbeitsplätzen.

Für FoD mit 1 GA: Einsatzmodell **2B40**
 2 Digitalisierer teilen sich einen GA und lasten ihn 40 h in der Arbeitswoche aus. Bei 50 Arbeitswochen ergibt dies eine Betriebszeit von:
 2000 h p.a. (ca. 120.000 min p.a.) für einen GA
 $n = 1$ Sollwerte (Vorgabe)
 $b_0 = 8$ [h/AT]
 $m_0 = 2.5$ [MA]

Für die Auslastung des GA ist der Einsatz von 2 Digitalisierern im Wechsel erforderlich, wofür wegen der nötigen Vertretungen im Urlaubs- und Krankheitsfall 3 MA eingesetzt werden müssen. Parallel dazu werden für nicht grafische Arbeiten am ∞ -Bildschirm 0.5 MA benötigt. Damit ergibt sich eine optimale Besetzung für dieses Einsatzmodell : **2 Digitalisierer + 0.5 Systembetreuer.**

Für FoD mit >1 GA: Einsatzmodell **1B30**
 1 Digitalisierer hat einen GA und lastet ihn 30 h in der Arbeitswoche aus.
 Bei 50 Arbeitswochen ergibt dies eine Betriebszeit von:
 1500 h p.a. (ca. 90.000 min p.a.) für einen GA
 $n > 1$ [2 - 4] Sollwerte (Vorgabe)
 $b_0 = n * 6$ [h/AT]
 $m_0 = 1.3 * n + 0.5$ [MA]

Für die Auslastung des GA ist der Einsatz von 1.3 Digitalisierern erforderlich, wofür wegen der nötigen Vertretungen im Urlaubs- und Krankheitsfall 2 MA eingesetzt werden müssen. Parallel dazu werden für nicht grafische Arbeiten am ∞ -Bildschirm 0.5 MA benötigt. Damit ergibt sich eine optimale Besetzung für dieses Einsatzmodell : **1.3*n Digitalisierer + 0.5 Systembetreuer.**

7.1.3 Bewertung und Vergleich

Für die interne Bewertung und den Vergleich der Ergebnisse mit den Vorgaben werden Koeffizienten abgeleitet, die eine einheitliche Beurteilung der Anlagenauslastung ermöglichen. Die Koeffizienten sollen dabei sowohl die Nutzung der Ressourcen als auch die optimale Anlagennutzung berücksichtigen. Auf die optimale Anlagennutzung während der Digitalisierung kann aus der verbrauchten Rechnerleitung (CPU-Zeit) für einen Digitalisierprozess rückgeschlossen werden. Vorausgesetzt wird dabei, dass für

vergleichbare Tätigkeiten (Interaktionsprofil, Arbeitsgeschwindigkeit) bei der Erfassung die gleiche CPU-Zeit mit Rechnern mit gleichen Leistungsmerkmalen benötigt wird. Als Verknüpfungsfunktion der Komponenten Personal und Gerät wird das geometrische Mittel gewählt, das bei Abweichungen von den Sollwerten den gewünschten Verlauf für die Bewertung ergibt, insbesondere die angestrebte Ausgewogenheit von Personal und Geräten berücksichtigt.

Ressourcenkoeffizient (R/R_0): $R/R_0 = \frac{b}{5\sqrt{mn}}$ ergibt sich aus:

Istwert für den Betrieb: $R = \frac{b}{\sqrt{mn}}$

b = mittlere Gesamtbetriebszeit

m = Anzahl der MA

n = Anzahl der GA

Sollwerte für den Betrieb eines GA:

2B40: $R_0 = \frac{8}{\sqrt{2.5}} = 5.06$

1B30: $R_0 = \frac{6}{\sqrt{1.5}} = 4.90$

Vergleichswert:

$R_0 = 5.0$

Der Vergleichswert enthält einen Bonus von ca. 1/4 h für das Modell 2B40, der den höheren Organisationsaufwand beim Wechsel der Bediener berücksichtigt.

Lastkoeffizient (L/L_0): $L/L_0 = \frac{b}{b_0} \times \frac{c}{c_0}$ ergibt sich aus:

Istwert für die Rechnerlast: $L = b \cdot c$

b = mittlere Gesamtbetriebszeit

c = durchschnittliche CPU-Zeit

Sollwert:

$L_0 = b_0 \cdot c_0$

b_0 = Vorgabe für Betriebszeit

c_0 = Schätzwert für optimale CPU-Zeit

Schätzwert: $c_0 = 275$ [sec/h]

$L/L_0 =$ für 2B40: $\frac{b}{8} \times \frac{c}{275}$ ($n = 1$)

$L/L_0 =$ für 1B30: $\frac{b}{6n} \times \frac{c}{275}$ ($n > 1$)

Der Schätzwert für die optimale CPU-Zeit von Digitalisierungsprozessen beruht auf den Mittelwert aus 20 Messungen über jeweils ca. 120 AT und beträgt 278 ± 7 [sec/h]. Für die Beurteilung der Belastung können folgende Klassen gebildet werden:

$c_0 > 300$	überprüfen \neq Interaktionsprofil
$250 \leq c_0 \leq 300$	optimal
$225 \leq c_0 < 250$	normal
$c_0 < 225$	gering

Betriebskoeffizienten $k = \sqrt{(R/R_0) \times (L/L_0)}$

Gesamtbetrieb (k_B) in %:	Digitalisierung (k_D) in %:
$\frac{2.7b}{n} \sqrt{\frac{c\sqrt{nm}}{b_{0n}m}}$	$\frac{2.7d}{n} \sqrt{\frac{c\sqrt{n(m-0.5)}}{b_{0n}(m-0.5)}}$

b_{0n} = Vorgabezeit für den Einsatz eines GA mit $b_{0n} = \begin{cases} 8 \leftarrow n = 1 \\ 6 \leftarrow n \geq 2 \end{cases}$ [h/AT]

b = mittlere Gesamtbetriebszeit je Arbeitstag [h/AT]

d = mittlere Digitalisierungszeit je Arbeitstag [h/AT]

c = durchschnittliche CPU-Zeit beim Digitalisieren [sec/h]

n = Anzahl der Graphikarbeitsplätze [GA]

m = Anzahl der Mitarbeiter für den Gesamtbetrieb [MA]

Die Betriebskoeffizienten verknüpfen die oben für die Beurteilung der Anlagenauslastung abgeleiteten Koeffizienten für Ressourcen und Rechnerlast. Als Verknüpfungsfunktion wird wiederum das geometrische Mittel gewählt, das im Vergleich zum arithmetischen Mittel den Einfluss der schwächeren Komponente auf die Bewertung verstärkt.

7.1.4 Ergebnisse der Messungen

In der nachfolgenden Tabelle (Tab.7-1) sind die Messwerte und Ergebnisse je FoD zusammengestellt und der Mittelwert für das gesamte FORST-GIS, Dienst Digitalisierung gebildet. Das Ergebnis zeigt, dass die Anlagen für die Digitalisierung zu 90% ausgelastet werden. Eine höhere Auslastung würde mehr Personal erfordern. Eingesetzt waren im Messzeitraum 17 MA, für die Vollaustattung wären 21 MA erforderlich gewesen. Die Auslastung für den Gesamtbetrieb an den FoD beträgt 110% und liegt damit über den Vorgaben.

ANLAGENAUSLASTUNG		Ansbach	Augsburg	Bayreuth	München	Regensbg.	Würzburg	Gesamt
01.01.1994 - 01.06.1996								
Ausstattung:								
Mitarbeiter	m [MA]	2,5	2,5	2	4	4	2	17,0
Grafikarbeitsplätze	n [GA]	1	1	1	4	3	2	12
Einsatzmodell:								
Einsatzzeit Grafikarbeitsplatz mit m0 Mitarbeitern	b0 [h / AT] m0 [MA]	8 2,5	8 2,5	8 2,5	6 5,7	6 4,4	6 3,1	20,7
Meßergebnisse:								
Meßzeitraum in Arbeitstagen	t _A [AT]	599	612	608	544	611	608	597
Betriebszeit Digitalisierung	t _D [h]	4033,9	5109,1	4547,2	10148,7	8373,7	6631,8	38844,4
Gesamtbetriebszeit	t _B [h]	4640,1	7323,5	5813,4	13625,9	11759,1	8097,1	51259,1
CPU-Verbrauch Digitalisierung	c _D [sec]	1001261	1597272	1083057	2069768	2244856	1706380	9702594
opt. CPU-Verbr. bei Digit. [sec/h] = Schätzwert (A1)	275	275	275	275	275	275	275	275
Berechnung aus Meßergebnissen:								
Mittlere Digitalisierzeit / Arbeitstag	d [h / AT]	6,7	8,3	7,5	18,7	13,7	10,9	65,8
Mittlerer Gesamtbetrieb / Arbeitstag	b [h / AT]	7,7	12,0	9,6	25,0	19,2	13,3	86,9
Durchschn. CPU-Last / Digitalisierung	c [sec / h]	248	313	238	204	268	257	250
Mittlere Betriebszeit eines GA	g [h / AT / GA]	6,7	8,3	7,5	4,7	4,6	5,5	5,4
Mittlere Einsatzzeit eines Mitarbeiters	a [h / AT / MA]	3,1	4,8	4,8	6,3	4,8	6,7	5,1
Anlagenauslastungskoeffizienten:								
Gesamtbetrieb	K _B [%]	96	156	123	102	112	122	114
Digitalisierung	K _D [%]	88	115	103	79	82	107	90

Tab.7-1: Ergebnisse der Messung der Anlagenauslastung

7.2 Digitalisierleistung

Die Schwerpunktaufgabe der FoD in den ersten zehn Einsatzjahren ist die **Ersterfassung** der Kerndatenbereiche:

- Forstbetriebskarte mit dem Geobjekt Bestand (FBK)
- Standortkarte mit dem Geobjekt Standorteinheit (STK)
- Waldfunktionskarte mit dem Geobjekt Funktionsfläche (WFK)
- Forstliche Übersichtskarte mit dem Geobjekt Besitzartenfläche (FÜK)

Die Ausstattung des Systems - mit Personal und Geräten - wurde auf die Ersterfassung dieser Themenbereiche abgestimmt, die im ersten 10-Jahresabschnitt des GIS-Einsatzes die Ressourcen weitgehend auslastet. Das wesentliche Kriterium für die Beurteilung der Effizienz des Einsatzes bildet daher die Digitalisierleistung bei der Ersterfassung dieser Themenbereiche.

7.2.1 Ermittlung der Digitalisierungsgeschwindigkeiten

Zur Bewertung der Digitalisierungsleistung wurde synchron zu den Messungen für die Anlagenauslastung, die Anzahl der digitalisierten Elemente je Datentyp (FBK,STK,WFK,FUK) und die Volumina der Datenbanken (M10,M50,M250) ermittelt. Aus diesen Messungen kann mit dem oben berechneten Wert für die mittlere Digitalisierungszeit je Arbeitstag (d), die Digitalisierungsgeschwindigkeit in erzeugten Geometrieelementen pro Stunde bestimmt werden.

Folgende Messwerte wurden erfasst:

t_E	= Messzeitraum in Arbeitstagen	[AT]	
E_k	= Anzahl der digitalisierten Elemente	[EI]	vom Datentyp $k = (F,S,W,U)$
V_g	= Datenvolumen der Datenbank	[MB]	vom Datenbanktyp $g = (M10,M50,M250)$
d	= mittlere Digitalisierungszeit je Arbeitstag	[h/AT]	aus Tab.7-1 übernommen
t	= $t_E \cdot d$ = mittlere Digitalisierungszeit	[h]	

Aus den Messwerten kann die durchschnittliche Anzahl der Elemente ε_k berechnet werden, die in einer Stunde digitalisiert worden ist. Falls im Messzeitraum nur ein Datentyp erfasst wurde, entspricht dieser Wert der gesuchten Digitalisierungsgeschwindigkeit e_k für diesen Datentyp.

$$\varepsilon_k = E_k/t \quad e_k = E_k/t_k \quad \text{mit } k=(F,S,W,U)$$

Im Messzeitraum wurden i.d.R. verschiedene Datentypen erfasst. Die mittlere Digitalisierungszeit (t) konnte jedoch, um den Messaufwand vertretbar zu halten, nur summarisch ermittelt werden zu

$$t = \sum t_k$$

Die Teilzeiten t_k sind somit unbekannt. Führt man nun die Hilfsunbekannten z_k ein, die als Zeitbedarf für die Digitalisierung eines Elements vom Typ k interpretiert werden können, ergibt sich die Beziehung:

$$\sum_k z_k \varepsilon_k = 1 \quad (= 3600) \quad \text{mit } z_k = t_k/E_k = 1/e_k$$

Die Hilfsunbekannten z_k können aus den Messungen geschätzt werden, hierfür sind 18 Messungen über jeweils ca. 120 Arbeitstage ausgewählt worden. Die Schätzung der Unbekannten wird mit der Methode der kleinsten Quadrate durchgeführt (Wolf 1975). Da der Datentyp FUK im Messzeitraum nur von zwei FoD bearbeitet wurde und damit von den Messungen nur schwach repräsentiert wird, werden zunächst nur z_F , z_S und z_W geschätzt. Der Wert für z_U wird anschließend gesondert aus den um die Anteile (F,S,W) reduzierten Messungen für die FoD OB und NO ermittelt.

$$z_F \varepsilon_F + z_S \varepsilon_S + z_W \varepsilon_W = 3600$$

Die $n = 18$ Messungen ergeben für die $u = 3$ Unbekannten ein überbestimmtes Gleichungssystem vom Typ (18,3)

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{I} + \mathbf{v} \quad \text{mit} \quad \mathbf{x} = (z_F, z_S, z_W)^T$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1F} & \varepsilon_{1S} & \varepsilon_{1W} \\ \dots & \dots & \dots \\ \varepsilon_{nF} & \varepsilon_{nS} & \varepsilon_{nW} \end{bmatrix} \quad \text{mit } n = 18 \quad \mathbf{I} = 3600 (1, \dots, 1)^T$$

$$\mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{I}$$

Schätzung nach der Methode der kleinsten Quadrate von C.F.Gauß, wobei gilt mit $\mathbf{P} = \mathbf{E}$ (gleichgewichtete Messungen)

$$\mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{I}$$

Ergebnis x :	$z_F = 27 \pm 1.5$ sec/EI
	$z_S = 25 \pm 3.1$ sec/EI
	$z_W = 50 \pm 4.8$ sec/EI

Daraus ergeben sich die gesuchten Digitalisierungsgeschwindigkeiten e_k , die sich mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95% im angegebenen Konfidenzintervall bewegen.

$$\begin{aligned} e_F &= 130 \pm 8 \text{ El/h} & P_F\{113,147\} &= 0,95 \\ e_S &= 145 \pm 16 \text{ El/h} & P_S\{110,179\} &= 0,95 \\ e_W &= 72 \pm 8 \text{ El/h} & P_W\{55, 89\} &= 0,95 \end{aligned}$$

Die Konfidenzintervalle $P_k\{e_k - t_{f,1-\alpha/2}\sigma_k \leq e_k \leq e_k + t_{f,1-\alpha/2}\sigma_k\} = 1-\alpha$ für die geschätzten Digitalisierungsgeschwindigkeiten e_k ergeben sich unter Verwendung der t-Verteilung. Für eine Sicherheitswahrscheinlichkeit $1-\alpha=0,95$ und $f=n-u=15$ Freiheitsgrade beträgt das benötigte Quantil der t-Verteilung $t_{f,1-\alpha/2}=2.131$. Die Konfidenzintervalle zeigen, dass die Digitalisierungsgeschwindigkeiten mit einer hohen Signifikanz geschätzt werden konnten.

Für die vergleichende Bewertung der Digitalisierleistung werden die Digitalisierungsgeschwindigkeiten auf den Datentyp FBK bezogen, daraus ergeben sich folgende Gewichte $p_k = z_k/z_F$ mit $k=(F,S,W)$,

Gewichte	$p_F = 1.0$	FBK
	$p_S = 0.9$	STK
	$p_W = 1.8$	WFK
Sollwert	$e_0 = 130 \text{ El/h}$	

mit denen die Anzahl der digitalisierten Elemente je Stunde, bezogen auf die FBK, berechnet werden kann ($p_U = 0.9$ für FUK gesondert ermittelt).

$$e = \sum_k p_k \frac{E_k}{t_E d} \quad \text{mit } k = (F, S, W, U)$$

7.2.2 Ermittlung des Datenzuwachses

Zur Kontrolle für die Digitalisierleistung e wird der durchschnittliche Datenzuwachs ν bestimmt. Dieser Kontrollwert muss bei der Ersterfassung weitgehend mit der Digitalisierleistung in Elementen korrespondieren. Es ist zu erwarten, dass das Verhältnis $I=\nu/e$ eine datentypabhängige Konstante bildet, falls die Ersterfassung mit den Standardverfahren durchgeführt wurde. Wenn dies nicht der Fall ist, ist dies ein Hinweis auf größere Änderungsarbeiten. Größere Änderungen während der Ersterfassung können zum Beispiel durch fachlich bedingte Nacharbeiten resultieren (z.B. Aktualisierung der Forsteinrichtung aufgrund von Kalamitäten). Bei der Ersterfassung werden i.d.R. nur neue Elemente erzeugt (insert). Änderungen dagegen bewirken Löschungen (delete) und Neueinträge (insert) in der Datenbank. Der Speicherplatz für gelöschte Elemente wird jedoch erst nach einer explizit angestoßenen Reorganisation der Datenbanken freigegeben. Dieser Sachverhalt kann genutzt werden, um Änderungsarbeiten zu erfassen, die sonst nicht in die Bewertung der Digitalisierleistung eingehen würden.

Im FORST-GIS sind folgende Teildatenbanken vorhanden: M10 für Forsteinrichtung und Standortserkundung, M50 für die Wald funktionsplanung und M250 für die forstlichen Übersichten. Die datentypabhängigen Verhältnisse I_{0g} mit $g=(M10,M50,M250)$ werden als arithmetische Mittel aus den Datenbeständen der FoD berechnet. Der Wert für I_{0M10} wird als Sollwert I_0 verwendet, auf den die anderen Datentypen mittels Gewichtung bezogen werden.

$$\text{Gewichte: } p_{M10} = 1.0 \quad p_{M50} = 0.6 \quad p_{M250} = 0.7 \quad | \quad \text{Sollwert: } I_0 = 135 \text{ Byte/El}$$

Der durchschnittliche Datenzuwachs in einer Stunde für den Messzeitraum ergibt sich damit aus:

$$\nu = \sum_g p_g \frac{V_g}{t_E d} \quad \text{mit } g = (M10, M50, M250)$$

Der Vergleichswert aus der aktuellen Messung : $I = \nu/e$ kann mit dem Sollwert I_0 verglichen werden, bei Abweichungen $> 15\%$ (Normale Änderungen bei der Ersterfassung) sollte bei der FoD die Ursache erfragt werden.

7.2.3 Ergebnis der Messungen

Aus den oben abgeleiteten Größen wird eine interne Bewertung (Tab.7-2) abgeleitet, die eine vergleichende Beurteilung der Digitalisierleistung aller FoD ermöglichen soll. Die Hauptkomponente ergibt dabei der Quodient der aktuellen Digitalisierungsgeschwindigkeit e mit dem Sollwert e_0 . Er sollte den Wert 1 bzw. 100% haben. Als Verstärkungsfaktor wird die Wurzel aus dem Verhältnis der Elementlänge v zum Sollwert v_0 eingeführt, damit größere Änderungsarbeiten in die Bewertung eingehen. Für die Bewertung ergibt sich damit die Beziehung:

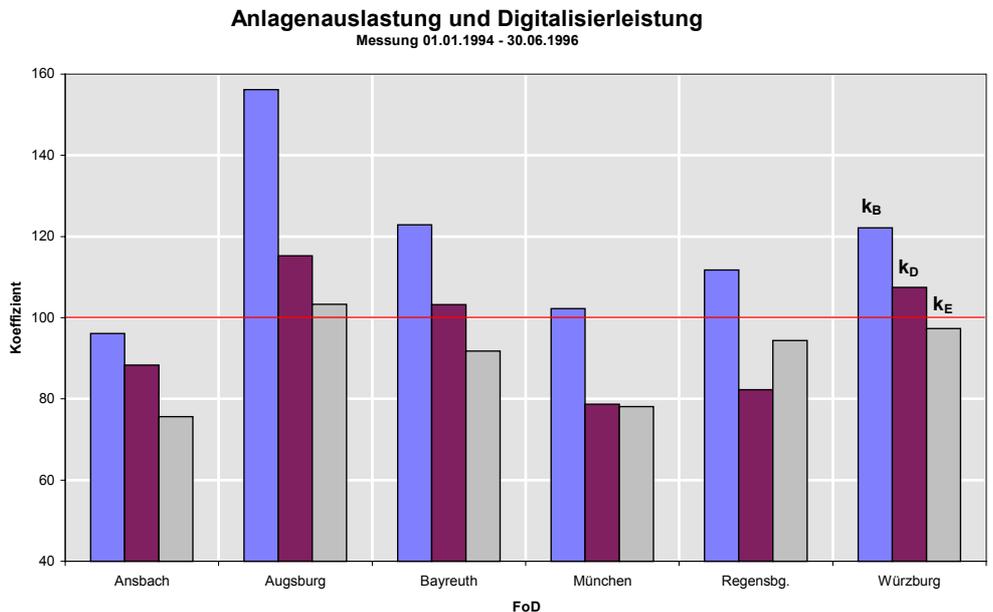
Digitalisierleistungskoeffizient: $k_E = e/e_0 * (v/v_0)^{1/2}$
Führt man die ermittelten Sollwerte ein: $k_E = 0.066 \sqrt{v} e$

DIGITALISIERLEISTUNG		Ansbach	Augsburg	Bayreuth	München	Regensburg	Würzburg	Gesamt
01.01.1994 - 01.06.1996								
Meßergebnisse:								
Meßzeitraum	t_E [AT]	597	615	586	617	608	586	602
Mittlere Digitalisierzeit / Arbeitstag	d [h / AT]	6,8	8,3	7,5	18,5	13,7	10,9	65,7
Digitalisierte Elemente des Datentyps k im Meßzeitraum, $k=\{FBK\}STK\{WFK\}FÜK\}$								
	E_k							
	FBK	202242	406186	415202	776340	542871	314266	2657107
	STK	130274	169490	75417	83137	67460	352347	878125
	WFK	37946	24793	0	43306	179173	58146	343364
	FÜK	0	64390	0	93748	68771	0	226909
Datenvolumenzuwachs der Datenbank g , $g=\{M10\}M50\{M250\}$ im Meßzeitraum								
	V_g [MByte]							
	M10	49,1	100,6	75,3	152,9	98,9	109,0	585,8
	M50	8,5	6,7	0	13,1	48,0	16,1	92,4
	M250	0	(22,0)	0	23,4	17,5	0	40,9
Berechnung aus Meßergebnissen:								
Digitalisierungsgeschwindigkeit:								
	e_k [Elemente / h]							
	FBK	50,1	79,1	94,8	67,9	65,4	49,1	67,2
	STK	32,3	33,0	17,2	7,3	8,1	55,1	22,2
	WFK	9,4	4,8	0,0	3,8	21,6	9,1	8,7
	FÜK	0,0	12,5	0,0	8,2	8,3	0,0	5,7
Digitalisierte Elemente je Stunde bezogen auf die FBK								
	e [Elemente / h]	96,0	123,8	110,2	88,7	119,0	115,0	108,0
Datenvolumenzuwachs bezogen auf die Datenbank M10								
	v [KByte / h]	13,4	20,4	17,2	15,5	16,9	18,5	17,0
Durchschnittliche Elementlänge								
	l [Byte / Element]	140	157	156	175	142	161	157
Digitalisierleistungskoeffizient:								
	k_E [%]	76	103	92	78	94	97	90
Schätzwerte für die Gewichte:								
$P_{\{FBK\}}=1$ $P_{\{STK\}}=0,9$ $P_{\{WFK\}}=1,8$ $P_{\{FÜK\}}=0,9$				$P_{\{M10\}}=1$ $P_{\{M50\}}=0,6$ $P_{\{M250\}}=0,7$				

Tab.7-2: Digitalisierleistung im FORST-GIS

Das Gesamtergebnis der Messungen wird in der Abb 7.1 dargestellt. Es zeigt die Werte für die abgeleiteten Koeffizienten zur Beurteilung des Anlagengesamtbetriebs (k_B), der Auslastung der Digitalisierarbeitsplätze (k_D) und der Digitalisierleistung (k_E).

Abb.7-1: Digitalisierleistung, Anlagenauslastung



7.3 Festlegung von Leistungsdaten

Mit dem abgeleiteten Wert e , der Anzahl der digitalisierten Elemente in einer Stunde, liegt ein Kriterium für die Beurteilung der Digitalisierleistung vor. Im Forstbereich ist es jedoch üblich, die erbrachte Leistung auf Flächen zu beziehen. Die Leistungen insbesondere in der Forsteinrichtung, werden in Minuten je Hektar (min/ha) angegeben. Für die Berechnung der Hektarleistung ist es nötig, die Datendichten (EI/ha) für die einzelnen Datentypen zu ermitteln. Die Werte wurden aus repräsentativen Stichproben der Datenbestände berechnet.

Ergebnis:	FBK 14.4 EI/ha	(Stichprobe 20% von 850.000 ha)
	STK 11.5 EI/ha	(Stichprobe 8% von 630.000 ha)
	WFK 0.2 EI/ha	(Stichprobe 10% von 70.500.000 ha)
	FUK 0.2 EI/ha	(Stichprobe 9% von 70.500.000 ha)

Für die FBK konnte zudem die Streuung des Mittelwertes (Abb.7-2) aus den Daten von 39 FoA berechnet werden. Die Mittelwerte im FoA schwanken zwischen 8.2 EI/ha und 22.9 EI/ha. Der Mittelwert für die Hektarleistung bei der Ersterfassung eines FoA kann somit bei gleicher Digitalisierleistung sehr stark schwanken und bildet deshalb m.E. keine gute Bewertungsmöglichkeit.

