

Das Referenz-Geoinformationssystem „Nationalpark Bayerischer Wald“, eine fachübergreifende Forschungsplattform für die Geoinformatik

Dipl.-Ing. Ulrich Walter Huber

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. Holger Magel

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Matthäus Schilcher
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Wunderlich

Die Dissertation wurde am 22.01.2002 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen
am 11.03.2002 angenommen.

Zusammenfassung

Um Fragen der künftigen Systemarchitektur von Geoinformationssystemen, die Nutzung von neuen Datentypen (3D, 4D, Multimedia) zur Informationsmodellierung und -Verarbeitung in GIS sowie die Rolle und Eignung von umfassenden Meta-Datenkonzepten in GIS untersuchen zu können, war es notwendig, an der Technischen Universität München einen Referenz-Datenbestand für die fachübergreifende GIS-Forschung aufzubauen und zu pflegen.

Das aktuelle Problem der Waldschädigung im Nationalpark Bayerischer Wald durch den Borkenkäfer und anthropogene Einflüsse sollte hierbei als erste Anwendung dienen. Die Abhängigkeit der Waldschädigung von räumlichen, biologischen, geologischen, meteorologischen und klimatischen Faktoren sowie der Zeit bietet zahlreiche Ansatzpunkte, um die Leistungsfähigkeit moderner GIS- und Datenbank-Techniken zu evaluieren.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden in Verbindung mit obigen Fragestellungen insbesondere erweiterte Meta-Datenstrukturen für heterogene und verteilte georäumliche Datenbestände in GIS untersucht und eingesetzt. Dies geschah zur nachhaltigen Nutzung und Sicherung der angestrebten Forschungsplattform für zukünftige Projekte. Allein die wissenschaftlich fundierte, auf obige Belange optimierte Dokumentation von bislang mehr als 800 akquirierten amtlichen, behördlichen, privatwirtschaftlichen und internationalen Geo-Datensätzen aus ca. 90 verschiedenen Datenquellen von zahlreichen beteiligten Institutionen in einem zentralen Meta-Informationssystem konnte dies ermöglichen. Eine hierfür entwickelte Meta-Datenbank stellt das Kernstück dieses Informationssystems dar. Sie liefert innovative Ansätze zur Nutzung von Meta-Daten für die Geoinformatik und bildet daher den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit.

Daraus wurde seit 1996 am Fachgebiet Geoinformationssysteme der Technischen Universität München in Kooperation mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung, der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und der Bayerischen Vermessungsverwaltung das Referenz-Geoinformationssystem „Nationalpark Bayerischer Wald“ entwickelt und aufgebaut. Es wird laufend aktualisiert, weiterentwickelt und intensiv in Forschung und Lehre genutzt.

Mit der Fertigstellung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ existiert an der TU München nunmehr ein vollständig dokumentierter und in der BRD sicherlich führenden GIS-Datenbestand mit einer für die universitären Zwecke der Forschung und Lehre beispiellosen Vielfalt.

Für die Bayerische Staatsforstverwaltung und die zugehörige Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald wurde auf diesem Wege eine Forschungsplattform für eine moderne Analysetechnik geschaffen. Sie bietet umfassende Möglichkeiten, sich mit den aktuellen Problematiken des Nationalparks wissenschaftlich auseinander zu setzen.

Neben diesen praxisorientierten Zielen war natürlich die Verbesserung der GIS-Lehre und -Forschung an der TU München für die Entwicklung eines Referenz-GIS ausschlaggebend. Das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ bildet als Forschungsplattform für die Geoinformatik bereits die Basis für zahlreiche, interdisziplinäre Projekte an der TU München u.a. im Rahmen der High-Tech-Offensive-Bayern aber auch bundesweit als wichtiger Bestandteil eines Verbundprojektes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Verbesserung der bundesweiten GIS-Lehre im Internet.

Abstract

In order to examine questions about the future system architecture of GIS, the using of new data types (3D, 4D, Multimedia) for information modeling and -working in GIS and the role and suitability of extensive metadata concepts in GIS, it was necessary to create a reference database for an interdisciplinary GIS research at the Technical University of Munich and to keep it up.

The current problem of damage to woods by the bark beetle and anthropogenous influences in the Nationalpark "Bayerischer Wald" serves for the first application. The fact that the damage to woods is dependent on physical, biological, geological, meteorological and climatic conditions as well as on time, presents numerous starting-points to evaluate the efficiency of modern GIS and database techniques.

Within the scope of this work, especially extended meta-data structures for heterogeneous and sectorized geospatial database in GIS have been investigated and applied in relation to the already mentioned questions. This has been carried out in order to secure the lasting utilization of the aspired research platform for future projects. Along the scientifically founded documentation in a central Meta-Information-System, which is optimized for the above matters, of hitherto more than 800 acquired official, private industrial and international geo-data-records, taken out of about 90 different data-sources from numerous involved institutions, could make this possible. A Meta-Database made for this represents the essential part for this Information-System. It provides innovative starts for the using of Meta-Data for Geoinformation and is therefore the center of gravity in this work.

On this basis the "Referenz-GIS Nationalpark Bayerischer Wald" had been built up and developed at the chair of Geoinformationssysteme of the Technical University of Munich since 1996 in cooperation with the "Bayerische Staatsforstverwaltung" (Bavarian forestry administration), national park administration "Bayerischer Wald", and "Bayerische Vermessungsverwaltung" (Bavarian surveying administration). It's continuously updated and developed and it's used intensively in research and teaching.

With the completion of the "Referenz-GIS Nationalpark Bayerischer Wald" at the Technical University of Munich, a completely documented GIS-Database is at our disposal. This GIS-Database is unique in Germany and shows an unprecedented variety for the main purposes of the University, namely research and teaching.

A basis of research for a modern technique of analysis has been created for the Bavarian forestry administration and the appending national park administration "Bayerischer Wald", which provides extensive possibilities to have a scientific look at the current problems of the national park.

Apart from these practical aims for the development of a "Referenz-GIS", the improvement of the GIS-research and -education at the Technical University of Munich was decisive.

The Reference GIS "Nationalpark Bayerischer Wald" is, as a research platform for geoinformation, already the basis of numerous interdisciplinary projects at the Technical University of Munich. It plays a great role for example within the framework of the "High-Tech-Offensive" in Bavaria but also nationwide it is an important component of a project of the Ministry for Education and Research, which intends an improvement of the nationwide GIS-Teaching in the world wide web.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Geodäsie, GIS und Landmanagement, Fachgebiet Geoinformationssysteme in den Jahren 1996 - 2002, entstanden. Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Schilcher möchte ich für die Anregung und seine ständige Förderung dieser Arbeit danken. Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Th. Wunderlich danke ich für seine fachlichen Anregungen und die freundliche Übernahme des Korreferates. Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Magel gilt mein Dank für den Vorsitz der Prüfung.

Für die Bereitstellung der ungewöhnlichen Vielzahl an Referenz-Daten möchte ich mich bei allen Projektbeteiligten bedanken. Mein Dank gilt hierbei dem Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF), der Projektgruppe „FORST-GIS-Bayern“ der Bayerischen Staatsforstverwaltung (FORST-GIS), der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV), der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), der Bayerischen Vermessungsverwaltung (BayVV) (hier: Bayerisches Landesvermessungsamt, und Vermessungsämter Freyung und Zwiesel), dem Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) sowie der tschechischen Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava (LSGV). Stellvertretend für diese Institutionen sind folgende Personen zu nennen, die den Aufbau des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ persönlich unterstützt haben:

Herr MR R. Neft (BayStMLF), Herr Dipl.-Ing. G. Lothar (FORST-GIS), Herr Ltd. FD K.-F. Sinner, Herr FOR H. Rall, Herr FOI A. Reinelt (NPV), Herr Prof. Dr.-Ing. MD J. Frankenberger, Herrn MR R. Ludwig (BayVV) und Herr VD G. Freund (VA Freyung).

Besonders möchte ich an dieser Stelle die von Beginn an beständige und kreative Zusammenarbeit mit Herrn FOI A. Reinelt der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und die wertvolle Unterstützung meiner Arbeit innerhalb des GIS-Teams am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München herausstellen.

Zum Erfolg dieser Arbeit haben außerdem die Diplomarbeiten der Herren Wagner, Schindler, Stockmeyer, Lott, Eisgruber, Scheugenpflug, Pompe und Schreiner beigetragen.

Neben der datentechnischen und konzeptionellen Kooperation mit den genannten Institutionen und Personen war auch die Zusammenarbeit mit der GIS-Industrie von entscheidender Wichtigkeit. Stellvertretend für die ESRI Geoinformatik GmbH in Kranzberg bei München bedanke ich mich bei den Herren M. Sittard, B. Pointner, Dr. C. Bilmez und Dr. E. Tscheuschner für ihre freundliche Kooperation bei Diplomarbeiten und Projekten.

Abschließend danke ich meiner Frau Simone und meinem Vater Hartmut für ihre Geduld, ihr Verständnis und ihre Unterstützung bei meinen wissenschaftlichen Interessen.

Die vorliegende Arbeit widme ich meiner viel zu früh verstorbenen Mutter Marianne Huber.

München im Januar 2002

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	3
ABSTRACT	4
VORWORT	5
INHALTSVERZEICHNIS	6
ANLAGENVERZEICHNIS	9
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	10
KAPITEL 1: EIN NATIONALPARK ALS TESTGEBIET FÜR FACHÜBERGREIFENDE GIS-LEHRE UND -FORSCHUNG	12
1.1 ZIELE DER ARBEIT	12
1.2 DER NATIONALPARK BAYERISCHER WALD ALS FORSCHUNGSPLATTFORM.....	13
1.3 ENTWICKLUNG EINES REFERENZ-GEOINFORMATIONSSYSTEMS.....	14
1.4 KAPITELÜBERSICHT	15
KAPITEL 2: DAS REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“	17
2.1 BETEILIGTE INSTITUTIONEN	17
2.2 RÄUMLICHE AUSDEHNUNG UND REGIONALE STRUKTURIERUNG.....	19
2.3 DAS GIS-SYSTEMKONZEPT DER FORSCHUNGSPLATTFORM.....	20
2.3.1 META-DATENKONZEPT	21
2.3.2 GIS-DATEN	22
2.3.3 SYSTEM-PLATTFORM	24
2.4 AKTUELLE ANWENDUNGSSZENARIEN	29
KAPITEL 3: ÜBERNAHME VERTEILTER, HETEROGENER DATEN IN DAS REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“	30
3.1 DIE DATENBESTÄNDE DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“	30
3.2 DATEN-ÜBERNAHME UND -INTEGRATION IN DAS REFERENZ-GIS	31
3.2.1 SCHWIERIGKEITEN UND DEFIZITE DES GEO-DATENMARKTES.....	31
3.2.2 PROBLEMATIKEN DER INTEGRATION HETEROGENER DATENBESTÄNDE.....	32
3.2.3 INTEGRATIONSKONZEPTE UND VERFAHRENSABLAUF	32
3.2.4 SKIZZE DER DATENINTEGRATION	33
3.3 STATISTISCHE ANGABEN.....	35
3.4 RESÜMEE DES GEWÄHLTEN SYSTEMKONZEPTES.....	36
3.5 THEORIE ZENTRALER UND DEZENTRALER HALTUNGSKONZEPTE FÜR HETEROGENE GEO-DATEN.....	37
3.5.1 ANFORDERUNGEN AN EIN GIS-DATENHALTUNGSKONZEPT.....	37
3.5.2 ASPEKTE VERTEILTER GEO-DATENBANKEN UND DEREN NUTZUNG IN GIS.....	38
3.5.3 THEORETISCHER KONZEPTVERGLEICH	41
3.5.4 KONZEPTBEWERTUNG	45
KAPITEL 4: THEORETISCHE GRUNDLAGEN ÜBER META-INFORMATIONEN IN DER GEOINFORMATIK	46
4.1 EINFÜHRUNG	46
4.2 BEDEUTUNG EINES META-INFORMATIONSSYSTEMS FÜR DIE FORSCHUNGSPLATTFORM	48

4.3	BEGRIFFSDEFINITIONEN UND GRUNDLAGEN	48
4.3.1	INHALTLICHE AUFGLIEDERUNG VON META-DATEN	50
4.3.2	SYSTEMUNABHÄNGIGE UND SYSTEMABHÄNGIGE META-DATEN	51
4.3.3	OBJEKTARTENKATALOGE UND META-DATEN	52
4.3.4	ANWENDUNGSGEBIETE VON META-DATEN IN DER INFORMATIK	52
4.3.5	META-DATENKONZEPTE DER GEOINFORMATIK	54
4.4	UNTERSCHIEDUNGEN BEI DER FÜHRUNG VON META-DATEN IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN	54
4.4.1	ANALOGE KARTENINFORMATIONEN VERSUS DIGITALE META-DATEN	54
4.4.2	DATA DICTIONARIES UND REPOSITORIES	55
4.4.3	GEO-DATENSATZBESCHREIBUNGEN	56
4.4.4	GEO-DATENKATALOGE.....	56
4.4.5	SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE FORSCHUNGSPLATTFORM.....	57
4.5	NORMIERUNG UND STANDARDISIERUNG VON META-INFORMATIONEN IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN.....	58
4.5.1	EINFÜHRUNG	58
4.5.2	STANDARDS UND NORMEN VON META-DATEN IN GIS.....	59
4.5.3	DIE WICHTIGSTEN NORMIERUNGSANSÄTZE FÜR META-INFORMATIONEN IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN.....	65
4.5.4	EIN VERGLEICH DER META-DATENSTANDARDS DES FGDC UND DER ISO	75
4.6	BUNDESWEIT VERGLEICHBARE ANSÄTZE	79
4.7	STRUKTURIERUNG VON META-DATEN FÜR DAS REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“	80
4.7.1	KONZEPTIONELLE UNTERSCHIEDUNG	80
4.7.2	PHYSISCHE UNTERSCHIEDUNG.....	81
4.7.3	FORMALE UNTERSCHIEDUNG.....	83
4.7.4	INHALTLICHE UNTERSCHIEDUNG	85
4.7.5	ORGANISATORISCHE UNTERSCHIEDUNG.....	87
4.7.6	UNTERSCHIEDUNG NACH DER NUTZUNG.....	88
4.8	SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE FORSCHUNGSPLATTFORM	89
4.8.1	ZU BESCHREIBENDE STRUKTUREN	89
4.8.2	ZU BESCHREIBENDE INHALTE	89
4.8.3	ZU VERWENDENDER MODELLANSATZ.....	90
4.8.4	WEITERE ARGUMENTATION FÜR EINE ZENTRALISTISCHE KONZEPTION DER META-DATEN	91
KAPITEL 5:	UMSETZUNG EINES META-INFORMATIONSSYSTEMS FÜR DEN AUFBAU DER FORSCHUNGSPLATTFORM	93
5.1	ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN FÜR META-INFORMATIONSSYSTEME IN GIS	93
5.2	DATENSATZ-BEGLEITENDE META-DATEN	94
5.3	META-DATENBANK.....	95
5.3.1	ERARBEITUNG EINES PFLICHTENHEFTES FÜR DIE META-DATENBANK DER FORSCHUNGSPLATTFORM.....	95
5.3.2	DATENBANK-MODELLIERUNG VON META-DATENKATEGORIEN.....	100
5.3.3	ÜBERFÜHRUNG IN NORMALISIERTE INHALTE	131
5.4	TEXTUELLE META-INFORMATIONEN	131
5.5	THEMEN-SPEZIFISCHE META-DATEN	131
5.5.1	LEGENDEN	132
5.5.2	PALETTEN	134
5.5.3	SYMBOLE	134
5.6	KATEGORISIERUNG VON ANWENDERSICHTEN.....	134
5.6.1	KATEGORIE 1: ALLGEMEINE ANWENDERSICHTEN	136
5.6.2	KATEGORIE 2: SYSTEMABHÄNGIGE ANWENDERSICHTEN	142
5.7	INTERAKTIONEN UND AUTOMATISMEN	145
5.7.1	INTERAKTIONEN.....	145
5.7.2	AUTOMATISMEN	149

5.8	DIE DATENBANKLÖSUNG DES META-INFORMATIONSSYSTEMS	151
5.8.1	OBJEKTE UND BEZIEHUNGEN.....	152
5.8.2	RELATIONALER DATENBANKENTWURF	157
5.8.3	KONSISTENZSICHERUNGSMABNAHMEN	159
5.8.4	INTEGRATION VON DATENBANK-BASIERTEN META-INFORMATIONEN IN DAS GEO-DATENMODELL DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“	164
5.9	ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG	169
KAPITEL 6:	AUSGEWÄHLTE ANWENDUNGEN DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“.....	170
6.1	ÜBERSICHT ZU METHODEN, DIENSTEN UND PRODUKTEN DER FORSCHUNGSPLATTFORM	170
6.1.1	DYNAMISCHE, KARTOGRAPHISCHE VISUALISIERUNGEN.....	170
6.1.2	ERWEITERTE, GRAPHISCHE ERGEBNISSE.....	171
6.1.3	ALPHANUMERISCHE AUSWERTUNGEN.....	171
6.2	AUSGEWÄHLTE 2D-FACHANWENDUNGEN	172
6.2.1	ABLEITUNG EINER FORSTLICHEN BASISANWENDUNG	173
6.2.2	INTEGRATION AMTLICHER GEOBASISDATEN IN FORM EINER LUFTBILDKARTE.....	175
6.2.3	DIE PLANUNGSKARTE, EIN PRODUKT DES AKTUELLEN NATIONALPARKPLANES	176
6.2.4	EINE MABSTABSDYNAMISCHE KOMBINATION VEKTOR- UND RASTERBASIERTER, AMTLICHER TOPOGRAPHIEDATENBESTÄNDE	177
6.3	ERWEITERUNG UM INFORMATIONEN FÜR 3D-ANWENDUNGEN	178
6.3.1	ABLEITUNG VON 3D-DATENBESTÄNDEN AUS DEM DGM 25.....	179
6.3.2	VISUALISIERUNG DER 3D-ANALYSEERGEBNISSE	185
6.3.3	AUSGEWÄHLTES 3D-/4D-ANWENDUNGSSZENARIO	186
6.4	ABBILDUNG UND DOKUMENTATION TEMPORALER ASPEKTE (4D).....	186
6.4.1	DIE VERWENDUNG VON ZEIT IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN	186
6.4.2	ZU BEACHTENDE TIME-DOMAIN-ASPEKTE.....	187
6.4.3	AUSWAHL EINES TEMPORALEN MODELLANSATZES	190
6.4.4	NUTZUNG TEMPORALER DATEN IM FALLE DES REFERENZ-GIS	194
6.4.5	TOTHOLZKARTIERUNGEN ZUR TEMPORALEN VISUALISIERUNG DER BORKENKÄFERSITUATION IM NATIONALPARK BAYERISCHER WALD	199
6.5	AUSGEWÄHLTE SPEZIALANWENDUNGEN	201
6.5.1	MULTIMEDIALE PRÄSENTATIONEN.....	201
6.5.2	ANWENDUNGSBEISPIELE ZU ANALYSEN UND ANIMATIONEN	202
6.6	AUSBAU ZUM GRENZÜBERSCHREITENDEN GIS MIT DATENBESTÄNDEN DES TSCHECHISCHEN NATIONALPARKS ŠUMAVA.....	205
6.6.1	DAS RÄUMLICHE BEZUGSSYSTEM DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“.....	205
6.6.2	DURCHFÜHRUNG VON KOORDINATEN- UND DATUMSTRANSFORMATIONEN.....	207
6.7	EINBINDUNG UND ANALYSE KLIMATOLOGISCHER DATEN	215
6.7.1	KLIMATISCHE BEDINGUNGEN IM NATIONALPARK BAYERISCHER WALD.....	215
6.7.2	KLIMAFORSCHUNG IM NATIONALPARK BAYERISCHER WALD	215
6.7.3	ZIELE DER EINBINDUNG KLIMATOLOGISCHER ASPEKTE IN DAS REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“	216
6.7.4	REALISIERUNG DER KLIMA-DATENBANK DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“.....	216
6.7.5	ENTWICKLUNG EINER METHODE ZUR REFERENZIERUNG VON KLIMA-MESSDATEN AUF DIE FLÄCHE DES NATIONALPARKS BAYERISCHER WALD	218
6.7.6	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	226
6.8	QUALITÄTSASPEKTE UND GENAUIGKEITSUNTERSUCHUNGEN.....	226
6.8.1	QUALITÄTSASPEKTE IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN	226
6.8.2	QUALITÄTSASPEKTE DER FORSCHUNGSPLATTFORM	229
6.8.3	GENAUIGKEITSUNTERSUCHUNGEN ANHAND EXEMPLARISCHER GIS-METHODEN.....	233

KAPITEL 7: ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	252
7.1 ERREICHTER ENTWICKLUNGSSTAND	252
7.2 ERFAHRUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	252
7.3 BEWERTUNG DER ERZIELTEN EINZELERGEBNISSE	253
7.4 AUSBLICK	255
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	256
TABELLENVERZEICHNIS	260
LITERATUR	261
ANHANG A: ÜBERSICHT RELEVANTER DATENBESTÄNDE UND INFORMATIONSSYSTEME	270
ANHANG B: ÜBERNOMMENE DATENBESTÄNDE	273
ANHANG C: PHYSIKALISCHE DATENSTRUKTUR	277
ANHANG D: LOGISCHE IMPLEMENTIERUNG DER META-DATENBANK	280
ANHANG E: EINBINDUNG UND ANALYSE KLIMATOLOGISCHER DATEN	289
ANHANG F: AUSGEWÄHLTE ANWENDUNGEN	292

Anlagenverzeichnis

ANLAGE:	WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE DOKUMENTATION ZUM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“	(1324 SEITEN; ISBN 3-935049-92-7)
----------------	---	--

Abkürzungsverzeichnis

AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen Deutschlands
ALB	Automatisiertes Liegenschaftsbuch
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BayStaFo	Bayerische StaatsForstverwaltung
BayStMLU	Bayerisches StaatsMinisterium für Landesentwicklung und Umweltfragen
BayVV	Bayerische Vermessungsverwaltung
BLVA	Bayerisches LandesVermessungsAmt
BMBF	BundesMinisterium für Bildung und Forschung
BOF	BenutzerOberFläche
CD	Committee Draft
CEN	Comité Européen de Normalisation
CSDGM	Content Standard for Digital Geospatial Metadata
DB	DatenBank
DBMS	DatenBankManagementSystem
DBS	DatenBankSystem
DFK	Digitale FlurKarte
DFN	Deutsches ForschungsNetz
DGM	Digitales Geländemodell
DHDN	Deutsches HauptDreiecksNetz
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DIS	Draft International Standard
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DOP	Digitales OrthoPhoto
DTD	Data-Type-Definition
ED50	Europäisches Datum von 1950
EDBS	Einheitliche DatenBankSchnittstelle
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ETRF89	European Terrestrial Reference Frame von 1989
EUREF	EUropean REference Frame
FBK	ForstBetriebsKarte
FDIS	Final Draft International Standard
FFG	FehlerFortpflanzungsGesetz
FGDC	Federal Geographic Data Committee
GIS	Geographisches InformationsSystem
GKS	Globales Konzeptionelles Schema
GRS80	Geodetic Reference System von 1980
GRUBIS	Grundstücks- und Boden-Informationssystem
GUI	Graphical User Interface
HTO	High-Tech-Offensive-Bayern
IMAGI	InterMinisterieller Ausschuss für GeoInformationswesen

IS	I nternational S tandard
IS	I nformation S ystem
ISO	I nternational S tandards O rganization
ITRS	I nternational T errestrial R eference S ystem
LAN	L ocal A rea N etwork
LKS	L okales K onzeptionelles S chema
LWF	B ayerische L andesanstalt für W ald und F orstwirtschaft
MIS-Bund	M etadaten- I nformation S ystem des B undes
NII	N ational I nformation I nfrast <u>u</u> cture
NPV	N ational P ark V erwaltung Bayerischer W ald
NPVO	N ational P ark V er O rdnung
NSDI	N ational S patial D ata I nfrast <u>u</u> cture
ODBC	O pen D ata B ase C onnectivity
OGC	O pen G IS C onsortium
OODBMS	O bjekt- O rientiertes D aten B ank M anagement S ystem
OR	O bjekt- R elational
ORDBMS	O bjekt- R elationales D aten B ank M anagement S ystem
PDF	P ortable- D ocument- F ile
PICS	P latform for I nternet C ontent S election
QBE	Q uery B y E xample
RDBMS	R elationales D aten B ank M anagement S ystem
RDF	R esource D escription F ramework
SDTS	S patial D ata T ransfer S tandard
SERM	S trukturiertes E ntity R ealionship M odell
SFS	S imple F eatures S pecification
SPARC	S tandards P lanning and R equirements C ommittee
SQL	S tructured Q uery L anguage
TC	T echnical C ommittee
TGIS	T emporales G eo I nformation S ystem
TIFF	T ag I mage F ile F ormat
TIN	T riangulated I rregular N etwork
TK	T opographische K arte
UDK	U mwelt D aten K atalog
UML	U nified M odelling L anguage
USGS	U nited S tates G eological S urvey
UTM	U niversale T ransversale M ercatorprojektion
VA	V ermessungs A mt
VBA	V isual B asic for A plications
W3C	W orld W ide W eb C onsortium
WAN	W ide A rea N etwork
WD	W orking D raft
WGS84	W orld G eodetic S ystem von 1984
WWW	W orld W ide W eb
XML	e Xtensible M arkup L anguage

Kapitel 1: EIN NATIONALPARK ALS TESTGEBIET FÜR FACHÜBERGREIFENDE GIS-LEHRE UND -FORSCHUNG

1.1 ZIELE DER ARBEIT

Die Problemstellung der vorliegenden Arbeit hatte von Beginn an darin bestanden, einen international bedeutsamen Referenz-Datenbestand für eine fachübergreifende und grenzüberschreitende GIS-Lehre und -Forschung an der Technischen Universität München aufzubauen und zu pflegen. Dies sollte geschehen, um für künftige GIS-Projekte grundsätzlich die Möglichkeit zu schaffen, Fragen moderner Systemarchitekturen von Geoinformationssystemen, die Nutzung von neuen Datentypen (3D, 4D, Multimedia) zur Informationsmodellierung und -Verarbeitung in GIS sowie die Rolle und Eignung von umfassenden Meta-Datenkonzepten hierfür zu untersuchen.

Die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte der GIS-Forschung haben vielfach belegt, dass gerade der Aufbau geeigneter Basisdatenbestände für immer neue Forschungsvorhaben enorme zeitliche und finanzielle Aufwendungen mit sich bringt. Um derartigen Problemen bei wissenschaftlichen GIS-Arbeiten nicht mehr ausgesetzt zu sein, wurden bereits 1996 die Arbeiten an einem Referenz-Geoinformationssystem begonnen. Die Region des Nationalparks Bayerischer Wald erschien für ein derartiges Vorhaben mit der dort verfügbaren und zumindest in der BRD einzigartigen Daten-Vielfalt und -Fülle als ideal geeignet. Die dort mögliche Symbiose von Natur und Technik hatte einen zusätzlichen Reiz dargestellt. Bereits in zahlreichen, interdisziplinären Forschungsprojekten konnten räumliche (2D, 3D), temporale (4D), biologische, geologische und klimatologische Datenbestände und Methoden herangezogen werden, um die Modellierungsmächtigkeit und Leistungsfähigkeit dieses Systems zu evaluieren und nachhaltig zu belegen.

Im Rahmen der Arbeiten am Referenz-GIS wurde bereits nach kurzer Zeit deutlich, dass in Verbindung mit den anfänglich genannten Fragestellungen insbesondere erweiterte Meta-Datenstrukturen für heterogene und verteilte georäumliche Datenbestände eine entscheidende Rolle spielen würden. Ein ausgereiftes Meta-Datenkonzept für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ war ob der stetig zunehmenden Integration heterogener Datenbestände nach kurzer Zeit dringend notwendig geworden. Bereits zu Beginn der Arbeiten war abzusehen, dass das System einer laufenden Fortführung und Pflege unterliegen würde, was ohne die rechtzeitige Hinzunahme eines geeigneten Meta-Informationssystems unweigerlich zu enormen Schwierigkeiten führen würde.

Weil in der nationalen und internationalen GIS-Standardisierung die Meta-Daten-Problematik im Zusammenhang mit räumlichen Geo-Datenbeständen seit einigen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen hat, müssen sich die zuständigen Normungsgremien und die GIS-Industrie verstärkt mit diesem Thema befassen. In Anbetracht dieses dringenden Forschungsbedarfes stehen hier gerade die Universitäten in der Pflicht. Das Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Schilcher hatte sich bereits 1998 dazu veranlasst gesehen, dieses Thema zu einem wichtigen Forschungsschwerpunkt zu machen. Das Referenz-GIS war über seine ursprüngliche Zielsetzung als optimale Testumgebung sowohl für Studien von vorhandenen oder noch in Entwurfsphasen befindlichen Meta-Datenstrukturen als auch für eine praktikable und produktive Implementierung eines hierfür geeigneten Meta-Datenkonzeptes nahe gelegen.

Parallel zu den Entwicklungsarbeiten hierzu wurde in Form der *Anlage* dieser Arbeit die ca. 1 300 Seiten umfassende *wissenschaftlich-technische Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“* (ISBN 3-935049-92-7) erstellt. Diese vollständige Systembeschreibung liefert neben einer ausführlichen Einführung zum Testgebiet „Nationalpark Bayerischer Wald“ und den allgemeinen Charakteristika des Referenz-GIS wichtige Detailinformationen zur Integration heterogener Datenbestände in dieses GIS, zur physikalischen Datenhaltung sowie zum systemunabhängigen und systemabhängigen Datenmodell. Weiterhin werden die Themen „Qualität und Meta-Informationen im Referenz-GIS“ diskutiert und ausführlich dokumentiert. Das Datenbankkonzept des Referenz-GIS mit insgesamt vier relationalen Datenbankmodellen bildet einen weiteren Schwerpunkt. Die *Anlage* schließt mit praktischen Leitfäden zur laufenden Pflege und Fortführung des Referenz-GIS sowie zu dessen Migration auf andere Systemplattformen. Sie dient hier als Referenz für zahlreiche Verweise und Ausführungen.

1.2 DER NATIONALPARK BAYERISCHER WALD ALS FORSCHUNGSPLATTFORM FÜR DIE GEOINFORMATIK

Weltweit gibt es über 1 400 Nationalparke, davon rund 200 in Europa und die zwölf nebenstehenden in Deutschland.

Die Wälder des Grenzkammgebirges zwischen Bayern und Böhmen bilden eines der größten zusammenhängenden Waldgebiete Mitteleuropas. Der darin im Juni 1969 errichtete Nationalpark Bayerischer Wald ist eines der am besten erforschten Waldgebiete Mitteleuropas. Unter dem Motto „*Natur Natur sein lassen*“ sollen seine Wälder großflächig in ihrer natürlichen Entwicklung geschützt werden. Die Holznutzung wurde dementsprechend nach einer Übergangsphase eingestellt.

Mit der Erweiterung des Nationalparks 1997 um das im Nordwesten benachbarte, ehemalige Forstamt Zwiesel beläuft sich seine derzeitige Ausdehnung auf mehr als 24 000 ha. Der überwiegende Teil ist mit Wald bedeckt. Zusammen mit dem im Norden angrenzenden Tschechischen Nationalpark Šumava hat das oben genannte Waldgebiet nun größtenteils den Status eines Nationalparks.

Mit 1 453 m markiert der Rachel die höchste Erhebung im jetzigen Nationalpark. Ihm folgt der Lusen mit 1 373 m. Am Abfluss der kleinen Ohe bei Neuschönau liegt auf 666 m über NN die tiefste Stelle des Gebietes. Fast 50% der Nationalparkfläche liegt im talnahen Bereich bis unter 900 m über NN mit einem durchschnittlichen Gefälle von 6 bis 7 Grad.

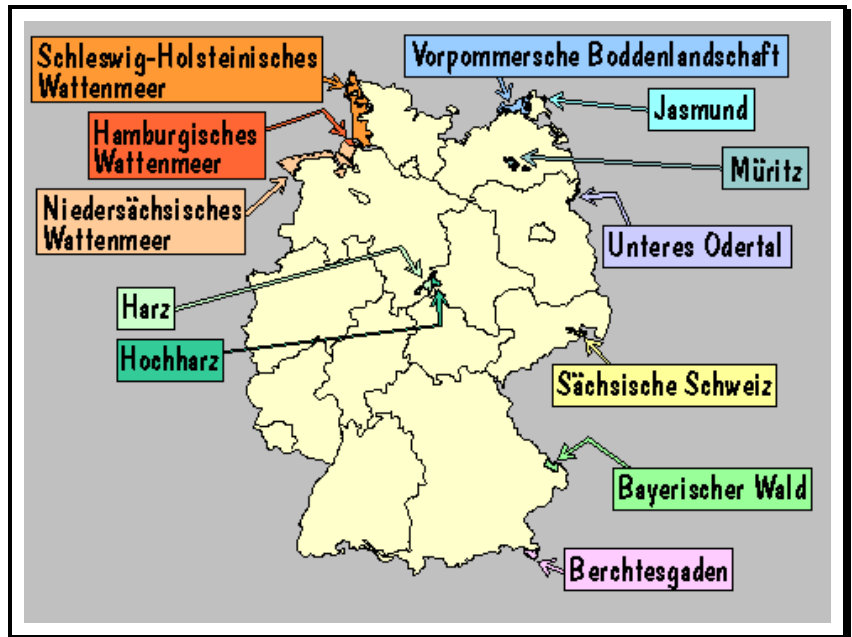


ABBILDUNG 1: NATIONALPARKE IN DEUTSCHLAND

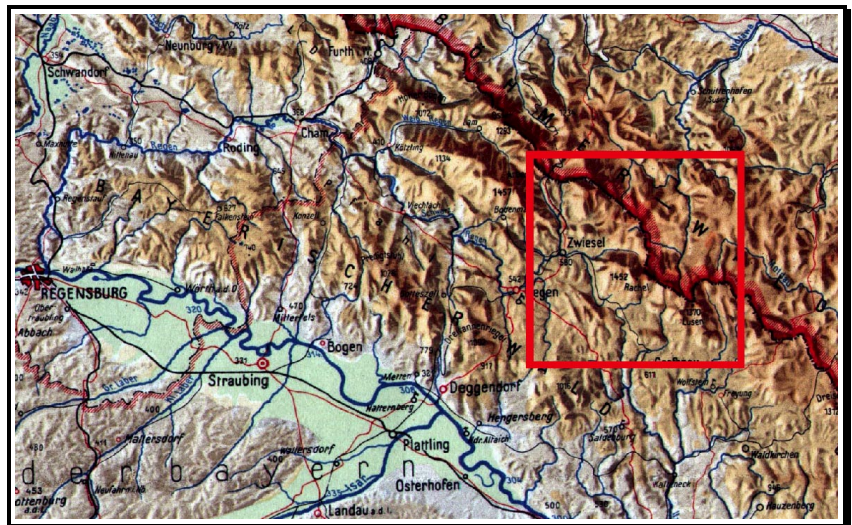


ABBILDUNG 2: DIE REGION DER NATIONALPARKE „BAYERISCHER WALD“ UND „ŠUMAVA“

Ein sehr aktueller und viel diskutierter Themenbereich ist in diesem Zusammenhang die Entstehung riesiger Totholzflächen vor allem in den Hochlagen der beiden Nationalparke aufgrund extremen Borkenkäferbefalls in den letzten Jahren. Im Bayerischen bzw. Böhmer-Wald ist v.a. die Höhenlage aufgrund der Korrelation mit den forstlichen Standortfaktoren Temperatur, Niederschlag und Bodentyp in hohem Maße ausschlaggebend dafür, wie stark die Fichte verbreitet ist. Sie ist der primäre Wirtsbaum des Buchdruckers, der dort heimischen Borkenkäferart. Ferner nehmen die Windgeschwindigkeiten mit steigender Meereshöhe zu, was die Gefahr von Windwürfen verschärft. In den dadurch gebrochenen Holzvorräten können Borkenkäfernester entstehen und dadurch den Ursprung für neue Käferpopulationen bilden.

Auf die wichtigsten Charakteristika und die Vorgeschichte des Nationalparks Bayerischer Wald sowie auf seine Entstehung und Entwicklung wird in *Kap. 1.2 der Anlage* näher eingegangen.

1.3 ENTWICKLUNG EINES REFERENZ-GEOINFORMATIONSSYSTEMS

Um die Fülle der jahrzehntelang angesammelten Daten erfassen, archivieren, modellieren, visualisieren, fortführen und daraus durch Analysen und Simulationen Prognosen ableiten zu können, hatte sich im Nationalpark Bayerischer Wald bereits lange vor 1996 der Einsatz eines GIS angeboten. Entsprechende Bemühungen waren aber nie zu Ende geführt worden. Erst mit dem Referenz-GIS entsteht hierfür eine auf dauerhafte Nutzung ausgelegte Grundlage.

Auf der einen Seite sind allgemeine, praxisorientierte und interdisziplinäre Beweggründe für die Entwicklung dieses GIS anzuführen. Es sollte für die Bayerische Staatsforstverwaltung und damit für die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald eine Forschungsplattform für eine moderne Analysetechnik geschaffen werden, um sich mit aktuellen Problematiken der Region wissenschaftlich auseinanderzusetzen zu können.

Es war notwendig, die Waldentwicklung im Nationalparkgebiet, zu der nicht nur die Absterbeprozesse in den Fichtenaltbeständen nach Borkenkäferbefall, sondern genauso die Entstehung einer neuen, natürlichen Waldgeneration unter diesen toten Bäumen gehört, zu dokumentieren, auf dieser Basis die Sachlage zu beurteilen und gleichzeitig umfassend über die Abläufe zu informieren. nach [105] NÜBLEIN, STOCKMEYER (1999)

Für die unmittelbar betroffene Nationalparkverwaltung bedeutet die Einführung des Referenz-GIS darüber hinaus erhebliche Erleichterungen bei der Erfüllung ihrer alltäglichen Aufgaben zu Naturschutz, Forschung, Bildung und Öffentlichkeitsarbeit in Form von Rationalisierungen bei planerischen, kartographischen und wissenschaftlichen Tätigkeiten.

Die Bayerische Staatsforstverwaltung als übergeordnete Behörde profitiert ebenfalls von der Entwicklung des Referenz-GIS. Hier sind vor allem Erkenntnisse für das Prototyping der bislang angedachten Einführung dezentraler und evtl. sogar mobiler GIS auf der Ebene der Forstdirektionen oder Forstämter Bayerns zu nennen. Die Einführung solcher Systeme soll in erster Linie die zentrale Kartenproduktion der Staatsforstverwaltung sowie das FORST-GIS-Bayern im Allgemeinen spürbar entlasten.

Dadurch dass neben rein forstlichen Datenbeständen auch eine Vielzahl amtlicher Geo-Basisdaten für das Referenz-GIS benötigt wird, verspricht sich die Bayerische Vermessungsverwaltung Erkenntnisse über weiterführende Möglichkeiten der plattformübergreifenden Mehrfachnutzung ihrer Datenbestände und deren Vertriebsformen.

Neben den oben genannten, interdisziplinären Beweggründen für die Entwicklung eines Referenz-GIS war, wie in *Kap. 1.1* bereits angeführt, natürlich die Verbesserung von Forschung und Lehre am Fachgebiet Geoinformationssysteme der Technischen Universität München ausschlaggebend.

Der Aufbau eines Referenz-Geoinformationssystems, mit dem die Verarbeitung von Daten für den Nationalpark Bayerischer Wald in einem einheitlichen räumlichen Bezugsrahmen ermöglicht würde, stellte sowohl wegen der politischen Situation vor Ort als auch in wissenschaftlicher Hinsicht eine Herausforderung dar. Daten unterschiedlichster Herkunft mussten auf ihre Verfügbarkeit, Verwendbarkeit und Aussagekraft untersucht, aufbereitet, weiterverarbeitet und in ein GIS integriert werden. Besonderes Augenmerk war dabei auf die Behandlung und Integration unterschiedlicher Erfassungsmaßstäbe sowie auf die Datenqualität zu legen.

Das Problem der Waldschädigung durch den Borkenkäfer und anthropogene Einflüsse sollte 1996 als erste Anwendung dienen. Die Abhängigkeit der Waldschädigung von räumlichen, biologischen, geologischen, meteorologischen und klimatischen Faktoren sowie der Zeit bietet zahlreiche Ansatzpunkte, um die Modellierungsmächtigkeit moderner GIS- und Datenbanktechniken zu evaluieren. Es wurde hierzu auf die Untersuchung des räumlichen und zeitlichen Ablaufs der walddtypen- und standorts-bezogenen Totholzentstehung sowie der Verjüngungssituation im Nationalpark Bayerischer Wald Bezug genommen.

Das System ist inzwischen seit längerem Inhalt von GIS-Vorlesungen, -Praktika und -Diplomarbeiten, also eine Basis für die GIS-Lehre an der TU München. Sein repräsentativer Datenbestand liefert darüber hinaus zahlreiche Ansätze, die derzeitigen Defizite der GIS-Forschung bzgl. der Integration von heterogenen Datenbeständen oder auch der Höhe in GIS, der Behandlung von Zeit und Langzeitanalysen in GIS, der Untersuchung neuer GIS-Datentypen sowie der Entwicklung geeigneter Meta-Datenkonzepte für georäumliche Datenbestände zu untersuchen. Es ist darüber hinaus Voraussetzung für zahlreiche, fachübergreifende Forschungsprojekte, beispielsweise auch im Rahmen der *High-Tech-Offensive Zukunft Bayern*.

1.4 KAPITELÜBERSICHT

Das nun folgende *Kapitel 2* dieser Arbeit wird die an der Entwicklung der Forschungsplattform beteiligten Institutionen vorstellen und die räumliche Ausdehnung des verwendeten Testgebietes sowie dessen regionale Strukturierung aufzeigen. Mit Hilfe einer Übersicht des verwendeten GIS-Systemkonzeptes wird die grundlegende Systemarchitektur, die daraus abgeleitete Datenstruktur und die Systemplattform skizziert. Den Abschluss bildet hierbei eine übersichtliche Aufstellung aller bislang realisierten Anwendungen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ in Form einer Matrix.

Die theoretische und praktische Abhandlung der Übernahme verteilter, heterogener Datenbestände in das Referenz-GIS ist Inhalt des *Kapitels 3*. Dem Leser werden hierbei die verfügbaren Datenbestände des GIS vorgestellt und die Probleme sowie das Procedere der Daten-Übernahme und -Integration näher gebracht. In einer tabellarischen Übersicht sind im Anschluss daran statistische Informationen zu den aktuellen Inhalten der Forschungsplattform zusammengestellt. Mit einem Resümee des gewählten Systemkonzeptes schließt der Abschnitt dieses Kapitels, der sich mit der Forschungsplattform direkt auseinandersetzt. Sozusagen als Ausblick für zukünftig denkbare Datenhaltungskonzepte wird daraufhin die Theorie zentraler und dezentraler Haltungskonzepte für heterogene Geo-Daten diskutiert, wobei hier der sich aktuell abzeichnende Trend zur Dezentralisierung von Geoinformationen kritisch beleuchtet wird.

Die theoretischen Grundlagen über Meta-Informationen in GIS sind Inhalt des anschließenden *Kapitels 4*. Hier wird neben einer auf die Belange des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ abgestimmten Einführung zum Thema „Meta-Daten“ deren Bedeutung für die Forschungsplattform geliefert. Begriffsdefinitionen und weitere theoretische Grundlagen bilden die Schwerpunkte des anschließenden Unterkapitels. Einer Unterscheidung von möglichen Konzepten bei der Führung von Meta-Informationen in Informationssystemen folgt eine Schlussfolgerung für die logische Konzeption des hier zu entwickelnden Meta-Datenkonzeptes. Um die inhaltlichen Aspekte des Meta-Datenkonzeptes möglichst allgemeingültig halten zu können, ist es vorab notwendig, die Normierung und Standardisierung von Meta-Informationen in GIS zu untersuchen. Hierbei werden die beiden derzeit wichtigsten Meta-Datenstandards der ISO sowie des FGDC gegenüber gestellt und auf Gemeinsamkeiten untersucht. Diese Untersuchung führt zu einer inhaltlichen Konzeptentscheidung. Eine Analyse bundesweit vergleichbarer Meta-Datenansätze zur Rechtfertigung des gewählten Konzeptes runden diesen Abschnitt ab. Vor einer Implementierung des geplanten Meta-Informationssystems ist eine theoretische Strukturierung von Meta-Daten für deren Anwendung innerhalb des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ notwendig. Hierbei werden konzeptionelle, physische, formale, inhaltliche, organisatorische und praktische Unterscheidungskriterien herangezogen. Mit Schlussfolgerungen über letztendlich zu beschreibende Strukturen und Inhalte, einem zu verwendenden Modellansatz sowie einer weiterführenden Argumentation für die gewählte Konzeption schließt das *Kapitel 4* dieser Arbeit.

Kapitel 5 befasst sich daraufhin mit der konzeptionellen und logischen Umsetzung des Meta-Informationssystems der Forschungsplattform. Im Vorfeld werden in Form eines allgemein gehaltenen Pflichtenheftes die Anforderungen an ein Meta-Informationssystem in GIS zusammengestellt, anhand dessen am Ende dieses Kapitels die erzielten Ergebnisse bewertet werden sollen. Mit der dezentralen Geo-Datensatzbeschreibungen, also der Verwendung datensatz-begleitender Meta-Daten, beginnen die konzeptionellen Ausführungen. Danach wird auf die zentrale Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ eingegangen. Hier wird im Vorfeld ein auf diese Datenbank abgestimmtes Pflichtenheft erarbeitet und dessen Umsetzung diskutiert. In einem weiteren Schritt kann dann die Modellierung der Meta-Datenkategorien und der Meta-Datenobjekte sowie deren Überführung in normalisierte Inhalte vorgenommen werden. Die textuellen und themen-spezifischen Meta-Daten der Forschungsplattform sind im Anschluss daran behandelt. Die technische Umsetzung von definierten Anwendersichten auf die Meta-Informationen des Referenz-GIS sowie Interaktionen und Automatismen bei der Meta-Datenerfassung und -Fortführung sind Inhalt weiterer Unterkapitel. Die Datenbanklösung des Meta-Informationssystems stellt den Schwerpunkt der Abhandlungen in *Kap. 5* dar. Im Rahmen dieser Beschreibung werden Objekte und Beziehungen, der relationale Datenbankentwurf, Konsistenzsicherungsmaßnahmen und die Integration von datenbank-basierten Meta-Informationen in das Geo-Datenmodell des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ aufgearbeitet. Das Kapitel schließt wiederum mit einer Zusammenfassung und Bewertung.

Kapitel 6 beinhaltet in sieben Unterkapiteln eine Aufstellung ausgewählter Anwendungen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Dem Leser wird vorab eine kurze Übersicht zu Methoden, Diensten und Produkten der Forschungsplattform gegeben. Die folgenden Anwendungsbeispiele dokumentieren die fachlichen Hintergründe und Methoden zur Ableitung ausgewählter 2D-Fachanwendungen des Referenz-GIS und zu seiner 3D-Erweiterung um DGM-Informationen. Außerdem wird das Vorgehen der Berücksichtigung temporaler Aspekte (4D) innerhalb des Referenz-GIS mit Hilfe seines Meta-Informationssystems erläutert. Ausgewählte Spezialanwendungen in Form von multimedialen und analytischen Verfahren runden die Anwendungsbeispiele ab. Im Anschluss daran wird der Ausbau des Referenz-GIS zu einer grenzüberschreitenden Forschungsplattform mit Hilfe tschechischer Geoinformationen geodätisch beleuchtet. Die beiden letzten Unterkapitel befassen sich mit der Einbindung und Analyse klimatologischer Datenbestände sowie mit qualitativen Aspekten und Genauigkeitsuntersuchungen im Kontext der Forschungsplattform.

Den Abschluss dieser Arbeit bildet das *Kapitel 7*. Es fasst den erreichten Entwicklungsstand der Forschungsplattform zusammen, liefert Erfahrungen und Empfehlungen des Autors und bewertet die erzielten Einzelergebnisse. Mit einem Ausblick auf bereits angelaufene Folgeprojekte der High-Tech-Offensive-Bayern bzw. des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sowie einer Vision für einen weiteren Ausbau des Referenz-GIS zu einer international bedeutsamen Forschungsplattform für die Geoinformatik schließt dieses Kapitel.

In *Anhang A* und *B* dieser Arbeit sind potentielle und tatsächlich genutzte Geo-Datenquellen zusammengestellt. Der *Anhang C* zeigt detailliert die physikalische Datenstruktur des Referenz-GIS-Dateisystems. Die logische Implementierung der zugehörigen Meta-Datenbank wird im Anschluss daran in *Anhang D* vorgestellt. *Anhang E* ergänzt die Einbindung und Analyse von klimatologischen Daten aus *Kap. 6.7* durch tabellarische und graphische Datenbank- und Analyseergebnissen. Gerade der abschließende *Anhang F* bietet dem Leser eine kompakte Zusammenstellung von Visualisierungen und Analyseergebnissen der ausgewählten Anwendungen des *Kap. 6* und vermittelt daher einen guten Eindruck von der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems.

Kapitel 2: DAS REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

2.1 BETEILIGTE INSTITUTIONEN

Die Auswahl der Daten und Datenquellen ist für den Aufbau eines Geoinformationssystems mit Sicherheit ein entscheidender Bestandteil. Die Qualität eines GIS hängt immer von der Qualität der vorhandenen, beziehungsweise zur Verfügung stehenden Daten ab, das heißt insbesondere von deren Aktualität, Genauigkeit, Vollständigkeit und Integrität.

Die Aufgabe beim Aufbau des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ bestand vor allem darin, heterogene Basisdaten aus verschiedenen Informationssystemen zu recherchieren, zu integrieren, aufzubereiten, zu bereinigen, zu ergänzen und zu modellieren. Die Daten sollten in Form eines relativ einfach zu bedienenden Informationssystems für Dritte verfügbar und nutzbar gemacht werden. Neben aktuellen Datenbeständen sind auch historische Daten zur Dokumentation raumzeitlicher Prozesse im Nationalpark Bayerischer Wald von Bedeutung.

Die beteiligten Institutionen und damit die Datenquellen werden im Folgenden kurz vorgestellt. Neben dem federführenden Fachgebiet Geoinformationssysteme des Instituts für Geodäsie, GIS und Landmanagement der Technischen Universität München sind derzeit acht weitere Institutionen direkt oder indirekt am Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ beteiligt.

1) Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)

Hier speziell die Bayerische Staatsforstverwaltung. Sie setzt sich aus folgenden Behörden zusammen:

- Bereich Forsten im Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten
- 4 Forstdirektionen
- über 135 Forstämter mit ihren mehr als 1 000 Forstdienststellen (Forstreviere)
- Sonderbehörden und Sonderdienststellen, wie beispielsweise die Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft oder die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald

Der Aufgabenbereich der Bayerischen Staatsforstverwaltung erstreckt sich über den mit Wald bedeckten Anteil der bayerischen Landesfläche. Um den Wald zu schützen, seine Funktionen zu sichern und seine Leistungen zu steigern, entfallen auf die staatlichen Forstbehörden hierzu eine Reihe von Aufgaben.

2) Projektgruppe „FORST-GIS-Bayern“ des BayStMLF (FORST-GIS)

Die Bayerische Staatsforstverwaltung ist eine Verwaltung, die umfangreiche Flächeninformationen und somit sehr ausführliches Kartenmaterial benötigt. Für die Erfassung, Verwaltung und Bereitstellung der hierfür notwendigen Daten sowie der Anfertigung der notwendigen Karten ist sie vielfach selbst zuständig.

Anfang 1988 wurde eine Projektgruppe „FORST-GIS“ eingesetzt, die 1990 zu dem Entschluss kam, für den Bayerischen Staatsforst ein Geoinformationssystem einzuführen. Das FORST-GIS-Bayern wurde in den Jahren 1991 - 1993 mit den Zielen einer rationellen, automationsgestützten Produktion der Forstkarten sowie der Mehrfachnutzung der dabei anfallenden digitalen Daten für andere Fachanwendungen eingeführt. Seit 1994 werden alle Forstkarten ausschließlich digital erstellt. Inzwischen hat sich das FORST-GIS zu einer umfassenden Datenbasis für forstliche Zwecke entwickelt. Es ist damit ein topographisches Fach-Geoinformationssystem primär für die Bestandsdokumentation der forstlichen Flächeninformationen. Die Daten der Forsteinrichtung bestehen aus Text- und Kartenteil. Für den alphanumerischen Textteil mit den beschreibenden Daten wird die sog. Forsteinrichtungsdatenbank eingesetzt. Der Kartenteil, die Forstbetriebskarte, wird parallel dazu für die gesamte Staatswaldfläche Bayerns (ca. 850 000 ha) im Erfassungsmaßstab 1:10 000 geführt. Es liegen inzwischen für weite Teile der Staatswaldfläche digitale Daten in hoher Dichte vor. So auch für den Nationalpark Bayerischer Wald.

3) Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)

Im Jahr 1969 stellte Bayern mit dem Nationalpark Bayerischer Wald eine einmalige Wald- und Mittelgebirgslandschaft unter Schutz. Die hierfür zuständige NationalParkVerwaltung Bayerischer Wald ist Teil der Bayerischen Staatsforstverwaltung und direkt dem Ministerium für Landwirtschaft und Forsten unterstellt. Sie hat ihren Sitz im südlich vom Nationalpark gelegenen Grafenau.

Die Nationalparkverwaltung hat einen Aufgabenbereich mit sehr unterschiedlichen Problemstellungen. Dieser lässt sich in fünf Hauptbereiche gliedern:

1. Naturschutz
2. Erholung
3. Forschung
4. Bildung
5. Integration des Nationalparks in die Region (Öffentlichkeitsarbeit)

Alle fünf Bereiche sind inzwischen mit dem Einsatz von Geoinformationssystemen verbunden.

4) Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft ist die Betriebsforschungsstätte der Bayerischen Staatsforstverwaltung. Sie hat seit 1992 ihren Sitz in Freising/Weihenstephan und war damals aus der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt entstanden. Die LWF stellt das Bindeglied zwischen forstlicher Forschung und forstlicher Praxis im Revier dar. Hierzu setzt sie wissenschaftliche Ergebnisse zum Nutzen des Waldes und der Waldbewirtschaftung in anwendungsreife Verfahren um. Die LWF berät staatliche, kommunale und private Waldbesitzer.

5) Bayerisches Landesvermessungsamt (BLVA)

Das staatliche Vermessungs- und Katasterwesen gehört in Bayern zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums der Finanzen. Ihm untersteht das Bayerische Landesvermessungsamt in München für den Bereich der Landesvermessung. Das BLVA ist u.a. für die Herstellung und den Vertrieb folgender amtlicher Basisdaten zuständig, die auch im Referenz-GIS Verwendung finden:

- Topographische Karte (TK)
- Amtliches Topographisch-Kartographisches InformationsSystem (ATKIS)
- Digitales OrthoPhoto (DOP)
- Digitales GeländeModell (DGM)
- Grundlagenvermessung

6) Vermessungsämter Freyung und Zwiesel (VA)

Für den Bereich der Katastervermessung sind die Vermessungsämter zuständig. Das Vermessungsamt Freyung liefert aus dem amtlichen GRundstücks- und BodenInformationssyStem der Bayerischen Vermessungsverwaltung (GRUBIS) die Basisdaten über Grund und Boden für den Landkreis Freyung-Grafenau. Für den Landkreis Regen ist das Vermessungsamt Zwiesel zuständig. Die Vermessungsämter übernehmen hierbei die Herstellung und den Vertrieb folgender amtlicher Basisdaten, die auch im Referenz-GIS Verwendung finden:

- Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB)
- Digitale FlurKarte (DFK)

7) Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR)

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt ist das nationale Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt und zugleich die nationale Raumfahrtagentur. Es hat zahlreiche Institute und Einrichtungen. Hiervon ist das Deutsche FernerkundungsDatenzentrum (DFD) in Oberpfaffenhofen bei München als Datenlieferant für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ von Bedeutung. Es empfängt weltweit Satellitendaten, verwaltet sie in Großarchiven, erzeugt nutzungsgerechte Datenprodukte und unterstützt die Anwender durch Online-Datenkataloge, Beratung, Schulung und Projekte.

Im Zuge zahlreicher Forschungskooperationen des DLR mit der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald sind diverse für das Referenz-GIS relevante Datenbestände aufgebaut worden.

8) Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava

Die großflächigen Gebirgstteile des Šumava (Böhmerwald) entlang der südwestlichen Grenze der Tschechischen Republik zu Deutschland und Österreich wurden 1991 zum Nationalpark erklärt. Der Nationalpark Šumava ist der größte der drei existierenden tschechischen Nationalparke und erstreckt sich von Železná Ruda (Böhmisch Eisenstein) im Nordwesten zum Ostabhang des Smrcina-Massivs (Hochficht) im Südosten auf fast 70 km Länge und 2 - 15 km Breite.

Die im Nordosten, in Vimperk (Winterberg) gelegene Nationalpark- und Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava hat ähnlich gelagerte Aufgabenbereiche wie die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald. Zwischen den beiden Nationalparkverwaltungen besteht eine enge Zusammenarbeit (vgl. hierzu Kap. 6.2.3.2).

2.2 RÄUMLICHE AUSDEHNUNG UND REGIONALE STRUKTURIERUNG

Die räumliche Ausdehnung der wichtigsten zur Verfügung stehenden Datenbestände des Referenz-GIS ist in nebenstehender Abbildungen verdeutlicht.

Die überwiegend mittel- und großmaßstäbigen Datengrundlagen des Referenz-GIS Nationalpark „Bayerischer Wald“ erstrecken sich im Allgemeinen auf die Region „Niederbayern/Bayerischer Wald“ und im Besonderen auf das Gebiet der beiden Landkreise *Regen* (ca. 98 000 ha) und *Freyung-Grafenau* (ca. 99 000 ha), des *Nationalparks Bayerischer Wald* (ca. 24 000 ha) sowie des tschechischen *Landschaftsschutzgebietes Šumava* (ca. 168 000 ha) mit dem darin befindlichen *Nationalpark Šumava* (ca. 68 000 ha). Darüber hinaus sind für die ca. 7 000 000 ha des *Freistaates Bayern* kleinmaßstäbige Karten von Interesse.

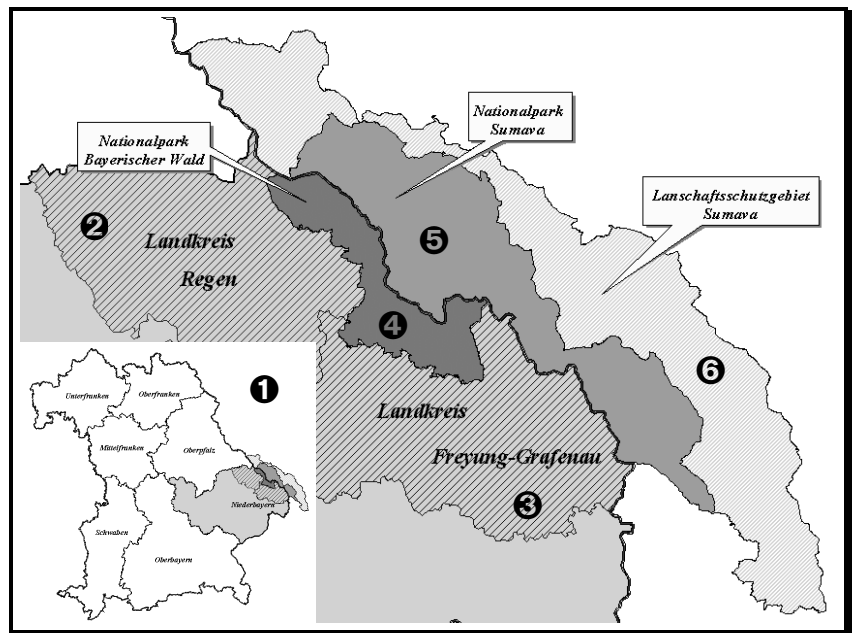


ABBILDUNG 3: RÄUMLICHE AUSDEHNUNG UND REGIONALE STRUKTURIERUNG DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Die strukturierte Datensammlung des Referenz-GIS umfasst für diese Regionen grundsätzlich folgende Datenbestände:

1. Freistaat Bayern und Regierungsbezirk Niederbayern: ATKIS 500
2. Landkreis Regen: ATKIS 25, DGM 25
3. Landkreis Freyung-Grafenau: ATKIS 25, DGM 25
4. Nationalpark Bayerischer Wald: ALB, DFK, DOP, Waldkarte, Forstbetriebskarte, Standortkarte, Forsteinrichtung, Waldinventur, Totholzkartierung, Nationalparkplan, u.v.m.
5. Nationalpark Šumava: infrastrukturelle und naturschutzrelevante Daten
6. Landschaftsschutzgebiet Šumava: infrastrukturelle und naturschutzrelevante Daten

Darüber hinaus existieren zahlreiche Datensätze mit fachspezifischen Inhalten vor allem für die Regionen 4 und 5. Die im Einzelnen herangezogenen Datenbestände werden in Kap. 3.1 bzw. im Anhang B spezifiziert.

2.3 DAS GIS-SYSTEMKONZEPT DER FORSCHUNGSPLATTFORM

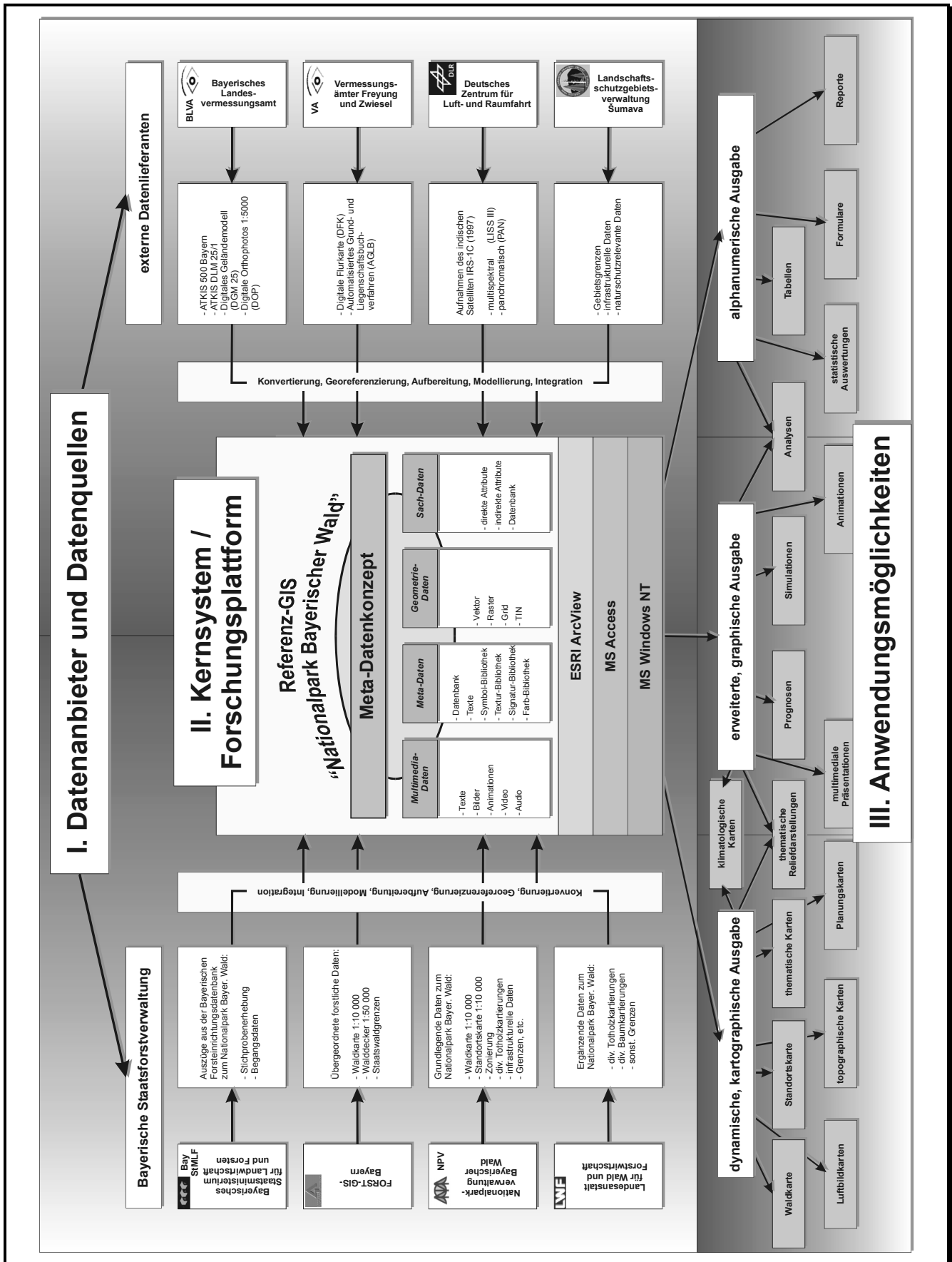


ABBILDUNG 4: REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“ (SYSTEMKONZEPT)

Die Kernsystem des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ besitzt eine moderne Architektur, die dem derzeitigen Stand der GIS-Technologie entspricht. Es setzt sich prinzipiell aus den drei eigenständigen Komponenten *Meta-Datenkonzept*, *GIS-Daten* und *System-Plattform* zusammen. Nur im Verbund dieser drei Komponenten ist es möglich die heterogenen Datenmodelle und Datenbestände der beteiligten Institutionen gemeinsam zu behandeln. Auch die bislang aus dem Referenz-GIS abgeleiteten Modellierungen verschiedener Anwendungen sowie zukünftige, darauf basierende GIS-Projekte bauen zwingend auf dieser Architektur auf. Veränderungen an einer der drei Komponenten haben immer Auswirkungen auf mindestens eine der beiden verbleibenden Komponenten.