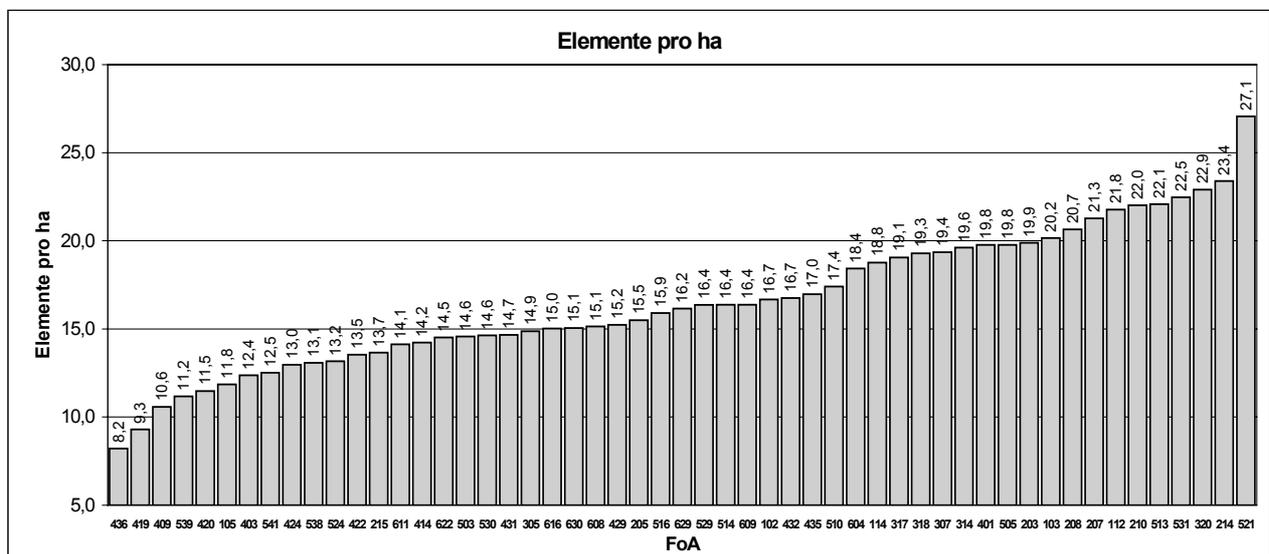


Abb.7-2: Datendichten bei der Forsteinrichtung

Aus den Messungen errechnen sich mit den ermittelten Datendichten die in Tab.7-3 angegebenen Hektar-Leistungsdaten

Datentyp	Digi_Geschw. EI/h	Datendichte EI/ha	Hektar-Leistung min/ha	Intervall
FBK	130 {113 - 147}	14.4	6.6 {7.6 - 5.8}	10.6 - 3.8
STK	150 {110 - 179}	11.5	4.6 {6.2 - 3.8}	
WFK	75 {55 - 89}	0.2	0.16 {0.2 - 0.13}	
FUK	150	0.2	0.08	

Tab.7-3: Kennzahlen für die Digitalisierleistung

Folgende Vorgaben (StMLF 1991, Rottmann 1991) wurden für die Digitalisierleistung gemacht:

	StMLF_Vorgabe	Projektgruppe	manuelle Arbeit
FBK	7.7 - 4.6 min/ha	6.0 - 4.5 min/ha	(12.5 min/ha)
STK	3.9 - 2.3 min/ha	3.4 - 2.5 min/ha	(7.0 min/ha)
WFK	0.26- 0.14 min/ha ^{*)}	0.3 - 0.2 min/ha	(0.5 min/ha)
FUK	0.13- 0.07 min/ha ^{*)}	^{*)} Bayern : 71 Lkr, 70.553.000 ha Staatsgebiet	

Die von der Projektgruppe den Kalkulationen zu Grunde gelegten Erwartungswerte konnten weitgehend erfüllt werden. Bei der STK wurden Teile des Verfahrens (Flächenberechnung, Themenvariation) nicht kalkuliert, die Verfahrensdaten erreichen deshalb die Prognosen und Vorgaben nicht ganz.

7.4 Überprüfung der Digitalisierleistung

Im Rahmen der Einführung neuer GIS-Rechner mit einer höheren Leistung (Performancesteigerung) und aufgrund der Optimierung der Anwendungen wird der zentrale Indikator, die Digitalisierungsgeschwindigkeit für die Forsteinrichtung e_0 um ca. 15% erhöht. Der bisherige Wert $e_0 = 130 \text{ EI/h}$ (System 1993) wird auf $e_0 = 150 \text{ EI/h}$ (System 2000) gesteigert. Die Verhältnisse (Gewichte) zwischen den einzelnen Datentypen bleiben erhalten, da die Produktionsabläufe weitgehend gleich geblieben sind.

Gewichte	$p_F = 1.0$	FBK
	$p_S = 0.9$	STK
	$p_U = 0.9$	FUK
	$p_W = 1.8$	WFK
Sollwert	$e_0 = 150 \text{ EI/h}$	

Für einen MA mit einem GA ergibt sich aus den oben angegebenen Werten bei der geforderten Einsatzzeit von 1.200 h/Jahr ein Sollwert von durchschnittlich 180.000 digitalisierten Elementen im Jahr.

7.4.1 Messprotokoll für Geotransaktionen

Zur Ermittlung der digitalisierten Elemente wird bei jeder Geotransaktion für den Beginn (begin work), das Ende (commit work) oder den Abbruch (rollback work) ein Eintrag in ein Messprotokoll (Loggingdatei) gemacht. Für die Überprüfung der Digitalisierleistung wird die Anzahl der Elemente in einer GDB zu Beginn und am Ende der Geotransaktion ermittelt. Aus der Differenz können Rückschlüsse auf die Digitalisierleistung gezogen werden.

Prjoket	Aktion	Elemente	Datum_Uhrzeit	Auftrag	GDB-Auftragsnummer
FBK109_GBLER	:0003214	:210700_1257	:NW05118	:UF_____20_digi1	<i>begin work</i>
FBK109_GBSAV	:0003234	:210700_1305	:NW05118	:UF_____20_digi1	<i>commit work</i>
FBK109_GBANR	:Abbruch	:240700_1545	:NW04915	:UF_____21_digi1	<i>rollback work</i>

Die Auswertungen des Messprotokolls werden als Benutzer oracle mit dem Programm SQL_Plus durchgeführt. Für die Erstellung von Leistungsbilanzen werden die Logging-Daten der FOD-GIS-Rechner gesammelt und mit dem Programm SQL_LOAD in die Oracle_Tabelle plfgis.account zur Auswertung übernommen.

```

Connect plfgis/plfgis
create table account (
  projekt    VARCHAR2(12),
  auftrag    VARCHAR2(10),
  datum     VARCHAR2(12),
  gdb_anr   VARCHAR2(20),
  element    Number(7),
  status     Number(1))
tablespace work

Sqlload  plfgis/plfgis acc_ldr error=10000
Control-File  acc_ldr.ctl
LOAD DATA
INFILE  "acc_jjmm.lst"
INTO TABLE account
        FIELDS TERMINATED BY ':'
        (Projekt,Element,Datum,Auftrag,GDB_Antr)

```

Das Ergebnis des Ladevorgangs wird in den Dateien acc_ctl.log und acc_jjmm.bad protokolliert. In der Datei acc_jjmm.bad sind alle Datensätze aufgeführt, die nicht in die Tabelle geladen wurden, z.B. Abbrüche oder Sondereinträge (FBK109_GBANR:Abbruch:100800_1610:X_____:UD____49_digi1).

7.4.2 Bilanzierungen für die Projektbearbeitung

An einigen Beispielen sollen Auswertemöglichkeiten der Logging-Daten im Messprotokoll zur Ermittlung von Leistungsdaten und -bilanzen gezeigt werden. Für alle im Messzeitraum bearbeiteten Projekte (FoA / Lkr / Rbz) werden zunächst summarisch die Änderungen der Elemente (MIN/MAX) sowie der resultierende Zuwachs an Elementen in den Projekten aufgelistet.

Projektbilanzen im Messzeitraum:

```
select substr(projekt,1,6) foa, min(element) min_el, max(element) max_el,
       max(element)-min(element) zuwachs
from   account
where  element > 10
group  by substr(projekt,1,6)
order  by 1/
```

FOA	MIN_EL	MAX_EL	ZUWACHS
FBK101	279	17127	16848
FBK209	25	11456	11431
FBK212	152	9848	9696
FBK304	162	33300	33138
FBK315	35	41059	41024
FBK411	11948	28147	16199
FBK418	26846	80426	53580
FBK509	22813	35096	12283
FBK520	333	29069	28736

Diese Übersicht zeigt für die Projekte die Bilanz aller Element-Erzeugungen und Löschungen auf und gibt einen summarischen Aufschluss über alle im Messprotokoll enthaltenen Projekte. Die für weitere Auswertungen relevanten Projekte erhalten den Statuswert 1

```
update account set status=1 where substr(projekt,1,6) in
('FBK101','FBK209','FBK212','FBK304','FBK315','FBK411','FBK418',...);
```

Kontrolle

```
select substr(projekt,1,6) from account where status=1
group by substr(projekt,1,6);
```

Gesamtbilanz der FoD im Messzeitraum:

Ermittlung des nominellen Zuwachses und der absoluten Elementbewegungen je Projektdatenbank sowie großer Transaktionen zur Plausibilitätsprüfung

```
select concat('FOD',substr(l.projekt,4,1)) GDB,
       sum(r.element-l.element) zuwachs,
       sum(abs(r.element-l.element)) elemente
from   account l, account r
where  substr(l.projekt,10,1)='L' and l.status=1 and
       substr(r.projekt,10,1)='S' and r.status=1 and
       substr(l.projekt,1,6)=substr(r.projekt,1,6) and
       l.gdb_anr=r.gdb_anr and
       substr(l.projekt,1,3) IN ('FBK','STK','SCH','INV','NAT')
group  by substr(l.projekt,4,1) order by 1,2
/
select concat('RBZ',substr(l.projekt,4,1)) GDB,
       sum(r.element-l.element) zuwachs,
       sum(abs(r.element-l.element)) elemente
from   account l, account r
where  substr(l.projekt,10,1)='L' and l.status=1 and
       substr(r.projekt,10,1)='S' and r.status=1 and
       substr(l.projekt,1,6)=substr(r.projekt,1,6) and
       l.gdb_anr=r.gdb_anr and
       substr(l.projekt,1,3) IN ('FUK','ORG','WWF','WFK','LUM')
group  by substr(l.projekt,4,1) order by 1,2
/
select distinct substr(l.projekt,1,6) projekt,l.auftrag,
       l.datum von, r.datum bis,
       l.element read, r.element write,r.element-l.element zuwachs
from   account l, account r
where  substr(l.projekt,10,1)='L' and l.status=1 and
       substr(r.projekt,10,1)='S' and r.status=1 and
       substr(l.projekt,1,6)=substr(r.projekt,1,6) and
       l.gdb_anr=r.gdb_anr and
       abs(r.element-l.element) > 2700
order  by 1,3
```

GDB	ZUWACHS	ELEMENTE
FOD1	81745	82295
FOD2	145839	148945
FOD3	82590	344712
FOD4	238367	246321
FOD5	330067	338203
FOD6	137208	140562

GDB	ZUWACHS	ELEMENTE
RBZ1	7	181
RBZ6	-789	913
RBZ7	53	53

Aus dem Zuwachs und der absoluten Elementbewegung lassen sich auf Ebene der Transaktionen die Gesamtzahlen der digitalisierten und gelöschten Elemente berechnen.

Addition und Subtraktion ist assoziativ und kommutativ, damit kann die Reihenfolge der Elementänderungen je Transaktion umgruppiert werden

$$z = \Sigma e = \Sigma e^+ + \Sigma e^-$$

$$a = \Sigma |e| = \Sigma e^+ - \Sigma e^-$$

woraus sich ergibt:

$$\Sigma e^+ = (z+a)/2$$

$$\Sigma e^- = (z-a)/2$$

PROJEK	AUFTRAG	VON	BIS	READ	WRITE	ZUWACHS
FBK305	XXXVII	081100_0810	091100_0844	103388	126567	23179
FBK305	XV	081100_1456	081100_1501	110172	103420	-6752
FBK305	XV	081100_1556	081100_1600	110248	103496	-6752
FBK305	XLI	131100_1604	131100_1659	125248	120315	-4933

Transaktionsverlauf für einzelne Projekte im Messzeitraum:

Erstellen eines Profils für die Überprüfung des Verlaufs der Geotransaktionen

```
select distinct substr(l.projekt,1,6) projekt, l.auftrag,
  substr(l.datum,6,1) j,substr(l.datum,3,2) m,substr(l.datum,1,2) d,
  substr(l.datum,8,4) zeit, l.element, r.element-l.element zuwachs
from account l, account r
where substr(l.projekt,10,1)='L' and
  substr(r.projekt,10,1)='S' and
  substr(l.projekt,1,6)=substr(r.projekt,1,6) and
  l.gdb_anr=r.gdb_anr
and substr(l.projekt,1,6) in ('FBK318')
```

order by 1,3,4,5,6
/
Beispiele für weitere Auswahlbedingungen:
and substr(l.projekt,1,3) = 'FBK'
and substr(l.projekt,4,1) = '4'
and substr(l.projekt,4,3) in ('301','207',
.....)
ohne Auswahl-Bedingung: Alle Projekte

PROJEK	AUFTRAG	J	M	D	ZEIT	ELEMENTE	ZUWACHS
FBK318	NW08617	000710	1208			76154	437
FBK318	NW08617	000711	0732			76591	0
FBK318	NW08617	000711	0735			76591	163
FBK318	NW08618	000711	1039			76754	222
FBK318	NW08618	000711	1322			76976	393
FBK318	NW08618	000711	1454			77369	0
FBK318	NW08519	000711	1540			77369	159
FBK318	NW08619	000711	1554			77528	714
FBK318	NW08619	000712	0741			78242	181
FBK318	NW08519	000712	1007			78423	42
FBK318	XXV	000712	1109			78465	0
FBK318	XXII	000712	1216			78465	0
FBK318	XXIII	000712	1240			78465	0
FBK318	XXIII	000712	1553			78465	322
FBK318	XXIV	000713	0742			78787	726
FBK318	XXV	000713	1239			79636	874
FBK318	XXIV	000714	0828			80510	23
FBK318	XXV	000714	0856			80533	24
FBK318	V	000714	0916			80557	-2

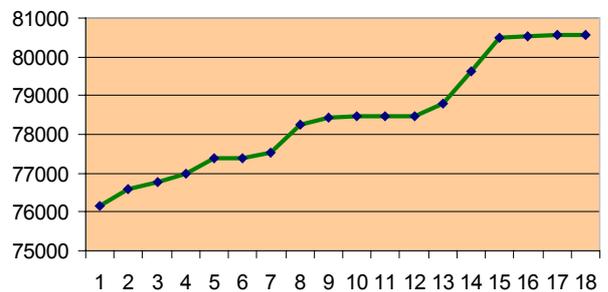
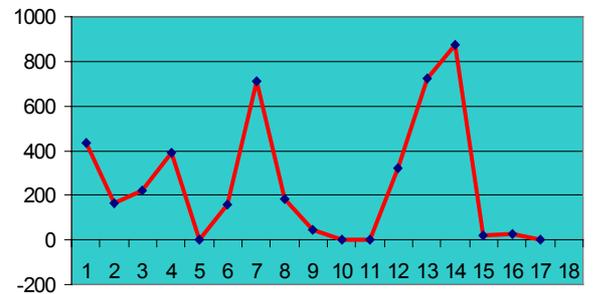


Abb.7-3: Projektprofil / Transaktionsverlauf

Zur Darstellung der Projekt-Profile können aus den Listen Kurvendiagramme erstellt werden, die den Digitalisierungsverlauf (Summenkurve) oder den Elementzuwachs je Transaktion darstellen (Abb.7-3).

Mit den abgeleiteten Leistungsdaten können die erforderlichen Kapazitäten für geplante Projekte kalkuliert, Kostenvergleiche für Vergabeangebote durchgeführt und der Arbeitseinsatz für bearbeitete Projekte bewertet werden.

8 Distribution digitaler Karten im Internet

Nach 10 Jahren Produktion mit dem FORST-GIS stehen heute umfangreiche Geodaten für den Forstbetrieb und die forstliche Rahmenplanung zur Verfügung. Damit die ca. 1000 Forstämter und Forstdienststellen diese Daten in Zukunft nicht nur als analoge Forstkarten nutzen können, sondern auch in digitaler Form, werden neue Verfahren entwickelt, um die vorgangsbezogene Distribution der Geodaten als digitale Karten zu ermöglichen (Abb.8-1). Die technische Grundlage für den Einsatz der Geodaten als digitale Karten bildet eine neue Rechnergeneration, deren Beschaffung ab 2003/4 geplant ist, in Verbindung mit einem leistungsfähigen Datennetz. Als neue Rechnergeneration sind sogenannte ThinClients vorgesehen, dies sind Rechner, die über keine lokalen Ressourcen für die persistente Speicherung verfügen und deshalb sowohl Daten als auch Programme über das Netz laden müssen. Diese Rechnerarchitektur wird auch als "3-Tier-Architecture" (3 Ebenen) bezeichnet, sie ist eine Erweiterung der klassischen Client-Server-Architektur, und sieht zentrale Services für Datenbanken und Anwendungen kombiniert mit dezentralen "Terminals" vor. Ein solches Konzept hat den Vorteil, dass die EDV-Dienste (wieder) gebündelt werden – im Sinne klassischer Rechenzentren ("Rechnerfarmen") – und damit die Fachanwender vor Ort von EDV-Aufgaben entlastet werden können. Da die Distribution der Geodaten sich in dieses Konzept einfügen soll, kommt nur der Einsatz von Inter-/Intranettechnik in Frage. Hierfür wird eine GIS-Anwendung (z.B. Java-Applet) über das Netz in den ThinClient geladen, die den Zugriff auf die Geodaten im Intranet und auf externe Geoportale im Internet ermöglicht und steuert.

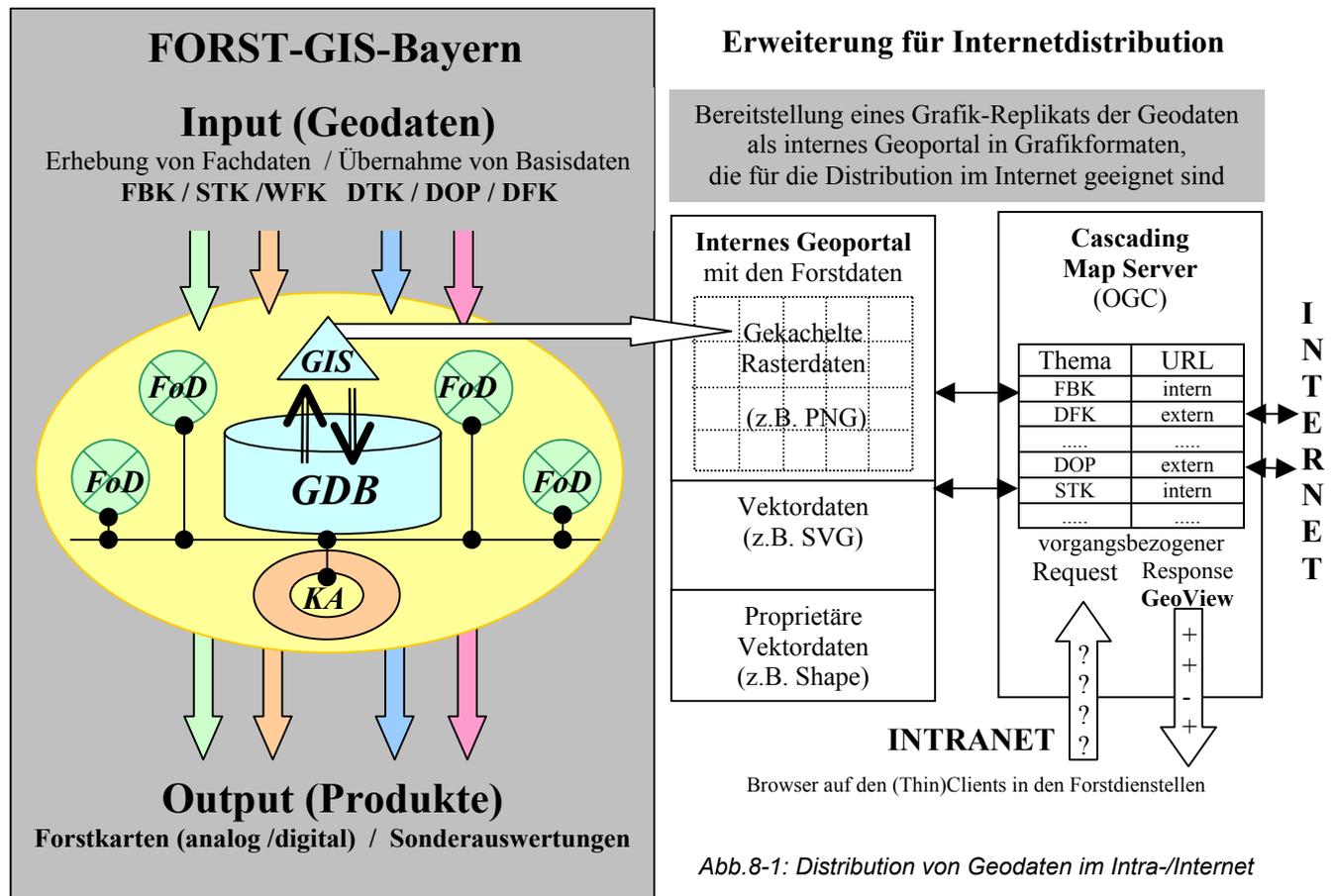


Abb.8-1: Distribution von Geodaten im Intra-/Internet

Für die Nutzung der Geodaten im Intranet müssen diese zunächst in geeignete Datenformate umgewandelt werden, heute sind meist nur Rasterdaten im Einsatz (PNG, JPEG). Standards für Vektordaten (SVG) und objektstrukturierte Vektordaten (GML) sind in Vorbereitung. Die einschlägigen Normen und Standards werden von ISO und OGC erarbeitet und verabschiedet. Die Konvertierung der Geodaten für die Bereitstellung als digitale Karten im Netz kann auf zwei Wegen erfolgen, durch eine Ad-hoc-Umsetzung aus den Geodatenbanken bei jedem Zugriff (Request) oder durch eine Präparation des Gesamtdatenbestandes. Der erste Weg kommt dabei für Daten mit einer hohen Dynamik, der zweite für mehr statische Daten in Frage. Forstliche Geodaten sind aus EDV-Sicht zu den statischen Daten zu rechnen,

da sie nur geringen Änderungen unterliegen. Um die meist hohen Lizenzkosten für "Ad-hoc"-Mapserver zu vermeiden ist es für solche statischen Geodaten sinnvoll, die Datenbestände für den Netzgriff vorzubereiten (präparieren) und nach Bedarf zu aktualisieren. Dazu wird aus den Geodatenbanken ein sekundärer Datenbestand abgeleitet, den man als Grafik-Replikat betrachten kann, das in einem geeigneten Format und Layout in einer netzlastorientierten Fragmentierung (Kacheln) erstellt wird. Seine Forführung kann je nach Bedarf ereignisgesteuert seitens des GIS z.B. mit Unterstützung von Datenbanktriggern erfolgen.

In einer ersten Stufe ist geplant die Geodaten des FORST-GIS, als PNG-Kacheln "nahe" am Intranet-server bereitzustellen, um schnelle Zugriffe zu ermöglichen. Nach Bedarf und Verfügbarkeit sollen später auch Vektorformate (z.B. SVG, CGM, GML) oder das proprietäre Shape-Format zum Einsatz kommen. Die Bereitstellung des Grafik-Replikats für Zugriffe wird über ein (internes) Geoportal realisiert, das die Zugriffe steuert und die Geodaten aufbereitet und an den anfordernden Clienten zurückschickt. Die Konfiguration eines solchen Geoportals kann nach den von der OGC vorgeschlagenen Standards (siehe <http://www.opengis.org/techno/implementation.htm>) erfolgen. Für die Bereitstellung der Forstdaten in einem Geoportal ist folgender Aufbau des Grafikreplikats geplant:

- Inhalte nach Themen und Auflösung gliedern
- Unterstützung mehrstufiger räumlicher und semantischer Zugriffe
- Beschreibung der zugriffsrelevanten Metadaten
- Kachelgröße für die Rasterdaten auf die Netzleistung abstimmen
- Daten möglichst nah am Netz, eventuell direkt auf dem Intranetserver bereitstellen
- Kacheln für den schnellen Zugriff als Dateien verwalten (für Bayern einige 100000 erforderlich)
- Fortführung über Austausch von Kacheldateien, bei Änderungen werden alle betroffenen Kacheln neu generiert und ausgetauscht

Bei der vorgangsbezogenen Nutzung der Geodaten in der Forstverwaltung ist häufig auch die Überlagerung externer Datenquellen der Vermessungsverwaltung und anderer Fachverwaltungen erforderlich. Der Zugriff von Vorgängen (Applikationen), die solche kombinierten Datenquellen (GeoView) benötigen kann über einen Cascading Map Server realisiert werden, der den Request eines Clienten auspaltet in interne und externe Subrequests und die benötigten Quellen sammelt, aufbereitet und zurückschickt (Response). Voraussetzung für den Einsatz dieser Technik ist jedoch, dass die Vermessungsverwaltung und die anderen relevanten Datenlieferanten ihre Geodaten in einer entsprechend standardisierten Form bereitstellen. Dieses Ziel wird von den Ländern mit den Aktivitäten zum Aufbau einer Geodateninfrastruktur (GDI) verfolgt. Unter GDI versteht man dabei, die vorliegenden digitalen Geoinformationen über Internet-Dienste öffentlich verfügbar zu machen, damit sie in vielen Bereichen des öffentlichen und wirtschaftsbezogenen Handelns genutzt werden können. Dazu gehört u.a., dass die Datenbestände durch Metadaten für den Zugriff beschrieben werden, dass die Daten aus verteilten Datenbeständen ausgesucht und die gewünschten Geoinformationen über ein elektronisches Netzwerk mit Internet-Technologie und standardisierten Interaktionen zum Nutzer übermittelt werden können.

GDI = { Geodatenbasis, Dienste, Standards, Netze }

Ziel ist es, dass alle relevanten Datenanbieter, z.B. die Landesbehörden und Kommunen sich an der GDI beteiligen, damit ihre Geodaten, die von anderen Institutionen oder dem Bürger benötigt werden für einen medienbruchfreien, standardisierten Zugriff mit Internetapplikationen (Dienste) in öffentlichen oder behördlichen Netzen bereitstehen.

Digitale Karten bilden jedoch meist nur den Hintergrund oder den Raumbezug für die Bearbeitung von Vorgängen. Für ihre sinnvolle Nutzung in der Verwaltung ist deshalb nicht nur die digitale Präsentation, sondern auch ihre Übernahme in andere Anwendungen (z.B. Textverarbeitung, Buchhaltung) nötig, und es müssen Bearbeitungsfunktionen bereitgestellt werden, mit denen in den digitalen Karten ein Bezug zum jeweiligen Vorgang hergestellt werden kann (Texteinträge, Markierungen, Abgrenzungen, Berechnungen). Mit der Bereitstellung der Geodaten des FORST-GIS im Intranet soll die breite, vorgangsbezogene Nutzung der forstlichen Geoinformation in den Dienststellen der StFoV unterstützt werden, um eine stärkere Integration der Geodaten in raumbezogene Vorgänge zu erreichen. Bei Bedarf soll damit die vollständige Beschreibung der Geoobjekte mit Grafik und Attributen möglich sein. Voraussetzung dafür ist die Verfügbarkeit eines umfassenden, inhaltlich richtigen und zuverlässigen Geodatenbestandes, der im Rahmen der relevanten Erhebungsvorgänge (z.B. Forsteinrichtung, Inventur) laufend erweitert und aktualisiert wird und eine GDI für den Zugriff auf die benötigten Geobasisdaten der Vermessungsverwaltung.

9 Zusammenfassung und Ausblick

In der Arbeit werden die wesentlichen konzeptionellen Aspekte eines Fachgeoinformationssystems für forstliche Zwecke zusammengestellt. Aufbauend auf die anwendungsbezogene Begriffsbestimmung und einer Taxonomie für GIS wird zunächst das fachliche Grobkonzept angegeben, aus dem die Systemarchitektur hergeleitet wird. Den Kern der Arbeit bildet das Design der Geodatenbanken, das speziell für ein flächenorientiertes GIS im Kontext forstlicher Fachfragen neu zu entwickeln war. Das Datenmodell wird aus konzeptioneller und logischer Sicht dargestellt sowie seine physische Umsetzung mit konkreten Datenbankprodukten aufgezeigt, wobei ein besonderes Gewicht auf der Bedeutung des Raumbezugs liegt. Ein kurzer Überblick über die Eigenschaften von Verfahren und Methoden für den wirtschaftlichen Betrieb, eine Betrachtung von Indikatoren zur Evaluierung der Geodatenbanken sowie ein Ausblick auf die weitere Entwicklung ergänzen die Gesamtdarstellung des FORST-GIS.

Die beiden Hauptziele des FORST-GIS, die rationelle automationsgestützte Produktion der Forstkarten und die Mehrfachnutzung der wertvollen Geodaten für neue Fachanwendungen konnten erreicht werden. Seit seiner Einführung und in Betriebnahme 1993 hat sich das FORST-GIS zu einer der größten mitteleuropäischen Geodatenbasen für forstliche Zwecke entwickelt. Die automationsgestützte Fertigung aller Forstkarten war und ist der Einsatzschwerpunkt, an dem die Wirtschaftlichkeit des gesamten Systems gemessen wird. Zusätzliche Möglichkeiten für die Mehrfachnutzung der Geodaten werden zunächst nur als gewünschte Nebeneffekte betrachtet, sie können auch erst dann einen Nutzen tragen, wenn sie auf der Grundlage des nun verfügbaren, repräsentativen Datenbestandes zu einem breiten Einsatz in der Bayerischen Staatsforstverwaltung kommen. Die Zwischenbilanz des FORST-GIS zeigt nach zehn Jahren Produktion den planmäßigen und erfolgreichen Verlauf des Projekts, der sich sowohl in der Verringerung des eingesetzten Personals als auch in der Reduktion der Fertigungskosten für die Forstkarten niederschlägt. Die Gesamtwirtschaftlichkeit des FORST-GIS wurde durch die Prüfung des Bayerischen Obersten Rechnungshofes (ORH) im IV. Quartal 2002 bestätigt.

Organisation und Dienstleistung	Produktion von Forstkarten	Konzeption und Entwicklung
Betrieb und Ressourceneinsatz	digitale und analoge Forstkarten landesweite Geodatenbestände	Geodatenbanken und Anwendungen
Auftragsabwicklung <ul style="list-style-type: none"> • Geräte-, Personaleinsatz • Sicherung des technischen Betriebs, Fehlerbehebung • Qualitätssicherung • Überprüfung der Leistung Planung <ul style="list-style-type: none"> • Finanzmittel • Betriebsmittel • Wartung und Pflege • Systementwicklung Anwenderbetreuung Fortbildung	Detailpläne <ul style="list-style-type: none"> • Forstbetriebskarte • Standortskarte • Schutzwaldsanierungskarte • Luftbildkarten Rahmenpläne <ul style="list-style-type: none"> • Waldfunktionen • Amtliche Schutzgebiete • Naturschutz (FFH/SPA) Übersichtskarten <ul style="list-style-type: none"> • Forstorganisation • Waldbesitzarten • Inventurkarten 	Entwurf und Realisierung <ul style="list-style-type: none"> • Datenbanken und Modelle • Geodätische Abbildungen und Referenzsysteme (Raumbezug) • Methoden für die Datenerfassung • Methoden für die kartographische Präsentation • Methoden für Auswertungen • Integration von externen Datenquellen (GDI) Weiterentwicklung
Forstanwendungen (Datenerfassung, Kartenfertigung, Auswertungen und Analysen)		
Einsatz der EDV-Komponenten <ul style="list-style-type: none"> • Hardware, Rechner und Grafikarbeitsplätze • Betriebssysteme (UNIX, NT) • Datenbanksoftware (Oracle) • Entwicklungstools und Editoren • Datensicherung und Archivierung • Netze (LAN, WAN, Internet) 	Einsatz der GIS-Basis-Software <ul style="list-style-type: none"> • GIS-Produkte (SICAD, ArcView) • Geodatenbank (SICAD-GDB, DB-Extension) • Plot-Software (Grafikkonverter für Vektor- und Rasterformate) • Datenschnittstellen für Modelldaten • GIS/Internet-Services 	

Tab. 9-1: *Fachaufgaben im FORST-GIS*

Die Konzeption und Realisierung des FORST-GIS als Dienstleister für die Bayerische Staatsforstverwaltung ist eine interdisziplinäre Fachaufgabe (Tab.9-1). Aus organisatorischer Sicht besteht das FORST-GIS aus verteilten Subsystemen, in denen Personal und Geräte mit definierten Aufgabenprofilen zusammengefasst sind. Aus technischer Sicht beruht das System auf dem Zusammenspiel von Konzepten der Informatik, Geodäsie und Kartographie im Kontext forstlicher Aufgabenstellungen.

Nach zehn Jahren Aufbau enthalten die Geodatenbanken des FORST-GIS repräsentative Bestände für die Kernbereiche forstlicher Geoinformation; teilweise liegen die Themen bereits flächendeckend für ganz Bayern vor. Der StFoV steht somit ein umfangreicher **Geodatenbestand zur Verfügung, dessen Informationsgehalt den fachlichen Vorgaben entspricht, dessen Datenmodell die Geoinformation nach Themen, Folien und Geoobjekten auf Grundlage eines definierten Raumbezugs strukturiert, dessen Qualität durch dokumentierte Prüfungen und gespeicherte Qualitätsmerkmale beschrieben wird, und der mit einer evaluierbaren Wirtschaftlichkeit entstanden ist.** Die Geodaten sind für die Kartenproduktion folienstrukturiert, für thematische Anwendungen und Analysen zusätzlich objektstrukturiert. Für die Geokodierung wird das amtliche Gauß-Krüger-Koordinatensystem verwendet, das die geodätische Grundlage des gesamten Datenbestandes bildet und als Raumbezugssystem in allen Verfahren repräsentiert ist.

Nachdem in 2001 die Modernisierung der Systembasis abgeschlossen werden konnte, werden nun auf der Grundlage der verfügbaren Datenbestände neue Ziele angegangen. Das nächste angestrebte Ziel für die Erweiterung des FORST-GIS ist die vorgangsbezogene Datendistribution der verfügbaren Geodaten, wobei ihre Nutzung in Form digitaler Karten online oder offline, für den Bürobetrieb von Forstämtern oder anderer Forstdienststellen vorgesehen ist. Eine Integration der Geodaten in Verwaltungsvorgänge, die auf Geodaten Bezug nehmen soll möglich sein. Dadurch kann auch die teure Papieraufgabe großformatiger Forstkarten auf das unbedingt nötigste Maß reduziert werden. Für die Online-Nutzung der Geodaten ist geplant, sie im Intranet der Bayerischen Staatsforstverwaltung in geeigneter Form bereitzustellen und in Verbindung mit entsprechenden Softwareprodukten und der im Aufbau befindlichen Geodateninfrastruktur Bayern (GDI) vorgangsbezogen als digitale „GeoViews“ bereitzustellen. Ein GeoView entsteht dabei aus der Kombination aller für einen Vorgang erforderlichen Geodatenquellen.

Für die Planung und Konzeption weiterer Ziele wurden bereits konkrete Maßnahmen eingeleitet. So ist es der StFoV gemeinsam mit der TUM, Lehrstuhl für Geodäsie, gelungen im Rahmen der High-Tech-Offensive der Bayerischen Staatsregierung das HTO-Projekt 33 „*Verbundprojekt: Forschung über Waldökosysteme*“ zu platzieren. Dieses HTO-Projekt kann als eine wichtige Forschungsplattform für mittelfristige Erweiterungsmöglichkeiten des FORST-GIS genutzt werden, die Ergebnisse werden bis Ende 2004 vorliegen. Schwerpunkte aus Sicht des FORST-GIS bilden die Teilprojekte 33-1 „*Geodatenserver für forstwirtschaftliche und touristische Anwendungen*“ und 33-2 „*Sensorgestütztes mobiles Geoinformationssystem*“. Aus dem Teilprojekt 33-1 können wertvolle Ergebnisse für eine alternative oder eine zukünftige Konfiguration des FORST-GIS erwartet werden, die in die Planung und Konzeption der nächsten Systemgeneration (geplant für 2006/7) eingehen. Das Teilprojekt 33-2 bildet die Grundlage für den Einsatz der Geodaten im Wald für Spezialisten, wie z.B. Forsteinrichtern oder Inventurtrupps, in Verbindung mit elektronischen Erfassungsmethoden. Hier soll insbesondere eine technische Lösung für robuste, waldaugliche Rechner in Kombination mit verschiedenen Mess-Sensoren (z.B. GPS) prototypisch entwickelt sowie die speziellen Anforderungen für ihren Einsatz im Wald geklärt werden. Von diesem Prototyp werden Aufschlüsse über die Realisierungs- und Einsatzmöglichkeiten eines leistungsfähigen, mobilen GIS erwartet, das die Nutzung der Geodaten vor Ort für Navigationszwecke und die Erfassung neuer Geodaten und beschreibender Attribute ermöglicht.

Mit dem FORST-GIS hat die Bayerische Staatsforstverwaltung ein Instrument zur Verfügung, das auf Grundlage seiner Geodatenbanken neben der effizienten Produktion der Forstkarten in Zukunft auch die Nutzung der umfangreichen Geodatenbestände für den Forstbetrieb und die Forstpolitik in allen Forstdienststellen erlauben wird und die Geodaten mittels mobiler Systemkomponenten auch für die Navigation und die Datenerfassung im Wald einsatzfähig machen wird.

Literaturverzeichnis

- Aigner M. (1984)** *Graphentheorie, Eine Entwicklung aus dem 4-Farben Problem*
Teubner Verlag, Stuttgart
- Albertz J., Kreiling W. (1980)** *Photogrammetrisches Taschenbuch, 3. Auflage,*
Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe
- ANSI/SPARC (1975)** *ANSI/X3/SPARC Study Group on Data Base Management Systems,*
Report 75-02-08
- Atkinson M. et al (1989)** *The Object-Oriented Database System Manifesto,*
In Proceedings of the first international DOOD conference, Kyoto
- Bauch A. (2000)** *Vom GPS-frame ins lokal historische Lagefestpunktfeld,*
TUM, Ingenieurvermessung 2000, Tutorial 1: Bezugssysteme in Lage und Höhe
- Bauer F.L., Goos G. (1991)** *Informatik - Eine einführende Übersicht, 4. Auflage,*
Springer Verlag, Berlin
- Bauer W. (1995)** *Konzeption und Genauigkeitsuntersuchungen von Koordinatentransformationen*
für das Informationssystem der Bayer. Staatsforstverwaltung,
TUM, Bereich Geoinformatik, Diplomarbeit
- Bayer. Ingenieurkammer Bau (1996)** *Leitfaden für die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems*
im Ingenieurbüro, 2.Auflage, München
- Bayer. Staatskanzlei und alle Staatsministerien (1992)** *Gemeinsame Bekanntmachung über den Aufbau raumbezogener*
Informationssysteme vom 7. Januar 1992, AllMBI S. 104, FmbI S.118
- Bayer. StM für Wirtschaft, Verkehr und Technologie (1998)** *Qualitätsmanagement für kleine und mittlere Unternehmen- Ein Leitfaden zur*
Einführung eines Qualitätsmanagementsystems, München
- Bayerische Staatsforstverwaltung (2002)** *Jahresbericht 2001, Bayer. StM für Landwirtschaft und Forsten, München*
<http://www.forst.bayern.de>
- Bayerische Vermessungsverwaltung (2002)** *Geobasisdaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung,*
<http://www.geodaten.bayern.de>
- Beeckmann H. (1988)** *Geographische Informationssysteme für die technische Verwaltung,*
Schriftenreihe data Praxis, Siemens AG, München
- Bill R., Fritsch D. (1991)** *Grundlagen der Geo-Informationssysteme,*
Band 1: Hardware, Software, Daten, Wichmann Verlag, Karlsruhe
- Bill R., Korduan P. (1998)** *Flächenverschnidungen im GIS – Stochastische Modellierung und Effizienz-*
betrachtungen, Zeitschrift für Vermessungswesen Jg. 123,
H. 8 und 10, S. 247 ff (Teil 1) und S. 333 ff (Teil2)
- Blachnitzky K. (1987)** *Koordinatenumformung, Teil 1 Grundlagen, Bayer. Landesvermessungsamt,*
Ausbildungsvortrag Nr. 20
- Briggs J., Peat D. (1990)** *Die Entdeckung des Chaos, Eine Reise durch die Chaostheorie,*
Carl Hanser Verlag, München und Wien
- Buhmann E., Wiesel J. (1996)** *GIS-Report 96 - Software, Daten, Firmen,*
Wichmann Verlag, Karlsruhe
- Caspary W. (1993)** *Qualitätsaspekte bei Geoinformationssystemen,*
ZfV 1993, H. 8/9, S. 444 ff

- Ceri S., Pelegatti G. (1984)** *Distributed Databases*
McGraw-Hill Verlag
- Codd E.F. (1970)** *A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks*
Comm. ACM, 13 (6), 341-346
- Denzel B. (1997)** *Datenbanksysteme – Aktuelle Entwicklungen und Trends – Seminarunterlagen, Siemens-Nixdorf, München*
- Dittrich K. R. (1992)** *Objektorientierte Datenbanksysteme, Konzepte, Nutzen und Positionierung, In: Curth M./Lebsanft E. (Hrsg.), Wirtschaftsinformatik in Forschung und Praxis, Carl Hanser Verlag, München*
- Dittrich K. R. (1997)** *Objektorientierte und objektrelationale Datenbanksysteme, Institut für Informatik der Universität Zürich, Seminarunterlagen, Oracle Institut, München*
<http://www.ifi.unizh.ch>
- Fédération Internationale des Géomètres (1981)** *Landinformationssysteme (LIS), Resolution 3/1-1981, XVI. FIG-Kongress in Montreux*
- Findeisen D. (1990)** *Datenstruktur und Abfragesprache für raumbezogene Informationen, Dissertation Uni Bonn, Kirschbaum Verlag, Bonn*
- Fischer K. (1995)** *SICAD-GDB V3.0, SICAD-Baustein für die Geographische Datenbasis, Benutzerdokumentation, Siemens Nixdorf, München*
- Frank A. (1983)** *Datenstrukturen für Landinformationssysteme – Semantische, topologische und räumliche Beziehungen in Daten der Geo-Wissenschaften, Dissertation, ETH-Zürich, Mitteilungen Nr. 34 des Instituts für Geodäsie und Photogr.*
- Fuchs A., Lothar G. (1998)** *Das FORST-GIS der Bayer. Staatsforstverwaltung, AFZ/DerWald 1998, H.20, S. 228ff*
- Goos G. (1997)** *Vorlesungen über Informatik, Band 1: Grundlagen und funktionales Programmieren, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin*
- Gray J., Reuter A. (1994)** *Transaction Processing - Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers*
- Großman W. (1976)** *Geodätische Rechnungen und Abbildungen in der Landesvermessung, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart*
- Hake G., Grünreich D. (1995)** *Kartographie, Lehrbuch, 7. Auflage, De Gruyter Verlag, Berlin*
- Hamberger J., Lothar G., Neft R. (1995)** *GIS/Mappingsysteme, In: Projektgruppenbericht "Ersatzbeschaffung Forstamtsrechner", Teil: Datenmodell Forstamt (Leitbild), Bayer. StMELF, Ref. V5*
- Hase H. (1999)** *Globale Bezugssysteme und TIGO, In Schneider M. (1999), Hrsg., 3. DFG-Rundgespräch zum Thema Bezugssysteme, Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 5*
- Herrmann U., u.a. (1998)** *Oracle 8 für den DBA - Verwalten, Optimieren, Vernetzen - Addison-Wesley Verlag*
- Heuer A. (1992)** *Objektorientierte Datenbanken – Konzepte, Modelle, Systeme - Addison-Wesley Verlag*
- Hughes J. G. (1992)** *Objektorientierte Datenbanken*
Carl Hanser Verlag, München
- Imhof E. (1972)** *Lehrbuch der allgemeinen Geographie, Band X: Thematische Kartographie, De Gruyter Verlag, Berlin*

- Kallenbach (1970)** *Informationstheorie, in dtv-lexikon der Physik, Deutscher Taschenbuchverlag, München*
- Kinzel W., Deker U. (1988)** *Der ganz andere Computer, Bild der Wissenschaft, Januar 1988, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart*
- Kraus K. (1996)** *Topographische Informationssysteme, Vortrag im Rahmen des Geodätische Seminars an der TUM*
- Kraus K., Ludwig M. (1998)** *Genauigkeit der Verschneidung geometrischer Geodaten, Zeitschrift für Vermessungswesen Jg. 123, H. 3, S. 81 ff*
- Leigemann D., Wziontek H. (1999)** *Zur Bedeutung relativer Höhenanomalien für Koordinatentransformationen von DHDN in ETRS89, Zeitschrift für Vermessungswesen Jg. 124, H. 5, S. 166 ff*
- Lenzmann L., Haase H.-S. (1997)** *Zur klaffungsfreien Einpassung konformer Netze, Zeitschrift für Vermessungswesen Jg. 122, H. 1, S. 23 ff*
- Lipschutz S. (1987)** *Datenstrukturen, Schaum's Outline, McGraw-Hill Book, Hamburg*
- Lother G. (1985)** *Softwareschnittstellen in CAD-Systemen, In: Schilcher M. (Hrsg.), CAD-Kartographie, Wichmann Verlag, Karlsruhe*
- Lother G. (1990)** *SICAD für raumbezogene kommunale Informationssysteme, In: Kommunalentwicklung Baden-Württemberg GmbH (Hrsg.), Softwareführer öffentliche Verwaltung, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe*
- Lother G. (1991)** *Kommunales Raumbezogenes Informationssystem, ein Hilfsmittel zur Aufgabenbewältigung durch die Kommunalverwaltung, Mitteilungsblatt DVW-Bayern Jg. 43, S. 385-413*
- Lother G. (1996)** *Kartographische Aspekte bei der Präsentation von GIS-Daten am Beispiel von Forstkarten, In: Tagungsband Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme, 25.-28.3.96, TUM und DVW-Bayern, München*
- Lother G. (1998)** *Qualitätssicherung für GIS-Daten, In: Tagungsband GIS-Kontaktstudium, Modellierung, Automatisierung; Distribution und Management von Geoinformationen, 11.-13.11.98, FHS Würzburg-Schweinfurt-Aschaffenburg*
- Lother G. (1999/1)** *Qualitätssicherung für GIS-Daten am Beispiel des Geoinformationssystems der Bayerischen Staatsforstverwaltung, Zeitschrift für Vermessungswesen Jg. 124, H. 9, S. 281-289*
- Lother G. (1999/2)** *Geoinformationssysteme - Begriffe und Kategorien, GEO-Informationssysteme Jg. 12, H. 6, S. 20-27*
- Lother G. (2000)** *Qualitätssicherung bei der Datenerfassung im FORST-GIS, In: Amon, H. u.a. (Hrsg.), Berichte der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Band 13, September 2000, Referate der 21. GIL-Jahrestagung*
- Lother G. (2001)** *FORST-GIS, das Geoinformationssystem der Bayer. Staatsforstverwaltung, Bayerische Staatszeitung 22.Juni 2001, Nummer 25, S. 16*
- Lother G. (2002)** *Grundlagen des FORST-GIS, aktualisierte Projektdokumentation, Bayer. StMLF, Ref. V5, unveröffentlicht*
- Lother G., Neft R. (1994)** *Das forstliche Geoinformationssystem (FORST-GIS) der Bayer. Staatsforstverwaltung, Mitteilungsblatt DVW-Bayern Jg. 46, S. 309-325*
- Lother G., Rottmann M. (1999)** *Stand, Ziele, Perspektiven und Planungen auf dem Gebiet der Forstkartografie in der Bayerischen Staatsforstverwaltung, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 1999, H.2, S. 56-66*
- Magnussen S. (1996)** *A Coordinate-Free Area Variance Estimator for Forest Stands with a Fuzzy Outline, Forest Science 42 (1996), H.1, S.79ff*

- Meier A. (1987)** *Erweiterung relationaler Datenbanksysteme für technische Anwendungen, Informatik Fachberichte 135, Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg*
- Meier A. (1997)** *Relationale Datenbanken, Eine Einführung in die Praxis, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin und Heidelberg*
- Meschkowski H. (1976)** *Mathematisches Begriffswörterbuch, B.I.-Hochschultaschenbücher, Band 99, B.I.-Wissenschaftsverlag, Mannheim/Wien/Zürich*
- Müller P., Löbel G., Schmid H. (1988)** *Lexikon der Datenverarbeitung, Siemens AG, München*
- Müller P., Wölpert H (1976)** *Anschauliche Topologie, Eine Einführung in die elementare Topologie und Graphentheorie, Teubner Verlag, Stuttgart*
- Oestereich B. (2001)** *Die UML-Kurzreferenz für die Praxis, Oldenbourg Verlag München Wien, <http://www.oose.de/uml>*
- Ottmann T., Widmayer P. (2002)** *Algorithmen und Datenstrukturen, 4. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg und Berlin*
- Partsch H. (1998)** *Requirements-Engineering systematisch, Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg*
- Pompe J. (2000)** *Qualitätsanalyse für flächenbezogene Auswertungen in Geoinformationssystemen, TUM, Bereich Geoinformatik, Diplomarbeit*
- Rahm E. (1996)** *Mehrrechner-Datenbanksysteme - Grundlagen der verteilten und parallelen Datenbankverarbeitung, Addison-Wesley Verlag*
- Rauh O. (1999)** *Objektorientierte Programmierung in JAVA, Vieweg Verlag, Braunschweig und Wiesbaden*
- Rottman M, u.a. (1991)** *Bericht der Projektgruppe FORST-GIS, Bayer. StMELF, Ref. V5, unveröffentlicht*
- Rottmann M, Schreyer G. (1991)** *Ein forstliches Geoinformationssystem für die Bayer. Staatsforstverwaltung Allgemeine Forstzeitschrift 46, S. 732-736*
- Rumbaugh J., Booch G., Jacobson I. (1999)** *Das UML-Benutzerhandbuch, Addison-Wesley Verlag*
- Salitschew K. (1967)** *Einführung in die Kartographie, Gotha*
- Schilcher M. (1985), Hrsg.** *CAD-Kartographie, Anwendungen in der Praxis, Wichmann Verlag, Karlsruhe*
- Schilcher M. (1991), Hrsg.** *Geo-Informatik - Anwendungen, Erfahrungen, Tendenzen – Siemens-Nixdorf-Informationssysteme AG, München*
- Schilcher M. (1995)** *Technologiewandel im Vermessungswesen durch Geoinformationssysteme, Mitteilungsblatt DVW-Bayern 47, S. 251-288*
- Schilcher M., Fritsch D. (1985), Hrsg.** *Geo-Informationssysteme - Anwendungen, Neue Entwicklungen - Wichmann Verlag, Karlsruhe*
- Schilcher M., Kaltenbach H., Roschlaub R. (1996)** *Geoinformationssysteme, Zwischenbilanz einer stürmischen Entwicklung, Zeitschrift für Vermessungswesen Jg. 121, S. 363-377*

- Schmidt D. (1991)** *Persistente Objekte und objektorientierte Datenbanken*
Carl Hanser Verlag, München
- Schnädelbach K. (1996)** *Geodätische Bezugssysteme, In: Tagungsband Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme , 25.-28.3.96, TUM und DVW-Bayern, München*
- Schnädelbach K. (1997)** *Materialien zur Landesvermessung TUM, Geodatisches Institut, Vorlesung WS 1997/98*
- Schneider M. (1988)** *Satellitengeodäsie – Grundlagen*
BI Wissenschaftsverlag, Zürich
- Scholles F. (2001)** *Informationssysteme und –verarbeitung 1, Rechnergestützte Methoden, 3. Grundfunktionalitäten und Datenmodelle, Uni Hannover, Institut für Landesplanung und Raumforschung, Vorlesung WS 2001/02, <http://www.laum.uni-hannover.de>*
- Schwenkel D. (1990)** *Genauigkeit von digitalisierten Flächen, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten Jg. 97, H.6, S. 220 ff*
- Senko, M. (1975)** *Information Systems - Records, Relations, Sets Entities, and Things Information Systems, vol.1, no. 1, Pergamon Press, pp. 3-13*
- SICAD GEOMATICS (1999)** *Geodatenmanagement mit SICAD, SICAD Geodatenserver 4.0, SICAD-GEOMATICS, München, Seminarunterlagen*
- SICAD GEOMATICS (2001)** *SICAD/open V6.1, Documentation SICAD-GEOMATICS, München, Produkt-CD, Online-Dokumentation*
- Stanek H. (1996)** *Wettbewerbsvorteile durch Qualitätsmanagement und Zertifizierung von GIS-Dienstleistungen, In: Tagungsband Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme, 25.-28.3.96, TUM und DVW-Bayern, München*
- StMLF, Ref.V5 (1991)** *Kapazitätsplanung für die Forstkartenerstellung, Digitalisierleistung LMS V5-E140-GIS-309, 19.12.1991*
- StMLF, Ref.V5 (1992)** *Kapazitätsplanung für die digitale Forstkartenerstellung, Kapazitätsplanung LMS V5-E140-GIS-310, 3.6.1992*
- Torge W. (1975)** *Geodäsie, Walter de Gruyter Verlag, Sammlung Göschen 2163*
- Vester F. (1985)** *Neuland des Denkens - Vom technologischen zum kybernetischen Zeitalter, dtv Sachbuch 10220, Deutsche Verlags-AG, Stuttgart*
- Weber D. (1994)** *Das neue gesamtdeutsche Haupthöhennetz DHHN 92-Höhen, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten Jg. 101, H. 5, S. 179 ff*
- Wiener N. (1961)** *Kybernetik - Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine, ECON-Verlag, Düsseldorf und Wien*
- Wirth B. (1990)** *Höhensysteme, Schwerepotentiale und Niveauflächen, Geodätisch Physikalische Arbeiten in der Schweiz, Band 42*
- Wolf H (1975)** *Ausgleichung, Formeln zur praktischen Anwendung, Dümmler Verlag, Bonn*
- Zehnder C.A. (1985)** *Informationssysteme und Datenbanken, Teubner Verlag, Stuttgart*
- Ziegler T. (1976)** *Die Entstehung des bayerischen Katasterwerkes, Deutscher Verein für Vermessungswesen, Landesverein Bayern, Sonderheft*

Verzeichnisse: Abkürzungen / Abbildungen / Tabellen

Abkürzungen	
ACID	Atomar-Consistent-Isoliert-Dauerhaft, Konzept für Datenbanktransaktionen
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
ALB	Automatisiertes Liegenschaftsbuch
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ANSI	American National Standards Institute
ASCII	Americian Standard Code for Information Interchange
ATKIS	Amtliches Topograpisch-Kartographisches Informations-System
AWP	Anwenderprogramm
BayWaldG	Bayer. Waldgesetz
BOF	Benutzeroberfläche
CD	Compact DISC
CEN	Comitè Européen de Normalisation
DB	Datenbank
DBID	Datenbank Identifier
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DDL	Datendefinitionssprache (-language)
DFK	Digitale Flurkarte (ALK in Bayern)
DGM	Digitales Geländemodell
DHDN	Deutsches Hauptdreiecksnetz
DHHN	Deutsches Haupthöhennetz
DHM	Digitales Höhenmodell, Oberbegriff zu DGM, DOM
DIN	Deutsche Industrie-Norm
DML	Datenmanipulations- und Anfragesprache (-language)
DOM	Digitales Oberflächenmodell
DOOD	Deductive and Object-Oriented Database
DOP	Digitales Orthophoto
dpi	Dots per Inch
DTK	Digitale topographische Karte
DXF	Data Exchange Format (AutoCAD)
EDV	elektronische Datenverarbeitung
EID	Element Identifier
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
FBK	Forstbetriebskarte
FE/DB	Forsteinrichtungsdatenbank
FFG	Fehlerfortpflanzungsgesetz
FFH/SPA	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete und Special Protected Area
FID	Folien Identifier
FIG	Fédération Internationale des Géomètres
Flst.Nr.	Flurstücksnummer
FoA	Forstamt
FoD	Forstdirektion