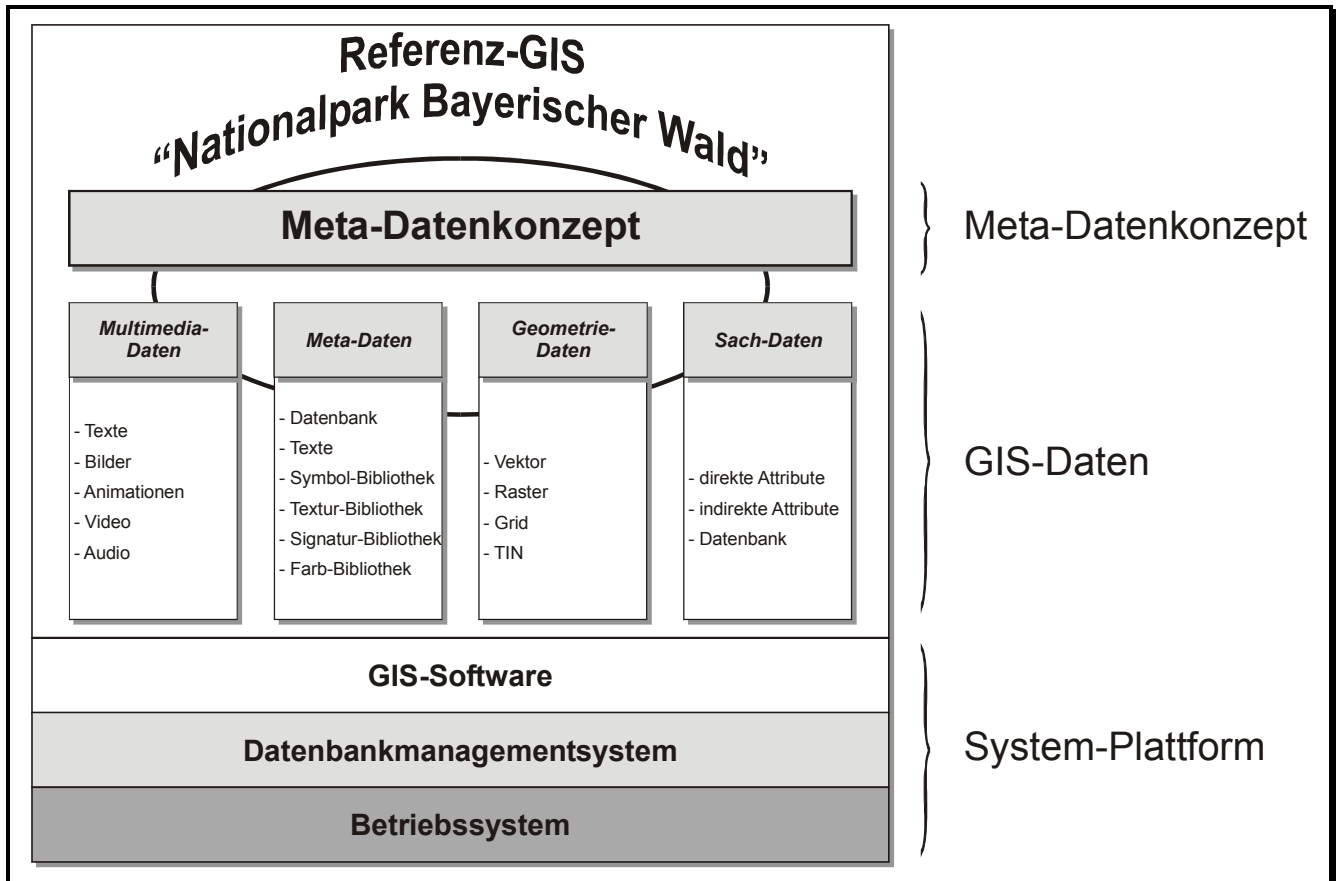


ABBILDUNG 5: AUFBAU DES REFERENZ-GIS-KERNSYSTEMS

2.3.1 META-DATENKONZEPT

Das Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ aus *Kap. 5* liefert neben expliziten modelltechnischen Informationen den allgemeinen Nachweis, wo welche Daten über reale Objekte zum Nationalpark Bayerischer Wald oder Abstraktionen davon unter welchen qualitativen und quantitativen Bedingungen zu finden und/oder zu bearbeiten sind. Es unterliegt einem eigens erarbeiteten Pflichtenheft, welches in *Kap. 5.3* erörtert wird.

Neben konkreten Verweisen zu allen im Referenz-GIS vorkommenden GIS-Datensätzen beinhaltet es zahlreiche detail-beschreibende Elemente. Diese Inhalte sind teilweise anwendungsabhängig erarbeitet und teilweise einem sog. Core Metadata Profile entnommen. Das Core Metadata Profile enthält im Grunde genommen die wichtigsten, nach dem derzeitigen Stand der Meta-Datenstandardisierung und -Normung relevanten Meta-Informationen. Das Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS ist durch dieses Profil als inhaltlicher Leitfaden deutlich geprägt. Näheres hierzu ist in den *Kapiteln 4 und 5* zu finden.

2.3.2 GIS-DATEN

Für die Option der Integration verteilter, heterogener Daten in ein Geoinformationssystem ist ein zentralistischer Modellansatz Voraussetzung. Um die angestrebte Forschungsplattform bei unterschiedlichen Stellen effizient nutzbar machen zu können, ist zudem eine einfache, logisch strukturierte und intuitiv zu erfassende Datenstruktur notwendig. Die Datenhaltung des Referenz-GIS erfolgt daher über die klassische und vielfach bewährte Trennung von Geometrie- und Sach-Daten in GIS-Anwendungen. Die Verwaltung der Geometrie-Daten ist auf Betriebssystemebene in einem Filesystem angesiedelt, wogegen die Sach-Datenhaltung mit Hilfe eines **DatenBankManagementSystems** (DBMS) realisiert ist. Der am weitesten verbreitete Typ und heutiger Standard sind **Relationale DatenBankManagementSysteme** (RDBMS).

2.3.2.1 VERWENDUNG EINER ZENTRALISTISCHEN GIS-ARCHITEKTUR

Der klassische Modellierungs-Ansatz für Desktop-GIS geht von einer dualen Datenhaltung aus und weist daher eine relativ einfache logische Architektur auf. Geometrie-Daten wurden dabei lange Zeit in Dateien mit proprietären, für bestimmte Anwendungszwecke optimierten Datenformaten gespeichert und vom Anwender interaktiv mit Hilfe des Betriebssystems verwaltet. Hierbei haben sich inzwischen zur deutlichen Arbeitserleichterung sog. Quasi-Industriestandards herausgebildet, auf die auch die Forschungsplattform zurückgreift (vgl. Kap. 4.5.2.1 und 6.3.1.3). Das im vorliegenden Fall primär verwendete ESRI-Shape-Format ist einer der derzeit wichtigsten Quasi-Industriestandards für die Nutzung von Vektor-Daten in GIS. Analoges gilt für das TIFF-Format bei der Nutzung von Raster-Daten in GIS. Die im Einzelnen verwendeten Datenformate werden in Kap. 5.3.2.3 aufgelistet.

Alphanumerische Sachinformationen findet man entweder in Form von direkten, im Geometrie-Datenformat abgelegten Attributen oder indirekten, den Geometrie-Daten über 1:1-Verknüpfungen manuell zugeordneten Attribut-Tabellen, die wiederum in eigenen Dateien liegen und eigens verwaltet werden müssen.

Die komplexen Sach-Daten, die im Referenz-GIS den überwiegenden Sach-Datenanteil stellen, werden nach dem relationalen Modell vollständig standardisiert abgebildet (vgl. Kap. 5.8.4.1; *georelationale Modellierung*). Durch die Verwendung eines gängigen RDBMS stehen dem Anwender standardisierte Methoden zur Verfügung. Zu diesen gehört beispielsweise die Datenbankabfragesprache SQL (Structured Query Language) zusammen mit ihren Funktionalitäten zur Datendefinition DDL (**D**ata **D**efinition **L**anguage), Datenmanipulation DML (**D**ata **M**anipulation **L**anguage) und Datenkontrolle DCL (**D**ata **C**ontrolling **L**anguage).

- Geometrie in Files
- direkte und indirekte Attribute (verknüpft oder in Tabellen)
- komplexes Sach-Datenmodell in RDBMS
- Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen direkten Attributen und der α -Datenbank
- Zugriff auf die Geometrie- und Attributformationen über die GIS-Software
- Zugriff auf die Sachinformationen über das RDBMS oder das GIS-Frontend

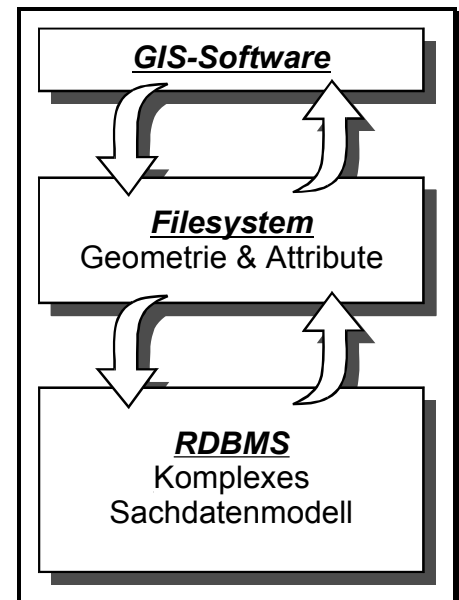


































ABBILDUNG 6: FILESYSTEM IN VERBINDUNG MIT RDBMS („KLASSISCHER ANSATZ“)

Typische Vertreter dieser Kategorie sind auf gängiger CAD- und/oder Kartographie-Software basierende Systeme, die Sach-Daten durch die Anbindung einer externen Datenbank integrieren. In letzter Zeit findet man an dieser Stelle verstärkt leistungsstarke Desktop-GIS, die mit Hilfe einer Datenbankanbindung zu vollständig modellierbaren Geoinformationssystemen aufgewertet werden. Das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist ein solches Beispiel. Ca. 75% aller GIS-Anwendungen weltweit basieren derzeit auf diesem Modellierungskonzept.

2.3.2.2 LOGISCHE UND PHYSIKALISCHE STRUKTURIERUNG DER DATEN

Die nachfolgend erläuterte Struktur für das zur Datenhaltung verwendete Filesystem ist eine gewachsene Struktur, die im Lauf der letzten Jahre mehrmals modifiziert und optimiert worden ist. Sie soll möglichst einfach Erweiterungen des Datenbestandes, Modifikationen an der Datenstruktur und die Übertragung von Teilen oder des gesamten Systems auf andere Rechnersysteme ermöglichen.

Die physikalische Datenstruktur für die Basisdatenhaltung hat acht physischen Datenbereiche und setzt sich aus den 5 Themenbereichen der thematischen Klassifizierung aus *Kap. 5.3.2.2 unter 3)* sowie 3 Zusatzkategorien zusammen:

- | | |
|--|--|
| 1. Daten zum Nationalpark Bayerischer Wald |  falckenstein-rachel-gebiet
 gesamtgebiet
 rachel-lusen-gebiet
 sachdaten
 vorfeld |
| 2. Daten zum Nationalpark Šumava | keine weitere Aufteilung |
| 3. Daten der Vermessungsverwaltung |  aglb  orthophotos
 atkis25  tk100
 atkis500  tk25
 dfk  tk50
 dgm25  uek500 |
| 4. Daten des FORST-GIS-Bayern | keine weitere Aufteilung |
| 5. Daten aus der Privatwirtschaft |  dlr
 sonstige |
| 6. Meta-Daten |  datenbank
 dokumente
 legenden
 paletten
 symbole |
| 7. Multimedia-Daten |  animationen
 bilder
 texte
 video |
| 8. Softwareentwicklungen, Services und Migrationstools |  benutzeroberflaeche
 datenaufbereitung
 datenumsetzung
 installation
 konsistenzsicherung
 projekte |

Diese acht physischen Datenbereiche sind in Form von eigenen Unterverzeichnissen in dem Hauptverzeichnis **basisdaten** des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ abgelegt und damit konform mit der inhaltlichen Klassifizierung des Gesamtsystems. Die inhaltliche Klassifizierung spiegelt sich in der obersten Ebene der Datenstruktur dieses Hauptverzeichnisses wieder und ist nichthierarchisch (vgl. *Anlage; Kap. 2.1*).

Ausgehend von den verfügbaren Datenbeständen, deren Folgeprodukten und daraus abgeleiteten, weiteren Datenbeständen sowie den rekursiv aufgebauten, beschreibenden Daten basiert das Referenz-GIS derzeit auf vier voneinander weitestgehend unabhängigen „Daten-Säulen“. Die nebenstehende Grafik zeigt, in welchen Verzeichnissen welche GIS-Datenarten gehalten werden.

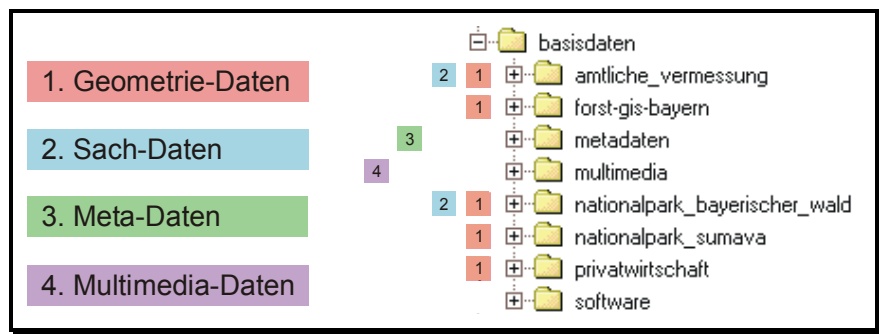


ABBILDUNG 7: INHALTLICHE KLASSIFIZIERUNG UND PHYSISCHE DATENBEREICHE

Für die Geometrie-Datenhaltung kommen die 4 (klassischen GIS-) Datentypen *Vektor*, *Raster*, *Grid* und *TIN* zum Einsatz. Vektordaten werden weiterhin in *Punkte*, *Linien* und *Flächen* sowie *Texte* unterteilt. Diese Datentypen nutzen derzeit 17 verschiedene (Geo-) *Datenformate*. Näheres zu den verwendeten Geometrie-Daten, Sach-Daten, Multimedia-Daten sowie Meta-Daten kann in den *Kapiteln 4.6 ff. der Anlage* nachgelesen werden. Die Inhalte der Datenbestände beziehen sich auf die 17 in *Kap. 5.3.2.2 unter 4)* noch vorzustellenden Objektbereiche des Referenz-GIS. Die physische Gesamtstruktur der Geo-Daten des Referenz-GIS ist in *Anhang C* am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

2.3.3 SYSTEM-PLATTFORM

Die System-Plattform des Referenz-GIS hat einen modernen, dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Aufbau und besteht aus drei grundlegenden Komponenten.

2.3.3.1 HARDWARE UND BETRIEBSSYSTEM

Anwenderprogramme, wie auch die GIS-Software, laufen auf einer bestimmten Hardwareplattform unter einem bestimmten, dafür vorgesehenen Betriebssystem. Die Hardwarekonfiguration des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist überdurchschnittlich leistungsstark und besteht im Grunde genommen aus 3 getrennt voneinander zu betrachtenden Komponenten. Darüber hinaus existieren diverse Peripheriegeräte, die für den Aufbau, den Betrieb und die uneingeschränkte Nutzung des Systems sinnvoll oder notwendig geworden sind. In *Kap. 5.1.1 der Anlage* sind detailliertere Informationen hierzu aufgeführt.

1) Geo-Datenserver

Der Geo-Datenserver des Referenz-GIS ist ein hochskalierter NT4-Server auf Intel-Basis. Neben seiner Funktion als primärer Domänen-Controller erfüllt er multiple Aufgaben, die im Normalfall von mehreren Standard-Servern im unabhängigen Betrieb erfüllt werden müssten. Seine Funktionen kommen dem Referenz-GIS uneingeschränkt zu Gute. Der Server hält in hoch performanter Form sämtliche Geo-Daten des Referenz-GIS vor und stellt diese im Intranet des Fachgebiets Geoinformationssysteme unter Nutzung der derzeit effektivsten Speicherhaltungs- und Vernetzungs-Technologien zur Verfügung. Das Geo-Datenverzeichnis des Referenz-GIS (*s.o. und Anhang C*) befindet sich mit derzeit mehr als 20 GByte Geo-Daten auf dieser Hardwareplattform.

2) GIS-Arbeitsplatz

Die Arbeitsplatzrechner des Referenz-GIS sind hochskalierte NT4-Workstations auf Intel-Basis. Ihre Funktionen erstrecken sich von einfachen Office-Lösungen bis hin zum Betrieb der GIS-Software des Referenz-GIS einschließlich seiner Datenbankanbindungen.

3) Vernetzung

Die Sterntopologie der Vernetzung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wird im Rahmen der Ausführungen des *Kap. 5.3.2.1* schematisiert dargestellt und besprochen. Untenstehende Grafik stellt die hierbei verwendeten Hardware-Komponenten vor:

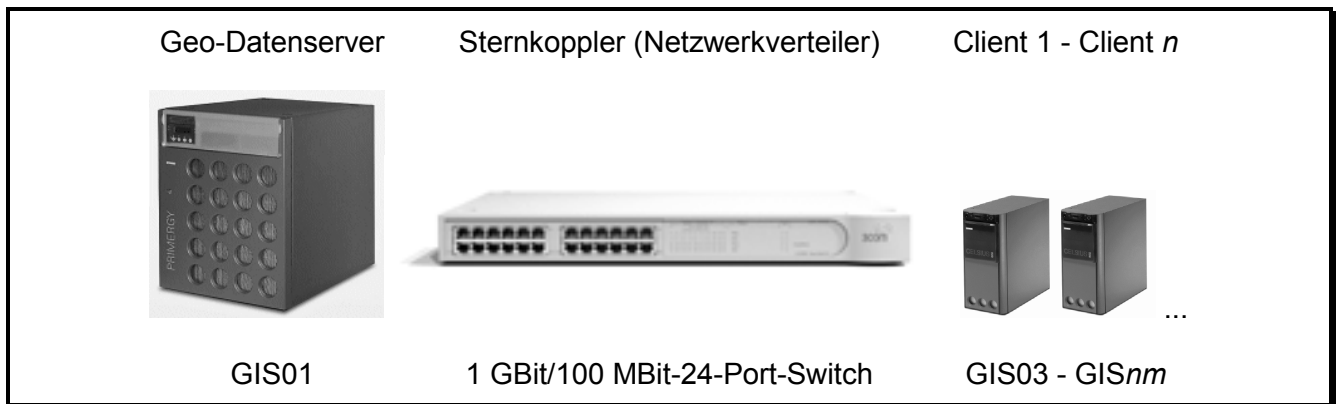


ABBILDUNG 8: VERNETZUNG DER REFERENZ-GIS-HARDWARE

Die interne Vernetzung (**Local Area Network; LAN**) der Hardware des Referenz-GIS erfolgt hybrid-sterbförmig mit Hilfe einer 2 GBit-Glasfaserleitung zwischen der Switch und dem Geo-Datenserver sowie 24 max. 600 MBit-Kupfer-Drahtleitungen (Twisted-Pair) zwischen dem Sternkoppler (Switch) und den Arbeitsstationen. Die hierbei verwendete Switch besitzt neben 24 unabhängigen 100 MBit-Ports für Kupferkabel eine zusätzliche 1 GBit-Glasfaseranbindung, die vom Geo-Datenserver exklusiv genutzt wird, um Engpässe beim Mehrfachbenutzerbetrieb auszuschließen. Die 100 MBit-Anbindungen stehen den GIS-Arbeitsstationen zur Verfügung, wodurch insgesamt ein eigenständiges Teilnetz definiert ist.

Die Externe Anbindung erfolgt via Drahtleitung (100 MBit) an einen Hochleistungs-Netzknoden des internen Hochschulnetzes (**Wide Area Network; internes WAN**) und von dort glasfaser-basiert weiter an das Leibniz Rechenzentrum des **Deutschen ForschungsNetzes (DFN)** und dadurch an das Internet (externes WAN).

2.3.3.2 GIS-SOFTWARE UND TOOLS

Unter dem Begriff „GIS-Software versteht man nach [1] BARTELME (1994) eine Reihe von Werkzeugen zur anwendungsgerechten Verarbeitung von GIS-Datenbeständen. Diese Werkzeuge bereichern die Daten um semantische und pragmatische (anwendungsrelevante) Aspekte.

Mit dem momentanen Stand der Hard- und Software für intel- und microsoft-basiert arbeitende Geoinformationssysteme ist ein effizienter Umgang mit den großen Datenmengen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ möglich. Diese Arbeiten stellen hohe Anforderungen an die Systemressourcen.

1) allgemeine Anforderungen an die GIS-Software

Die allgemeinen Anforderungen an die GIS-Software des Referenz-GIS lassen sich wie folgt zusammenfassen:

a) DIMENSIONALITÄT DER DATEN

Für ein 2D-/3D-/4D-Geoinformationssystem ist eine möglichst umfassende Unterstützung aller drei räumlichen Dimensionen, der zeitlichen Dimension, der thematischen Dimension, verschiedener Anwendungsszenarien sowie eine simultane Darstellung aller Dimensionen unter Wahrung des geographischen Raumbezugs wichtig.

b) DATENHALTUNG

Die Handhabbarkeit großer Datenmengen muss gewährleistet sein. Weiterhin müssen Methoden zur Filterung relevanter Daten auf Grund der Darstellbarkeit, der Performance und der visuellen Aufnahmefähigkeit integriert sein. Zusätzlich soll die Software Möglichkeiten zur Darstellung unscharfer Daten bzw. deren Datenqualität bieten und eine Verwaltung von Meta-Daten erlauben.

c) ANWENDERSICHT

Aus Anwendersicht soll die GIS-Software über einen hohen Interaktivitätsgrad sowie über Orientierungs- und Navigationshilfen verfügen. Möglichkeiten zum Einbringen, Modifizieren und Löschen von Objekten sowie Hilfen zur Auswahl geeigneter Visualisierungstechniken sind hierbei wichtige Bestandteile. Die eingesetzte Software sollte über Möglichkeiten zur freien Festlegung von Berechnungsvorschriften und zum Einbringen eigener Berechnungsverfahren verfügen. Wichtig ist die Möglichkeit zur Berechnung abgeleiteter Größen, bzw. Bildelemente zur Visualisierungslaufzeit sowie die Bereitstellung von Werkzeugen zur Detektion von Zusammenhängen. Zusätzlich muss ein Daten- und Methodenaustausch mit anderen Softwaresystemen (Interoperabilität) weitgehend möglich sein.

d) GEOWISSENSCHAFTLICHE ANFORDERUNGEN

Beim Arbeiten mit GIS-Software muss eine Möglichkeit zur Verwaltung und Nutzung geodätischer Koordinaten gegeben sein. Kartographische Gestaltungsmöglichkeiten, eine Differenzierung zwischen Geo-Objekten und Objekten ohne festen Raumbezug, die Verknüpfbarkeit raumbezogener Elemente und eine Nutzung vorhandener Techniken zur Generalisierung bzw. Regionalisierung müssen in einer Geoinformationssystemsoftware vorhanden sein. Wichtig ist zudem eine Möglichkeit der Analyse und Präsentation dieser Daten.

2) verwendete GIS-Software

Die zur Integration, Aufbereitung, Modellierung, Visualisierung und Analyse der heterogenen, digitalen Daten des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ herangezogene GIS-Software war zu Beginn ArcView GIS 3.0 Beta 3 der Fa. ESRI unter dem Betriebssystem Windows NT 3.5. Die Verwendung dieses Systems war quasi vorgegeben, weil der Vorgänger ArcView GIS 2.x bereits einige Zeit zuvor bei der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald zu Testzwecken eingesetzt worden war und sich dabei etabliert hatte.

Eine Evaluierung in Frage kommender Systeme von Seiten der TU München hatte daher nicht stattgefunden. Stattdessen wurde 1995/96 von der Bayerischen Staatsforstverwaltung ein Projekt zur „Untersuchung der dezentralen Nutzung von FORST-GIS-Daten anhand der Waldkarte des Nationalparks Bayerischer Wald und der Hochlagenauswertung für den Bayerischen Wald“ durchgeführt. Die dabei erzielten Erkenntnisse legten in eindeutiger Weise die Verwendung der ArcView-Softwarefamilie für forstlich orientierte, desktop-basierte GIS-Lösungen nahe. Dieses Projekt und die dabei erzielten Ergebnisse waren mit entscheidend für den Beginn der Entwicklungen zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“.

Die GIS-Software des Referenz-GIS setzt sich derzeit aus dem GIS-Frontend ArcView 3.2a mit den Erweiterungen SpatialAnalyst 2.0 und 3DAnalyst 1.0 sowie einer an der TU München entwickelten Systemumgebung und Benutzeroberfläche zusammen. Das aktuelle Betriebssystem ist Windows NT 4. Darüber hinaus werden extern entwickelte ArcView-Erweiterungen verwendet. Dieses Softwarepaket ermöglicht in seiner Gesamtheit die hybride Kombination und Verarbeitung der Geometrie-Datentypen *Vektor*, *Raster*, *Grid* und *TIN* innerhalb einer einheitlichen Systemumgebung.

Zudem wird die unkomplizierte Einbindung von verschiedenartigen Sachinformationen sowie die Verknüpfung von Geometrie- und Sach-Daten unterstützt. Die Einbindung multimedialer Datentypen und deren georeferenzierte Verknüpfung mit vorhandenen GIS-Daten ist ein weiteres Feature dieses Paketes. Diese verschiedenartigen GIS-Daten lassen sich in spezifischen Datenstrukturen (Projekten) modellieren und organisieren. Die GIS-Software bietet in Verbindung mit den o.g. Zusatzkomponenten zahlreiche Werkzeuge und weiterführende Möglichkeiten zur Verarbeitung und Analyse vielschichtiger Informationen. Es handelt sich hierbei also um ein mächtiges, aber dennoch relativ einfach zu bedienendes Instrument zur Archivierung, Verwaltung, Visualisierung und Auswertung von raumbezogenen Daten.

Im Folgenden werden die aktuell verwendeten Softwarekomponenten des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ kurz vorgestellt.

a) KOMMERZIELLE GIS-PRODUKTE

ArcView GIS: ArcView GIS der Fa. ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) ist ein Desktop-GIS zur Nutzung geographischer Informationen in Verbindung mit relationalen und geographischen Datenbanken. Über verschiedene Werkzeuge lassen sich komplizierte Rückfragen erstellen oder umfangreiche Datenbestände visualisieren und analysieren. Es integriert heterogene Geo-Datenformate und Geo-Datentypen in verschiedenen Layern, wobei die Möglichkeit besteht, mehrere Karten oder Daten übereinander zulegen und maßstabsabhängig darzustellen. [45] ESRI (2001)

SpatialAnalyst: Der SpatialAnalyst ist eine Erweiterung für das Programmpaket ArcView und ermöglicht raster-basiert räumliche Analysen von div. Geo-Datentypen. Der SpatialAnalyst erweitert den auf Vektor-Daten basierenden Funktionsumfang von ArcView um den Bereich Raster- und Grid-Daten mit ausführlichen Verarbeitungs- und Analysemethoden. Durch direkt und frei programmierbare Import- und Exportmöglichkeiten können zahlreiche, gängige Formate eingelesen und anderen Programmen zur Verfügung gestellt werden. [45] ESRI (2001)

3DAnalyst: Der 3DAnalyst stellt eine Erweiterung des 2D-GIS ArcView um die 3. Dimension dar. Er bietet umfangreiche Möglichkeiten zur Visualisierung und Analyse von dreidimensionalen GIS-Daten, die sowohl auf Grids, TIN's und 3D-Shapes basieren können. In sog. 3D-Szenen lassen sich Daten mit 3D-Bezug gemeinsam darstellen und verwalten. [45] ESRI (2001)

b) ERGÄNZUNGEN UND EIGENENTWICKLUNGEN

Für das Referenz-GIS wurde eine spezielle Benutzeroberfläche entwickelt, die sich aus insgesamt drei Software-Bausteinen zusammensetzt. Auf den detaillierten Werdegang, Inhalt, Funktionsumfang und Entwicklungsstand dieser Methoden- und Interface-Entwicklung einzugehen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Daher wird im Folgenden nur grundsätzlich auf Inhalte und Techniken dieser Oberfläche eingegangen. Die hierzu verfügbare Online-Hilfe gibt über Details Aufschluß.

Standard-GUI: Die Standardoberfläche ist die von ESRI mitgelieferte graphische Benutzerschnittstelle (**Graphical User Interface**; GUI). Sie ist sehr umfangreich angelegt und dient als Basis für die **BenutzerOberfläche** (BOF) des Referenz-GIS. Ca. 90% der Standard-Funktionen wurden für die BOF des Referenz-GIS unverändert oder in nur leicht veränderter Form beibehalten. Die ArcView-Standardoberfläche stellt dem weniger versierten Anwender aber nur einen kleinen Teil der GIS-Funktionalitäten der Software zur Verfügung. Mit dieser GIS-Software können bei Bedarf zusätzliche, spezifische Funktionsgruppen als Erweiterungen eingesetzt werden. Daher besteht mit Hilfe der ArcView-eigenen, objekt-orientierten Entwicklungsumgebung „Avenue“ die Möglichkeit der Generierung eigener Methoden und GUI-Inhalte.

Tools: Zur Erschließung weiterer ArcView-GIS-Funktionalitäten besteht zum einen die Möglichkeit, sog. Tools mit in die BOF einzubeziehen. Diese Tools beinhalten im Fall des Referenz-GIS frei verfügbare, avenue-basierte Systemerweiterungen von Drittanbietern, die im Laufe der Jahre für den Betrieb des Referenz-GIS nützlich und notwendig geworden sind. Sie stehen als Ergänzungen der graphischen Benutzeroberfläche zur Verfügung und erweitern den Funktionsumfang sowie das Erscheinungsbild des Systems in wichtigen Bereichen. Die Verwendung dieser Tools im Einzelnen wird in *Kap. 4.10 der Anlage* vorgestellt.

Projekt-GUI: Innerhalb der verwendeten GIS-Software besteht die Möglichkeit, ganze Projektumgebungen einschließlich methodischer Erweiterungen von einem Projekt (Vorlage) in ein anderes Projekt (Ziel) zu übernehmen. Diese Funktionalität kann man sich auch bei der Entwicklung und Einbindung von eigenentwickelten Applikationskomponenten zu Nutze machen. Solche Komponenten sind im Fall des Referenz-GIS Anwendungsskripte und graphische Steuerelemente. Man nutzt für das Referenz-GIS eine eigene Projektentwicklung. Diese liefert die graphische Oberflächenerweiterung, welche die Standard-Oberfläche der verwendeten GIS-Software mit funktionalen Menüs, Schaltflächen, Werkzeugen und Kontextmenüeinträgen inklusive der zugrunde liegenden Anwendungsskripte vervollständigt.

Die interne (eigenentwickelte) Systemumgebung des Referenz-GIS besteht derzeit aus ca. 70 Skripten. Diese sind mit Hilfe der ArcView-spezifischen objekt-orientierten Entwicklungsumgebung „Avenue“ realisiert. Näheres zur Funktionen- und Oberflächenprogrammierung des Referenz-GIS ist der *Anlage unter Kap. 5.1.2.2* zu entnehmen.

c) *DATENUMSETZER*

Zur Umsetzung externer Datenformate, sind neben den in ArcView GIS integrierten Datenumsetzern auch Konvertierungsprogramme von fremden Herstellern zu nutzen.

Die Umsetzungen einzelner Datenbestände der Beteiligten Institutionen sind keine trivialen Vorgänge und von Fall zu Fall unterschiedlich und mit spezifischen Schwierigkeiten und Aufwendungen behaftet. Die technische Datenumsetzung ist lediglich einer der ersten Verfahrensschritte. Die Übernahme und Modellierung der übernommenen Daten in die vorhandene Systemumgebung stellt den größten Teil der Arbeiten bei einer Integration von Geo-Daten in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ dar. In *Kap. 3.2* sind diese Verfahrensweisen und Vorgänge hinreichend beleuchtet. Die verwendeten Umsetzer externer Entwicklungen stammen von der Fa. GISCON:

SICAD-READER: Konvertierung von SICAD-SQD-Daten in das ESRI-Shape-Format

Der SICAD-Reader erlaubt die Übernahme von SQD-Dateien in das ArcView-Shape-Format. Es werden Files erstellt, die nach Featureklassen (Punkte, Linien, Polygone) getrennt sind.

ATKIS/ALK-READER: Konvertierung von EDBS-Daten in das ESRI-Shape-Format

Der ALK/ATKIS-Reader wurde entwickelt, um EDBS-Dateien (**Einheitliche DatenBankSchnittstelle**) der amtlichen Vermessungsverwaltungen in das ArcView-Shapefile-Format zu konvertieren. Die Funktionalitäten der GIS-Software erlauben anschließend eine sinnvolle Visualisierung und Analyse der Ergebnisse und die weitere Bearbeitung der Datenbankeinträge, welche die Attributinformationen der EDBS-Datei aufnehmen (Objektart, Attributtyp, Attributwert u.a.). Die Eingabedateien mit ALK- bzw. ATKIS-Daten müssen den amtlichen EDBS-Formatbeschreibungen genügen.

Bislang konnten umfangreiche Datenbestände folgender Abgabedatenformate in den Datenbestand des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ erfolgreich übernommen werden:

<i>Abgabeformat</i>	<i>verwendeter Umsetzer</i>
AUTODESK-DXF	ArcView-intern
AUTODESK-DWG	ArcView-intern
ESRI-SHAPE	ArcView-intern
ESRI-Grid	ArcView-intern
ESRI-TIN	ArcView-intern
ESRI-COVERAGE	ArcView-intern
SICAD-SQD	SICAD-Reader
EDBS	ALK-ATKIS-Reader
TIFF	ArcView-intern
WINDOWS-BMP	ArcView-intern
JPEG	ArcView-intern
ERDAS-IMAGE	SpatialAnalyst-intern
SPOT-BIL	SpatialAnalyst-intern
ASCII	ArcView-intern

TABELLE 1: DATENFORMATE UND UMSETZER

2.3.3.3 DATENBANKMANAGEMENTSYSTEM

Die Modellierung und Realisierung aller Datenbanken des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ erfolgt mit Hilfe von Microsoft Access 2000. Access ist ein RDBMS für 32Bit-Windows-Betriebssysteme (98/ME/NT/2000/XP) und besitzt alle typischen RDBMS-Funktionen. D.h. tabellarische Datensätze können „relational“ miteinander verknüpft werden. Für komplexe Aufgaben nutzt Access die Standard-Programmiersprache **V**isual **B**asic for **A**plications (VBA). Die Abfrage der Datenbanken kann intern per SQL (**S**tructured **Q**uery **L**anguage) und extern über die standardisierte ODBC-Schnittstelle (**O**pen **D**ata**B**ase **C**onnectivity) von anderen Anwendungen aus erfolgen.

2.4 AKTUELLE ANWENDUNGSSZENARIEN

Die Fülle der bis dato durchgeführten Anwendungen rund um das Thema „Referenz-GIS Nationalpark Bayerischer Wald“ lässt sich in Rahmen dieser Arbeit nicht vollständig und ausführlich wiedergeben. Der Inhalt des vorliegenden Dokumentes behandelt lediglich eine Auswahl der wichtigsten Referenz-GIS-Anwendungen.

Nachfolgende Tabelle liefert eine Gesamtübersicht der nach Entwicklungsstand und der Eignung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ bislang durchgeführten Anwendungen. Die in der *Anlage (wissenschaftlich-technischen Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“)* bzw. hier explizit aufgeführten Beispiele sind schattiert gekennzeichnet:

Datenart Vorgang	2D	3D	Raster	Zeit	Klima	Multimedia	grenzüberschreitende Datenbestände	Qualität	Meta- Daten	Software	Datenbanken
Datentechnik											
Akquirierung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Erfassung	✓					✓		✓	✓		✓
Integration	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Modellierung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Aufbereitung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Visualisierung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Transformationen	✓		✓				✓	✓			
Visualisierung											
Internet	✓	✓	✓			✓			✓		✓
Animationen	✓		✓			✓					
Virtual Reality	✓	✓	✓			✓					
Analysetechnik											
Gridding	✓		✓		✓			✓			✓
Fach-Analysen	✓	✓	✓		✓			✓			✓
Simulationen	✓	✓									
Prognosen				✓							✓
sonstiges											
Konsistenzsicherung	✓	✓	✓						✓		✓
Fernerkundung			✓					✓		✓	
Schulung	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
GUI-Entwicklung									✓	✓	✓

TABELLE 2: BISLANG REALISIERTE ANWENDUNGEN DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

✓ : durchgeführt ✓ : durchgeführt und nachfolgend bzw. in der *Anlage* behandelt

Kapitel 3: ÜBERNAHME VERTEILTER, HETEROGENER DATEN IN DAS REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Nachdem der Anwendungshintergrund der geplanten Forschungsplattform, das Testgebiet selbst, die beteiligten Institutionen und das GIS-Systemkonzept abgehandelt sind, sollen in diesem Kapitel die Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sowie deren Integration und Haltung im Mittelpunkt stehen.

3.1 DIE DATENBESTÄNDE DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Die Vielfalt der Datenbestände der Forschungsplattform lässt sich hier in der gebotenen Kürze nicht umfassend darstellen. Eine Übersicht aller grundsätzlich relevanten Datenbestände und Informationssysteme ist daher dem *Anhang A* am Ende dieser Arbeit zu entnehmen. Dort werden diese Datenbestände vorgestellt und charakterisiert. Die Aufstellung verschafft zudem einen guten Eindruck über den Umfang der Problemstellung einer Handhabung verteilter, heterogener Daten in GIS.

Die Auswahl der letztendlich in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ aufzunehmenden Datenbestände war im Laufe der vergangenen 5 Jahre sukzessive nach Gesichtspunkten der Daten-Relevanz und -Verfügbarkeit erfolgt. Eine detaillierte Begründung jeder einzelnen Entscheidung würde hier zu weit führen. Die 8 beteiligten Institutionen stellen der TU München laufend verschiedenste analoge und digitale Datenbestände in heterogenen Formen und Formaten als Grundlagedaten für eine umfassende Integration in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ zur Verfügung. Die Datenmenge dieses Referenz-Datenbestandes ist bis dato auf mehr als 20 GByte angewachsen.

Untenstehende Tabelle liefert einen groben Überblick der wichtigsten verwendeten Datenquellen. Eine ausführliche Auflistung und Beschreibung aller verwendeten Einzeldaten ist dem *Anhang B* am Ende dieser Arbeit ebenso wie der Meta-Datenbank des Referenz-GIS zu entnehmen. Die Datenquellen lassen sich in vier verschiedene Datenquellentypen unterteilen. Hierbei werden Datenquellen unterschieden, die entweder (1) amtlicherseits von der Bayerischen Vermessungsverwaltung, von sonstigen staatlichen (2) Behörden, von (3) außerdeutschen Einrichtungen, Behörden und Verwaltungen oder von (4) privatwirtschaftlichen Geo-Daten-Anbietern stammen.

<i>1. Amtliche Geo-Basisdaten der BayVV</i>	<i>2. Behördliche Daten der NPV sowie des BayStMLF</i>	<i>3. Datenbestände zum tschechischen Nationalpark Šumava</i>	<i>4. Privatwirtschaftliche Datenbestände</i>
ATKIS DLM 25/1	Waldkarten 1:10 000	infrastrukturelle Datenbestände	multispektrale Fernerkundungsdaten
ATKIS 500 Bayern	Forstbetriebskarten 1:10 000	umweltrelevante Datenbestände	panchromatische Fernerkundungsdaten
DGM 25	Standortskarten 1: 10 000		Temperaturverteilungen
DOP 1:5 000	historische Schadflächenkartierungen		Schadensklassifizierungen
DFK	Totholzkartierungen		
Flurkarte 1:5 000	Geologische Karten 1:25 000		
AGLB	Waldinventuren		
ÜK 500	IR-Luftbilder		
TK 100	Klimadaten		
TK 50	Waldecke		
TK 25	Tourismus-Daten		
	sonstige Erhebungen		

TABELLE 3: ÜBERSICHT DER DATENBESTÄNDE DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

3.2 DATEN-ÜBERNAHME UND -INTEGRATION IN DAS REFERENZ-GIS

Werden Daten nicht im Format des verwendeten Systems angeboten, stellt der Aufwand für eine qualitativ hochwertige Konvertierung in das Zielformat ein wichtiges Beurteilungskriterium für die Eignung einer Datenquelle dar. Nicht immer können bei der Parametrisierung direkte Beziehungen zwischen den Datenelementen über einfache Umsetzungsregeln hergestellt werden. Eine Datenübernahme auf „Modellebene“ erfordert im Gegensatz zur reinen Geometrie- oder Sach-Datenkonvertierung komplexe Algorithmen. [14] BEHR (1998)

Im vorliegenden Fall kann ein Datenaustausch auf Modellebene nicht in Betracht gezogen werden, da mehrere Datenmodelle aus völlig unterschiedlichen Informationssystemen berücksichtigt und in ein eigenes Modell überführt werden müssen.

3.2.1 SCHWIERIGKEITEN UND DEFIZITE DES GEO-DATENMARKTES

Bisher sind für die verschiedensten Anwendungsgebiete Geoinformationen (d.h. Geometrie- und Sach-Daten) maßstabs- und anwendungsbezogen erfasst worden. Die bei der Datenerfassung zugrunde gelegten Datenmodelle sind sowohl bei privaten als auch bei behördlichen Stellen stark anwendungsbezogen und lassen sich nicht ineinander überführen. Innerhalb der Datenbestände sind beispielsweise die Objekt-Differenzierung und -Definition, die Aktualität, Vollständigkeit und der Raumbezug in hohem Maße unterschiedlich und in Bezug auf die Datenmodelle inkompatibel. Ebenso ist die Datenqualität aufgrund unterschiedlicher Erfassungsmethoden und Datenquellen uneinheitlich. Die zur Datenerfassung und -Präsentation eingesetzten Systeme reichen von einfachen CAD-Erfassungssystemen bis hin zu komplexen Geoinformationssystemen mit integrierter oder externer Datenbank für die Erfassung und Fortführung von Geo-Daten. Hieraus resultieren schwer überschaubare Systemlandschaften, die zu uneinheitlichen Datenformen und -Formaten führen.

Die Nutzung der Daten an verschiedenen Stellen erfordert demzufolge eine Vielzahl von Konvertern, die am Markt nur eingeschränkt verfügbar sind. Dies erschwert die Nutzung vorhandener Geo-Basisdaten für externe Datennutzer erheblich und birgt die Gefahr einer Mehrfacherfassung von Daten. Die Normungsaktivitäten werden sich auch auf lange Sicht hin nicht mit neuen fachübergreifenden Ansätzen befassen, sondern sich auf eine eingeschränkte Migration vorhandener Datenmodelle zu einfachen Datenformaten, Erfassungskriterien und Funktionen beschränken.

Die entscheidenden Defizite des Geo-Datenmarktes lassen sich nach [120] SCHILCHER ET AL. (1999) und [14] BEHR (1998) in folgende Bereiche klassifizieren:

- kein Überblick über relevante Datenanbieter und Datenbestände für die Nutzer (mangelnde Transparenz)
- Daten unterschiedlichen Inhalts werden, basierend auf unterschiedlichen Grundlagen in verschiedenen Formaten angeboten (nicht standardisierte Datenaustauschformate)
- Für die Dokumentation der Datenqualität, der Dateninhalte und -Herkunft fehlen klare, einheitliche und standardisierte Beschreibungsweisen (fehlende Qualitäts- und Meta-Datenstandards)
- die anwendungsübergreifende Nutzung von Datenbeständen ist schwierig
- mangelnde Synergie zwischen öffentlichen und privatwirtschaftlichen Organisationen
- noch zu geringe Nutzung moderner IuK-Techniken (z.B. Internet)
- fehlende Konzepte zur Datensicherheit beim Datenzugriff und der Datenabgabe
- fehlende Kooperationsbereitschaft bei den GIS-Herstellern und Datenanbietern

Darüber hinaus fehlen, wie das *Kapitel 4* dieser Arbeit aufzeigen wird, klare, einheitliche und standardisierte Beschreibungsweisen für die Dokumentation von Meta-Informationen, wie beispielsweise der Daten-Qualität, der Daten-Inhalte und der Daten-Herkunft.

Neben qualitätsbestimmenden Faktoren sind noch eine Reihe technischer und rechtlicher Aspekte bei der Datenauswahl zu beachten. Weitere Angaben zu aktuellen Defiziten im Geo-Datenmarkt finden sich im Bericht zur Verbesserung der Koordination auf dem Gebiet des Geoinformationwesens in Deutschland [20] BMI (1998) sowie in [118] SCHILCHER ET AL. (1999) und der Studie [117] SCHILCHER ET AL. (1999).

3.2.2 PROBLEMATIKEN DER INTEGRATION HETEROGENER DATENBESTÄNDE

Aus der Sicht der Geoinformatik ist die Modellierung die erste von vier Phasen im Lebenszyklus eines GIS. Nach der Modellierung folgt die Implementierung, dann die Testphase und schließlich der Betrieb des GIS.

Im Falle einer Integration bereits vorhandener, verteilter, heterogener Datenbestände in ein Geoinformationssystem kann in aller Regel nicht davon ausgegangen werden, dass der „klassische Weg zum GIS“ eingehalten werden kann.

Vielmehr muss in der Praxis meist von einer weitgehend vorhandenen physikalischen (oft auch logischen) Struktur ausgegangen werden. Einen weiteren Zwangspunkt stellt die abzubildende „Reale Welt“ dar. Die Anforderungsanalyse richtet sich prinzipiell nach den geplanten GIS-Anwendungen, muss sich aber den Gegebenheiten der vorhandenen Geo-Daten anpassen.

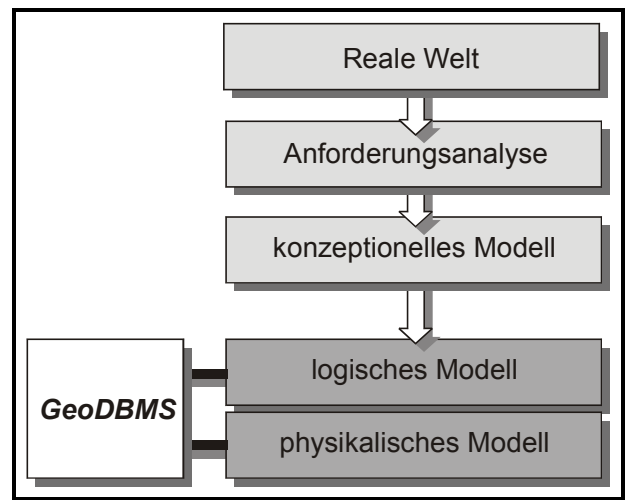


ABBILDUNG 9: DER KLASSISCHE WEG ZUM GIS (THEORIE)

Im Gegensatz zur theoretischen Sichtweise wird die Modellierung in der Praxis daher vor allem durch die Systemauswahl eines Herstellers aber auch durch die Verfügbarkeit von Geo-Daten und deren Struktur bestimmt. Durch diese Festlegungen ist der Anwender in der Modellierung und Strukturierung seiner Daten zumindest an die ihm zur Verfügung gestellten, systemabhängigen Funktionen und Methoden sowie an die zugrunde gelegte Datenbank gebunden. Das logische Modell wird in der Praxis vom Herstellersystem beeinflusst und damit auch das konzeptionelle Modell. Im Gegensatz zur theoretischen Modellierung ist die Phase des konzeptionellen Modellierens ebenfalls systemabhängig.

Obige Grafik muss hier wie folgt modifiziert werden:

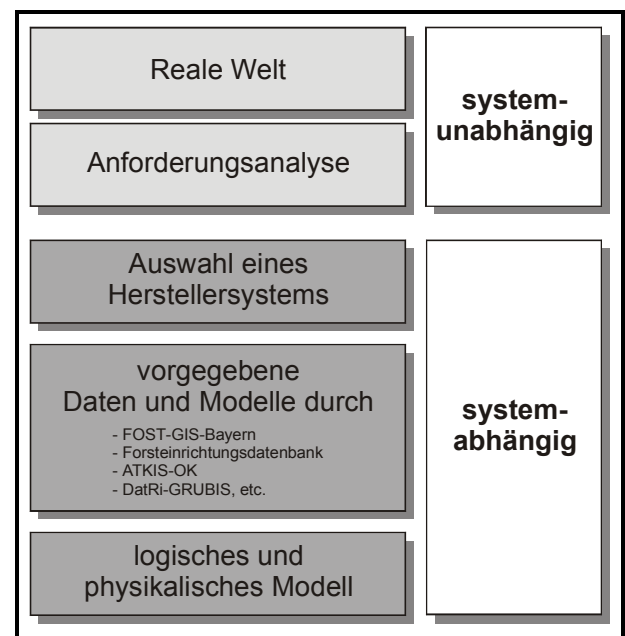


ABBILDUNG 10: DER WEG ZUM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

3.2.3 INTEGRATIONSKONZEPTE UND VERFAHRENSABLAUF

Für die Übernahme digitaler GIS-Datenbestände in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind u.a. folgende Integrationsschritte zu berücksichtigen (entnommen aus [14] BEHR (1998), angelehnt an Kap. 6).

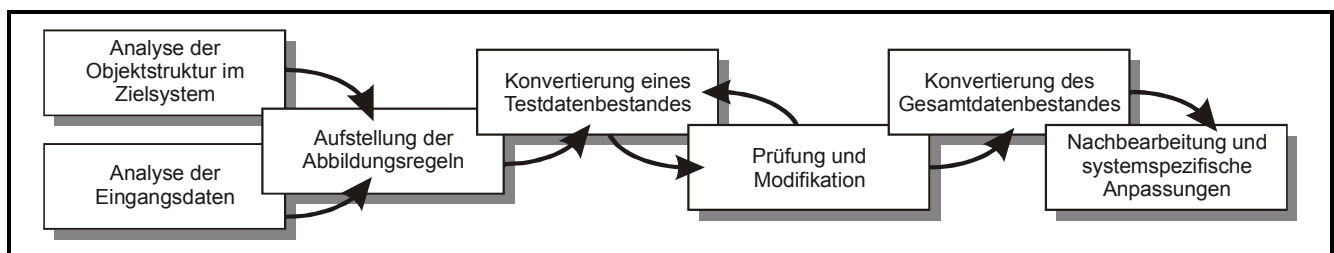


ABBILDUNG 11: SCHEMATISCHER ABLAUF EINER GIS-DATENKONVERTIERUNG

- **Bsp.: Zusammenfassung von Elementen:** Im Ausgangssystem „DFK-Bayern“ werden Flurstücke nur durch eine Folge von Linienelementen (sog. Spaghetti-Daten) geführt. Im Zielsystem hingegen sollen die Flächen der Flurstücke topologisch korrekt unter Zuordnung der Flurstücksnummer erscheinen. Es ist daher notwendig, logisch zusammengehörige aber topologisch nicht verknüpfte Linienelemente zu Umringspolygonen einzelner Flurstücke zusammenzufassen und daraus die zugehörigen Flächen abzuleiten.
- **Bsp.: Spezialisierung von Objekten:** Im Zielsystem wird nicht zwischen verschiedenen Punktarten (Inventurpunkte, Grenzpunkte, Reliefpunkte, etc.) unterschieden. Es muss somit eine anwendungsbezogene Spezialisierung aus Lage- oder Themenzusammenhängen abgeleitet werden, damit die Punkte themenbezogen und auch attributiv verschiedenen Objektklassen zugewiesen werden konnten.
- **Bsp.: Transformation zwischen verschiedenen Bezugssystemen:** Haben Quell- und Zielsystem unterschiedliche räumliche Bezüge (verschiedene Kartenprojektionen, verschiedene Bezugsflächen, etc.), müssen mathematisch anspruchsvolle Transformationsalgorithmen eingesetzt werden, um für alle zu integrierenden Daten einen einheitlichen Raumbezug zu schaffen. Die Konvertierung der Datenbestände zum Nationalpark Šumava in das Bayerische Landeskoordinatensystem stellt hier eine komplexe Aufgabe der Landesvermessung dar.
- **Bsp.: Umrechnung von Positionierungsangaben:** Zwischen Ausgangs- und Zielsystem bestehen Unterschiede in der Art und Weise, wie Texte und Symbole referenziert werden. Die Platzierung von Texten kann beispielsweise über Linienelemente erfolgen, die lediglich die Position von Textelementen festlegen. Daneben ist es sinnvoll, im Quellsystem verwendete Symbolpaletten für das Zielsystem neu zu erstellen und dabei die vorgegebenen Platzierungseigenschaften über eindeutige Passpunkte mit zu berücksichtigen, um Fehlplatzierungen bzw. falsche Symbolisierungen von vornherein zu vermeiden.
- **Bsp.: Informationsergänzung:** Im Ausgangsdatenbestand sind spezifische Informationen vorgesehen, die das Zielsystem benötigt aber bei der Umsetzung nicht berücksichtigt werden. Beispiele hierfür sind Angaben über Schriftart und Schriftgröße für Betextungen (ATKIS, DFK, Waldkarte, etc.). Für eine korrekte Darstellung müssen diese Attribute dem erzeugten Datenbestand anderweitig beigelegt werden. Als weiteres Beispiel sind künstliche Schlüsselattribute (Surrogatschlüssel, ID's) für die systemabhängige Verknüpfung von Geometrie und Sach-Daten im Zielsystem zu nennen.

3.2.4 SKIZZE DER DATENINTEGRATION

Die Integration anwendungsbezogener Modelle, Daten, komplexer Methoden und Modellkomponenten ist wegen der herstellerabhängigen Geoinformationssysteme und der unterschiedlich eingesetzten Datenbanken nicht standardisiert. Hat man es, wie im vorliegenden Fall, mit einer äußerst heterogenen Datenlandschaft zu tun und strebt man eine zentralisierte GIS-Lösung an, müssen aus unterschiedlichsten Quellen Daten verfügbar gemacht, zusammengeführt und integriert werden. Die Übernahme und Integration der verteilten, heterogenen Geo-Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ kann hier nur skizziert werden. Das *Kap. 3 der Anlage* liefert darüber hinaus detaillierte Informationen zu einzelnen Übernahmemechanismen und Integrationsmethoden. Die Qualität der Datenintegration ist davon abhängig, inwieweit sich bei der Umsetzung von Daten eines Fremdsystems Einschränkungen ergeben. Diese Einschränkungen müssen minimiert oder besser noch vermieden werden, um Datenverluste zu verhindern. Die Übernahme, Integration und Modellierung der Daten des Referenz-GIS lässt sich anhand des folgenden, schematischen Ablaufs darstellen:

1) Quellenrecherchen

Als erster Schritt beim Aufbau des GIS-Referenzsystems ist eine umfassende Grundlagen- und Quellenrecherche bei den beteiligten Institutionen notwendig. Diese langwierigen Recherchen müssen laufend fortgesetzt werden, um vorhandene Datenquellen aktuell halten und ggf. neue Quellen erschließen zu können.

2) Geometrie-Daten-Akquirierung und -Umsetzung aus Fremdsystemen

Zur Integration extern erfasster Daten muss das Anbietersystem Datenschnittstellen bereitstellen oder es müssen externe Datenkonvertierungsprogramme vorliegen bzw. entwickelt werden. Hier sind Schnittstellen sowohl für Geometrie- als auch für Sachdaten notwendig. Da das Geo-Datenmanagement der in *Kap. 2.1* als Datenlieferanten aufgeführten Institutionen auf gängigen Geoinformationssystemen aufbaut, ist die Datenkonvertierung größtenteils mit bereits verfügbaren, bidirektionalen Umsetzern unter Hinnahme gewisser Einschränkungen möglich. Es sind u.a. SICAD/BS2000 bzw. SICAD/open (SQD)-, ArcInfo (Coverage)-, amtliche EDBS- und AutoCAD (DXF)-Datentypen nach genau definierten, objekt-bezogene Modellvorgaben in ArcView-Shape-Files zu überführen (vgl. *Kap. 2.3.3*).

3) formatkonforme Geometrie-Daten-Übernahme

Bei einigen der beteiligten Institutionen wird ebenfalls ArcView verwendet, so dass in vielen Fällen eine direkte Übernahme von ArcView-Shape-Files möglich ist. Zwar entfällt hierbei eine komplizierte Daten-Umsetzung; eine objekt-bezogene Umstrukturierung nach den bereits erwähnten Modellvorgaben muss aber dennoch vorgenommen werden.

4) Sach-Daten-Implementierung

Die Akquirierung und Implementierung umfangreicher Sach-Datenbestände der beteiligten Institutionen ist ein stetiger Prozess und muss wie die o.g. Recherche fortlaufend betrieben werden. Im Vorfeld der Sach-Daten-Implementierung ist auf die Modellierbarkeit der in Frage kommenden Daten zu achten. Der Großteil der α -Daten stammt aus der Forsteinrichtungsdatenbank (IBM/DB2) des BayStMLF, so dass es notwendig ist, bestimmte für den Nationalpark und sein Erweiterungsgebiet relevante Datensätze zu extrahieren und aufzubereiten (oft mehr als 100 000 Datensätze in einzelnen Tabellenauszügen). Erst dann ist daran zu denken, die Daten beispielsweise via ODBC (**O**pen **D**ata**B**ase **C**onectivity) verfügbar zu machen. Zur Integration von Methoden und Modellkomponenten sind Compiler höherer Programmiersprachen (C, C++) bereitzustellen. Eine Übernahme alphanumerischer Datenbestände oder -Auszüge von einem relationalen Datenbankmanagementsystem in ein anderes stellt derzeit kein großes Problem mehr dar. Dagegen gestaltet sich die effiziente Modellierung von Sach-Daten mit komplexen und oftmals heterogenen Inhalten mehrerer Fachrichtungen und -Sparten als konzeptionell schwierig und extrem aufwändig (vgl. Kap. 8 der Anlage).

5) Implementierung weiterer, spezieller Datenarten und Datentypen

Zur Akquirierung und Implementierung weiterer Datenbestände in Form von DGM, Multi-Media oder ähnlichen Datenarten bzw. Datentypen müssen verschiedene, den hierfür notwendigen Datenformaten angepasste Methoden herangezogen werden. Diese werden entweder von entsprechenden Spezial-Modulen der verwendeten GIS-Software bereitgestellt oder müssen gesondert entwickelt werden (vgl. Kap. 2.3.3).

6) DGM-Generierung und Ableitung von DGM-Folgeprodukten

Wie bei zahlreichen anderen Geoinformationssystemen besteht auch für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ die Notwendigkeit, Höhenlinien, Schummerungen und zahlreiche andere DGM-Folgeprodukte zur Visualisierung der Geländeoberfläche sowie für weiterführende Analysen und Verschneidungen zu erzeugen und zu hinterlegen. Dies geschieht auf Grundlage des amtlichen DGM 25 mit Hilfe von Programmsystemen zur Generierung und Verwaltung digitaler Geländemodelle. Zur Steigerung der topographischen Genauigkeit der Interpolationsergebnisse ist es unerlässlich, Bruchkanten- und Formlinieninformationen in die Berechnungen mit einfließen zu lassen (vgl. Kap. 6.3).

7) Hinterlegung von Rasterinformationen und Orthophotos

Zur Hinterlegung der Vektor-Datenbestände mit passiven Rasterinformationen können amtliche Orthophotos, andere Fernerkundungsdaten oder auch gescannte Karten herangezogen werden. Sinnvollerweise werden u.a. die vom Landesvermessungsamt bayernweit angebotenen S/W-Orthophotos 1:5 000 als Rasterhintergrund verwendet. Der erste das Gebiet des Nationalparks betreffende Bildflug hatte bereits 1995 stattgefunden. Für das Jahr 2000 liegt eine neue Befliegung vor. Die physikalische Bodenauflösung wird mit 40 cm pro Bildpunkt angegeben. Um die ca. 24 000 ha des Nationalparkgebietes abdecken zu können, sind pro Epoche 82 dieser entzerrten Luftbilder mit einem Gesamtdatenvolumen von mehr als 6 GByte notwendig. Die Raster-Daten werden in dem gängigen Tag Image File Format (TIFF) geliefert und müssen mittels Affintransformation georeferenziert und in die verwendete GIS-Software eingebunden werden (vgl. Kap. 4.6.1.2 der Anlage).

8) Aufbereitung, Bereinigung und Modellierung

Der letzte und aufwändigste Abschnitt der Arbeiten befasst sich mit der Aufbereitung, Bereinigung und Modellierung der integrierten Daten. Hierbei besteht das zentrale Problem darin, dass fast ausschließlich Daten verwendet werden, die in und für verschiedene(n) Informationssysteme(n) erfasst und modelliert worden sind. Folgende Problematiken machen sich besonders deutlich bemerkbar:

- a) Die Datenmenge des Referenz-GIS von bislang mehr als 20 GByte, die extreme Heterogenität der Datenbestände und vor allem die unterschiedliche Erfassungsmaßstäbe stellten bei der kartographischen Gestaltung des Datenbestandes hohe Anforderungen an die Funktionalitäten der verwendeten GIS-Software.
- b) Als zweiter Punkt sind hier die verschiedenen Ansprüche der beteiligten Stellen an die Qualität ihrer Daten, also deren Genauigkeit, logischen Konsistenz, Vollständigkeit und Aktualität, zu nennen.
- c) Das gravierenste Problem ergibt sich aber daraus, dass jede der beteiligten Institutionen ihre Datenbestände unterschiedlich, ihren Ansprüchen entsprechend strukturiert und modelliert hat. Die auf den Vertrieb von Daten ausgerichtete Bayerische Vermessungsverwaltung sieht sich beispielsweise gezwungen die Datenbestände ihrer vielschichtigen Informationssysteme in heterogenen Formaten und unterschiedlich komplexen Modellierungsstufen abzugeben. Das FORST-GIS-Bayern hat ein genau definiertes Datenmodell, wodurch eine Datenübernahme gut kalkulierbar ist. Dagegen stellen die GIS-Datenbestände der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft eine relativ unstrukturierte Datensammlung mit lediglich projektbezogenen Modellierungsansätzen dar, was die Möglichkeit einer Mehrfachnutzung merklich einschränkt. Stattdessen gibt die Nationalparkverwaltung seit 2000 Datenbestände nur noch modellkonform zum Referenz-GIS ab.

9) systeminterne Konsistenzsicherung

Die Integritätsbedingungen in einem GIS gewährleisten unterschiedliche Prüfroutinen, deren Vielfältigkeit von der Mächtigkeit der eingesetzten Sprache (z.B. SQL) abhängt. Die globalen Prüfroutinen prüfen topologische, geometrische, strukturelle und thematische Inkonsistenzen. Weitere Prüfroutinen werden automatisch beim Daten-Eintrag und beim Abschluss einer Transaktion angestoßen. Näheres hierzu ist in *Kap. 5.8.3* nachzulesen.

3.3 STATISTISCHE ANGABEN

Nach Abschluss aller Erst-Integrationsarbeiten sowie zahlreicher Daten-Aktualisierungen kann eine statistische Übersicht der Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ mit dem Stand der Datenbestände vom Januar 2002 gegeben werden:

<i>Menge/Anzahl</i>	<i>Erhebung</i>	<i>Menge/Anzahl</i>	<i>Erhebung</i>
> 20 GB	gesamte Datenmenge	4	TIN-Datensätze
85	Datenquellen	39	Multimedia-Datensätze
5	Themenbereiche	22	Text-Dokumente
17	Objektbereiche	4	relationale Datenbanken
14	bezogene Datenformate	85	Datenbank-Tabellen
11	verwendete Datenformate	570 699	α-Datensätze
150	Datenverzeichnisse	15	thematische 2D-Views
11	Symbolbibliotheken	3	thematische 3D-Szenen
376	Einzel symbole	9	indirekte Attributtabellen
246	thematische Legenden	1	Meta-Datenbank (34 Tabellen, 5 100 Datensätze)
500	GIS-Themen	1	forstliche Sach-Datenbank (21 Tabellen, 394 319 Datensätze)
819	Geo-Datensätze	1	Liegenschafts-Datenbank (10 Tabellen, 1 260 Datensätze)
584	Vektor-Datensätze	1	Klima-Datenbank (20 Tabellen, 170 020 Datensätze)
213	Raster-Datensätze	5964	Einzeldateien
18	Grid-Datensätze	ca. 10	„Mann-Jahre“ investierte Netto-Arbeitszeit seit Oktober 1996

TABELLE 4: STATISTISCHE ANGABEN ZU DEN DATENBESTÄNDEN DER FORSCHUNGSPLATTFORM

3.4 RESÜMEE DES GEWÄHLTEN SYSTEMKONZEPTE

Eine Erweiterung des Referenz-GIS um grundlegende Datenbestände ist nicht mehr vorgesehen, weil das System bereits alle für Forschung und Lehre, sowie für die Nationalparkverwaltung relevanten Basisdatenbestände in einer räumlich und inhaltlich vollständigen Form liefern kann. Dagegen wird eine Fortschreibung und Aktualisierung dieser Basisdaten im Rahmen vertretbarer Zyklen laufend betrieben. Ebenso werden bedarfsorientiert forschungsrelevante Dateninhalte hinzugefügt. Auf eine diesbezügliche Flexibilität des Referenz-GIS wurde während seiner Konzeptionsphase hinreichend Rücksicht genommen.

Das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wird in seiner derzeitigen Form bereits seit längerem erfolgreich in der GIS-Lehre an der TU München eingesetzt. Auch während seiner einzelnen Entwicklungsphasen konnten Teile des Systems in die Lehre eingebracht werden. Es ist ein weiterer, laufend verbesserter Einsatz des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ in der GIS-Lehre an der TU München abzusehen. Darüber hinaus liegen diverse Kooperationsangebote zur Nutzung des Referenz-GIS an anderen Bildungseinrichtungen vor.

Seit 1998 wird das Referenz-GIS bei der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald im produktiven Betrieb erfolgreich eingesetzt. Die Nationalparkverwaltung nutzt das System im Rahmen der gültigen Nationalparkverordnung (vgl. Kap. 6.2.3.1) für vielseitige Dokumentations- und Forschungszwecke. Entsprechende Kooperationsvereinbarungen liegen vor.