FoDst	Forstdienststelle
FORST-GIS	Geoinformationssystem der Bayerischen Staatsforstverwaltung
GA	Grafikarbeitsplatz
GB	Gigabyte
GDB	Geographische Datenbank (-basis)
GDM	Graphendatenmodell (Netzwerk)
GDS	Geodatenserver
GeoTIFF	Georeferenziertes TIFF
GIS	Geoinformationssystem, Synonyme: Geographisches Informationssystem, Raumbezogenes Informationssystem
GK	Gauß-Krüger
GPS	Global Positioning System
GRS80	Geodetic Reference System 1980
GRUBIS	Amtliches Grundstücks- und Bodeninformationssystem
HTO	High-Tech-Offensive der Bayer. Staatsregierung
IRIX	Unix-Betriebssystem von SGI
ISO	Internatinal Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
JPEG	Joint Photographic Experts Group
KA	Kartographische Anstalt des StMLF
LAN	Local Area Network
LFZFE	Laufzeit der Forsteinrichtung
LIS	Landinformationssystem
LUN	Local Unit
MA	Mitarbeiter
MB	Megabyte
MERKIS	Maßstabsorientierte Raumbezugs-ebenen für kommunale Informationssysteme
OFA	Oracle Flexible Architecture
OGC	Open GIS Consortium
OID	Object Identifier, Objektschlüssel
OMT	Object Modeling Technique
OOA	objektorientierte Systemanalyse
OOD	objektorientierter Systementwurf
OODB	objektorientierte Datenbank
OODBMS	objektorientiertes DBMS
OODM	Objektorientiertes Datenmodell
ORDBMS	objektrelationales DBMS
p.a.	per annum
PDF	Portable Document Format (Adobe)
PNG	Portable Network Graphics
QM	Qualitätsmanagement
QMS	Qualitätsmanagementsystem
RAID	Redundant Array of Inexpensive Disks
RDM	Relationales Datenmodell
ROK	Raumordnungskataster

SGA	System Global Area (Oracle)
SGI	Silicon Graphics Inc.
SHAPE	Datenformat von ArcView
SICAD	Siemens Computer Aided Design
SID	System Identifier (Oracle)
SQD	Sequentielles Datenformat der GDB
SQL	Structured Query Language
StFoV	Bayerische Staatsforstverwaltung
STK	Standortskarte
StMLF	Bayer. Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten
StMLU	Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
SVG	Scalable Vector Graphics
TIFF	Tagged Image File Format
TIS	Topographisches Informationssystem
TK25,TK50	Topographische Karte 1:25.000 / 1:50.000
TUM	Technische Universität München
UML	Unified Modeling Language
URL	Uniform Resource Locator
UTM	Universal Transversal Mercator System
WAN	Wide Area Network
WFK	Waldfunktionskarte
WGS84	World Geodetic System 1984
WWW	World Wide Web
XML	Extensible Markup Language

Einige Abkürzungen aus dem Forstbetrieb	
Dis	Distrikt
Abt	Abteilung
Uabt	Unterabteilung
BS	Bestand
VJN	Verjüngungsnutzung
AD	Altdurchforstung
JD	Jungdurchforstung
JP	Jungbestandspflege
SF	Sonderflächen

Verwendete Symbole	
Abbildungen und Mengen	
$a \rightarrow f(a)=b$	Funktion (Abbildung als Funktion)
$B = \langle op \rangle A$	Operation (Abbildung als Operation)
	Verknüpfung von Operationen (pipe),
$C = \langle op \rangle \langle op \rangle A$	Ausgabe einer Operation ist Eingabe der nachfolgenden Operation
$\{B\} = \langle op \rangle \{A\}$	Mengen-Operation
$M = \{m_i\}$	Menge von Elementen
$M = \{m_1, \dots, m_n\}$	
$M = \{m_i \dots\}$	Menge von Elementen für die gilt ...
$M = \{m_i \dots\}$	Menge von Elementen für die gilt ...
\subset	Teilmenge
\in (\notin)	Element von (kein Element von)
\emptyset	Leermenge
\cup (\vee)	Vereinigung (logisches oder „or“)
\cap (\wedge)	Schnittmenge (logisches und „and“)
Inzidenz-/Adjazenz-Beziehungen	
$I \downarrow$	Inzidenz: Master und Detail
$I \uparrow$	Inzidenz: Detail und Master
V	Maschen-Adjazenz
Λ	Knoten-Adjazenz
Metazeichen nach Backus Naur	
Regel ::= <Verknüpfung von Ausdrücken>	
$::=$	Definition, trennt linke von rechter Seite einer Regel
	Alternative, exklusive or-Verknüpfung (entweder/oder),
,	Aufzählung, and-Verknüpfung
...	Bereich (von,bis)
[]	Optional, 0 1
{ }	Iteration, 1...n (beliebig oft, min. 1 mal)
()	Logische Gruppierung von Teilaus- drücken, die zusammengehören

Abbildungen

<i>Abb.0-1: Bayerische Staatsforsten 1998</i>	5
<i>Abb.1-1: Rasterdaten als Informationsträger</i>	9
<i>Abb.1-2: Systeme</i>	11
<i>Abb.1-3: Elemente eines Informationssystems</i>	11
<i>Abb.1-4: Einteilung von GIS nach Kraus (1996)</i>	17
<i>Abb.1-5: Kostenverteilung bei GIS</i>	19
<i>Abb.2-1: Grobkonzept FORST-GIS</i>	20
<i>Abb.2-2: FORST-GIS-Dienste</i>	21
<i>Abb.2-3: Räumliche Partitionierung eines zweidimensionalen Datenbestandes</i>	26
<i>Abb.2-4: Gebietsfragmente, horizontale Gliederung der Geodatenbanken</i>	28
<i>Abb.2-5: Workflow für die Forstkartenreproduktion</i>	31
<i>Abb.2-6: Gegenüberstellung Druck / hybrides Plotten für die FBK</i>	32
<i>Abb.3-1: Inventurdaten</i>	38
<i>Abb.3-2: Digitale Flurkarte</i>	41
<i>Abb.3-3: TK50-Auszug</i>	42
<i>Abb.3-4: Orthobild- Auszug</i>	42
<i>Abb.3-5: DGM25</i>	42
<i>Abb.3-6: Forstamtsmodell – Grobstruktur des Objektmodells</i>	47
<i>Abb.3-7: Fachtabellen aus der FE/DB (Begang/Inventur)</i>	48
<i>Abb.3-8: Forstamtsmodell – Mengengerüst für die Kerndaten</i>	50
<i>Abb.3-9: Designebenen für Datenbankobjekte</i>	55
<i>Abb.3-a: Auszug aus den Fachvorgaben für den Bestand</i>	56
<i>Abb.3-b: Klassendiagramm für den Bestand</i>	56
<i>Abb.3-c: Geometrielemente für 2d-Flächenmodelle</i>	57
<i>Abb.3-d: Topologische Beziehungen in ebenen Flächengraphen (Landkarten)</i>	58
<i>Abb.3-e: Detailkonzept Geoobjekt „Forstfläche“</i>	59
<i>Abb.3-f: Logischer Entwurf Bestand, Teil Topologie</i>	63
<i>Abb.3-g: Abbildung von Bestandsflächen in SICAD</i>	64
<i>Abb.3-h: Verschneidung bei m:n-Beziehungen (intersect)</i>	65
<i>Abb.3-i: Grundlegende Minimalkollektive für Update-Fälle</i>	68
<i>Abb.3-j: Mögliche Realisierung mit SICAD-Kommandos (Beispiele)</i>	69
<i>Abb.3-k: Oracle-Datenbankarchitektur</i>	72
<i>Abb.3-l: Quadtree-Partitionierung</i>	75
<i>Abb.3-m: Aufbau der Geodatenbanken in Oracle</i>	79
<i>Abb.3-n: Verbindung von Geometrie- und Sachdaten</i>	79
<i>Abb.3-o: Grundkonfiguration eines Subsystems</i>	80
<i>Abb.3-p : Archivierung der Geodaten</i>	89
<i>Abb.3-q: Datenbank-Backup-Konzept im FORST</i>	91
<i>Abb.4-1: Ellipsoidische Bezugssysteme</i>	96
<i>Abb.4-2: Restklaffungen</i>	104
<i>Abb.4-3: Streckengewicht</i>	104
<i>Abb.4-4: Höhendefinitionen</i>	105
<i>Abb.4-5: Höhenanomalien bezogen auf das Besselipsoid für Bayern</i>	106
<i>Abb.4-6: FK5-Transformationsmaschen, zu erwartende Transformationsgenauigkeit</i>	110
<i>Abb.5-1: Merkmalsraum in GIS</i>	114
<i>Abb.5-2 : Geoobjekt (Wald)-Bestand</i>	116
<i>Abb.5-3: Primär- und Gesamtgeometrie ohne Hintergrund</i>	117
<i>Abb.5-4: Flurstücksfläche</i>	122
<i>Abb.5-5: Linienpuffer</i>	125
<i>Abb.5-6: Genauigkeit von Bestandsflächen</i>	126
<i>Abb.5-7 Standortsflächen</i>	128
<i>Abb.5-8: Schnittflächen BestandxStandort (intersect)</i>	129
<i>Abb.6-1: Beispiele für IRIX-Toolchests</i>	134
<i>Abb.6-2: Bildschirmlayout für die Digitalisierung</i>	138
<i>Abb.6-3: Definition von Benutzeroberflächen</i>	139
<i>Abb.7-1: Digitalisierleistung, Anlagenauslastung</i>	148
<i>Abb.7-2: Datendichten bei der Forsteinrichtung</i>	149
<i>Abb.7-3: Projektprofil / Transaktionsverlauf</i>	152
<i>Abb.8-1 Distribution von Geodaten im Intranet</i>	145

Tabellen

<i>Tab.2-1: Themenbereiche, vertikale Gliederung der Geodatenbanken</i>	27
<i>Tab.2-2: Plangebiet der bayernweiten Geodatenbanken</i>	27
<i>Tab.2-3: Datendichten der FBK/STK</i>	29
<i>Tab.2-4: Datendichte der WFK</i>	30
<i>Tab.2-5: Geometrieelemente je km²</i>	30
<i>Tab.2-6: Projektverlauf FORST-GIS</i>	34
<i>Tab.2-7: Erfassungsstand FORST-GIS 12/2001 in Fläche</i>	35
<i>Tab.3-1: Geometrieelemente für Grundrissdarstellungen</i>	43
<i>Tab.3-2: Thematische Grobgliederung des Gesamtmodells</i>	44
<i>Tab.3-3: Folienmodell des Themas FBK (Beispiel)</i>	45
<i>Tab.3-4: Attribute aus der FE/DB, Kurzbeschreibung</i>	49
<i>Tab.3-5: Mengengerüst: für 5000 ha Staatswald (Mittelwerte)</i>	50
<i>Tab.3-6: Globale Tabellen für die Organisation</i>	50
<i>Tab.3-7: OO-Konzepte, nach Heuer (1992)</i>	52
<i>Tab.3-8: Definition des Objektkopfes der Klasse Bestand</i>	61
<i>Tab.3-9: SICAD-Elemente für Grundrissdarstellungen von Flächen</i>	62
<i>Tab.3-a: Geolink zur Verbindung von Geometrie und Sachdaten</i>	65
<i>Tab.3-b: Datenstrukturen für Geodaten im FORST-GIS (Übersicht)</i>	66
<i>Tab.3-c: Projektdatenbanken, Tablespace und Datenbankdateien</i>	81
<i>Tab.3-d: Richtwerte für GDB-Platzbedarf</i>	83
<i>Tab.3-e: Standard-Datenbankbenutzer</i>	83
<i>Tab.3-f: Zentrale Geodatenbanken, Tablespace und Datenbankdateien</i>	85
<i>Tab.3-g: Zentrale Geodatenbanken, Planungsindikatoren</i>	86
<i>Tab.3-h: Backup für die Projektdatenbanken</i>	90
<i>Tab.4-1: Referenzflächen</i>	94
<i>Tab.4-2: Wichtige Referenzellipsoide</i>	94
<i>Tab.4-3: Geodätisches Datum</i>	95
<i>Tab.4-4: Geodätische Bezugssysteme</i>	96
<i>Tab.4-5: Transformationsparameter für Datumsübergänge</i>	100
<i>Tab.4-6: Operatoren für Koordinatenumformungen und Datumsübergänge</i>	107
<i>Tab.5.1: Methoden zur Qualitätssicherung</i>	111
<i>Tab.5-2: Normenwerk ISO 9000</i>	112
<i>Tab.5-3: Qualitätsmodell für Geodaten (in Anlehnung an Caspary 1993)</i>	115
<i>Tab.5-4: Wichtige Merkmale der FBK-Daten</i>	117
<i>Tab.6-1: Benutzerkennungen</i>	131
<i>Tab.6-2: Verfügbare Applikationen</i>	140
<i>Tab.7-1: Ergebnisse der Messung der Anlagenauslastung</i>	145
<i>Tab.7-2: Digitalisierleistung im FORST-GIS</i>	148
<i>Tab.7-3: Kennzahlen für die Digitalisierleistung</i>	149
<i>Tab.9-1: Fachaufgaben im FORST-GIS</i>	155

Anlagen

A1 Beispiele von Forstkarten als GIS-Produkte

A2 Metadaten für die Forstbetriebskarte

A3 Namenskonventionen für die Systemorganisation

A4 Recovery-Strategien für Oracle

A5 Beispiele zu Qualitätssicherungsverfahren

Forstkarten der Bayerischen Staatsforstverwaltung

Alle wichtigen Forstkarten werden aus den Geodatenbanken des FORST-GIS-Bayern in vollständig digitalen Prozessen abgeleitet. Die Kerndatenbereiche des FORST-GIS sind die Forsteinrichtung, die Standortserkundung und die Wald funktionsplanung mit den Basisobjekttypen Bestand, Standort und Waldfunktion. Die Geodaten im FORST-GIS sind objektstrukturierte Vektordaten (Geoobjekte), denen die topographischen Karten der Vermessungsverwaltung als georeferenzierte Rasterdaten hinterlegt werden. Die erfassten Geodaten werden für das gesamte Staatsgebiet in themenbezogenen Datenbanken für die digitale Nutzung zusammengeführt und online vorgehalten.

Den Kerndatenbereichen des FORST-GIS entsprechen die wichtigsten Forstkarten:

- Forstbetriebskarte 1:10.000 für den operativen Forstbetrieb mit den Pflege- und Nutzungsmaßnahmen für die Wirtschaftseinheiten im Wald (Bestand)
- Standortskarte 1:10.000 als Planungsgrundlage für den Waldbau mit den Flächen, die ähnliche ökologische und waldbauliche Voraussetzungen und Gefährdungspotentiale aufweisen (Standorte)
- Wald funktionskarte 1:50.000 zur Berücksichtigung der Belange des Waldes bei allen öffentlichen Planungen mit der Darstellung wichtiger Aufgaben des Waldes, vom Wasser- und Bodenschutz bis hin zu seiner Erholungsfunktion
- Forstliche Übersichtskarte 1:50.000 mit der Unterscheidung der Waldflächen nach Besitzarten und optional den FFH/SPA-Gebieten

Als Raumbezugssystem wird im FORST-GIS - entsprechend der gemeinsamen Bekanntmachung über den Aufbau raumbezogener Informationssysteme der Bayerischen Staatskanzlei und der Bayerischen Staatsministerien vom 07.01.92 - das amtliche Gauß-Krüger-Koordinatensystem (12^o-Meridian) verwendet. Die Lagegenauigkeit und der Generalisierungsgrad der Daten entsprechen der jeweiligen Digitalisier vorlage. Für das FORST-GIS ergeben sich damit zwei Hauptmaßstabsebenen: 1:10.000 und 1:50.000. Die Ebene 1:10.000 enthält die Detail- und Objektplanungen der Forsteinrichtung, die Ebene 1:50.000 die forstlichen Rahmenpläne.

Weiter Informationen: www.bayern.de/vermessung/gfis.html

Forstbetriebskarte (FBK)

Die Forstbetriebskarte dient primär dem Vollzug des langfristigen Forstbetriebsplanes, sie wird nur für die Staatswaldfläche (ca. 850.000 ha) geführt. Die Forstbetriebskarte enthält die farbige Darstellung der Pflege- und Nutzungsarten oder der Entwicklungsstadien mit den geplanten Pflegemaßnahmen von Waldbeständen. Der Bestand ist ein Kollektiv von Bäumen, das eine einheitliche waldbauliche Bewirtschaftung ermöglicht. Er ist die kleinste Bewirtschaftungseinheit im Staatswald und bildet damit den Basisbezugsraum für die Forsteinrichtungsdaten. Inhaltlich kann die FBK in folgende Datenbestände gegliedert werden:

ständiges Detail:

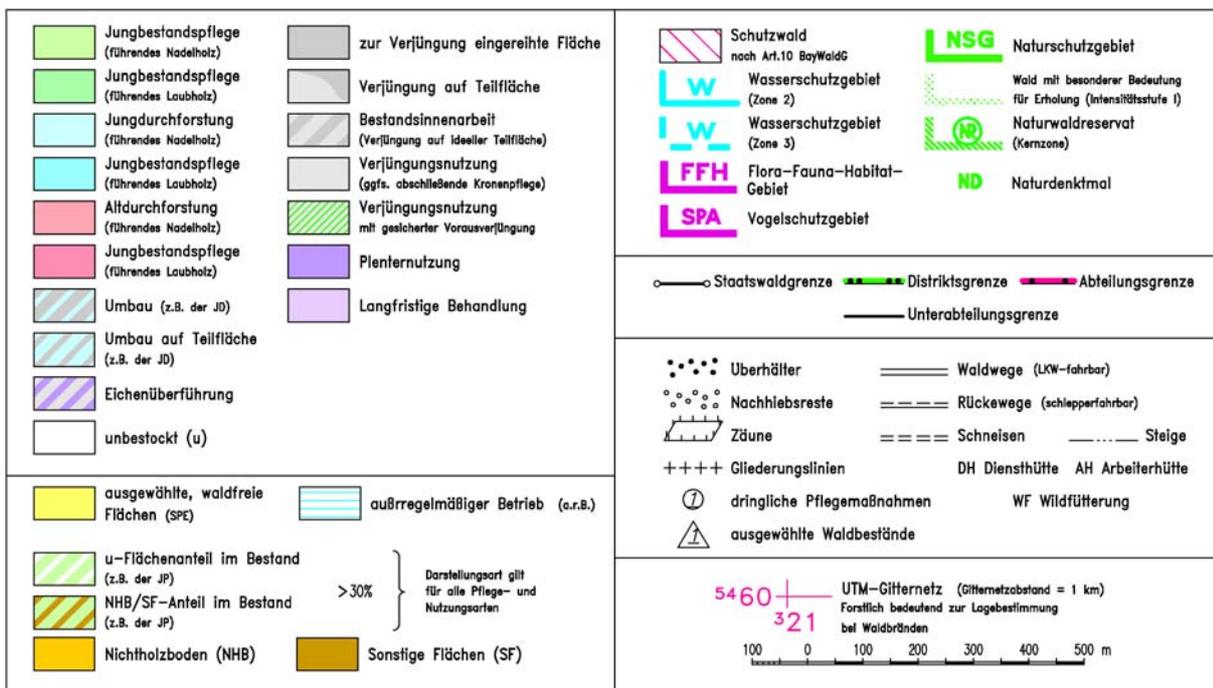
- Flurkartenraster (Bezugssystem für Landeskoordinaten)
- Staatswaldgrenze
- befahrbares Waldwegenetz
- ständige Waldeinteilung (Distrikt- und Abteilungsgrenzen)

unständiges Detail:

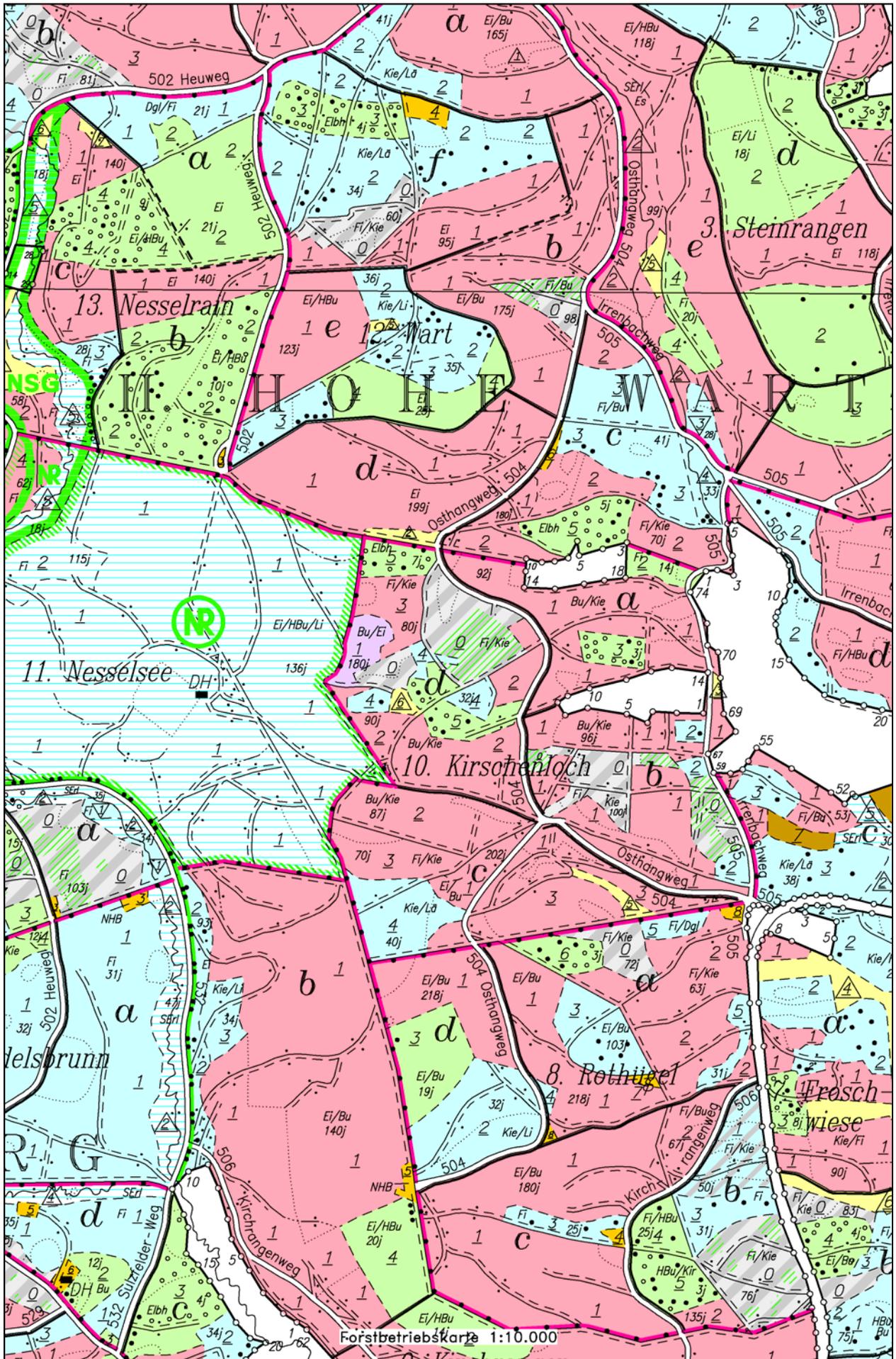
- Unterabteilungs- und Bestandsgrenzen, diese werden bei jeder Forsteinrichtung nach waldbaulichen Gesichtspunkten neu festgelegt
- Infrastrukturen zur Erschließung der Bestände (Rückewege, Schneisen)
- bedeutsame Einzelbäume (Überhälter, Nachhiebsreste) usw.
- Flächeninformationen der Forsteinrichtung in den Varianten: Flachland, Hochgebirge, Auwald
- Bestandsschlüssel

Hintergrund:

- Umgebungsdetail (Topographie außerhalb des Staatswaldes, Auszug aus der TK25)
- Höhenlinien (Höhenflurkarte 1:5000 oder 1:10000)



Auszug aus der Legende zur FBK, Flachland



Standortskarte (STK)

Die Standortskarte enthält die Standortseinheiten im Maßstab 1:10.000. Standortseinheiten sind Flächen, die hinsichtlich der ökologischen Voraussetzungen, den waldbaulichen Möglichkeiten und der Gefährdung des Baumbestandes ähnliche Voraussetzungen haben. Ihre Farbgebung richtet sich im wesentlichen nach dem Substrattyp (Bodenart). Die Darstellung wird ergänzt durch eine Vielzahl von Symbolen für andere wichtige Wachstumsfaktoren, Beispiele sind der Wasserhaushalt, die Geologie oder antropogene Einflüsse. Die STK ist ein Bestandteil des Forstbetriebsplanes. Sie wird von der Forstverwaltung, wie die FBK, nur für die Staatswaldflächen (ca. 626.000 ha, nicht im Hochgebirge) erstellt. Der Inhalt der STK kann in folgende Teile gegliedert werden:

Bezugssystem

- Flurkartenraster (Bezugssystem für Landeskoordinaten)
- Staatswaldgrenzen
- Wege- und Gewässernetz

Standortserkundung

- Standortseinheiten, Standortsschlüssel
- Symbole und Flächensignaturen für andere wichtige Standortsfaktoren (Boden, Wasserhaushalt, Geologie, usw.)

Hintergrund

- Ständiges Detail der FBK mit Rückwegen und Schneisen (aktuell aus der FBK überlagert)
- Umgebungsdetail (Auszug aus der TK25)
- Höhenlinien (Höhenflurkarte 1:5000 oder 1:10000)

<p>I. Sande</p> <p>001  <i>Mig trockene (und trockene) Sande</i></p> <p>012  <i>Mig frische podsollierte Sande</i></p> <p>002  <i>Mig frische Sande</i></p> <p>004  <i>Frische Sande</i></p>	<p>IV. Zweisechichtige Standorte mit Ton im Unterboden</p> <p>a) Decklehme und -sande in ebener und schwach geneigter Lage</p> <p>601  <i>Mig trockene Decklehme und -sande</i></p> <p>612  <i>Mig trockene und mig frische podsollierte Decksande</i></p> <p>602  <i>Mig frische Decklehme und -sande</i></p> <p>604  <i>Frische Decklehme und -sande</i></p> <p>607  <i>Mig wechselfeuchte Decklehme und -sande</i></p> <p>b) Schichtlehme und -sande in ebener und schwach geneigter Lage</p> <p>701  <i>Mig trockene Schichtlehme und -sande</i></p> <p>712  <i>Mig frische podsollierte Schichtlehme und -sande</i></p> <p>702  <i>Mig frische Schichtlehme und -sande</i></p> <p>704  <i>Frische Schichtlehme und -sande</i></p> <p>c) Zwischschichtbden am Hang</p> <p>781  <i>Mig trockene zweisechichtige Hangbden</i></p> <p>782  <i>Mig frische podsollierte zweisechichtige Hangbden</i></p> <p>882  <i>Mig frische zweisechichtige Hangbden</i></p> <p>884  <i>Frische zweisechichtige Hangbden</i></p>	<p>V. Standorte mit kennzeichnendem Wasserhaushalt</p> <p>a) Standorte mit Wasserzug</p> <p>124  <i>Dauerfrische Mulden</i></p> <p>129  <i>Dauerfeuchte (und nasse) Bachgerinne</i></p> <p>b) Standorte mit Wasserstau</p> <p>808  <i>Wechselfeuchte Einmuldungen und Senken</i></p> <p>508  <i>Wechselfeuchte Tonbden auf Verebnungen</i></p> <p>Zusatzzeichen</p> <p> <i>Wechselfeuchte Stellen</i></p> <p> <i>Grere Rohhumusauflage</i></p> <p>Ca <i>Kalkreiche Stellen</i></p> <p>T <i>Tonige Stellen</i></p> <p>A <i>Steinbruch</i></p> <p>dtr. <i>Distriktfrei (nicht kartiert)</i></p> <p> <i>Bachlauf</i></p> <p>WB4.1/1 <i>(Teil-) Wuchsbezirksnummer</i></p> <p> <i>(Teil-) Wuchsbezirksgrenze</i></p>
---	---	---

Auszug aus der Legende zur STK

Standortskarte - Themenvarianten

Für die Erstellung der Themenvarianten zur Standortskarte ist lediglich die Zuordnung einer alternativen Farbtabelle nötig, mit der die Standorteinheiten über den Farbwert thematisch aggregiert werden. Beispiele: Technische Befahrbarkeit und natürliche Waldgesellschaften. Es sind noch weitere Themen möglich, wie z.B. Bestockungsziele, Bodenversauerung oder Windwurfgefahr aufgrund des Standortes.