Die Forschungsplattform Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ liefert derzeit im Einzelnen:

- die Grundlage, alle Formen geographisch referenzierter Informationen zum Nationalpark Bayerischer Wald aus heterogenen Datenbeständen effizient zu integrieren, zu verwalten, zu aktualisieren, zu manipulieren, zu analysieren, zu prognostizieren und zu präsentieren.
- eine für die Region des Nationalparks Bayerischer Wald weitestgehend vollständige, dokumentierte, aktuelle und aktualisierbare, strukturierte Geo-Datensammlung basierend auf gängiger GIS-Software und gängigen Datenformaten.
- die Integration und Dokumentation unterschiedlicher Datentypen und -Formate aus verschiedenen Datenmodellen und Raumbezügen sowie uneinheitlicher Erfassungsmethoden und Erfassungsmaßstäbe.
- eine vollständige Sammlung thematisch strukturierter 2D- und 3D-Benutzersichten auf alle Datenbestände des Gesamtsystems.
- eine zentralisierte, offene und überschaubare Geometrie- und Sach-Datenstruktur in Abstimmung mit der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und dem FORST-GIS-Bayern.
- eine an die Bedürfnisse der Referenz-GIS-Nutzer angepasste, graphische Benutzeroberfläche.
- die Software, Tools und Methoden, um das Gesamtsystem im client-server-basierten Mehrbenutzerbetrieb auf verschiedenen Plattformen zu installieren und zu nutzen.
- eine Sammlung von multimedialen Präsentationsmitteln zur System-Einführung und -Dokumentation.
- ein relationales Sachdatenmodell in Anlehnung an die Strukturen der Bayerischen Forsteinrichtungsdatenbank zur dezentralen Nutzung aller Inventur- und Forsteinrichtungsinhalte zum Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald.
- ein relationales Sachdatenmodell in Anlehnung an die Strukturen des Automatisierten Liegenschaftsbuches (ALB) des bayerischen Katasterwesens zur dezentralen Nutzung der Liegenschaftsinformationen zum Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald.
- ein relationales Sachdatenmodell zur Erfassung, Fortführung und Auswertung der langjährigen Beobachtungsergebnisse von insgesamt 14 Klimastationen im unmittelbaren Einzugsbereich des heutigen Nationalparks Bayerischer Wald.
- ein umfassendes und universell einsetzbares, standardorientiertes, datenbank-basiertes Meta-Datenkonzept zur System-, Modell- und Daten-Dokumentation sowie zur Daten-Exploration in Verbindung mit vorgefertigten Abfragemethoden und Anwenderschnittstellen.
- eine vollständige Farb-, Signatur-, und Symbol-Bibliothek für alle thematisch-kartographischen Bedürfnisse aktueller und potentieller Anwender des Systems als Meta-Informationen.
- ein systemweites Konsistenzsicherungssystem zur laufenden Gewährleistung einer lückenlosen Datendokumentation über das Meta-Informationssystem des Referenz-GIS in Verbindung mit weit reichenden Interaktions- und Automatisierungs-Mechanismen.

3.5 THEORIE ZENTRALER UND DEZENTRALER HALTUNGSKONZEPTE FÜR HETEROGENE GEO-DATEN

Das Potential einer Nutzung heterogener Geo-Daten in GIS ist unbestritten, ebenso die damit verbundenen Problematiken. Es steht vor allem die Kontroverse zwischen der Vermeidung von Mehrfacherfassungen und der Vermeidung von Übernahme-, Aktualisierungs- und Integrationsproblemen im Vordergrund. Daher werden hier die Vor- und Nachteile der Integration bzw. der Online-Nutzung verteilter, heterogener Daten diskutiert.

3.5.1 ANFORDERUNGEN AN EIN GIS-DATENHALTUNGSKONZEPT

Die grundlegenden, allgemeinen Anforderungen an ein GIS-Datenhaltungskonzept sind Diskussionsgrundlage und Bewertungskriterien für die folgenden Kapitel. Hier eine Zusammenstellung der 12 wichtigsten Punkte:

1. **hohe Leistungsfähigkeit**
Eine hohe Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems ist die Grundvoraussetzung für ein effizientes Arbeiten mit Informationssystemen. Hierbei ist der Vermeidung von Engpässen in der Systemkonfiguration besonderes Augenmerk zu schenken.
2. **hohe Verfügbarkeit**
Um Ausfallzeiten zu minimieren sollen gezielte Redundanzen der Systemkomponenten eingeführt werden. Datenverbindungen müssen persistent vorhanden sein.
3. **hohe Datensicherheit und Gewährleistung des Datenschutzes**
Die physische Sicherheit der Datenhaltung sowie der Schutz der Daten vor unbefugten Zugriffen muss gewahrt sein. Hierzu sollten umfassende Konsistenzsicherungs- und Datenschutzmechanismen gegen logische Widersprüchlichkeiten und Datenmissbrauch zur Verfügung stehen.
4. **Wahrung qualitativer Grundanforderungen**
Hierbei sind im Besonderen die Qualitätsparameter *Herkunft*, *Aktualität*, *Vollständigkeit* und *logische Konsistenz* aus Kap. 6.8.1.3 zu nennen.
5. **modulares Wachstum und hohe Flexibilität (Skalierbarkeit)**
Eine zunehmende System-Last soll grundsätzlich durch Hinzufügen von Hardware bewältigt werden können. Das Gesamtsystem an sich sollte zudem für eine Vielzahl an Anwendungen flexibel ausgelegt sein.
6. **hohe Informationstransparenz (Ressourcen-Transparenz)**
Die gespeicherten Informationen müssen für den Anwender jederzeit transparent sein (Stichworte: „Meta-Daten“ und „Datamining“).
7. **Interoperabilität**
Grundsätzlich ist die Notwendigkeit der Interoperabilität der vorgehaltenen Datenbestände sowohl untereinander als auch mit externen (heterogenen) Datenbeständen ein wichtiges Ziel. Analoges gilt für die Integration der Datenbestände mit bestehenden Anwendungen.
8. **hohe Verteilungstransparenz**
Die Verteilungstransparenz besteht aus der Gewährleistung einer Ortstransparenz und ggf. auch einer Replikationstransparenz. Sie ist i.d.R. sehr teuer und steht deshalb oft zur Disposition.
9. **integrierter Zugriff auf heterogene Datenbanken in Verbindung mit einer hohen Benutzerfreundlichkeit**
Im Idealfall sollen verschiedene Datenbanken synchron in *einer* Transaktion, mit *einer* Anfragesprache innerhalb intuitiv zu erfassender Benutzersichten genutzt werden können (Stichworte: „Multi-Datenbank-Anfragesprache“, „Ergonomie“, „minimierte Komplexität“, „Geo-Portal“).
10. **einfache Systemadministration und hohe Wartungsfreundlichkeit**
Hier ist ein zentralisiertes Verwaltungskonzept evtl. in Verbindung mit einer Fernwartungsmöglichkeiten ideal (Stichwort: „Single-System Image“)

11. **hohe Kosteneffektivität und Wirtschaftlichkeit**

Die Datenhaltung sollte so kostensparend wie möglich und dabei so effizient wie nötig sein. Dabei sind minimierte Wartungs- und Installationskosten anzustreben. Im Falle einer online Kostenabrechnung für die Nutzung der verfügbaren Informationen wären wertneutrale Modelle, wie beispielsweise eine Abrechnung pro Recheneinheit (MIPS) beim Einsatz von Mikroprozessoren sinnvoll.

12. **Option einer geographische Verteilung**

Oft wird eine Unterstützung dezentraler Organisationen sowie die Möglichkeit des mobilen Rechnens via WAN gefordert (Stichwort: „standortunabhängiger Zugriff“).

3.5.2 ASPEKTE VERTEILTER GEO-DATENBANKEN UND DEREN NUTZUNG IN GIS

Nach [116] SCHILCHER ET AL. (2000) werden an vielen Stellen in Verwaltung und Privatwirtschaft wertvolle Geoinformationen erfasst und mit zum Teil unterschiedlicher Zielsetzung fortgeführt und gepflegt. Mit Ausnahme der Geo-Basisdaten werden diese Daten jedoch kaum von Dritten genutzt. Häufig werden Geo-Daten sogar neu erfasst, obwohl nutzbare Daten vorhanden sind. Diese Situation lässt sich auf drei Haupthindernisse für einen funktionierenden Geo-Datenmarkt zurückführen:

1. Dem potenziellen Datennutzer fehlt die Übersicht über das Datenangebot.
2. Möchte der Datennutzer auf Geo-Daten unterschiedlicher Quellen zugreifen und diese für seine spezielle Anwendung kombinieren, so stößt er wegen der Heterogenität der Daten auf erhebliche Schwierigkeiten.
3. Hat der Nutzer einmal Daten von einem bestimmten Datenproduzenten bezogen, bleibt meist ein großer Aufwand, die Daten aktuell zu halten.

Diese Feststellung legt die Erschließung und Nutzung solcher verteilter Datenbestände für eine Vielzahl an existierenden und denkbaren GIS-Anwendungen unmissverständlich nahe.

Spricht man im Zusammenhang mit Informationssystemen (IS) von einer verteilter Datenhaltung, meint man i.d.R. verteilte **DatenBankSysteme (DBS)**, über welche die dezentrale Datenhaltung der jeweils betreibenden Stelle realisiert ist. Beispielsweise nutzen verteilte Geo-Datenserver eines verteilten Geoinformationssystems oft ausschließlich **DatenBankManagementSysteme (DBMS)** als Datenhaltungs-Komponente und eine sog. Geo-Portal-Lösung als Datenvermittlungs-Komponente.

Nach [93] MEYER-WEGENER (2001) gilt:

verteilte Datenbank = Sammlung (Menge) von mehreren logisch zusammenhängenden Datenbanken, die in einem Rechnernetz verteilt sind

DEFINITION 1: VERTEILTE DATENBANK

verteiltes DBMS = Software-System, das die verteilte DB verwaltet und die Verteilung vor den Benutzern verbirgt

DEFINITION 2: VERTEILTES DATENBANKMANAGEMENTSYSTEM

Die Datenhaltung erfolgt hier geographisch verteilt (dezentral), wobei ein gemeinsames Schema unter Gewährleistung einer sog. Ortstransparenz vorliegen muss. Verteilt werden grundsätzlich die Verarbeitungslogik, die Funktionen und die Daten sowie die Steuerung dieser Komponenten. Eine verteilte Datenhaltung innerhalb eines Informationssystems ist ungleich komplexer als ein zentralisierter Modellansatz.

Nach [28] DATE (1990) existieren zwölf „Regeln“, welche die theoretischen Bedingungen dafür festlegen, dass ein DBS als ein „verteiltes DBS“ bezeichnet werden kann:

0. Verteilungstransparenz (über allem)	
1. lokale Autonomie an jedem Knoten maximale Kontrolle über eigene Daten; insbesondere Zugriff darauf unabhängig von anderen Knoten	7. verteilte Anfrageausführung bei DB-Operationen, die Daten mehrerer Knoten betreffen, geeignete Techniken zur effizienten Ausführung einsetzen (Optimierung)
2. keine Abhängigkeit von zentralen Systemfunktionen kein besonderer Knoten, der in jeder DB-Funktion gebraucht wird	8. verteilte Transaktionsverwaltung Transaktionskonzept auch bei Verteilung erhalten; entsprechende Recovery- und Synchronisationstechniken bereitstellen
3. hohe Verfügbarkeit Fehlerbehebung (Knotenausfall) und Änderungen in der Konfiguration (neue Knoten, neue Software) ohne Unterbrechung	9. Hardware-Unabhängigkeit heterogene Hardware in den Knoten unsichtbar für Anwendungen
4. Ortstransparenz Speicherort der Daten für Anwendungen unsichtbar; Zugriff auf alle Daten wie lokal	10. Betriebssystemunabhängigkeit heterogene BS in den Knoten unsichtbar für Anwendungen
5. Fragmentierungstransparenz Verteilung einer Relation über mehrere Knoten für Anwendungen unsichtbar	11. Netzwerkunabhängigkeit verwendete Kommunikationsnetze und -Protokolle unsichtbar für die Anwendungen
6. Replikationstransparenz mehrfache Speicherung von Teilen der DB (und damit Notwendigkeit mehrfacher Änderung) für Anwendungen unsichtbar	12. Datenbanksystemunabhängigkeit heterogene DBS in den Knoten einsetzbar, wenn einheitliche Benutzerschnittstelle (SQL)

TABELLE 5: DIE 12 REGELN VON DATE FÜR VERTEILTE DBS

Anmerkungen:

- Regel 12 ist derzeit nicht erfüllbar - außer in föderierten DBS oder Client/Server-DBS, die dafür andere Regeln (4, 7, 8) nicht erfüllen.
- Regel 1 und Regeln 4, 5 und 6 stehen potentiell im Widerspruch
- Gelegentlich wird in diesem Zusammenhang auch noch eine sog. **Leistungstransparenz** gefordert, d.h. es dürfen keine merklichen Verschlechterungen bei einer verteilten Ausführung von Anfragen auftreten. Die Bearbeitungszeit muss unabhängig davon sein, auf welchem Knoten die Anfrage abgesetzt wird.

Die Schemaarchitektur eines verteilten DBS unterliegt im Idealfall dem „ANSI/X3/SPARC DBMS Framework“ von 1977 des American National Standards Institute (ANSI) und des Computer and Information Processing Committee (X3) unter der Schirmherrschaft des Standards Planning and Requirements Committees (SPARC) oder einer entsprechenden Erweiterung davon. Das sog. ANSI/SPARC-Modell definiert u.a. die drei grundlegenden Sichten auf die Daten eines DBS, wobei für jede Sicht die Definition eines passenden Schemas geliefert wird:

- | | | |
|--|---|------------------------|
| 1. externe Sicht: Benutzer/Programmierer | → | externes Schema |
| 2. interne Sicht: System, Maschine | → | internes Schema |
| 3. konzeptionelle Sicht: ganzes Unternehmen | → | konzeptionelles Schema |

Der Entwurf verteilter DBS kann auf dieser Grundlage mit Hilfe zweier Ansätze erfolgen:

1. Der **Bottom-Up-Ansatz** ist vor allem bei Integration existierender DBS sinnvoll, wobei einzelne Lokale Konzeptionelle Schemata (LKS) zu einem gemeinsamen, Globalen Konzeptionellen Schema (GKS) zusammengefasst werden.
2. Der **Top-Down-Ansatz** ist primär im Falle einer Erstkonzeption eines verteilten DBS sinnvoll, wobei das GKS bereits vorliegen kann. Es gibt hier variable Möglichkeiten, die DB-Objekte auf die Knoten zu verteilen.

In jedem Fall bleiben hierbei mindestens zwei komplexe Teilprobleme zu lösen:

1. Die im Modell begründete **Fragmentierung** der Inhalte einer verteilten Datenhaltung macht es bereits im Vorfeld notwendig, Einheiten der Datenverteilung festzulegen. Beispielsweise ist in relationalen DBS vor allem eine Fragmentierung in ganze Relationen aber auch in Teile davon denkbar.
2. Die Zuordnung der Fragmente zu den Rechnern (**Allokation**) stellt das zweite zu lösende Problem einer verteilten Datenhaltung dar. Die Allokation ist ein noch nicht hinreichend gelöstes Optimierungsproblem und schließt auch die Daten-Replikation mit ein.

Weitere wichtige Probleme stellen sicherlich semantische Integritätskontrollen, die effiziente Anfragenformulierung und -Bearbeitung sowie die Optimierung verteilter Anfragen und die geschlossene Transaktionsverwaltung (Stichwort: „ACID“) innerhalb des verteilten DBS dar. Die verteilte Synchronisation der einzelnen Datenbanken mit Sperr- und Mehrversionen-Konzepten ist ein weiteres zu lösendes, allgemeines Problem, welches die zu erwartenden Schwierigkeiten bei der Realisierung eines verteilten Datenhaltungskonzeptes eindringlich verdeutlicht.

Betrachtet man nach diesen allgemeingültigen Datenbank-Aspekten den komplexeren Fall einer verteilten Geo-Datenhaltung, so lassen die Entwicklungen der vergangenen Jahre erkennen, dass sich die GIS-Entwicklung zwar ebenfalls mit dieser Problematik auseinandersetzt, aber ebenfalls noch keine fertigen Lösungskonzepte liefern kann. In diesem Zusammenhang bereiten vor allem heterogene (Geo-) Datenbanken erhebliche Schwierigkeiten. In der GIS-Praxis besteht bei verteilten Systemen nahezu immer der Bedarf des Zugriffs auf mehrere eigenständige Datenbanken, die jeweils von einem DBMS mit eigenen logischen Strukturen verwaltet werden. Heterogenität liegt i. Allg. vor bei den:

- beteiligten DBMS (Hersteller, Version, Datenmodell, Anfragesprache, interne Realisierung, etc.)
- Ablaufumgebungen (Hardware, Betriebssystem, Kommunikationsprotokolle, etc.)
- DB-Inhalten („semantische Heterogenität“) (Benennung und Repräsentation von DB-Objekten; gleiche Daten und verschiedene Namen, aber auch umgekehrt; widersprüchliche oder unvollständige Werte, etc.)

Nach [141] ZIPF, HIDIR (2001) kann im Gegensatz zu einem monolithischen GIS (integrierter, zentraler Ansatz) die Kommunikation zwischen den einzelnen Schichten in einem verteilten System (dezentraler Ansatz) nur über offene (Standard-) Schnittstellen effizient funktionieren.

Die allgemeinen Anforderungen aus [93] MEYER-WEGENER (2001) im Falle verteilter, heterogener Datenbanken sind:

- innerhalb einer **Transaktion** muss der Anwender unbewusst auf mehrere verteilte Datenbanken unter Wahrung der allgemeinen ACID-Transaktionseigenschaften zugreifen können.
- innerhalb einer **Datenbank-Operation** Daten muss der Anwender unbewusst mehrere Datenbanken bearbeiten können (z.B. Join-Bildungen, Anfrageformulierungen, etc.)
- Auch wenn unterschiedliche DBMS im Einsatz sind muss der allgemeine Zugriff über eine **einheitliche Schnittstelle**, ein gemeinsames Application Programming Interface (API) realisierbar sein.

Schränkt man den Begriff der „Geo-Datenhaltung“ weiter auf eine reine Geometrie-Datenhaltung ein, so ist der derzeit einzig sinnvolle und gangbare Weg, eine möglichst universelle, verteilte Datenhaltung in GIS zu realisieren, die Verwendung der Simple Features Specification (SFS) für SQL, COM oder CORBA des Open GIS Consortiums (OGC).

Das OGC ist eine 1994 gegründete Organisation, die sich zum Ziel gesetzt hat, Standards zu definieren, um Interoperabilität zwischen Geoinformationssystemen sowie zwischen diesen Systemen und Standardsoftware zu erreichen. Die in den USA beheimatete Organisation hat heute bereits über 200 internationale Mitglieder aus den Bereichen Industrie, Verwaltung und Forschung. Seit März 2001 ist auch das Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München OGC-Mitglied (Associate Member).

Grundlage des SFS ist das „Feature“, also eine digital kodierte Abstraktion eines Objektes oder eines Phänomens der Realen Welt, welches eine geometrische Repräsentation in Raum und Zeit und andere mit ihm assoziierte Attribute besitzt. Das OGC bietet die drei o.g. Implementationspezifikationen an, die sich in der Umsetzung des Featurekonzepts unterscheiden:

- SQL: Features werden als Zeilen (Rows) in Tabellen (Tables) oder Sichten (Views) dargestellt. Geometrien werden als explizite Koordinaten in zusätzlichen Geometrietabellen als BLOB's oder als ADT des verwendeten Datenbankmanagementsystems verwaltet.
- COM: Diese Spezifikation basiert auf dem Microsoft-Standard OLE/DB. Es werden COM-Schnittstellen zu gemeinsamen, relationalen Elementen bereitgestellt. Auch hier werden die Zeilen (Rows) als Features interpretiert. Die Geometrien werden über COM-Objekte dargestellt.
- CORBA: Hierbei handelt es sich um ein objekt-orientiertes Modell für geographische Features. Sowohl Features als auch Geometrien werden als Objekte betrachtet, die über CORBA-Schnittstellen angesprochen werden können.

Die einzelnen SFS haben spezifische pragmatische und technische Vor- und Nachteile, die an dieser Stelle nicht weiter diskutiert werden sollen.

3.5.3 THEORETISCHER KONZEPTVERGLEICH

Anhand der Bewertungskriterien 1. - 12. (*Anforderungen an ein GIS-Datenhaltungskonzept*) aus Kap. 3.5.1 sollen in diesem Kapitel die beiden zu diskutierenden Datenhaltungskonzepte tabellarisch gegenübergestellt werden. Diese Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf uneingeschränkte Vollständigkeit.

Kriterium	zentralisierte, integrierte Datenhaltung	verteilte, heterogene Datenhaltung
ad 1.	<ul style="list-style-type: none"> • Ein zentraler Datenserver kann zum Engpass werden. Optimierende Eingriffe sind aber an einem zentralisierten System leichter zu bewerkstelligen. • Die zu erwartenden Antwortzeiten sind von einer überschaubaren Anzahl an Faktoren abhängig und lassen sich daher leicht kalkulieren. • In einem zentralen System verbleiben alle Datenbank-Transaktionen innerhalb der lokalen Systemlandschaft und belasten diese zu 100%. • Die Zugriffszeiten über ein organisationsinternes Informationsnetzwerk (LAN, Intranet) sind heute bereits sehr gut bis optimal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrere verteilte Serversysteme verringern diese Wahrscheinlichkeit. Optimierende Eingriffe sind aber an einem dezentralisierten System schwer zu bewerkstelligen. • Die Antwortzeiten in einem verteilten System sind von einer Vielzahl bekannter und unbekannter, interner und externer sowie meist heterogener Faktoren abhängig und sind daher nie einheitlich und in ihrer Gesamtheit kalkulierbar. • Mitunter lässt sich in einem verteilten System eine Leistungssteigerung dadurch erzielen, dass bei komplexen Anfragen eine geringere Zahl von Transaktionen im lokalen DBMS verbleibt. • Die Zugriffszeiten über ein externes Informationsnetzwerk (WAN, Internet) sind gerade bei großen Datenmengen heute noch völlig unzureichend.

<p>ad 2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Optimierung der Ausfallsicherheit (technische Verfügbarkeit) kann vor Ort in Eigenverantwortung und mit Hilfe eines überschaubaren technischen Aufwandes gewährleistet werden. • Durch einen standortabhängigen Zugriff auf die Daten des zentralen Systems ist die örtliche Verfügbarkeit nur an vorgesehenen Arbeitsplätzen gewährleistet. • Wartungsarbeiten lassen sich in einem lokal begrenzten System leicht koordinieren und kontrolliert handhaben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hier begibt man sich in Fragen der Ausfallsicherheit in die Abhängigkeit der externen Systembetreiber. Dagegen ist ein totaler Systemausfall nahezu auszuschließen. • Durch einen standortunabhängigen Zugriff auf alle Daten des verteilten Systems wird die örtliche Verfügbarkeit optimiert. • Client-Rechner verteilter Systeme sind inhärent unzuverlässig. Sie können beispielsweise von externen Systembetreibern während Wartungsarbeiten unkalkulierbar abgeschaltet werden.
<p>ad 3.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Datenzugriffs- und -Sicherungsmechanismen in einem zentralen System können weitgehend und völlig unproblematisch vom verwendeten Betriebssystem übernommen werden. Beispielsweise werden in der Praxis wirkungsvolle Backupkonzepte sinnvollerweise auf einem zentralen Backupserver implementiert. • Die lizenzrechtlichen Probleme werden bereits im Vorfeld der Datenintegration erledigt und belasten demnach die Systemnutzer nicht während der Arbeit. • Ein Missbrauch mit sensiblen oder personenbezogenen Daten kann durch eine zentrale Personalisierung und Einschränkung des Kreises potentieller Anwender wirksam verhindert werden. • Applikationen werden lediglich im eigenen Intranet genutzt, so dass der integrierte Datenbestand beispielsweise über sog. Firewall-Lösungen gegen unberechtigte Zugriffe von außen geschützt werden kann. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die technische Realisierung geeigneter Datenzugriffs- und -Sicherungsmechanismen in einem verteilten System gestaltet sich als äußerst kompliziert und aufwändig. Standardisierte Lösungen stehen noch aus. Beispielsweise lassen sich hier vollständige Datensicherungskonzepte nicht einführen. Die Datensicherung obliegt den verteilten Stellen und muss dort eigenverantwortlich durchgeführt werden. • Lizenzrechtliche Bedingungen müssen bei jedem Remote-Zugriff aufs Neue geprüft und abgeklärt werden. Dadurch steigt der Zeitaufwand während laufender Arbeiten. • An verteilten Systemen ist der Nutzerkreis augenscheinlich bekannt, bleibt de facto aber meist anonym. Eine umfassende Überwachung ist technisch sehr aufwändig und nur unvollständig realisierbar. • Wenn eine Applikation über das Internet verfügbar gemacht wird, erhöht sich das Risiko unbefugter Zugriffe.
<p>ad 4.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Im Falle einer sukzessiven Integration heterogener Datenbestände in ein zentralisiertes System kann im Laufe der Arbeiten hierzu die Datenherkunft sorgfältig dokumentiert werden und bleibt daher jederzeit nachvollziehbar. • Die Fortführung der Datenbestände einzelner Datenanbieter erfolgt i.d.R. bei diesen Stellen selbst, so dass die Aktualisierung der integrierten Daten für die hierfür verantwortliche Stelle ein kaum zu lösendes Problem darstellt. • Für die interne Vollständigkeit der einzelnen Datenbestände sowie deren externen Vollständigkeit untereinander gilt analoges zur Herkunft. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die eindeutige Feststellung der Herkunft einzelner Datenbestände aus einer Vielzahl heterogener Daten verschiedener Hersteller lässt sich im Falle einer verteilten Datenhaltung oft nur schwer oder nicht nachvollziehen. • Durch das Konzept der verteilten Datenhaltung kann der Zugriff auf die originären, aktuellen Daten der Datenanbieter gewährleistet werden. Die Datenanbieter bleiben vor Ort für die Fortführung ihrer eigenen Daten verantwortlich. • Für die interne Vollständigkeit der einzelnen Datenbestände sowie deren externen Vollständigkeit untereinander gilt analoges zur Herkunft.

	<ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen der Integrationsarbeiten an einem zentralen System kann bei Bedarf eine logische Konsistenz zwischen einzelnen Datenbeständen im Vorfeld gewahrt oder explizit aufgebaut werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Verwendung amtlicher Geo-Basisdaten werden die eigenen Fachdaten weiterer Anbieter logisch getrennt geführt, so dass eine anbieterübergreifende logische Konsistenz i.d.R. nicht gegeben ist.
ad 5.	<ul style="list-style-type: none"> • Eine zentralisierte Lösung kann bei Bedarf von vornherein modular aufgebaut werden, so dass Erweiterungen hinsichtlich unterschiedlicher Anwendungen und Nutzergruppen grundsätzlich möglich sind. Das Gesamtsystem kann daher technisch sehr flexibel gestaltet werden. Eine hohe datentechnische Flexibilität ist dagegen nicht gegeben. • Der technische Aufwand einer nutzungsabhängigen und damit bedarfsorientierten Skalierung einer integrierten Datenlösung ist ortsgebunden, damit überschaubar und i.d.R. auch realisierbar. • Der interne Abstimmungsaufwand hält sich in überschaubaren Grenzen und steht einer Flexibilität des Systems nicht wesentlich im Wege. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eine verteilte Lösung ist per Definition modular aufgebaut, so dass datentechnische Erweiterungen hinsichtlich Anwendungen und Nutzergruppen prinzipiell jederzeit möglich sind. Deren systemtechnische Umsetzung gestaltet sich mitunter recht aufwändig. Das verteilte Konzept ist daher auf Systemebene nicht sonderlich flexibel; auf Datenebene dagegen sehr. • Der technische Aufwand einer nutzungsabhängigen Skalierung einer verteilten Datenlösung ist kaum kalkulierbar, wodurch eine Bedarfsorientierung nicht gegeben ist. Erschwerend kommt hinzu, dass die Skalierung meist bei den betreffenden Datenanbietern vor Ort vorgenommen werden muss. • Der recht hohe laufende Abstimmungsaufwand der einzelnen verteilten Stellen untereinander steht einer hohen Flexibilität des Gesamtsystems im Wege.
ad 6.	<ul style="list-style-type: none"> • Zentrale GIS-Ansätze erlauben eine Vereinheitlichung der verwendeten Systemlandschaft auf System- oder Herstellerebene. Eine technische Informationstransparenz ist daher gegeben. • Zentrale Lösungen erlauben den Einsatz zentraler Meta-Datenkonzepte in einem Umfang, der vom Betreiber individuell festgelegt werden kann. Derzeit existieren bereits geeignete standardisierte oder im Standardisierungsprozess befindliche Meta-Datenkonzepte auf Datensatzebene. Modellbeschreibende Meta-Datennormen stehen dagegen noch gänzlich aus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeder Datenanbieter hat z.Zt. de facto seine DV-Landschaft nach eigenen Bedürfnissen bzw. Anforderungen ausgelegt. Sie präsentiert sich somit insgesamt überaus heterogen. Eine hohe technische Informationstransparenz ist daher nicht gegeben. • Bei potentiellen Datenanbietern liegen entweder keine, schwach bestückte oder zumindest sehr heterogene Metainformationen vor. Ein transparentes, standardisiertes Meta-Datenkonzept existiert zur Berücksichtigung vorhandener Meta-Informationen in einer verteilten Geo-Datenhaltung noch nicht. Auch sind keine prototypischen Realisierungen hierzu bekannt.
ad 7.	<ul style="list-style-type: none"> • Zentrale GIS-Ansätze erlauben eine Vereinheitlichung der verwendeten Systemlandschaft auf System- oder Herstellerebene. Der Betreiber kann dadurch die systemtechnische Interoperabilität nach seinen Wünschen beeinflussen und optimieren. • Für die datentechnische Interoperabilität gilt analoges. • Durch Integration verschiedener heterogen modellierter Datenbestände lassen sich Interoperabilitätsprobleme auf Modellebene bereits im Zuge der Datenintegration berücksichtigen und mindern. Inoperabilitäten bleiben kalkulierbar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeder Datenanbieter hat z.Zt. seine DV-Landschaft nach eigenen Bedürfnissen bzw. Anforderungen ausgelegt. Eine systemtechnische Interoperabilität wird daher oft nicht erreicht. • Für die datentechnische Interoperabilität gilt analoges. • Durch die Modellvorgaben der einzelnen Datenanbieter lassen sich modellbedingte Interoperabilitätsprobleme der Datenbestände untereinander nicht vermeiden. Auch der Grad der so hinzunehmenden Inoperabilität kann nur schwer kalkuliert werden.

ad 8.	<ul style="list-style-type: none"> • Das integrierte Gesamtsystem ist lokal begrenzt und verfügt demnach automatisch über eine geringe Komplexität und zudem über optimale Verteilungstransparenz. 	<ul style="list-style-type: none"> • eine verteilte Datenhaltung impliziert zwangsläufig eine hohe Komplexität des Gesamtsystems und steht damit der Forderung nach einer hohen Verteilungstransparenz entgegen.
ad 9.	<ul style="list-style-type: none"> • Für zentrale Datenbanken existieren seit längerer Zeit standardisierte Anfragesprachen, wie beispielsweise SQL92. • Eine zentralisierte Lösung kann unter Beachtung ergonomischer Gesichtspunkte für jedwede Anwendung optimiert werden. Eine schnelle Einführung potentieller Anwender in Anwendungsabwicklungen lässt sich mit einheitlichen Schulungs- und Qualifizierungsmaßnahmen vor Ort leicht bewerkstelligen. • Eine integrierte Datenhaltung erschwert bereits auf Modellebene die Kombination von Daten unterschiedlicher Hersteller, erlaubt aber dagegen das Einpflegen eigen erfasster Datenbestände. Je nach Anwendungszweck kann dies ein entscheidendes Argument für eine integrierte Datenhaltung in GIS sein. • Verwaltungstechnische und bürokratische Hürden bei der zentralen Nutzung von Daten verschiedener Hersteller müssen im Vorfeld der Datenintegration genommen werden. Eine spontane Nutzung ad hoc benötigter, ergänzender Daten ist dadurch ausgeschlossen. • Die Datenkonvertierung bzw. Datenaufbereitung wird durch den Benutzer im Zuge der Datenintegration selbst vorgenommen. Hier können sowohl Vor- als auch Nachteile entstehen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Derzeit fehlen standardisierte Multi-DB-Anfragesprachen (im Sinne eines MSQL) noch gänzlich. • Bedarfsorientierte Anwenderlösungen eines verteilten Datenhaltungskonzeptes lassen sich nur im Falle web-basierter Frontends ohne größere Schwierigkeiten realisieren. Hierbei bleibt jedoch zu bedenken, dass der Funktionsumfang web-basierter GIS-Lösungen derzeit nicht annähernd dem eines zentralen, „monolithischen“ Ansatzes standhalten kann. • Eine verteilte Datenhaltung ermöglicht die Kombination von Daten unterschiedlicher Datenanbieter, schließt aber ein flexibles Einpflegen eigener Datenbestände grundsätzlich aus. In vielen Fällen ist aber gerade dieses Anwendungsziel von entscheidender Wichtigkeit. • Der Datenzugriff kann auf fest definierten Verfahrenswegen unbürokratisch erfolgen. Die individuelle und spontane Vermittlung übernimmt i.d.R. eine zentrale Einheit (Geo-Portal). • Die Datenkonvertierung bzw. Datenaufbereitung „on Demand“ durch eine Portal-Lösung ist technisch noch nicht realisiert.
ad 10.	<ul style="list-style-type: none"> • Zentrale Serverstrukturen haben den entscheidenden Vorteil einer relativ einfachen, personalexintensiven Administration („teile und herrsche!“). • Die Server-Installationskosten sind vom zentralen Betreiber allein zu tragen. • Die Client-Installationskosten verbleiben ebenfalls der betreibenden Einrichtung und können je nach Anwendungszweck unterschiedlich hoch ausfallen. • Die Softwarekosten verbleiben in einem kalkulierbaren Rahmen und werden durch die Anwendungsziele indirekt gesteuert. Die serverseitige Software kann optimiert, nicht redundant vorgehalten werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Administration verteilter Datenquellen ist sehr viel aufwändiger (z.Zt. noch zu aufwändig). Die Möglichkeit einer weitgehenden oder vollständigen Fernwartung ist nicht gegeben, so dass die Systemverwaltung personalintensiv betrieben werden muss. • Die Server-Installationskosten verteilen sich auf die Gesamtheit der Datenanbieter. • Die Client-Installationskosten bleiben beim Anwender, können aber im Falle web-basierter Lösungen minimiert werden. • Die zu erwartenden Softwarekosten sind dagegen gerade im Serverbereich sehr hoch. Zudem sind bei verschiedenen Clients auch heterogene Softwarelandschaften mit jeweils eigener System- und Anwendungssoftware zu erwarten.

<p>ad 11.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • In einer zentralisierten Dateninfrastruktur ist bei hohen Leistungsanforderungen der Einsatz kostenintensiver, hochskalierter Server unbedingt notwendig. Die Gesamtkosten verbleiben beim Betreiber. • Neben einer leistungsstarken Hardwareausstattung ist zudem eine mindestens ebenso gut ausgebaute und damit kostspielige Vernetzung dieser Komponenten selbstverständlich. • Die zentralisierte Lösung unterbindet eine Mehrfachnutzung der integrierten Daten bei verschiedenen Anwendern in weiten Teilen. Die Kosten für die Datenhaltung verbleiben zu 100% beim alleinigen Datenhalter. • Integrierte Datenhaltungskonzepte sind derzeit Stand der DV-Technik und nicht nur in GIS weit verbreitet. Sie stellen für den Betreiber kein betriebswirtschaftliches Risiko dar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eine verteilte Serverlandschaft erlaubt die Kommunikation kostenextensiver Serversysteme. Dadurch sinken zwar nicht die Systemgesamtkosten; die bei den Anwendern verbleibenden Anteile werden jedoch stark reduziert. • Durch die Nutzung des Internets bei webbasierten Lösungen entfallen die hohen Kosten für eine hochskalierte Intranet-Infrastruktur bei den Anwendern. Es verbleiben bei Transaktionen lediglich die gängigen Online-Gebühren. • Die gemeinsame Nutzung von Datenressourcen durch mehrere Anwender senkt die Kosten des Gesamtsystems mit zunehmender Nutzeranzahl erheblich. Durch die konsequente Beachtung des Gedankens der Mehrfachnutzung von Daten lässt sich deren langfristiger Wert erhöhen. • Für verteilte Konzepte herrscht derzeit noch Mangel an Erfahrung, wodurch ein hohes Kostenrisiko einhergeht. Es gibt zwar eine große Zahl an Veröffentlichungen zu diesem Thema aber kaum vollständige und effiziente Realisierungen.
<p>ad 12.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Option einer geographischen Verteilung besteht hier nicht. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eine geographische Verteilung ist die Grundvoraussetzung für dieses Datenhaltungskonzept

TABELLE 6: KONZEPTVERGLEICH „INTEGRIERTE VS. VERTEILTE DATENHALTUNG“

3.5.4 KONZEPTBEWERTUNG

Theoretisch betrachtet ist eine verteilte Datenhaltung aus datentechnischer Sicht grundsätzlich sinnvoller als eine zentralisierte Lösung. Man könnte hiermit in Verbindung mit interoperablen Konzepten zur Datenakquirierung den meist großen und stetigen Aktualisierungsaufwand als Integrationsfolge, also das grundsätzliche Problem der Daten-Aktualisierung in einem GIS minimieren. Derartige Ansätze sind Inhalte der aktuellen GIS-Forschung, so dass operative Lösungen noch fehlen.

Nach [93] MEYER-WEGENER (2001) stellt eine verteilte Datenhaltung zudem immer ein Risiko dar. Einerseits muss gewährleistet sein, dass sich die verteilten Daten nicht widersprechen und andererseits muss bei sensiblen Daten sichergestellt werden, dass kein Missbrauch betrieben werden kann.

Dagegen ist die zentralisierte Lösung einer verteilten Lösung in diesen Punkten, wie auch in Hinblick auf die Systemtechnik weit überlegen. Die klassische Vorgehensweise einer Off-Line-Datenübernahme, Konvertierung der Daten, Datenintegration ist nach wie vor ein zwar aufwändiger aber praktikabler Lösungsweg. Aktuelle, leistungsstarke GIS-Lösungen kommen um einen zentralisierten Ansatz nicht umhin.

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist die technische Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems erheblich wichtiger einzustufen als die theoretische Integrität und Aktualität aller verwendeten Daten. Allein die durch die unmittelbar beteiligten Stellen, allen voran die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, zu Projektbeginn getätigten Vorgaben bedingten die Präferenz einer zentralisierten Datenhaltung in Verbindung mit einer umfassenden Datenintegration. Der abzusehende Mehraufwand für die Aktualisierung der integrierten Datenbestände war kalkulierbar und wird daher in Kauf genommen. Auch die in *Kap. 1.1* angeführten, von Beginn an mit der Entwicklung des Referenz-GIS verfolgten Intentionen hatten der Projektleitung von vornherein diese Form der Datenhaltung nahe gelegt. Das erzielte Ergebnis (*vgl. Kap. 7*) bestätigt die Konzeptentscheidung vollständig. Zudem überwiegen in den Abwägungen der vorangegangenen Kapitels die Nachteile einer verteilten Datenhaltung noch auf absehbare Zeit ihren Vorteilen.

Kapitel 4: THEORETISCHE GRUNDLAGEN ÜBER META-INFORMATIONEN IN DER GEOINFORMATIK

4.1 EINFÜHRUNG

Die Menge an digitalen Geo-Daten wächst durch die zunehmende Akzeptanz und Verbreitung von geographischen Informationssystemen in allen Bereichen von Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung exponentiell. Zu deren Dokumentation verwendet man in Geoinformationssystemen Meta-Daten. Meta-Daten werden in der Literatur oft als „Daten über Daten“ oder auch als „*beschreibende, deskriptive Daten*“ bezeichnet. Objektiv betrachtet machen erst Meta-Daten aus Daten Informationen, wonach gilt, dass erst Meta-Daten einen effektiven und nachhaltigen Betrieb eines GIS ermöglichen. Die Forschungsplattform „Referenz-GIS Nationalpark Bayerischer Wald“ setzt sich daher im Grundsatz aus seinen strukturierten Daten und einem zugehörigen Meta-Informationssystem zusammen.

Meta-Daten dienen nach [140] ZEHNER, M. L., BILL, R. (2001) dem Management von gespeicherten Nutzdaten. Sie helfen damit den Anwendern, relevante Datenbestände ausfindig zu machen und deren Inhalte zu verstehen. Sie unterstützen sowohl allgemein als auch im Falle der Forschungsplattform Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ einen sachlich richtigen Umgang mit Geo-Daten.

Die bei der Arbeit mit den digitalen Karten des Referenz-GIS verwendeten Geo-Datensätze unterscheiden sich in ihrem Informationsgehalt erheblich von ihren oftmals zugrunde liegenden analogen Karten. Digitalen Geo-Daten ist gemeinsam, dass sie in roher Form praktisch unverständlich sind. Alle gängigen Zusatzangaben (Meta-Informationen) einer Landkarte wie Maßstab, Legende, Aktualität etc. sind a priori nicht vorhanden. Die meisten Geo-Daten des Referenz-GIS sind daher ohne eingehende Beschreibung nahezu wertlos. Gerade die aus Sicht der geplanten Forschungsplattform anzustrebende Mehrfachnutzung von GIS-Daten verlangt daher nach einer Beschreibung der Daten und ihrer Qualität. Dies ist nur durch den Aufbau eines entsprechenden Meta-Informationssystems erreichbar. Die darin beinhalteten Meta-Daten werden die räumlichen Daten des Referenz-GIS umfassend beschreiben, so dass deren Eignung für einen bestimmten Anwendungszweck vorab beurteilt werden kann.

Der Problematik räumlicher Meta-Daten in GIS, wird allgemein erst in letzter Zeit vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet. Vor dem Hintergrund eines zunehmenden Datenaustauschs und der Nutzung von Möglichkeiten einer globalen Vernetzung (Stichwort: „*Geographic Information Infrastructure*“) erhalten die bislang häufig vernachlässigten Meta-Daten in GIS eine immer höhere Bedeutung. Die Ursache dafür ist zumeist in neueren Anwendungsentwicklungen zu suchen, die eine umfassende Dokumentation von Geo-Datenbeständen dringend geboten erscheinen lassen. Ein Beispiel hierfür ist das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Nachdem für die Region des Nationalparks Bayerischer Wald seit mehr als zwei Jahrzehnten digitale Geo-Daten gesammelt und verarbeitet werden, teilweise schon über mehrere Generationen von Softwarearchitekturen und Systemimplementationen von GIS hinweg, tritt die Frage der langfristigen Werterhaltung dieser Geo-Daten zunehmend in den Vordergrund. Einen unmittelbaren Nutzen zeigt beispielsweise die Referenz-GIS-Anwendung für div. Qualitätsuntersuchungen anhand qualitätsbeschreibender Meta-Daten aus *Kap. 6.8* auf.

Die nachvollziehbare Dokumentation der Eigenschaften eines umfangreichen GIS-Datenbestandes wird in vielen GIS vernachlässigt. Man geht in diesen Fällen davon aus, dass das entsprechende Fachwissen, der Kontext, beim Nutzer vorhanden ist. Dies mag (bedingt) auch berechtigt sein, solange der Ersteller der Daten auch ausschließlicher Nutzer ist bzw. andere Nutzer sehr eng vertraut mit den Erhebungs- und Verarbeitungs-Methoden der Daten sind. Bei der Beschreibung komplexer, kooperativer und verteilter Informationssysteme unterschiedlicher fachlicher Zuständigkeiten lässt sich diese Haltung nicht mehr rechtfertigen. So auch im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Die zahlreichen Datenquellen (*vgl. Kap. 2.1 und 3.1*) und vielfältigen Anwendungsszenarien (*vgl. Kap. 6*) dieses GIS bedingen einen hohen Grad an Heterogenität innerhalb der verwendeten Datenlandschaft. Das Potential dieser Heterogenität lässt sich langfristig nur unter Zuhilfenahme eines geeigneten Meta-Dateninformationssystems ausschöpfen.

Weil weder die GIS-Praxis noch die GIS-Forschung hierfür nutzbare Lösungsansätze vorweisen kann und weil in der nationalen und internationalen GIS-Standardisierung die Meta-Daten-Problematik seit einigen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen hat, ergibt sich hier ein dringender Forschungsbedarf. Dabei stehen gerade die Universitäten in der Pflicht.

Die Erfahrung zeigt, dass bereits bei einem Wechsel von Mitarbeitern, Softwareprodukten oder Systemplattformen die Weiternutzung bestehender, aber nicht ausreichend dokumentierter Datenbestände beeinträchtigt oder gar unmöglich wird. Neben dem erschwerten Arbeiten ist in einer mangelhaften Dokumentation von Geo-Daten deshalb ein hohes finanzielles Risiko zu sehen, welches mit der stark wachsenden Datenmenge an Brisanz gewinnt. Damit wächst zwangsläufig auch die Gefahr, dass diese teuren Datenbestände durch fehlende Meta-Daten zu anonymen und damit wertlosen Datenfriedhöfen verkommen.

[130] STROBL (1995), [65] HUBER ET AL. (1999)

Die große Vielzahl an möglichen Meta-Informationen zu einem einzelnen Geo-Datensatz, geschweige denn zu einer vollständigen GIS-Lösung, ist ein Hauptproblem bei der Verwendung, respektive Erfassung von Meta-Daten. Das Recherchieren und Implementieren aller relevanten Meta-Daten zu Geo-Datensätzen ist häufig ein mühevoller und aufwändiger Arbeitsgang, der eigentlich nur vom Erzeuger der betreffenden Daten selbst geleistet werden kann. Dennoch besteht im Allgemeinen beim Erzeuger der Daten zunächst keine subjektive Notwendigkeit zur expliziten Führung von Meta-Daten. Zum einen stecken derartige Ambitionen größtenteils noch im Forschungsstadium und zum anderen würde sich die Geo-Daten-Ersterfassung zusätzlich verteuern. Erst der sekundäre Nutzer dieser Geo-Daten benötigt Information beispielsweise über das genaue Erstellungsdatum, den Autor oder die Erfassungsgenauigkeit, um den Geo-Datensatz im fachlichen Kontext richtig bewerten zu können. Zu diesem Zeitpunkt ist jedoch häufig nicht einmal mehr feststellbar, wer den Datensatz einst erzeugt hat, geschweige denn welche weiteren Bezüge zu dem Datensatz bestehen.

Der heute aus globaler Betrachtungsweise wohl vordringlichste Aspekt liegt jedoch in der Erschließung von Geo-Daten-Beständen für den breiten Zugang aus Anwendungsbereichen, für die sie ursprünglich häufig nicht gedacht waren. Hier sind vor allem neue Entwicklungen, wie beispielsweise die z.Zt. boomenden Geo-Dienste im Internet in Form sog. Geo-Portal- und Internet-GIS-Lösungen, zu nennen. Aber auch die klassischen GIS-Anwendungen in Verbindung mit einer Integration von Daten unterschiedlicher Informationssysteme sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist hierfür ein typisches Beispiel.

Datenkataloge machen nur Sinn, wenn Sie über Eigenschaften der referenzierten Daten soweit informieren, dass der potentielle Anwender die Eignung für einen bestimmten Zweck beurteilen kann. Gerade vor dem Hintergrund der zunehmenden Vernetzung (unternehmensweit wie auch über das Internet) ermöglichen erst umfassende Meta-Daten eine ausreichende Information über verteilt vorliegende Ressourcen (Stichwort: „*verteilte Datenhaltung*“).

nach [130] STROBL (1995)

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von Geo-Daten und der weiteren Verbreiterung des Anwendungsspektrums von Geoinformationssystemen ergibt sich mehr und mehr der Bedarf nach Aussagen über vorhandene Datenbestände, deren Nutzbarkeit und Qualität.

[16] BILL (1996)

Derartige Aussagen könnten in modernen GIS mittelfristig nur mit Hilfe ausgereifter und genormter Meta-Datenstrukturen getätigt werden. Leider ist es gerade in Deutschland (und auch europaweit) derzeit eher noch so, dass die wenigsten GIS-Betreiber potentiellen Nutzern umfassende Einblicke in ihre Informationsbestände ermöglichen, geschweige denn bereit wären, ihre Datenbestände Externen zur Verfügung zustellen. Die Erfahrungen mit den Arbeiten am Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ belegen, dass bislang nur in den wenigsten Fällen Vorkehrungen für die langfristige Sicherstellung der Verwendbarkeit von Geo-Daten getroffen sind. Selbst Planungen hierzu existieren kaum. Es gibt nur erste Ansätze zur Vereinheitlichung von Datenstrukturen und deren umfassenden Beschreibung; genauso wie das Problem des einheitlichen Datenaustauschs noch lange nicht gelöst ist. Die Standardisierungs-Aktivitäten auf dem Meta-Datensektor in den Vereinigten Staaten von Amerika und die damit verbundenen ersten Erfolge sind aber derart vielversprechend, dass zumindest in diesem Bereich auf eine deutliche Besserung in absehbarer Zeit gehofft werden kann. Die grundsätzlichen Defizite der Datenbeschreibung waren über lange Zeit bei allen GIS-Produkten festzustellen. Diese boten nahezu keine Möglichkeiten zur Mitführung von Meta-Informationen oder, als Minimalvariante, von Daten-Qualitätsbeschreibungen. Somit wurden und werden von den meisten Anwendern auch derzeit noch kaum Meta-Informationen in digitaler Form geführt. Erst mit Einführung des verbindlichen, US-Amerikanischen FGDC-Meta-Datenstandards (vgl. Kap. 4.5.3.2) sind zumindest bei amerikanischen GIS-Herstellern diesbezügliche Entwicklungen zu erkennen.

Bei allen potentiellen Daten-Anbietern und -Lieferanten umfassend verfügbare Meta-Daten würden bei der Übernahme heterogener Datenbestände durch Anwender maßgeblich dazu beitragen, die in *Kap. 3.2.1* aufgezeigten Defizite des Geo-Datenmarktes abzuschwächen. Allgemeingültige Grundlage für die Notwendigkeit von Meta-Daten ist die Vermeidung der Kosten für die Neubeschaffung von Daten im Falle von unnötig vorgenommenen Mehrfacherfassungen. Mit bereits erhobenen Daten kann nun durch die „Bewerbung“ mit Meta-Daten eine weitere Verwendung gefunden werden. Meta-Daten führen Kunden und Anbieter zusammen, weil ein Kunde anhand der Meta-Daten bereits die angebotenen Daten hinsichtlich der geplanten Nutzung evaluieren kann. Eine weitere Anwendung ist die Navigation in heterogenen Datensätzen, ohne dass dazu Konverter zwischen den einzelnen Datenformaten notwendig würden (Stichwort: „*Geo-Portal*“).

Es ist daher für die Nachhaltigkeit von GIS-Anwendungen zwangsläufig erforderlich, alle formalisierbaren Aspekte der zugrunde liegenden Informationssysteme in möglichst umfassender Detaillierung zu dokumentieren und zur Nutzung abfragbar bereitzustellen.

Die allgemeinen Aufgaben von Meta-Daten in Geoinformationssystemen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Meta-Daten sind für den Administrator eines Datenbestandes als Hilfe zur Organisation, Erweiterung und Pflege des eigenen Datenbestandes (**Inventar**) und
- zur Versorgung externer Nutzer (Anwender, Kunden) mit Informationen über den eigenen Datenbestand, die Bezugsmöglichkeiten und zur Unterstützung der Suche über den Datenbestand (**Katalog**) zu sehen.
- Meta-Daten enthalten Informationen zur möglichen Interpretation und Weiterverarbeitung von Daten aus externen Quellen (als **Dokumentation**)

4.2 BEDEUTUNG EINES META-INFORMATIONSSYSTEMS FÜR DIE FORSCHUNGSPLATTFORM

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll insbesondere die Bedeutung eines Meta-Informationssystems mit erweiterten Meta-Datenstrukturen für heterogene und verteilte georäumliche Datenbestände in GIS untersucht und eingesetzt werden. Dies soll zur nachhaltigen Nutzung und Sicherung der angestrebten Forschungsplattform für zukünftige Projekte geschehen. Allein die wissenschaftlich fundierte, auf die geplanten Anwendungsszenarien des Referenz-GIS hin optimierte Dokumentation der mehr als 800 akquirierten amtlichen, behördlichen, privatwirtschaftlichen und internationalen Geo-Datensätze aus zahlreichen Datenquellen in einem zentralen Meta-Informationssystem kann dies ermöglichen.

Die Meta-Datenlösung der Forschungsplattform wird es den Betreibern und Nutzen des Referenz-GIS ermöglichen, das Gesamtsystem inhaltlich und modelltechnisch zu dokumentieren, vielfältige Methoden zur internen Datenakquirierung und Beauskunftung zu nutzen (*Datamining*, *Databrowsing* und *Dataretrieval*) und das System vollständig oder in definierbaren Teilbereichen an weitere Nutzer abzugeben. Die Meta-Datenlösung wird die zentrale Komponente des Referenz-GIS darstellen und daher die Basis bilden, die volle Funktionalität des Systems ohne Einschränkungen nutzen zu können. Es wird zudem die Möglichkeit unterstützen, das Referenz-GIS verlustfrei auf andere Hardware- und Software-Plattformen zu migrieren (vgl. *Kap. 5*).

4.3 BEGRIFFSDEFINITIONEN UND GRUNDLAGEN

Der deutsche Begriff „Meta-Daten“ (engl. Metadata) oder auch „Meta-Informationen“ hat durch seine Vorsilbe „Meta“ (= inmitten, hinter, nach) einen griechischen Ursprung ([140] ZEHNER, M. L., BILL, R. (2001)).

Nach [19] BRETHERTON (1994) gibt es keinen logischen Unterschied zwischen Meta-Daten und Daten. Es sind eher der Datenbankkontext und der Grad des Benutzerverständnisses des Datenbankinhalts, die bestimmen, ob Meta-Daten Daten oder Meta-Daten sind. Diese Aussage bedeutet nichts anderes, als dass verschiedene Dinge für verschiedene Menschen verschiedene Zusammenhänge zu verschiedenen Zeitpunkten darstellen. Ihr ist zu entnehmen, dass eine einzige und genauen Definition des Begriffs „Meta-Daten“ nicht so ohne weiteres möglich ist und sicherlich über die bloße Aufnahme von vorhandenen Datensätzen hinaus geht.

Nach [122] SCHILCHER ET AL. (2001) beinhalten Daten über Daten aus ihrem Selbstverständnis heraus beschreibende Eigenschaften über Herkunft, Gültigkeit, Genauigkeit und dergleichen von Datensätzen auf unterschiedlichen Aggregationsebenen. Sie sind unentbehrlich für Dokumentation, Transfer und längerfristige Wertesicherung vor allem auch räumlicher Daten. Sie sind damit eine Abstraktion betrieblicher bzw. geo-räumlicher Daten-Objekte.

Wie in [22] CASPARY (1992) angeführt, wird erst durch die semantische Definition von Meta-Variablen die eigentlich interessierende Meta-Information repräsentiert. Aus einer zentralen Perspektive können wir feststellen, dass Geo-Daten die räumliche Realität repräsentieren und Meta-Daten wiederum Geo-Daten beschreiben. Nebenstehende Abbildung verdeutlicht diesen Zusammenhang. Im Zentrum der Grafik stehen die Geo-Daten, bzw. der -Datensatz oder das -Datenobjekt. Das Geo-Objekt wird durch temporale und räumliche Kriterien sowie durch seine Bedeutung beschreibbar. Dies geschieht sowohl durch qualitative Attribute (Genauigkeit, Auflösung, Vollständigkeit, etc.) als auch mit Hilfe weiterführender Meta-Informationen, wie beispielsweise Angaben zum Datenmodell, den Anwendungszweck, die Datenquellen, usw..

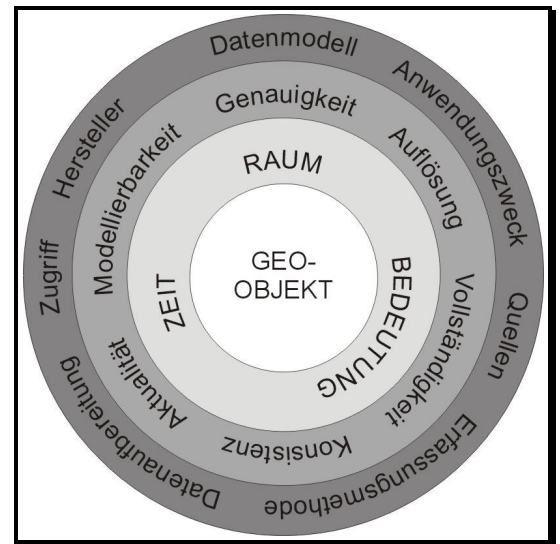


ABBILDUNG 12: META-DATEN > GEO-DATEN > RÄUMLICHE REALITÄT ([22] CASPARY (1992))

Meta-Daten beschreiben > Geo-Daten beschreiben > räumliche Realität

Für den Begriff der georäumlichen Meta-Daten existieren zahlreiche Definitionsversuche durch Normungsgremien oder wissenschaftliche Stellen.

Hier die eher allgemein gehaltene Definition des FGDC entnommen aus dem *Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM) (FGDC-STD-001-1998)*:

Metadata is data about the content, quality, condition, and other characteristics of data.

DEFINITION 3: META-DATEN (NACH [47] FGDC (1998))

Ein etwas speziellerer Definitionsversuch ist dem *Feinkonzept zum Forschungsprojekt FORGEO* des Bayerischen Forschungsverbundes Geoinformation zu entnehmen:

Meta-Daten beschreiben die Gesamtheit an verfügbaren graphischen und nicht-graphischen Informationen über einen Datenbestand, der sowohl anwendungsbezogen als auch systemabhängig vorliegen und normenkonform oder beliebig strukturiert sein kann.

DEFINITION 4: META-DATEN (NACH [120] SCHILCHER ET AL. (1999))

Die folgende Variante eines Definitionsversuches ist auf die Belange des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ abgestimmt.

Die Meta-Daten eines Geoinformationssystems sind, systematische und deduktive Informationen über die Inhalte, die Qualität, die (Modell-) Strukturen, die Beziehungen, die Klassifizierungs- und Darstellungsoptionen sowie die Verwendungszusammenhänge der dem System zugrunde liegenden Geo-Daten.

DEFINITION 5: META-DATEN (NACH [65] HUBER ET AL. (1999))

Wie man anhand dieser Referenzbeispiele erkennen kann, ist die Definition des Begriffs „Meta-Daten“ in GIS stark anwendungsabhängig und vielschichtig interpretierbar. Die dritte Definitionsvariante wurde für den Fall des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ abgeleitet und ist ohne Einschränkungen auf andere GIS übertragbar. Es handelt sich um eine fachübergreifende Definition des Begriffs „Meta-Daten“.

Aus historischer Sicht gibt es keine klare Trennung zwischen Daten und Meta-Daten. Bereits die in GIS schon immer vorgenommene Strukturierungen von Datenbeständen, beispielsweise in verschiedene Ebenen zur Datenpräsentation und Selektion sowie eine differenzierte Farbgebung zwischen geometrischen Objekten eines Datenbestandes, werden als Meta-Daten bezeichnet. Es erscheint künftig immer wichtiger, eine klare Trennung zwischen Daten und Meta-Daten vorzunehmen. Obige Definitionsversuche helfen dabei wenig. Ferner muss eine Differenzierung zwischen graphischen und nicht-graphischen Informationen vorgenommen werden. Eine derartige Unterscheidung zielt darauf ab, graphische Informationen, die primär zur visuellen Navigation in Datenbeständen dienen und als „Navigationsdaten“ bezeichnet werden können, von nicht-graphischen und eher tabellarisch strukturierten Informationen zu trennen, die beispielsweise Auskünfte über den Datenproduzenten und die zugehörigen Informationen zur Datenqualität geben. In *Kap. 4.7* wird hierauf detailliert eingegangen.

[65] HUBER ET AL. (1999)

4.3.1 INHALTLICHE AUFGLIEDERUNG VON META-DATEN

Neben der Festlegung eines einheitlichen Sprachgebrauchs können Meta-Daten speziell nach ihrem Inhalt detailliert unterschieden werden. Diese Form der *inhaltlichen Aufgliederung* darf nicht mit der inhaltlichen Unterscheidung über die Kategorisierung aus *Kap. 4.7* verwechselt werden.

Die nachfolgend abgehandelte Aufgliederung rührt stattdessen eher von den Vorgaben durch die diversen Standardisierungsgremien her. Diese legen oftmals nicht die Konzeption und Struktur, geschweige denn den physikalischen Aufbau eines Meta-Datenkonzeptes fest, sondern schreiben den Anwendern lediglich die Meta-Inhalte sowie deren konzeptionelle Formate vor. Man kann dieses Vorgehen in mehreren Varianten beobachten. Dabei werden die Meta-Inhalte entweder recht locker und unverbindlich vorgegeben oder es werden Teile als verbindlich, andere wieder als unverbindlich oder frei definierbar angesetzt. Daneben führen andere Standardisierungsbewegungen eine inhaltliche Vorschrift durch sehr strenge Vorgaben ad absurdum. Derartige, explizite Inhaltsvorgaben lassen sich nur unabhängig von der zuvor durchgeführten Kategorisierung diskutieren.

In der US-amerikanischen Literatur werden häufig nur sieben inhaltliche Meta-Datenklassen unterschieden. Diese richten sich nach dem FGDC-Meta-Datenstandard aus *Kap. 4.5.3.2*.

nach [41] ESRI (1995) und [48] FGDC (2000)

1. *Informationen zur **Identifikation** von raumbezogenen Daten*
(Namen, Bezeichnungen, Geltungsbereiche, Thematiken, Herkunft, Einschränkungen, etc.)
2. *Informationen zur **Datenqualität***
(Genauigkeit, Vollständigkeit, logische Konsistenz, Aktualität, etc.)
3. *Informationen zur **Datenorganisation***
(Datentypen, Datenformate, etc.)
4. *Informationen zum **Raumbezug***
(Raumbezüge, Referenzsysteme, Kartenprojektionen, geodätisches Datum, etc.)
5. *Informationen zu **Entitäten und Attributen***
(Objekte, Attribute und Attributwerte, etc.)
6. *Informationen zur **räumlichen Verteilung** der Daten*
(Vertrieb, Bezugsmöglichkeiten, Formate, Datenträger, Kosten, etc.)
7. *Informationen über **Beziehungen zu weiteren Meta-Daten***
(Aktualität der Meta-Informationen, Verantwortliche Stellen, etc.)

Erstellt man eine detaillierte Stichwortliste denkbarer und zugleich sinnvoller Meta-Inhalte für Geoinformationssysteme, kann man durchaus weitere Klassen und Unterklassen unterscheiden und die Liste nahezu beliebig erweitern. Eine vollständige Auflistung ist letztendlich nicht möglich, weil die Meta-Inhalte eines Informationssystems trotz aller Standardisierungsbemühungen in letzter Konsequenz immer einen system- und vor allem anwendungsabhängigen Anteil beinhalten werden. Ein entsprechender Vorschlag findet sich in *Kap. 7.5.2 der Anlage*.

4.3.2 SYSTEMUNABHÄNGIGE UND SYSTEMABHÄNGIGE META-DATEN

Nach [121] SCHILCHER ET AL. (1996) wird die Komplexität von GIS-Anwendungen und deren interdisziplinärer Charakter u.a. durch eine Dreiteilung zwischen Informatik, Geoinformatik und Anwendung ausgezeichnet. Generell können die funktionalen Abhängigkeiten einer Anwendung wie folgt dargestellt werden:

$$\text{Anwendung} = f(\text{konzeptionelles Modell, Daten, komplexe Methoden und Modell-Komponenten, Software-Funktionalität des GIS, Datenbank und Integration})$$

DEFINITION 6: GIS-ANWENDUNG (FUNKTIONALE ZUSAMMENHÄNGE)

Die eine Hälfte einer GIS-Anwendung kann demnach als der **systemunabhängige aber anwendungsabhängige**, die andere Hälfte als der **systemabhängige (herstellerabhängige)** Teil eines GIS interpretiert werden. Erst die Verknüpfung beider Teile führt zu einer GIS-Anwendung.

Eine auf die Belange des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ abgestimmte Ausarbeitung zu den Punkten 1 - 8 kann in *Kap. 7.5.3 der Anlage* nachgelesen werden.

Eine an der nebenstehenden Aufteilung einer GIS-Anwendung orientierte Unterscheidung in **systemunabhängige** und **systemabhängige Meta-Daten** ist daher ebenso denkbar und sinnvoll. Ein solcher Ansatz lässt die Differenzierung einer Meta-Datenlösung nach **allgemeingültigen** und **abhängigen** Meta-Daten zu.

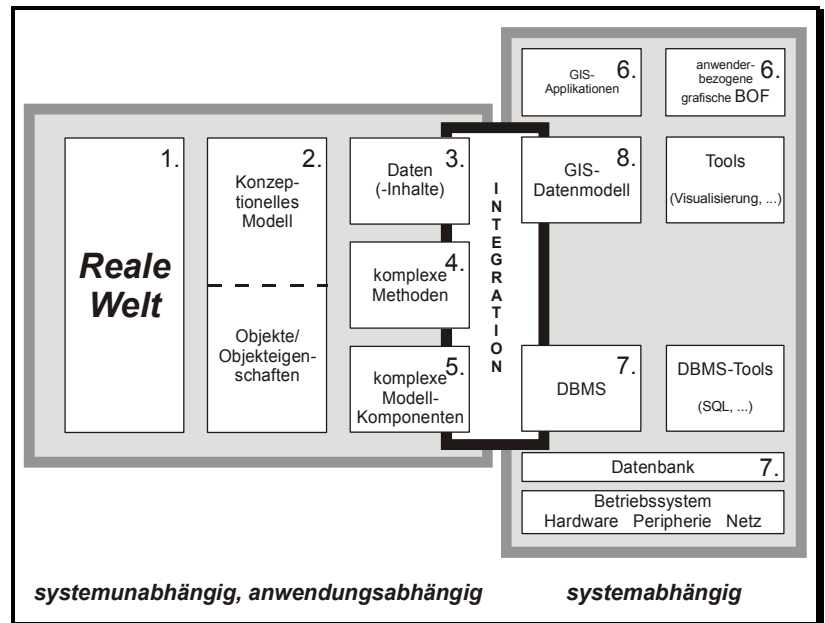


ABBILDUNG 13: (VOM MODELL ZUR GIS-ANWENDUNG) SYSTEMUNABHÄNGIGE UND SYSTEMABHÄNGIGE META-DATEN, NACH [121] SCHILCHER ET AL. (1996)

1) systemunabhängiger Teil der Meta-Datenlösung (allgemeingültige Meta-Daten)

Es lässt sich leicht nachvollziehen, dass systemunabhängige Meta-Daten der Beschreibung von folgenden Punkten dienen:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. Reale Welt | 3. Daten (-Inhalte) |
| 2. konzeptionelles Modell | 4. komplexe Methoden |
| 2. Objekte/Objekteigenschaften | 5. komplexe Modell-Komponenten |

2) systemabhängiger Teil der Meta-Datenlösung (abhängige Meta-Daten)

Analog lässt sich nachvollziehen, dass systemabhängige Meta-Daten der Beschreibung von folgenden Punkten dienen:

- | | |
|--|---|
| 6. Anwendungsmöglichkeiten (GIS-Applikationen) | - zusätzliche Tools/Erweiterungen |
| 8. logisches Modell (GIS-Datenmodell) | - Hardware, Vernetzung und Betriebssystem |
| 7. Datenbank, DB-Managementsystem und DB-Tools | |
| 6. Benutzeroberfläche | |

4.3.3 OBJEKTARTENKATALOGE UND META-DATEN

Der Objektartenkatalog eines GIS enthält eine nach thematischen und geometrischen Merkmalen geordnete Aufstellung aller Objekte, die im Datenbestand des betreffenden GIS auftreten. Er bildet zugleich die Grundlage für eine korrekte Datenerhebung und Integration und besitzt i.d.R. eine offene Struktur. So können ohne größere Eingriffe neue Datenquellen berücksichtigt und verwendet werden. Ein Objektartenkatalog beinhaltet u.a. Informationen zur inhaltlichen und thematischen Klassifizierung der in einem GIS verwendeten Datenbestände. Die inhaltliche Klassifizierung vorhandener Datenbestände stellt primär eine Unterscheidung der verwendeten GIS-Datenarten (Geometrie-Daten, Sach-Daten, Multimedia, etc.) dar. Damit werden außerdem die einbezogenen GIS-Datenquellen, die in der thematischen Klassifizierung definiert werden, ersichtlich. Die Objektbildung in einem GIS erfolgt über eine thematische Klassifizierung. Die thematische Klassifizierung ist notwendig, um die Strukturen und Inhalte der verwendeten Datenquellen in einem einheitlichen Modell zusammenführen zu können. Sie repräsentiert einen großen Teil des Geometrie-Datenmodells. [65] HUBER ET AL. (1999)

4.3.4 ANWENDUNGSGEBIETE VON META-DATEN IN DER INFORMATIK

NACH [139] WÖRNDL (2001)

4.3.4.1 DIGITALE BIBLIOTHEKEN (DUBLIN CORE)

Meta-Daten spielen im Bereich digitaler Bibliotheken zum Katalogisieren von Beständen eine große Rolle. Dabei hat sich der Dublin Core Standard (<http://purl.oclc.org/dc/>) etabliert, der zwischen 1995 und 1996 entwickelt wurde. Das Ziel war es, die Beschreibung von Informationsquellen zu standardisieren, um Möglichkeiten zur Recherche - insbesondere auch im Internet - zu verbessern. Dublin Core definiert einen Satz von 15 Standard-elementen, bei deren Entwicklung besonderer Wert auf Einfachheit und universelle Anwendungsmöglichkeit in vielen Bereichen gelegt wurde.

Die Elemente sind: Titel („Title“), Autor („Creator“), Thema oder Stichwörter („Subject“), Beschreibung („Description“), Verleger („Publisher“), weitere Beteiligte („Contributors“), Datum („Date“), Dokumentenart („Type“), Format („Format“), Identifikator, z.B. ISBN („Identifier“), Quelle („Source“), Sprache („Language“), Beziehungen zu anderen Dokumenten („Relation“), räumliche und zeitliche Gültigkeit („Coverage“) und rechtliche Bedingungen („Rights“).

4.3.4.2 DOKUMENTEN-MANAGEMENT UND TEXT-KATEGORISIERUNG

Meta-Daten können zur Kategorisierung von Dokumenten verwendet werden, um Dokumenten-Verzeichnisse, wie z.B. Yahoo! (<http://www.yahoo.com>) für das World Wide Web (WWW), aufzubauen. Diese Verzeichnisse sind in der Regel hierarchisch aufgebaut und ermöglichen einen effizienteren Zugang zu Dokumenten für Benutzer bei sehr großen Dokumentenbeständen.

4.3.4.3 DATA WAREHOUSES

Data Warehouses beinhalten aufbereitete und analysierte Datenbestände und werden daher oft auch als *analytische* Datenbanken bezeichnet. Das Gegenstück dazu sind *operationelle* Datenbanken, die noch nicht weiterverarbeitete „Roh-Daten“ enthalten. Data Warehouses werden durch Aggregation möglicherweise vieler operationeller Datenbanken aufgebaut, wobei Meta-Daten eine wichtige Rolle spielen. Auch werden Meta-Daten in Data Warehouses verwendet, um Navigationshilfen für Benutzer anbieten zu können.

4.3.4.4 DATA MINING

Beim *Data Mining* wird versucht, „nach Wissen zu schürfen“, indem komplexe Zusammenhänge in Massendaten möglichst automatisch untersucht werden. Oft ist ein Data Warehouse die Datenquelle für Data Mining [90] LUSTI (1999). Je mehr und bessere Meta-Daten vorhanden sind, desto besser können Datenmuster oder Korrelationen erkannt und ausgenutzt werden, wozu oftmals statistische Methoden eingesetzt werden. Beispiele für Data Mining Anwendungen wären das Finden von Trends in Kundenbefragungen oder Auswerten von Zugriffsstatistiken von Web Servern.

4.3.4.5 META-DATEN IM WORLD WIDE WEB

1) Überblick

In den letzten Jahren hat die Fülle an Informationen, die im Internet angeboten werden, enorme Ausmaße angenommen. Im World Wide Web gibt es zu jedem erdenklichen Thema eine große Menge an Informationen, die weltweit innerhalb von Sekunden abrufbar sind. Das Internet hat sich zu einer großen „Bibliothek“ entwickelt. Leider fehlt dieser Bibliothek ein zentrales Inhaltsverzeichnis. Durch die dezentrale Struktur des WWW, die gerade deren Hauptvorteil ausmacht, ist es nicht möglich, eine Übersicht über alle angebotenen Informationen zu geben.

In der Regel ist daher nicht die Existenz einer bestimmten Information das Problem, sondern das zielgerichtete Finden der Information. Um dies zu unterstützen, gibt es entweder mit zum Teil sehr großem Aufwand redaktionell gepflegte Web-Verzeichnisse wie Yahoo! oder Suchmaschinen, die Web-Seiten systematisch absuchen und auswerten. Dabei wird der Inhalt von Web-Seiten analysiert, indem z.B. Überschrift und Titel der Seite größere Bedeutung zugemessen wird, und der Verweis auf die Seite in einer Datenbank abgelegt. Um die Ergebnisse der Suchmaschinen zu verbessern, können Autoren ihren Web-Seiten Metainformationen zuordnen. Dazu werden bestimmte HTML-Elemente, nämlich *Meta-Tags*, in die Web-Seite integriert. Der Inhalt von Meta-Tags wird nicht im Browser angezeigt, kann aber von Suchmaschinen verwendet werden, um die Güte von Suchergebnissen zu verbessern. Obige Beschreibung einer Web-Seite kann auch im Suchergebnis angezeigt werden, um Benutzern einen Eindruck zu geben, ob die gefundene Web-Seite den Erwartungen entspricht.

Meta-Daten können im WWW prinzipiell auf drei verschiedene Arten vorliegen:

1. in dem zu beschreibenden Dokument selbst, z.B. wie gezeigt als Meta-Tag
2. als Attribute während des Dateitransfers
3. in einem separaten Dokument

Um die Beschreibung von Web-Seiten etwas einheitlicher gestalten zu können, wurde vom **World Wide Web Consortium (W3C)** der Standard PICS (**P**latform for **I**nternet **C**ontent **S**election) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein Schema zum Bezeichnen von Internet-Inhalten. Das Schema wurde ursprünglich ins Leben gerufen, um jugendfreie Internet-Inhalte als solche auszuzeichnen bzw. bestimmte unerwünschte Inhalte auf Browser-Seite ausfiltern zu können. Web-Seiten können dabei vom Anbieter mit sog. PICS-Labels gekennzeichnet werden, wobei dies allerdings freiwillig und nach eigenem Ermessen erfolgt. Die PICS-Initiative hat sich nicht im größeren Umfang im WWW durchgesetzt, daraus haben sich aber allgemeinere Ansätze herausgebildet, Meta-Daten im WWW abzubilden.

Das Ziel ist, ein *Semantic Web* („semantisches Netz“) aufzubauen [30] DECKER ET AL. (2000). Ein Semantic Web umfasst Dokumente und andere Objekte, Beziehungen zwischen den Objekten und Informationen über die Bedeutung der Objekte. Den Objekten werden Meta-Daten zugewiesen, die für eine automatische Verarbeitung durch Rechner verwendet werden können. Dadurch soll die Informationssuche im WWW verbessert werden. Wichtig dabei ist, dass die Meta-Daten in strukturierter Form vorliegen.

Als Baustein für eine Repräsentation von Meta-Daten in diesem semantischen Netz ist das RDF vorgesehen. [82] LASSILA (2000)

2) das Resource Description Framework (RDF)

Das **Resource Description Framework (RDF)** stellt eine Infrastruktur zur Kodierung und zum Austausch von Meta-Daten zur Verfügung. Es ist das Meta-Datenformat, das für Dokumente in XML (**eXtensible Markup Language**) entwickelt wurde. Im Gegensatz zum Dublin Core Standard besteht RDF nicht aus einer fest vorgegebenen Menge von Attributen mit der Dokumente gekennzeichnet werden können, sondern es ist ein Modell, mit dem Meta-Datenelementemengen wie Dublin Core erstellt werden können. Es ist also ein Schema, um Meta-Daten zu definieren.

RDF ist ein Beispiel für die Repräsentation von Meta-Daten in der Informatik. RDF könnte nicht nur bei der Zuordnung von Meta-Daten zu Web-Seiten eine wichtige Rolle spielen, sondern sich auch allgemein als Meta-Datenformat für Dokumente durchsetzen.

4.3.5 META-DATENKONZEPTE DER GEOINFORMATIK

Meta-Informationen sind in GIS notwendig, um die Daten in einem Informationssystem gebrauchsfähig zu machen. Sie beinhalten den zentralen Nachweis über den fachlichen Informationsbestand von Organisationen, auch wenn sie technisch durchaus verteilt sein mögen. Meta-Informationen dürfen auch weitgehend als „öffentlich“ bezeichnet werden, da sie in jedem Fall keine individuellen Datensätze enthalten, sondern „nur“ deren Inhalte beschreiben. Damit bestehen für Meta-Informationen deutlich weniger Probleme beim Datenschutz als bei Geo-Daten. nach [16] BILL (1996)

Die Meta-Daten eines GIS sollten grundsätzlich allen potentiellen Nutzern des Systems verfügbar gemacht werden, um diesen bei der Planung von Anwendungen eine Beurteilung der Eignung der Geo-Datenbasis zu ermöglichen. Als geeigneter Weg bietet sich die kontrollierte Veröffentlichung über das Internet an. Alle so publizierten Meta-Informationen können als *externe Meta-Daten* bezeichnet werden.

Um einen zusammenfassenden und überschaubaren Blick auf die essentiellen Charakteristika von Sammlungen räumlicher Daten zu ermöglichen, müssen zwei grundsätzliche Möglichkeiten bei der Beauskunftung der zugehörigen Meta-Datenbank angeboten werden:

1. der Anwender muss verstehen können, wonach er suchen kann und
2. wie es zu finden ist.

Oft scheitern GIS-Projekte bereits in ihren Anfängen bei der Akquisition dafür notwendiger Datenbestände aus Unkenntnis der möglichen Datenquellen bzw. -Lieferanten oder wegen des enormen Aufwands bei der Recherche selbiger. Werden räumliche Datensammlungen sorgfältig katalogisiert, adäquat beschrieben und interessierten Stellen einfach zugänglich gemacht, kann sich der Aufwand der Datenakquisition auf ein Minimum reduzieren. Die Unüberschaubarkeit von üblicherweise sehr umfangreichen Sammlungen raumbezogener Daten muss mit Hilfe eines geeigneten Meta-Datenkonzeptes für den Anwender augenscheinlich auf eine komprimierte, leicht zu erfassende Beschreibung der verfügbaren Datenbestände reduziert werden. Adäquate, leicht zu verwendende Search-, Browse- und Retrieval-Mechanismen für raumbezogene Meta-Daten erleichtern und beschleunigen erheblich die Entwicklung von GIS-Projekten und -Applikationen. Das nachfolgende *Kap. 4.4* liefert hierzu relevanten Konzeptvorschläge.

4.4 UNTERSCHIEDUNGEN BEI DER FÜHRUNG VON META-DATEN IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN

In der Literatur und ebenso in der GIS-Praxis findet man bei Meta-Datenkonzepten immer wieder die Unterscheidung in vier grundlegende Philosophien zur Führung von Meta-Informationen in räumlichen Informationssystemen, die jeweils für sich betrachtet entscheidende Vor- und Nachteile mit sich bringen:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 1. <i>analoge Karteninformationen</i> | (historischer Ansatz) |
| 2. <i>Data Dictionaries</i> | (allgemeiner IT-Ansatz) |
| 3. <i>Geo-Datensatzbeschreibungen</i> | (aktueller GIS-Ansatz) |
| 4. <i>Geo-Datenkataloge</i> | (aktueller GIS-Ansatz) |

4.4.1 ANALOGE KARTENINFORMATIONEN VERSUS DIGITALE META-DATEN

nach [130] STROBL (1995) und [66] IFB-HANNOVER (2000)

Von Meta-Daten für konventionelle, analoge Karten hin zu digitalen Meta-Informationen in GIS:

Ein wichtiger Ausgangspunkt für die Diskussion räumlicher Meta-Daten ist die Analyse der bisherigen, „konventionellen“ Handhabung im Kontext kartographischer Dokumente. Auch räumliche Information in Form von Karten verschiedenster Art ist ohne Meta-Information weitgehend wertlos. Daher bestehen Karten nicht nur aus dem eigentlichen Kartenbild, sondern werden üblicherweise mit einer Kartenlegende in Klartext versehen, die über eine exakte Zeichenerklärung hinaus zahlreiche Informationen enthält. Analoge Karten beinhalten demnach i.d.R. eine umfassende Rand- und Rahmenausstattung. Diese ist zum Lesen der Karte nicht von elementarer Bedeutung, wohl aber notwendig, um die Karte im Gesamtkontext richtig bewerten zu können. Diese analogen Meta-Daten beziehen sich auf mehrere Kategorien, wie beispielsweise:

- **räumlicher Bezug:**
Lage auf der Erdoberfläche angezeigt durch textliche Gebietsangabe, Rahmenmarken oder Rasterlinien von Koordinatensystemen, Nebenkarten und Blattschnitte zur Orientierung, etc.. Ferner wird durch Angabe von Maßstab, Nordrichtung, Projektion, Datum, etc. neben der allgemeinen Orientierung auch ein quantitatives Auswerten (Messen) in der Karte unterstützt.
- **thematischer Bezug:**
Betitelung der Karte sowie Angabe der Kategorien und ihnen zugeordneten graphischen Repräsentationen in Form von Legenden und ggf. genaueren Beschreibungen oder Definitionen in textlicher Form.
- **zeitlicher Bezug:**
Angabe beispielsweise eines Aufnahme- bzw. Gültigkeits-Datums oder -Zeitraums sowie des Entstehungs-Datums.

Neben dieser Einordnung des in der Karte repräsentierten Ausschnittes der räumlichen Realität in die „geographischen Grunddimensionen“ von Raum, Zeit und Merkmalen sind je nach Thema und Adressaten einer Karte noch weitere Informationen vorhanden, z.B. Autoren- und Quellenangaben, Genauigkeit bzw. Auflösung oder Einordnung in umfassendere Kartenwerke.

Der zentrale Unterschied zur kartographischen Handhabung von Meta-Daten liegt zunächst in der noch größeren Unentbehrlichkeit von Meta-Information bei digitaler Speicherung. Digitale Daten weisen im Gegensatz zu einer Karte keinerlei offensichtlichen „Kontext“ auf, sind also ohne Begleitinformation so gut wie nicht verständlich. Dazu kommt noch der Umstand, dass digitale Daten sehr leicht kopiert und über Netze transferiert und somit in neue Hände weitergeleitet werden können. Diese einfache, verlustfreie Verbreitung macht eine integrierte, begleitende Dokumentation zur Sicherstellung adäquater Verwendung beim Empfänger besonders wichtig.

Genauso wie im Zuge des Software-Engineering einer integrierten Dokumentation eine zentrale Rolle zukommt, darf die Dokumentation beim Schema-Entwurf einer digitalen Geo-Datenbasis nicht zu kurz kommen. Die Definition von Inhalt und Struktur der Datendokumentation, also der Meta-Daten, ist daher als integraler Bestandteil eines Datenbasentwurfes zu sehen. Während der Anwender diese Anforderung für die große Menge aktuell vorliegender Geo-Datenbestände nicht nachträglich erfüllen kann und will, soll sie doch eine Leitlinie für zukünftige Arbeiten sein. In weiterer Folge stellt die klar strukturierte, datenbankfähige Organisation ein wesentliches Merkmal der Meta-Daten digitaler Bestände dar. Im Gegensatz zu auf Karten integrierter Meta-Information ist damit in einer Meta-Datenbank (Datenkatalog) eine unmittelbare Suche und Auswahl, ggf. verbunden mit direktem Zugriff auf die eigentlichen Geo-Daten möglich. Digitale Meta-Daten sind demnach wesentlich breiter einsetzbar. Dokumentation und Katalogisierung können in einem Schritt erledigt werden.

4.4.2 DATA DICTIONARIES UND REPOSITORIES

Die seit längerem im Datenbankbereich und damit auch in hoch skalierten Geoinformationssystemen gängigen Data Dictionaries und Repositories sind eigenständige Meta-Informationssysteme und stellen die Vorstufe komplexer Meta-Datenkonzepte in Informationssystemen dar. Das Data Dictionary ist das Herzstück einer Datenbank. Es enthält nicht die eigentlichen Daten, sondern eine logisch-physikalische Beschreibung der Daten und ist für den Anwender nicht immer ohne weiteres sichtbar. Im Data Dictionary ist die Struktur der zu speichernden Daten hinterlegt. Diese Daten können ebenfalls als Meta-Daten bezeichnet werden. Dazu gehören beispielsweise die Datentypen der Felder einer Tabelle, Integritätsregeln, Beziehungen zu anderen Tabellen und Datenbanksichten (Views). Auch Informationen über die physikalische Organisation der Daten, über Zugriffsrechte, Privilegien und vieles mehr sind in einem Data Dictionary gespeichert. Sie werden vom DBMS benutzt, um Zugriffe auf die Daten zu verwalten und zu kontrollieren.

Nach [97] MUKSCH (2000) kommen Data Dictionaries und Repositories überwiegend im operativen Bereich zum Einsatz. Allerdings ist die Verbreitung solcher Meta-Informationssysteme in der Praxis weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben, weil die Funktionalität der meisten kommerziell verfügbaren Systeme kaum ihre theoretischen Möglichkeiten ausschöpft.

4.4.3 GEO-DATENSATZBESCHREIBUNGEN

Ein Geo-Datensatz besteht in GIS oftmals aus einer geometrischen Beschreibung sowie einer Datentabelle, in der die Inhalte (Attribute, Eigenschaften) der definierten Geometrien (in aller Regel in Form nicht selbsterklärender Kürzel) abgelegt sind. Die meisten kommerziellen GIS-Produkte ermöglichen darüber hinaus inzwischen auch die Eingabe von Kontext-Informationen. In aller Regel handelt es sich dabei aber um unstrukturierte Kommentare, die zudem außerhalb des Anwendungs-Programms nicht lesbar sind. Diese Zusatzinformationen sind jedoch nicht als Meta-Daten im eigentlichen Sinne zu betrachten. Insbesondere bei der Weitergabe von Geo-Daten an andere Nutzer anderer GIS-Software gehen diese Kommentare oftmals verloren, da es dafür noch keine allgemeinverbindlichen Standards gibt.

Einen Schritt weiter gehen hierbei beispielsweise die datensatz-begleitenden, XML-basierten Meta-Datenkonzepte jüngster Entwicklungen der Fa. ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). Einen Schwerpunkt bildet dabei natürlich die Einbettung von Meta-Datenstandards und erweiterten Meta-Datenstrukturen in die deren GIS-Produkte. Solche Realisierungen für Meta-Datenimplementierungen in GIS unterstützen auf einzelne Datensätze bezogene, file- und text-basierte Meta-Daten. D.h., es kann zu jedem Geo-Datensatz parallel ein Meta-Datensatz mit frei definierbarem oder standardisiertem Inhalt angelegt werden.

4.4.4 GEO-DATENKATALOGE

Geo-Datenkataloge stellen neben der direkten Beschreibung einzelner Geo-Datensätze den zweiten wichtigen Anwendungsaspekt von Meta-Daten dar. Allerdings unterscheiden sich die Anforderungen an Inhalt und insbesondere Organisation von Datenkatalogen teilweise beträchtlich von denen an datensatz-bezogene Meta-Daten. Diese Unterschiede ergeben sich vornehmlich aus der oftmals anders gelagerten Zielsetzung. Datenkataloge dienen u.a. der qualifizierten Auffindung für bestimmte Anwendungen geeigneter Geo-Datensätze. So gewinnen strukturelle und navigatorische Meta-Informationen (vgl. Kap. 4.7) zur Beantwortung der Fragestellung: „*Wo sind als geeignet eingeschätzte Datensätze konkret aufzufinden und zu beziehen?*“ hier an Bedeutung.

Ein Datenkatalog kann sinnvoll nur als Datenbank organisiert sein, insbesondere zur Gewährleistung von Konsistenz, Wertebereichsprüfung und effizienter Suche. Nach [97] MUKSCH (2000) ist eine derartige Meta-Datenbank für Benutzer eine Art Hilfesystem, bestehend aus einem Informationskatalog und einer Navigationshilfe. Ersterer beschreibt die Informationsobjekte in der Terminologie der Benutzer. Die Navigationshilfe (Browser) unterstützt ein selbständiges, zielgerichtetes Navigieren in den Meta-Datenbeständen. Bezüglich der Organisation bedeutet die Strukturierung als Datenkatalog, dass ein zumindest virtuell zentralisierter Zugang erforderlich ist. Der Katalog muss als Zentralstelle dienen, von der auf andere Kataloge oder spezifische Daten verwiesen wird. Daraus ergibt sich das nicht trivial lösbare Problem, dass Meta-Daten einerseits direkt mit Datensätzen verknüpft sein sollen, andererseits jedoch zentral vorliegen sollen. Gerade die fallweise geübte Praxis der von den eigentlichen Daten weitgehend unabhängigen Katalogisierung zeigt in ihrer Anwendung die Schwächen dieses Ansatzes auf (vgl. [55] HASHEMI-KEPP, LEGAT (1994)).

Für beide Ansätze lokaler vs. zentraler Verfügbarkeit von Meta-Daten ergeben sich einige Vorteile, beispielsweise für eine **lokale Führung**:

- leichter Transfer (Export, Standardschnittstellen) von Meta-Daten zusammen mit Daten
- direkte Manipulation mittels eingesetzter GIS-Software
- unproblematische Generierung abgeleiteter (impliziter) Meta-Daten
- einfachere Berücksichtigung der Auswirkungen direkten Zugriffs (Export, Rename, ...)

und andererseits für eine **zentrale Organisation**:

- Notwendigkeit des zentralen Zugangs in Katalogen
- weitgehende Unabhängigkeit von spezifischer GIS-Software
- Aufnahme von offline- und analoger Geo-Information
- Unterscheidung von Meta-Daten- und Daten-Zugriff (Sicherheit!)
- einfachere Nutzung der Sicherungs- und Sicherheitsaspekte von DBMS

Unterschiedliche Typen von Meta-Daten eignen sich auch in unterschiedlichem Maße für lokale bzw. zentrale Meta-Datenkonzepte, wie im nebenstehenden Beispiel aufgezeigt.

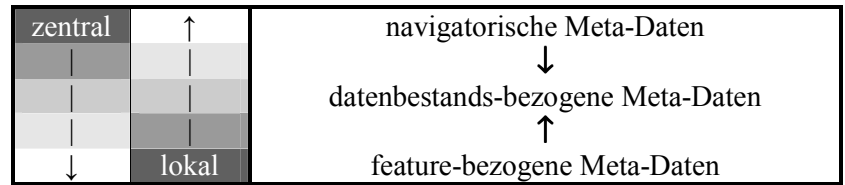


ABBILDUNG 14: EIGNUNG LOKALER UND ZENTRALER KONZEPTE FÜR META-DATEN IN GIS

Nach [130] STROBL (1995) sind zu einer bestmöglichen Erfüllung der Anforderungen an Meta-Daten Eigenschaften aus beiden Organisationsformen zu vereinigen. Da das einfache Kopieren von lokalen Meta-Daten zu zentralen Katalogen aufgrund der üblichen Redundanzfolgen weitgehend zu vermeiden ist, stellt sich hier das oben bereits erwähnte Problem. Grundsätzlich wäre es nun möglich, Referenzen (mittels Zeigern) zwischen lokalen und zentralen Meta-Daten herzustellen und auf diese Weise idente Meta-Daten ohne Kopie an beiden Stellen verfügbar zu machen.

Der grundsätzlich einfachere Fall, einen zentralen Katalog weitgehend aus Referenzen auf lokal (in Verbindung mit dem jeweiligen Geo-Datensatz) vorliegende Meta-Daten aufzubauen, scheidet meist aus, da hierfür eine dauerhafte Verbindung und Erreichbarkeit der Geo-Datenbestände erforderlich wäre. Temporäre Verbindungsunterbrechungen in Netzwerken und die Auslagerung nur selten benötigter Bestände würden zu deren automatischen Nichtverfügbarkeit im jeweiligen Katalog führen. Wichtiger ist hier vielleicht noch der Faktor der Einbeziehung von Katalogen „fremder“ oder auch analoger Daten, zu denen keine Online-Verbindung besteht.

Der umgekehrte Fall, Meta-Daten nur zentral zu führen, erfordert aufwändige Vorkehrungen auf Seiten der verwendeten Software. Alle Prozeduren, die Meta-Daten benötigen (Export, Visualisierung, manche Verarbeitungsschritte oder einfache Selektion und Abfragen) müssten neben den Daten auch auf die zugehörige, zentral organisierte Meta-Information zugreifen. Während dies offensichtlich ein starkes Argument zugunsten einer ganzheitlichen, umfassenden DBMS-Organisation einer GIS-Datenbasis darstellt, entspricht dies leider nicht dem mehrheitlichen Stand aktueller Systeme. Ebenso ist im Fall der übergreifenden Katalogisierung von Geo-Daten aus heterogenen Systemumgebungen eine gemeinsame DBMS-Basis und DB-Struktur unterschiedlicher Systeme wohl nicht vorauszusetzen.

Ein theoretischer (und auch aufwändig zu implementierender) Lösungsansatz dieses Umstandes läge in der lokalen (in Verbindung mit Datenbeständen) Spiegelung zentral geführter Meta-Daten. Die Erfassung und Aktualisierung von Meta-Daten würde diese direkt in die zentrale Meta-Datenbank schreiben. Jeweils nach Modifikationen oder auch periodisch würde die lokale Datendokumentation aktualisiert. Nur wenn Datenbestände aus dem unmittelbaren Zugriffsbereich entfernt würden, wäre beispielsweise die Pfad-Information nachzutragen. Die Konsistenz dieser Verweise wäre jeweils automatisch zu überprüfen.

4.4.5 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE FORSCHUNGSPLATTFORM

Unter Kenntnis der Vorteile und Defizite der vier vorgestellten Meta-Datenkonzepte in GIS sowie deren Gewichte wird im Fall des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ der Ansatz gewählt, eine sinnvolle **Kombination aus Geo-Datensatzbeschreibung und Geo-Datenkatalog** abzuleiten und zu implementieren (vgl.

Abbildung 23 in Kap. 4.8.3).

Im Falle des Referenz-GIS ist eine zentrale Haltung sowohl der Datensatzbeschreibungen als auch des Datenkataloges möglich und sinnvoll. Eine dezentrale Haltung von datensatz-begleitende Meta-Daten wird nur bei Notwendigkeit in Ausnahmefällen (z.B. feature-bezogene Meta-Informationen) zugelassen und mit Hilfe datenformatsabhängiger Methoden, wie oben beschrieben, realisiert. Näheres hierzu ist in *Kap. 5* erörtert.

4.5 NORMIERUNG UND STANDARDISIERUNG VON META-INFORMATIONEN IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN

4.5.1 EINFÜHRUNG

Wie in den vorangegangenen Kapiteln erörtert, sind die meisten Daten eines GIS ohne eingehende und strukturierte Beschreibung nahezu wertlos. Einziger Ausweg ist das nach Möglichkeit standardisierte Zur-Verfügung-Stellen von Meta-Information bis hinunter auf die Ebene der eigentlichen Objekt-Informationen. Derartige Ambitionen stecken aber nach wie vor noch weitgehend im Forschungsstadium. Einige der Aufgaben von Meta-Daten können nur unter Zuhilfenahme einschlägiger Standards sinnvoll erfüllt werden. Dazu zählen beispielsweise die Dokumentation von Geo-Daten beim Transfer zwischen unterschiedlichen Systemen und die Bereitstellung von intra- oder internet-basierten Meta-Information in zentralisierten Meta-Datenbanken.

Neben rein technischen Möglichkeiten nehmen Meta-Daten bzw. Meta-Datenkataloge inzwischen auch für die konzeptionelle Realisierung von Datenhaltungs- und Datenzugriffskonzepten eine immer größere Bedeutung ein. So beschäftigen sich seit kurzem Stellen, wie beispielsweise das InGeoForum, mit dem Thema Meta-Daten und dem internet-basierten Bereitstellen von Geo-Daten (vgl. Kap. 7.7.3.6 der Anlage). Ebenso bemühen sich seit wenigen Jahren Normungsgremien wie ISO und FGDC um den Aufbau und die Etablierung von nationalen und internationalen Meta-Datenstandards (vgl. Kap. 4.5.3.1 und 4.5.3.2). In der Praxis werden hingegen Meta-Daten aus Kostengründen bisher kaum oder nur sehr unzureichend erfasst, so dass eingehende Erfahrungen über Nutzungspotentiale von Meta-Daten derzeit noch weitestgehend fehlen. [65] HUBER ET AL. (1999)

Um die Möglichkeit der Mehrfachnutzung von Geo-Daten zu gewährleisten bzw. einen entsprechenden Ansporn hierfür zu geben, muss ein System mit allgemein akzeptierten Bewertungsskalen und Beschreibungsrichtlinien geschaffen werden. Für den Bereich der Meta-Daten in Geoinformationssystemen übernehmen seit einiger Zeit diverse Normungs- und Standardisierungs-Einrichtungen diese schwierige Aufgabe.

Meta-Datenstandards haben dabei für die Gewährleistung einheitlicher Ansätze auf zwei Ebenen zu sorgen: [130] STROBL (1995)

- Einerseits muss festgelegt werden welche Charakteristika von Geo-Daten überhaupt beschrieben werden.
- In weiterer Folge muss dann das konkrete Format für Speicherung und Transfer festgelegt werden.

Standardisierungsansätze für Meta-Daten waren lange Jahre selten. Meist handelte es sich hierbei nur um Bestandteile von Geo-Daten-Transferstandards, in denen ein oft minimaler Satz von Deskriptoren mit dem Ziel sinnvoller Interpretation der Daten in den Zielsystemen festgelegt wird. Ein Beispiel für derartige, in Transferstandards integrierte Festlegungen ist der US-amerikanische **Spatial Data Transfer Standard (SDTS/FGDC-STD-002)** des **Federal Geographic Data Committees (FGDC)**. Daraus resultieren bereits einige Ansätze zu einer speziellen Normierung von Meta-Daten, wie beispielsweise ein US-weiter Meta-Datenstandard (**CSDGM/FGDC-STD-001-1998**) des FGDC oder der Entwurf einer EU-Norm (**DIN EN 12657**). Entsprechende Überlegungen haben auch für den Umweltbereich zu der Entwicklung des bundesweit eingesetzten **UmweltDatenKataloges (UDK)** geführt. Das Umweltministerium Niedersachsens hatte hierbei die Initiative ergriffen und definiert im Auftrag der EU einen UDK. Mehrere Bundesländer und Österreich haben sich zur Mitwirkung und Übernahme des UDK bereiterklärt. Er dient jedoch nicht dem Nachweis von Einzel-Projektdateien, sondern erfasst zentral landes- oder bundesweit umweltrelevante Geo-Daten.

Die internationale Standardisierung digitaler Geo-Information ist recht jung und befindet sich in weiten Teilen noch in der Entwicklung. Das Thema „Meta-Information“ ist seit kurzem bei diesen Arbeiten eingebunden. Auf europäischer Ebene (**CEN (Comité Européen de Normalisation)**) arbeitete das **TC (Technical Committee) 287** an der Standardisierung von „Geographic Information“. Im Dokument **N370** sind dazu erste Entwürfe enthalten, wobei aber Datenqualität, Katalogisierung, etc. separat von den Meta-Daten bearbeitet werden. Die Beziehung dieses europäischen Ansatzes zur gleichzeitigen Entwicklung einer Norm der **International Standards Organization (ISO/TC 211)** war lange Zeit offen und wird in Fachkreisen wegen mangelnder Akzeptanz inzwischen als nicht realisierbar eingeschätzt.

Die für das generelle „Reference Model“ zuständige ISO/TC 211 Working Group 1 sprach lange Zeit von Meta-Datenkategorien wie beispielsweise „Identification and Ownership“, „Data Content and Structure“, „Availability and Delivery“ und „Data Currency and Accuracy“. Allerdings wurden dort noch neben Meta-Daten gesondert die Punkte „Quality“ und „Time“ geführt. Des Weiteren existiert von ISO ein „Working Draft“ der geplanten SQL-Erweiterung SQL/MM (Multimedia), deren Teil 3 sich mit räumlichen Daten befasst. Auch darin sind umfassende Meta-Daten als „Abstract Data Types“ vorgeschlagen. An einer Zusammenführung mit dem Entwurf des TC 211 wird gearbeitet. Näheres zu ISO und dem derzeitigen Stand der internationalen Meta-Datenstandardisierung ist in *Kap. 4.5.3.1* aufgeführt.

Vor dem Hintergrund der aktuell forcierten US-amerikanischen Entwicklung hin zu einer National Information Infrastructure (NII) bzw. deren Komponente, einer National Spatial Data Infrastructure (NSDI) hat sich allerdings die explizite und gesonderte Festlegung eines gemeinsamen Nenners zur Dokumentation von Geo-Daten unterschiedlichster Herkunft als unerlässlich erwiesen. Der Metadata Content Standard des FGDC definiert einen Katalog von Deskriptoren, die den gesamten semantischen und formalen Kontext eines Geo-Datenbestandes so beschreiben sollen, dass seine Eignung für einen bestimmten Anwendungszweck vollständig beurteilt werden kann. Näheres zu FGDC ist in *Kap. 4.5.3.2* aufgeführt.

Damit sind allerdings in jedem der bisherigen Normungsansätze nur die Inhalte von Meta-Daten, nicht jedoch deren Schema oder ein Austauschformat spezifiziert. Diese Voraussetzungen für die Entwicklung von meta-datenfähigen Schnittstellen sind derzeit noch nicht gegeben. Mittelfristig ist jedoch aufgrund der notwendigerweise engen Bindung an spezifische Datenbestände eine Vereinbarung für meta-datenfähige Schnittstellen zu erwarten. Dies kann am ehesten als Bestandteil von Geo-Datenaustauschformaten, etwa in Ausweitung der „Data Quality Description“ des oben genannten SDTS, geschehen.

Die Normierungs- und Standardisierungs-Ansätze für Meta-Daten in GIS haben bisher mehrer Modellvorschläge hervor gebracht, die theoretisch überzeugend, für die Praxis aber meist zu perfektionistisch sind. Diese Aussage gilt sowohl für den Bereich der Ansätze zur Qualitäts- als auch für die zur Meta-Datennormierung. Ein praxisgerechtes Meta-Datenmodell muss den Mehraufwand für die Erfassung der Meta-Daten in engen Grenzen halten und es darf das Datenvolumen sowie die Gesamt-Administration des Systems nicht zu stark beeinträchtigen. Deshalb ist aus der Sicht potentieller Anwender bei der Standardisierung und Normung von Meta-Daten anzustreben, den Umfang und Inhalt der Meta-Informationen zwar konsequent aber auch praxisgerecht und anwendungsorientiert vorzusehen. Hier sind die derzeit noch größten Probleme der Standardisierung von Meta-Informationen für GIS zu sehen.

Bei der konzeptionellen und praktischen Umsetzung der Forschungsplattform Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind Meta-Datenstandards nicht von primärer Relevanz. Die Gründe hierfür sind in der bis dato fehlenden Verfügbarkeit international gültiger Meta-Datennormen, in der Historie des Referenz-GIS sowie in seinen heterogenen Anwendungszielen zu suchen. Nichtsdestotrotz stellen die Inhalte einzelner Normungsansätze sowie die Ergebnisse von Harmonisierungsaktivitäten der beteiligten Gremien untereinander einen wichtigen Leitfaden für die Realisierung des Meta-Datenkonzeptes des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ dar.

4.5.2 STANDARDS UND NORMEN VON META-DATEN IN GIS

Auf Ergebnissen von Wissenschaft, Technik und Anwendungserfahrung basierend, beschäftigen sich Normungsinitiativen auf nationaler sowie internationaler Ebene mit der Geoinformatik. [53] GNÄGI (1999)

Die Integration von Meta-Datenstandards und -Normen in Geo-Datenmodelle und GIS-Applikationen böte für Daten-Anbieter und -Nutzer gleichermaßen den grundsätzlichen Vorteil, auf verteilte und heterogen Geo-Datenbestände übergreifend und vereinheitlicht zugreifen zu können. [65] HUBER ET AL. (1999)

Unter dem deutschen Begriff „**Standard**“ ist eine innerbetriebliche Vorschrift ohne Außenwirkung zu verstehen. Hierzu zählen Verwaltungsvorschriften mit begrenzter Außenwirkung, wie sie beispielsweise von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltung der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) herausgegeben werden. Ein Beispiel hierfür ist die Einheitliche DatenBankSchnittstelle (EDBS) aus dem Bereich der amtlichen Vermessung in Deutschland. **Normen** werden hingegen von nationalen oder internationalen Normungsgremien erarbeitet und als Entwürfe der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegt, bevor sie verbindlich herausgegeben werden. [126] SEIFERT (1999)

Die beiden Begriffe werden in der Literatur oftmals gleichbedeutend verwendet und deren Definitionen vermischt. Eine strikte Trennung soll auch im Rahmen dieser Arbeit nicht eingehalten werden.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass nationale Normierungsbemühungen mitunter in internationale Regelungen einfließen oder diese begründen. Auch sind Harmonisierungsaktivitäten (national ↔ international) keine Seltenheit, wenn beispielsweise nationale Standards länderübergreifend anerkannt sind und in der Praxis große Beachtung finden. Ein Beispiel hierfür sind die aktuellen Harmonisierungsbestrebungen zwischen ISO und FGCD im Bereich der Meta-Datenstandardisierung (vgl. Kap. 4.5.4.1). [65] HUBER ET AL. (1999)

Für geographische Anwendungen gibt es eine Reihe von Standardisierungsbemühungen im internationalen Umfeld. Normungsgremien sind z.B. CEN (Comité Européen de Normalisation), ISO (International Organisation of Standardization), DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) und OGC (OpenGIS-Consortium). Mit Beginn der offiziellen europäischen Aktivitäten auf dem GIS-Sektor im Jahre 1993 war die nationale GIS-Normung bei DIN in eine europäische Normung durch CEN (Vornorm) eingeflossen. Derzeit hat CEN ihre Arbeit in diesem Bereich jedoch eingestellt.

In der ISO sind vorwiegend nationale Normungsgremien vertreten. Die internationale Normung der ISO wird dabei im Wesentlichen von nordamerikanischen Interessen dominiert und enthält momentan, im Gegensatz zu CEN, keine zwingende Verpflichtung zur nationalen Übernahme. Deutsche Interessen können durch die offizielle Mitgliedschaft und die volle Stimmberechtigung von DIN in ISO eingebracht werden. Durch die starke amerikanische Dominanz finden sich europäische Besonderheiten in ISO nur stark eingeschränkt wieder.

[2] BARTELME (1997)

In der ISO werden Vorgaben für die konzeptionelle Modellierung standardisiert, während das OGC eher Definitionen interoperabler Schnittstellen erarbeitet, also einen allgemeine IT-Standards für GIS-Anwendungen erarbeitet. Das Komitee ISO/TC 211 (Task Committee 211) „Geoinformation/Geomatics“ wurde etwa zweieinhalb Jahre nach dem europäischen Äquivalent CEN/TC 287 gegründet und greift folglich weit reichendere Themen und neuere Lösungsansätze auf. Die Normungsentwürfe der ISO scheinen daher, im Gegensatz zu den Entwürfen des CEN, eher von der Industrie unterstützt zu werden. Die Normungsarbeiten im ISO/TC 211 entwickeln gegenwärtig eine besondere Dynamik. Sie stellen speziell in folgenden Themenbereichen gegenüber der CEN-Normung eine Erweiterung dar:

- Implementierung („Conformance and Testing“)
- zeitliche Aspekte („Temporal Subschema“)
- Methodologie für die Erstellung von Objekt-, Attribut- und Beziehungskatalogen für Geo-Daten („Catalogueing“); Erkundungen zur Erstellung eines internationalen Katalogs
- Visualisierung von Geoinformation mit Methoden der Symbolisierung sowie des automatischen Übergangs von (nicht-graphischen) Geo-Daten zu Grafiken („Portrayal“)
- Integration und Verwendbarkeit verschiedenster neuartiger Dienste, wie etwa Multimedia und Internet („Services“)

In Deutschland befasste sich ein DIN-Arbeitsausschuss „Kartographie und Geoinformation“ mit der Aus- bzw. Weiterverarbeitung der Ergebnisse der laufenden Sitzungen von ISO/TC 211 und wird sich auch in Zukunft in die Normierungsarbeit einbringen, soweit die Personalressourcen vorhanden sind. U.a. wurden deutsche Übersetzungen von Dokumenten angefertigt. [73] KNOOP (1997)

Die Integration von Standards in Geoinformationssysteme bietet für Datenanbieter und Nutzer ganz allgemein den Vorteil, vorhandene Datenbestände übergreifend nutzen zu können. GIS-Standards haben insbesondere Bedeutung für:

- die Integration von Daten und Funktionen
- die formale Beschreibung von Datenmodellen und Applikationen in graphischer und lexikalischer Form
- die Beschreibung von Meta-Daten und der Datenqualität
- die Visualisierung von Daten und Präsentationsmodellen

Im Folgenden werden die Standards und Normen unterschieden:

- für Geo-Daten
- für Datenaustauschformate
- für Datenbankmanagementsysteme und Web-Standards sowie
- für Meta-Daten

4.5.2.1 WICHTIGE STANDARDS FÜR GEO-DATEN

Stellvertretend für die zahlreichen Normungsansätze aus dem Bereich der Geo-Daten wird hier kurz auf derzeit bedeutsame Aktivitäten des OGC eingegangen. Ausführlichere Informationen zu diesem Themenkomplex sind in *Kap. 7.7.2.1 der Anlage* zu finden. Das OGC wurde hier in *Kap. 3.5.2* bereits kurz vorgestellt.

Das OGC hat in jüngster Vergangenheit die OpenGIS Simple Features Specification zur logischen Geo-Datenimplementierung in Geoinformationssystemen für OLE/COM (Rev. 1.1), CORBA (Rev. 1.0) und für SQL (Rev. 1.1) erarbeitet (vgl. <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>). Die definierten Implementierungsspezifikationen beschränken sich in diesem ersten Schritt auf die ebene Geometrie mit ausschließlich geraden Linienverbindungen und topologisch redundanter Datenhaltung. Daher sind bislang Bögen, Kreise oder Spline-Funktionen ebenso wenig wie die *z*-Koordinate definiert. Linien benachbarter Flächen werden ebenso redundant gehalten wie Punkte, die mit verschiedenen Linien inzidieren. In nachfolgender Abbildung sind die entsprechenden SQL-Geometrie-Typen hierarchisch dargestellt. Diese Form der geometrischen Modellierung ermöglicht eine normalisierte Datenhaltung in dafür ausgelegten bzw. zertifizierten Geo-Datenbanken. Erste bzgl. der Simple Features Specification OGC-konforme Produkte sind bereits auf dem GIS-Markt zu finden.

Die auf Egenhofer zurückgehenden und in den OpenGIS Simple Features Specification für SQL definierten geometrischen Operatoren bieten für Geo-Datenbanken stark erweiterte Abfragemöglichkeiten und Zugriffsfunktionen für raumbezogene Anwendungen gegenüber dem derzeit noch gültigen DB-Abfragestandard SQL92. (vgl. [36] EGENHOFER, HERRING (1990) und [35] EGENHOFER (1991)).

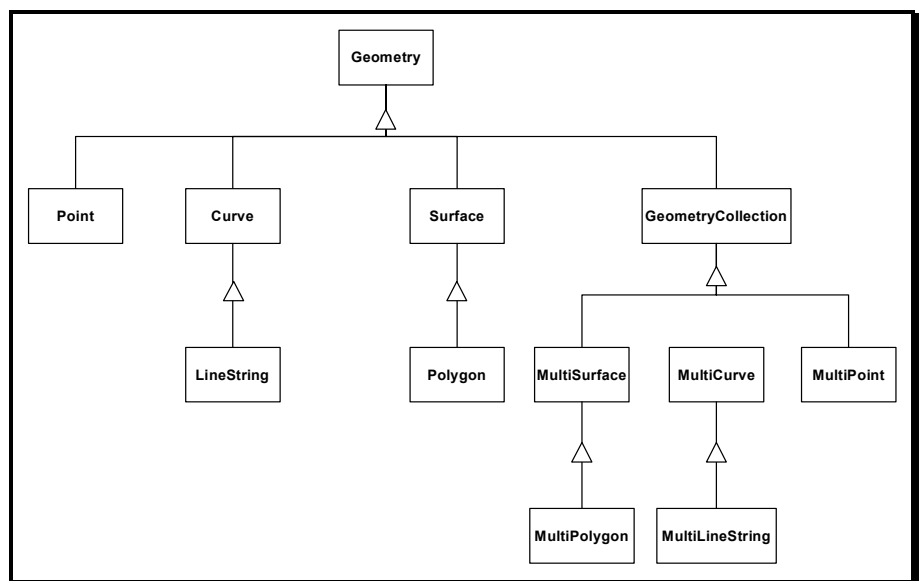


ABBILDUNG 15: HIERARCHISCHE SQL-GEOMETRIE-TYPEN AUS: OPENGIS SIMPLE FEATURES SPECIFICATION FOR SQL

Neben der OpenGIS Simple Features Specification ist seit kurzem auch die OpenGIS Grid Coverages Specification von Relevanz. Die OpenGIS Grid Coverages Implementation Specification liefert die Mittel für eine bislang nicht realisierbare Interoperabilität zwischen Systemen, die Fernerkundungsdaten, DGM-Daten, gescannte Karten und andere Arten von georeferenzierten raster- oder grid-basierten Geo-Daten produzieren und verarbeiten. Die OpenGIS Grid Coverages Specification umfasst neben dem auch im Rahmen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ häufig verwendeten GeoTIFF-Dateiformat, verschiedene Farb-Modelle, variable Pixel-Organisationsstrukturen und alle gängigen Grid-Geometrien und -Bezugssysteme. Die Grid Coverages Specification ist konform zur Simple Features Specification.

Einige dieser OGC-Inhalte finden im Referenz-GIS bereits Anwendung (*s.o. und vgl. Kap 5.3.2.3*). Eine vollständige Anpassung des Referenz-GIS an OGC-Vorgaben ist mitunter abhängig von der verwendeten GIS-Software und kann mit Hilfe künftiger OGC-konformer Datenhaltungskonzepte in weitere Forschungsprojekte des Fachgebiets GIS der TU München einfließen.

Das OGC hat zahlreiche Berührungspunkte und Schnittmengen mit anderen Normierungsgremien. Die Wichtigsten bestehen mit Sicherheit zur ISO. Hier einige Beispiele:

- ISO/IEC JTC1 SC32, SQL Spatial Extensions, Geometry Model
- ISO/IEC JTC1 SC24, Computer Graphics
- ISO TC204, Mobile Computing, and most relevantly, Automobile Navigation Systems
- ISO TC211, Geodata Standards: Metadata, Spatial Schema, Spatial Reference, Application Schema, Conceptual Schema Language, Quality, Portrayal, Encoding, Catalog, ...

Beispielsweise werden die durch die Definition neuer Datentypen, Operatoren und Funktionen vorgenommenen SQL-Erweiterungen voraussichtlich in den zukünftigen SQL3 Standard durch die Kooperation des OGC mit ISO/IEC JTC/SC32 einfließen. Darüber hinaus existiert ein OGC Agreement mit dem ISO TC211 zur technischen Ausrichtung jeweils analoger Entwicklungen. Eine gegenseitige Übernahme erzielter Spezifikationen ist vorgesehen. [77] LADSTÄTTER (1999)

4.5.2.2 GELTENDE STANDARDS FÜR GEO-DATENAUSTAUSCHFORMATE

Bei der Entwicklung von umfassenderen Transferstandards (Geo-Daten-Schnittstellen) wird durchwegs, allerdings in unterschiedlichem Ausmaß, neben dem reinen Datentransfer auch der semantische Kontext der Daten mit berücksichtigt. In diesen Fällen liegt der Schwerpunkt aus guten Gründen bei der begleitenden Dokumentation von Geo-Daten für die Weitergabe. Die Datenkatalog-Perspektive steht dabei im Hintergrund. Der Erzeuger der Daten wird jedoch durch den Transferstandard angehalten, zumindest eine grundlegende Dokumentation vorzunehmen. [130] STROBL (1995)

Der Datenaustausch von Geo-Daten zwischen Datenanbietern und -Nutzern (Dienstleistern) wird in Deutschland im Wesentlichen durch folgende Datenaustauschformate bestimmt: [120] SCHILCHER ET AL. (1999)

- **EDBS:** Die von der AdV definierte **Einheitliche DatenBank Schnittstelle** ist ein deutscher Standard zum Austausch von ALK/ATKIS-Daten auf Modellebene.
- **SICAD-SQD, ESRI-Shape** und **Autodesk-DXF** sind die derzeit wichtigsten Quasi-Industriestandards für die modellunabhängige Abgabe von Vektor-Daten für GIS.
- **TIFF** ist der quasi Industriestandard für die Abgabe von Raster-Daten in GIS.

Diese Datenaustauschformate beinhalten allesamt keine expliziten Meta-Definitionen oder -Attribute. Eine spezielle Art semantischer Information stellen seit einiger Zeit Objektschlüsselkataloge dar, die vor allem in inhaltlich hoch strukturierten Bereichen von Geo-Daten, wie topographischen Karten und Planwerken, gebräuchlich sind. Beispiele hierfür sind der ATKIS-OK oder die DatRi-GRUBIS der DFK. Aus der Sicht der Genese bzw. des Einsatzes solcher Kataloge sind sie in den meisten Fällen allerdings weniger der Datendokumentation, sondern eigentlich dem Modell-Entwurf zuzurechnen und sind daher eine eher „unbeabsichtigte“ Form von Meta-Informationen.

Ein US-amerikanisches Beispiel für in Transferstandards integrierte Meta-Deskriptoren ist die bereits weiter oben erwähnte „Data Quality Description“ des FGDC-SDTS. Sie beinhaltet in den fünf Kategorien *Lineage*, *Positional Accuracy*, *Attribute Accuracy*, *Logical Consistency* und *Completeness* bereits eine durchaus tragfähige Basis für die Datendokumentation. Allerdings fehlen wesentliche andere Meta-Datenkategorien. Im Zuge der Berücksichtigung des erst nach dem SDTS formulierten FGDC-Meta-Datenstandards CSDGM in einer neuen Revision ist jedoch mit deren Einbeziehung zu rechnen. Auch das kanadische „Spatial Archive and Interchange Format“ beinhaltet umfangreiche, auf konsequenter Objektorientierung basierende Definitionen mehrerer Klassen von Meta-Daten. [130] STROBL (1995)

4.5.2.3 GIS-RELEVANTE DATENBANK- UND WEB-STANDARDS

1) die konzeptionelle Datenbeschreibungssprache UML

Die konzeptionelle Datenbeschreibungssprache **Unified Modelling Language (UML)** ist nach [106] OESTEREICH (1998) eine auf BOOCH, RUMBAUGH und JACOBSON zurückgehende Modellierungssprache, die 1997 in der Version 1.1 durch die **Object Management Group (OMG)** standardisiert worden ist. Die derzeitige Version 1.3 enthält die Beschreibung einer einheitlichen Notation und Semantik für objekt-orientierte Softwarestrukturen und Datenmodelle und kann daher auch zur Beschreibung von Datenmodellen in GIS eingesetzt werden. UML bietet die Möglichkeit, Anwendungen über Zustandsdiagramme graphisch zu präsentieren. Damit lässt sich die anwendungsbezogene, konzeptionelle Modellierung auf einfache Weise in ein logisches Datenmodell überführen und implementieren.

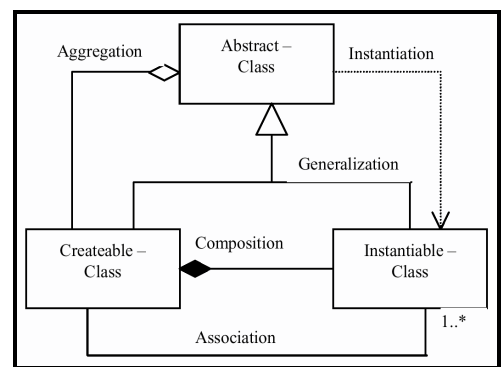


ABBILDUNG 16: UML-NOTATION

Mittels UML lassen sich Zusammenhänge von Arbeitsabläufen beliebiger Anwendungen anstelle einer textuellen Beschreibung durch Anwendungsfalldiagramme graphisch darstellen. In UML wird zwischen Basiselementen (Klasse, Objekt, Attribut, Operatoren, etc.) und den Beziehungselementen (Generalisierung, Spezialisierung, Assoziation und Aggregation, etc.) unterschieden. Näheres zum Thema UML und objekt-orientierte Modellierung ist unter <http://www.rational.com/uml> nachzulesen.

2) die logische Datenbeschreibungssprache XML

Nicht zuletzt durch die Entwicklung der Anforderungen von GIS an die Datenhaltung wird auch die Datenbankwelt zur Überarbeitung existierender Normen angeregt, so etwa ISO/IEC JTC1/SC 32 mit SQL3. Da ein GIS in einer relationalen Datenbank im Direktzugriff nur die thematischen Daten verwalten kann, die geometrischen aber nur mit Hilfe komplexer Codierungs- und Decodierungsmethoden, ist im Rahmen der Revision von SQL das technische Komitee ISO/IEC JTC1/SC 32 daran, in SQL3 auch spezielle Attributtypen zu standardisieren. Diese sollen nicht nur die Beschreibung geometrischer Daten erlauben, sondern allgemein auch für Multimedia-Daten anwendbar sein.

Das **World-Wide-Web-Consortium (W3C)** (vgl. unter <http://www.w3.org/>) erweiterte den Web-Standard HTML um den Standard XML (**Extensible Markup Language**). Im Gegensatz zum unflexiblen HTML ermöglicht XML die Definition anwendungsbezogener Dokumententypen bzw. Datenobjekten. XML ist eine logische Datenbeschreibungssprache (Meta-Sprache), mit der sich ein Anwender seine eigene formale Sprache erzeugen kann. Beispielsweise lassen sich auf einfache und individuelle Weise beliebig strukturierte Informationen in einem entsprechenden text-basierten Format abbilden. XML ist eine vereinfachte Form der Meta-Sprache SGML (**Standard Generalized Markup Language**). SGML ist ein ISO-Standard (ISO 8879:1986) und wurde Mitte der 80er Jahre als universelle Dokumentenbeschreibungssprache entwickelt. SGML hatte sich jedoch als zu komplex erwiesen und konnte sich nicht durchsetzen. Unter der Bezeichnung XHTML wird zur Zeit ein HTML-Nachfolger entwickelt, der anstelle von SGML auf XML basiert. Eine Vielzahl weiterer XML-basierter Sprachen für spezielle Anwendungen sind im Entstehen.

Mit XML als Dokumenten-Beschreibungssprache lassen sich Attributfelder, Volltexte und Anlagen in ein einziges Dokument integrieren, das sowohl den Dokument-Volltext als auch Meta-Informationen aus Attributen enthält. Die Attribute dienen zur genaueren Beschreibung der Eigenschaften von Objekten. Diese Meta-Informationen werden im Dokument selbst gespeichert. Anwendungen, die XML verarbeiten können, erlauben die Extraktion von Meta-Daten und die Darstellung von Attachments oder dokumentbeschreibenden Attributen. Mit der bis dato zur Standardisierung vorgeschlagenen XML Query Language (XQL) können anhand von Suchausdrücken Inhalte aus XML-Dokumenten extrahiert werden. Dies entspricht dem Zugriff auf relationale Datenbanken mit SQL. Über einen weiteren mit XML verbundenen Standard, der XML Linking Language (XLL), wird dem Benutzer eine Navigation innerhalb und außerhalb von XML-Dokumenten über sog. Hyperlinks ermöglicht.

Der derzeitige Stand von XML ist bereits in alle gängigen Internet-Browser integriert. Darüber hinaus werden in künftigen GIS-Frontend-Produkten Meta-Datenstrukturen, wie beispielsweise der US-amerikanischen FGDC-Meta-Datenstandard oder - nach erfolgter Verabschiedung 2002 - der ISO-Meta-Datenstandard auf XML-Basis, adaptiert sein. [63] HUBER (2000)

4.5.2.4 DER ALLGEMEINE STATUS VON META-DATENSTANDARDS FÜR GIS

Ziele der Meta-Datenstandardisierung im GIS-Bereich sind beispielsweise, einen besseren Datenzugriff auf bestehende Datenbestände zu ermöglichen, leistungsstarke Meta-Datenmodelle bereitzustellen sowie die Modellierung zu standardisieren. Meta-Datenstandards sollen die allgemeine Nutzung von Geo-Daten fördern, Semantik und Schemata für Meta-Daten liefern, sowie eine Sammlung von Definitionen, Terminologien und Informationen zu den zu nennenden Werten bieten. [53] GNÄGI (1999)

Die Verfügbarkeit von Meta-Datenkatalogen ist Grundlage für die Befriedigung der Nutzerforderung nach einem leistungsfähigen und einfachen Zugriff auf dezentrale Fachdatenbestände. Die Datenkataloge sollen anhand logischer Verzeichnisstrukturen eine Volltextentnahme in den Datenbeständen sowie eine graphische Präsentation raumbezogener Daten unterstützen. Um die Datenzugriffe, Auswertungen und Analysen zu standardisieren, sollte der Aufbau von Meta-Datenkatalogen auf Meta-Datenstandards beruhen. [138] WIESMANN (1998)

Auf dem nationalen und internationalen GIS-Markt besteht sicherlich noch auf unabsehbare Zeit das Problem, dass, wenn überhaupt Meta-Daten erfasst und vorgehalten werden, diese vielfältig strukturiert sind. Diese heterogenen Strukturen müssten harmonisiert werden, oder aber es müssten spezielle Methoden entwickelt werden, um die Meta-Informationen eines Datenbestandes von einer gegebenen, proprietären Meta-Datenstruktur in einen gültigen Meta-Datenstandard zu überführen. Geht man für zukünftige Anwendungsfälle von einem verteilten Zugriff auf mehrere Datenbestände über ein internet-basiertes Geo-Portal aus, so ist bereits vorab die Fest-schreibung einer zu verwendenden Meta-Datenbasis notwendig.

Nachfolgende Grafik soll diese aktuell gegebene Situation andeuten:

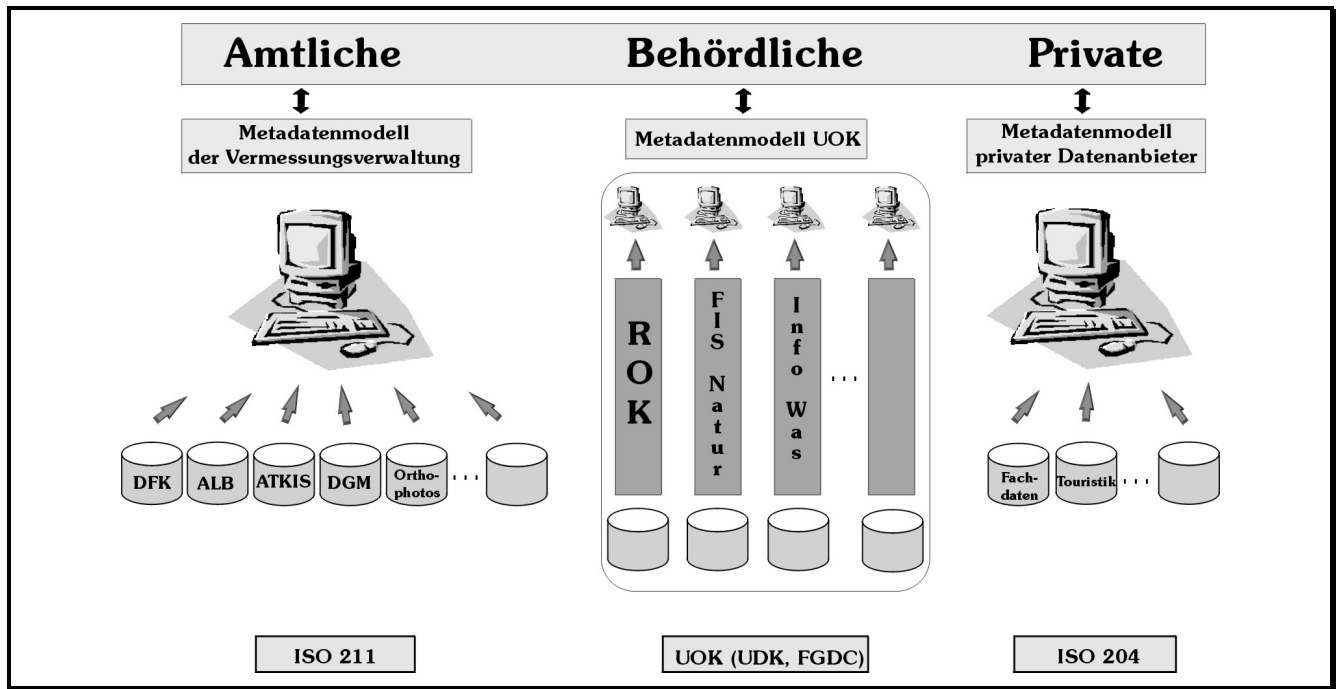


ABBILDUNG 17: HETEROGENE META-DATENLANDSCHAFTEN ([120] SCHILCHER ET AL. (1999))

Für US-amerikanische Meta-Datenstandards ist der bereits etablierte Standard ANSI/NISO Z39.50 (ISO 23950) für client-server-basierte Netzwerkprotokolle zur Informationsabfrage in Datenbanken relevant. Das Z39.50-Protokoll ermöglicht die Abfrage in heterogenen, verteilten Datenbanken unabhängig von deren konkreten Implementierungen. Das Protokoll stammt aus dem Bibliothekswesen und wird in vielen Anwendungsbereichen, u.a. auch von diversen Meta-Datennormierungsbewegungen eingesetzt. Um jedoch auf verteilte, dezentrale Fachdatenbestände zugreifen zu können, ist die Verfügbarkeit von Meta-Datenkatalogen die Grundlage. Um die Datenzugriffe, Auswertungen und Analysen zu standardisieren, sollte der Aufbau von Meta-Datenkatalogen unbedingt auf Meta-Datenstandards beruhen. Auf der Basis des Z39.50 wurden verschiedene Fachdienste und Profile entwickelt, so beispielsweise auch speziell für GIS und Fernerkundung.

Tiefgreifende Harmonisierungen zwischen verschiedenen Meta-Datenstandards und allgemeinen Diensten bzw. Services, wie für den Datenzugriff und Datenaustausch, sind in naher Zukunft ganz allgemein nicht zu erwarten. So sind auch an dieser Stelle erhebliche Defizite zu verzeichnen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich heterogene Meta-Datenlandschaften in der GIS-Praxis sowie die Harmonisierungsdefizite zwischen diesen Meta-Strukturen und bereits genormten Datenzugriffs- und Datenaustausch-Konzepten für eine national und international noch deutlich erkennbare Inakzeptanz von Meta-Daten in GIS verantwortlich zeigen. Die gravierendsten Mängel bei der Verwendung von Meta-Daten in GIS bestehen aber darin, dass trotz oder gerade wegen zahlreicher regionaler und nationaler Meta-Datenstandardisierungsansätze eine international gültige und anerkannte Norm ausbleibt.

4.5.3 DIE WICHTIGSTEN NORMIERUNGSANSÄTZE FÜR META-INFORMATIONEN IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN

teilw. nach [120] SCHILCHER ET AL. (1999) und [65] HUBER ET AL. (1999)

Einen entscheidenden Teil-Lösungsansatz für die vorgenannten Probleme, stellen einheitliche Meta-Datenstandards dar. In diesem Abschnitt erfolgt die Vorstellung der aktuell wichtigsten nationalen und internationalen Meta-Datenstandards:

- ISO/TC211 19115
- FGDC-STD-001-1998
- OGC (Abstract Specification, Topic 11: Metadata V.4)
- CEN (prENV 12657:1999-04)
- MEGRIN (Draft Version 1.0)
- InGeoForum (InGeo-MDF 1.0)

Auf die beiden nach Auffassung des Autors derzeit wichtigsten Meta-Datennormungsgremien ISO und FGDC wird im Folgenden detailliert eingegangen. Die weiteren Beispiele (OGC, CEN, MEGRIN, InGeoForum) sind inzwischen von untergeordneter Bedeutung und können statt hier in *Kap. 7.7.3 der Anlage* nachgelesen werden.