Technische Befahrbarkeit



Bodenschonendes Rücken mit Radfahrzeugen
ganzjährig möglich
(=unabhängig vom Bodenwasserhaushalt)



Ganzjährig befahrbare skelettreiche Block-
und Felsböden, schwierige Feinerschließung
Rückewegenetz notwendig



Böden, bei denen nur bei wassergesättigtem
Zustand mit Befahrungsschäden
zu rechnen ist
(=Standorte, deren Oberböden "relativ"
zügig austrocknen)



Böden, die nur bei ausgeprägter Trockenheit
und/oder starkem Frost ohne Bodenschäden
befahrbar sind
(=Standorte, die nur sehr langsam
bzw. selten ganz austrocknen)



Böden, bei denen Radfahrzeuge irreversible
Schäden verursachen
Andere Bringungstechnik nötig
(=Standorte, die ganzjährig bis in den
Oberboden durchnässt sind, bzw. Böden
mit organischen Auflagen)

Natürliche Waldgesellschaften



Orchideen-Buchenwald
Carici-Fagetum



Hainsimsen-Buchenwald
Luzulo-Fagetum



Preiselbeer-Kiefern-Eichenwald
Vaccinio vitis-idaeae-Quercetum



auf Fels: Orchideen-Buchenwald
Carici-Fagetum
in Klüften: Ahorn-Eschenwald
Aceri-Fraxinetum



Waldmeister-Buchenwald
Galio odorati-Fagetum



Waldlabkraut-Eichen-Hainbuchenwald
Galio sylvatici-Carpinetum betuli



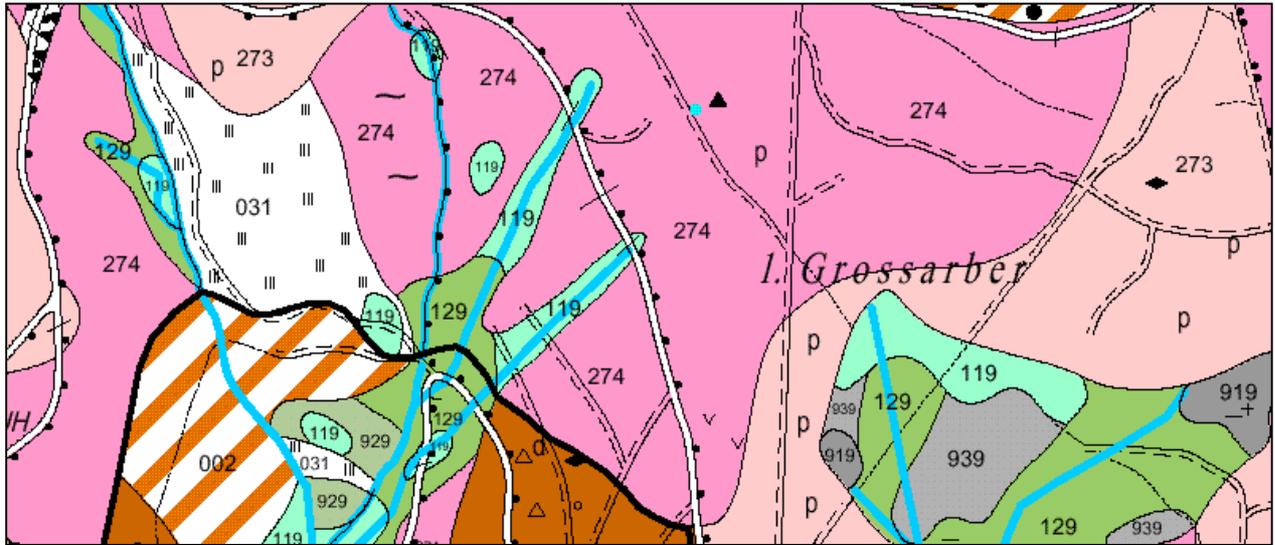
Waldgersten-Buchenwald
Hordelymo-Fagetum



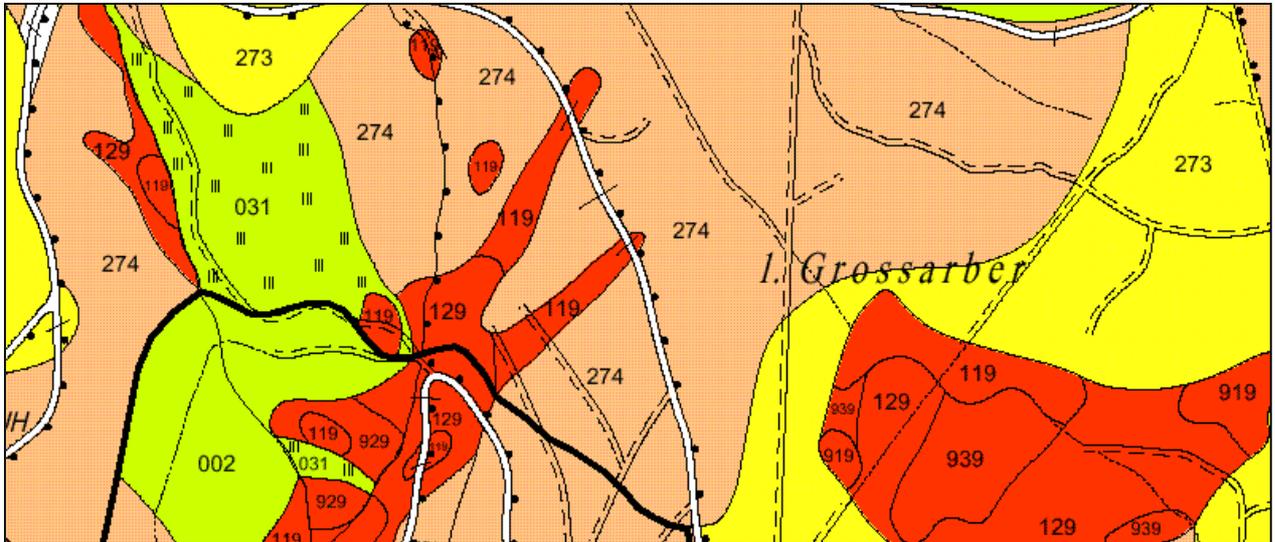
Winkelseggen-Erlen-Eschenwald
Carici remotae-Fraxinetum

Themenvarianten zur Standortskarte

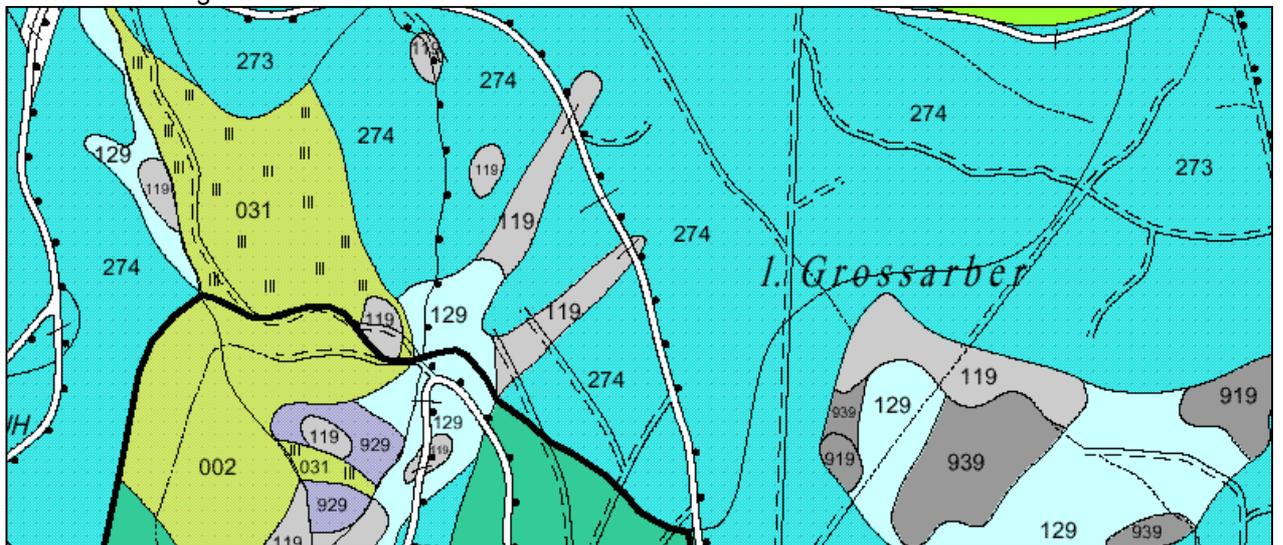
Standortskarte



Technische Befahrbarkeit



Natürliche Waldgesellschaften



Waldfunktionskarte (WFK)

Die Waldfunktionsplanung als forstliche Rahmenplanung soll gewährleisten, dass die Funktionen des Waldes bei allen Planungen und Maßnahmen der öffentlichen Planungsträger beachtet werden. Dies gilt vor allem für die Programme und Pläne der Raumordnung und Landesplanung, für die Bauleitplanung und für Maßnahmen anderer Fachverwaltungen, die den Wald mittelbar oder unmittelbar betreffen. Die Waldfunktionen werden im Maßstab 1:50.000 kartiert. Die WFK wird landkreisweise geführt und enthält:

Bezugssystem

- Blattecken der Topographischen Karte 1:25.000 (TK25-Raster)
- Verwaltungsgrenzen
- Waldflächen nach Waldgesetz als Grundlage zur Ableitung der Waldfunktionen

Waldfunktionsflächen

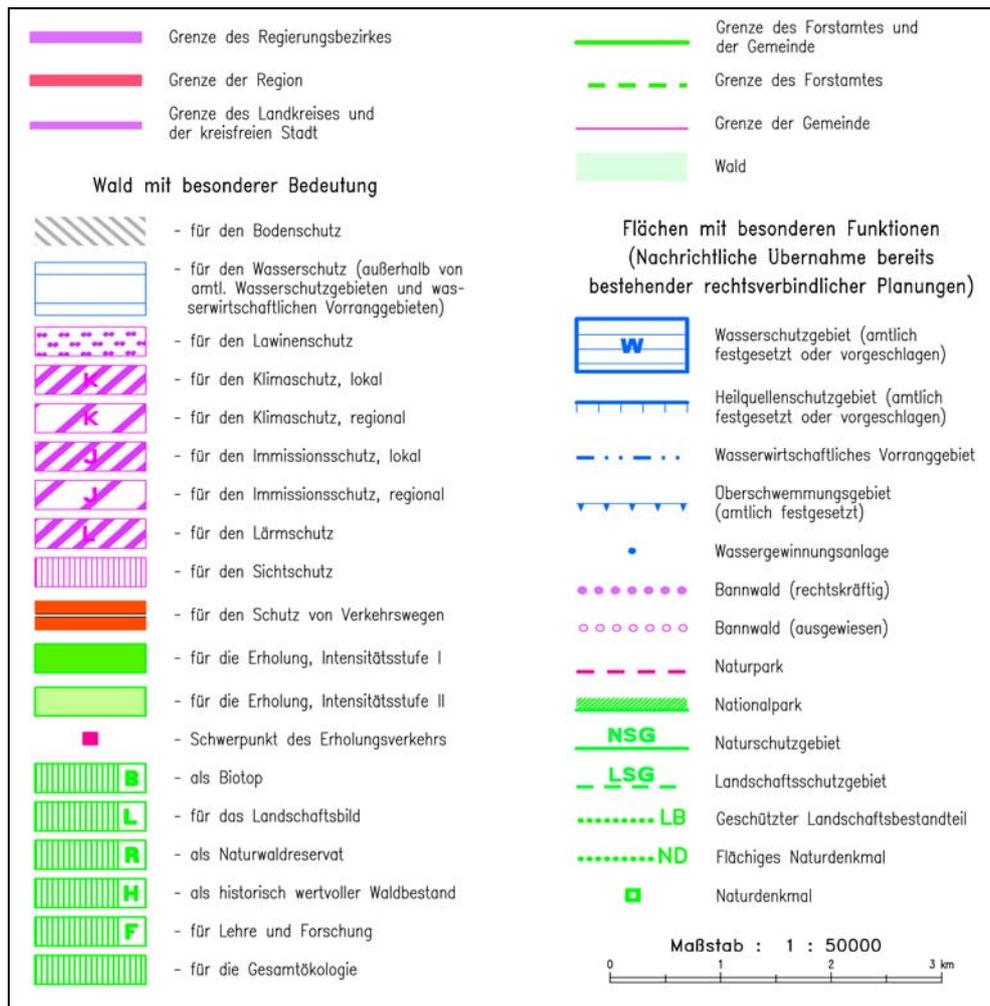
- Boden-, Wasser-, Lawinen-, Klima-, Immissions-, Sicht- und Lärmschutz
- Wald mit Funktionen für die Erholung
- bedeutende ökologische Gegebenheiten (z.B. Biotop, Landschaftsbild)

Amtliche ausgewiesenen Schutzgebiete (nachrichtlich übernommen)

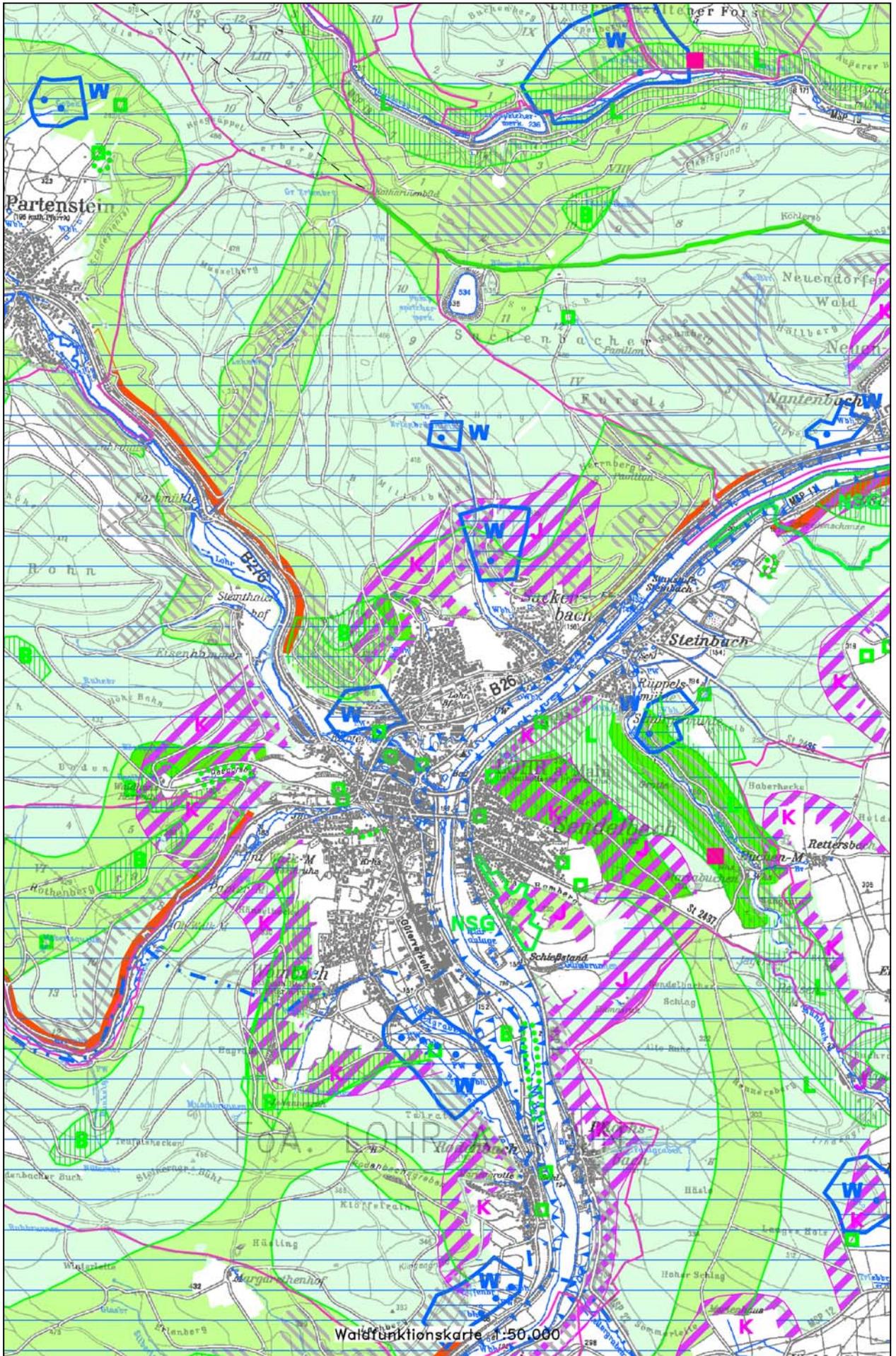
- Wasserschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete
- Natur- und Landschaftsschutzgebiete, Naturdenkmäler
- Bannwald und andere bereits bestehende rechtsverbindliche Planungen

Hintergrund: Auszug aus der Topographischen Karte 1:50.000 (TK50)

- Grundriss und Gewässer
- Höhenlinien



Auszug aus der Legende zur WFK



Waldfunktionskarte 1:50.000

Forstliche Übersichtskarte (FÜK)

In der Forstlichen Übersichtskarte 1:50.000 werden die Waldflächen nach Besitzarten unterschieden und die Grenzen der Forstämter dargestellt. Optional können die FFH/SPA-Gebiete überlagert werden.

Bezugssystem

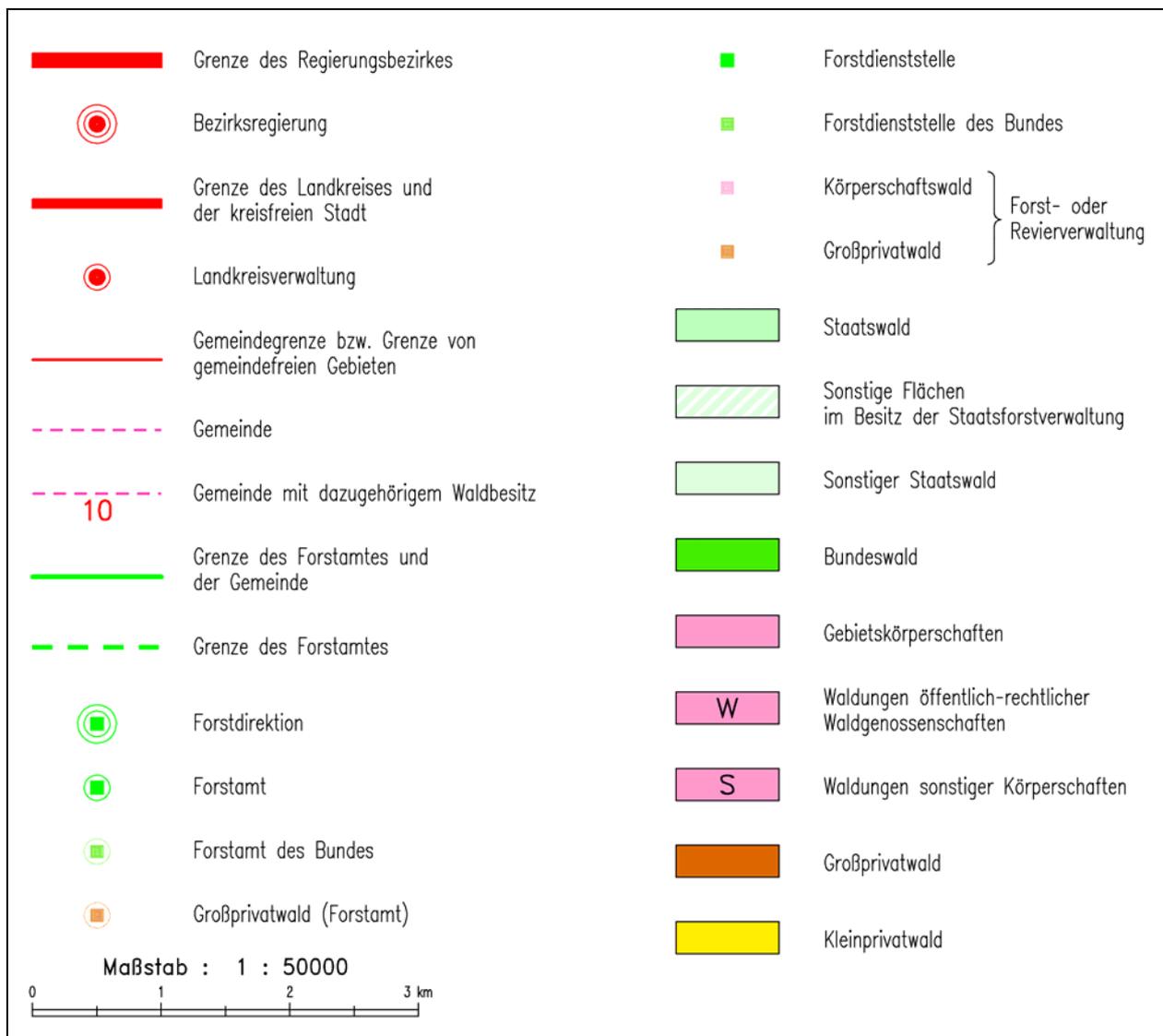
- Blattecken der Topographischen Karte 1:25.000 (TK25-Raster)
- Verwaltungsgrenzen
- Forstamtsgrenzen

Waldbesitzarten, Waldflächen nach Waldgesetz unterschieden nach den Besitzarten

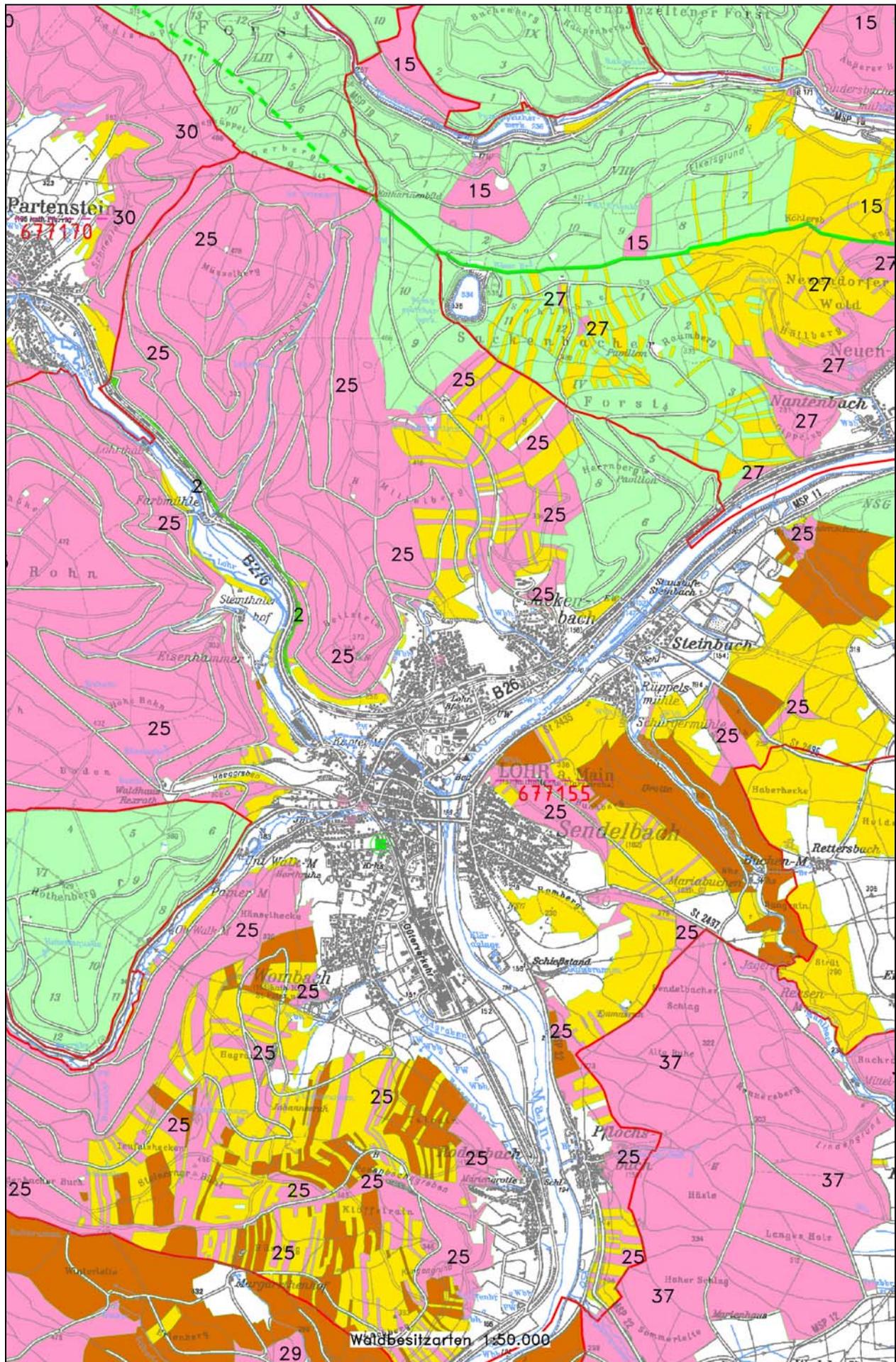
- Staatswald
- Bundeswald
- Körperschaftswald
- Privatwald (Großprivat- und Kleinprivatwald)

Hintergrund: Auszug aus der Topographischen Karte 1:50.000 (TK50), Grundriss mit Gewässer.

Bei der Ausgabe im Maßstab 1:200.000 wird ein entsprechender Auszug aus der DTK 200 verwendet.