Vorbemerkung:

Keiner der hier untersuchten Meta-Datenstandards legt fest, wie Meta-Informationen physikalisch implementiert und weiter transferiert werden müssen. Sie geben keine Hilfsmittel vor, um die standardisierten Informationen an Nutzer weiterzuleiten. Der Aufbau der Meta-Datenkataloge nach CEN, ISO, FGDC, etc. ist jeweils im Grundsatz hierarchisch strukturiert. Die Kataloge unterscheiden sich jedoch wesentlich in ihrer Konzeption, ihrem Inhalt und ihrem Umfang. Mit Ausnahme des bereits 1998 verabschiedeten FGDC-Meta-Datenstandards befinden sich derzeit alle Standardisierungs- und Normungs-Bestrebungen für Meta-Daten in GIS noch in einer Entwurfsphase und stellen somit auf absehbare Zeit keine fertigen oder gültigen Normen dar. Bei einigen Institutionen, wie beispielsweise der ISO, wurden bislang lediglich Teilabschnitte der Normen verabschiedet, so dass elementare Aspekte der betreffenden Norm bereits eine gewisse Gültigkeit haben, eine Fertigstellung derselben aber noch auf sich warten lässt.

4.5.3.1 DIE META-DATENNORM DER INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO/TC 211 19115)

1) Geltungsbereich

Die ISO ist eine weltweite Vereinigung nationaler Standardisierungs-Gremien (ISO-Mitgliedergremien). Derzeit umfasst ISO 30 aktive, 13 überwachende und 2 korrespondierende Mitglieder. Der Entwurf internationaler Standards wird durch ISO Fachausschüsse vorangetrieben. Jedes Mitgliedsgremium, das an einer Thematik, für die ein Fachausschuss gegründet wurde, interessiert ist, hat das Recht, in diesem Ausschuss vertreten zu sein. Internationale Organisationen (amtliche und nichtamtliche) beteiligen sich in Zusammenarbeit mit der ISO ebenfalls am Entwurf. So arbeitet die ISO beispielsweise in Sachen elektromechanischer Standards eng mit der International Electromechanical Commission (IEC) zusammen. Die Mitgliedsgremien stimmen über die Entwürfe, die vom Fachausschuss angenommen werden, ab. Es bedarf zumindest einer $\frac{3}{4}$ -Mehrheit, um den Entwurf als Internationalen Standard zu veröffentlichen und einzuführen. Das Technical Comitee ISO/TC 211(Geographic Information/Geomatics) ist u.a. für die Meta-Datenstandardisierung der ISO zuständig. Näheres zur ISO-Meta-Datenstandardisierung ist unter <http://www.iso.ch> nachzulesen.

2) Inhalte

Das Ziel des ISO-Meta-Datenentwurfes ist die Schaffung eines Schemas für geographische Meta-Daten. Diese sollen beispielsweise Informationen zu Gültigkeit, Genauigkeit, Daten-Inhalt und -Attribute, über die Quellen, den Preis, die räumliche Abdeckung und die Nutzbarkeit für eine bestimmte Anwendung liefern. Mit dieser Norm soll es ermöglicht werden, Geo-Daten so zu dokumentieren, dass bei Einsicht dieser Meta-Daten in einem Datenkatalog die Eignung der Geo-Daten für einen bestimmten Anwendungszweck beurteilt und die Bezugsmodalitäten wie auch sinnvolle Verarbeitungs- und Präsentationsmethoden festgestellt werden können.

Der entworfene ISO-Meta-Datenstandard definiert Meta-Datenelemente, liefert ein normiertes Meta-Datenschema und legt einen verallgemeinerten Satz von Terminologien, Definitionen und Erweiterungsmöglichkeiten von Meta-Datenstrukturen in GIS fest.

[68] ISO (2000)

Wie auch alle aufgeführten Normungsgremien will die ISO grundsätzlich:

1. Datenproduzenten mit geeigneten Informationen versorgen, um deren Geo-Datenbestände normenkonform charakterisieren zu können,
2. die Organisation und Verwaltung von geographischen Meta-Daten spürbar erleichtern,
3. die effektive Nutzung geographischer Informationen erleichtern, indem die grundlegenden Charakteristika der Geo-Daten allgemeinverständlich verfügbar gemacht werden,
4. Daten-Exploration, -Akquisition und -Mehrfachnutzung fördern und erleichtern sowie
5. die Beurteilung der Nutzbarkeit von Geoinformationen, u.a. über qualitätsbeschreibende Informationen ermöglichen.

Der ISO-Meta-Datenstandard liefert hierfür Informationen über die *Identifizierung*, die *räumliche Ausdehnung*, die *Qualität*, den *räumlichen und temporalen Kontext*, den *Raumbezug* sowie die *Bezugs- und Vertriebsmöglichkeiten* der zu beschreibenden Geo-Datenbestände. Er soll sowohl die Katalogisierung und vollständige Beschreibung von Datensätzen, als auch Clearinghouse-Aktivitäten unterstützen. In Frage kommen geographische Daten-Sätze und -Reihen sowie individuell definierte Geoinformationen und -Objekttypen. [68] ISO (2000)

Der Standard will dabei Folgendes festlegen:

1. *verbindliche* und *konditionale* Meta-Datenpackages, -Entities und -Elements, also einen minimalen, grundlegenden Meta-Datenrahmen zur Datenrecherche und Beurteilung von Brauchbarkeit, Zugriff, Transfer, und Nutzung von Geoinformationen
2. *optionale* Meta-Datenelemente, die bei Bedarf eine umfassende Beschreibung von geographischen Informationen erlauben
3. eine Methodik zur Erweiterung von ISO-konformen Meta-Informationen und -Strukturen bei Bedarf

Die Entwicklung einer internationalen Meta-Datennorm der International Standards Organization (ISO/TC 211 19115 (ehemals 15046-15)) befindet sich derzeit noch immer in einer ISO-Entwurfsphase (*Draft*). Alle derzeit bereits als ISO-konform ausgewiesenen Meta-Datenimplementierungen müssen daher streng genommen als „pseudo-konform“ bezeichnet werden. Als wichtigste Grundlage dieses Entwurfes diente neben CEN- und OGC-Vorlagen (vgl. *Anlage; Kap. 7.7.3.3 und 7.7.3.4*) vor allem die erste Version der FGDC-Meta-Datennorm aus dem Jahre 1994 (vgl. *Kap. 4.5.3.2*).

Der Normungsprozess der ISO sieht grundsätzlich folgende fünf Stadien vor:

1. WD: **Working Draft**
2. CD: **Committee Draft** (1. - 4. CD)
3. DIS: **Draft International Standard**
4. FDIS: **Final Draft International Standard**
5. IS: **International Standard**

Die Nummerierungen der ISO-Standards haben sich gemäß der Resolution 109 der Plenarsitzung in Kyoto vom 29. und 30. September 1999 geändert. Die bis dahin unter der Nummer „15046-15“ geführte Meta-Datennormierung läuft seitdem unter der Bezeichnung „19115“.

ISO/TC 211 sieht seit dem Normungsentwurf (**Committee Draft**) „CD 15046-15: Meta-Daten“ die konzeptionelle Beschreibung eines geographischen Meta-Datenmodells auf der objekt-orientierten Basis der **Unified Modelling Language (UML)** vor (vgl. *Kap. 4.5.2.3*). Ergänzend hierzu existiert ein detailliertes Datenbeschreibungsverzeichnis (*Data Dictionary*), welches in Verbindung mit den UML-Diagrammen das vollständige, abstrakte Meta-Datenmodell beschreibt. Eine logische ISO-Implementierung soll seit diesem ersten Committee Draft mit Hilfe von XML-Techniken (**XML-Data-Type-Definitions (DTD)**) vonstatten gehen. Bis zu diesem Entwurf war das ISO-Meta-Datenmodell noch relational, tabellarisch beschrieben.

Die ISO-Konzeption via UML und XML ist ein derzeit noch andauernder Prozess, der durch zahlreiche Inkonsistenzen zwischen den UML-Konzepten und den entsprechenden XML-Ausprägungen verzögert wird. Weil die Schweiz maßgeblich an den ISO-Entwicklungen im Bereich der Meta-Daten beteiligt ist, wurden diese Schwächen des derzeitigen Standes u.a. bei einer prototypischen Umsetzung der aktuellen UML-Vorgaben in XML-Strukturen an der ETH Zürich aufgedeckt. Dies geschah mit Hilfe der Schweizer Geo-Datennorm INTERLIS 2. INTERLIS ist eine seit 1997 in der Version 1 gültige, speziell auf die Bedürfnisse der Modellierung und Integration von Geo-Daten in Geoinformationssysteme ausgerichtete, national normierte Datenbeschreibungssprache der eidgenössischen Vermessungsdirektionen der Schweiz. Die Version 2 ist seit Juli 2000 verfügbar, ist wie UML objekt-orientiert und arbeitet XML-basiert.

Seit dem 20. September 2001 liegt der ISO Metadata Standard in der Fassung DIS 19115 mit der Bezeichnung „Geographic Information - Metadata“ vor. Dieser Draft wurde vom TC 211 entgegen der üblichen Vorgehensweise der ISO zur Veröffentlichung freigegeben, so dass frühzeitig umfangreiche Tests durch potentielle Anwender realisierbar werden konnten. Die Abstimmungsergebnisse hierzu sind für den 20.02.2002 vorgesehen, so dass der FDIS 19115 im Anschluss daran zu erwarten ist. Näheres hierzu kann unter <http://www.isotc211.org/> nachgelesen werden.

Die aktuelle Chronologie des ISO/TC 211 19115 sieht folgendermaßen aus:

<i>vollzogen</i>	<i>vollzogen</i>	<i>vollzogen</i>	<i>vollzogen</i>	<i>vollzogen</i>	<i>vollzogen</i>	<i>geplant</i>	<i>geplant</i>
WD: 96-03	1.CD: 98-07	2.CD: 99-11	3.CD: 2000-06	4.CD: 2000-12	DIS: 2001-09	FDIS: 2002-02	IS: 2002-?

TABELLE 7: CHRONOLOGIE DES ISO/TC 211 19115

Die Ausführungen dieses Kapitels beziehen sich überwiegend auf die zuvor verabschiedeten Versionen CD 19115.3 und CD 19115.4. Zur Rechtfertigung ist vorzubringen, dass die Änderungen CD → DIS sich überwiegend auf inhaltliche und konzeptionelle Detailfragen beschränkt haben und es im Rahmen dieser Arbeit nicht beabsichtigt war, den Werdegang der ISO-Meta-Datennormierung aktuell und abschließend zu verfolgen. Signifikante Abweichungen zum aktuellen Stand des ISO/TC 211 19115 sind hier daher nicht zu erwarten.

Das ISO-Meta-Datenmodell ist grundsätzlich hierarchisch gegliedert und unterscheidet, wie weiter oben bereits angedeutet, drei Kategorien:

Core Metadata: Der vollständige ISO-Ansatz liefert einen möglichst umfassenden Kontext zur Beschreibung von Geoinformationen. In der Praxis werden jedoch meist nicht alle dieser Vorgaben angewendet, so dass in GIS lediglich Untermengen dieser Meta-Informationen zum Einsatz kommen. Nichtsdestotrotz ist es unerlässlich, dass innerhalb eines GIS ein minimaler Satz an Meta-Informationen geführt wird. Man bezeichnet derartige Informationen als „Core Metadata“.

Core Meta-Daten umfassen demnach all jene Meta-Informationen, die mindestens erforderlich sind, um einen Geo-Datensatz eindeutig zu identifizieren. Diese Vorgaben sind verbindlich oder konditional und sollen typischerweise zur Katalogisierung von Datensätzen dienen und dadurch den Zugriff auf Datensätze einer bestimmten Kategorie unterstützen. Diese Meta-Datenelemente geben beispielsweise Hinweise darauf, ob ein Datensatz zu einem bestimmten Thema (*was*) oder Zeitintervall (*wann*) bzw. einer bestimmten Region (*wo*) existiert.

Full Standard: beinhaltet alle Meta-Daten, die zur vollständigen Beschreibung eines Geo-Datensatzes nötig sind. Der Full Standard setzt demnach den gesamten Umfang an Meta-Daten fest, der nach ISO erforderlich ist, um Geo-Daten umfassend identifizieren, evaluieren und effizient austauschen zu können.

Extensions: sind nach einem definierten Regelwerk (Metadata Extension Methodology) ISO-konform erweiterte Meta-Datenstrukturen, um individuellen Anforderungen der Anwender zu genügen.

Der objekt-orientiert konzipierte aber nach wie vor überwiegend hierarchisch strukturierte Aufbau des ISO-Meta-Datenmodells eignet sich, um Beziehungen zwischen den einzelnen Meta-Objekten und -Elementen einbringen und die Organisation der gesamten Information gewährleisten zu können. Das Meta-Datenmodell umfasst 12 (1 übergeordnetes und 11 untergeordnete) sog. *Metadata Packages* (auch: *Sections*) und 2 sog. *Metadata Datatypes*. Die beiden Datatypes können als sog. *Repeatables* bezeichnet werden, weil auf diese Inhalte wiederholend zurückgegriffen wird.

Sämtliche Packages und Datatypes, die streng genommen auch Packages darstellen, sind in logische Einheiten (*Metadata Entities*) unterteilt, die sich ihrerseits wieder in sog. Meta-Datenelemente (*Metadata Elements*) gliedern, welche die Grundeinheiten der ISO-Meta-Datenstruktur bilden. Packages, Entities und Elements, die als *mandatory* klassifiziert sind, sind verbindlich und müssen stets angegeben werden. Die als *conditional* gekennzeichneten Packages, Entities und Elements müssen angegeben werden, wenn der Datensatz eine Struktur aufweist, die durch diese Packages, Entities und Elements beschrieben werden kann. Packages, Entities und Elements können angegeben werden, wenn sie als *optional* klassifiziert sind.

Nach [68] ISO (2000) hat die erste Hierarchieebene des UML-basierten Full Standard-Meta-Datenmodells der International Standards Organization für die 12 Packages (incl. Conditional Statements) folgenden Aufbau:

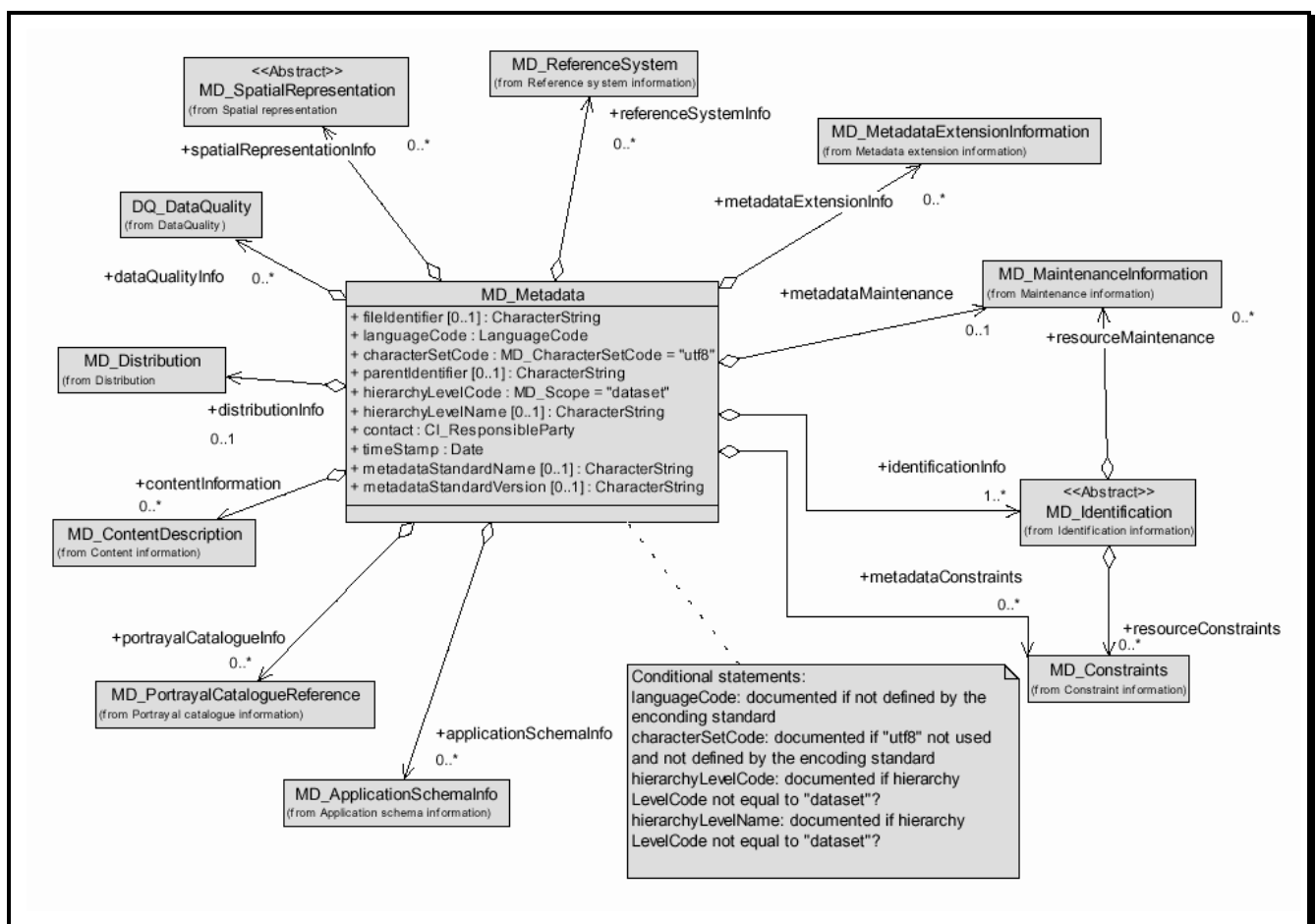


ABBILDUNG 18: 1. HIERARCHIEEBENE DER META-DATENNORM DER INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO/TC 211 19115)

Core Metadata-Konformität:

Eine sog. Core Metadata-Konformität wird dadurch erreicht, dass für alle Geoinformationen eines GIS die Inhalte des von ISO empfohlenen Core Metadata Profiles vorgehalten werden. Ein Anwender kann jedoch ergänzende Entities und Elemente des Full Standards oder eigene Erweiterungen hinzufügen, um seine Datensätze detaillierter zu beschreiben.

Daher beinhaltet das Core Metadata Profile (Cataloguing Metadata Information Schema) den Mindestumfang an Meta-Daten, die nach ISO-Ansichten erforderlich sind, um einen Datensatz zu katalogisieren. Um diese Konformität zu gewährleisten, sind diese Meta-Informationen *mandatory* oder *conditional*.

Das Core Profile umfasst folgende 23 Metadata Elements, auf die nicht im Einzelnen Eingegangen werden soll:

- Dataset Title
- Dataset Reference Date
- Dataset Responsible Party
- Dataset Language
- Dataset Character Set
- Dataset Topic Category
- Scale of the Dataset
- Abstract Describing the Dataset
- Dataset Format Name
- Dataset Format Version
- Geographic Location of the Dataset
(by four Coordinates or by geographic Identifier)
- Additional Extent Information for the Dataset
(vertical and temporal)
- Spatial Representation Type
- Reference System
- Lineage Statement
- On-line Resource
- Metadata File Identifier
- Metadata Standard Name
- Metadata Standard Version
- Metadata Language
- Metadata Character Set
- Metadata Point of Contact
- Metadata Time Stamp

Full Standard-Konformität: beinhaltet in der hierarchisch übergeordneten und verbindlichen Sektion „Metadata Entity Set Information“ folgende 12 verbindlichen und optionalen Metadata Packages:

1. Metadata Entity Set Information: Definiert die Modell-Klasse „Metadata“, steht organisatorisch und hierarchisch über den weiteren 11 Packages und ist somit verbindlich für jeden Geo-Datensatz anzugeben.
2. Identification Information: Ist verbindlich anzugeben und enthält Informationen, die zur eindeutigen Identifizierung des betreffenden Datensatzes nötig sind, sowie räumliche und temporale Ausdehnungen; ferner Beschreibungen zum Status und jede Form von Rechts- und Sicherheitsbeschränkungen.
Beispiele für verbindliche Informationen sind:
 - Angabe der Beschreibungssprache eines Datensatzes
 - kurze Zusammenfassung des Datensatzes
 - Angaben über den Zweck des Datensatzes
 - empfohlene Art der Referenzierung des Datensatzes
3. Resource Constraint Information: Beinhaltet die zu beschreibenden Geo-Daten betreffende Restriktionen und ist optional anzugeben. Die Restriktionen beziehen sich beispielsweise auf den Daten-Zugriff und den -Gebrauch.
4. Data Quality Information: Enthält für die Ableitung von Qualitätsaspekten eine grundsätzliche Beurteilung der Qualität eines Geo-Datensatzes. Die Datenqualität ist ein optionales Metadata Entity und liefert beispielsweise Informationen über die Zielanwendung(en), die Quellen und die Prozesse, die bei der Produktion des Datensatzes herangezogen wurden.
5. Maintenance Information: Ist ebenfalls optional und legt diejenigen Meta-Informationen fest, die notwendig sind, um Datenpflege und Fortführung zu beschreiben. Hierbei kommen beispielsweise folgende Angaben zum Tragen:
 - Update-Methoden, -Zeiträume und -Termine
 - fortzuführende Inhalte und Modellkomponenten

6. Spatial Representation Information: Beschreibt optional die Mechanismen, die verwendet werden, um räumliche Informationen durch einen Datensatz wiederzugeben. Grundlage bildet ISO 19107 (ehemals: 15046-7). Hier einige Beispiele:
- Beschreibung der verwendeten Datentypen (Raster-, Vektor-, Bild-, Textdaten)
 - Beschreibung der verwendeten Objekttypen (Punkte, Linien, Flächen)
 - Beschreibung der verwendeten Bildtypen (Multispektral, Infrarot, Radar)
7. Reference System Information: Enthält die Beschreibung des Raum- und Zeitbezugs eines Datensatzes basierend auf ISO 19108, 19111 und 19112 (ehemals: 15046-8, -11, -12). Wiedergegeben werden z.B.:
- Name der Bezugssysteme (räumlich und temporal)
 - Art des räumlichen Bezugssystems (kartesisches, geodätisches Koordinatensystem etc.)
 - Art des temporalen Bezugssystems (Kalender, temporales Koordinatensystem etc.)
 - verwendete Koordinateneinheit (Meter, Kilometer, Meilen etc.)
 - verwendete Zeiteinheit (Sekunden, Minuten, Jahre etc.)
8. Content Information: Enthält optional Definitionen und Beschreibungen der Feature-Typen, Feature-Funktionen, Feature-Attribute und Feature-Beziehungen, die im Geo-Datensatz auftreten. Auch Raster- und Grid-Informationen mit ihren Zell-Inhalten werden mit berücksichtigt. Beispielinhalte sind:
- Name des intern definierten Feature-Katalogs
 - Name, Adresse, Telefonnummer des für die Definition Verantwortlichen
 - Name des Feature-Typs eines Datensatzes
9. Portrayal Catalogue Information: Definiert optional die Meta-Informationen zur Identifizierung der verwendeten Darstellungsmethoden (Kataloge)
10. Distribution Information: Enthält optionale Angaben über die den betreffenden Datensatz vertreibende Stelle und die Möglichkeiten, ihn zu beziehen. Hierbei werden beispielsweise Angaben zum Datenaustauschformat gemacht.
11. Metadata Extension Information: Enthält optionale Informationen über vom Anwender nach der Metadata Extension Methodology definierte Erweiterungen der Meta-Datenstruktur.
12. Application Schema Information: Gibt potentiellen Nutzern wiederum optional Auskunft über das zur Datenerstellung herangezogene Applikationsschema. Darin sind beispielsweise neben allgemeinen Systemangaben auch Spezifikationen zu verwendeten Softwarekomponenten berücksichtigt.

Ergänzend hierzu sind noch die beiden Metadata Datatypes des 19115 zu nennen. Diese sog. *Repeatable Entities* sind eine Sonderform der *Packages* und treten normalerweise nicht allein auf. Sie werden nur in Verbindung mit vorhergehenden (hierarchisch höher stehenden) Meta-Datenelementen genutzt.

1. Extent Information: Enthält Meta-Datenelemente, welche die räumliche (Lage und Höhe) und temporale Ausdehnung der betreffenden Meta-Daten-Entities beschreiben, wie beispielsweise:
 - Datum und Zeit der Datensatzversion
 - höchster und tiefster Punkt des Datensatzes
2. Citation and responsible Party Inform.: Beschreibt eine standardinterne Methode zur Wiedergabe (Zitate) einer Ressource.
Dieses Package enthält maßgebliche Referenz-Informationen, wie beispielsweise Informationen zu Personen und/oder Organisationen, die mit dem Geo-Datensatz in Beziehung gebracht werden können oder für ihn zuständig sind.

Der ISO-Standard erlaubt, wie bereits erwähnt, das Modell der Meta-Daten gegebenenfalls auszuweiten, um eventuell individuellen Anforderungen der Anwender zu genügen. Dabei eignet sich die hierarchische Gliederung des ISO-Meta-Datenmodells, um Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen einzuführen und die Organisation der gesamten Information zu gewährleisten. Ein Beispiel hierfür ist das Meta-Datenmodell des InGeoForums (vgl. Kap. 7.7.3.6 der Anlage).

3) Referenz-Anwendungen

Vollständig implementierte ISO-Meta-Datenlösungen sind aufgrund des Entwurfsstadi der ISO-Aktivitäten in diesem Bereich nicht verfügbar. Bedeutende GIS-Hersteller arbeiten bereits seit einiger Zeit an einem ISO-Editor, der das Core Profil des derzeitigen ISO-Standes modifizierbar beinhalten soll. Erst nach der noch ausstehenden Verabschiedung des ISO-Meta-Datenstandards 2002 als *International Standard (IS)* soll der ISO-Meta-Datenstandard vollständig in div. GIS-Produkte implementiert werden (vgl. [63] HUBER (2000)).

4.5.3.2 DER CONTENT STANDARD FOR DIGITAL GEOSPATIAL METADATA DES FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE (FGDC) (FGDC-STD-001-1998)

1) Geltungsbereich

Der Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM) des Federal Geographic Data Committee (FGDC) ist ein umfassendes US-nationales Engagement, eine Grundlage für die Implementierung einer „National Spatial Data Infrastructure (NSDI)“ zu schaffen. Das u.a. hierfür zuständige Federal Geographic Data Committee wurde 1990 gegründet. Das FGDC koordiniert in den USA die Entwicklung der NSDI. Die NSDI gibt die Politik, die Standards and Verfahren für Organisationen vor, um die nationale, kooperative Produktion und den Vertrieb von geographischen Daten zu ermöglichen.

Mit diesem Standard soll langfristig ermöglicht werden, alle US-nationalen Geo-Daten so zu dokumentieren, dass bei Einsicht der Meta-Daten in einem Datenkatalog deren Eignung für einen bestimmten Anwendungszweck beurteilt und die Bezugsmodalitäten wie auch sinnvolle Verarbeitungs- und Präsentationsmethoden festgestellt werden können.

Seit Juni 1998 ist mit dem Content Standard for Digital Geospatial Metadata (*CSDGM Version 2 - FGDC-STD-001-1998*) oder kurz FGDC-Meta-Datenstandard in den USA ein landesweit verbindlicher Meta-Datenstandard für digitale geographische Daten eingeführt. Die Einführung des Standards erfolgte durch eine Regierungsverordnung. Die Einführung durch Verordnung hat, neben begründeten Nachteilen, den entscheidenden Vorteil, dass sie tatsächliches Handeln nach sich zieht. Voraus gegangen waren natürlich langwierige und kontrovers geführte Konsensgespräche zwischen der Bundespolitik, der FGDC, den Daten-Anbietern und potentiellen Anwendern.

Das FGDC ist ein nationales, interdisziplinäres Komitee, welches die koordinierte Nutzung, den Vertrieb und die Verbreitung von geographischen Daten auf einer US-nationalen Basis vorantreibt. Das FGDC setzt sich neben Vertretern von 16 Regierungsbehörden aus Vertretern weiterer, unabhängiger Bundesbehörden zusammen. Darin sind u.a. Beschäftigte der Ministerien für Landwirtschaft, Wirtschaft, Verteidigung, Energie, Bau, Inneres und Verkehr vertreten. Näheres hierzu ist unter <http://www.fgdc.gov/index.html> nachzulesen.

Die Zielsetzung des FGDC-Meta-Datenstandards ist, umfassende Terminologien und Definitionen zur Dokumentation von geographischen Daten festzulegen. Der Standard legt die Namen der für diese Zwecke relevanten Datenelemente (*Data Elements*) und Verbundelemente (*Compound Elements*; Gruppen von Datenelementen), die Definitionen dieser Verbund- und Datenelemente sowie die Informationen über die Werte, die von diesen Datenelementen geliefert werden müssen, fest. Der FGDC-STD-001-1998 schreibt für künftige Nutzer diejenigen Informationen vor, die zur Beurteilung der Verfügbarkeit und Verwendbarkeit von georäumlichen Datensätzen erforderlich sind. Ferner sollen die Möglichkeiten für den nötigen Datenzugriff und einen erfolgreichen Datentransfer definiert werden. Dazu wird an dieser Stelle auch die semantische Voraussetzung geschaffen und schematisiert. Aktuelle Entwicklung sind Extensions zu diesem Standard, wie beispielsweise die für Remote Sensing Metadata (Public Review Draft vom Dezember 2001).

Der erste verabschiedete FGDC-Meta-Datenstandard vom 8. Juni 1994 wurde, wie bereits angesprochen, vom TC 211 der ISO als das Grundlagendokument für den Entwurf des derzeit in Entwicklung befindlichen ISO-Meta-Datenstandards adaptiert (vgl. Kap. 4.5.3.1). Der gegenwärtig aktuelle ISO-Entwurf des 19115 beinhaltet inzwischen aber eine Reihe von Änderungen gegenüber der ursprünglichen FGDC-Vorgabe. Die derzeitigen Entwicklungen der ISO zur Standardisierung von Meta-Daten zu digitalen, geographischen Daten bauen somit grundlegend auf den diesbezüglichen Entwicklungen des FGDC auf, sind aber nicht mehr konform.

2) Inhalte

Der FGDC-Meta-Datenstandard beinhaltet 7 Meta-Datenkategorien (oder auch Meta-Datenthemenbereiche) und darüber hinaus drei weitere Abschnitte, die u.a. Kontaktinformationen zu denjenigen Organisationen oder Personen spezifizieren, von denen die betreffenden Datensätze erstellt wurden und/oder vertrieben werden. Zu den Geo-Daten werden notwendigerweise auch temporale Informationen über deren Gültigkeits-Dauer oder -Epochen berücksichtigt. Diese Abschnitte stehen nicht für sich alleine, sondern werden immer in Verbindung mit anderen Meta-Datenkategorien verwendet.

Analog zu ISO wird auch hier die Datenbeschreibung kategorisiert. Man unterscheidet hier „*mandatory*“ (zwingend notwendig), „*mandatory if applicable*“ (zwingend notwendig, wenn anwendbar, d.h. wenn der betreffende Datensatz die jeweils definierten Merkmale aufweist) und „*optional*“.

Die FGDC-eigene Beschreibungssprache (*Production Rules*) besteht im Wesentlichen aus semantischen Spezifikationen von hierarchischen Beziehungen zwischen Verbundelementen, Datenelementen und/oder untergeordneten Verbundelementen. Ihr Aufbau ist weitestgehend hierarchisch und mit dem einer Textgliederung zu vergleichen. Die Realisierung erfolgt mit Hilfe einer intuitiv zu erfassenden Symbolik.

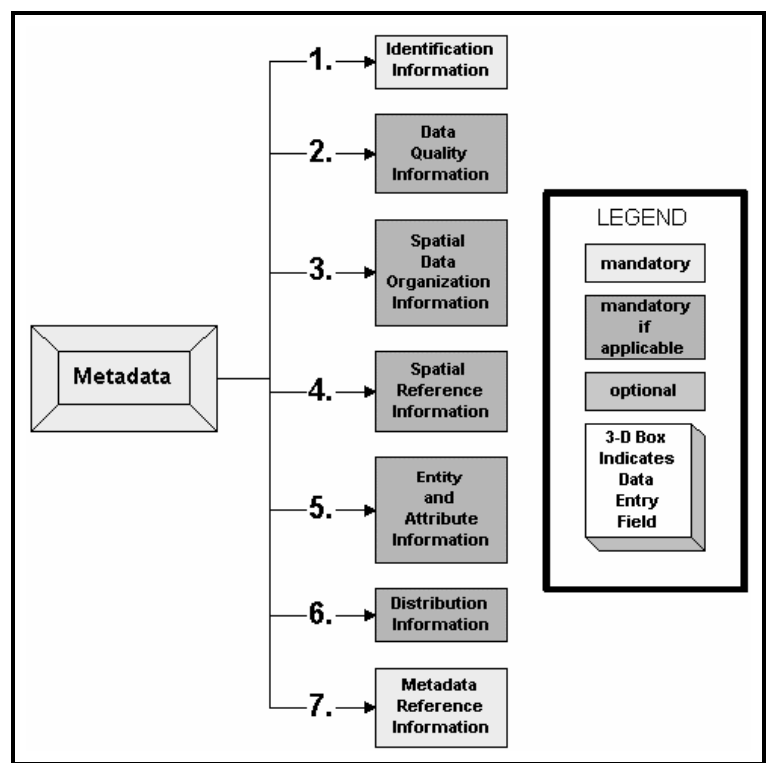


ABBILDUNG 19: 1. HIERARCHIEEBENE DES CONTENT STANDARD FOR DIGITAL GEOSPATIAL METADATA DES FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE (FGDC) (FGDC-STD-001-1998)

Nach [47] FGDC (1998) hat die erste Hierarchieebene des Full Standard Meta-Datenmodells des Federal Geographic Data Committee für die 7 Meta-Datenkategorien folgenden, grundlegenden Aufbau:

1. Identifikation Information: Dieser und der siebte Block ist im FGDC-Standard als zwingend erforderlich festgelegt. Die Punkte 2 - 6 sind dagegen konditional anzugeben.
Man findet hier grundlegende Informationen zu Datensätzen, wie beispielsweise deren Bezeichnung, Kurzbeschreibung, geographische Ausdehnung, Aktualität sowie Regeln für den Zugriff und den Umgang mit den Daten.
Folgende Informationen müssen hierbei verbindlich bereit gestellt werden:
 - Verweise auf die Datensätze
 - Beschreibungen und Charakterisierungen
 - Aktualitäts- und Gültigkeitszeiträume
 - Erfassungs- und Gültigkeitsstatus (Stand)
 - räumliche Ausdehnung, Gültigkeitsbereiche
 - div. Schlüsselwörter zur Kurzzusammenfassung unterschiedlicher Aspekte der Datensätze
 - Zugangs- und Benutzungsbeschränkungen (Datenschutz)
 - Ansprechpartner, Kontaktstellen
 - Vorschaugrafiken, Skizzenansichten
 - beteiligte Stellen
 - sicherheitsrelevante Informationen zu Dateninhalten
 - detaillierte Informationen zur Entstehung der Datensätze
 - Korrelationen zu anderen Datensätzen
2. Data Quality Information: An dieser Stelle findet eine Bewertung der jeweiligen Datenqualität, beispielsweise in Form von Angaben zur Lage- und Attributgenauigkeit der betreffenden Datensätze, deren Vollständigkeit sowie der Datenkonsistenz, statt. Dazu gehören ebenso Informationen über die zugrunde liegenden Datenquellen sowie die Methoden zur Daten-Erfassung und -Aufbereitung.
3. Spatial Data Organisation Information: Diese Kategorie beinhaltet beispielsweise die Mechanismen der jeweils gültigen Datenrepräsentation, also die Methode der Georeferenzierung entweder direkt über Koordinaten für Vektor- und Raster-Daten oder indirekt über Adressen (Straße, Hausnummer, ...). Außerdem werden unter diesem Punkt Angaben über die Anzahl der räumlichen Objekte in Datensätzen gemacht.
4. Spatial Reference Information: Hier werden Angaben zum jeweils verwendeten Bezugssystem, also zur Geokodierung der Daten bereitgestellt. Beispiele hierfür sind die Parameter der geltenden Kartenprojektionen und/oder Grid-Koordinatensysteme, das geodätische Datum sowie die räumliche Auflösungen der daraus folgenden Koordinatensysteme.
5. Entity and Attribute Information: Dieser Punkt beschreibt Informationen zum Inhalt der betreffenden Datensätze einschließlich der verwendeten Objekttypen, deren Attribute sowie den Themenbereichen, aus denen die Attributwerte zugewiesen werden. Beispielhaft können hier die Bezeichnungen und Definitionen von Objekten, Attributen und Attributwerten angeführt werden.

6. Distribution Information: Der sechste Punkt umfasst Informationen über die Verfügbarkeit von Datensätzen wie beispielsweise Kontaktangaben zum Datenvertrieb, die verfügbaren Datenformate und wie die Daten online oder über physische Medien bezogen werden können.
7. Metadata Reference Information: Ebenso wie der Punkt 1. ist auch der Punkt 7. als zwingend anzugebender Informationsblock definiert. Er beinhaltet Angaben zur Aktualität der Meta-Daten sowie zu hierfür verantwortlichen Stellen.
- Folgende Informationen müssen hierbei verbindlich bereit gestellt werden:
- Erstellungsdatum bzw. -Zeitraum der vorliegenden Meta-Informationen
 - Datum sowohl der letzten als auch der anstehenden Überprüfung der vorliegenden Meta-Informationen sowie diesbezügliche Kontaktinformationen und Verantwortlichkeiten
 - div. Angaben zum verwendeten Meta-Datenstandard incl. Versionsangaben
 - Zugangs- und Benutzungsbeschränkungen für die Meta-Informationen
 - sicherheitsrelevante Informationen zu Meta-Dateninhalten

Der FGDC-Meta-Datenstandard beinhaltet darüber hinaus drei weitere Abschnitte, die u.a. Kontaktinformationen zu denjenigen Organisationen oder Personen spezifizieren, von denen die betreffenden Datensätze erstellt wurden und/oder vertrieben werden. Zu den Geo-Daten werden notwendigerweise auch temporale Informationen über deren Gültigkeitsdauer oder -Epochen berücksichtigt. Diese Abschnitte stehen nicht für sich alleine, sondern werden immer in Verbindung mit anderen Meta-Datenkategorien verwendet und können daher analog zu ISO ebenfalls als *Repeatables* bezeichnet werden.

Der FGDC-Meta-Datenstandard greift in Form von Grundlagen soweit als möglich auf geltende US-nationale Standards zurück. Hier ist beispielhaft die Einbeziehung der ANSI-Standards „*Representations of universal time, local time differentials, and Unites States time zone reference for information interchange* (ANSI X3.51-1975)“, „*Representation for calendar date and ordinal date for information interchange* (ANSI X3.30-1985)“ und „*Representations of local time of day for information interchange* (ANSI X3.43-19986)“ des American National Standards Institute zu nennen. Aber auch einige militärische Standards der USA (MIL-STD-...) wurden übernommen oder kommen in leicht modifizierter Form zum Einsatz.

Dem Anwender ist ausdrücklich nahe gelegt, den Standard um eigene, von ihm benötigte Elemente zu erweitern. Hierfür sind lediglich spezielle, im Standard klar definierte Richtlinien einzuhalten. Diese Richtlinien sorgen auf der einen Seite für eine gewisse einheitliche Struktur aller Erweiterungen und bieten dem Anwender auf der anderen Seite eine wichtige Implementierungshilfe.

3) Referenz-Anwendungen

Die derzeit wohl wichtigste Referenz-Anwendung für FGDC-konforme Meta-Datenstrukturen stellt die ArcGIS-Software-Familie der Fa. ESRI dar. Schwerpunkte bildet dabei natürlich die Einbettung von Meta-Datenstandards und erweiterten Meta-Datenstrukturen in die aktuelle ArcGIS-Produktpalette. Der US-amerikanische Meta-Daten Standard des FGDC ist dort vollständig und erweiterbar via XML eingebettet. Es handelt dabei um die datensatz-begleitende Integration von insgesamt 199 Meta-Datenfeldern aus den 7 Sections des Standards, von denen gemäß Standard viele *optional* oder *repeatable* sind. Die ArcGIS-Implementierung kann unter <http://www.esri.com/metadata/esriprof80.html> nachgelesen werden.

Auf dem amerikanischen Markt können aber bereits seit längerem kommerzielle Meta-Datentools, -Editoren und -Verwaltungssysteme erworben werden. Ein Beispiel hierfür ist das Verwaltungssystem für georäumliche Meta-Daten SMMS 3.0 der Fa. RTS Enabling Technology, Inc.. SMMS 3.0 ist ein eigenständiges, datenbank-basiertes Meta-Datenverwaltungsprogramm zur einfachen Generierung und Verwaltung von georäumliche Meta-Daten. Es basiert auf dem auch im Referenz-GIS verwendeten, zentralistischen Meta-Datenansatz und ermöglicht somit die Führung zentraler Geo-Datenkataloge auf Grundlage des FGDC-STD-001-1998.

4.5.4 EIN VERGLEICH DER META-DATENSTANDARDS DES FGDC UND DER ISO

4.5.4.1 GEMEINSAMKEITEN

Grundsätzlich ist für den ISO-Ansatz, wie für alle weiteren, untersuchten Normierungsansätze (CEN, OGC, ...), festzustellen, dass sich die zu normierenden Meta-Informationen zwar konzeptionell mitunter stark unterscheiden, deren Inhalte aber in weiten Teilen identische Vorgaben erfüllen. Die 7 Kategorien des FGDC-Meta-Datenstandards tauchen quasi als Referenz in unterschiedlichen Formen und in Verbindung mit geringfügig abweichenden Vokabularien in jedem der untersuchten Entwürfe auf.

Die beiden aktuellen Fassungen des ISO- und FGDC-Standards haben den FGDC-STD-001-1994 als Grundlage, wobei der jetzige FGDC-Standard noch abwärtskompatibel zu seiner ersten Version ist, der ISO-Standard ihn jedoch stark erweitert und verändert hat. Beide Standards zeigen eine Orientierung an heute gültigen Normen. Beispielsweise wird im FGDC-Standard für Zeitangaben auf die ANSI X3.51-1975-Norm zurückgegriffen; beim ISO-Standard wird weitgehend auf bestehende ISO-Abschnitte zurückgegriffen, wie beispielsweise im Falle der Qualitätsbeschreibung auf die ehemals als ISO 15046-13 bezeichnete Norm. Beide Standards nutzen zu Informationsabfragen und Datentransfer den bereits etablierte Standard ANSI/NISO Z39.50 (auch: ISO 23950) für Client/Server basierte Netzwerkprotokolle oder entsprechende XML-Techniken.

Die Terminologien ähneln sich sehr und beinhalten in weiten Teilen identische Aussagen, wie es das nebenstehende Beispiel andeutet.

<i>ISO</i>	<i>FGDC</i>
<i>mandatory</i>	<i>mandatory</i>
<i>conditional</i>	<i>mandatory if applicable</i>
<i>optional</i>	<i>optional</i>

TABELLE 8: VERGLEICH DER TERMINOLOGIEN (BEISPIEL)

Beide Meta-Datenstandards bieten Vorschriften zur Erweiterung nach individuellen Bedürfnissen des Nutzers. Die Migration zwischen beiden scheint grundsätzlich möglich, auch wenn FGDC Meta-Datenkataloge heute noch nicht ISO-konform sein können und umgekehrt.

Für beide Standards sind zwar zahlreiche nationale bzw. prototypische aber noch keine internationalen Praxiserfahrungen von Relevanz vorhanden.

Dem internationalen Anwender muss in beiden Fällen der unmittelbare Nutzen von Meta-Datenstandards und deren Umsetzung noch vermittelt werden, da derzeit eher der kurzfristige Mehraufwand bei der Modellierung, Datenerfassung und Aktualisierung gesehen wird als der damit langfristig zu erzielende Nutzen. An dieser Stelle ist noch erhebliche Überzeugungsarbeit zu leisten. Hier dürfte wohl eine Argumentation über die Möglichkeit einer einfachen Recherche und die Vereinfachung der Verwaltung der eigenen Daten über Meta-Datenkataloge zielführend sein.

An der Harmonisierung der beiden Standards wird bereits intensiv gearbeitet. Das FGDC will nach eigenen Aussagen in einer weiteren Version der FGDC-Meta-Datennorm den ISO-Standard adaptieren. Diese Aussagen sind an Betrachtung der Tatsache, dass führende Persönlichkeiten des FGDC auch maßgeblich bei der ISO involviert sind, nicht verwunderlich. Letztendlich wird damit das Ziel angestrebt, in den USA den geltenden FGDC-Standard durch einen möglichst den bislang sehr umfangreichen Einwänden des FGDC entsprechend harmonisierten ISO-Standard abzulösen. Hierin ist auch ein Grund für die weitere Verzögerung der ISO-Standardisierung zu suchen.

Insbesondere das FGDC tat sich lange Zeit hervor, umfangreiche Änderungen an den ISO CD's 19115 einzufordern. Mit dem Hintergrund des Stillschweigens eines gültigen und bereits praktizierten Meta-Datenstandards hat das FGDC ein berechtigtes Interesse, zukünftig international verbindliche Meta-Datennormierungen so weit als nur möglich in die Richtung ihrer eigenen Stände zu bewegen. Das FGDC betreibt daher den durchaus einseitigen Versuch, die derzeitigen, unvollendeten Ergebnisse der ISO hin zum eigenen gültigen Stand abzuändern.

Bereits bei der Ankündigung des Übergangs des ISO CD 19115.3 zum CD 19115.4 im September 2000 stimmten bei 33 stimmberechtigten TC 211-Nationen bzw. -Vereinigungen sowohl das FGDC als auch das USGS (United States Geological Survey), eine Abteilung des U.S. Department of the Interior, mit einer gemeinsamen Ablehnung. Auch die jüngste Überführung des CD 4 in den DIS lehnten das FGDC und das USGS ab.

Nach Auffassung amerikanischer Meta-Daten- und Geo-Daten-Gremien werden US-amerikanische Interessen in den bisherigen Drafts der ISO-Meta-Datennormierung noch unzureichend berücksichtigt. Die wichtigsten Kritikpunkte hierbei sind:

- Die Komplexität und die daher rührende, mangelnde Anwenderfreundlichkeit des 19115 führten zu seiner schlechten Akzeptanz und zu einer erschwerten Navigierbarkeit innerhalb der Meta-Daten.
- Teile der ISO-Inhalte würden in fragmentierter Form modelliert sein, was die Anwenderfreundlichkeit und die Handhabbarkeit des ISO-Standards erschweren würde. Selbiges gälte auch für andere ISO 191XX Geo-Standards, wie beispielsweise den „WI 19113 Geographic Information - Quality Principles“, sowie für diese Standards untereinander.
- Es sei unklar, wie Core-Meta-Daten definiert werden sollten und welche Vor- und Nachteile sich bzgl. der bisherigen Mandatory-Meta-Daten ergäben? Darüber hinaus wären die bisherigen Core-Meta-Daten des ISO 19115 nicht alle als verbindlich vorgeschrieben, was einen grundlegenden Widerspruch darstelle.
- Es würden gravierende Inkonsistenzen zwischen dem derzeit in ISO verwendeten, konzeptionellen Modell (Data Dictionary) und dem äquivalenten UML-Entwurf vorliegen. Ebenso existierten noch auffällige Inkonsistenzen zwischen dem Core Metadata Profile und dem Full Standard-Entwurf.

Alle diese Kritikpunkte sind durchaus berechtigter Natur und lassen den Schluss offen, dass der derzeitige Stand des ISO-Entwurfs in einigen Punkten noch verbessert werden kann und das Thema „nationale Interessen“ noch zu wenig berücksichtigt wird. Die abzusehenden Konsistenzprobleme dieses Entwurfs zu anderen ISO-Standards erschweren eine internationale Akzeptanz außerdem.

Ein Beispiel für ein Voranschreiten der Harmonisierungen ist die Tatsache, dass aufgrund der zahlreichen Einwände einiger ISO-Mitglieder im Rahmen der Modifikationen zum ISO/TC 211 CD 19115.2 im Mai 2000 vom zuständigen Editing Committee der ISO erstmalig die Notwendigkeit eines möglichst standardunabhängigen und gremienübergreifenden *Essential Metadata Profile* festgeschrieben wurde. Neben diesen Core-Meta-Daten sollten die standardkonformen *mandatory*, *conditional* und *optional* Metadata Entities des 19115 weiterhin Bestand haben. Das FGDC war maßgeblich an diesen Modifikationen beteiligt. Demnach soll ein minimaler, datensatzbegleitender Meta-Datensatz Folgendes beinhalten:

- **Sprache der Meta-Daten** (mandatory)
- **Zeichensatz der Meta-Daten** (mandatory)
- **Bereich der Hierarchieebenen** (meist „Datensatz“) (mandatory)
- Namen der Meta-Datenhierarchieebenen (optional)
- Kontaktinformationen, Ansprechpartner oder Verantwortliche für die Meta-Daten (optional)
- temporale Angaben zu den Meta-Daten (optional)
- Verwendeter Meta-Datenstandard (optional)
- Version des verwendeten Meta-Datenstandards (optional)
- **Sprache des Geo-Datensatzes** (mandatory)
- **Zeichensatz des Geo-Datensatzes** (mandatory)
- **Kurzbeschreibung oder Zusammenfassung** (mandatory)
- Bounding Box (Lage und räumliche Ausdehnung) (optional)
- geographische Beschreibung (optional)
- räumliche Auflösung (Maßstab bzw. Bodenauflösung) (optional)
- **Geo-Datentyp** (mandatory)
- **Datensatz-Name und -Zeitangaben** (Erfassung, Verarbeitung, etc.) (mandatory)
- **Kontaktinformationen, Ansprechpartner oder Verantwortliche** (mandatory)

Bei genauer Betrachtung ist auffallend, dass obige Punkte in weiten Teilen mit dem Core Metadata Profile des zeitlich nachfolgenden ISO-Entwurfes CD 19115.3 aus *Kap. 4.5.3.1* übereinstimmen. Hieraus lässt sich ein vielversprechender Verlauf der Harmonisierungsbemühungen erkennen. Die im Mai 2000 aufgeworfenen Einwände haben eindeutig zur Aufnahme des Kapitels „6.5 Recommended Core Metadata for geographic Data-sets“ in den CD 19115.3 geführt.

Da sich die Harmonisierungsaktivitäten um FGDC und ISO noch im Fluss befinden und diese Bemühungen bereits 1997, also schon vor der Verabschiedung des derzeitigen FGDC-Meta-Datenstandards, begonnen wurden, ist in dieser Arbeit nicht beabsichtigt, deren Historie detailliert zu erörtern. Zum Verständnis der Problemlage sind ohnehin eher die aktuellen Aktivitäten von Interesse. Näheres zur Meta-Datenstandard-Harmonisierung ist im Internet unter <http://www.fgdc.gov/metadata/whatsnew/fgdciso.html> zu finden.

Anmerkung:

Das Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München ist ein Associate Member des OGC. Der Besuch des 38. Technical Committee Meeting des Open GIS Consortium (OGC) in Vancouver im Dezember 2001 hat folgende Harmonisierungstrends erkennen lassen:

- Bei OGC ist das Bemühen, eine Harmonisierung mit ISO-Standards zu erreichen, in vielen Bereichen auffallend. Wie ISO hat auch das OGC UML als Modellierungssprache für die Spezifikationen übernommen.
- Der aktuelle Draft (DIS) des ISO/TC 211 19115 scheint bei den OGC-Mitgliedern weit reichende Anerkennung zu finden, so dass vom OGC in nächster Zeit keine eigenen Aktivitäten auf dem Gebiet der Meta-Daten mehr zu erwarten sind. Die in *Kap. 4.5.3* angesprochene *Abstract Specification, Topic 11: Metadata V.4* vom März 1999 des OGC wird daher nicht weiter vorangetrieben, sondern durch den ISO/TC 211 19115 ersetzt.
- Wie bereits angemerkt, wird das FGDC die Entwicklung des ISO-Meta-Datenstandards weiterhin beeinflussen, ihn aber nach seiner Verabschiedung ebenfalls adaptieren. Zur Erhaltung der vielfach geforderten Kompatibilität wird man ihn aber um eigenen Strukturen erweitern müssen. Eine entsprechende Aktualisierung des FGDC-STD-001-1998 ist daher abzusehen.

Dieser Entwicklungsverlauf lässt sich auch aus den geäußerten Absichten des American National Standards Institute (ANSI) erschließen. ANSI will demnach den ISO Standard für Metadaten nach seinem Abschluss übernehmen, diesen aber durch Amendments so erweitern, dass er weitgehend FGDC-konform ist.

4.5.4.2 BEWERTUNG DER STANDARDS

1) ISO/TC 211 19115

ISO-Standards sind von ihrer Definition herrührend international, was erwarten lässt, dass mittelfristig eine große Anzahl von kommerziellen Produkten den ISO/TC 211 19115-Standard unterstützen wird. Die graphische Beschreibung des ISO-Meta-Datenmodells erfolgt mit Hilfe der standardisierten UML. Der ISO-Standard versucht möglichst alle Eventualitäten einer Geo-Datenbeschreibung abzudecken, was ihn sehr umfassend, aber auch sehr komplex und relativ starr erscheinen lässt. Dadurch wird er schwieriger umzusetzen sein als andere Ansätze, was potentielle Anwender abschrecken könnte. Die Arbeiten der ISO hinsichtlich ihres Meta-Datenstandards ISO/TC 211 19115 sind noch nicht abgeschlossen. Eine Fertigstellung des International Standards (IS) wurde bereits mehrfach aufgrund zahlreicher Änderungsvorschläge und Kritikpunkte verschoben und kann dem aktuellen Stand nach zu urteilen für das 2. oder 3. Quartal des Jahres 2002 erwartet werden.

a) VORTEILE

- ISO-Standards sind international.
- Es ist zu erwarten, dass zukünftig eine große Anzahl von kommerziellen Produkten auf ISO-Standards aufsetzen werden.
- Eine Harmonisierung von FGDC mit ISO ist in Vorbereitung und scheint mittelfristig möglich.
- Der ISO-Meta-Datenstandard ist sehr umfassend konzipiert und weist damit gegenüber anderen Standards eine hohe Vollständigkeit (derzeit ca. 420 Datenelemente) auf.
- Er ist normenkonform erweiterbar.

- Er beinhaltet aufgrund der noch andauernden Normierungsaktivitäten auch erst in jüngster Zeit diskutierte Inhalte und ist damit prinzipiell moderner als der FGDC-Standard.
- Die graphisch-konzeptionelle Beschreibung erfolgt standardisiert in UML. Die logische Implementierung erfolgt ebenfalls mit Hilfe moderner, standardisierter Strukturen via XML. Entsprechende Vorgaben sollen bis zu seiner Verabschiedung als IS noch folgen.

b) NACHTEILE

- Der ISO/TC 211 19115 ist datensatz-beschreibend und berücksichtigt demnach keinerlei Modellbeschreibungen der jeweils zugrunde liegenden GIS-Architekturen.
 - Er liefert (noch) keine Implementierungsvorgaben auf logischer und physikalischer Ebene.
 - Der ISO-Meta-Datenstandard hat ca. 420 Datenelemente. Er ist daher sehr komplex und damit aufwändig zu implementieren. (zum Vergleich: CEN ca. 110 Datenelemente und FGDC 199 Meta-Datenfelder)
- Hinsichtlich der allgemein schwachen Verfügbarkeit und Akzeptanz von Meta-Daten ist negativ zu bewerten, dass der ISO-Meta-Datenstandard damit auch den größten (Erst-) Erfassungsaufwand für Meta-Daten mit sich bringen würde.
- Der ISO/TC 211 19115 befindet sich mittelfristig noch in der Entwurfsphase und wird daher noch Änderungen unterliegen. Eine Implementierung und Umsetzung ist derzeit nur bedingt sinnvoll.
 - Es liegen, abgesehen von vereinzelt Pilotprojekten, noch keine ausreichenden, nationalen und internationalen Praxiserfahrungen vor.
 - Der aktuelle Stand des ISO/TC 211 19115 weist noch Inkonsistenzen in seiner Konzeption auf. Diese Inkonsistenzen sind den beteiligten Institutionen bekannt und müssen noch behoben werden.
 - Die Öffentlichkeitsarbeit zur Akzeptanz und Verwendung international genormter Meta-Datenstrukturen fehlt noch weitestgehend.

2) FGDC-STD-001-1998

Der FGDC Meta-Datenstandard (CSDGM Version 2 - FGDC-STD-001-1998) ist seit Juni 1998 in den USA landesweit verbindlich eingeführt. Ein entscheidender Vorteil des FGDC-Standards ist seine relativ einfache Umsetzbarkeit, weil nur zwei Sektionen grundsätzlich *mandatory* sind, und er ohne Probleme erweiterbar ist. Außerdem wird der Standard bereits in den USA von allen Bundesbehörden eingesetzt. Daher liegen bereits ausreichende Praxiserfahrungen vor. Die GIS-Industrie (hier vor allem die in Amerika ansässigen Firmen) orientieren sich bei neuen Produkten deutlich am geltenden FGDC-Standard. Jedoch handelt es sich bei diesem Meta-Datenansatz um einen amerikanischen Standard, bei dem spezielle, europäische Interessen nicht eingebracht werden konnten und sollten. In Europa existieren primär aus diesem Grund noch keine großen Referenzanwendungen.

a) VORTEILE

- Der FGDC-STD-001-1998 ist gegenüber allen untersuchten Standards (vgl. Anlage: CEN, ISO, MEGRIN und InGeoForum) der für den Anwender am einfachsten umzusetzende Meta-Datenstandard, da u.a. nur zwei von sieben Rubriken (*Identification Information* und *Metadata Reference Information*) grundsätzlich verbindlich bearbeitet werden müssen.
- In den USA müssen die Meta-Datenvorgaben der FGDC seit 1998 von allen Bundesbehörden umgesetzt werden. Es ist ein praxisgerechter und abgeschlossener Standard, für den umfangreiche Praxiserfahrungen vorliegen.
- Die US-amerikanische GIS-Industrie und damit die weltweiten Marktführer ESRI und Intergraph orientieren sich seit einiger Zeit bei Neuentwicklungen deutlich am FGDC.
- Der FGDC-Meta-Datenstandard wurde vom TC 211 der ISO als Grundlagendokument für den Entwurf des ISO-Meta-Datenstandard 15046-15 (jetzt 19115) herangezogen, so dass eine Migration des relativ überschaubar strukturierten FGDC-Meta-Datenstandards zum komplexeren ISO-Meta-Datenstandard nach derzeitigen Stand möglich scheint.
- Normenkonforme Erweiterungen des Standards nach eigenen Bedürfnissen der Nutzer sind ausdrücklich vorgesehen und beschrieben.

- Eine Harmonisierung von FGDC mit ISO ist in Vorbereitung und scheint mittelfristig möglich.
- Die Öffentlichkeitsarbeit des FGDC zur Akzeptanz und Verwendung US-national genommter Meta-Datenstrukturen ist ausgezeichnet.

b) *NACHTEILE*

- Der FGDC-STD-001-1998 ist ebenfalls datensatz-beschreibend und berücksichtigt demnach keinerlei Modellbeschreibungen der jeweils zugrunde liegenden GIS-Architekturen.
- Seine Definition erfolgt mit einer FGDC-eigenen Beschreibungssprache, so dass standardisierte Datenbeschreibungs- und -Modellierungstechniken wie UML und XML derzeit keine Verwendung finden.
- Seine Inhalte berücksichtigen aufgrund seiner Verabschiedung bereits im Jahre 1998 nicht alle Themen aktueller Diskussionen zur Geo-Datenbeschreibung.
- Er liefert keine Implementierungsvorgaben auf logischer und physikalischer Ebene.
- Es handelt sich um einen amerikanischen Standard, in dem spezielle, europäische Interessen nicht ausreichend berücksichtigt werden.
- In Deutschland und Europa gibt es noch wenige Referenzanwendungen.
- Eine Bereitschaft europäischer und bundesdeutscher Behörden, den FGDC-Meta-Datenstandard zu adaptieren, lässt sich nicht erkennen. Andere bedeutende Ansätze in diese Richtung sind ebenfalls nicht bekannt.

4.6 BUNDESWEIT VERGLEICHBARE ANSÄTZE

Das Bundeskabinett hat am 17. Juni 1998 beschlossen, einen ständigen „InterMinisteriellen Ausschuss für Geo-Informationswesen“ (IMAGI) einzurichten. Der Ausschuss soll unter anderem „... die Konzeption eines effizienten Datenmanagements für Geo-Daten auf Bundesebene (Straffung der Verantwortlichkeiten, ressortübergreifende Nutzung, Meta-Dateninformationssystem, verbesserter Zugang für die Wirtschaft, Ausweisung von Forschungs- und Innovationsbedarf) als prioritäre Aufgabe entwickeln.“ (*V. Handlungsempfehlungen des Kabinettsbeschlusses vom 17. Juni 1998*). Hierzu liegt aktuell ein Papier (*Konzeption eines effizienten Geo-Datenmanagements des Bundes*) der Arbeitsgruppe „Konzeption Geo-Datenmanagement“ des IMAGI vom 6. Oktober vor (vgl. [67] IMAGI (2000)). Darin wird zur Verwendung von Normen in der Bundesverwaltung sinngemäß festgestellt:

Um aus unterschiedlichen Meta-Dateninformationssystemen Informationen abfragen zu können, ist entweder ein einheitlicher Standard für alle Systeme oder aber mindestens eine Kernmenge von gemeinsamen Meta-Datenelementen (Core-Meta-Daten) notwendig.

Es wurde hierzu geprüft, ob eine hinreichende Menge an gemeinsamen Datenfeldern existiert, die für das Metadaten-Informationssystem MIS-Bund infrage kommt.

Eine in diesem Zusammenhang geführte Fragebogenaktion über Meta-Dateninformationssysteme in Bundeszuständigkeit hat aufgezeigt, wie häufig derzeit die folgenden Normen/Standards verwendet werden:

- | | |
|---|----|
| • Europäische Vornorm (CEN): | 4 |
| • Umweltdatenkatalog (UDK): | 4 |
| • Amerikanische Standards des Federal Geographic Data Committee (FGDC): | 10 |
| • Format des Statistischen Bundesamtes (CDS): | 1 |
| • InGeoForum Meta-Datenformat (InGeo-MDF): | 1 |

Zu weiteren Meta-Dateninformationssysteme wurden keine Angaben gemacht.

Aus diesen Aussagen sowie den im Vorfeld der Arbeiten zum Referenz-GIS getätigten Untersuchungen der wichtigsten Meta-Datenstandardisierungsbewegungen lässt sich eindeutig ableiten:

1. Die Verwendung eines Core-Metadata-Profiles ist der derzeit erfolversprechendste Weg zur Implementierung von Meta-Daten in GIS.
2. Die Referenz auf den einzigen derzeit verabschiedeten Meta-Datenstandard (FGDC) wird sogar auf Bundesebene maßgeblich praktiziert und ist demnach anerkannt.

4.7 STRUKTURIERUNG VON META-DATEN FÜR DAS REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Beim oft leichtfertigen Umgang mit dem Begriff „Meta-Daten“ wird derzeit noch kein einheitlicher Sprachgebrauch gepflegt. Der weit verbreitete Umgang mit einer Vielzahl von Begriffen in diesem Zusammenhang sorgt gerade bei den Anwendern für Verwirrung und nicht selten auch für eine ablehnende Haltung gegenüber der Verwendung von Meta-Daten. Der gesamte Themenbereich erscheint bei einer ersten Betrachtung als sehr komplex, schwer begreifbar und vor allem als unpraktikabel. Um in diese Begrifflichkeiten Ordnung zu bringen, ist es notwendig eine einheitliche Begriffs-Basis (*Kategorisierung*) zu schaffen. Die Erhebung und Bereitstellung von Meta-Informationen verlangt vorweg, dass, zumindest innerhalb einer geschlossenen Systemlandschaft, zu jedem aufzunehmenden Objekttyp sowohl die Datenbeschreibung als auch die Terminologie genormt wird. Landesweite oder internationale Normungen sind selbstredend gerade im Hinblick auf die Mehrfachnutzbarkeit von unabhängigen und verteilten Datenbeständen vorzuziehen (vgl. Kap. 4.5).

In [32] DENZER, GÜTLER (1994) wird ein Vorschlag zur Strukturierung von Meta-Informationen in komplexen Informationssystemen, wie sie beispielsweise im Umweltbereich zu finden sind, unterbreitet. Hierbei werden lediglich 4 *Meta-Datentypen* unterschieden. Eine ähnliche Differenzierung wird in [140] ZEHNER, M. L., BILL, R. (2001) vorgeschlagen. Bei einer intensiven Betrachtung der Thematik lassen sich, allein im Kontext des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ deutlich mehr Meta-Datentypen in mindestens 6 *Meta-Datenklassen* unterscheiden.

1. **konzeptionelle Unterscheidung**
(datensatz-begleitende, system-übergreifende und themen-spezifische Meta-Daten)
2. **physische Unterscheidung (Bezugsniveau)**
(feature-, datenbestands- und modell-bezogene (strukturelle) Meta-Daten)
3. **formale Unterscheidung**
(alphanumerische, textuelle, tabellarische und graphische Meta-Daten)
4. **inhaltliche Unterscheidung**
(implizite, explizite, semantische, qualitative und temporale (genetische) Meta-Daten)
5. **organisatorische Unterscheidung**
(syntaktische und navigatorische Meta-Daten)
6. **Unterscheidung nach der Nutzung**
(interne und externe Meta-Daten)

4.7.1 KONZEPTIONELLE UNTERSCHIEDUNG

4.7.1.1 DATENSATZ-BEGLEITENDE META-DATEN

Man versteht unter datensatz-begleitenden Meta-Datenimplementierungen auf einzelne Datensätze bezogene, i.d.R. text-basierte Meta-Datenlösungen. D.h. es kann zu jedem Geo-Datensatz parallel ein Meta-Datensatz mit frei definierbarem oder auch standardisiertem Inhalt angelegt werden. Hierfür kommen von formaler Seite grundsätzlich die Varianten „alphanumerisch“, „textuell“ und, mit gewissen Einschränkungen, auch „tabellarisch“ in Frage (*s.u.*).

Die datensatz-bezogene Implementierung beispielsweise des aktuellen FGDC-Meta-Datenstandards in div. Herstellersysteme wird bereits vollzogen (vgl. Kap. 4.5). Eine weitere datensatz-begleitende Meta-Datenvariante stellt die Möglichkeit der freien Definierbarkeit von Meta-Datenstrukturen dar. Die Definition eigener Strukturen ist oft via XML 1.0 (EXtensible Markup Language) möglich. Die Entscheidung für XML als Implementierungssprache in kommerziellen Lösungen wird oftmals dadurch begründet, dass man Standards nur mit Hilfe standardisierter Methoden und Werkzeuge realisieren kann, wobei zu bedenken bleibt, dass ein ASCII-Textfile auch eine standardisierte Struktur darstellt; ebenso eine streng relationale Struktur in einem Relationalen Datenbankmanagementsystemen (RDBMS). Daher stellt XML nur eine Möglichkeit der datensatz-begleitenden Implementierung von Meta-Daten dar.

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ kommen nur wenige datensatz-begleitende Meta-Informationen zum Einsatz. Lediglich feature-bezogene Meta-Daten zu Zwecken spezieller Qualitätsbeschreibungen, wie es in Kap. 6.8.3 ausgeführt ist, kommen auf diese Weise zum Tragen.

Beispiele: Nahezu alle Meta-Inhalte, wie sie hier vorgestellt werden

4.7.1.2 SYSTEM-ÜBERGREIFENDE META-DATENBANK-LÖSUNGEN

In system-übergreifenden Meta-Datenlösungen werden umfangreiche Meta-Daten in komplexen Datenmodellen beispielsweise auf der Basis von Datenbankmanagementsystemen gehalten.

Im Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ am Fachgebiet Geoinformationssysteme der Technischen Universität München wird neben nur wenigen datensatz-begleitenden Meta-Informationen das Prinzip einer systemweiten, datenbank-basierten Meta-Datenhaltung zugrunde gelegt.

Ein rein datensatz-begleitender Ansatz ermöglicht dagegen zwar ebenfalls eine vollständige und bei Bedarf standardisierte Geo-Daten-Beschreibung, schließt aber a priori eine systemweite Modellbeschreibung aus. Allein dieser Umstand unterscheidet das Meta-Informationssystem des Referenz-GIS gravierend von den datensatz-begleitend konzipierten, kommerziellen GIS-Produkte der GIS-Hersteller. Sowohl die datensatz- als auch die datenbank-basierte Meta-Datenhaltung bietet Vorteile, birgt aber auch Nachteile.

Beispiele: Nahezu alle Meta-Inhalte, wie sie hier vorgestellt werden

4.7.1.3 THEMEN-SPEZIFISCHE META-DATEN (ZUSATZDATEN)

Themen-spezifische Zusatzdaten regeln vor allem die kartographischen Ausprägungen von GIS-Datenbeständen innerhalb einer Systemlandschaft und werden oftmals über externe Organisationsstrukturen wie Data Dictionaries oder Meta-Datenbanken organisiert (vgl. Kap. 4.4).

Neben rein alphanumerischen oder tabellarischen Meta-Daten, existieren auch für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ noch weitere Meta-Datentypen, die vor allem die kartographische Ausprägung der GIS-Datenbestände des Referenz-GIS regeln. Es handelt sich hierbei um eine umfassenden Bibliothek für Symbole, Texturen, Signaturen und Farben in Form von sog. *Legenden*, *Paletten* und (TrueType-) *Schriftarten* (vgl. Kap. 5.5).

Die Zuordnung dieser themen-spezifischen Meta-Daten zu den entsprechenden GIS-Datensätzen wiederum ist in der oben beschriebenen Meta-Datenbank eindeutig geregelt. Dabei ist die Zugehörigkeit der einzelnen *Legenden* zu Themen, und damit zu einzelnen GIS-Datensätzen, getrennt geregelt. Die Unterteilung erfolgte analog zur geometrischen Klassifizierung (vgl. Kap. 5.3.2.3) und wie unten zu sehen, für *Punkte*, *Linien*, *Flächen*, *Texte*, *Grids* und *TIN's*.

Beispiele: Symbole, Texturen, Signaturen und Farben in Form von *Legenden*, *Paletten*, *Schriftarten*, etc.

4.7.2 PHYSISCHE UNTERSCHIEDUNG

4.7.2.1 FEATURE-BEZOGENE META-DATEN

Feature-bezogene Meta-Daten beschreiben explizit *geometrische Primitive*, meist Punkte, Linien oder Flächen, als kleinste logische Einheiten in einem GIS.

Eine Abbildung der Meta-Informationen auf dieser Ebene erfolgt im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ mit Hilfe direkter Attribute. Neben geometrischen Primitiven werden über diesen Meta-Datentyp logische, aus 1 bis n Primitiven zusammengesetzte *Objekte* als kleinste semantische Einheit, die mit thematischen Attributen gekennzeichnet ist, beschrieben. Im Referenz-GIS werden Objekte über geometrische Topologien (sog. Multipart-Features) gebildet. Deren Beschreibung wird ebenfalls mit Hilfe direkter Attribute realisiert.

Darüber hinaus ist es oftmals sinnvoll, *Klassen* als Mengen von Objekten mit gemeinsamen semantischen Eigenschaften zu bilden und gesondert zu beschreiben. Diese Objekt-Klassen werden im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ als „Schichten“ (allgemeiner: „Datensätze“) verwaltet und über die Meta-Datenbank zentral beschrieben. Fasst man eine oder mehrere Klassen räumlicher Objekte zusammen so erhält man sog. *Themen*, wie es hier in Kap. 5.3.2.5 unter 4) detailliert erläutert ist. Auch an dieser Stelle kommt die Meta-Datenbank des Referenz-GIS als umfassend beschreibendes Medium zum Einsatz.

Beispiele:

geometrische Primitive:	Lage- und Flächen-Genauigkeit, Diskretisierung, etc.
Objekte:	Semantische Richtigkeit und Konsistenz, Redundanzen, etc.
Klassen:	Attributgenauigkeit, Symbolisierungen, Klassifizierungen, etc.
Themen:	Thematische <i>Legenden</i> , Maßstäbe, Skalierungen, etc.

4.7.2.2 DATENBESTANDS-BEZOGENE META-DATEN

Datenbestands-bezogene Meta-Daten beschreiben i.d.R. die gesamte *räumliche Datenbasis* als meist aufgabenorientierte Sammlung von Datensätzen und Themen eines GIS. Es ist bei heterogenen Systemen aber durchaus sinnvoll, die gesamte Datenbasis nach Themenbereichen und Objektbereichen zu untergliedern und datenbestands-bezogene Meta-Daten auf diese Unter-Datenbestände zu referenzieren.

Im Referenz-GIS werden z.Zt. 5 Themenbereiche und 17 Objektbereiche geführt (vgl. Kap 5.3.2.2). Gerade die Themenbereiche klassifizieren unterschiedliche Daten-Quellen und -Hersteller. Sie erlauben dem Anwender des Referenz-GIS den differenzierte Zugriff auf Meta-Informationen zu allen involvierten Datenquellen aller beteiligter Institutionen. Hierbei sind jeweils globale Aussagen über die Datenbestände dieser Institutionen möglich.

Beispiele: Themen-Bereiche oder -Klassen, Objekt-Bereiche oder -Klassen, allgemeine Herstellerangaben, globale Aktualitätsstände, Genauigkeiten und Vollständigkeits, grundsätzliche Verfahrenswege, etc.

4.7.2.3 MODELL-BEZOGENE (STRUKTURELLE) META-DATEN

Modell-bezogene Meta-Daten können auch als strukturelle Meta-Informationen bezeichnet werden. Sie beschreiben beispielsweise, wie Objekte von ihrer Struktur her aufgebaut sind. Diese Beschreibungen umfassen selbstredend alle konzeptionellen und logischen Modellinhalte, wie Datenbankstrukturen, Listen, Mengen, Tabellen, Hierarchien, Attributzuweisungen und vieles mehr. Sie besitzen sowohl semantische als auch syntaktische Anteile.

Im Referenz-GIS wird dieser Part größtenteils von der Meta-Datenbank übernommen und von allen Sektionen inhaltlich abgedeckt. Einen weiteren Teil dieser Aufgabe übernehmen die textuellen und graphischen Meta-Daten des Referenz-GIS (s.u.).

Beispiele: Objektstrukturen, Topologien, Mehrfachnutzungshinweise für Objekte und ihre Inhalte, Identifizierbarkeiten, Klassifizierungs- und Abgrenzungsgenauigkeiten, Gebrauchsrestriktionen, Aggregationen, Alternativen, Altersangaben, Zustandsbeschreibungen und Zustandsänderungen, Hierarchien und Domänen, modellabhängige Qualitätsparameter, etc.

Anmerkung:

Nicht in jedem Fall ist die Differenzierung aller dieser physikalischen Ebenen sinnvoll. So unterscheidet z.B. P. Fisher in [49] FISHER (1993) „nur“ die vier Kategorien *Mapset*, *Data Layer*, *Object Class* und *Spatial Object*. Meta-Daten sollen nun jeweils auf dem Niveau ausgewiesen werden, auf dem sie in differenzierter Form vorliegen. Ansonsten geht entweder Information bzgl. unterschiedlicher Ausprägungen verloren, oder es wird redundante Information (gleiche Ausprägung eines Meta-Deskriptors z.B. für eine ganze Klasse von Objekten) gespeichert. In einer gegebenen Datenbasis werden daher Meta-Deskriptoren auf mehreren (nicht notwendigerweise jedoch auf allen) Ebenen vorliegen müssen.

In relationalen Systemarchitekturen, wie im Falle des Referenz-GIS überwiegend verwendet, können nun Meta-Daten (die ohnehin meist in tabellarischer Form vorliegen) grundsätzlich auf allen diesen Ebenen an die jeweiligen Bezugs-Objekte geknüpft werden. Allerdings ist die Bezugnahme zwischen diesen Ebenen nur umständlich möglich.

Bei Bedarf an einer vielschichtigen Meta-Datenverwaltung kommen die Vorzüge des objekt-strukturierten Zugangs der Meta-Datenbank des Referenz-GIS ganz deutlich zum Tragen. Durch die Definition einer Klassen-Hierarchie können Abfragen nach einem bestimmten Meta-Datum bei Nichtvorhandensein auf einer bestimmten Ebene an die jeweils höhere weitergeleitet werden. Meta-Information wird jeweils auf der Ebene gespeichert, auf der sie zwischen Objekten differenzierend in Erscheinung tritt. Globale, für den gesamten Datenbestand gültige Informationen werden dann redundanzfrei auf dessen Ebene festgehalten, während die Beschreibung individueller Charakteristiken von Themen, (räumlichen) Objekten oder Primitiven auf deren jeweiliger Ebene möglich ist.

- Im Referenz-GIS werden für **Vektor-Daten** neben den feature-bezogenen Abstraktionsebenen „*geometrisches Primitiv*“ (Punkt, Linie, Fläche; vgl. Kap. 2.3.1 der Anlage), „*Objekt*“ (Objektart und Objekt; vgl. Anlage; Kap. 2.2.6 und 2.2.7), „*Klasse*“ (Schicht oder Datensatz; vgl. Anlage; Kap. 2.2.5) und „*Thema*“ (vgl. Anlage; Kap. 5.5) die datenbestands-bezogenen Abstraktionsebenen „*Themenbereich*“ und „*Objektbereich*“ (vgl. Anlage; Kap. 2.2.3 und 2.2.4) unterschieden.
- Die Abstraktionsebene für **Raster-Daten** (vgl. Anlage; Kap. 2.3.2) ist das *geometrische Primitiv* „Pixel“ und der „*Datensatz*“ (hier nicht sinnvoll als „Klasse“ zu bezeichnen).
- Für **Grid-Daten** (vgl. Anlage; Kap. 2.3.3) sind die Ebenen „*geometrisches Primitiv*“ (Gitterpunkt/Zelle), „*Klasse*“ und (direktes) „*Attribut*“ (vgl. Anlage; Kap. 2.2.8) vorgesehen.
- Für **TIN-Daten** (vgl. Anlage; Kap. 2.3.4) kommen die Ebenen „*geometrisches Primitiv*“ (Dreieck) und „*Klasse*“ in Frage.
- Für **Sach-Daten** (vgl. Anlage; Kap. 2.1.2) existieren die Ebenen (direktes) „*Attribut*“ (vgl. Anlage; Kap. 2.2.8) und (komplexe) „*Sach-Daten*“ (vgl. Anlage; Kap. 8).

Darüber hinaus werden zur Systembeschreibung noch datentyp-übergreifend diverse modell-bezogene Abstraktionsebenen, wie beispielsweise „*Projekt*“, „*View*“, „*3D-Szene*“ und „*Legende*“ benötigt (vgl. Anlage; Kap. 5).

4.7.3 FORMALE UNTERSCHIEDUNG

4.7.3.1 ALPHANUMERISCHE META-DATEN

Bei alphanumerischen Meta-Daten handelt es sich um alphanumerische Beschreibungen oder Texte, um alphanumerische Einträge in relationale Datenbanken, um alphanumerische Einträge in datensatz-bezogene Tabellen oder auch um XML-Inhalte, die ebenfalls alphanumerischer Natur sind.

Sowohl die Referenz-GIS-Meta-Datenbank als auch alle anderen Meta-Datenlösung verwenden schwerpunktmäßig diesen Meta-Datentyp als formale Grundlage. Auch textuelle und tabellarische Meta-Daten sind in den meisten Fällen alphanumerischer Natur (*s.u.*).

Beispiele: Nahezu alle denkbaren Meta-Inhalte, wie sie hier vorgestellt werden

4.7.3.2 TEXTUELLE META-DATEN

Textuelle Meta-Daten dienen i.d.R. als erweiterte Daten-Dokumentation (Beschreibung von Charakteristika mit Freitext) und enthalten oft Informationen zur Daten-Klassifikation oder einer möglichen Weiterverarbeitung und Interpretation von Daten aus externen Quellen. Sie besitzen aber einen sehr viel größeren Beschreibungsspielraum, als hier dargestellt werden kann. Dieser reicht vom daten-beschreibenden „Dreizeiler“ bis hin zum umfangreichen Handbuch zu einer kompletten GIS-Lösung. Es handelt sich bei textuellen Meta-Daten meist auch gleichzeitig um alphanumerische Meta-Daten. Man fasst unter dem Begriff „textuelle Meta-Daten“ aber eher Vollständige Dokumente (ASCII-Texte oder Textverarbeitungs-Ergebnisse *.doc oder *.pdf, etc.) oftmals in Verbindung mit illustrierenden Grafiken oder Ähnlichem zusammen. Sie dienen der umfassenden Beschreibung von weiterreichenden Zusammenhängen und Charakteristika mit Hilfe von Freitext- oder Textverarbeitungs-Methoden.

Im Falle der Digitalen Flurkarte in Bayern ist die DatRi-GRUBIS unter textuellen Meta-Daten einzuordnen. Beim ATKIS tritt der ATKIS-OK als Text-File an diese Stelle. Der UDK (**UmweltDatenKatalog**) ist ein weiteres Beispiel auf behördlicher Seite.

Für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ stellt die vorliegende *wissenschaftlich-technische Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“* die wichtigsten textuellen Meta-Informationen bereit. Hierin ist das gesamte System auf mehr als 1 300 Seiten wissenschaftlich beleuchtet und technisch dokumentiert. Ergänzend sind weitere Dokumentationen zu Datenquellen, Datenformaten, Systemkomponenten, Datenumsetzung und Ähnlichem vorhanden.

Beispiele: Freitexte in Form von Daten- und Objekt-Katalogen (ATKIS-OK, UDK, DatRi-GRUBIS, usw.), Datenbeschreibungen, Nutzungs-Hinweise und -Tipps, Handbücher, System- und Modell-Dokumentationen, Zusammenfassungen, Kurzbeschreibungen, ergänzende Texte, umfangreichere Quellenangaben, weiterführende Literatur, etc.

4.7.3.3 TABELLARISCHE META-DATEN

Tabellarische Meta-Daten weisen unterschiedliche Werte mit Hilfe verschiedener Datentypen (Integer, Real, Character, Boolean, etc.) in relational strukturierter Form aus. Hierbei können sowohl Einzeltabellen als auch relational modellierte Tabellenverbände verwendet werden. Es existieren in div. Realisierungen sowohl datensatz-begleitende Meta-Attributtabelle als auch system-übergreifende Meta-Datenbank-Lösungen. Auch bei tabellarischen Meta-Daten handelt es sich gleichzeitig um alphanumerische Meta-Daten.

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ kommen beide Erscheinungsformen zum Einsatz.

Beispiele: Nahezu alle denkbaren Meta-Inhalte, wie sie hier vorgestellt werden

4.7.3.4 GRAPHISCHE META-DATEN

Graphische Meta-Daten werden in den meisten Fällen als navigatorische Meta-Daten (*s.u.*) verwendet. Sie dienen dem Anwender in diesem Fall zur räumlichen Orientierung im Datenbestand eines GIS und stellen damit datenbestandsübergreifende Einstiegshilfen zur Verfügung. Darüber hinaus liefern sie neben der reinen Navigation einen optischen Raumbezug und somit für den Anwender die Möglichkeit den betrachteten GIS-Datenbestand in einem übergeordneten Kontext einordnen und beurteilen zu können.

Einen weiteren Anwendungsschwerpunkt graphischer Meta-Daten stellt die strukturierte Darstellung verschiedener Konzeptionen in einem GIS dar. Auf der einen Seite lassen sich über UML- oder, wie es im Referenz-GIS der Fall ist, über SERM-Diagramme die Konzeptionen von Datenbanken und Geo-Modellen leicht verständlich abbilden. Auf der anderen Seite können beispielsweise Organisationsstrukturen der Datenverwaltung (Dateibäume, Datenschutz- und Datensicherungskonzepte, Zugehörigkeiten, etc.) oder Organigramme und Struktogramme, Verwaltungsabläufe, Kompetenzen und Zuständigkeiten innerhalb des GIS-Betriebs mit Hilfe graphischer Meta-Daten wiedergegeben werden.

Im einfachsten Fall handelt es sich bei graphischen Meta-Daten um einfache Rasterbilder, wie sie auch problemlos im Internet zum Einsatz kommen könnten. Uneingeschränkt navigierbare, graphische Meta-Informationen werden aber i.d.R. als strukturierte Vektor-Daten vorgehalten.

Auch für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ existieren diverse Formen von graphischen Meta-Informationen. Hier einige Beispiele:

1. kleinmaßstäbige Übersichtskarten des Referenz-GIS (regionale Strukturierung)

2. Übersicht für den Orthophoto-Image-Katalog des Referenz-GIS (vgl. Kap. 6.2.2)

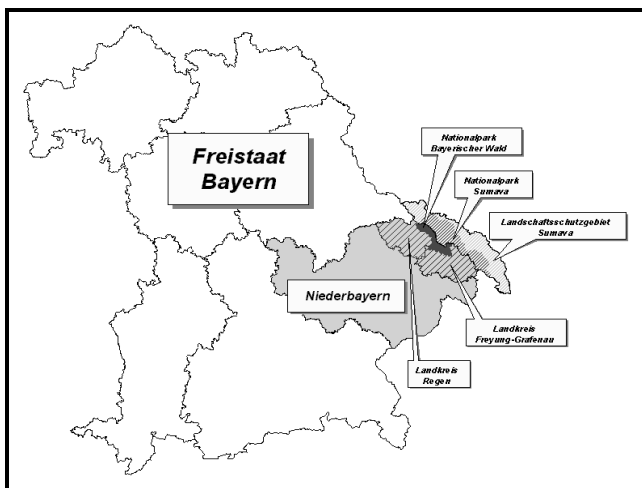


ABBILDUNG 20: ÜBERSICHTSKARTE 1
(REGIONALE STRUKTURIERUNG)

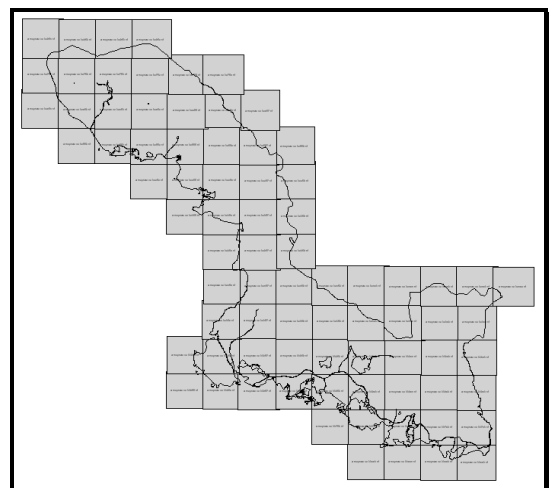


ABBILDUNG 21: ÜBERSICHTSKARTE 2
(ORTHOPHOTO-IMAGE-KATALOG)

3. Das Strukturierte Entity Relationship Modell (SERM) für die forstliche Sach-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ (vgl. Kap. 8.5 der Anlage).

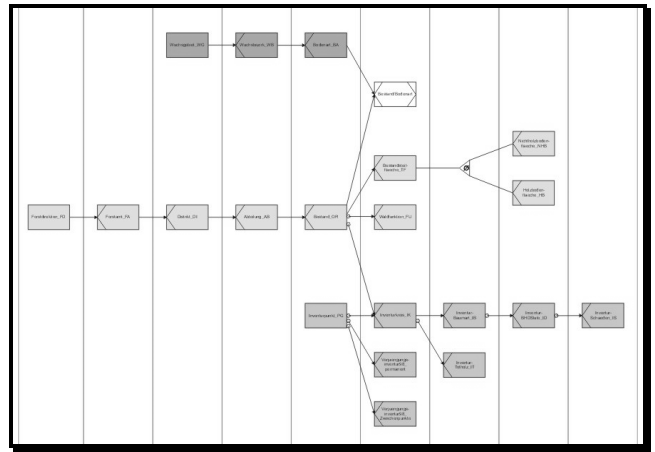


ABBILDUNG 22: KONZEPTIONELLE ÜBERSICHT

Beispiele: Übersichtskarten, Quicklooks, Thumbnails, Sketches, Diagramme, Organigramme, Struktogramme, etc.

4.7.4 INHALTLICHE UNTERSCHIEDUNG

4.7.4.1 IMPLIZITE (ABGELEITETE) META-DATEN

Eine weitere, wesentliche Unterscheidung liegt in der Differenzierung in abgeleitete (*implizite*) und primäre (*explizite*) Meta-Daten. Während erstere „nur“ aggregierte Sekundärinformationen sind, die direkt aus einem vorliegenden Geo-Datensatz oder -Datenbestand abgeleitet werden können, muss primäre Meta-Information explizit vom verantwortlichen Bearbeiter eingegeben werden.

Aus der Bezeichnung „abgeleitete Meta-Information“ darf jedoch keinesfalls auf geringere Wertigkeit geschlossen werden. Vielmehr sind gerade in dieser Kategorie häufig für den unmittelbaren Betrieb und die rasche Qualifikation eines Datenbestandes wichtige Informationen enthalten. Allerdings muss bei aus verarbeitungstechnischen Gründen explizit gemachter Verfügbarkeit dieser abgeleiteten Informationen festgehalten werden, dass abgeleitete Meta-Daten bei Änderungen der eigentlichen Geo-Daten zu invalidieren sind und nach Möglichkeit nicht direkt eingegeben werden dürfen, sondern automatisch abgeleitet werden sollen. Wenn diesen Forderungen organisatorisch Rechnung getragen wird und ggf. eine klare Kennzeichnung abgeleiteter Meta-Daten erfolgt, ist deren Führung in jedem Fall von entscheidendem Vorteil für die Betreiber und Benutzer eines GIS.

Im Referenz-GIS werden alle impliziten Meta-Daten mit Hilfe einer Perl-basierten Eigenentwicklung datenbestandsweit voll automatisiert abgeleitet und in die Meta-Datenbank des Systems übernommen (vgl. Kap. 5.8.3).

Beispiele: Datenmengen, und Datentypen, Anzahl, Art und Komplexität von Objekten und deren Attributbesatz, räumliche Ausdehnungen (z.B. umschreibendes Rechteck/Bounding Box) sowie topologisch basierte Informationen, etc.

4.7.4.2 EXPLIZITE (PRIMÄRE) META-DATEN

Primäre Meta-Information muss vom verantwortlichen Bearbeiter explizit angegeben werden. Es handelt sich hierbei also um gesondert zu erfassende, beschreibende Daten, die damit den Großteil des Aufwandes einer detaillierten Meta-Datenerfassung ausmachen.

Explizite Meta-Daten lassen sich nicht automatisch erfassen, sondern müssen manuell eingegeben werden. Im Idealfall lässt sich lediglich eine Interaktion mit dem jeweiligen Erfasser bewirken, welche die Erfassung korrelierender Meta-Informationen ermöglicht. Die deutliche Erleichterung der Eingabe expliziter Meta-Informationen wird auch bei den Standardisierungsbehörden und in der GIS-Industrie noch einen erheblichen Teil der Konzeptionierung und Softwareentwicklung beanspruchen müssen, um die allgemeine Akzeptanz der Meta-Datenerfassung bei den Anwendern zu verbessern.

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ werden dem Anwender zum Zwecke der Eingabeerleichterung Standardwerte, dynamische Auswahlmenüs, leicht überschaubare Eingabemasken und von der Datenbank gesteuerte Einschränkungen, Wertemengen und dergleichen zur Verfügung gestellt (vgl. Kap. 5.7)

Beispiele: Urheberangaben, Genauigkeiten, zeitliche Gültigkeiten, fachliche Relevanzen, rechtliche Gegebenheiten (Urheberrecht, Datenschutz, Nutzungs-Bedingungen und -Beschränkungen), Verwendungszwecke, Angaben über alternative Daten, sonst. Empfehlungen des Herstellers, etc.

4.7.4.3 SEMANTISCHE META-DATEN

Hierunter sind Informationen zu verstehen, die der inhaltlichen Beschreibung von Informationsbeständen dienen. Es handelt sich hierbei also genau um diejenigen Informationen, für die sich ein Anwender interessiert, um feststellen zu können, ob bestimmte Datenbestände für ihn von Relevanz sind.

Zum einen können unter diesem Oberbegriff Objektartenkataloge, wie beispielsweise der ATKIS-OK oder auch der OAK des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ (vgl. Kap. 2 der Anlage), eingeordnet werden. Zum anderen sind hierzu sicherlich aussagekräftige Namensgebungen für Datensätze, Themen, Verzeichnisse, Datenbanken, Tabellen, Legenden, Projekte und dergleichen zu zählen (vgl. Kap. 5.6 der Anlage).

Bei ergänzenden Angaben in Datensatz- und Themen-Namen, wie beispielsweise temporale Angaben in Filenamen (vgl. Kap. 6.4) oder vollständige, fachliche Bezeichnungen als Datensatz- und Themen-Name handelt es sich ebenfalls um semantische Meta-Daten.

Weiterhin sind nach [16] BILL (1996) Angaben, beispielsweise zur Entstehung der Daten von der Datenquelle bis hin zur Erfassungsvorschrift sowie allgemein gehaltene Angaben zur Daten-Qualität, diesem Meta-Datentyp zuzuordnen.

Beispiele: Definition und Bedeutung der Objektarten, Erfassungsmethodiken (Erhebungsart, Datenquellenhinweise, Maßstäbe, Auflösungen und Daten-Typen), Modellierungsannahmen (Abstraktionen, Interpolationen und Generalisierungen), Verarbeitungshinweise und Gebrauchsrestriktionen (Transformationen, Fehlerquellen und Nutzungsbeschränkungen), Genauigkeiten (Position, Topologie und Thematik) und Zuverlässigkeiten, Datenintegritäten (semantische und logische Konsistenzen, Datensicherheit, und Datenschutz), Vollständigigkeiten (Flächendeckung, Beobachtungsdichte und Datenmengen), Aktualität und Zustandsänderungen (Erstellungsdatum, Alter, Historie und Gültigkeitsdatum), Bezugssysteme (Metrik, Raum und Zeit), Identifizierbarkeiten und Attributdomänen, etc.

4.7.4.4 QUALITATIVE META-DATEN

Qualitative Meta-Daten beinhalten alle Angaben zur pragmatischen Daten-Qualität in Form von Herkunft, Aktualität, Vollständigkeit und Datenbeschaffenheit, sowie zur deskriptiven Daten-Qualität in Form von metrischer Genauigkeit, semantischer Richtigkeit und logischer Konsistenz (vgl. Kap. 6.8).

Qualitative Angaben lassen sich für alle drei Formen der physikalischen Unterscheidung von Meta-Datentypen angeben. Feature-bezogene Qualitätsbeschreibungen stellen in einem GIS sicherlich die Mehrheit qualitativer Meta-Informationen, beispielsweise in Form von Lage- und Flächen-Genauigkeiten, Diskretisierungen, semantischen Richtigkeiten, Attributgenauigkeiten und dergleichen. Datenbestands-bezogene Meta-Daten liefern einen weiteren großen Anteil qualitativer Meta-Information, beispielsweise in Form von globalen Aktualitätsständen, Genauigkeiten und Vollständigigkeiten. Modell-bezogene (strukturelle) Meta-Daten sind nicht sonderlich aufwändig in ihrer Erfassung, geben aber über beispielsweise Gebrauchsrestriktionen, Aggregationen, Altersangaben, Zustandsbeschreibungen und Zustandsänderungen für potentielle Nutzer einer modell-basierten Datenstruktur wichtige Aussagen wieder.

Beispiele: Lage- und Flächen-Genauigkeiten, Diskretisierungen, semantischen Richtigkeiten, Attributgenauigkeiten, Aktualitätsstände und Vollständigigkeiten, Gebrauchsrestriktionen, Aggregationen, Altersangaben, Zustandsbeschreibungen und Zustandsänderungen, etc

4.7.4.5 TEMPORALE (GENETISCHE) META-DATEN

Ein dynamischerer Zugang zur Dokumentation insbesondere von Geo-Daten, die durch mehrfache Transformationen und Analyseschritte aus anderen, bestehenden Daten abgeleitet wurden, liegt in der Dokumentation genau dieser Verarbeitungsschritte bzw. von deren Parametrisierung. Während diese Techniken vor allem zur Dokumentation von GIS-Analyseabläufen, daraus resultierenden Daten und insbesondere dem Nachvollzug dieser Abläufe entwickelt wurden (vgl. [80] LANTER (1994)), liegt ein grundlegender Vorteil des dokumentarischen Festhaltens der Daten-Genese in der sich daraus ergebenden Möglichkeit der ableitenden Propagation von Daten-Eigenschaften (z.B. der Lagegenauigkeit) über mehrere Verarbeitungsschritte bzw. Daten-Generationen hinweg.

Ein weiterer Aspekt temporaler Meta-Informationen ist auch im Bereich der qualitativen Meta-Daten unter dem Stichwort „Aktualität“ zu finden. Es sind temporale Kriterien, die Anwender neben rein daten-genetischen Informationen interessieren werden. Die Einbindung temporaler Meta-Daten in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist in *Kap. 6.4.2* (GIS-Time-Domain, Zeit-Typen, Intervall-Typen) eingehend beleuchtet.

Beispiele: Historie und Bibliografie der Daten, Erfassung, Verarbeitung, Konvertierung (incl. Schnittstellen und Umsetzer), Stand (Aktualitätsangaben, Gültigkeits-Zeitpunkte und -Perioden), etc.

4.7.5 ORGANISATORISCHE UNTERSCHIEDUNG

4.7.5.1 SYNTAKTISCHE META-DATEN

Syntaktische Meta-Daten werden dazu genutzt, um DV-Technische Mechanismen bei Zugriffen auf einen Daten-Katalog und die Daten selbst zu gewährleisten, also beispielsweise Datentypen, Zugriffsmethoden und dergleichen. Dieser Informations-Typ ist für den Benutzer oft dann nicht wichtig, wenn er nicht selbst den Datenaustausch durchführen muss. Daneben sind hierzu ggf. Informationen zur verwendeten Hardware, zur GIS-Software selbst sowie zur zugrunde liegenden Datenbank zu erwähnen.

Bei Betrachtung von ATKIS stellt an dieser Stelle die **Einheitliche DatenbankSchnittstelle (EDBS)** den wesentlichen Teil syntaktischer Meta-Informationen bereit. Im Referenz-GIS stellt die Meta-Datenbank alle wesentlichen syntaktischen Informationen zu Daten-Formaten, Zugriffspfaden, Erfassungs-, Verarbeitungs- und Datenhaltungs-Systemen sowie alle weiteren wichtigen Formalismen zur Verfügung.

Beispiele: Informations- und Kommunikationstechnologien (Hardware und Software, Vernetzung Datenbanken und Zugriffspfade), Formatbeschreibungen (Daten und Schnittstellen), Anbieterinformationen (Institutionen, Verwendungszwecke, Ansprechpartner), Kosten und Abrechnungsmodalitäten, Rechte und Pflichten (Zugriffsrechte und -Beschränkungen, Daten- und Personen-Schutz), etc.

4.7.5.2 NAVIGATORISCHE META-DATEN

Navigatorische Meta-Daten beschreiben für Anwender die Möglichkeit, sich durch Interaktion systemweit an bestimmte Stellen der GIS-Software, -Methoden, -Modellstrukturen und -Daten zu begeben. Diese Bewegung durch das System wird Navigation genannt.

Mögliche Formen sind nach [16] BILL (1996) Hierarchien in Menüs, oder Hypertexte. Hierunter sind also Informationen zu verstehen, die primär nicht als „normale“ Meta-Informationen dienen, sondern in der Hauptsache dazu vorgehalten werden, andere Meta-Daten oder natürlich auch gesuchte Geo-Daten innerhalb eines Geoinformationssystem aufzufinden. I.d.R. werden an dieser Stelle räumliche und thematische Zugriffe auf einen Datenbestand bereitgestellt.

Navigatorische Meta-Daten in Form von Nachschlagehilfen, Thesauri, oder Index-Konzepten sind auf Datenbanken anwendbare, textuelle Meta-Daten (*s.o.*). Navigatorische Meta-Daten in Form von Übersichtskarten als kleinmaßstäbige, datenbestandsübergreifende Einstiegshilfen, Organigramme, Struktogramme und auch Übersichten, beispielsweise für Image-Kataloge, stellen graphische Meta-Daten dar (*s.o.*).

Beispiele: Informationszugang und Informationsvernetzungen (WWW, Artenkataloge, Thesauri, Suchalgorithmen, Alternativangebote, Hyperlinks, etc.

4.7.6 UNTERSCHIEDUNG NACH DER NUTZUNG

4.7.6.1 INTERNE META-DATEN

Die internen Meta-Daten umfassen alle diejenigen Meta-Informationen die entweder ausschließlich zur Systemverwaltung benötigt werden, für den Anwender nicht von unmittelbarem Nutzen sind oder ihm aus Datenschutz- oder anderen Gründen vorenthalten werden sollen. Interne Meta-Daten zur Systemverwaltung dienen als Hilfe zur internen Inventarisierung, Organisation und Pflege des betreffenden GIS-Datenbestandes.

Sie stellen einen relativ geringen Anteil der gesamten Meta-Inhalte eines Informationssystems, weil u.a. für Meta-Informationen deutlich weniger Probleme beim Datenschutz bestehen. Internen Meta-Daten zur Systemverwaltung sind darüber hinaus oft software- und anwendungsabhängig und damit nicht ohne weiteres „normbar“, was eine effiziente Veröffentlichung und breite Nutzung erheblich erschwert.

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind alle Meta-Informationen nach etwaigen Nutzungseinschränkungen der betreffenden Datensätze klassifiziert. Systeminterne Informationen werden in eigenen Sektionen (*physikalischer Zugriff* und *systemabhängiger Teil*; vgl. Kap. 5.3.2) und damit leicht isolierbar abgebildet.

Beispiele: Hardware-Architekturen, sonst. Infrastrukturen, Verzeichnis- und Index-Strukturen, Zugriffsrechte, Softwaretools, interne Zuständigkeiten, interne Verwendungen, interne Anmerkungen, etc.

4.7.6.2 EXTERNE META-DATEN

Externe Meta-Daten sind diejenigen deskriptiven Daten eines Informationssystems, die möglichst allen potentiellen Nutzern des Systems zugänglich und nutzbar gemacht werden, um diesen u.a. bei der Planung von Anwendungen eine Beurteilung der Eignung der Geo-Datenbasis zu ermöglichen. Externe Meta-Daten werden i.d.R. als Katalog genutzt und dienen zur Versorgung externer Nutzer mit Informationen über den angebotenen Datenbestand, die gegebenen Bezugsmöglichkeiten der Daten sowie zur Unterstützung der Suche und Navigation des Nutzers innerhalb des Datenbestandes.

Es ist das erklärte Ziel der US-amerikanischen National Spatial Data Infrastructure (NSDI), eine landesübergreifende Bereitschaft der Anwender zu bewirken, standardgebunden (FGDC-Meta-Datenstandard) ein Maximum an externen Meta-Daten via Internet verfügbar zu halten. Bei den US-Bundesbehörden und anderen staatlichen Einrichtungen geschieht dies über gesetzliche Maßnahmen der Bundesregierung. Private Datenanbieter sollen über umfangreiche Aufklärungs- und Werbe-Maßnahmen mit eingebunden werden. Näheres hierzu ist in Kap. 4.5.3.2 nachzulesen.

Das Gro der Meta-Informationen des Referenz-GIS liefert dem Nutzer externe Informationen, wie die *thematische Klassifizierung*, die *geometrische Klassifizierung*, den *qualitätsspezifischen Teil* sowie *Multimedia-, Dokument- und Sachinformationen*.

Beispiele: Grundlegende Informationen zu Datensätzen, wie beispielsweise deren Bezeichnung, Kurzbeschreibung, geographische Ausdehnung, Aktualität sowie Regeln für den Zugriff und den Umgang mit den Daten; Bewertungen der jeweiligen Datenqualität, beispielsweise in Form von Angaben zur Lage- und Attributgenauigkeit, der Vollständigkeit sowie der Datenkonsistenz, Mechanismen der jeweils gültigen Datenrepräsentation, also die Methode der Georeferenzierung; Angaben zum jeweils verwendeten Bezugssystem, also zur Geokodierung der Daten (Parameter der geltenden Kartenprojektion(en) und/oder Grid-Koordinatensystem(e), das geodätische Datum sowie die Auflösungen der daraus folgenden Koordinatensysteme); Informationen zum Inhalt der betreffenden Daten einschließlich der verwendeten Objekttypen, deren Attribute sowie den Themenbereichen, aus denen die Attributwerte zugewiesen werden (Bezeichnungen und Definitionen von Objekten, Attributen und Attributwerten); Informationen über die Verfügbarkeit von Datensätzen wie beispielsweise Kontaktangaben zum Datenvertrieb, die verfügbaren Datenformate und wie die Daten online oder über physische Medien bezogen werden können; Angaben zur Aktualität der Meta-Daten sowie zu hierfür verantwortlichen Stellen, etc.

Anmerkung:

Trotz dieser getroffenen Unterscheidung lassen sich weder die Meta-Datentypen noch deren Untermengen streng voneinander trennen.

Um alle Vermischungen detailliert aufzeigen zu können, bedürfte es zahlloser Fallunterscheidungen und Kombinationsvarianten, deren Darstellung den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würde. Anhand einiger Beispiele soll dieses Problem verdeutlicht werden:

- Systemübergreifende Meta-Datenbank-Lösungen beinhalten meist auch datensatz-begleitende und themenspezifische Meta-Daten.
- Graphische Meta-Daten sind oftmals zugleich navigatorische Meta-Daten.
- Textuelle und tabellarische Meta-Daten sind i.d.R. auch alphanumerische Meta-Daten.
- Nahezu alle anderen Formen (außer „graphisch“) sind ebenfalls alphanumerische Meta-Informationen.
- Die Grenze zwischen expliziten und impliziten Meta-Daten lässt sich durch immer speziellere Software zur Ableitung impliziter Informationen immer weiter in Richtung „implizit“ verschieben.
- Eine klare Abgrenzung interner Meta-Daten von externen Meta-Daten existiert ebenfalls nicht. Eine derartige Abgrenzung ist nutzungs- und anwendungsabhängig.
- Syntaktische Meta-Daten werden von modell-bezogenen Meta-Daten wiedergegeben. Gleiches gilt oft auch für semantische Meta-Informationen. Etc.

4.8 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE FORSCHUNGSPLATTFORM

Das Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ soll neben modelltechnischen Informationen den allgemeinen Nachweis liefern, wo welche Daten über reale Objekte zum Nationalpark Bayerischer Wald oder Abstraktionen davon unter welchen qualitativen und quantitativen Bedingungen zu finden und/oder zu bearbeiten sind.

4.8.1 ZU BESCHREIBENDE STRUKTUREN

Die Normungsunterlagen und auch die Vertriebsinformationen namhafter GIS-Hersteller erwähnen für Meta-Datenimplementierungen in GIS ausschließlich auf einzelne Datensätze bezogene, meist text- oder XML-basierte Meta-Daten. Diese oft als „Full Standard Metadata“ bezeichneten Strukturen weisen drei grundsätzliche und gravierende Schwächen auf. Fachgespräche an der ETH Zürich im Dezember 2000 bestätigten diese.

1. Die Standards sind allesamt datensatz-beschreibend und berücksichtigen demnach keinerlei Modellbeschreibungen der jeweils zugrunde liegenden GIS-Architekturen.
2. Die Standards liefern allesamt keine Implementierungsvorgaben auf logischer und physikalischer Ebene.
3. Die Standards weisen teilweise (u.a. bei ISO/TC 211 DIS 19115.3 und .4 zu beobachten) erhebliche Inkonsistenzen in ihrer Konzeption auf.

Im Rahmen des Referenz-GIS wird stattdessen das Prinzip einer weitgehend zentralisierten, systemweiten Meta-Datenhaltung ins Auge gefasst. Der datensatz-begleitende Ansatz ermöglicht zwar eine vollständige und bei Bedarf standardisierte Geo-Daten-Beschreibung, schließt aber eine systemweite, logische und physikalische Modellbeschreibung grundsätzlich aus. Sowohl die datensatz-basierte als auch die datenbank-basierte Meta-Datenhaltung bietet Vorteile, birgt aber auch Nachteile, wie es in *Kap. 4.4.4* nachgelesen werden kann.

4.8.2 ZU BESCHREIBENDE INHALTE

Die aktuellen Entwicklungen auf dem Meta-Daten -Sektor zeigen, dass gerade in Deutschland die Mehrheit der ohnehin wenigen Meta-Daten-Anwender auf individuelle oder individualisierte Meta-Datenlösungen setzt und auch mittelfristig noch setzen wird (vgl. [67] IMAGI (2000) und auch [120] SCHILCHER ET AL. (1999)). Um solche meist „gewachsenen“ Strukturen um Normierungs-Elemente zu erweitern, erscheint es daher sinnvoll, äquivalente Inhalte von Individuallösungen jeweils durch Standard-Inhalte zu ersetzen und die Individuallösungen parallel dazu um weitere Inhalte der Normungen zu ergänzen. Eine sofortige Migration von Individuallösungen auf geltende Standards würde von den Anwendern weitgehend verweigert und ist daher utopisch. Eine sukzessive Umstellung ist folglich der derzeit einzig mögliche Weg.

Ein derartiges Vorgehen ist auch im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sinnvoll. Das Meta-Datenmodell des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ soll sich für *datensatz-begleitende Meta-Informationen* an geltenden Standards orientieren. Man kann einen solchen Lösungsansatz daher als „*standard-orientiert*“ bezeichnen.

In einem ersten Schritt wird die Meta-Datenmodellierung zwar allgemein und erweiterbar, aber speziell mit dem Blick auf die Anforderungen der konkreten Anwendung „Referenz-GIS“ gestaltet. Eine sog. „vertikale Implementierung“, die zuerst die Bedürfnisse einer Anwendergruppe befriedigt, bietet den Vorteil, schon in einer frühen Phase des Projekts ein lauffähiges und nützliches Meta-System anbieten zu können. Mit der Rückkopplung einer ersten Implementierung kann das System verbessert werden. Damit wird eine in den Anfängen streng praxisorientierte und anwendungsabhängige Meta-Datenstruktur nach und nach zur vollen Funktionalität ausgebaut. Erst dann findet ein auf ausgewählte Normierungsbestrebungen angepasster Umbau der datensatz-begleitenden Meta-Informationen und deren Erweiterung um relevante Normungsinhalte statt.

Weil *nicht-datensatzbegleitende Meta-Informationen* derzeit keiner Standardisierung unterliegen und auch keine derartigen Bestrebungen bekannt sind, wird für diese Meta-Datenart grundsätzlich ein praxisorientierter und anwendungsbezogener Ansatz gewählt.

Die in *Kap. 4.5.4* abgewägten Unterschiede sowie Vor- und Nachteile der dort untersuchten Standardisierungsbewegungen für Meta-Daten in GIS legen die Verwendung des FGDC-Standards als inhaltliche Referenz nahe. Hierzu existieren neben dem offiziellen Dokument zum FGDC-STD-001-1998 („Content Standard for Digital Geospatial Metadata“; [47] FGDC (1998)) eine Reihe von Tutorials und Implementierungshilfen. Als Beispiele können hier das „CSDGM Workbook“ ([48] FGDC (2000)) und die **Data Type Definition** „DTD Tagset for FGDC-STD-001-1998“ genannt werden.

Der im Rahmen der Harmonisierungen zwischen dem FGDC und der ISO bestätigte Grundsatz-Bedarf an Core-Meta-Daten soll auch bei den Konzeptionen zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ berücksichtigt werden. Der Einsatz eines sog. „Essential Metadata Profile“ für datensatz-begleitende Meta-Daten in GIS bietet grundsätzliche Vorteile:

- Es werden die essentiellen Meta-Informationen vorgehalten.
- A priori vorhandene, eigene Strukturen finden sich in einem derartigen Core Profile weitgehend wieder und müssen daher oft nur modifiziert werden. Die inhaltlichen Vorgaben der Gremien dienen somit als Leitfaden. Man ist hierbei nicht gezwungen, syntaktische Vorgaben streng zu übernehmen.
- Harmonisierungsbewegungen entsprungene Core-Profiles beinhalten erwartungsgemäß Schnittmengen und Gemeinsamkeiten der beteiligten Institutionen. Diese werden im Falle einer Harmonisierung mit höchster Wahrscheinlichkeit erhalten bleiben.

Das standard-orientierte Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ beinhaltet neben konkreten Verweisen zu allen im Referenz-GIS vorkommenden GIS-Datensätzen vielfältige beschreibende Elemente. Diese Inhalte umfassen neben systemspezifischen Strukturen daher die wichtigsten, nach dem US-amerikanischen CSDGM standardisierten Meta-Informationen als Basis. Das Metadata-Core-Profil aus *Kap. 4.5.4.1* stellt hierzu eine Untermenge dar. Dieser inhaltliche Leitfaden ist um anwendungsabhängige Strukturen und Inhalte erweitert. Inhaltliche Details sind in *Kap. 5.3.2* nachzulesen.

4.8.3 ZU VERWENDENDER MODELLANSATZ

Unter Kenntnis der Vorteile und Defizite der vier in *Kap. 4.4* vorgestellten Meta-Datenkonzepte in GIS sowie deren Gewichte wird im Fall des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ der Ansatz gewählt, eine sinnvolle **Kombination aus Geo-Datensatzbeschreibung und Geo-Datenkatalog** abzuleiten und zu implementieren. Dabei werden alle hierfür relevanten Informationsobjekte semantisch und technisch nach einer einheitlichen Methodik (relationalen Datenbank-Modellierung; vgl. *Kap. 5.3 und 5.8*) behandelt.

Hier ist eine zentrale, datenbank-basierte Haltung sowohl der Datensatzbeschreibungen als auch des Datenkataloges möglich und sinnvoll. Dadurch ist der gleichzeitige Zugriff auf alle Meta-Daten gewährleistet.

Eine dezentrale, file-basierte Haltung von datensatz-begleitenden Meta-Daten wird nur bei Notwendigkeit in Ausnahmefällen zugelassen und mit Hilfe datenformatsabhängiger Methoden realisiert. Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ kommen daher nur sehr wenige datensatz-begleitende Meta-Informationen zum Einsatz. Lediglich feature-bezogene Meta-Daten zu Zwecken spezieller Qualitätsbeschreibungen, wie es in *Kap. 6.8.3* ausgeführt ist, kommen auf diese Weise zum Tragen (vgl. *auch Kap. 5.2*).

Darüber hinaus sind gesonderte, zentrale aber file-basierte, textuelle Meta-Daten, wie beispielsweise die *Anlage* dieser Arbeit, zur umfassenden Beschreibung besonderer Gegebenheiten, Zusammenhänge und dergleichen im Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS vorgesehen. Oftmals sind gerade umfangreiche Text-Dokumente zur eingehenden Beschreibung komplexer Zusammenhänge von großem Nutzen (vgl. Kap. 5.4). Die logische Verwaltung dieser Elemente erfolgt hingegen datenbank-basiert.

Wie in nahezu allen GIS-Lösungen besteht auch hier die Notwendigkeit, themenspezifische Zusatzdaten zur Verwaltung von thematischen Datenausprägungen in Form von Symbolen, Texturen, Signaturen und Farben vorzuhalten. Für das Referenz-GIS wurde aus verwaltungstechnischen Gründen ein zentraler, file-basierter Ansatz gewählt (vgl. Kap. 5.5). Die logische Verwaltung dieser Elemente erfolgt wiederum datenbank-basiert.

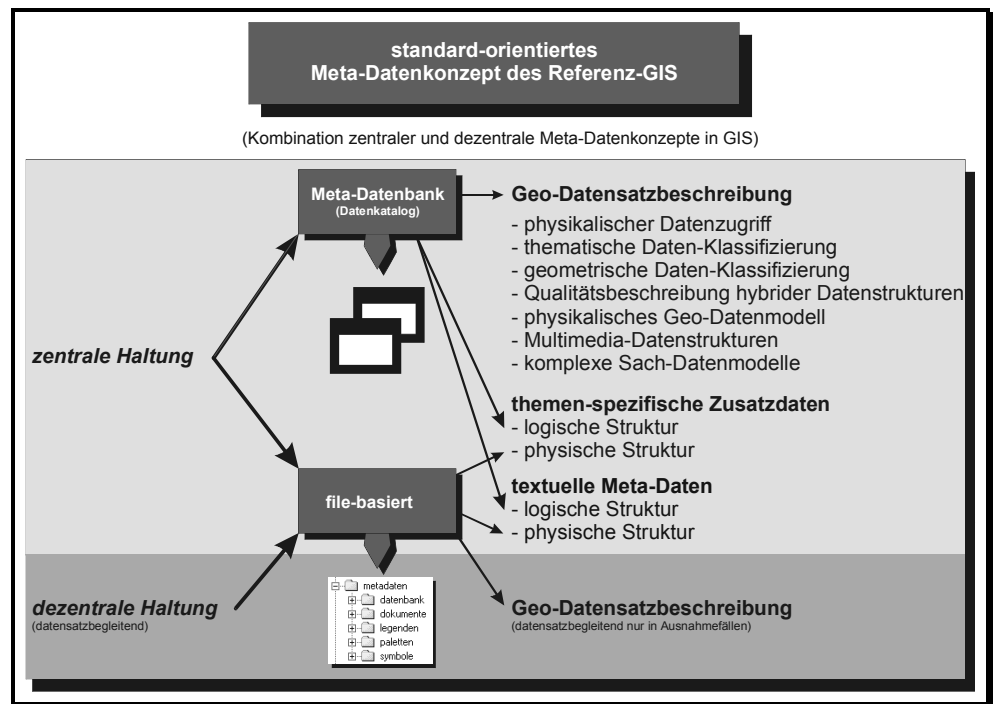


ABBILDUNG 23: KOMBINATION ZENTRALER UND DEZENTRALER META-DATENKONZEPTE

Demzufolge werden im Referenz-GIS folgende Meta-Datenkonzepte verfolgt und angewendet:

1. zentrale und dezentrale Geo-Datensatzbeschreibungen (*datensatz-begleitende Meta-Daten*)
2. zentraler Geo-Datenkatalog (*Meta-Datenbank*)
3. zentrale textuelle Ergänzungen (*textuelle Meta-Informationen*)
4. zentrale themenspezifische Zusatzdaten (*themen-spezifische Meta-Daten*)

4.8.4 WEITERE ARGUMENTATION FÜR EINE ZENTRALISTISCHE KONZEPTION DER META-DATEN

- Neben der reinen Meta-Funktionalität soll die Führung von umfassenden Meta-Informationen innerhalb des Referenz-GIS durch die Entwicklung von Interaktionen und Automatismen, beispielsweise bei impliziten oder sich wiederholenden Meta-Informationen, zur Steigerung der Effizienz des Systems spürbar erleichtert werden. Eine solche Lösung benötigt einen zentralen Ansatz und trägt dazu bei, dass die vorgegebenen Meta-Strukturen und inhaltliche Leitkonzepte streng eingehalten werden. Näheres hierzu vgl. Kap. 5.7.
- Da die Datenbank-Komponenten des Referenz-GIS allein lauffähig ist, kann sie auch auf Arbeitsplätzen ohne teure GIS-Software eingesetzt werden. Der zentrale Ansatz leistet somit einen wichtigen Beitrag zur effizienten und kostensparenden Recherche von Geo-Datenbeständen.
- Sollte in Folgearbeiten das georelationale und damit hybrid konzipierte Datenmodell (vgl. Kap. 5.8.4.1) des Referenz-GIS in eine integrierte Geo-Datenbanklösungen überführt werden müssen, wird der zentralistische Meta-Daten-Ansatz extreme Erleichterungen hierfür mit sich bringen. Erst die Entscheidung für dieses Meta-Datenkonzept wird die reibungslose Migration des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ mit all seinen Modellierungsententionen ermöglichen.

Für Migrationsarbeiten ist grundsätzlich zu beachten, dass eine Migration auf mindestens drei verschiedenen Ebenen stattfinden kann:

1. **Folder- oder File-Level**
(datensatzweise Übernahme; keine Erhalt von Projekt- und Modell-Strukturen)
2. **Project-Level**
(datensatzweise Übernahme; Erhalt von Projekt-Strukturen; nur teilweiser Erhalt von Modell-Strukturen)
3. **Model-Level**
(Übernahme auf Modellebene; Erhalt aller Strukturen)

Das Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS unterstützt eine Migration im Model-Level.

Zum einen werden durch den Einsatz von zentralisierten, modell-basierten Meta-Daten, die das logische und physikalische Geo-Datenmodell dokumentieren, diejenigen Migrationsschritte unterstützt, welche die informationstechnische Datenkonvertierung und -Umsetzung vollziehen. D.h., über die detaillierte und systemunabhängige Beschreibung der physischen Zugriffsstrukturen eines GIS lassen sich migrationstechnische Automatismen ad hoc realisieren, die ohne eine entsprechende Dokumentation, gerade des physikalischen Modells, nicht möglich wären. Eine in Rahmen der Migration zu erledigende, aufwändige Nacherfassung wäre demnach unvermeidbar.

Dieser Umstand konnte im Rahmen der Diplomarbeit *„Datenintegration und Internetanwendung für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ auf Basis der ESRI Spatial Database Engine und des ArcView InternetMapServer“* am Fachgebiet GIS der TU München nachgewiesen und dokumentiert werden. Dort wurde bereits 1997 in den Entwicklungsanfängen des Referenz-GIS mit Hilfe eines Meta-Datentools, das die physische Datenstruktur des Referenz-GIS dokumentiert hatte und nunmehr Bestandteil der jetzigen Meta-Datenbank des Referenz-GIS ist, eine prototypische, modell-basierte Migration der damaligen Systemstrukturen in eine integrierte Datenbanklösung vorgenommen. Die hierfür gewählte Systemplattform entsprach zumindest in der Anwendersicht einer objekt-relationalen Modellierung und ist daher ohne Abstriche als Beleg verwendbar. Während des gesamten Migrationsvorganges war das Migrations-Tool auf Meta-Datenzugriffe angewiesen. Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit waren für die Einführung eines ausgereiften und umfassenden Meta-Datenkonzeptes in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ maßgeblich entscheidend.

Die modell-basierte Migration des Referenz-GIS in integrierte Strukturen wird noch von einem weiteren Umstand deutlich begünstigt. Bei dem Transformationsvorgang eines georelationalen GIS-Datenmodells in ein objekt-relationales ist zu bedenken, dass nicht nur die Geometrie-Files mit ihren direkten Attributen (meist Tabellen-Files), sondern ebenso komplexe Sach-Daten (Datenbanken) umgeformt und integriert werden müssen. Die Transformation und integrierte Normalisierung vorhandener, relationaler Datenbank-Strukturen in ein ORDBMS ist technisch bereits gelöst und damit weitaus leichter zu bewerkstelligen als die Migration von parallel zu Geo-Datensätzen gehaltenen Sach-Daten-Einzelfiles, die beispielsweise in ASCII-Text, tabellarisch oder in XML strukturiert sind. D.h., im Zuge der Sach-Daten-Migration können die Meta-Informationen auf selbigem Wege mit berücksichtigt werden. Es ergäben sich keinerlei technische Unterschiede.

Diese Möglichkeit ist im georelationalen Modell des Referenz-GIS konzeptionell mit berücksichtigt. Mit Hilfe der in *Kap. 5.3.2.2* im Rahmen der thematischen Klassifizierung definierten Meta-**ID**entifikatoren (META_ID) für die Geo-Datensätze des Systems ist eine einfache Kopplung der Geometrie-Daten an die Meta-Datenbank über eindeutige numerische Identifikatoren auf der physikalisch-logischen Geometrie-Datenebene, also dem Datensatz, realisiert (vgl. *Kap. 5.8.4.3*). Hierüber ist auch innerhalb einer OR-Umgebung die o.g. Kopplung möglich. Im Falle der weiteren Datenbanken des Referenz-GIS sind hierfür die in *Kap. 5.8.4.2* angeführten Einstiegsknoten maßgeblich.

Kapitel 5: UMSETZUNG EINES META-INFORMATIONSSYSTEMS FÜR DEN AUFBAU DER FORSCHUNGSPLATTFORM

Nachdem das Referenz-GIS mit seinen beteiligten Institutionen, seiner regionalen Strukturierung und seinem Systemkonzept eingeführt war, konnten die Datenbestände der Forschungsplattform vorgestellt werden. Im Rahmen des vorangegangenen *Kapitels 4* wurden alle theoretischen Aspekte zur Auswahl eines hierbei geeigneten Meta-Datenkonzeptes aufgearbeitet, diskutiert und gegeneinander abgewogen.

Das nun folgende *Kapitel 5* bildet den Hauptteil der vorliegenden Arbeit und beschreibt die konzeptionelle, logische und physikalische Umsetzung des Meta-Informationssystems des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“.

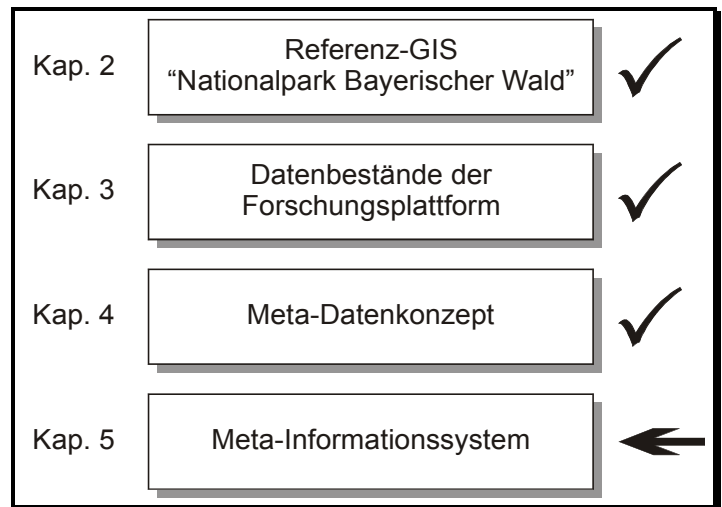


ABBILDUNG 24: DER WEG ZUM META-INFORMATIONSSYSTEM

5.1 ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN FÜR META-INFORMATIONSSYSTEME IN GIS

Aus den verwendeten Literaturquellen und Internetrecherchen konnten folgende allgemeingültige Mindestanforderungen und -Aufgabenstellungen für ein Meta-Informationssystem in GIS zusammengestellt werden (Soll-Liste/Pflichtenheft):

1. Inventarisieren der vorhandenen Datenbestände (Überblick über verfügbare Informationen)
2. einheitliche Definition von Namen, Objekten, Datenelementen, etc. zur allgemeinen Verständniserleichterung und um eine gemeinsame Basis für Kommunikation und Datenaustausch zu schaffen
3. Aufbau einer Schlüsselwortliste (Index) von verwendeten Namen und Definitionen
4. Indizierung der Inventarisierung und der Schlüsselwortliste für umfangreiche und performante Zugriffe
5. Aufzeichnung aller Entscheidungen im Vorfeld der Datenintegration bzgl. der zu verwendenden Datenquellen sowie der Konvertierungs- und Integrationsmethoden zur Erleichterung künftiger Entscheidungen
6. Aufzeichnung aller im Zuge der Integrationsarbeiten und der weiteren Nutzung auf die vorhandenen Daten angewandten Verarbeitungsschritte, um diese für Fortführungsarbeiten nachvollziehbar zu machen
7. Dokumentation der in dem implementierten Datenmodell verwendeten Datenstrukturen
8. Aufzeichnen des logischen und physikalischen Datenbankentwurfs bzw. der Datenhaltungskonzepte von Geometrie und Sach-Daten
9. Beschreibung der Beziehungen zwischen Datenobjekten in einzelnen sowie in verschiedenen Datensätzen
10. Darstellung der mit Hilfe der betreffenden Daten angestrebten Verwendungsziele
11. Dokumentation applikationsspezifischer Daten, wie Prozeduren und Makros
12. regelmäßige Aktualisierung und Überführung der Meta-Datenbank in einen konsistenten Zustand
13. Aufzeigen von Vergleichsmöglichkeiten bei Datenalternativen hinsichtlich der besseren Eignung für die jeweilige Anwendung
14. Vermeidung redundanter Datenerhebung und Datenhaltung
15. Aufdecken von Lücken in den Daten sowohl in ihrer Flächendeckung als auch in ihrer Vollständigkeit
16. langzeitliche Sicherung der Datenbrauchbarkeit durch Strukturierung existierender Datenquellen und Erzeugung von Transparenz in den Beziehungen zwischen den Datenquellen
17. Repräsentieren der technischen Basis für den Datenaustausch
18. Funktion als das Instrument für die Bereitstellung von Information und die strategische Planung der Informationsakquisition

5.2 DATENSATZ-BEGLEITENDE META-DATEN

Hierbei handelt es sich um die **dezentralen Geo-Datensatzbeschreibungen** des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Datensatzbegleitende Meta-Daten ermöglichen die Eingabe von spezifischen Kontext-Informationen. Es handelt sich dabei aber in aller Regel um unstrukturierte Kommentare, die zudem außerhalb des Anwendungs-Programms nicht lesbar sind. Diese Zusatzinformationen sind jedoch nicht als Meta-Daten im eigentlichen Sinne zu betrachten. Insbesondere bei der Weitergabe von Geo-Daten an andere Nutzer in Verbindung mit anderer GIS-Software gehen diese Kommentare oftmals verloren, da es dafür keine allgemeinverbindlichen Standards gibt. Einen Schritt weiter gehen hierbei die neuen datensatz-begleitenden Meta-Datenkonzepte jüngster Entwicklungen der GIS-Industrie. Schwerpunkte bildet dabei natürlich die Einbettung von Meta-Datenstandards und erweiterten Meta-Datenstrukturen in die jeweiligen Produkte. Solche Realisierungen für Meta-Datenimplementierungen in GIS sind auf einzelne Datensätze bezogene, text-basierte Meta-Daten.

Eine dezentrale Haltung von datensatz-begleitenden Meta-Daten wird, wie den vorangegangenen Ausführungen zu entnehmen ist, im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ nur bei Notwendigkeit in Ausnahmefällen zugelassen und mit Hilfe datenformatsabhängiger Methoden realisiert. Eine solche Ausnahme stellt die Anwendung der modifizierten MAGNUSSEN-Formel zur Qualitätsermittlung von Flächenangaben für Bestandesflächen im Rahmen der Forsteinrichtung aus *Kap. 6.8.3* dar. In diese Formel gehen die (flächen-) objekt-spezifischen Indikatoren *mittlerer Punktfehler*, *Polygonumfang*, *-Fläche* und *Anzahl der Stützpunkte* ein. Die letzten drei Werte werden praktisch von jedem Geoinformationssystem methodisch und feature-bezogen zur Verfügung gestellt. Der mittlere Punktfehler muss ebenfalls gegeben sein und sollte, wie die drei weiteren Werte, als ergänzende Meta-Information feature-bezogen und datensatz-begleitend mitgeführt werden. Die feature-bezogene Qualitätsbeschreibung stellt im Referenz-GIS jedoch einen Spezialfall dar, ist sehr detailliert vorzunehmen und bedingt eine dezentrale Datensatzbeschreibung.

Dies hat zwei Gründe:

1. Das Gros der Daten des Referenz-GIS liefert ohnehin keine objekt- bzw. feature-bezogenen Qualitäts-Informationen. Die meisten Datenbestände müssen stattdessen im Nachhinein mit datensatzweit gültigen Qualitätsparametern versehen werden, weil von den Herstellern lediglich Pauschalaussagen bezogen werden können. Diese sind im zentralen Meta-Datenkonzept implementiert.
2. Eine umfassende, feature-bezogene Qualitätsbeschreibung lässt sich grundsätzlich nicht verallgemeinern und kann im Besonderen für die heterogene Datenlandschaft des Referenz-GIS nicht pauschal über ein Meta-Datenbank-Konzept modelliert werden. Die Datenbank-Implementierung würde unverhältnismäßig komplex und zunehmend unüberschaubar, was zur Folge hätte, dass diese Qualitätsbeschreibungen nicht genutzt werden würden.