Auszug aus der Legende zur FÜK



Metadaten für die Forstbetriebskarte (FBK)

Im Folgenden werden die wichtigsten Metadaten der FBK-Geometrie zusammengefasst :

- Vertikale Gliederung der Geodaten in Folien (Ebene, Layer)
- Geometrieelemente zur Abbildung des Basisobjektes Bestand (Bestandsteifläche)
- Ausgestaltung mit Texten und Symbolen
- Tabellen

1 Folienkonzept der Forstbetriebskarte (vertikale Struktur)

	Folie	Geometrie
Flächenobjekte (Bestandsteiflächen)	1	Auszug Digitale Flurkarte, koordinierte Grenzpunkte (Flrst.-Grenzen)
	2	Staatswaldgrenze / Flrst.-Grenze, FoA-Grenzen, digitalisierte Grenzpunkte
	3	LKW-befahrbare Waldwege (BS 90)
	4	Gewässer (BS 91)
	5	Rückewege und Schneisen (Bestandsgrenzen)
	6	Rückewege und Schneisen (DISTR-, ABT-, UABT-Grenzen)
	7	Sonstige forstwirtschaftliche Grenzen (DISTR, ABT, UABT)
	8	Bestandsgrenzen, Bestandsteiflächen (Flächenobjekt) → Verweis auf Bestands-Satz
Flächen- signaturen (Zusatz- flächen)	9	Balkensignaturen (BI, NHB, LAT, ...), Nutzungsarten für AW, HG, Abgrenzungen für VJT,VNT
	10	VVJ- Grenzen und -Flächen, Berechtigungsalmen
	22	Schutzwaldgrenzen und -flächen
	23	Versuchs- und A.R.B.-Flächen; Nassboden-Grenzen und -flächen
	24	Immissionsflächen
	26	Sonstige Sonderflächen
Signaturen, Ausgestaltung und Infrastrukturen	11	Rückewege, Schneisen, Steige, Einpunktierungen, u.a. Symbole: Nachhiebsreste, Überhälter, Zaun, u.a.
	12	Begleitband und Symbole Distriktgrenze, Distriktnamen
	13	Begleitband und Symbole Abteilungsgrenze, Abteilungsname
	14	Begleitband Unterabteilungsgrenze, Unterabteilungsname, Buchungsstellenschlüssel
	15	Bestandshochziffern, dringliche Pflegemaßnahmen
	16	Gewässer
	17	Texte: Baumarten, Gewässer-, Wege-, Bergnamen, u.a.
	20	Zaunlinien, Symbole: Zaun
	21	Begleitbänder NSG, NR; Symbole: Naturschutzgebiet, Naturwaldreservat
	23	Begleitbänder und Symbole WSG; Symbole: Versuchsfläche
	24	Begleitbänder FFH/SPA-Gebiete, Symbole FFH/SPA
	25	Begleitbänder Sanierungsgebiet; Symbole: Verbauung, Verbauung geplant
	30	Begleitbänder FOA-Grenzen, FK5-Blattbezeichnungen
	28	UTM-Gitter
	29	Passkreuze und Rahmen der Forstkarten
	30	FK5-Rahmen aus ORGA überlagert

Flächenobjekte der Forstbetriebskarte - Bestandsteilflächen

2.1 Objektschlüssel

Bestkey = Objektschlüssel für Bestandsteilflächen

Stelle 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

Beispiel 4 2 8 0 3 0 1 3 0 2

Inhalt

OFD	FOA	DIS	Abteilung	Unterabteilung	Bestandshochziffer
-----	-----	-----	-----------	----------------	--------------------

2.2 Bestandsteilflächen: Flachland

Pflege-, Nutzungsart EBENE = 8, SA = 2	NAM	TXT	ST	Standard- fläche	U-Flächen- anteil > 30%		PT
				FCO	FCO	INTV	
Jungbestandspflege	JP	Bestkey	17	17	517	U > 30	→
Jungbestandspflege (führender Laubholzanteil)	JP2		42	42	542	U > 30	→
Jungdurchforstung	JD		18	18	518	U > 30	→
Jungdurchforstung (führender Laubholzanteil)	JD2		43	43	543	U > 30	→
Altdurchforstung	AD		19	19	519	U > 30	→
Altdurchforstung (führender Laubholzanteil)	AD2		44	44	544	U > 30	→
Verjüngung	VJ		20	20			→
Verjüngungsnutzung, Teilfläche.	VNT		21	21			→
Verjüngung, Teilfläche	VJT		20	20			→
Bestandsinnenarbeit	BI		21	21			→
Ebene 9: Zusatzsignatur SA = 2 INTV= Bestkey // BI	BI		#	21	205		
Verjüngungsnutzung	VN		21	21			→
Plenternutzung	PL		22	22	522	U > 30	→
Langfristige Behandlung	LB		23	23	523	U > 30	→
Ausgew. waldfreie Fläche	SPE		47	47			→
Versuchsfläche	VFL			27	29		→
Ebene 23: Zusatzsignatur SA = 15 INTV= Bestkey // VFL	VFL		#	27	270		
Außerregelmäßiger Betrieb	A.R.B		27	29		→	
Ebene 23: Zusatzsignatur SA = 15 INTV= Bestkey // a.r.B.	A.R.B.	#	27	270			
Eichenüberführung	EIUEB		21	21		→	
Ebene 9: Zusatzsignatur SA = 2 INTV= Bestkey // EIUEB	EIUEB	#	21	227			

☐ Basisfläche immer mit Zusatzsignatur

= Parameter ist nicht vorhanden

Bestandsteiflächen: **Hochgebirge**

Entwicklungsstadium EBENE = 8, SA = 2	NAM	TXT	ST	Standard- fläche		U-Flächen- anteil > 30%		PT
				FCO	FCO	INTV		
Jugendstadium	JS	Bestkey	17	17	517	U > 30	→	
Wachstumsstadium	WS		18	18	518	U > 30	→	
Reifungsstadium	RS		19	19	519	U > 30	→	
Altersstadium	AS		40	40	540	U > 30	→	
Grenzstadium	GS		41	41	541	U > 30	→	
Verjüngungsstadium	VS		21	21	521	U > 30	→	
Plenterstadium	PS		23	23	523	U > 30	→	
Versuchsfläche	VFL		27	29			→	
Ebene 23: Zusatzsignatur SA = 15 INTV= Bestkey // VFL	VFL	#	27	270				
Latschenfelder	LAT	#	32	32	532	U > 30	→	
Berechtigungsalmen	BRA		33	33			→	
Eb. 10: Zusatzsign. SA=2, W=0, SM=1, INTV=Bestkey // BRA	BRA		33	241				

□ Basisfläche immer mit Zusatzsignatur

= Parameter ist nicht vorhanden

2.4 Bestandsteiflächen: **Auwald**

Baumart EBENE = 8, SA = 2	NAM	TXT	ST	Standard- fläche		PT
				FCO	FCO	
Esche / Ulme / Ahorn / Eiche	ES	Bestkey	17	17		→
Fichte	FI		18	18		→
Kiefer	KIE		19	19		→
Pappel / Weide / Aspe	PA		32	32		→
Weißerle / Birke	WERL		36	36		→
Buschwald SA = 30	BUW		24	249		→
Ausgew. waldfreie Fläche	SPE		47	47		→
Versuchsfläche	VFL		27	29		→
Ebene 23: Zusatzsignatur SA = 15 INTV= Bestkey // VFL	VFL	#	27	270		
Außerregelmäßiger Betrieb	A.R.B.	27	29		→	
Ebene 23: Zusatzsignatur SA = 15 INTV= Bestkey // a.r.B.	A.R.B.	#	27	270		

2.5 Allgemeine waldfreie Flächen

Nutzungsart EBENE = 8, SA = 2	NAM	TXT	ST	Standard- fläche		U-Flächen- anteil > 30%		PT
				FCO	FCO	INTV		
Weg	WEG	Bestkey	29	29			→	
Gewässer	GEW		39	39			→	
Unbestockte Waldfläche	U		29	29			→	
Sonstige Fläche	SF		24	24	524	U > 30	→	
Nichtholzboden	NHB		25	25			→	

Konturelemente der Flächenobjekte

Konturelemente Ebene 1 bis 8						
Deskriptor HGEL für Korrektur der Bestandsflächen						
Ebene	Typ	ST	SM	TXT	INTV	Konturelement-Art
2	LI, LY,SN	1	1			Grenze im Staatswald
	LI, LY,SN	2, 10, 12	1			Staatswaldgrenze
	LI, LY,SN	1	1	FOAGR		FOA-Grenze (Begleitband (Staatswaldgrenze)
	LI, LY,SN	3	1	FOAGR		in Ebene 30) (Wegemündung)
	LI, LY,SN	1	7	FOAGR		(Schneise)
	LI, LY,SN	10	7			FLST-Grenze zwischen Forstämtern
3	LI, LY,SN	1, (3)	1	#	2,5	Waldweg oder Parallele
	LI, LY,SN	3	1	#		Waldweg, unsichtbar
	LI, LY,SN	6, (3)	1	DISTR	2,5	Waldweg (unsichtbar) mit DISTR-Grenze
	LI, LY,SN	5, (3)	1	ABTG	2,5	ABTG-Grenze
4	LI, LY,SN	7, (3)	1	UABT	2,5	UABT-Grenze
	LI, LY,SN	1, (3)	1	#	#	Gewässerlinie oder Parallele
	LI, LY,SN	6, (3)	1	DISTR	#	Gewässer (Gew. Überquerung) mit DISTR-Grenze
5	LI, LY,SN	5, (3)	1	ABTG	#	ABTG-Grenze
	LI, LY,SN	7, (3)	1	UABT	#	UABT-Grenze
	LI, LY,SN	6, (3)	1, 7	RWSCHN		RW, SCHN als Bestandsgrenze (SCHN. Überquer.)
6	LI, LY,SN	6, (3)	10	RWSCHN		Steig als Bestandsgrenze (SCHN. Überquerung)
	LI, LY,SN	6, (3)	1	DISTR	#	Rückweg (unsichtbar) mit DISTR-Grenze
	LI, LY,SN	5, (3)	1	ABTG	#	ABTG-Grenze
	LI, LY,SN	7, (3)	1	UABT	#	UABT-Grenze
	LI, LY,SN	6, (3)	7	DISTR	#	Schneise (unsichtbar) mit DISTR-Grenze
	LI, LY,SN	5, (3)	7	ABTG	#	ABTG-Grenze
	LI, LY,SN	7, (3)	7	UABT	#	UABT-Grenze
	LI, LY,SN	6, (3)	10	DISTR	#	Steig mit DISTR-Grenze
	LI, LY,SN	5, (3)	10	ABTG	#	ABTG-Grenze
	LI, LY,SN	7, (3)	10	UABT	#	UABT-Grenze
7	LI, LY,SN	6, (3)	1	DISTR	#	Sonstige forstw. Grenze DISTR-Grenze
	LI, LY,SN	5, (3)	1	ABTG	#	(unsichtbar) mit ABTG-Grenze
	LI, LY,SN	7, (3)	1	UABT	#	UABT-Grenze
8	LI, LY,SN	6, (3)	1, 7	#		Bestandsgrenze (unsichtbare Schneisenüberquerung)
	LI, LY,SN	6, (3)	3			Einpunktierung als Bestandsgrenze (SCHN. Überqu.)

= Parameter ist nicht vorhanden

2.7 Punktsymbole für Grenzpunkte

Punktsymbole (PG)			
SM=1			
Ebene	SY-Art	PKZ	ST
2	Grenzpunkt	G	31
	Grenzpunkt, historisch bedeutsam	H, O, Z0	1
	Grenzpunkte	S	1

Flächensignaturen (Zusatzflächen)

3.1 Zusatzflächen: Flachland

Zusatzfläche									Basisfläche (Ebene 8)	
Nutzungsart	Ebene	NAM	TXT	INTV	ST	SA	W	FCO	NAM	INTV
Umbau	9	UB	#	Bestkey // UB	20	20		206	JP, JD, AD	UB
Umbau auf Teilfläche	9	UBT	#	Bestkey // UBT	20	30		207	JP, JD, AD	UBT
NHB/SF-Anteil > 30 %	9	NHB>30	#	Bestkey // NHB>30	24	30		247		NHB>30

= Parameter ist nicht vorhanden

3.2 Zusatzflächen: Hochgebirge

Zusatzfläche									Basisfläche (Ebene 8)	
Nutzungsart	Ebene	NAM	INTV	ST	SA	W	FCO	NAM	INTV	
Pflege	9	PF	Bestkey // PF	37	12		370		PF	
Verjüngung	9	VERJ	Bestkey // VERJ	20	25		207		VERJ	
Ausstockung	9	AUS	Bestkey // AUS	20	25		208		AUS	
NHB/SF-Anteil > 30 %	9	NHB>30	Bestkey // NHB>30	24	30		247		NHB>30	
LAT-Anteil > 30%	9	LAT>30	Bestkey // LAT>30	32	30		327		LAT>30	

= Parameter ist nicht vorhanden

3.3 Zusatzflächen: Auwald

Zusatzfläche									Basisfläche (Ebene 8)	
Nutzungsart	Ebene	NAM	INTV	ST	SA	W	FCO	NAM	INTV	
Langfristige Behandlung	9	LB	Bestkey // LB	37	15	-45	372		LB	
Umbau	9	UB	Bestkey // UB	37	15	45	374		UB	
Umbau auf Teilfläche	9	UBT	Bestkey // UBT	20	30	0	207		UBT	
NHB/SF-Anteil > 30 %	9	NHB>30	Bestkey // NHB>30	24	30		247		NHB>30	
Jungbestandspflege (unsichtb.Zusatzfl.)	9	JP	Bestkey // JP	29	15	0	0		JP	
Jungdurchforstung	9	JD	Bestkey // JD	37	15	0	371		JD	
Altdurchforstung	9	AD	Bestkey // AD	37	15	90	375		AD	
Endnutzung	9	EN	Bestkey // EN	37	15	-90	373		EN	

= Parameter ist nicht vorhanden

3.4 Sonderflächen

Sonderflächen	Ebene	NAM	TXT	INTV	ST	SM	SA	W	FCO
Verjüngung mit gesicherter Vorausverjüngung	10	VVJ	Bestkey	#	30	1	10	45	301
Schutzwald	22	SCHW	Bestkey	#	45	1	30	135	451
NSG	21	NSG	Bestkey		30	1	2	0	-2
NR-Kernzone	21	NR-K	Bestkey		26	1	9	135	#
NR-Schutzzone	21	NR-S	Bestkey		30	1	9	135	#
Erholungswald	21	ERW	Bestkey		26	3	9	45	#
FFH/SPA-Gebiete	24	FFH	Bestkey		38	1	2	0	-2

= Parameter ist nicht vorhanden

FoD-spezifische Flächen

4.1 FoD-spezifische Basisflächen

Nutzungsart EBENE = 8	NAM	TXT	ST	Standard- fläche		PT
				FCO		
Vorzeitige Einreihung (Mfr) 	VJN	Bestkey	21	21		→
Ebene 9: Zusatzsignatur SA=30, W=45	VJN	#	21	227		
Vorzeitige Einreihung rückstellbar (Mfr) 	VJN	Bestkey	21	21		→
Ebene 9: Zusatzsignatur SA=30, W=-45	VJN	#	21	1504		
Mortalstadium (NPV) SA=2	MS	Bestkey	42	42		→
Reliktöhrenwald 	RFW	Bestkey	21	21		→
Ebene 9: Zusatzsignatur SA = 2, W=0	RFW	#	21	247		

→ Verweis zu OR-Satz

 Basisfläche immer mit Zusatzsignatur

= Parameter ist nicht vorhanden

4.2 FoD-spezifische Zusatzflächen

Zusatzflächen	Ebene	NAM	TXT	INTV	ST	SA	W	FCO
Mortalstadiumanteil > 30 % (NPV)	9	MS>30	#	Bestkey // MS>30	42	30	0	333
Immissionsfläche (Ofr)	24	IMMI	#	Bestkey // IMMI	22	30	90	503
Naßboden (Ndb/Opf)	23	NASBO	Bestkey	#	27	50	90	1507
Grenzwirtschaft (Ndb/Opf)	23	GRWA	#	Bestkey // GRWA	27	25	-90	508
Unterbau geplant (Mfr)	10	UBAUG	#	Bestkey // UBAUG	30	30	90	505
Unterbau ausgeführt (Mfr)	10	UBAU	#	Bestkey // UBAU	30	30	-90	506

= Parameter ist nicht vorhanden

Anmerkung: Zeichenprioritäten für Flächen

Zeichenpriorität	FL ohne Inseln	FL mit Inseln
Vollflächen	-7	-6
Balken	-3	-2
Schraffuren	-1	0

Konturelemente für Flächensignaturen

Konturelemente Ebene 9 bis 31						
Ebene	Typ	ST	SM	TXT	INTV	Konturelement-Art
9	LI, LY,SN	3,31	?			Unsichtbare VN/BI/VF/VT-Grenze
10	LI, LY,SN	3	2			Unsichtbare VVJ-Grenze
11	LI, LY,SN	1	7		#	Rückeweg/Schneise - Parallele
	LI, LY,SN	1	1		#	Rückeweg (keine Best.gr. = ohne RWSCH)
	LI, LY,SN	1	3		#	Einpunktierung (keine Best.gr. = ohne RWSCH)
	LI, LY,SN	1	10		#	Steig (keine Best.gr. = ohne RWSCH)
	LI, LY,SN	51	1			Gliederungslinie mit SY =GL
	LI, LY,SN	1, 8	1, 7			Böschungslinie mit SY = BOE /Steg
	LY	2	1	KANAL		Kanal/Leitlinie
12	LI, LY,SN	16	1	#		Begleitband DISTR-Grenze
13	LI, LY,SN	15	1	#		Begleitband ABTG-Grenze
14	LI, LY,SN	11	1, 7, 10	#		Begleitband UABT-Grenze
15	LI, LY	1	1			Verweispfeil zu Bestandsnummern
16	LI, LY,SN	1	1	#		Steig über Gewässer, Gewässerlinie
17	LI, LY	1	1			Zugehörigkeitspfeil
20	LI, LY,SN	1, 51	1	#		Zaunlinie mit SY = Zaun
21	LI, LY,SN	26, (3, 51)	1			Umringkotnr NSG, NR, Erh.-wald (unsichtbar)
22	LI, LY,SN	45, (51)	1, (?)			Schutzwaldgrenze (unsichtbar, Kopie => alle SM möglich)
23	LI, LY,SN	50	1			Wasserschutzgebiet Zone 1
	LI, LY,SN	50	8			Zone 2
	LI, LY,SN	51	1			Umrahmung zu NASBO-Fläche (FoD Ndb/Opf)
24	LI, LY,SN	51	1			Umringkotnr FFH/SPA-Gebiete (unsichtbar)
25	LI, LY,SN	34	1			Umrahmung Sanierungsgebiet
	LI, LY	14	1			Zugehörigkeitszeichen Sanierungsgebiet
(28)	LI	45	1			UTM-Gitterlinien
(29)	LI	90,91,92,51	1			Rahmenlinien
30	LI, LY,SN	11	7			Begleitband FOA-Grenze

= Parameter ist nicht vorhanden

5 Kartenausgestaltung

5.1 Texte

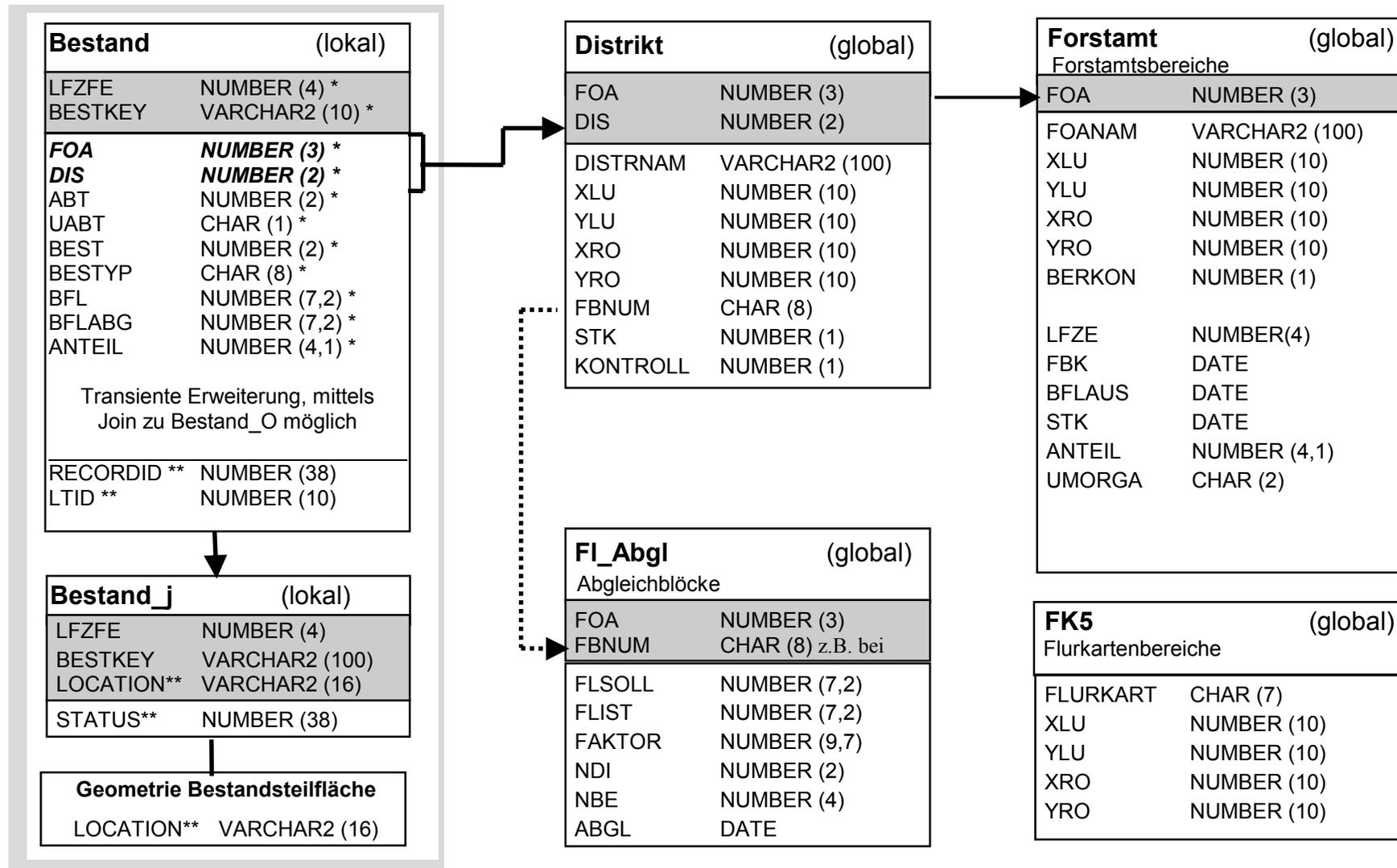
Ebene	Typ	SAR	SWI	M	A	H	ST	TX-Art
2	TX	SR	75	0.65	M		1	Grenzpunktnummern
11	TX	SR	75	0.70	L	18, 25	1	Texte zu AH/DH/WF/FOA/FODST
12	TX	TR	90	0.81	L	30	2	dfr (distriktfrei)
	TX	TR	90	0.81	L	50, 60, 72	2	Distriktnamen
13	TX	CR2	75	0.60	L	40	2	Abteilungsnr.,-name
14	TX	TI	90	0.81	M	48	2	Unterabteilung (a, b, c)
	TX	TR	75	0.81	M	30	45	Buchungsstellenschlüssel
17	TX	SR	75	0.65	M	11 - 16	1	Baumarten
	TX	SR	75	0.65	L	14, 15, 16	1	
	TX	SR	75	0.70	L	14, 15, 16	1	
	TX	CR2	105	0.81	L	20	1	Gewässername
	TS	CR2	-75, 105	0.81		20	1	Gewässername (Schmiegetext)
	TX	SR	75	0.70	L	18	1	Flurstücksnummer
	TX	SR	75	0.70	L	25	1	Berggipfel / sonst. Namen
	TX	SR	90	0.70	L	20	1	Wegname
	TS	SR		0.70		20	1	Wegname (Schmiegetext)
	TS	SR	75	0.70		25	1	
25	TX	DR	90	0.65	L		14	Beschriftung zu Sanierungsfläche
28	TX	DR	90		L		1	UTM-Beschriftung
30	TX	SR	90	0.65	L	25	1	Flurkartennummer

Symbole

Symbole SM=1, ST=1			
Ebene	SY-Art	SY-Name	SY-Geometrie (ST)
10	Vorausverjüngung (FoD Bayreuth)	VVJ-S*	30
11	Nachhieb	NACHH	
	Überhälter	UEBERH	2
	Zugehörigkeitshaken	ZGHZ	
	Betriebsgebäude	GEBAEUDE	
	Wildfütterung	WILDFUET	
	Pflanzung	BO	
	Totholz	BAUEX	
	Gliederungssymbol	GL	
	Böschungssymbol	BOE	
	Zaun-SY N/S-Ausrichtung	ZAUN	
	Zaun-SY tangential	ZAUN1	
	Baumsymbol (FoD Augsburg)	BM1	
12	Distriktgrenze *)	DISTGR	
13	Abteilungsgrenze *)	ABTGR	
15	Bestandsnummer + Bergwald 1	BEST0 - BEST25	
	Dringl. Pflegemaßn. + Bergwald 1/d.	PFLEGE0 - PFLEGE25	
	Ausgew. Bestände + Bergwald 2	BERG20 - BERG225	
	Dringl. Pflegemaßn. + Bergwald 2/d.	BERGD0 - BERG2D25	
	Bergwald 3	BERG30 - BERG325	
	Dringl. Pflegemaßn. f. 3/d.	BERG3D0 - BERG3D25	
20	Zaun-SY N/S-Ausrichtung *)	ZAUN	
	Zaun-SY tangential *)	ZAUN1	
21	Naturdenkmal	ND	13, 30
	Naturschutzgebiet	NSG	30
	Naturwaldreservat	NRKERN	13, 30
	Kernzone	NR	13, 30
22	Verbauung	VERBAU	46
	Verbauung, geplant (zu Schutzwald)	VERBGEP	46
23	Versuchsfläche	VER	28
	Wasserschutzgebiet	WSG	28
24	FFH-Gebiete	FFH	38
	SPA-Gebiete	SPA	38
	FFH/SPA-Gebiete	FFHSPA	38

*) Linienbegleitende Symbole

6. Sachsatzdefinition der Forstbetriebskarte (FBK), Geoobjekt Bestand



* Attribute an Grafik übergebbar

** Systemattribute

Namenskonventionen im FORST-GIS

Für die Organisation des Systems, insbesondere für die Navigation im Dateisystem und zur Verwaltung der Systemressourcen ist es bei umfangreichen, verteilten Systemen erforderlich, Namenskonventionen für alle Komponenten einzuführen, die in Dateiverzeichnissen, Dateien und Bibliotheken abgelegt und persistent verwaltet werden. Diese Konventionen beschreiben die Struktur und den Inhalt der Namen, die für Dateiverzeichnisse, Dateien und Bibliothekselemente verwendet werden, sie sind die Grundlage für die Metadaten zur Organisation des FORST-GIS.

Für folgende Komponenten werden im FORST-GIS Namenskonventionen vorgegeben:

1 SYSTEMKOMPONENTEN

1.1 **Datenbankserver**

1.2 **ORACLE-Datenbanken**

1.3 **Benutzerkennungen**

2 APPLIKATIONEN

3 PROJEKTE

1.1 **Zuordnung Projekt ↔ Applikation**

1.2 **Projekt-Datenbank (GDB)**

4 AUFTRAGSBEARBEITUNG

4.1 **Digitalisierung**

4.2 **Kartenfertigung / Plotten**

4.3 **Plotaufträge**

5 DATENAUSTAUSCH

1 Systemkomponenten

1.1 Datenbankserver

Lokaler FoD-DB-Server: **FGIS<x>0** <x>::=1|2|3|4|5|6
 Zentraler GIS-DB-Server: FGIS00
 Lokaler KA-DB-Server: FGIS70
 Entwicklungsrechner: PILOT (FORST-GIS-Versionen)

1.2 ORACLE-Datenbanken

Lokaler FoD-DB-Server: **FOD<x>** <x>::=1|2|3|4|5|6
 Zentraler GIS-DB-Server: FGIS
 Lokaler KA-DB-Server: KART
 Entwicklungsrechner: PROJ

Für die Datenbanken gilt folgende Festlegung:
Name Datenbank = Name Instance = Name Netzservice

Adressen für die ORACLE-Datenbanken:

Lokaler FoD-DB-Server: **FODx@FGISx0:user/pass**
 Zentraler GIS-DB-Server: **FGIS@FGIS00:user/pass**

1.3 Benutzerkennungen

Gruppe	User	Funktion
0 Systemverwaltung	root EZsetup shutdown	Systemverwaltung Systemeinstellungen System anhalten
1 FORST-GIS Administration	oracle gdbadmin plotadm	ORACLE-Administratort GDB-Administratort Plot-Administratort
2 / Version	fgis	Installation FORST-GIS-Vers.
3 Arbeits-Kennungen	digi1 - 3 karte (1-2) daten sicplot	Digitalisierung Kartenrahmen, Kartenplot Datenaustausch FoD-Plotten
4 Entwicklung	thea plfgis	Sonderanwendungen FoD Entwicklung FORST-GIS

2 Applikationen

Zur Zeit sind folgende Anwendungen (Applikationen) im FORST-GIS **realisiert** bzw. vorgesehen:

Applikationstyp	Benutzer	Applikation	Forst-Anwendung
Digitalisierung ¹⁾ Forstbetrieb	digi<x>	FBK	Forstbetriebkarte
	digi<x>	STK	Standortskarte
	digi<x>	SCH	Schutzwaldsanierungskarte
	digi<x>	NAT	Naturschutzzusatzkarte (Kleinstrukturen)
	digi<x>	INV	Inventurauswertungen
Digitalisierung forstl. Rahmen- planung	digi<x>	WFK ²⁾	Waldfunktionskarte
	digi<x>	FUK	Forstl. Übersichten mit den Waldbesitzarten
	digi<x>	LUM ²⁾	Amtliche Schutzgebiete
	digi<x>	WWF ²⁾	Sonderflächen (z.B. FFH)
	digi<x>	ORG	Organisationsübersichten
Organisation	gdbadmin	adm	Administration Projekte, Projekt-GDB
	daten	dat	Datenaustausch
	karte	kar	Karten-Layout Bearbeitung
	sicplot	plo	Plotausgabe
	thea	rem	Sonderanwendungen (lokal und remote)

¹⁾ Funktionen zur Erfassung, Berechnung und Verwaltung ²⁾ Nur Verwaltungsfunktionen <x>::=1|2|3

Die Forst-Anwendungen sind als Sicad-Prozeduren realisiert, die sich in Prozedurbibliotheken befinden (LIB_PDB) und ergänzt werden durch Bilder (LIB_IDB), Symbole (LIB_SDB) und Tablett-Menüs (LIB_MDB). Für die Steuerung des Betriebssystems und der Datenbank werden Shell- und SQL-Scripts verwendet.

Namen der Bibliotheken und Customizing-Dateien (Auszug - siehe Dokument Version)

FORST-GIS-VERSION:	LIB_PDB	LIB_IDB	LIB_SDB	LIB_MDB
	CGM_PARAMS	GRFE_PARAMS	FCO_PARAMS	LAYOUT

```
LIB_PDB:      DIGI.dat   ORGA.dat   ORGA_adm.dat
              DIGI.idx   ORGA.idx   ORGA_adm.idx

LIB_IDB:      ORGA.dat   ORGA.idx

LIB_SDB:      FBK.dat    FUK.dat    LVA.dat    ORGA.dat    STK.dat    WFK.dat
              FBK.idx    FUK.idx    LVA.idx    ORGA.idx    STK.idx    WFK.idx

LIB_MDB:      ORGA.dat   ORGA.idx

CGM_PARAMS:  VLT.FBK    VLT.FUK    VLT.STK    VLT.WFK

FCO_PARAMS:  FBK.dat    FUK.dat    STK.dat    WFK.dat
              FBK.idx    FUK.idx    STK.idx    WFK.idx

GRFE_PARAMS: FT.FGIS    FW.STK     I.TA16     TABLET.CONFIG.ag
              FW.FBK     FW.WFK     LU.FGIS    TABLET.CONFIG.a3
              FW.FBK_k   FW.WFK_k   LU.STD     sav_UIP.FGIS
              FW.FBK_s   I.MAUS     SM.FGIS
              FW.FUK     I.TA05     UIP.FGIS

LAYOUT:      APPLICATION  BFIELD    BITMAP    MASK      MENUBAR
APPLICATION: FBK FUK INV LUM NAT ORG SCH STK WFK WWF
              adm dat krt plo rem
```

3 Projekte

Die Bearbeitung der Datenbestände ist im FORST-GIS in Projekten organisiert. Das Projekt ist die zentrale Organisationseinheit für die Abwicklung von Aufträgen und die Verwaltung der Daten. Die Bezeichnung von Projekten setzt sich aus ihrem Datentyp und einer Ordnungsnummer zusammen.

PROJEKT ::= <Datentyp><Ordnungsnummer>

Datentyp: Folgende Datentypen sind vorgesehen:

Für die Forstbetriebsplanung (Detailplanung, intern – 1:10.000)

FBK	Forstbetriebskarte
STK	Standortskarte
INV	Inventurauswertungen
SCH	Schutzwaldsanierungskarte
NAT	Naturschutzzusatzkarte (Kleinstrukturen)

Für die forstliche Rahmenplanung (öffentlich-rechtlich – 1:50.000)

WFK	Waldfunktionskarte
FUK	Forstliche Übersichtskarte mit den Waldbesitzarten
ORG	Organisationsübersichten
LUM	Amtliche Schutzgebiete
WWF	Sonderflächen (z.B. FFH)

Ordnungsnummer: Die zulässigen Nummern, das zugeordnete Gebiet (SW/NO-Ecke) und der Name des Projekts werden in den Tabellen `gdbadmin.orga_FoA` und `gdbadmin.orga_Lkr` verwaltet (Vormerkungen). Die Projektnummern sind 3-stellig, der zulässige Nummernbereich ist [000-999]. Die Projekte werden in Klassen eingeteilt, denen entsprechende Nummernteilbereiche zugeordnet sind.

Standard-Projekte <Ordnungsnummer> ::= <foa|lkr>

(Forstamt/Landkreis) Standard-Projekte werden für die Datenerfassung verwendet (Neuprojekte). Ordnungsnummern für Standard-Projekte sind die amtlichen FoA-Nummern (*foa*) für den Bereich Forstbetrieb sowie die Lkr-Nummern (*lkr*) für den Bereich forstliche Rahmenplanung.

Groß-Projekte <Ordnungsnummer> ::= 100|200|300|400|500|600|700

(Regierungsbezirk) Enthalten die Daten mehrerer Standard-Projekte. Groß-Projekte werden i.d.R. für die Verwaltung von statischen Daten (Altprojekte) eingesetzt. Groß-Projekte sind bisher nur für die forstliche Rahmenplanung vorgesehen und umfassen einen Regierungsbezirk. Die erste Ziffer ist die Nummer des Rbz. Für die Datenerfassung (Neuprojekte) werden sie nur für die Datentypen FUK und ORG verwendet.

Sonder-Projekte <Ordnungsnummer> ::= 801-899|901-999

Beliebige Gebiete für Sonderaufgaben können zugeordnet werden

Gesamt-Projekte <Ordnungsnummer> ::= 00<e> / nur auf zentralem Datenserver

(Bayern) Bayernweite Datenbanken für die Bestandsdokumentation der erfassten und geprüften Datenbestände des FORST-GIS, wobei eine Versionsnummer <e> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9 ist, die verschiedene Epochen kennzeichnet.

3.1 Zuordnung Projekt ↔ Applikation

Beim Applikationstyp Digitalisierung (Erfassung, Berechnung, Verwaltung) wird dem Projekt die zugehörige Anwendung über die Identität der Bezeichnung des Datentyps und der Bezeichnung der Applikation zugeordnet. Die Digitalisier-Anwendungen werden als Benutzer digix eingesetzt.

Für den Applikationstyp Organisation wird den Projekten die Anwendung über den Namen des Benutzers zugeordnet. Für den Datentyp werden Kennziffern [0-9] eingesetzt. Für die Zuordnung der Customizing-Dateien und der Bibliotheken werden die Datentypen zusätzlich zu Projekttypen zusammengefaßt. Folgende Projekttypen sind vorgesehen:

Projekttyp	Datentyp	Kennziffer
1 FBK	FBK SCH NAT INV	0 2 3 4
2 STK	STK	2
3 WFK	WFK LUM WWF	5 7 8
4 FUK	FUK ORG	6 9

3.2 Projekt-Datenbank (GDB)

Die Daten zu einem Projekt werden innerhalb der ORACLE-Datenbank in einer „Geo-Datenbank (GDB)“ verwaltet. Die GDB ist dem Datentyp und den Projekt-Gebiet zugeordnet und besteht im Wesentlichen aus drei Tabellen:

GBELEMENT_gbid (Element-ID, Zell-ID) in welcher Zelle ein Element gespeichert ist
 GBCELL_gbid (Zell-ID, Daten) die Zellen (long raw) mit den gespeich. Elementen
 GBREFERENCE_gbid (Element-ID, Zell-ID) Verweise, welche Zellen von einem Element sonst noch geschnitten werden (außer der Speicherzelle)

Die GDB wird in der Datenbank einem Eigentümer (User/Schema) zugeordnet. Im FORST-GIS erhält der Eigentümer einer GDB einen projektspezifischen Namen.

Projekt-GDB für die Forstbetriebsplanung (Detailplanung, intern – 1:10.000)

GDB-NAME: P_<FBK STK SCH NAT INV><foa>	Eigentümer: UP<foa>
---	----------------------------------

Projekt-GDB für die forstliche Rahmenplanung (öffentlich-rechtlich – 1:50.000)

GDB-NAME: R_<WFK FUK LUM WWF ORG><lkr>	Eigentümer: UR<lkr>
---	----------------------------------

Ein Eigentümer faßt alle Daten(-typen) zu einem Gebiet, das deselben P- oder R-Ordnungsnummer zugeordnet ist logisch zusammen. Die zugehörigen Tabellen sind damit in der Datenbank demselben Schema zugeordnet (siehe Dokumentation Datenbank).

Beispiele:

Gebiet	Forstamt 608		Landkreis 777	
Projekt	FBK608	STK608	WFK777	FUK777
Projekt-GDB	P_FBK608	P_STK608	R_WFK777	R_FUK777
Eigentümer	UP608		UR777	

4 Auftragsbearbeitung

Innerhalb der Projekte sind die Arbeitsabläufe in Aufträgen organisiert. Im Wesentlichen sind zu unterscheiden Aufträge für die Digitalisierung (Erfassung, Berechnung, Verwaltung) und Aufträge für die Kartenfertigung und das Plotten. Aufträge haben folgende Bezeichnungen:

AUFTRAG ::= <Projekt>„-“<Auftragskürzel>
<Datentyp><Ordnungsnummer>„-“<Auftragskürzel>

4.1 Digitalisierung

Die Digitalisierungsaufträge erhalten ein Auftragskürzel, das **implizit** über den Auswahlbereich zum Lesen eines Ausschnitts festgelegt wird. Aufträge werden nur für Änderungen der Projekt-GDB angelegt, sie werden in der Tabelle gdbamin.orga_AN verwaltet.

Auftragskürzel für den Projektbereich Forstbetrieb (P) können sein:

- Distriktnummer (römisch) FBK608-XXI
- Flurkartenummer FBK608-NW10030

Auftragskürzel für den Projektbereich forstliche Rahmenplanung (R) können sein:

- Nummer des TK-Blattes WFK777-8330
- FoA-Nummer WFK777-205
- Lkr-Nummer WFK700-777 (nur für Groß-Projekte)
- Rbz-Nummer WFK700-Rbz (nur für Groß-Projekte)

Zwischenergebnisse (Sicherungsbilder) werden in einer Bildbibliothek verwaltet, die im HOME-dvz des Benutzers *karte* angelegt wird. Die Sicherungsbibliothek wird je Projekt-Typ gebildet und erhält den Namen:

<Projekttyp>.**SAV**.<Ordnungsnummer> FBK.SAV.608

Die Sicherungsbilder haben die Bezeichnung:

AS.<Auftrag> AS. FBK608-NW10030

Daneben gibt es noch Übersichten für den Lesebereich, die für die Zuordnung verwendet werden::

UB.<Auftrag> UB.FBK608-NW10030

Anmerkung: Diese Bildbibliotheken werden von der Anwendung verwaltet und dürfen nicht zur Speicherung eigener Ergebnisse verwendet werden.

4.2 Kartenfertigung / Plotten

Das Auftragskürzel für Karten- und Plot-Aufträge wird vom Benutzer **explizit** durch die Eingabe von 1-8 beliebigen Zeichen festgelegt, z.B. FBK608-KARTE1. Jedem Auftrag entspricht eine Karte bzw. ein Plot. Aufträge werden in den Tabellen gdbamin.orga_KA/ _KU verwaltet.

Für die Definition des Karten-Layouts sind zusätzlich Bilder für Legende, Rahmen und Montageanweisung erforderlich. Die Bilder werden in einer projekt-typ-spezifischen Bildbibliothek verwaltet, die im HOME-dvz des Benutzers *karte* angelegt wird mit dem Namen:

<Projekttyp>.IDB.<Ordnungsnummer> FBK.IDB.608

Die Bilder erhalten den Auftragsnamen ergänzt und einen Suffix als Kennzeichnung für ihre Bedeutung:

<Auftrag>.**M** Montageanweisung FBK608-KARTE1.M

<Auftrag>.**L** Legendenbild FBK608-KARTE1.L

<Auftrag>.**R** Rahmenbild FBK608-KARTE1.R

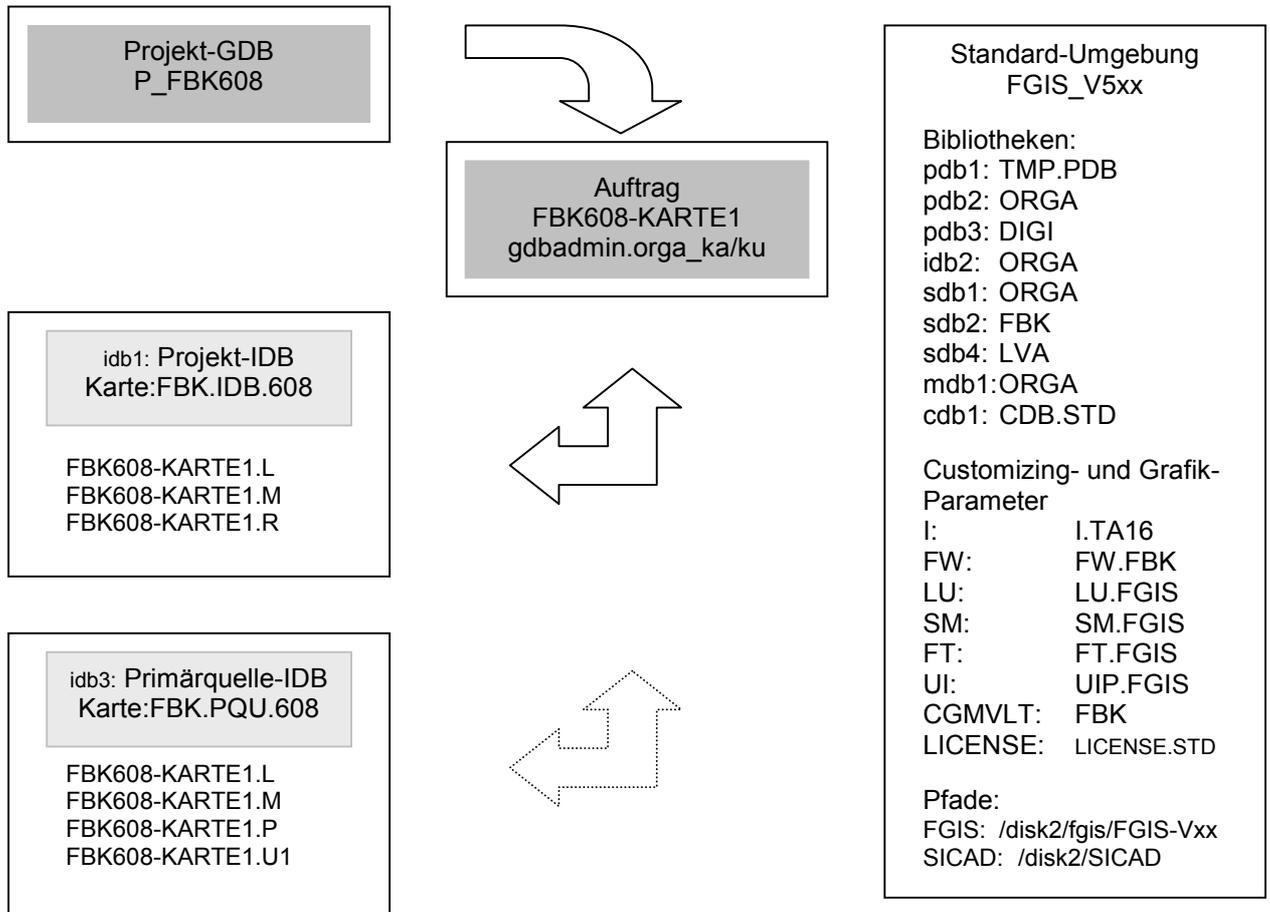
Bei der Ausgabe einer Karte (Plotten) werden zusätzlich Zwischenergebnisse (Primärquellen) gebildet, die den referenzierten GDB-Gebieten entsprechen und automatisch für die Ausgabe aufbereitet werden. Die Primärquellen können interaktiv nachbearbeitet oder ergänzt werden, dazu sind sie einer temporären, projekt-typ-spezifischen Bildbibliothek gespeichert, die im HOME-dvz des Benutzers *sicplot* angelegt wird.

<Projekttyp>.PQU.<Ordnungsnummer> FBK.PQU.608

Die Primärquellen erhalten die Namen:

<Auftrag>.M	Montageanweisung	FBK608-KARTE1.M
<Auftrag>.L	Legendenbild	FBK608-KARTE1.L
<Auftrag>.P	Hauptbild	FBK608-KARTE1.P
<Auftrag>.Ui	Einsatzbilder (i=1-9)	FBK608-KARTE1.U1

Beispiel Kartenprojekt FBK608 (Karte1):



4.3 Plotaufträge

Namen für CGM-dvz

```
P_CGMH für Warteschlane C
P_CGMO                O
P_POST                P
P_HYBR              H
```

Namenskonventionen für CGM-File-Name

CGM-dvz/projekt.auftrag.zeit

./<Datentyp><Ordnungsnummer>.<Auftrag>.<Zeit>

```
Datentyp      = feste Länge, 3 Zeichen (FBK)
Ordnungsnummer = feste Länge, 3-stellige Ziffer (608)
Auftrag       = <Großbuchstabe>|<Ziffern> (keine Sonderzeichen)
               variable Länge, 1-8 Zeichen
Zeit          = feste Länge, 4 Ziffern
```

```
*-----*
| Plot_Größe      = 140.MM * 130.MM |
|   Maßstab      = 1 : 10000.      |
|   Drehung (BNR) = 1              |
| Plot_Auftrag    = FBK608-TEST     |
|   File         = P_HYBR/FBK608.TEST.1259 |
| Plot_Erzeugung starten ?          (j/n) |
*-----*
```

Namenskonventionen für BNK-Eintrag

<Datentyp><Ordnungsnummer>-<Auftrag>.M

```
BNK = FBK608-TEST.M
CGM = P_HYBR/FBK608.TEST.1259
```

```
*-----*
| Plot_Auftrag FBK608-TEST erzeugt |
*-----*
```

Namenskonventionen für Rasterdateien

<Ordnungsnummer>.<Auftrag>.<t|h|g>.tif

Für TIFF-Dateien sind die Namen für die Standardfolien (Binärbilder) festgelegt, die beim Hybridplot als Hinter- bzw. Vordergrund verwendet werden.

```
wobei      t      Topographie (grau)
           h      Höhenlinien (braun)
           g      Gewässer (blau)
```

Dateien für die Georeferenzierung von TIFF-Dateien müssen die Endung **.tfw** haben.

5 Datenaustausch

Der interne Datenaustausch und die externe Datenabgabe erfolgen im FORST-GIS in festgelegten Datenformaten. Für die

- Vektordaten Sicad-SDQ-Format (ASCII)
- Rasterdaten TIFF-G4
- Attribute ASCII-Tabellen

Für die Austauschdateien im SQD-Format der GDBX werden folgende Namen in Kleinbuchstaben verwendet:

Forsteinrichtung (P)	8-Zeichen		
Prefix	1	1	[f =FBK s =STK m =SCH n =NAT i =INV]
FoD-Nummer	1	2	[1 - 6]
FoA-Nummer	3	3-5	3-stellige Nummer des FoA
Inhalt	1	6	[b =Dis g =Geo s =Sach]
Datei-Nummer	2	7-8	[0 - 99], laufende Nummer
Beispiele	f6608b01 f6608g01 f6608s01		
Inhalt:	b=Dis	Distriktbereichssätze	
	g=Geo	Geometrie	
	s=Sach	sonstige Tabellen (KA/KU)	

Forstliche Rahmenplanung (R)	9-Zeichen		
Prefix	1	1	[w =WFK,LUM,WWF / u =FUK,ORG]
FoD-Nummer	1	2	[1 - 6]
Lkr-Nummer	3	3-5	3-stellige Nummer des Lkr
Subtyp-Nummer	1	6	[1=WFK,FUK 2=LUM,ORG 3=WWF]
Inhalt	1	7	[g =Geo f =Geo_FL]
Datei-Nummer	2	8-9	[0 - 99], laufende Nummer
Beispiel	w27771g03 w27771s01		
	g=Geo	Geometrie	
	s=Sach	Tabellen	

Für die Ein- und Ausgabe befinden sich die SQD-Dateien zu einem Projekt im HOME-dvz des Benutzers *daten*, im dvz mit dem Namen: <Projekt>.sqd

Recovery-Strategien für Oracle 8

Wichtige Beispielszenarien die aufgezeigt werden:

- Zeitstempel in Kontrolldatei nicht aktuell
- Interne Platte des Servers /disk2 defekt und ausgewechselt
- Externe Platte des Servers /disk3 oder /disk4 defekt und ausgewechselt
- Datenbankdatei versehentlich gelöscht oder umbenannt
- Datenbankdatei defekt

Zeitstempel in Kontrolldatei nicht aktuell, System-Tablespace defekt

Ursache: Stromausfall oder unsachgemäßes Ausschalten der Anlage (Problem bei 8.0.5.0)

Fehlermeldung (Beispiel):

```
ORA-01122: Datenbank-Datei 1 bringt Fehler bei Verifizierungsprüfung
ORA-01110: Datendatei 1: '/disk3/oradata/FODx/SYSTEM/sys01.dbf'
ORA-01207: Datei neuer als Steuerdatei - alte Steuerdatei
```

Wiederherstellung [user oracle]:

Für die Wiederherstellung sind keine Bandsicherungen erforderlich
svrmgrl

```
SVRMGR> connect internal
```

```
Connected.
```

```
SVRMGR> startup mount
```

```
Database mounted.
```

```
SVRMGR> recover database using backup controlfile
```

```
ORA-00279: Änderung ....
```

```
ORA-00289: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo710.dbf
```

```
ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #710
```

```
Specify log: {<RET>=suggested | filename | AUTO | CANCEL}
```

```
/diks2/oradata/FODx/REDO/redo<Current_log>.dbf (Current_log = zweistellige Nummer, s.o.)
```

```
Log applied.
```

(Notfalls können alle durchprobiert werden !)

```
Media recovery complete.
```

```
SVRMGR> alter database open resetlogs;
```

```
Statement processed.
```

```
SVRMGR> exit
```

```
Server Manager complete.
```

Status: Die Datenbank ist ohne Datenverlust wiederhergestellt und geöffnet !

Die Sequenznummer für die Offline Redo_Log_Dateien wird auf 1 zurückgesetzt, Vollsicherung erforderlich!

Anmerkungen:

- **Beachten:** nicht den Namen der vorgeschlagenen (suggested) Offline Redo-Log-Datei eingeben, sondern den Namen der aktuellsten (current) Online Redo-Log-Datei, der wie oben angegeben ermittelt werden muss (Name des 1. Members in /disk2/oradata/FODx/REDO)
- Falls ein alter System-Tablespace von Monatssicherung verwendet werden muss, können die REDO-Log-Dateien aus dem Archiv, von der angezeigten Sequenznummer bis zur aktuellsten, mit auto eingelesen werden (s.u.). Falls beim Öffnen mit alter database open resetlogs noch ein Mediarecover verlangt wird, kann ev. durch ausprobieren mit den online-

Redolog-Dateien das Recover vervollständigt werden, folgende Kommandos mehrfach eingeben: `recover database using backup controlfile > /disk2/oradata/FODx/REDO/redo<xi>.dbf i=0-9, x=1,2`

- Falls mehrfach versucht wird die Datenbank zu öffnen, kann das ursprüngliche Fehlerszenario (ORA-01122) durch eine Folgefehler überlagert werden

Error in file /disk2/oradata/FODx/DUMP/bdump/lgwr_618.trc;

ORA-00600: internal error code,

- „backup controlfile“ bedeutet hier nur „altes Kontrollfile“, nicht das Kontrollfile, das erzeugt werden kann mit: `alter database backup controlfile to trace`
- Im Notfall kann die Datenbank mit Datenverlust rekonstruiert werden, in dem sie ohne Einspielen von Redo_Log_Dateien mit `alter database open resetlogs` geöffnet wird. Die ist dann erforderlich, wenn das *Current_log* nicht verfügbar ist.