Eine feature-bezogene Qualitätsbeschreibung ist im Referenz-GIS daher nicht prinzipiell vorgesehen und im zentralen Meta-Datenkonzept nicht implementiert. Sie wird im Bedarfsfall aber unterstützt und im Rahmen einer dezentralen Datensatzbeschreibung vorgenommen.

Die physikalische Realisierung basiert auf der Nutzung der in *Kap. 4.7.1 der Anlage* beschriebenen und im Rahmen dualer Datenhaltungskonzepte in GIS gängigen, direkten Attribute. Die feature-bezogenen Meta-Daten werden demnach in den Attributtabelle von Vektor- oder Grid-Datensätzen geführt und über die verwendete GIS-Software angesprochen. Darüber hinaus ist wegen der Verwendung gängiger Tabellenformate der Zugriff über externe Tools und Programme kein Problem. Raster- und TIN-Datenbestände haben keine feature-basierte Struktur und kommen daher für die Verwendung file-basierter Meta-Daten nicht in Betracht.

Hier ein Beispiel dieser speziellen Meta-Datenstruktur für forstliche Bestandesflächen:

Geometrie	Bestandskey	Klasse	Polygonumfang	Polygonfläche	mittlerer Punktfehler	Anzahl Stützpunkte	META_ID
Polygon	5400101100	BI	3686.99	99771.6	3.69	339	0039
Polygon	5400101101	AD	1800.03	91748.29	2.00	16	0039
Polygon	5400101102	JD	2215.92	55216.37	3.00	339	0039
Polygon	5400101103	JP	827.05	20635.44	5.00	391	0039
Polygon	5400101104	NHB	240.98	1982.78	10.00	104	0039
Polygon	5400101190	WEG	1977.15	10053.80	10.00	311	0039
Polygon	5400101200	BI	3950.66	134871.83	2.00	228	0039
Polygon	5400101201	AD	1082.10	36828.35	2.00	145	0039
Polygon	5400101202	JD	2015.73	71736.54	3.00	122	0039
Polygon	5400101203	JP	3748.77	128939.42	10.00	245	0039
Polygon	5400101204	NHB	193.58	2417.51	10.00	232	0039
Polygon	5400101205	NHB	407.63	3687.60	10.00	246	0039
Polygon	5400101290	WEG	1819.45	9028.05	10.00	125	0039
Polygon	5400102100	BI	521.76	18135.72	2.00	187	0039
Polygon	5400102101	AD	2899.12	136914.63	2.00	321	0039
Polygon	5400102102	JD	1381.58	44264.86	3.00	109	0039
Polygon	5400102103	JD	1682.48	62614.17	3.00	98	0039
Polygon	5400102190	WEG	393.75	2041.87	10.00	135	0039
Polygon	5400102201	AD	2734.38	152043.83	2.00	68	0039
Polygon	5400102202	JD	1283.89	26909.72	3.00	158	0039
Polygon	5400102290	WEG	1342.16	6577.62	10.00	361	0039
Polygon	5400102300	BI	1079.37	48795.80	2.00	97	0039

ABBILDUNG 25: DEZENTRALE META-DATENSTRUKTUR

5.3 META-DATENBANK

Ein erster Schritt zur Realisierung des **zentralen Geo-Datenkataloges** der Forschungsplattform war die Definition eines detaillierten Anforderungsprofils nach wissenschaftlichen Überlegungen der TU München sowie nach praktischen Maßgaben der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald.

5.3.1 ERARBEITUNG EINES PFLICHTENHEFTES FÜR DIE META-DATENBANK DER FORSCHUNGSPLATTFORM

Als Resultat sollte die Implementierung des Geo-Datenkataloges des Referenz-GIS folgendem *Pflichtenheft* gerecht werden:

1. Die Meta-Daten des Referenz-GIS sollen in einer zentralen Datenbank gesammelt und verwaltet werden können. Dadurch soll der gleichzeitige und einheitliche Zugriff auf möglichst alle Meta-Daten gewährleistet werden.
Das Konzept muss systemunabhängig und erweiterbar konzipiert sowie auf einer standardisierten Grundlage realisiert werden.
2. Das Konzept soll sich inhaltlich an geltenden Meta-Datenstandards orientieren und ein Core-Meta-Data-Profil daraus enthalten.
3. Die Meta-Datenbankkomponente des Referenz-GIS soll so umfassend wie nötig und so überschaubar wie möglich ausfallen.
4. Die Meta-Datenbankkomponente des Referenz-GIS soll unabhängig von der verwendeten GIS-Software lauffähig sein, wodurch der Geo-Datenkatalog auch auf Arbeitsplätzen ohne GIS-Software zur uneingeschränkten Recherche eingesetzt werden kann.
5. Es soll in geeigneten Differenzierungsstufen ein Konzept zur Neuerfassung und Fortführung von Meta-Informationen erstellt werden.

Das Anlegen, die Führung und die Verwaltung von Meta-Informationen soll so problemlos und einfach wie möglich vonstatten gehen können. Hierzu sind geeignete Erfassungs- und Fortführungs-Methoden in Form von interaktiven Tabellen, Formularen oder Eingabemasken zu entwickeln.

Der Eingabeaufwand soll durch die Strukturierung von Eingabedialogen, durch Unterscheidung unbedingt erforderlicher und optionaler Angaben sowie durch interaktive Auswahlfelder mit vorgegebenen Einträgen in einem akzeptablen Rahmen gehalten werden.

6. Der Zugriff auf alle Meta-Informationen muss für qualifizierte Anwender möglich sein. Der Zugriff auf essentielle Meta-Informationen muss dabei auch für weniger qualifizierte Anwender intuitiv zu erledigen sein.

Es sollen umfangreiche Recherchefunktionen zur Verfügung gestellt werden. Hierzu soll eine thematische Suchen anhand von Stichworten oder eines zu erstellenden Schlagwortkataloges möglich sein. Durch entsprechende Verknüpfungsoptionen sollen definierbare Suchen exakt eingegrenzt oder ausgeweitet werden können. Die Datenrecherche muss aber auch anhand räumlicher Angaben in Form von Koordinaten erfolgen können.

Recherchierte Datensätze sollen sich zudem in eine Auswahl aufnehmen lassen. Diese Zwischenauswahl muss für eine kurzfristige Nutzung verwendet oder auch abgespeichert und somit längerfristig nutzbar gemacht werden können.

Zur Dokumentation ist das Erstellen und Drucken von Berichten ausgewählter oder gespeicherter Meta-Daten ohne weiteres möglich zu machen.

7. Ein geeignetes und umfassendes Konsistenzsicherungskonzept zur Wahrung von Aktualität und Vollständigkeit der Meta-Informationen des Referenz-GIS ist zu entwerfen.
8. Durch eine tool-basierte Anbindung des Meta-Datenkonzeptes an den Referenz-Datenbestand soll durch Einsatz eines sog. Meta-Datenscanners die Erfassung von impliziten Meta-Daten weitgehend automatisiert werden. Dieser Scanner muss die Datensätze des Referenz-Datenbestandes nach definierten Inhaltstypen durchsuchen und an die Meta-Datenbank übergeben können. Auf diese Weise wird dort ein Grundbestand an Meta-Daten angelegt, der über die Erfassungs- und Fortführungs-Methoden weiter ergänzt werden können soll.

Mit diesen umfangreichen Funktionen zur Verwaltung und Analyse von Meta-Daten wird das System einen wichtigen Beitrag zur effizienten Nutzung der Geo-Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ leisten. Darüber hinaus sichert es den Wert der vorhandenen Datenbestände durch die redundanzfreie Speicherung des Wissens über die Geo-Daten in einer allgemein zugänglichen Datenbank. Damit ist diese Kenntnis auch nach Jahren noch verfügbar, auch wenn beispielsweise der zuständige Entwickler bzw. Sachbearbeiter längst an anderer Stelle tätig sein sollte. Mit diesem Konzept zur Erfassung, Verwaltung und Analyse von Meta-Daten ist der Geo-Datenkatalog des Referenz-GIS ein wichtiges und wertsicherndes Element einer zukunftsweisenden GIS-Konzeption.

Auf die Realisierung der geforderten Punkte soll nachfolgend eingegangen werden:

Ad 1.:

Umfangreiche Meta-Daten werden sinnvollerweise in komplexen Datenmodellen auf der Basis von relationalen Datenbankmanagementsystemen gehalten. Deren Beauskunftung kann über tabellarische Abfrageergebnisse, aber auch mit Hilfe sog. Reporte und im Idealfall weltweit, interaktiv und benutzerfreundlich via Internet erfolgen.

Nahezu alle für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ relevanten, alphanumerischen Meta-Daten (u.a. auch die weiter unten in diesem Kapitel beschriebenen Klassifikationen) liegen in einer eigenen zentralen, relationalen Datenbank vor. Die detaillierte Beschreibung des komplexen Datenmodells der Meta-Datenbank des Referenz-GIS sowie deren Inhaltsbeschreibung findet in diesem Kapitel und im *Anhang D* im Rahmen der Datenbank-Dokumentation statt. Der Zugriff auf die Daten erfolgt, wie bei allen anderen Datenbanken des Referenz-GIS, via ODBC über Identifikatoren (vgl. *Kap. 5.8.4.3*).

Die logische Umsetzung des zentralen Geo-Datenkatalogs erfolgt streng relational, wodurch die einzelnen Klassifizierungen quasihierarchisch erfolgen können. Dieser Umstand spiegelt sich in der Tatsache wieder, dass neben $0:1$ -, $0:n$ - und $1:n$ - auch $n:m$ -Beziehungen zwischen den einzelnen Hierarchiestufen vorkommen und abgebildet werden müssen.

Bei der Entwicklung und Modellierung des Geo-Datenkatalogs wird darauf geachtet, dass eine nach SQL92 konforme, relationale Struktur in dem verwendeten RDBMS eingehalten wird. Diese datenbankbasierte Implementierung des Meta-Datenkonzeptes des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ geht demnach auf einer standardisierten Grundlagen vonstatten.

Ad 2.:

Die in den Anfängen streng praxisorientierte und anwendungsabhängige Meta-Datenstruktur des Referenz-GIS wird laufend nach wissenschaftlichen Überlegungen konzeptioniert und erweitert. Letztendlich findet standard-orientiert ein auf ausgewählte Normierungsbestrebungen angepasster Umbau und die Erweiterung um relevante Normungsinhalte statt.

Eine vollständige Übernahme standardisierter Strukturen ist im Falle des Referenz-GIS demnach ausdrücklich nicht beabsichtigt. Der in *Kap. 4.5.4.1* im Rahmen der Harmonisierungsbemühungen zwischen dem FGDC und der ISO angeführte Bedarf an sog. Core-Meta-Daten soll auch für das Referenz-GIS als standard-orientierter Leitfaden dienen. Ein dem derzeitigen Stand der ISO-Meta-Datenstandardisierung sowie der Harmonisierungsbemühungen des FGDC und der ISO angelehntes Meta Data Core Profile für datensatz-begleitende Meta-Informationen stellt das „Essential Metadata Profile“ des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ dar. Es hat untenstehenden inhaltlichen Aufbau. Für nicht datensatz-begleitende Meta-Informationen wird nach den Ausführungen in *Kap. 4.8* ein grundsätzlich praxisorientierter und anwendungsbezogener Ansatz gewählt.

Der datensatz-begleitende Teil der Meta-Datenbank des Referenz-GIS beinhaltet neben zahlreichen weiteren Informationstypen und Meta-Inhalten folgende verbindlich anzugebende Entities:

Zum betreffenden Geo-Datensatz:

- Name (Kurzbezeichnung = Filename)
- Sprache (deutsch oder tschechisch)
- Zeichensatz (Name des jew. verwendeten Zeichenkodierungs-Standards)
- Zeitangaben (Erfassung, Verarbeitung, etc.)
- thematische Angaben (Angaben zur thematischen Klassifizierung; Objektbereiche)
- Kurzbeschreibung oder Zusammenfassung (Abstract, Verwendungszweck, ergänzende Informationen)
- Raumbezug (geodätisches Referenzsystem)
- räumliche Auflösung (Maßstab bzw. Bodenauflösung)
- Lage und räumliche Ausdehnung (Bounding Box)
- ergänzende 3D- und 4D-Informationen (temporale und vertikale Ausdehnungsangaben)
- Datentyp (Vektor, Raster, Grid oder TIN)
- Format (proprietäres physisches Datenformat)
- Version des Formats (Version des physischen Datenformates)
- Herkunft und Historie (Angaben zur Erstellung und Verarbeitung)
- Kontaktinformationen, Ansprechpartner oder Verantwortliche (Hersteller, Bearbeiter, aktueller Kontakt)

Zu den zugehörigen Meta-Daten:

- Daten-Identifikator (div. Meta_IDs)
- Sprache (deutsch, englisch, etc.)
- Zeichensatz der Meta-Daten (s.o.)
- temporale Angaben (Erfassung, Aktualisierungsmodalitäten, etc.)
- Kontaktinformationen, Ansprechpartner oder Verantwortliche (s.o.)

Für die Belange des Referenz-GIS sind folgende Meta-Informationen der betrachteten Core Profile pauschal gültig oder irrelevant und müssen daher nicht gesondert implementiert werden:

- Bereich der Hierarchieebenen
- Namen der Meta-Datenhierarchieebenen
- Verwendeter Meta-Datenstandard
- Version des verwendeten Meta-Datenstandards
- Online-Quelle

Ad 3.:

Um im Falle der Meta-Datenbank des Referenz-GIS eine akzeptable Überschaubarkeit bei gleichzeitiger inhaltlicher Vollständigkeit zu erreichen wird das in den nachfolgenden Kapiteln beschriebene Klassifikationsmodell gewählt. Die Meta-Datenbank des Referenz-GIS beinhaltet daher in 9 Hierarchie-Ebenen die 8 Meta-Datenkategorien „*physikalischer Zugriff*“, „*thematische Klassifizierung*“, „*geometrische Klassifizierung*“, „*qualitätsspezifischer Teil*“, „*systemabhängiger Teil*“, „*Multimedia*“, „*Sachdaten*“ und „*Dokumente*“. Darin sind u.a. folgende Informationsobjekte beinhaltet:

- Daten- und Zugriffsstrukturen
- systemabhängiges und systemunabhängiges Geometrie-Datenmodell
- Objekte der Realen Welt und deren Abstraktionen
- Qualitätsaspekte
- div. Klassifikationssysteme, etc.

Ad 4.:

Alle diese Informationsobjekte werden semantisch und technisch nach einer einheitlichen Methodik, nämlich einer relationalen Datenbank-Modellierung, behandelt. Die logische und physische Implementierung wird auf Basis von MS Access 2000 realisiert. Diese RDBMS-Software ist in der heutigen IT-Landschaft nahezu allgegenwärtig und arbeitet sowohl im Stand-Alone-Betrieb als auch in Kombination mit zahllosen Softwarepaketen. Die Meta-Datenbank-Komponente des Referenz-GIS ist daher unabhängig von der verwendeten GIS-Software lauffähig.

Ad 5.:

Um das Anlegen, die Führung und die Verwaltung von Meta-Informationen möglichst problemlos und einfach zu gestalten, stehen Erfassungs- und Fortführungs-Methoden in Form von interaktiven Tabellen, Formularen oder Eingabemasken zur Verfügung. Diese arbeiten soweit sinnvoll mit vordefinierten Verknüpfungen und Werte-Listen und stützen sich mitunter auf komplexe SQL-Statements. Dabei wird der Eingabeaufwand in Formularen und Tabellen minimiert, indem durch die Strukturierung von Eingabedialogen, durch Unterscheidung unbedingt erforderlicher und optionaler Angaben sowie durch interaktive Auswahlfelder mit vorgegebenen Einträgen ein akzeptabler Rahmen geschaffen wird.

Ein Konzept zur Neuerfassung und Fortführung von Meta-Informationen liegt in Form spezieller Fortführungs-Datenbanksichten vor. Hierfür wird neben einer tabellen-bezogenen Fortschreibung der Datenbank die Fortführung folgender *datentechnischer* und *struktureller* Inhalte explizit unterstützt:

- Vektor-Daten (*datentechnisch*)
- Raster-Daten (*datentechnisch*)
- Grid-Daten (*datentechnisch*)
- TIN-Daten (*datentechnisch*)
- Projekte: Views und 3D-Szenen (*strukturell*)

Alle diese Datenbankelemente stützen sich auf komplexe, mehrere Tabellen übergreifende SQL-Statements und lassen sich als Anwendersichten formular- oder web-basiert realisieren. Näheres hierzu ist in *Kap. 5.6 und 5.7* nachzulesen.

Ad 6.:

Nach dem logischen Entwurf der Meta-Datenbank ist für qualifizierte Anwender der Zugriff auf alle datenbank-basierten Meta-Informationen des Referenz-GIS jederzeit sowohl auf der abstrakten Modellebene als auch auf Basis von Tabellen und deren attributiven Inhalten möglich. D.h., der Anwender kann, entsprechende Kenntnisse vorausgesetzt, via SQL oder anderer DB-Techniken, wie beispielsweise **Query By Example (QBE)**, auf den gesamten Datenbankinhalt zurückgreifen. Hierfür ist eine allgemeine Qualifikation im Bereich der relationalen Datenbankmanagementsysteme und eine spezielle Qualifikation im Bereich der Meta-Datenstrukturen des Referenz-GIS zwingend erforderlich. Für weniger qualifizierte Anwender kann der Zugriff auf essentielle Meta-Informationen über die o.g. Referenz-Abfragen und Formulare intuitiv erledigt werden.

Darüber hinaus existieren auf Datenbankebene umfangreiche Recherchefunktionen. Die thematische Suche anhand von Stichworten oder eines zu erstellenden Schlagwortkataloges in Verbindung mit einer funktionierenden Synonymisierung (Thesaurus) ist prinzipiell möglich. Ein umfassender Thesaurus wurde aber aufgrund des damit verbundenen, recht hohen Aufwandes bislang nicht aufgestellt. Nach wie vor stellen Thesaurus-Anwendungen, beispielsweise auf der Basis von XML-Techniken, einen eigenen Forschungsschwerpunkt im Bereich der Informationstechnologie dar, der hier nicht gesondert aufgegriffen werden soll (vgl. [137] WEIHS (1999)).

Durch entsprechende Verknüpfungsoptionen können aber bereits mit den Mitteln des RDBMS Suchen flexibel definiert, exakt eingegrenzt und nach Bedarf ausgeweitet werden. Mit Hilfe von datensatzweise verfügbaren Raumbezugsinformationen (navigatorische Meta-Daten) kann die Datenrecherche zudem anhand räumlicher Angaben in Form von Koordinaten erfolgen. Die Raumbezugsinformationen werden in Form von sog. Bounding Box-Koordinaten explizit im System geführt. Die dabei recherchierten Datensätze lassen sich in eine Auswahl aufnehmen. Diese Auswahl kann in Form einer sog. Zwischenablage für eine kurzfristige Nutzung verwendet oder auch in Form eines mehr oder weniger komplexen SQL-Statements gespeichert und somit längerfristig nutzbar gemacht werden.

Zur Dokumentation ist bereits auf der Ebene der Datenbanksoftware das Erstellen und Drucken von Berichten ausgewählter oder gespeicherter Meta-Daten ohne weiteres möglich. Die entsprechenden Operationen werden vom verwendeten Betriebssystem zur Verfügung gestellt (vgl. Kap. 2.3.3.1).

Ad 7.:

Zur Wahrung von Aktualität und Vollständigkeit der Meta-Informationen des Referenz-GIS liegt ein leistungsstarkes Konsistenzsicherungskonzept auf der Basis der beiden Programmiersprachen SQL und Perl vor. Das Konzept beinhaltet auf der SQL-Seite datenbankinterne Konsistenzsicherungsmechanismen und auf der Perl-Seite bilaterale Konsistenzsicherungsmechanismen zwischen der physikalischen Datenstruktur (Betriebssystem) und der logischen Datenstruktur (Meta-Datenbank). Auf diesen wichtigen Themenkomplex wird in Kap. 5.8.3 vertieft eingegangen.

Ad 8.:

Durch den Einsatz eines eigens entwickelten Meta-Datenscanners, also einer tool-basierten, physischen Anbindung des Meta-Datenbankkonzeptes an den Referenz-Datenbestand, ist die Erfassung von impliziten Meta-Daten weitgehend automatisiert möglich. Dieser Scanner kann die Datensätze des Referenz-Datenbestandes nach definierten Inhaltstypen durchsuchen und an die Meta-Datenbank übergeben. Beispiele hierfür sind die jeweiligen Bounding Box-Koordinaten, minimale und maximale Höhenangaben, die File-Größen, die Datentypen und die Basisgeometrien. Auf diese Weise wird dort unter geringstem Arbeitsaufwand in Verbindung mit optimaler Fehlervermeidung ein Grundbestand an Meta-Daten angelegt, der über die Erfassungs- und Fortführungs-Methoden interaktiv weiter ergänzt werden kann.

5.3.2 DATENBANK-MODELLIERUNG VON META-DATENKATEGORIEN

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass es sich bei diesem Meta-Datenmodell um eine relationale, datenbank-basierte Meta-Datenlösung handelt, die einzelne Geo-Datensätze unter Berücksichtigung der inhaltlichen Vorgaben geltender Meta-Datenstandards umfassend beschreibbar macht. Diese Datenbank ist so modelliert, dass sie den detaillierten Aufbau des GIS sowie nahezu alle für das Referenz-GIS relevanten Informationen über die verfügbaren digitalen Geo-Daten wiedergeben kann. Daneben sind umfassende Qualitätsaspekte berücksichtigt. Vorliegendes Dokument benutzt beispielsweise die Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ um Aufstellungen über Dateninhalte und -Strukturen des Referenz-GIS, thematische und geometrische Zuordnungen der Datenbestände und auch Zusammenhänge der einzelnen Datensätze untereinander in Tabellenform zu dokumentieren.

Die Meta-Datenbank des Referenz-GIS beinhaltet in 9 Hierarchie-Ebenen die 8 **Meta-Datenkategorien** bzw. -Informationsstränge „*physikalischer Zugriff*“, „*thematische Klassifizierung*“, „*geometrische Klassifizierung*“, „*qualitätsspezifischer Teil*“, „*systemabhängiger Teil*“, „*Multimedia*“, „*Sachinformationen*“ und „*Dokumente*“. Im Zentrum der Meta-Datenmodellierung steht sowohl konzeptionell als auch logisch und physikalisch der „(Geo-) Datensatz“.

[119] SCHILCHER ET AL. (2000)

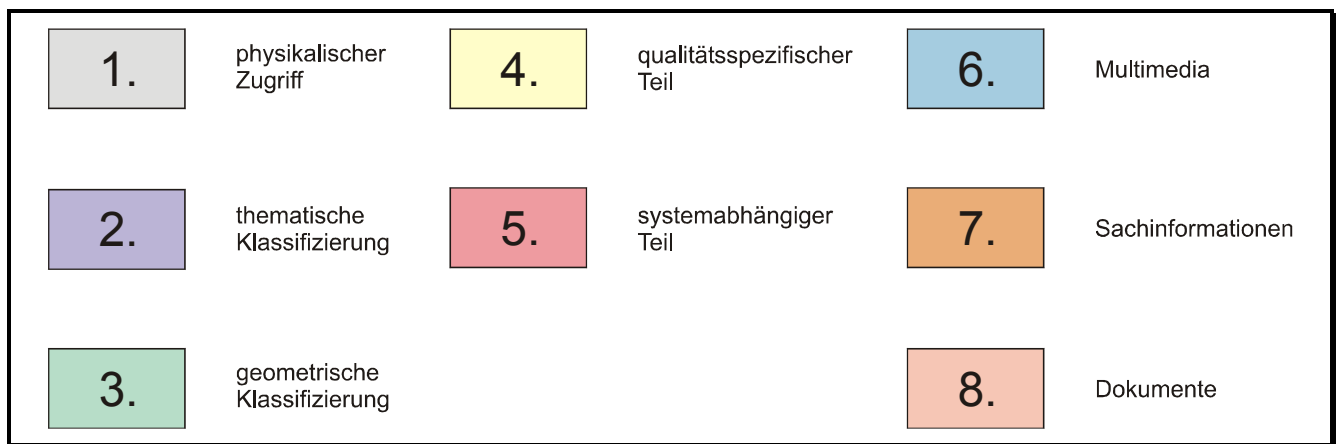


ABBILDUNG 26: DIE 8 META-DATENKATEGORIEN DES REFERENZ-GIS

Aus diesem Grund wird der „Datensatz“ in allen folgenden Modell-Darstellungen mitgeführt und schwarz-schattiert dargestellt.

Das Basisgerüst der Datenbank besteht aus Tabellen, die nach dem relationalen Datenbankmodell über ein einheitliches Schlüsselkonzept und referentielle Integritäten miteinander verknüpft sind. Daneben existieren noch zahlreiche Referenztabelle, welche die aus Performancegründen meist numerische Schlüssel für den Anwender „lesbar machen“ und in Formulare mit eingebunden werden können (vgl. Kap. 5.7).

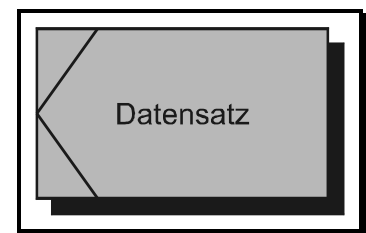


ABBILDUNG 27: ZENTRALES MODELL-ELEMENT „(GEO-) DATENSATZ“

Wegen dem bei der Modellierung streng eingehaltenen Prinzip der Redundanzfreiheit und der referentiellen Integritäten ist jede Änderung oder Eintragung nur einmal und in vielen Fällen in zeitsparender Interaktion mit den Anwender zu tätigen.

[119] SCHILCHER ET AL. (2000)

5.3.2.1 MODELLIERUNG DES PHYSIKALISCHEN DATEN-ZUGRIFFS

(Kategorie 1: *physikalischer Zugriff*)

Um das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ bei unterschiedlichen Stellen effizient nutzbar machen zu können, ist eine einfache, logisch strukturierte und intuitiv zu erfassende Datenhaltung unbedingt notwendig. Die Datenhaltung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ erfolgt über die klassische Trennung von GIS-Software, Geometrie und Sach-Daten. Die Geometrie liegt in einem Filesystem, wogegen die Sach-Datenhaltung mit Hilfe eines relationalen Datenbankmanagementsystems (RDBMS) realisiert ist. Physikalisch liegt die Datenbank natürlich auch in einem Filesystem, wodurch sich nachfolgende Erklärungen nicht auf die logische, sondern auf die physikalische Datenhaltung beziehen.

Im Vorfeld der anschließenden Ausführungen ist es sinnvoll bereits an dieser Stelle zusammenzufassen, dass sich die physikalische Strukturierung der Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ grundsätzlich an folgender Gliederung orientieren lässt:

6 Regionen, 5 Themenbereiche, 17 Objektbereiche, 4 Datentypen, 11 Datenformate

Die Modellierung des physikalischen Datenzugriffs erfolgt mittels dreier hierarchischer Instanzen:

1. Die erste Instanz liefert alle relevanten Inhalte zu den datenhaltenden Serverkomponenten. Die *Server* dienen für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ primär als Fileserver.
2. Das *Laufwerk* steht für die Zuordnung einer Laufwerkskennung zu einem bestimmten Pfad entweder auf der lokalen Arbeitsstation oder einer Freigabe im LAN des Betreibers. Derzeit wird am Fachgebiet Geoinformationssysteme für das Projekt **referenz-gis.apr** (V3.0) auf dem Server **GIS01** die Netzfreigabe **GIS-DATA** unter Nutzung der Laufwerkskennung **g:** (wie „GIS“) verwendet.
3. Die Instanz „*Pfad*“ gibt die im Rahmen der logischen und physikalischen Gesamtmodellierung des Referenz-GIS definierte, physikalische Struktur der relativen Datei-Pfade wieder. Die relativen Pfade sind damit fest vorgegeben. Die Laufwerkswahl ist dagegen flexibel gehalten, so dass die Struktur der relativen Pfade unabhängig vom Betriebssystem problemlos auf eine andere Serverstruktur portiert werden kann. Systemtechnische Eingriffe sind hierfür nicht notwendig.

Innerhalb der Pfade sind dann die diversen *Geo-Datensätze* strukturiert abgelegt. Auch die Zuordnung der Datensätze innerhalb der festen Pfad-Struktur ist durch die Modellierung vorgegeben. Die acht physischen Datenbereiche aus *Kap. 2.3.2* sind in Form von eigenen Unterverzeichnissen in dem relativen Hauptverzeichnis **basisdaten** des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ abgelegt.

Ein Laufwerk muss auf mindestens einem Server liegen. Ein Server hat mindestens ein physisches Laufwerk. Ein Laufwerk hat entweder keinen Pfad oder beinhaltet ein oder mehrere Datenpfade. Innerhalb der Pfade befinden sich wiederum keine oder beliebig viele Geo-Datensätze.

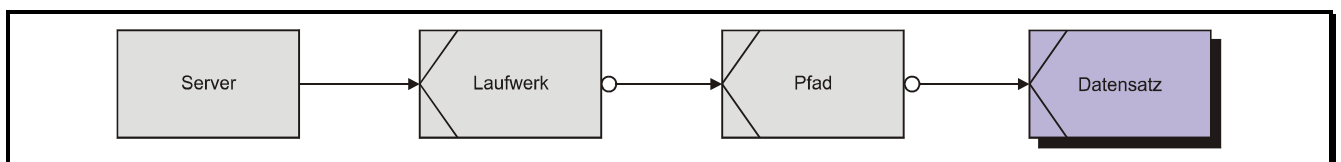


ABBILDUNG 28: PHYSIKALISCHER DATEN-ZUGRIFF

Näheres zur physikalischen Datenstruktur des Referenz-GIS ist in *Kap. 4.3 der Anlage* nachzulesen. Die Beschreibung der Meta-Inhalte dieser Instanzen wird hier in *Kap. 5.8* vorgenommen.

Der physischen Datenhaltung des Referenz-GIS am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München liegt eine Client-Serverarchitektur zugrunde. Es empfiehlt sich bei diesem Ansatz unbedingt die Verwendung mindestens eines 100 MBit-Netzwerkes (Fast Ethernet). Der derzeit moderne und in der Praxis absolut bewährte Ansatz eines Twisted-Pair-Netzwerkes mit einer sternförmigen Topologie ist durch Kaskadierungen nahezu beliebig skalierbar. Diese Netzwerktechnologie bietet die derzeit höchste Ausfallsicherheit und lässt sich über eine entsprechende Verkabelung zukunftsicher installieren und betreiben. Hier die derzeit für den Betrieb des Referenz-GIS verwendete Topologie am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München:

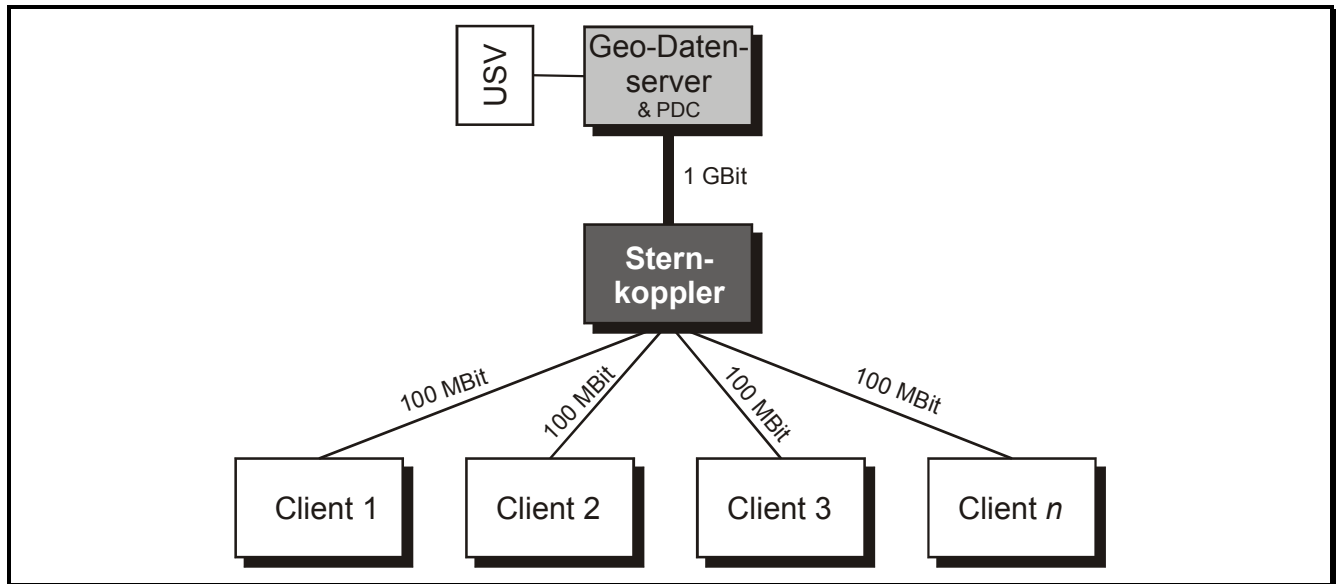


ABBILDUNG 29: STERNTOPLOGIE DES TWISTED-PAIR-NETZES ZUM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Greifen hierbei mehrere (n) User gleichzeitig auf Daten des Referenz-GIS zu, so laufen alle diese Informationen (theoretisch maximal $n \times 100$ MBit) synchron über die Netzwerkkarte des Servers an der die Switch des betreffenden Netzwerks auf und werden von dort sternförmig mit je 100 MBit an die Klienten verteilt. Verfügt der Server über eine (full-duplex-fähige) 1 GBit-Netzwerkkarte, so könnten im Idealfall 10 User synchron lesend und schreibend mit dem vollen Datendurchsatz auf die Datenbestände des Referenz-GIS zugreifen. In der Praxis wird dies keinesfalls voll auszulasten sein, weil auf dem Hardware-Markt derzeit keinerlei Speichersysteme verfügbar sind, die einen Datendurchsatz von ca. 100 MByte/s an eine GBit-Netzwerkkarte abgeben könnten. Weder die Festplatten noch der Datenbus des Servers wären hierzu in der Lage. D.h. die verfügbare Server-Netz-Architektur ist technisch in der Lage weit mehr als 100 User synchron zu bedienen.

5.3.2.2 MODELLIERUNG DER THEMATISCHEN DATEN-KLASSIFIZIERUNG

(Kategorie 2: thematische Klassifizierung)

Die Objektbildung im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ erfolgt über die sog. thematische Klassifizierung. Sie ist in *Kap. 2.2 der Anlage* umfassend erörtert. Die thematische Klassifizierung ist notwendig, um die Strukturen und Inhalte der einzelnen Datenmodelle der verwendeten, heterogenen Datenquellen aufbrechen und in einem einheitlichen Modell zusammenführen zu können. Sie repräsentiert einen großen Teil des Geometrie-Datenmodells, welches sich aus der thematischen und der geometrischen Klassifizierung zusammensetzt. Die Klassifizierung erfolgt quasihierarchisch, weil neben $0:1$ -, $0:n$ - und $1:n$ - auch $n:m$ -Beziehungen zwischen den einzelnen Hierarchiestufen vorkommen und abgebildet werden müssen. Hierbei stellen der *Datenquellentyp* und die *Datenquelle* eine übergeordnete, der *Themenbereich* die (eigentlich) oberste und das *Objekt* bzw. der *Attributwert* die unterste Hierarchiestufe dar.

Die im Rahmen der thematischen Klassifizierung den einzelnen Stufen zugeordneten Identifikatoren (alphanumerische Schlüssel) ermöglichen eindeutige Zuordnungen der vorhandenen Geometrie-Daten des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ zu den entsprechenden Datensätzen in der Meta-Datenbank. Diese Verknüpfungen werden in erster Linie über die Identifikatoren (vgl. *Kap. 5.8.4.3*) der einzelnen Geometrie-Datensätze realisiert.

Nachfolgende Abbildung zeigt das Modell der thematischen Klassifizierung in Form eines gerichteten Graphen. Dieser Graph ist ein Ausschnitt des Strukturierten Entity-Relationship-Modells (SERM) (vgl. Kap. 5.8.1) der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Durch die Verwendung spezieller Kantensymbole ist neben der Darstellung von Beziehungen der Objektmengen untereinander, einschließlich der geltenden Kardinalitätsrestriktionen, daraus die zugrunde liegende Hierarchie der thematischen Klassifizierung ersichtlich.

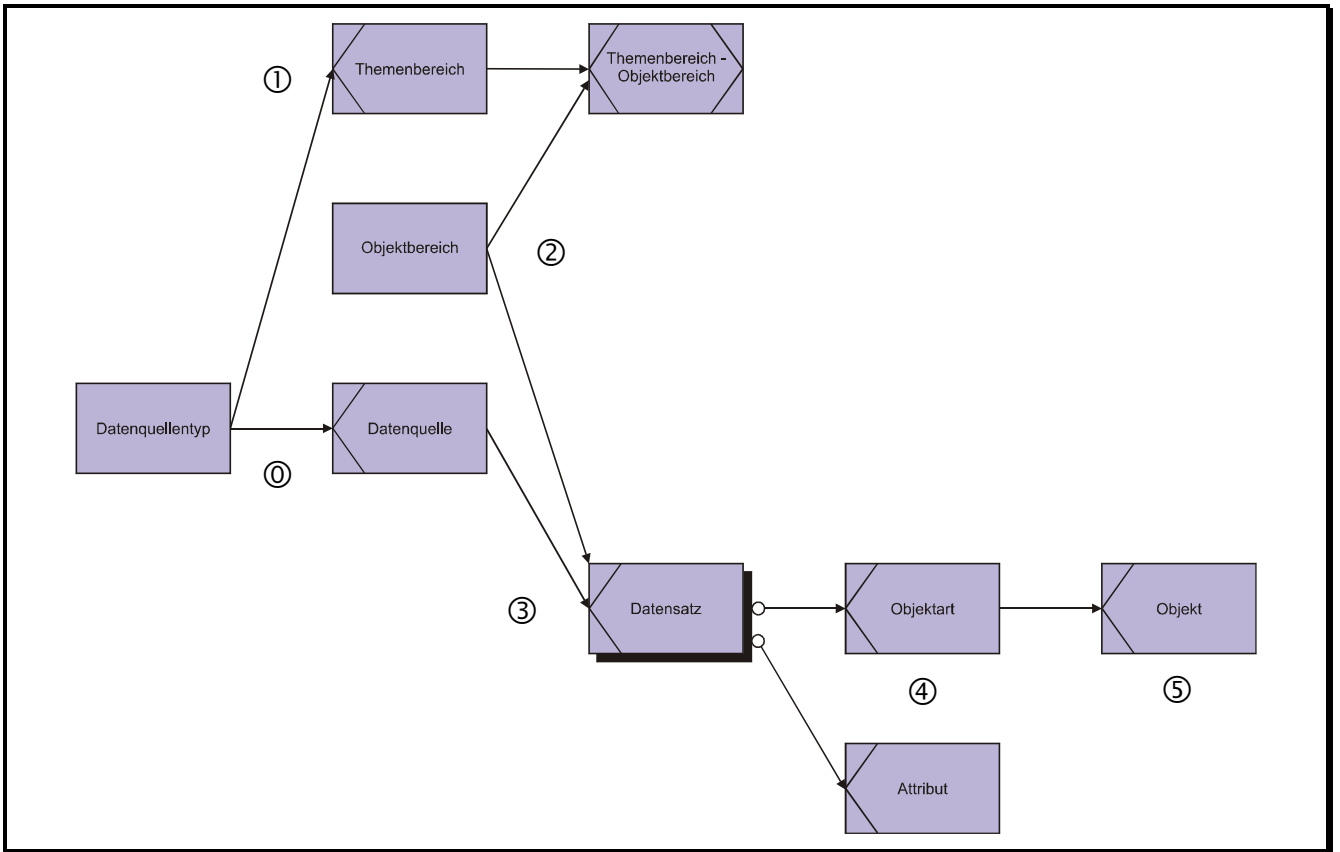


ABBILDUNG 30: THEMATISCHE DATEN-KLASSIFIZIERUNG

Untenstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Hierarchiestufen bzw. die verwendeten Klassen sowie deren Schlüssel. Näheres zur Verwendung der Identifikatoren s. unter Kap. 5.8.4.3.

<i>Stufe</i>	<i>Klasse</i>	<i>Identifikator</i>
0	Datenquellentyp	kein
0	Datenquelle	kein
1	Themenbereich	2-stellig: 01 - 99
2	Objektbereich	2-stellig: 01 - 99
3	Datensatz	4-stellig: 0001 - 9999
4	Objektart	2-stellig: 01 - 99
4	Attribut	kein
5	Objekt	4-stellig: 01 - 9999

TABELLE 9: SCHLÜSSELBILDUNG ÜBER IDENTIFIKATOREN

1) Datenquellentyp

0. (übergeordnete) Hierarchiestufe (systemunabhängige Definition von Datenquellentypen)

Die *Datenquellen* des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ (s.u.) lassen sich bislang in vier verschiedene *Datenquellentypen* unterteilen. Hierbei werden Datenquellen unterschieden, die entweder amtlicherseits von der Bayerischen Vermessungsverwaltung, von sonstigen staatlichen Behörden, von außerdeutschen Einrichtungen, Behörden und Verwaltungen oder von privatwirtschaftlichen Geo-Daten-Anbietern stammen.

<i>Datenquellentyp</i>	<i>Beschreibung</i>
amtlich	amtliche Geo-Basis-Daten der Bayerischen Vermessungsverwaltung
behördlich	Geo-Daten sonstiger staatlicher Behörden
international	Geo-Daten außerdeutscher Einrichtungen, Behörden und Verwaltungen
privatwirtschaftlich	Daten privatwirtschaftlicher Geo-Daten-Anbieter

TABELLE 10: ÜBERSICHT DER DATENQUELLENTYPEN

Jedem dieser Datenquellentypen ist verbindlich (*mandatory*) mindestens eine Datenquelle zugeordnet. Somit ist eine Referenz der verwendeten Datenquellen möglich, die festlegt, ob die jeweilige Datenquelle amtlicher, behördlicher, internationaler (grenzüberschreitender) oder privatwirtschaftlicher Herkunft entstammt. Jede Datenquelle besitzt zwangsläufig eine solche Referenz.

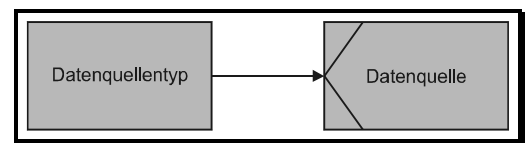


ABBILDUNG 31: BEZIEHUNG „DATENQUELLENTYP-DATENQUELLE“

2) Datenquelle

0. (übergeordnete) Hierarchiestufe (systemunabhängige Definition von Datenquellen)

Allen im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ vorkommenden Datenbeständen liegen bestimmte *Datenquellen* zu Grunde. Die Datenquellen sind beispielsweise Kartenwerke, Informationssysteme, Sach-Datenerhebungen oder Luftbildbefliegungen. Die acht am Referenz-GIS beteiligten Institutionen stellten der TU München verschiedenste analoge und digitale Datenbestände in heterogenen Formen und Formaten als Grundlagedaten für eine umfassende Integration in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ zur Verfügung. Ein Überblick der bislang für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ akquirierten und zur Integration herangezogenen Datenquellen wurde bereits in *Kap. 3.1* geliefert. Mit jeder Erschließung und Hinzunahme von neuen Datenquellen muss das Pendant dieser Übersicht in der Meta-Datenbank des Referenz-GIS entsprechend nachgeführt werden.

Ein Geo-Datensatz des Referenz-GIS hat immer genau eine Datenquelle zur Grundlage, wogegen eine Datenquelle mindestens einen Datensatz, i.d.R. aber mehrere Datensätze, an das Referenz-GIS abgegeben hat. Auch hier liegt eine verbindliche (*mandatory*) Beziehung vor.

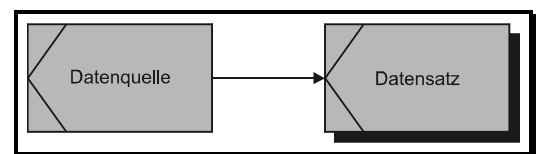


ABBILDUNG 32: BEZIEHUNG „DATENQUELLE - DATENSATZ“

3) Themenbereich

1. (oberste) Hierarchiestufe (systemunabhängige Definition von datenquellenabhängigen Themenbereichen)

Die Zugehörigkeit von Datensätzen zu übergeordneten *Themenbereichen* muss jeweils vor der Integration der betreffenden Daten in den Referenzdatenbestand festgelegt werden. Dies ermöglicht auf der einen Seite über die Zuordnung von Datenbeständen innerhalb der spezifischen Verzeichnisstrukturen eine einfache und leicht überschaubare physikalische Datenhaltung. Auf der anderen Seite wird durch die globale Einteilung der Daten in übergeordnete Klassen zusätzlich eine einfache Nachvollziehbarkeit der Datenzugehörigkeit unterstützt.

Erst durch die Einführung von Themenbereichen können die unterschiedlichen Modelle der heterogenen Datenquellen im Referenz-GIS hinreichend berücksichtigt werden. An dieser Stelle ist jedoch anzumerken, dass das Hauptaugenmerk auf der 1:1-Umsetzung der Datenstrukturen der Bayerischen Staatsforstverwaltung liegt, so dass die Datenübernahme von anderen Quellen nicht auf Modellebene, sondern unter Beibehaltung der jeweils relevanten Objektstrukturen auf Geometrieebene erfolgen muss. Eine 1:1-Übernahme der Daten aus allen beteiligten Informationssystemen auf Modellebene ist nach dem Stand der GIS-Technik derzeit noch nicht möglich und auch nicht Zielsetzung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Dabei ist zu beachten, dass die fachlich-semantische Modellierung des betrachteten Ausschnitts der Realen Welt - soweit als möglich - die Objektstrukturen der Geo-Basismodelle berücksichtigen muss. Die fachspezifische Klassifizierung der Erdoberfläche kann sich jedoch von der topographischen unterscheiden. Dabei werden andere Betrachtungsweisen für die Strukturierung der Landschaft und ihrer Oberfläche angewandt.

Im Referenz-GIS werden derzeit 5 Themenbereiche unterschieden. Jeder Themenbereich besitzt einen eindeutigen Identifikator (vgl. Kap. 5.8.4.3). In Kap. 5.5 der Anlage wird detailliert auf die Dateninhalte der einzelnen Themenbereiche eingegangen. Ein Ausbau des Referenz-GIS um weitere Themenbereiche (implizit: Datenquellen) ist nach dem vorliegenden Konzept jederzeit möglich. Es ist hier beispielsweise an umweltrelevante Datenbestände des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (BayStMLU) oder der bayerischen Wasserwirtschaftsämter zu denken.

01 amtliche Vermessung

Der Themenbereich „amtliche Vermessung“ deckt die von der Bayerischen Vermessungsverwaltung bezogenen und in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ integrierten Datenbestände ab. Es handelt sich hierbei um Vektor- und Sach-Daten aus den Bereichen Kataster (DFK+AGLB) und Topographie (ATKIS), Grid-Daten als Höheninformationen in Form eines Digitalen Geländemodells (DGM 25) sowie Raster-Daten in Form von digitalen Orthophotos im Maßstab 1:5 000.

02 FORST-GIS-Bayern

Dieser Themenbereich umfasst all diejenigen forstlichen Daten der Bayerischen Staatsforstverwaltung, die nicht unmittelbar mit dem Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald maßstäblich und inhaltlich in Verbindung gebracht werden können, aber als übergeordnete Informationen in das Referenz-GIS integriert werden mussten. Dies schließt folglich nicht aus, dass umfangreiche Datenbestände des zentralen FORST-GIS-Bayern, die den Nationalpark direkt betreffen, dem Themenbereich „Nationalpark Bayerischer Wald“ zugeordnet sind. Der Themenbereich „FORST-GIS-Bayern“ berücksichtigt auch solche Daten, die das Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF) in analoger oder auch digitaler Form von der Bayerischen Vermessungsverwaltung bezogen und zur weiteren Verwendung im FORST-GIS-Bayern aufbereitet und/oder weiterverarbeitet hat.

03 Nationalpark Bayerischer Wald

Der Themenbereich „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist der umfangreichste der 5 derzeitigen Themenbereiche des Referenz-GIS. Er beinhaltet alle das Gebiet des Nationalparks unmittelbar betreffenden Geometrie-Datenbestände. An dieser Stelle kann eine eindeutige Zuordnung „Themenbereich-Datenquelle“ nicht mehr erfolgen, da zahlreiche, größtenteils nicht modellierte Einzeldatenbestände aus verschiedensten Quellen für das Gebiet des Nationalparks vorliegen und somit eine Unterteilung dieser Datenquellen in weitere Themenbereiche aus modellierungstechnischer Sicht keinen Sinn macht. Statt dessen ist der Themenbereich „Nationalpark Bayerischer Wald“ ausschließlich über die räumliche Zuordnung von Datenbeständen auf das Gebiet des Nationalparks definiert.

Es existieren in diesem Themenbereich Daten zu allen im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ vorkommenden Geometrie-Datentypen (*Vektor*, *Raster*, *Grid* und *TIN*). Wie oben bereits angedeutet, findet man hier neben Datenbeständen der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald auch Datenbestände des FORST-GIS-Bayern sowie der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Es handelt sich hierbei größtenteils um Datenbestände, die ursprünglich vom BayStMLF stammen und zur integrierten Verwendung im Referenz-GIS aufbereitet, weiterverarbeitet und modelliert wurden.

Des Weiteren findet man hier auch Projekt-Datenbestände, die von anderen beteiligten Stellen, wie beispielsweise dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), speziell für das Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald erhoben worden sind.

04 Nationalpark Šumava

Zwischen der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und der benachbarten Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava in Vimperk/Tschechien besteht seit dem Frühjahr 1999 ein Verpflichtungsabkommen zum gegenseitigen Austausch von GIS-Daten. Zur Integration geodätisch transformierter und aufbereiteter Daten der Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wurde ein eigener Themenbereich eingeführt. Darin sind ausschließlich Daten zum Nationalpark und Landschaftsschutzgebiet Šumava enthalten. Die Datumstransformation dieser Datenbestände ist in *Kap. 6.6* ausführlich beschrieben.

05 Privatwirtschaft

Daten privater Geo-Daten-Anbieter für den Regierungsbezirk Niederbayern bzw. die Region des Nationalparks Bayerischer Wald werden unter dem Themenbereich „Privatwirtschaft“ zusammengefasst. Im Referenz-GIS sind beispielsweise privatwirtschaftliche Daten des DLR in Form von Fernerkundungsprodukten enthalten.

4) Objektbereich

2. Hierarchiestufe (systemunabhängige Definition von datenquellenunabhängigen Objektbereichen)

Objektbereiche stellen Mengen von Geometrie-Datensätzen dar, die unter einer gemeinsamen Thematik zusammengefasst werden können.

Jeder Themenbereich umfasst (*mandatory*) mindestens einen, mehrere oder alle der untenstehenden *Objektbereiche*. Ein Objektbereich dagegen gehört zu mindestens einem Themenbereich, kann aber auch in mehreren oder allen Themenbereichen vorkommen. Diese Zusammenhänge lassen sich als SERM über die nebenstehende m:n-Beziehung in der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ abbilden.

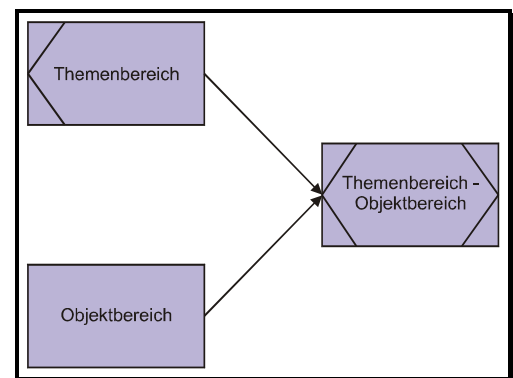


ABBILDUNG 33: BEZIEHUNG
„THEMENBEREICH- OBJEKTBEREICH“

Nach [83] LENK (1999) kann die Integration von Basis- und Fachdaten auf zwei verschiedene Arten erfolgen:

1. Einfache, visuelle Integration

Die Basisdaten werden ohne Verknüpfungen nur graphisch hinterlegt. Dies kann sowohl auf Raster- als auch auf Vektor-Daten basierend geschehen. Die Geo-Basisdaten dienen dabei gewissermaßen als Orientierung für den Nutzer.

2. Datentechnische Integration

- Fachdaten können **geometrisch integriert** werden, d.h. bestehende Geometrien aus den Basisdatenbeständen werden genutzt, um Fachobjekte geometrisch zu beschreiben. Bei dieser Art ist u.a. gewährleistet, dass real identische Grenzen zwischen Geo-Objekten in der Natur auch in den digitalen Datenbeständen identisch sind. Dadurch ergeben sich beispielsweise bei Verschneidungs- oder ähnlichen GIS-Operationen keine Verfälschungen durch Splitterpolygone oder andere Artefakte. Es besteht jedoch keine inhaltliche Verknüpfung der Fachdaten mit den Basisdaten.
- Daneben gibt es die sog. **semantisch-geometrische Integration**, bei der die Fachobjekte formal in Anlehnung an den Basis-Objektartenkatalog modelliert werden. Sie impliziert i.d.R. die geometrische Integration. Bereits bestehende Basis-Objektarten werden, soweit möglich, genutzt oder in ihrer Definition und/oder Attributierung modifiziert. Die Instanzen der Objektarten in den Datenbeständen werden bei der Erfassung überarbeitet.

Für die semantisch-geometrische Integration von Fachdaten ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Bereits bestehende Objektarten können ohne weitere Änderungen verwendet werden.
- Bereits bestehende Objektarten können erst nach Änderungen bestimmter Objekttypen (z.B. Basis-Punkt → Fach-Fläche) verwendet werden.
- Für bestehende Objektarten kann es notwendig sein, Erfassungskriterien zu ändern (z.B. Erfassung erst bei Erreichen der fachlichen Relevanz).
- Bereits bestehende Objektarten können möglicherweise erst nach einer geeigneten Erweiterung einzelner Attributwertebereiche fachlich genutzt werden.
- Bereits bestehende Objektarten können möglicherweise erst mit der Einführung weiterer (fachlicher) Attributtypen sinnvoll genutzt werden.
- Es kann die Notwendigkeit bestehen, neue Objektarten zu definieren, falls sich fachliche Objekte nicht auf Objektarten im Basis-Objektartenkatalog abbilden lassen.

Im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wird konsequent die datentechnische Integration aller Fachdaten in Verbindung mit einer semantisch-geometrischen Integration derselben angewandt, um eine fachübergreifende, objekt-basierte Sichtweise zur Realen Welt zu ermöglichen.

Da für eine „saubere“ Modellierung letztendlich die geometrische Integration vollständig vollzogen sein muss, ist diese als erster Schritt sicherzustellen. Die heterogenen Fach-Datenbestände des Referenz-GIS wurden im Laufe der beiden vergangenen Jahrzehnten von zahlreichen Institutionen zu verschiedensten Zwecken mit unterschiedlichen Methoden und/oder Digitalisiervorlagen erfasst, so dass a priori in den wenigsten Fällen eine konsistente geometrische Integration dieser Datenbeständen in die amtlichen Basisdatenbestände ATKIS und DFK vorliegt. Um den dadurch anfallenden Arbeitsaufwand zu minimieren, werden alle neu zu erfassenden Daten - je nach Maßstab - geometrisch in ATKIS oder die DFK integriert. Bereits vorhandene Daten werden bei Bedarf individuell nachgeführt.

Weitere Einschränkungen sind auch zu erwarten, weil die semantisch-geometrische Datenintegration zudem voraussetzt, dass die Modellauflösung, also die räumliche Differenzierung bei den zu integrierenden Fachdisziplinen und damit der Generalisierungsgrad gleich oder zumindest weitgehend identisch ist mit der der herangezogenen Basisdaten. Im Falle des Referenz-GIS sollten sich daher die verschiedenen Modellauflösungen der fachlichen Anwendungen an den drei Maßstabsbereichen der Basisdatenbestände DFK (1:1 000), ATKIS 25 (1:25 000) und ATKIS 500 (1:500 000) orientieren. Folgende Rahmen-Maßstabsbereiche werden mit Ausnahme einiger Zwischenabstufungen für bestimmte Fachdetails eingehalten:

<i>DFK</i>	<i>ATKIS 25</i>	<i>ATKIS 500</i>
1:500 - 1:10 000	1:10 000 - 1:80 000	1:80 000 - 1:2 000 000

TABELLE 11: MAßSTABBEREICHE FÜR DIE SEMANTISCH-GEOMETRISCHE FACH-DATENINTEGRATION

Die Objektbereiche des ATKIS 25 DLM 25/1 *Siedlung, Gewässer, Verkehr, Vegetation* sind zweckmäßigerweise beibehalten (unverändert). Der verbleibende, fünfte Objektbereich „Gebiete“ ist im Modell des Referenz-GIS in die Bereiche *Grenzen* und *Verwaltung* aufgeteilt (spezialisiert), da für zahlreiche sowohl linien- als auch flächenhaft vorliegende Fachdatenbestände eine gemeinsame Klasse „Gebiete“ zu wenig aussagekräftig wäre. Die beiden geplanten ATKIS-Objektbereiche „Festpunkte“ und „Relief“ des DLM 25/2 umfassen nicht alle in den Fachdatenbeständen vorkommenden, punktförmigen Objektarten, so dass diese in ihrer Gesamtheit über den Objektbereich *Punktsignaturen* zusammengefasst sind (generalisiert). Eine speziellere Klassifizierung ist derzeit (noch) nicht notwendig. Das Datenmodell des Referenz-GIS ist drüber hinaus um die allgemeinen Objektbereiche *Beschriftung, Kartographie, Höhenlinien, Overlays* und *Hintergrund* erweitert. Für weitere fachliche Anforderungen werden die speziellen Objektbereiche (Fach-) *Details, Tourismus, Planung* und *Klima* vorgehalten. Für alle weiteren Dateninhalte, die keinem der obigen Objektbereiche zugeordnet werden können, ist der allgemeine Bereich *Sonstiges* vorgesehen.

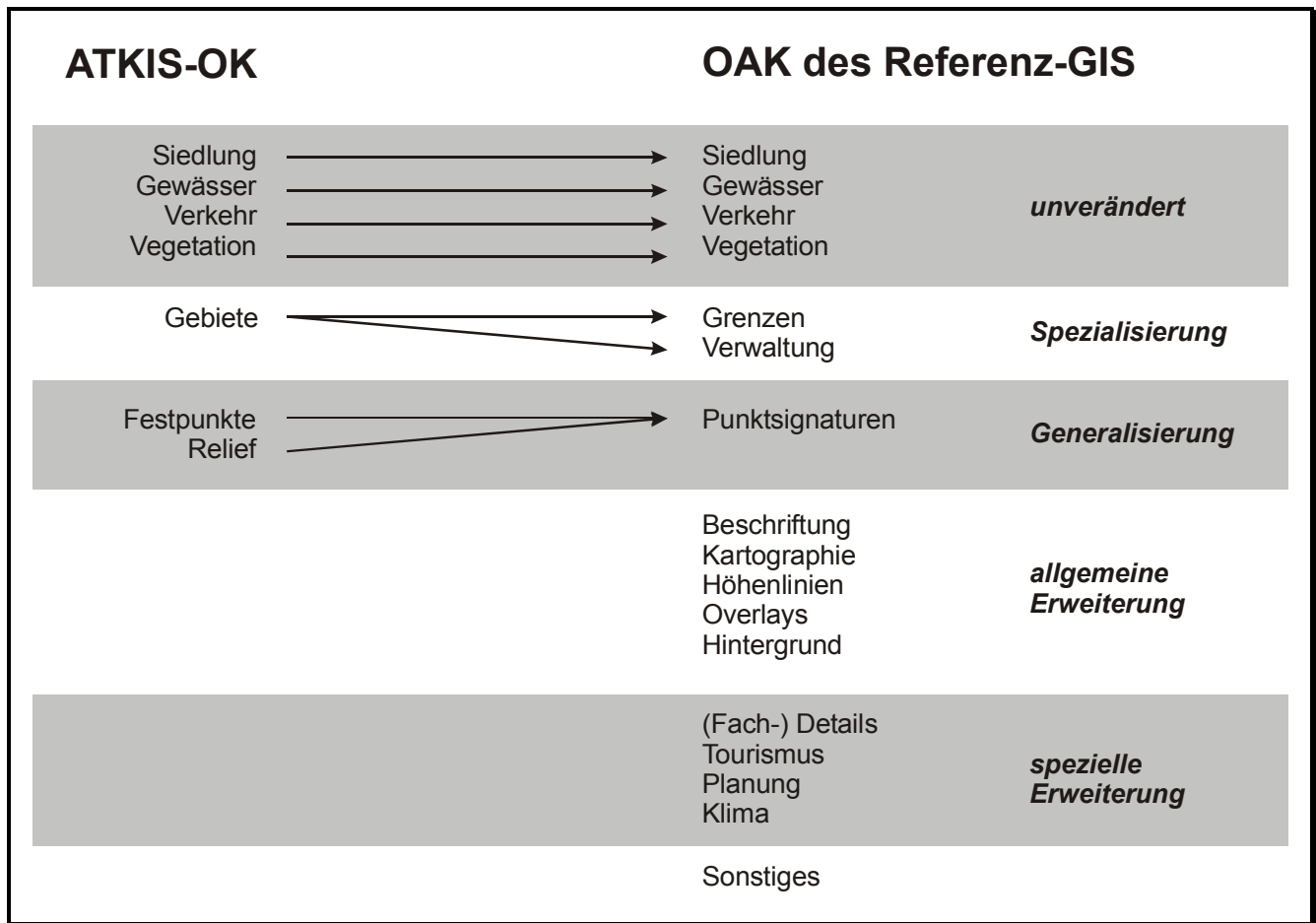


ABBILDUNG 34: GEGENÜBERSTELLUNG DER OBJEKTBEREICHSDEFINITIONEN

Die Objektbereiche sind damit in Anlehnung an den Aufbau des ATKIS-Objektartenkatalogs sowie an die vorhandenen Daten- und Objektstrukturen der Bayerischen Staatsforstverwaltung definiert und besitzen eigene Identifikatoren (vgl. Kap. 5.8.4.3). Die Themen des Referenz-GIS werden bei der kartographischen Wiedergabe nach Möglichkeit immer in der Objektbereichs-Reihenfolge strukturiert.

- 01 Beschriftung** Der Objektbereich „Beschriftung“ umfasst alle Themen, die ausschließlich für Beschriftungen, also zur kartographischen Betextung vorgesehen sind. Innerhalb der Beschriftungen wird aus Gründen der Übersichtlichkeit auf Seiten der GIS-Software wieder nach dem übergeordneten Objektbereichs-Schema angeordnet.
- 02 Kartographie** Hierzu gehören alle Themen, die selbst keine GIS-Objekte beinhalten aber zur Unterstützung der kartographischen Darstellung dienen. Gitternetzlinien sind hierfür ein Beispiel.
- 03 Höhenlinien** Höhenlinien umfassen einen eigenen Objektbereich, da sie physikalisch über die untenstehenden Datenbestände gelegt werden müssen und einen eigenen logischen Abschnitt darstellen.
- 04 Punktsignaturen** U.a. werden Punktinformationen, um beispielsweise in Präsentationen immer als sichtbare Einheit behandelt werden zu können, zu einer Objektgruppe zusammengefasst. Sie werden i.d.R. über den flächenhaften Informationen dargestellt.
- 05 Overlays** Overlays sind flächenhafte Daten, die i. Allg. einer übersichtlichen Darstellung von größeren, thematisch zusammenhängenden Gebieten dienen.
- 06 Grenzen** Grenzl意思 liefern einen Raumbezug und eine übersichtliche Darstellung von zusammenhängenden Gebieten. Sie werden somit stellvertretend für den ATKIS-Objektbereich „Gebiete“ als Objektbereich über dem eigentlichen Raumbezug (Verkehr, Gewässer, Siedlung) gehalten.

07 Verkehr	Analog zum ATKIS-Objektartenkatalog wird der Objektbereich „Verkehr“ abgegrenzt.
08 Gewässer	Analog zum ATKIS-Objektartenkatalog wird der Objektbereich „Gewässer“ abgegrenzt.
09 Siedlung	Analog zum ATKIS-Objektartenkatalog wird der Objektbereich „Siedlung“ abgegrenzt.
10 Details	Der Objektbereich „Details“ beinhaltet fachliche Detailinformationen beispielsweise in Form von attributiv klassifizierten Flächen oder Begrenzungslinien.
11 Verwaltung	Hier wird der Datenbestand um Verwaltungsgrenzen in Form von Flächen ergänzt.
12 Vegetation	Analog zum ATKIS-Objektartenkatalog wird der Objektbereich „Vegetation“ abgegrenzt.
13 Hintergrund	Der Objektbereich „Hintergrund“ berücksichtigt Rasterinformationen, wie beispielsweise Orthophotos und Grid-Themen, denen Vektor-Daten überlagert werden.
14 Tourismus	Der Objektbereich „Tourismus“ berücksichtigt speziell für touristische Belange und Thematiken erfasste Daten.
15 Planung	Der Objektbereich „Planung“ berücksichtigt Daten zu in Planung befindlichen oder planungsrelevanten Objekten.
16 Klima	Der Objektbereich „Klima“ berücksichtigt Daten zu klimatologisch relevanten oder referenzierten Objekten.
99 Sonstiges	Sonstige Daten können keinem der obigen Objektbereiche zugeordnet werden.

5) Datensatz

3. Hierarchiestufe (systemunabhängige Geometrie-Datensätze)

Die strukturierte Datensammlung des Referenz-GIS umfasst zahlreiche heterogene Datenbestände zu den **6 Regionen** Freistaat Bayern und Regierungsbezirk Niederbayern (1), Landkreis Regen (2), Landkreis Freyung-Grafenau (3), Nationalpark Bayerischer Wald (4), Nationalpark Šumava (5) und Landschaftsschutzgebiet Šumava (6).