Interne Platte des Servers /disk2 defekt und ausgewechselt

/disk2/oradata		/disk3/oradata		/disk4/oradata	
Control-File-1		Control-File-2		Control-File-3	
REDO-1 (online)	50	RBS	600	REDO-2 (online)	50
TEMP	250	SYSTEM	100		
TOOLS	15				
DUMP (Alert)	10				
REDO_Archiv		GDBX		GDBX_IDX	
arc1	400	gdb01	2000	idx01	2000
arc2	Z 300	gdb02	2000	idx02	2000
arc3	Z 300	gdb03	2000		
WORK	100	ORGA	400		

Fehlermeldung (Beispiel):

```
ORA-01113: Für Datei 3 ist Datenträger-Recovery notwendig
ORA-01110: Datendatei 3: '/disk2/oradata/FODx/TEMP/tmp01.dbf'
```

Wiederherstellung:

Bänder einlesen:

```
Rekonstruktion der Platte mit Systemsicherung
Aktuellste Vollsicherung für /disk2 einlesen
tar xvf /dev/dlt /disk2      (vom DLT-Band <monat>)
Aktuellste Teilsicherung mit REDO_Archiv einlesen
tar xvf /dev/tape          (vom dat-Band SICHxx)
```

Aktuelle Kontrolldatei kopieren:

```
cp /disk4/oradata/FODx/CONTROL/control03.ctl /disk2/oradata/FODx/CONTROL/control01.dbf
```

Datenbankreover:

```
[user oracle]
svrmgrl
SVRMGR>          connect internal
Connected.
SVRMGR>          startup mount
Database mounted.
SVRMGR>          recover database
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo110.dbf
```

```

ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #110
Specify log: {<RET>=suggested | filename | AUTO | CANCEL}
auto
Log applied.
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo110.dbf
ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #110
ORA-00278: Log Datei '/disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo110.dbf' no longer needed for this recovery
..... (alle Redo-log-Dateien von 110 bis zur aktuellen Sequenznummer 123 werden automatisch eingepiekt)
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo123.dbf
ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #123
ORA-00278: Log Datei '/disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo123.dbf' no longer needed for this recovery
Log applied.
Media recovery complete.
SVRMGR> alter database open;
Statement processed.
SVRMGR> exit
Server Manager complete.
    
```

**Status: Die Datenbank ist wiederhergestellt und geöffnet!
Der Stand entspricht dem Stand der aktuellsten Teilsicherung**

Anmerkungen:

- Eventuell müssen auch die Online-Redo-Log-Dateien von der /disk4 übernommen und umbenannt werden (Member 2, Spiegelung)
- Der Stand der Sicherung kann ermittelt werden mit more /disk2/oradata/FODx/sav_id

Externe Platte des Servers /disk3 [/disk4] defekt und ausgewechselt

/disk2/oradata		/disk3/oradata		/disk4/oradata	
Control-File-1		Control-File-2		Control-File-3	
REDO-1 (online)	50	RBS	600	REDO-2 (online)	50
TEMP	250	SYSTEM	100		
TOOLS	15				
DUMP (Alert)	10				
REDO_Archiv		GDBX		GDBX_IDX	
arc1	400	gdb01	2000	idx01	2000
arc2	Z 300	gdb02	2000	idx02	2000
arc3	Z 300	gdb03	2000		
WORK	100	ORGA	400		

Fehlermeldung (Beispiel):

```

ORA-01113: Für Datei 1 ist Datenträger-Recovery notwendig
ORA-01110: Datendatei 1: '/disk3/oradata/FODx/SYSTEM/sys01.dbf
    
```

Wiederherstellung [user oracle]:

Band einlesen:

Aktuellste Vollsicherung für /disk3 [/disk4] einlesen
tar xvf /dev/dlt /disk3 [tar xvf /dev/dlt /disk4] (vom DLT-Band <monat>)

Aktuelle Kontrolldatei kopieren:

```
cp /disk2/oradata/FODx/CONTROL/control01.ctl /disk3/oradata/FODx/CONTROL/control02.dbf
[cp /disk2/oradata/FODx/CONTROL/control01.ctl /disk4/oradata/FODx/CONTROL/control03.dbf]
Prüfen, ob alle benötigte Offline Redo_log-Dateien im REDO_Archiv/arc1 sind,
ggf aus arc2 und arc3 ergänzen (select * from v$recovery_log;)
```

Datenbank-Reocver:

```
svrmgrl
SVRMGR>          connect internal
Connected.
SVRMGR>          startup mount
Database mounted.
SVRMGR>          recover database
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo333.dbf
ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #333
Specify log: {<RET>=suggested | filename | AUTO | CANCEL}
auto
.....          (alle Redo-log-Dateien von 333 bis zur aktuellen Sequenznummer 555 werden automatisch eingepielt)
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo555.dbf
ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #555
ORA-00278: Log Datei '/disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo555.dbf' no longer needed for this recovery
Log applied.
Media recovery complete.
SVRMGR>          alter database open;
Statement processed.
SVRMGR>          exit
Server Manager complete.
```

Status: Die Datenbank ist wiederhergestellt und geöffnet!
Der Stand entspricht dem Stand der aktuellsten Offline Redo-Log-Datei

Datenbankdatei versehentlich gelöscht

Fehlermeldung (Beispiel):

```
ORA-00376: Datei 5 kann zur Zeit nicht gelesen werden
ORA-01110: Datendatei 5: '/disk3/oradata/FODx/GDBX/gdb02.dbf'
```

Wiederherstellung [user oracle]:

Band einlesen:

Nur die fehlende Datei einlesen !
tar xvf /dev/dlt /disk3/oradata/FODx/GDBX/gdb02.dbf (vom DLT-Band <monat>)

Prüfen, ob alle benötigten Offline Redo_log-Dateien im REDO_Archiv/arc1 sind,
ggf aus arc2 und arc3 ergänzen (select * from v\$recovery_log;)

Datenbank-Reocver:

```
svrmgrl
SVRMGR>          connect internal
Connected.
SVRMGR>          startup mount
```

```

Database mounted.
SVRMGR>          recover database
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo333.dbf
ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #333
Specify log: {<RET>=suggested | filename | AUTO | CANCEL}
auto
.....          (alle Redo-log-Dateien von 333 bis zur aktuellen Sequenznummer 555 werden automatisch eingepielt)
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo555.dbf
ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #555
ORA-00278: Log Datei 'disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo555.dbf' no longer needed for this recovery
Log applied.
Media recovery complete.
SVRMGR>          alter database open;
Statement processed.
SVRMGR>          exit
Server Manager complete.

```

Status: Die Datenbank ist wiederhergestellt und geöffnet!
Der Stand entspricht dem Stand der aktuellsten Offline Redo-Log-Datei

Datenbankdatei defekt

Fehlermeldung (Beispiel):

```

ORA-01115: EA-Fehler beim Lesen von Block aus Datei 5 (Block Nr. 35)
ORA-01110: Datendatei 5: 'disk3/oradata/FODx/GDBX/gdb02.dbf
ORA-27041: Öffnen der Datei nicht möglich

```

Wiederherstellung [user oracle]:

Band einlesen:

Nur die fehlende Datei einlesen !
tar xvf /dev/dlt /disk3/oradata/FODx/GDBX/gdb02.dbf (vom DLT-Band <monat>)

Prüfen, ob alle benötigten Offline Redo_log-Dateien im REDO_Archiv/arc1 sind,
ggf aus arc2 und arc3 ergänzen (select * from v\$recovery_log;)

Datenbank-Reocver:

```

svrmgrl
SVRMGR>          connect internal
Connected.
SVRMGR>          startup mount
Database mounted.
SVRMGR>          recover database
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo333.dbf
ORA-00280: Änderung ..... für Thread 1 in Sequenz #333
Specify log: {<RET>=suggested | filename | AUTO | CANCEL}
auto
.....          (alle Redo-log-Dateien von 333 bis zur aktuellen Sequenznummer 555 werden automatisch eingepielt)
ORA-00279: Änderung ....
ORA-00269: Vorschlag: /disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo555.dbf

```

ORA-00280: Änderung für Thread 1 in Sequenz #555
 ORA-00278: Log Datei '/disk2/oradata/FODx/REDO_Archiv/arc1/redo555.dbf' no longer needed for this recovery
 Log applied.
 Media recovery complete.
 SVRMGR> **alter database open;**
 Statement processed.
 SVRMGR> **exit**
 Server Manager complete.

Status: Die Datenbank ist wiederhergestellt und geöffnet!
Der Stand entspricht dem Stand der aktuellsten Offline Redo-Log-Datei

Datenbankdatei nicht aktuell

Fehlermeldung (Beispiel):

ORA-01123: Für Datei 6 ist Datenträger-Recovery notwendig
 ORA-01110: Datendatei 6: '/disk3/oradata/FODx/GDBX/gdb03.dbf'

Wiederherstellung [user oracle]

Zunächst nur mir *recover database* und *alter database open* versuchen, ob Wiederherstellung möglich ist, falls nicht wie oben verfahren.

Prüfprogramm DVVERIFY

Defekte Datenbankdateien können ev. mit Hilfe des Kommandos **DBVERIFY** geprüft werden

dbv file=<dateiname> blocksize=8192

Beispiel:

dbv file=system01.dbf blocksize=8192

DBVERIFY: Release 8.0.5.0.0 - Production on Fri Feb 17 16:53:17 2002
 (c) Copyright 2000 Oracle Corporation. All rights reserved.
 DBVERIFY - Verification starting : FILE = system01.dbf

DBVERIFY - Verification complete
 Total Pages Examined : 34560
 Total Pages Processed (Data) : 23784
 Total Pages Failing (Data) : 0
 Total Pages Processed (Index) : 6791
 Total Pages Failing (Index) : 0
 Total Pages Processed (Other) : 984
 Total Pages Empty : 3001
 Total Pages Marked Corrupt : 0
 Total Pages Influx : 0

Qualitätssicherung im FORST-GIS

Folgende Prüfmittel zur Ermittlung deskriptiver Qualitätsmerkmale werden im FORST-GIS eingesetzt:

Metrische Qualität:

- | | |
|--|-----------------------------|
| • Überbestimmte Transformation | Georeferenz, Raumbezug |
| • Vergleich mit unabhängigen Kontrollpunkten | Punktgenauigkeit |
| • Vergleich unabhängiger Datenquellen | Liniengenauigkeit |
| • Vergleich mit unabhängigen Kontrollflächen | Flächengenauigkeit - global |
| • Abschätzung der Flächengenauigkeit | Flächengenauigkeit - lokal |

Semantische Richtigkeit und logische Konsistenz:

- | | |
|--|--------------------------|
| • unabhängige, redundante Erfassung von Attributen | Attribut-Konsistenz |
| • topologische Bedingungen | Topologische Konsistenz |
| • topologische Bedingungen kombiniert mit Attributen | Topologie mit Attributen |
| • Prüfung der referenziellen Integrität (Datenbank) | siehe Tabellen |

Für die Ermittlung der Qualitätsmerkmale werden vor allem die kontrollierte Redundanz und die Prüfung von topologischen Bedingungen eingesetzt. Die redundante Information wird meist nur während der Datenerfassung benötigt und muss nicht in die Datenbank eingehen. Ziel ist es einen weitgehend redundanzfreien Datenbestand aufzubauen, dessen Qualität durch Qualitätsmerkmale und dokumentierte Prüfungen nachgewiesen wird. Bei der Erfassung von Geodaten, insbesondere für Aussagen über ihre metrische Genauigkeit und Attributrichtigkeit, ist die unabhängig erfasste, redundante Information m.E. unbedingt erforderlich. Eine redundanzfreie Datenerfassung führt zwar direkt zu einem redundanzfreien und damit widerspruchsfreien Datenbestand, dieser ist aber auch unzuverlässig, da er nicht kontrolliert wurde oder werden kann, d.h. Fehler können lediglich nicht aufgedeckt werden, da es keine Kontrollmöglichkeiten gibt - widerspruchsfrei bedeutet nicht fehlerfrei!

Im FORST-GIS wird versucht, die Qualitätsmerkmale mit möglichst geringem Aufwand zu dokumentieren, um einerseits den Datenbestand nicht unnötig aufzublähen und andererseits den zusätzlichen Erfassungsaufwand in vertretbaren Grenzen zu halten. Meist werden implizite Verweise (Zuordnung von Genauigkeiten zu Attributen) verwendet. Eigene Attribute (explizite Verweise) in der Datenbank werden nur dann eingesetzt, wenn sie auch eine weitgehend selbständige Bedeutung haben (z.B. abgeglichene Fläche eines Bestandes).

Die Prüfung und Dokumentation der Qualität von Geodaten ist für die Abschätzung der Reportqualität Voraussetzung. Die Qualitätsmerkmale sollten geeignet sein, dass sie im Sinne des Fehlerfortpflanzungsgesetzes auf Auswertungen übertragen werden können, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Aussagen eines Reports beurteilen zu können. Die pragmatischen Merkmale eines Datenbestandes müssen unbedingt beschrieben sein, bei den deskriptiven Merkmalen sollten Minimalanforderungen erfüllt werden. Qualitätsmerkmale wie z.B. Lagestati von Punkten, Pufferbreiten für Linien, Aussagen über Stichprobenvergleiche mit unabhängigen Kontrollgrößen lassen sich i.d.R. mit vertretbarem Aufwand er

Qualitätssicherung im FORST-GIS mittels: kontrollierter Redundanz (unabhängige Erfassung!) und Prüfung von topologischen Bedingungen

Georeferenz, Raumbezug

Anschluss an das Landeskoordinatensystem

Gauß-Krüger-Koordinaten (HM 12°-Ost)
 Flurkarteneckpunkte (14033)
 Genauigkeit ± 0.5 m (absolut)

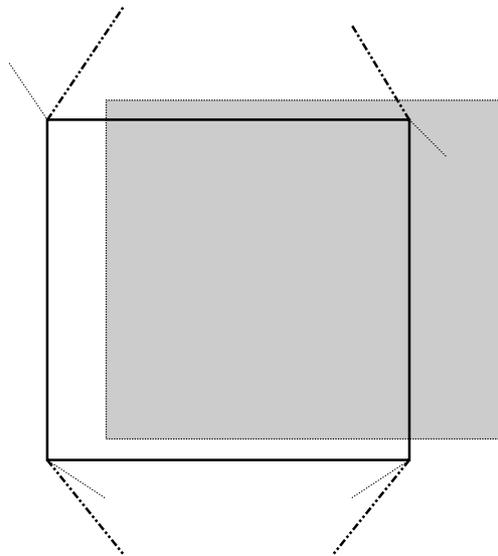
Zuordnungstransformation (überbestimmt / $r=2v4$)

Affin- oder Helmertransformation, 4 Passpunkte
 (Auswahl in Abhängigkeit vom Papierverzug)
 Fehlergrenze ± 1.5 m

Qualitätsmerkmal: Genauigkeit der Zuordnung (expliziter Verweis)

Attribut in Tabelle Flurkarte (FK5), enthält:
 Transformationstyp/Punktfehler (z.B. A1.2, H1.0)

Beispiel:



	HELMERT-TRANSFORMATION		AFFIN-TRANSFORMATION		
	X	Y	X	Y	
Maßstab	1.98003	1.98003	1.97317	1.98699	
Drehung	0.34		0.32		
Koordinatenfehler	1.777	1.790	0.352	0.354	
Punktfehler	2.522		0.499		
Bestimmungsstücke	8		8		
Redundanz	4		2		
Restklaffungen	1 :	1.742	-2.254	0.249	-0.251
	2 :	1.742	1.755	-0.249	0.251
	3 :	-1.242	1.755	0.249	-0.251
	4 :	-2.241	-1.255	-0.249	0.250

Auswahl

Affintransformation : Papierverzug !

QM = A0.5

Punktgenauigkeit

Staatswaldgrenzen (Flurstücksgrenzen)

Digitalisierervorlagen	Flurkarte 1:5.000 (1:2.500)
Punktgenauigkeit der Flurkarte:	$\sigma_f = \pm 2.0 \text{ m}$ (absolut)
Genauigkeit der Zuordnung:	$\sigma_z = \pm 1.5 \text{ m}$
Digitalisierergenauigkeit:	$\sigma_d = \pm 1.5 \text{ m}$ (0.3 mm in Karte)

mittl. Punktfehler: $\sigma_p = \sqrt{\sigma_f^2 + \sigma_d^2 + \sigma_z^2} \approx \pm 3.0 \text{ m}$

Vergleich mit unabhängigen Kontrollpunkten

Stichprobenvergleich für
koordinatenmäßig bekannte Grenzpunkte
mittlerer Punktfehler und
Restklaffungen aus Helmerttransformation (überbest. Ähnlichkeitstr.)

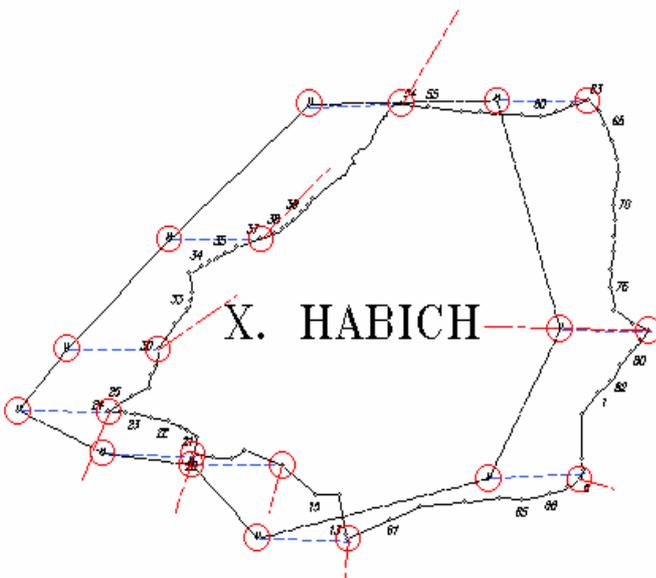
Qualitätsmerkmal: **Lagestatus** (impliziter Verweis)

absolute Genauigkeit

Punktkennzeichen:

K	koordinierte Punkt	$\pm 0.1 \text{ m}$
G	Grenzpunkt	$\pm 3.0 \text{ m}$
L	sonstige Punkte	nicht erfasst

Beispiel:



HELMERT-TRANSFORMATION

	X	Y
Maßstab	1.00037	1.00037
Drehung		0.08
Koordinatenfehler	1.427	1.116
Punktfehler		1.811
Bestimmungsstücke		20
Redundanz		16

Restklaffungen	X	Y
21 :	0.700	1.794
30 :	-2.138	-1.426
37 :	-1.864	-1.863
54 :	-1.543	-2.449
63 :	0.309	-0.084
78 :	4.508	-0.103
5 :	-0.919	0.252
13 :	0.082	1.087
16 :	0.377	1.249
21 :	0.489	1.543

Liniengenauigkeit

Forstgrenzen (Staatswald-, Distrikt-, Abteilungs-, Unterabt-, Bestandsgrenze)

Linienart		Pufferbreite
Flurstücksgrenze		± 2 m
Wegrand	topogr. Linie (scharf)	± 3 m
Gewässerrand	topogr. Linie	± 4 m
Grate, Rinnen	topogr. Linie (unscharf)	± 5 m
Bestandsgrenze	Vegetationsübergang	± 10 m

Festlegung und Aufnahme forstlicher Grenzen regelt die Forsteinrichtungsanweisung
Forstgrenzen erhalten die Attribute: Grenztyp/Linienart

Pufferbreite = f (Lokalisierbarkeit, Diskretisierung, Messgenauigkeit)

Die Genauigkeit der Aufnahme von topographischen Linien und Vegetationsübergängen lässt sich durch die Steigerung der (Punkt-)Messgenauigkeit nicht wesentlich verbessern

Vergleich unabhängiger Datenquellen

Stichprobenvergleich

zwischen terrestrischen Aufnahmen und Luftbildern

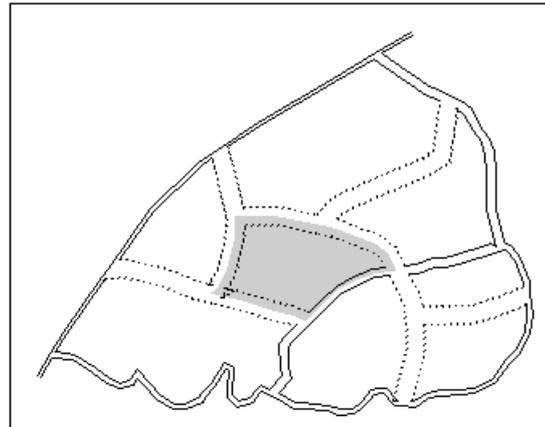
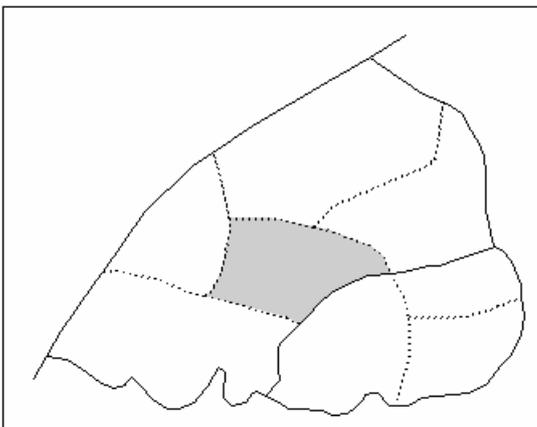
Qualitätsmerkmale: **Pufferbreite** (impliziter Verweis)

relative Genauigkeit

Linienart ⇒ **Pufferbreite**

Forsteinrichtungsanweisung (freier Text)

Beispiel:



Flächengenauigkeit - global

Flächenblock: Distrikt für die Abgleichung der Bestände

Distriktgrenzen sind (i.d.R.) **Flurstücksgrenzen**

Distrikt ist ein Block aus i Flurstücken $A = \sum F_i$
 Distrikt ist ein Block aus k Beständen $A = \sum B_k^a$

Fehlergrenze $f_A = 0.0004M\sqrt{A} + 0.0003A$
 (graphische Flächenermittlung $M = 5000$)

Vergleich mit unabhängiger Kontrollfläche $\sum F_i$

Differenz: Soll-Istfläche: $\Delta A = \sum F_i - \sum B_k$
 Katastersollfläche - berechnete Distriktfläche
 Vergleich mit Fehlergrenze $|\Delta A| \leq f_A$

Qualitätsmerkmale: **Abgeglichene Bestandsfläche**

Attribut in der Tabelle Bestand

$$B_k^a = B_k (1 + \Delta A / \sum B_k) + \Delta R$$

B_k^a abgeglichene Bestandsfläche
 B_k berechnete Bestandsfläche
 $(1 + \Delta A / \sum B_k)$ Abgleichfaktor (kontinuierlich)
 ΔR Korrektur wegen Rundungswiderspruch (diskret)

Qualitätsmerkmale: **Katastersollfläche** und **berechnete Distriktfläche**

Attribute in der Tabelle Distrikt

Flächengenauigkeit - lokal

Bestandsfläche

Genauigkeit der Bestandsflächen ist sehr unterschiedlich
Bestandsgrenzen können alle Linienarten (s.o.) sein

Abgrenzung zwischen Beständen sind Vegetationsübergänge
Abgrenzung zu übergeordneten Einheiten sind Flurstücksgrenzen
oder topographische Linien

Abschätzung der Genauigkeit erfolgt mittels
Pufferbreiten der Grenzen

Formel von Zöhrer/Magnussen

$$\sigma_B = (B/168) (U/B)^{1.7} (U/n)^{0.5} \exp(4.2-0.3U/\sqrt{\pi B}) m_p^{1.5}$$

wobei:

- σ_B = Standardabweichung der Bestandsfläche
- B = Bestandsfläche
- U = Umfang des Bestandes
- n = Anzahl der Stützpunkte
- U/B = Verhältnis Umfang zu Fläche \Rightarrow Maß für Form
- U/n = mittlere Seitenlänge \Rightarrow Maß für Diskretisierung
- $U/2\sqrt{\pi B}$ = Verhältnis Umfang des Bestandes zum Umfang eines flächengleichen Kreises
- m_p = $(\sum pL)/U \Rightarrow$ mittlere Pufferbreite
- $\sum pL$ = Pufferbreite*Grenzlänge (Pufferfläche)

Formel für Flächen mit natürlichen Grenzen Topographie/Vegetation

Schnittflächen (z.B. Bestand x Standort)

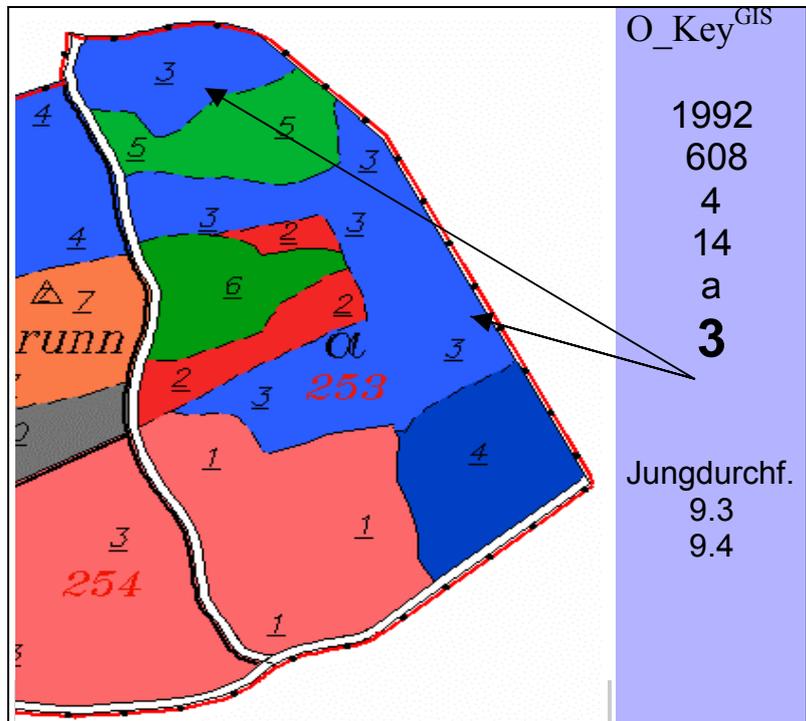
Die Konturen der Schnittflächen (Linien)
erben die Pufferbreiten
von den Konturen der Ausgangsflächen

Abschätzung der Genauigkeit erfolgt nach Zöhrer/Magnussen

(Koeffizienten der Formel wurden für das FORST-GIS in DPA, Pompe, TUM 2000 neu ermittelt und optimiert)

Attribut-Konsistenz

Abgleich Attribut Bestand gegen Symbol Bestandshochziffer



Abgleich zwischen GIS.Attribut und dem redundanten FE/DB. Attribut **Bestands_Art Nutzungs_Art**

O_Key ^{GIS}	join	O_Key ^{FE/DB}
Epoche	↔	Epoche
FoA	↔	FoA
Distrikt	↔	Distrikt
Abteilung	↔	Abteilung
Unterabt	↔	Unterabt.
Bestand	↔	Bestand
Art	←	Art
Fläche abg.	⇒	Fläche abg.
Fläche ber.		*****

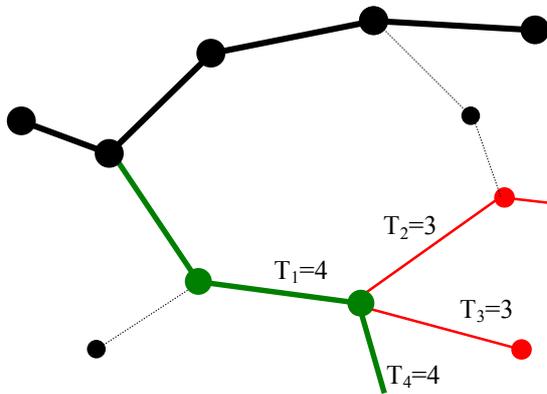
GIS: Art = f (Farbe)

FE/DB: Art = f (Zeichen)

Topologische Konsistenz

Bestandsgrenzen - Plausibilitätsprüfung für Grenztyp

geschlossene Kontur (topologischer Kreis)
hierarchisches System von Forstgrenzen



Es wird nur die höchstwertige Bedeutung einer Grenze in einem Attribut vorgemerkt.

Grenzhierarchie mit 5 Stufen:
5 Staatswaldgrenze
4 Distriktgrenze
3 Abteilungsgrenze
2 Unterabteilungsgrenze
1 Bestandsgrenze

Bedingung für die Grenztypen (T_i) in einem Knoten

Die höchstwertige Grenze in einem Knoten muss durchlaufen,
d.h. mindestens zweimal abgehen $a(T_{\max}) \geq 2$

Prüfbedingung:

Knoten mit 2 Kanten (Pseudoknoten, Flurstücksgrenzen):

$$T_2 = T_1$$

kein Typwechsel möglich

Knoten mit 3 Kanten (Standardfall im FORST-GIS,

da Wege und Gewässer als Flächen behandelt werden)

$$T_2 = T_1 \Rightarrow T_3 = T_1$$

alle gleich

$$T_2 > T_1 \Rightarrow T_3 = T_2$$

$$T_2 < T_1 \Rightarrow T_3 = T_1$$

Knoten mit 4 Kanten (im FORST-GIS selten)

$$T_2 = T_1 \wedge T_3 = T_2 \Rightarrow T_4 = T_1$$

alle gleich

$$T_2 = T_1 \wedge T_3 > T_2 \Rightarrow T_4 = T_3$$

$$T_2 = T_1 \wedge T_3 < T_2 \Rightarrow T_4 \leq T_2 / 1$$

unscharf

$$T_2 > T_1 \wedge T_3 = T_2 \Rightarrow T_4 \leq T_3 / 2$$

unscharf

$$T_2 > T_1 \wedge T_3 > T_2 \Rightarrow T_4 = T_3$$

$$T_2 > T_1 \wedge T_3 < T_2 \Rightarrow T_4 = T_2$$

$$T_2 < T_1 \wedge T_3 = T_1 \Rightarrow T_4 \leq T_1 / 3$$

unscharf

$$T_2 < T_1 \wedge T_3 > T_1 \Rightarrow T_4 = T_3$$

$$T_2 < T_1 \wedge T_3 < T_1 \Rightarrow T_4 = T_1$$

(Beispiel oben)

**Für Knoten mit kleiner Kantenzahl (bis 4) gut Prüfmöglichkeit
Prüfung erfolgt bei Flächenberechnung**