Zur Realisierung einer einheitlichen, physikalisch-logischen Ebene für die Geometrie-Datenhaltung wird als Konstrukt das Entity „*Datensatz*“ herangezogen. Ein Datensatz beinhaltet eine Menge homogener graphischer Objekte und ggf. zugehöriger Attribute und wird in der Literatur oft auch als „Klasse“ oder „Schicht“ bezeichnet. Homogenität besteht sowohl bzgl. der in Abhängigkeit vom jeweils verwendeten Geometrie-Datentyp relevanten Basisgeometrie (*Punkt, Linie, Fläche, Pixel, Gitterpunkt/Zelle* und *Dreieck*) als auch der logischen Objektgruppe (Thematik). Ein Datensatz kann sowohl eine eindeutige Thematik repräsentieren oder aber auch über unterschiedliche kartographische oder analytische Interpretationen seiner zugehörigen Attribute und Attributwerte thematisch mehrdeutig sein. Das heißt, es können von einem Datensatz sowohl singuläre als auch multiple Informationen in Form von Themen wiedergegeben werden.

Die angestrebte, einfache Kopplung der Geometrie-Daten an eine zugehörige Meta-Datenbank wird über eindeutige numerische Identifikatoren auf der physikalisch-logischen Geometrie-Datenebene, also dem Datensatz erreicht (vgl. Kap. 5.8.4.3). Jeder Datensatz hat ein zusätzliches, vierstelliges Attribut „*META_ID*“ (0001-9999), über das eine Anbindung der Geometrie an die Meta-Datenbank realisiert ist.

Ein Datensatz muss verbindlich (*mandatory*) genau einem Objektbereich zugeordnet sein, wogegen natürlich ein Objektbereich mehrere zugeordnete Datensätze haben können muss (1:n-Beziehung).

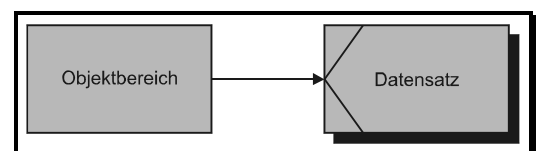


ABBILDUNG 35: BEZIEHUNG „OBJEKTBEREICH - DATENSATZ“

Die weitere thematische Klassifizierung innerhalb des systemunabhängigen Datenmodells in *Objektarten* und *Objekte* sowie *Attribute* gilt nur für die vektor-basierten und eingeschränkt auch für die grid-basierten Datenbestände, da im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ die im Folgenden beschriebene Objektbildung mit Attributierung für Raster- und TIN-Datenbestände nicht global sinnvoll ist.

6) Objektart

4. Hierarchiestufe (systemunabhängige, geometrische Objektarten)

Zur Einhaltung der eindeutigen Zugehörigkeit von geometrischen Einzelobjekten zu logischen Einheiten innerhalb bestimmter Datensätze sind im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ für die betreffenden Datensätze Gruppen, sog. *Objektarten*, definiert. Diese Objektstrukturierung sichert die Topologie und wird ohne Rücksicht auf mögliche pragmatische Vorteile in der Datenhaltung vorgenommen.

Die Realisierung von datensatz-bezogenen Objektarten wird über die gruppierte Bildung sog. (topologischer) Multipartfeatures aus logisch zusammengehörigen Geometrie-Features innerhalb von Datensätzen erreicht. Diese Gruppen von Multipartfeatures erhalten in der Meta-Datenbank einen zweistelligen Identifikator (01-99). Sollten in Zukunft mehr als 99 Objektarten notwendig werden, kann das Modell diesbezüglich leicht erweitert werden. Eine Objektart ist im Referenz-GIS somit eine (Über-)Menge von logischen Objekten innerhalb eines Datensatzes. Die Bildung von Objekten und damit die Definition von Objektarten ist für die einzelnen Datensätze nicht zwingend vorgeschrieben, sondern wird nur vorgenommen, wenn es aus modelltechnischen oder dateninhaltenlichen Gründen notwendig ist. Werden im einfachsten Fall die Objektart durch den Datensatznamen und die Objekte durch die darin vorkommenden, einzelnen Geometrieobjekte bereits implizit angegeben, muss eine explizite Objektbildung und Definition der Objektart nicht stattfinden. Die so verbleibenden, geometrischen Einzelobjekte werden im Gegensatz zu den künstlich gebildeten, logischen Objekten nicht gesondert geführt, weil diese unmittelbar über die Datensätze repräsentiert werden. Beinhaltet ein Datensatz eine einzige, künstlich gebildete Objektart, wird diese i.d.R. auch durch den Datensatznamen beschrieben.

Für einen Geo-Datensatz können somit keine, eine oder mehrere Objektarten definiert sein. Vektor-Datensätze haben verbindlich mindestens eine Objektart. Für alle weiteren Datentypen ist die Angabe von Objektinformationen *optional*, wodurch sich für die Gesamtbeziehung die Gültigkeit „*mandatory if applicable*“ ergibt.

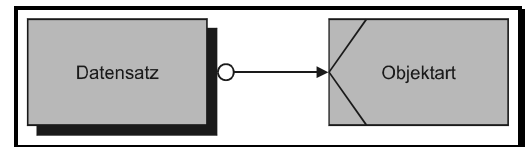


ABBILDUNG 36: BEZIEHUNG „DATENSATZ - OBJEKTART“

7) Objekt

5. (unterste) Hierarchiestufe (systemunabhängige, geometrische Einzelobjekte)

Allgemein gilt, ein Objekt ist ein Phänomen des betrachteten Ausschnitts der Realen Welt. Die Beschreibung der für die Anwendung signifikanten Merkmale und Eigenschaften der Objekte erfolgt über Attribute. Ein raumbezogenes Objekt beinhaltet Geometrie und Sach-Daten. Diese Objekte sind im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ thematisch modelliert. Das heißt, die betrachteten Objekte der Realen Welt „Nationalpark und Umfeld“ sind nach deren Thematik gegliedert, in Datensätze und Themen quasi in getrennte Ebenen abgespeichert und durch die Bildung von Klassen (Objektarten) strukturiert. Direkte Objekteigenschaften sind innerhalb der Datensätze als Attribute an die betreffenden Geometrie-Objekte angefügt. Weiterreichende Objekteigenschaften und -Zusammenhänge werden dagegen in einem komplexen Sach-Datenmodell abgebildet, wobei die Verknüpfungsknoten von Geometrie und Sach-Daten vorab definiert werden mussten. In der Modellierungsstufe „*Objekt*“ wird somit die exakte Definition von logischen Geometrie-Objekten sowie deren Eindeutigkeit festgelegt und beschrieben.

Jede Objektart besteht (*mandatory*) aus mindestens einem oder mehreren Objekten, wobei die einzelnen Objekte wiederum aus mindestens einer oder mehreren Basisgeometrien vom gleichen Datentyp in Form von Multipart-Features topologisch zusammengesetzt sind (1:n-Beziehung).

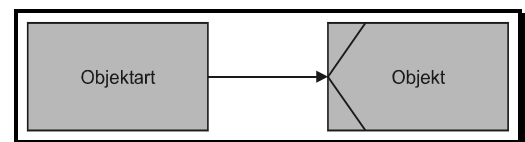


ABBILDUNG 37: BEZIEHUNG „OBJEKTART - OBJEKT“

Werden im einfachsten Fall die Objektart durch den Datensatznamen und die Objekte durch die darin vorkommenden, einzelnen Geometrieobjekte bereits implizit angegeben, muss eine explizite Objektbildung und Definition der Objektart nicht stattfinden. Jedes Objekt verfügt über einen eindeutigen, vierstelligen Identifikator (0001-9999). Sollten in Zukunft mehr als 9999 Objekte notwendig werden, kann das Modell diesbezüglich leicht erweitert werden.

Zur Erläuterung der Begriffe „Objektart“ und „Objekt“ kann die Bildung der Objektart „(Wald-) Bestand“ aus einzelnen, logisch zusammengehörenden Bestandsteilflächen über einen spezifischen Bestandsschlüssel herangezogen werden. Im nebenstehenden Beispiel aus der dynamischen Waldkarte des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind 10 logisch zusammengehörende, geometrische Einzelflächen (*Bestandsteilflächen*), die über den Bestandskey „5410405007“ zusammen das Objekt „Bestand 5410405007“ der Objektart „Bestand“ bilden, grün markiert dargestellt. Diese Zusammengehörigkeit kann auch visuell anhand der innerhalb der Einzelflächen als Betextung platzierten Bestandshochziffer „7“ erkannt werden. Die Bestandshochziffer ist die letzte Ziffer des Bestandskeys. Der betreffende Datensatz beinhaltet nur eine Objektart „Bestand“ bestehend aus ca. 3 000 Beständen (Objekten) und heißt somit „Bestände“.

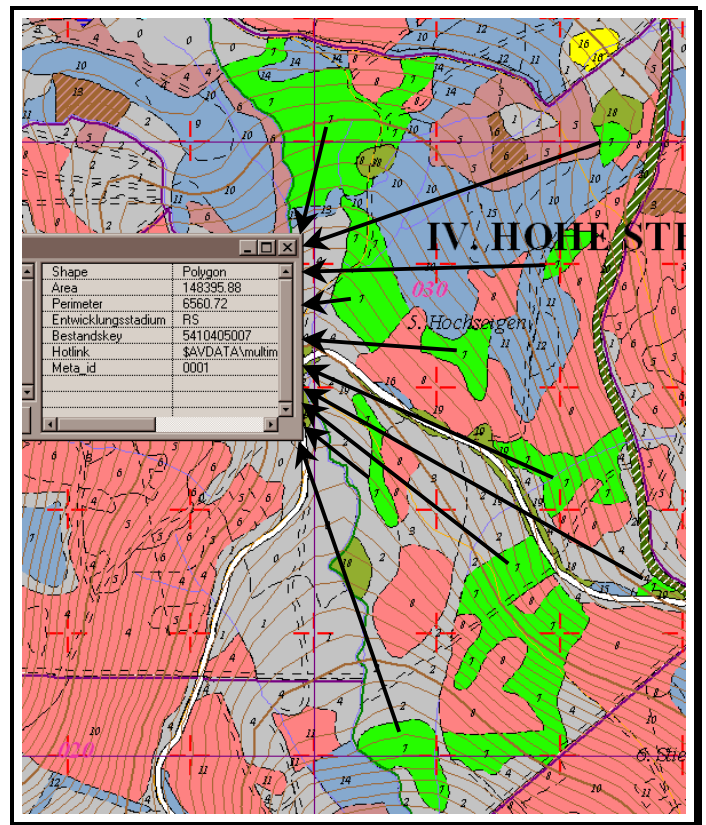


ABBILDUNG 38: OBJEKTBILDUNG INNERHALB DER OBJEKTART „BESTAND“

8) Attribut

4. Hierarchiestufe (systemunabhängige, direkte Geometrieattribute)

In Geoinformationssystemen sind *Attribute* mit Geometrieobjekten direkt (1:1) verknüpfte Datenfelder von Tabellen oder ähnlichen Konstrukten mit alphanumerischen Dateninhalten. Sie repräsentieren somit eine Form von Sachinformationen des Sach-Datenbestandes eines GIS. Attribute beschreiben einfachere Eigenschaften von Geometrie-Objekten. Sie lassen sich in Darstellungsattribute primär zur Steuerung der kartographischen Ausprägung von Geometrieobjekten und „echte“ Attribute für den direkten Zugriff auf Sachinformationen zu Grafikobjekten unterscheiden.

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ werden die einfacheren Sachinformationen zu Vektor-Datensätzen nicht in einem komplexen Sach-Datenmodell, sondern parallel zu den Geometrie-Daten in Form von Attributtabelle gehalten und als „direkte Geometrieattribute“ bezeichnet. Es handelt sich hierbei ausschließlich um *kartographische Betextungen* und *Darstellungsparameter*, *geometrische Zusatzinformationen*, *thematische Klassenzugehörigkeiten*, *Objektschlüssel* für den weiteren Sach-Datenzugriff, *Identifikatoren* für den Meta-Datenzugriff oder auch nur um *Referenzen* zu Multimedia-Daten. Letztere ermöglichen die Verknüpfung einzelner Geometrieobjekte mit indirekten Geometrieattributen beispielsweise zur Definition von Hotlinks. Die wichtigsten Attribute stellen die Objektschlüssel als Referenzen auf Dateninhalte der Sach-Datenbank sowie die Identifikatoren (vgl. Kap. 5.8.4.3) als Referenzen auf die beschreibenden Informationen der Meta-Datenbank des Referenz-GIS dar. Diese direkten Geometrieattribute ermöglichen, wie bereits beschrieben, via ODBC den Zugriff auf die umfangreichen, relational modellierten, alphanumerischen Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“.

Ein Geometrie-Objekt hat entweder kein, ein oder mehrere alphanumerische Attribute. D.h. ein Datensatz hat entweder null oder beliebig viele zugehörige Attribut-Datenfelder zur näheren Beschreibung der beinhalteten Geometrie-Objekte (0:n-Beziehung).

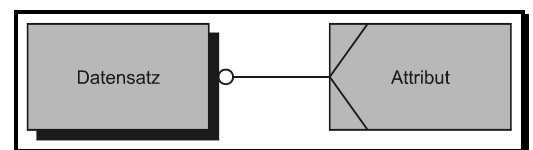


ABBILDUNG 39: BEZIEHUNG „DATENSATZ - ATTRIBUT“

Aus erfassungstechnischen Gründen sollte dieses Konstrukt nur in wichtigen Fällen benutzt werden. Die datentechnische Erfassung eines jeden Attributes des Referenz-GIS ist mengenmäßig kaum zu bewältigen, weil jeder Datensatz bis zu vier sog. Default-Attribute (vgl. Kap. 5.7.1 der Anlage) und zahlreiche Datensätze mehrere Erweiterungsattribute besitzen. Nur die nach Ermessen des/der Systemverantwortlichen entscheidenden Erweiterungsattribute sind der dort zu erfassende Attributtyp. Diese Beziehung ist demzufolge als *optional* zu werten.

5.3.2.3 MODELLIERUNG DER GEOMETRISCHEN DATEN-KLASSIFIZIERUNG

(Kategorie 3: geometrische Klassifizierung)

Die Beschreibung der Meta-Inhalte dieser Instanzen wird in Kap. 5.8 vorgenommen.

Die geometrische Klassifizierung repräsentiert zusammen mit der thematischen Klassifizierung das universelle (systemunabhängige) Geometrie-Datenmodell des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Sie erfolgt in erster Linie nach den im Referenz-GIS verwendeten Geometrie-Datentypen *Vektor*, *Raster*, *Grid* und *TIN*, wobei der Datentyp „Vektor“ nochmals in seine Basiselemente *Punkt*, *Linie* und *Fläche*, sowohl für 2D- als auch für 3D-Daten, unterteilt werden muss. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Geometrie-Datentypen wird in Kap. 2.1 der Anlage geliefert.

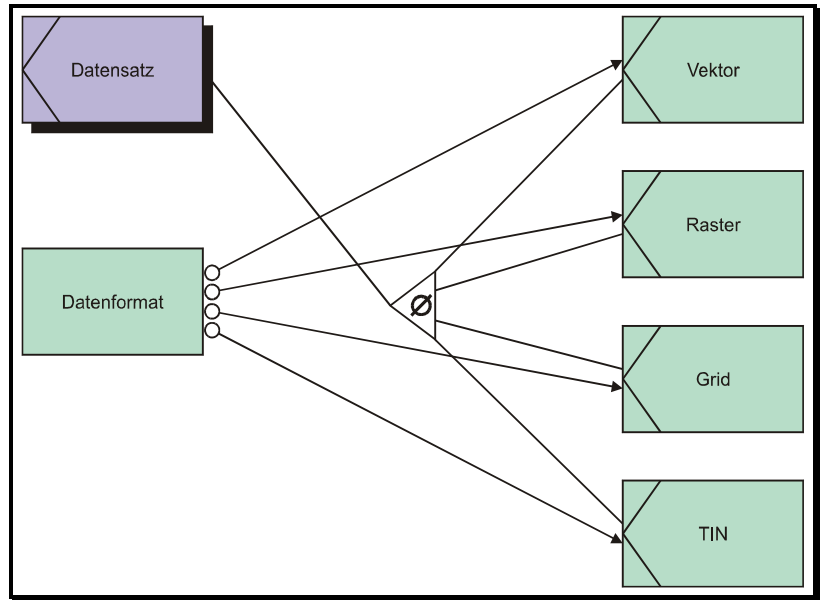


ABBILDUNG 40: GEOMETRISCHE DATEN-KLASSIFIZIERUNG

Die Geometrie-Daten werden damit zwar nach Geometrie-Datentypen getrennt in einem Filesystem gehalten und verwaltet aber hybride genutzt und verarbeitet. Aus Gesichtspunkten der in Falle des Referenz-GIS vorliegenden, extrem heterogenen Datenverfügbarkeit sowie aus funktionalen Anforderungen heraus wäre die Trennung der Geometrie-Datentypen bei der Verarbeitung und Präsentation keinesfalls haltbar gewesen. Eine Trennung der unterschiedlichen Modellansätze macht, wie im vorliegenden Fall, lediglich bei der Geometrie-Datenhaltung in einem file-basierten System primär aus organisatorischen Gründen Sinn.

Nebenstehende Abbildung zeigt den Übergang der thematischen zur geometrischen Klassifizierung wiederum in Form eines gerichteten Graphen. Auch dieser Graph ist ein Ausschnitt des Strukturierten Entity-Relationship-Modells der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Neben der Darstellung der Beziehungen der Objektmengen untereinander ist hier über ein spezielles Konstrukt, die 1:1-Generalisierung/-Spezialisierung der geometrischen Datensätze der thematischen Klassifizierung in die grundlegenden Geometrie-Datentypen der geometrischen Klassifizierung, ersichtlich.

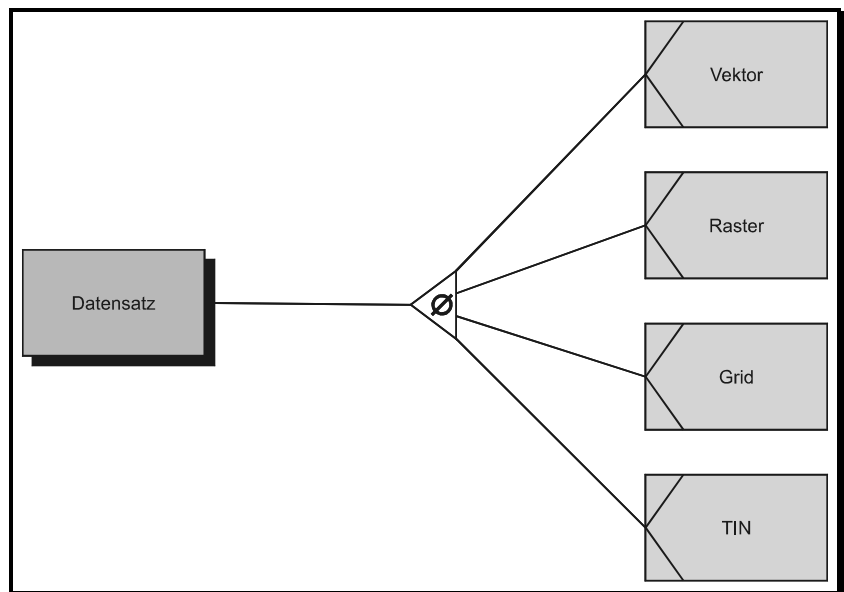


ABBILDUNG 41: GENERALISIERUNG/SPEZIALISIERUNG DER DATENSÄTZE IN DIE EINZELNEN GEOMETRISCHEN KLASSEN

Jeder Datensatz muss verbindlich (*mandatory*) genau einem der bislang integrierten Geometrie-Datentypen *Vektor*, *Raster*, *Grid* oder *TIN* zugeordnet sein, genauso wie für jeden Geometrie-Datentypen auch mindestens ein Datensatz existieren muss. Neue Geometrie-Datentypen können demnach erst bei Vorhandensein entsprechender Daten in das Referenz-GIS eingeführt werden, wodurch sich die Administrative des Referenz-GIS die Einführung neuer Datenformate bereits im konzeptionellen Modell vorbehalten kann.

1. Hierarchiestufe

Die geometrische Klassifizierung besitzt zwei Hierarchiestufen, wobei die erste Stufe von einem und die zweite Stufe von derzeit vier Entities belegt ist. In der ersten Stufe werden den einzelnen Objekten der geometrischen Klassen über 0:n-Beziehungen die jeweils verwendeten Datenformate zugewiesen.

Mit Hilfe dieser Konstellation lassen sich global die zu verwendenden Datenformate festlegen und implizit deren Zuordnungen zu den Geometrie-Datentypen regeln. Sollen Daten in Form von neuen Datenformaten in das Referenz-GIS eingeführt werden, so ist vorab eine entsprechende Definition in der ersten Hierarchiestufe „Datenformat“ nötig. Dagegen können auch wegen der 0:n-Beziehung auch „vorsorglich“ zukünftig zu verwendende Datenformate vorgesehen werden. D.h. für jeden Geometrie-Datentyp muss mindestens ein für ihn zutreffendes Datenformat existieren, so dass kein Datentyp ohne zugehöriges Datenformat im Referenz-GIS vorkommen kann.

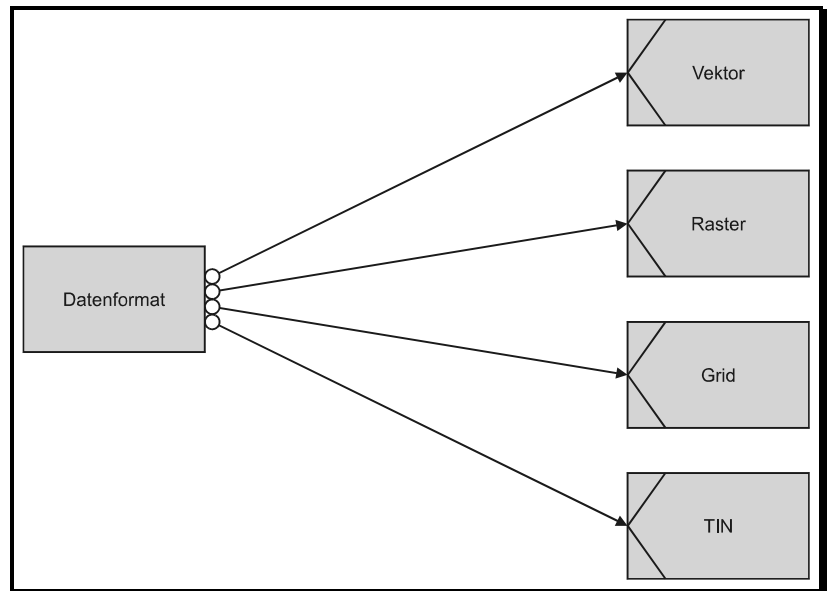


ABBILDUNG 42: ZUORDNUNG GEOMETRIE-DATENTYPEN - DATENFORMATE

Auch diese Modellkomponente ist als Steuerungsinstanz für die Administrative des Referenz-GIS zu werten.

1) Vektor

2. Hierarchiestufe

Die zweite Hierarchiestufe der geometrischen Klassifizierung ist die nach Geometrie-Datentypen gegliederte Aufstellung der im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ vorgesehenen Geometrien. Der erste und im Referenz-GIS am häufigsten vorkommende Datentyp ist „*Vektor*“. Es muss, wie zuvor beschrieben, hierfür mindestens ein Vektor-Datensatz existieren. Für diesen muss ebenfalls ein entsprechendes Datenformat im Datenmodell vorgesehen sein, wogegen natürlich nicht jedes definierte Datenformat ein Vektor-Datenformat sein muss. Folgende Vektor-Datenformate sind derzeit zur Verwendung im Referenz-GIS vorgesehen:

Datenformat	Beschreibung
AUTODESK-DWG	originäres, binäres AutoCAD-Vektordatenformat der Fa. Autodesk (DraWinG); Quasi-Standard in CAD
AUTODESK-DXF	originäres, ASCII-AutoCAD-Vektordatenformat der Fa. Autodesk (Drawing EXchange File); Quasi-Standard in CAD und GIS
ESRI-COVERAGE	originäres, binäres ArcInfo-Vektor-Datenformat (topologisch) der Fa. ESRI; Quasi-Standard in GIS
ESRI-SHAPE	originäres, binäres ArcView-Vektor-Datenformat (nicht-topologisch) der Fa. ESRI; Quasi-Standard in GIS

TABELLE 12: VORGESEHENE VEKTOR-DATENFORMATE

Für den Geometrie-Datentyp „Vektor“ wurde im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ eine Unterscheidung der Basisgeometrien *Punkt*, *Linie* und *Fläche* sowohl für 2D- als auch für 3D-Daten vorgenommen. Komplexere Basisgeometrien, wie beispielsweise Splines, werden aus System- und Kompatibilitätsgründen nicht verwendet. Diese verwendeten Basisgeometrien (Simple-Features) sowie deren Varianten lassen sich am anschaulichsten mit Hilfe der Beschreibungsmethoden der *Simple Features Specifications for SQL* ([107] OGC (1999)) des OpenGIS-Consortiums (OGC) darstellen (vgl. Kap. 4.5.2.1).

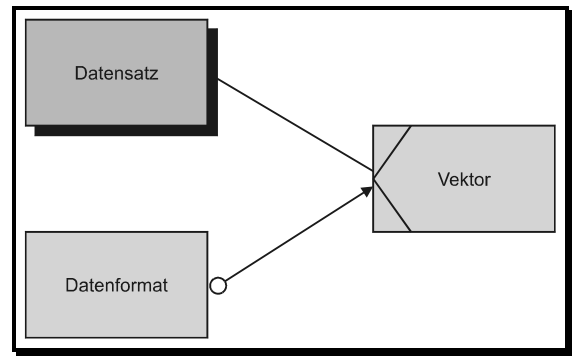


ABBILDUNG 43: ZUORDNUNG DATENSATZ - BZW. DATENFORMAT - DATENTYP „VEKTOR“

Es wird im Referenz-GIS lediglich ein Teil der betreffenden Geometrie-Klassen dieses Dokuments verwendet, so dass man im vorliegenden Zusammenhang von einer Untermenge der von OGC definierten Simple Features sprechen kann. Alle im Folgenden verwendeten Begriffe und Darstellungen beziehen sie demnach speziell auf die Verwendung von Simple-Features im Rahmen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Die Hierarchiestufe „2“ ist zumindest für Vektor-Daten als abstrakte, virtuelle Klasse „Geometrie“ (Geometry) anzusehen, die sich in die konkreten Unterklassen *Punkt* (*Point*), *Kurve* (*Curve*) und *Fläche* (*Surface*) unterteilen lässt.

1. Point: 0-dimensionale Topologie; beschreibt einen geometrischen Ort
2. Curve: 1-dimensionale Topologie; spezifiziert eine Familie von geometrischen Einheiten bestehend aus Linienstücken und Linienzügen.
3. Surface: 2-dimensionale Topologie; spezifiziert eine Familie von geometrischen Einheiten bestehend aus Flächen, Gebieten und anderweitig definierten, flächigen Objekten

Die Rolle eines weiteren wichtigen Vektorelements, des Knotens (*Node*), wurde von OGC bislang noch nicht klargestellt. Ein Knoten ist eine Zwischenstelle auf einer Kurven- oder Flächenbegrenzung und beschreibt i.d.R. Stützpunkte. Ein Knoten kann zur näheren Beschreibung bestimmter Stellen mit attributiven Daten versehen werden. Der Hauptunterschied zum Punkt liegt darin, dass ein Knoten direkt mit einer Geometrie verknüpft ist. Attributierte Nodes spielen im Referenz-GIS bislang eine untergeordnete Rolle.

Obige Unterklassen sind nach den *Simple Features Specifications for SQL* auf 0-, 1- und 2-dimensionale geometrische Objekte des 2-dimensionalen Koordinatenraumes \mathbb{R}^2 beschränkt. Darüber hinaus werden im Referenz-GIS für alle im \mathbb{R}^2 vorliegenden Vektor-Datenbestände 3D-Daten (\mathbb{R}^3) vorgehalten, soweit hierfür DGM-Informationen verfügbar sind. Hierauf wird in Kap. 6.3 näher eingegangen.

Die Unterklasse „Point“ repräsentiert direkt eine der verwendeten Basisgeometrien, den **Punkt**, wogegen die beiden Unterklassen „Curve“ und „Surface“ erst näher spezifiziert werden müssen. Eine Kurve besteht im Referenz-GIS geometrisch aus einem **Linienzug** (LineString). Dieser setzt sich wiederum aus einzelnen Linien zusammen, so dass der einfachste Fall einer Kurve eine **Linie** (Line) ist. Analog hierzu wird eine topologische Oberfläche (Surface) geometrisch als **Polygon** repräsentiert; der Einfachheit halber hier als Fläche bezeichnet.

Die so erhaltenen Simple-Features können als Sonderfall in Form von sog. Multipart-Features (auch: GeometryCollection) verwendet werden. Dabei werden bestimmte geometrische Einzelobjekte der betreffenden Vektor-Datensätze in Abhängigkeit vom verwendeten Datenformat zu logischen Objekten der Realen Welt topologisch verknüpft. Diese Methode wird im Referenz-GIS für die im konzeptionellen Geometrie-Datenmodell vorgegebene, logische Objektbildung verwendet (vgl. Kap. 5.3.2.2). Ein Point-Multipart-Feature wird als **MultiPoint**, ein LineString-Multipart-Feature bzw. ein Line-Multipart-Feature wird als **MultiLineString** und ein Polygon-Multipart-Feature wird als **MultiPolygon** bezeichnet.

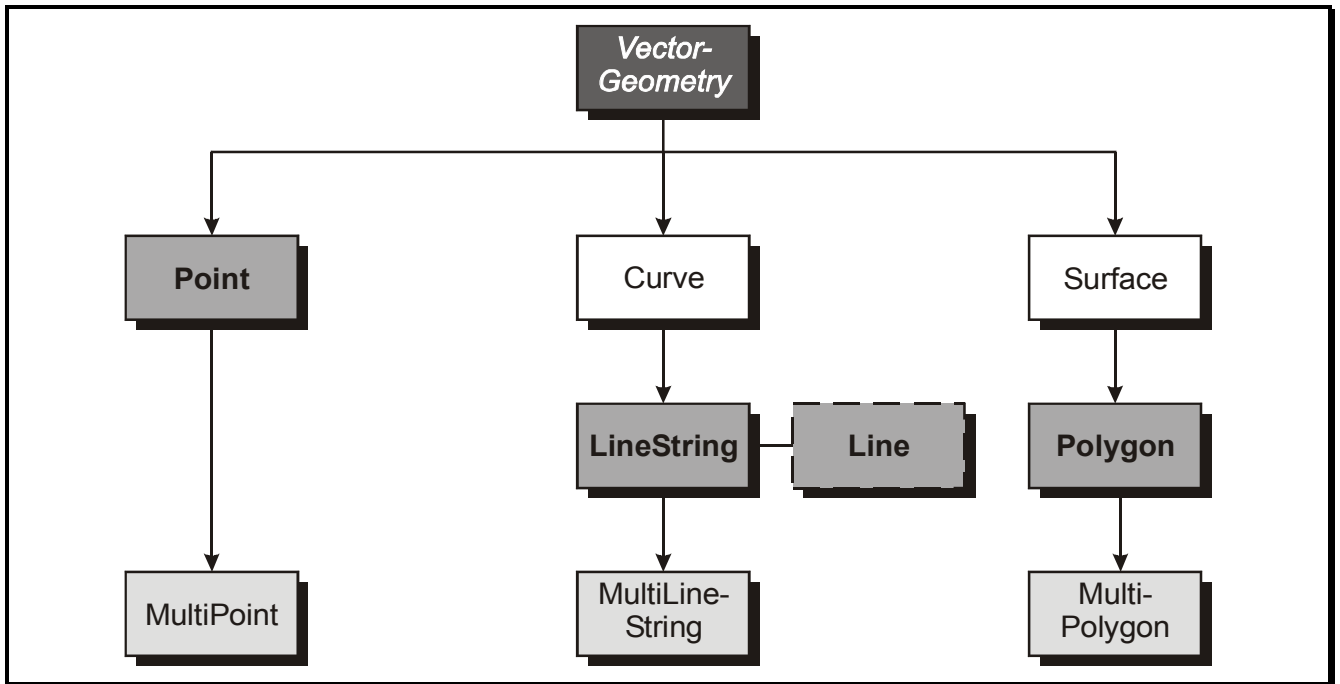


ABBILDUNG 44: VERWENDUNG VON SIMPLE-FEATURES IM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Punkt (0-dimensionale Topologie)

Nach [107] OGC (1999) ist ein Punkt (Point) ein 0-dimensionales, geometrisches Objekt und repräsentiert eine einzelne Örtlichkeit im Koordinatenraum. Ein Punkt hat eine ihn beschreibende x - und y -Koordinate. Die Begrenzung oder die begrenzende Objektmenge eines Punktes ist die „Leere Menge $\{\}$ “.

Folgende Morphologien treten auf:

- einzelner Punkt
- zwei oder mehr sich überdeckende Punkte
(konsekutive Punkte mit identischen Koordinaten)

Neben dieser „üblichen“ Form existiert im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ noch die Sonderform „MultiPoint“. Nach [107] OGC (1999) handelt es sich hierbei um eine Sammlung 0-dimensionaler, geometrischer Objekte. Die einzelnen Elemente eines MultiPoint müssen ausschließlich Punkte sein. Diese Punkte sind weder verbunden noch geordnet. Ein „trivialer MultiPoint“ liegt dann vor, wenn keiner der dort beinhaltenen Punkte die Koordinaten eines anderen dort beinhaltenen Punktes besitzt; also keine Punkte innerhalb des MultiPoints die selbe Lage haben. Die Begrenzung oder die begrenzende Objektmenge eines MultiPoints ist die „Leere Menge $\{\}$ “.

Linie (1-dimensionale Topologie)

Man kann für das Referenz-GIS hierbei zwei in [107] OGC (1999) definierte Linientypen unterscheiden:

1. Linienzug (LineString): Kurve bestehend aus geordneten, linear interpolierten Verbindungen zwischen Stützpunkten (Vertices); jedes aufeinanderfolgende Punktepaar der Ordnung definiert ein Linienstück (LineSegment)
2. Linie (Line): Linienzug mit genau zwei Punkten

Der Einfachheit halber wird im Folgenden der Begriff „Linie“ auch stellvertretend für Linienzüge verwendet. Eine Linie ist ein 1-dimensionales geometrisches Objekt und wird im Referenz-GIS in Form einer Folge von mit Geraden verbundenen, geordneten Stützpunkten gespeichert (lineare Interpolation). Nichtlinear interpolierte Verbindungen, wie beispielsweise Splines, sind nicht vorgesehen. Die Begrenzung oder die begrenzende Objektmenge einer offenen Linie ist der Anfangs- und Endpunkt. Eine Linie ist topologisch geschlossen, wenn Anfangs- und Endpunkt identisch sind. Die Begrenzung oder die begrenzende Objektmenge einer geschlossenen Linie ist die „Leere Menge $\{\}$ “. Eine triviale Linie liegt dann vor, wenn sie sich selbst nicht kreuzt.

Folgende Morphologien treten auf:

- einzelne Linie/offener Linienzug
- Linie der Länge „0“
- geschlossener Linienzug
- gekreuzter Linienzug
- gekreuzter Linienzug mit Innerem
- Linienzug mit Segmenten der Länge „0“

Neben dieser „üblichen“ Form existiert im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ noch die Sonderform „MultiLineString“. Nach [107] OGC (1999) handelt es sich hierbei um eine Sammlung 1-dimensionaler, geometrischer Objekte. Die einzelnen Elemente eines MultiLineString müssen ausschließlich Linien sein. Ein „trivialer MultiLineString“ liegt dann vor, wenn alle seine Elemente „trivial“ sind. Analog ist ein MultiLineString geschlossen, wenn alle seine Elemente geschlossen sind.

Fläche (2-dimensionale Topologie)

Eine Fläche ist ein 2-dimensionales (planares) geometrisches Objekt und wird im Referenz-GIS in Form von Polygonen gespeichert. Die *Simple Features Specifications for SQL* ([107] OGC (1999)) definieren eine triviale Fläche als eine Zusammensetzung von „Einzelstücken“ mit einer äußeren sowie keiner oder mehreren inneren Begrenzungen. Ein Sonderfall der hier definierten „Fläche“ ist die planare Fläche im \mathbb{R}^3 bzw. die Fläche in der Ebene. Die Begrenzung oder die begrenzende Objektmenge einer Fläche ist ein Satz von geschlossenen Linien bzw. Kurven entsprechend ihrer inneren und äußeren Begrenzungen. Jede innere Grenze eines Polygons definiert ein Loch in der betreffenden Fläche. Derartige Flächen nennt man auch „DonutPolygon“.

Polygone sind ebenfalls Basisgeometrien und lassen sich nach [107] OGC (1999) folgendermaßen definieren:

1. Polygone sind topologisch geschlossen.
2. Die Begrenzung eines Polygons bestehen aus einem Set von geschlossenen Linienzügen welche die inneren und äußeren Grenzen festlegen.
3. Mehrere geschlossene Linienzüge der Begrenzung dürfen sich nicht kreuzen, sondern lediglich in einzelnen Punkten berühren.
4. Polygone dürfen keine Linien-Fragmente, linienhafte Ausbuchtungen oder punktuelle Elemente enthalten.
5. Das Innere eines Polygons ist ein verbundener Satz von Punkten, also ein Linienzug.
6. Das Äußere eines Polygons mit einer oder mehreren Unterbrechungen ist nicht verbunden

Folgende Morphologien treten auf:

- einzelnes Polygon
- sich überlappende Polygone
- Polygon mit Segmenten der Länge „0“
- sich überdeckende Polygone
- Polygon mit Inselepolygonen (auch innen berührend)
- Polygon mit Nachbarpolygonen (außen berührend)

Neben dieser „üblichen“ Form existiert im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ noch die Sonderform „MultiPolygon“. Nach [107] OGC (1999) handelt es sich hierbei um eine Sammlung 2-dimensionaler, geometrischer Objekte. Die einzelnen Elemente eines MultiPolygons müssen ausschließlich Polygone sein. Die im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ auftretenden Multi-Polygone erfüllen aufgrund fehlender Topologieprüfungen der verwendeten GIS-Software nicht 100%-tig die von OGC definierten Forderungen für Multi-Polygone, beispielsweise bzgl. innerhalb gelegener Überlappungen oder ähnlicher Phänomene.

Text (Sonderfall)

Betextungen stellen einen Sondertyp unter den Vektor-Daten dar, weil sie von verschiedenen Herstellersystemen in unterschiedlicher Weise berücksichtigt werden. Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wird die Betextung über einzelne Linien vorgenommen, die sozusagen als Platzhalter für Textelemente dienen. Jeder dieser Linien ist der textuelle Inhalt der zugehörigen Beschriftung als Attribut „Text“ zugewiesen. D.h. die Linien werden je mit einem oder auch bei Bedarf mehreren graphischem Textelementen (**Text₁**, ..., **Text_n**) versehen (beschriftet).

3D-Vektor-Daten

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ besteht die Notwendigkeit für Gebiete mit vorliegenden DGM-Informationen alle entsprechenden 2D-Vektor-Datenbestände auch in 3D-Vektor-Daten zu konvertieren (vgl. Kap. 6.3.1.3). Zur Automatisierung der Konvertierung von 2D- in 3D-Vektor-Daten werden geeignete Tools entwickelt. Die Konvertierung erfolgt mit Hilfe von TIN-Informationen weitgehend automatisch, wobei die physikalische Haltung der 3D-Daten aus organisatorischen Gründen getrennt von den 2D-Daten erfolgt. Die physikalische Struktur der verwendeten 2D-Vektor-Daten sowie der bei der Konvertierung entstehenden 3D-Vektor-Informationen ist in Kap. 4.6.1.1 der Anlage ausführlich erläutert. Wird das zugrunde gelegte TIN abgeändert müssen alle darauf basierende 3D-Shapes neu aus den entsprechenden 2D-Informationen abgeleitet werden, weil sie eine eigene Höheninformation beinhalten.

Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass es letztendlich nur mit Hilfe einer OGC-konformen Haltung von Vektor-Daten innerhalb eines geeigneten Datenbankmanagementsystems möglich sein kann, die „Simple Features Specifications for SQL, Revision 1.1“ des OpenGIS-Consortiums vollständig zu erfüllen. Nur solche Systeme bieten alle hierfür notwendigen Prüfmechanismen und Topologien. Als Beispiel kann hier die Spatial Database Engine (SDE) der Firma ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) in Verbindung mit einem relationalen Datenbankmanagementsystem wie Oracle, Informix oder auch SQL-Server genannt werden.

2) Raster

2. Hierarchiestufe

Der zweite im Referenz-GIS vorkommende Datentyp ist „Raster“. Es muss mindestens ein Raster-Datensatz existieren. Für diesen muss ebenfalls ein entsprechendes Datenformat im Datenmodell vorgesehen sein, wogegen natürlich nicht jedes definierte Datenformat ein Raster-Datenformat sein muss.

Folgende Raster-Datenformate sind derzeit zur Verwendung im Referenz-GIS vorgesehen:

<i>Datenformat</i>	<i>Beschreibung</i>
ERDAS-IMAGE	originäres, ERDAS-Raster-Datenformat der Fa. GEOSYSTEMS; Quasi-Standard in Fernerkundung, Raster-GIS und Photogrammetrie
JPEG	standardisiertes Raster-Format der Joint Photographic Experts Group für komprimierte Rasterbilder
SPOT-BIL	BIL-Rasterdatenformat der SPOT Image Corporation; nach Reihen bandverzahnte Mehrfachbandbilder
TIFF	standardisiertes (Raster-) Tag Image File Format bis Version 6.0; unkomprimiert und komprimiert, monochrom, mapped color und true color
WINDOWS-BMP	für Windows entwickeltes, weit verbreitetes BitMaP -Format; unkomprimiert, monochrom, mapped color und true color

TABELLE 13: VORGESEHENE RASTER-DATENFORMATE

Für Raster-Daten (Bildinformationen) stehen dem Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ mehrere gängige, quasi-standardisierte Formate zur Verfügung. Zur Vermeidung von Informationsverlusten in den Luftbildern des Referenz-GIS werden derzeit ausschließlich unkomprimierte Rasterformate verwendet und ein höherer Speicherbedarf in Kauf genommen. An eine spätere Verwendung geeigneter Komprimierungs- und Dekomprimierungsverfahren wird vor allem in Hinblick auf eine inzwischen bereits notwendige Historienführung bei Raster-Daten gedacht.

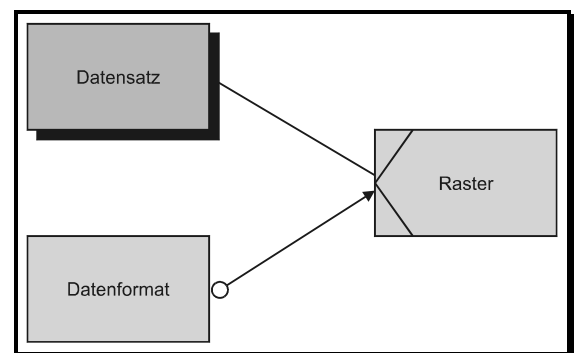


ABBILDUNG 45: ZUORDNUNG DATENSATZ - BZW. DATENFORMAT - DATENTYP „RASTER“

3) Grid

2. Hierarchiestufe

Der dritte im Referenz-GIS vorkommende Datentyp ist „Grid“. Es muss mindestens ein Grid-Datensatz existieren. Für diesen muss ebenfalls ein entsprechendes Datenformat im Datenmodell vorgesehen sein, wogegen natürlich nicht jedes definierte Datenformat ein Grid-Datenformat sein muss.

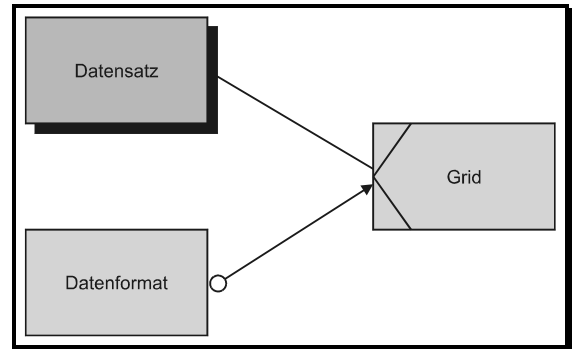


ABBILDUNG 46: ZUORDNUNG DATENSATZ - BZW. DATENFORMAT - DATENTYP „GRID“

Zur Verwendung im Referenz-GIS ist derzeit das originäre, binäre ArcView-/ArcInfo-Grid-Datenformat. ESRI-GRID vorgesehen. Es wird in *Kap. 4.6.1.3 der Anlage* näher erläutert

4) TIN

2. Hierarchiestufe

Der vierte und letzte im Referenz-GIS vorkommende Geometrie-Datentyp ist „TIN“. Es muss mindestens ein TIN-Datensatz existieren. Für diesen muss ebenfalls ein entsprechendes Datenformat im Datenmodell vorgesehen sein, wogegen natürlich nicht jedes definierte Datenformat ein TIN-Datenformat sein muss.

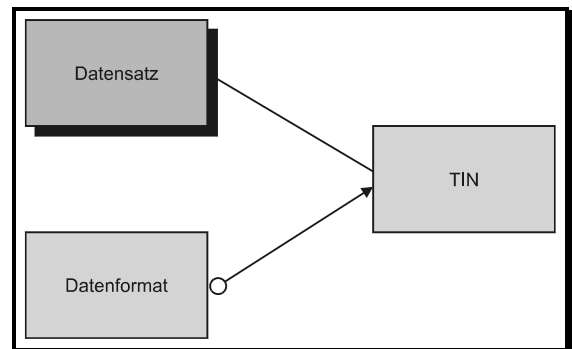


ABBILDUNG 47: ZUORDNUNG DATENSATZ - BZW. DATENFORMAT - DATENTYP „TIN“

Zur Verwendung im Referenz-GIS ist derzeit das originäre, binäre ArcView-/ArcInfo-TIN-Datenformat ESRI-TIN vorgesehen. Es wird in *Kap. 4.6.1.4 der Anlage* näher erläutert.

5.3.2.4 QUALITÄTSMODELLIERUNG HYBRIDER DATENSTRUKTUREN

(Kategorie 4: *qualitätsspezifischer Teil*)

Im Falle der zur Realisierung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ verwendeten GIS-Software sind Techniken zur hybriden Verarbeitung von Geo-Daten verfügbar. Die implementierten Methoden ermöglichen dabei zum einen die einfache visuelle und logische Überlagerung von Vektor-, Raster-, Grid- und TIN-Datenbeständen. Zum anderen existieren Methoden zur Konvertierung der einzelnen GIS-Datentypen untereinander. Die Verarbeitungs- und Analyse-Möglichkeiten der Datentypen getrennt voneinander sowie in beliebigen Kombinationsstufen hängt stark vom verwendeten Datentyp selbst ab. Aus GIS-historischen Gründen sind Vektor-Methoden am umfangreichsten implementiert. Aufgrund ihrer flexiblen Handhabbarkeit speziell im Analysebereich nehmen Raster- und vor allem Grid-Daten die zweitwichtigste Stellung im Referenz-GIS ein, was nicht bedeuten soll, dass Methoden zur TIN-Berechnung und -Analyse eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Methoden zur Konvertierung der einzelnen GIS-Datentypen untereinander dienen in erster Linie dazu, hybride Analysen in einem geeigneten, gemeinsamen Datenformat zu betreiben. Komplexe Aufgaben lassen sich jedoch nur dann nachhaltig lösen, wenn die integrierte Analyse von allen GIS-Datentypen innerhalb der hybriden Systemumgebung des Referenz-GIS auf einem hybriden Datenmodell basierend möglich ist. Zu diesem Thema existieren bereits zahlreiche Forschungsansätze; hingegen sind hierzu brauchbare Realisierungen auf dem GIS-Markt noch auf absehbare Zeit nicht verfügbar.

Auf der Anwenderseite liegt eine entsprechende und zugleich nach technischen Möglichkeiten realisierbare Modellierung im Geo-Daten- und Meta-Datenbereich des Referenz-GIS bereits vor. Eine adäquate softwareseitige Unterstützung steht aus o.g. Gründen noch aus und bleibt bei der GIS-Forschung und den GIS-Herstellern einzufordern.

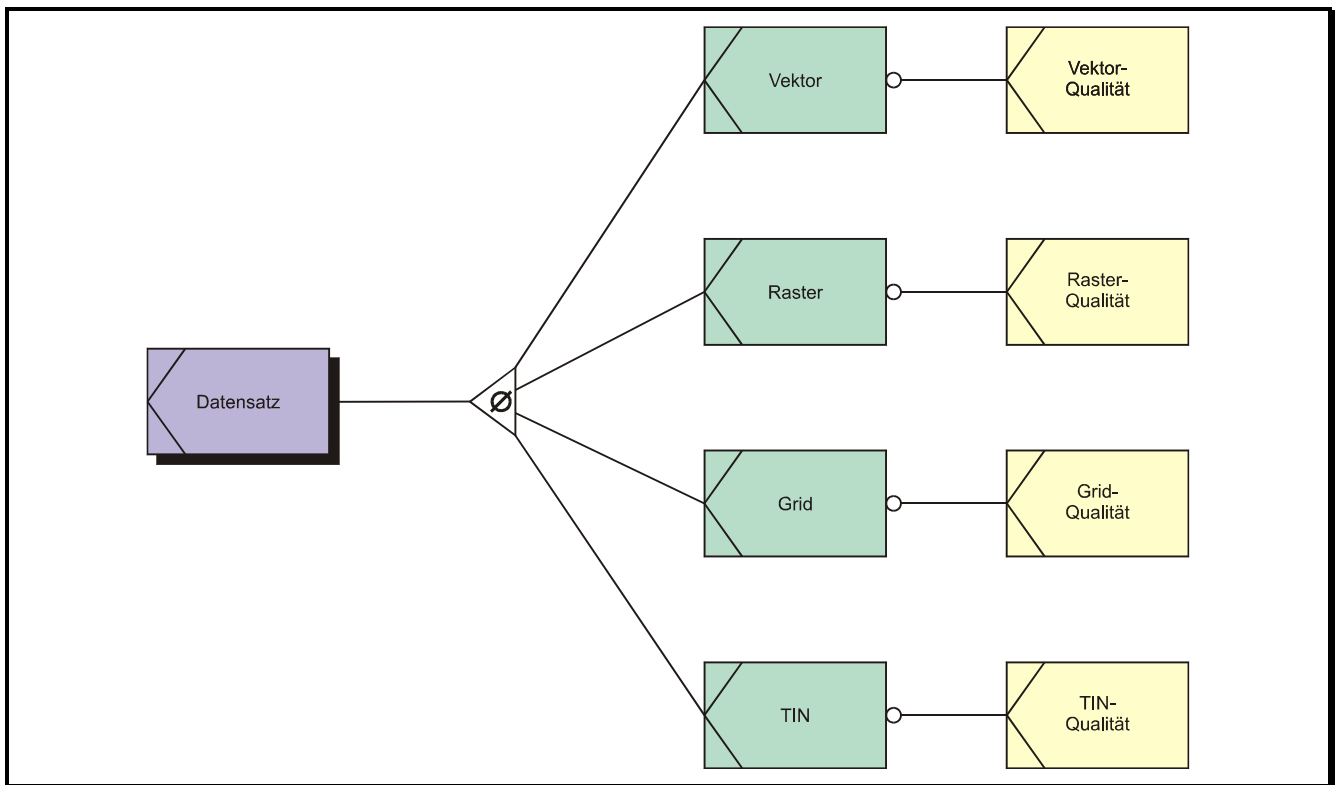


ABBILDUNG 48: HYBRIDES GEO-DATENMODELL MIT QUALITÄTSANGABEN
(GENERALISIERUNG/SPEZIALISIERUNG DER DATENSÄTZE IN DIE EINZELNEN GEOMETRISCHEN KLASSEN
IN VERBINDUNG MIT KLASSEN- (TYP-) -ABHÄNGIGEN QUALITÄTSPARAMETERN)

Die Beschreibung der Meta-Inhalte dieser Instanzen wird in *Kap. 5.8* vorgenommen.

1) Modellierung der allgemeinen Qualität von Geo-Datensätzen

Losgelöst von der Notwendigkeit einer hybriden, streng nach Geometrie-Datentypen getrennten Betrachtungsweise der Qualitätsbeschreibung im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ kann für bestimmte Bereiche eine allgemeine, auf Geo-Datensätze pauschal anwendbare Methodik der Qualitätsbeschreibung herangezogen werden. Es existieren gemäß den Anforderungen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ an sein Meta-Datenmodell eine Vielzahl von allgemeinen Qualitätsparametern, die für alle Geometrie-Datentypen gleichermaßen von Bedeutung sind. Beispiele hierfür sind Angaben über die jeweils verwendeten Daten-Quellen, die Daten-Erfassung, die Daten-Abgabe, den Raumbezug, die Daten-Verarbeitung sowie temporale Kriterien, wie sie in *Kap. 6.4.2* ausgeführt sind. Die datensatz-bezogene Beschreibung der allgemeinen Datenqualität im Referenz-GIS erfolgt ausschließlich über das Meta-Datenmodell.

Nebenstehende Abbildung gibt die Hierarchie der allgemeinen, datensatz-bezogenen Qualitätsmodellierung für Geo-Daten im Referenz-GIS wieder. Ein Geo-Datensatz muss im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS zwangsläufig eine eigene, allgemeine Qualitätsbeschreibung besitzen. Hierfür sind entsprechende Fortführungs- und Konsistenzsicherungsmaßnahmen auf Datenbankebene realisiert (vgl. *Kap. 5.7 und 5.8.3*).

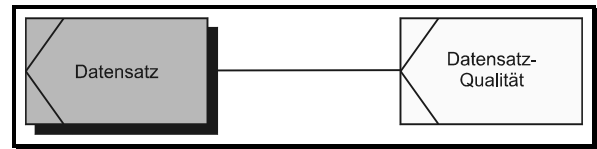


ABBILDUNG 49: MODELLIERUNG DER ALLGEMEINEN QUALITÄT VON GEO-DATENSÄTZEN

Eine allgemeine Qualitätsbeschreibung, ergänzt um weitere Meta-Informationen, ist demnach konzeptionell vorgegeben (*mandatory*). Welche dieser Meta-Inhalte im Einzelnen verbindlich (*mandatory*) oder *optional* sind, legt der logische Datenbankentwurf in *Kap. 5.8.2* fest.

2) Modellierung der spezifischen Qualität von Vektor-Daten

Die Unsicherheiten der Objektgeometrien von Vektor-Daten liegen grundsätzlich darin begründet, dass beim Modellierungsprozess in GIS immer ein Teil der Realen Welt in ein bestimmtes GIS-Modell abgebildet wird. Da jedes GIS-Modell eine Vereinfachung des wahren Zustandes darstellt, sind die entstehenden Differenzen als Fehler zu werden, die eine Abweichung der Geo-Daten zur Realen Welt verursachen. Der Vorgang der Abbildung realer Objekte in vektor-basierte Geo-Objekte kann in folgende Teilschritte aufgliedert werden:

- | | | | |
|----------------------------|---------------------|---|---------------------|
| 1. <i>Definition:</i> | Reale Welt | → | abgegrenztes Objekt |
| 2. <i>Diskretisierung:</i> | abgegrenztes Objekt | → | diskretes Objekt |
| 3. <i>Digitalisierung:</i> | diskretes Objekt | → | digitales Objekt |

Nach [22] CASPARY (1992) erfolgt in einem ersten Schritt die *Objekt-Definition*. D.h. das räumliche Objekt wird gegenüber seiner Umgebung abgegrenzt. Im Allgemeinen besitzt die Grenzlinie einen kontinuierlichen Verlauf. Durch *Diskretisierung* entsteht eine Approximation des Objektes, die durch *Digitalisierung* erfasst werden kann. Jeder dieser Schritte ist mit Fehlern (zufälliger oder systematischer Natur) behaftet, so dass das digitale Objekt mit einer gewissen geometrischen Genauigkeit vorliegt.

Nach [52] GLEMSE (1994) kann ohne Beachtung der (geo-) metrischen Genauigkeit der Objekte eines GIS die Qualität des Ergebnisses einer Analyse nicht mehr nachweisbar begründet werden. Es gilt daher, die Genauigkeitsangaben bei der Objektmodellierung miteinzubeziehen. Da die Werte i.d.R. objekt- oder datensatzweise variieren, muss wie im Falles des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ objekt- (feature-) und datensatz-bezogen vorgegangen werden.

Eine objekt-bezogene Möglichkeit der Modellierung und umfassenden Beschreibung der geometrischen Genauigkeit von flächigen Vektor-Daten ist in *Kap. 6.8.3* ausgeführt. Diese Methode wurde im Kontext des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ für das FORST-GIS-Bayern analysiert und verbessert. Sie ist für forstliche Anwendungen im Referenz-GIS gleichwertig zum FORST-GIS nutzbar. Diese Methode nutzt Parameter, um den Grad der Unsicherheit in der (Vektor-) Geometrie eines Objektes zu beschreiben. Diese Werte eignen sich direkt zur Verwendung als Qualitätsparameter und werden im FORST-GIS wie im Referenz-GIS nicht zentralisiert als direkte Attribute, also im Vektor-Datenmodell berücksichtigt.

Die datensatz-bezogene Beschreibung der Vektor-Datenqualität im Referenz-GIS erfolgt dagegen ausschließlich über das Meta-Datenbankmodell. Beispiele für spezifische Qualitätsparameter von Vektor-Datensätzen sind die Erfassungsmethodik, die Digitalisierengenauigkeit, die Verarbeitungsmethodik, die Lagegenauigkeit und vieles mehr.

Untenstehende Abbildung gibt die Hierarchie der datensatz-bezogenen Qualitätsmodellierung für Vektor-Daten im Referenz-GIS wieder. Ein Vektor-Datensatz muss im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS zwangsläufig keine eigene, spezifische Qualitätsbeschreibung besitzen. Es wird aber im Sinne einer möglichst umfassenden Qualitätsbeschreibung der Geometrie-Daten angestrebt, auch diese Ebene der Meta-Informationen vollständig zu führen. Hierfür sind entsprechende Fortführungs- und Konsistenzprüfungsmaßnahmen auf Datenbankebene realisiert (vgl. Kap. 5.7 und 5.8.3). Eine spezifische Qualitätsbeschreibung von Vektor-Daten ist demnach konzeptionell vorgesehen (*mandatory if applicable*). Welche dieser Qualitäts-Inhalte im Einzelnen verbindlich (*mandatory*) oder *optional* sind, legt der logische Datenbankentwurf in Kap. 5.8.2 fest.

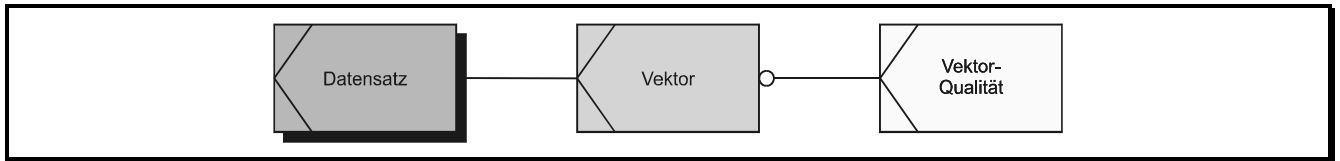


ABBILDUNG 50: MODELLIERUNG DER SPEZIFISCHEN QUALITÄT VON VEKTOR-DATEN

3) Modellierung der spezifischen Qualität von Raster-Daten

Multispektrale Fernerkundungsdaten sind eine wichtige Quelle für die Erstellung von thematischen Karten im Referenz-GIS. Die Auswertung der Fernerkundungsdaten beinhaltet die Definition von Klassen und die Bestimmung der Zugehörigkeit der flächenhaft erfassten Ausschnitte der Erdoberfläche zu diesen Klassen. Allgemein bezeichnet man in der Fernerkundung eine Menge von Objekten, die aufgrund bestimmter Anwendungskriterien als zusammengehörig gelten sollen, als Klasse. Das Problem besteht dabei darin, die kontinuierliche Variation der Objekte der anwendungsabhängig definierten Anzahl von Klassen zuzuordnen. Durch geeignete Klassifizierungsverfahren werden Maßzahlen für die Zugehörigkeit des betrachteten Bildelements zu den einzelnen Klassen berechnet. Bei den gegenwärtigen Klassifizierungsmethoden wird dann mit Hilfe eines Entscheidungskriteriums jedem Bildelement eine einzige Klasse zugewiesen. Beispiele hierfür sind die aus DGM-Daten abgeleiteten DGM-Folgeprodukte in Form von Höhenklassen und dergleichen aus Kap. 6.3.1.

Ausschließlich diese ermittelte Klassenzugehörigkeit wird im Referenz-GIS als Ergebnis der Klassifizierung festgehalten und in Form eines aus raster-basierten Fernerkundungsdaten abgeleiteten Grid-Datensatzes jederzeit abrufbar abgelegt. Es ist daher nicht ohne weiteres möglich, zu beurteilen, ob eine starke oder eine schwache Zugehörigkeit vorliegt. Darüber hinaus kann keine spontane Aussage über eine potentielle alternative Klasse gemacht werden. Es kann stattdessen mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie die Zugehörigkeit eines Bild-/Grid-Elements zu den von der Anwendung vorgegebenen n Klassen ausgedrückt werden. Ausgehend von diesen Maßzahlen für die Zugehörigkeit können unterschiedliche Genauigkeitsmaße abgeleitet werden, die zur Beurteilung der Klassifizierungs-Qualität sowohl des gesamten Bildes als auch einzelner Klassen geeignet sind. Die auf diese Weise pro Bildelement erreichte *Klassifizierungsverlässlichkeit* (relative und absolute Unsicherheit) bezeichnet man als interne Genauigkeit und wird im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS datensatz-bezogen in Prozent angegeben. Dies geschieht gleichbedeutend für Raster- und Grid-Datensätze.

Neben der Klassifizierungsverlässlichkeit gehören zahlreiche weitere Qualitäts-Parameter zur möglichst umfassenden, datensatz-bezogenen Qualitätsbeschreibung der Raster-Datensätze des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Als Beispiele sind an dieser Stelle die physische Farbtiefe sowie die Bodenauflösung der Bildelemente, Angaben zur Erfassungsmethodik sowie mathematische Modelle der Photogrammetrie, Bildverarbeitung und Fernerkundung und die Flächenabdeckung zu nennen.

Untenstehende Abbildung gibt die Hierarchie der datensatz-bezogenen Qualitätsmodellierung für Raster-Daten im Referenz-GIS wieder. Ein Raster-Datensatz muss im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS zwangsläufig keine eigene, spezifische Qualitätsbeschreibung besitzen. Es wird aber im Sinne einer möglichst umfassenden Qualitätsbeschreibung der Geometrie-Daten angestrebt, auch diese Ebene der Meta-Informationen vollständig zu führen. Hierfür sind entsprechende Fortführungs- und Konsistenzprüfungsmaßnahmen auf Datenbankebene realisiert (vgl. Kap. 5.7 und 5.8.3). Eine spezifische Qualitätsbeschreibung von Raster-Daten ist demnach konzeptionell vorgesehen (*mandatory if applicable*). Welche dieser Qualitäts-Inhalte im Einzelnen verbindlich (*mandatory*) oder *optional* sind, legt der logische Datenbankentwurf in Kap. 5.8.2 fest.

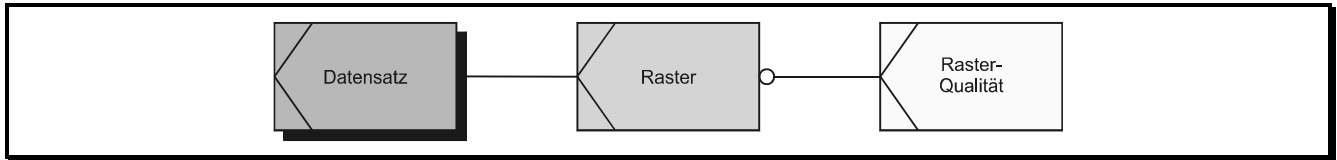


ABBILDUNG 51: MODELLIERUNG DER SPEZIFISCHEN QUALITÄT VON RASTER-DATEN

4) Modellierung der spezifischen Qualität von Grid-Daten

Grid-Daten sind meist Sekundär-Daten und werden in aller Regel aus Raster-Daten (Bildinformationen) oder aus alphanumerischen Datenbank-Informationen abgeleitet. D.h., die entscheidenden Qualitätsparameter entsprechen in weiten Teilen denen von Raster- oder Attribut-Daten oder sie leiten sich aus den inhaltlichen Angaben von Datenbankattributen direkt oder indirekt ab. Lediglich die Qualität der herangezogenen Verarbeitungsmethodik ist ein weiteres Kriterium. Beispielsweise entstammen die meisten Grid-Informationen des Referenz-GIS dem amtlichen DGM 25, wodurch die Qualität dieser Grids (DGM-Folgeprodukte) maßgeblich von der Qualität der Basisinformationen des DGM geprägt ist. Weitere Grid-Daten konnten u.a. aus der Klima-Datenbank des Referenz-GIS abgeleitet werden, wodurch an dieser Stelle sowohl den Grundlage-Informationen als auch der Verarbeitungsmethodik die qualitativ prägende Rolle gleichermaßen zukommt.

Die datensatz-bezogene Beschreibung der Grid-Datenqualität im Referenz-GIS erfolgt daher bis auf wenige Ausnahmen analog zu der für Raster-Daten und wird ebenfalls über das Meta-Datenmodell durchgeführt. Weil ein Grid oftmals das Klassifizierungsergebnis einer raster-basierten Analyse ist, kommt der Beurteilung der Klassifizierungs-Qualität die bedeutendere Rolle zu. Die auch hier pro Bildelement erreichte Klassifizierungs-verlässlichkeit wird als interne Genauigkeit im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS datensatz-bezogen in Prozent angegeben. Die Qualitäts-Parameter für Grid-Daten weichen in einigen Punkten von denen für Raster-Datensätze ab und sind in o.g. Kapitel detailliert aufgeschlüsselt. Beispiele hierfür sind der Grid-Typ und der Zelltyp.

Untenstehende Abbildung gibt die Hierarchie der datensatz-bezogenen Qualitätsmodellierung für Grid-Daten im Referenz-GIS wieder. Ein Grid-Datensatz muss im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS zwangsläufig keine eigene spezifische Qualitätsbeschreibung besitzen. Es wird aber im Sinne einer möglichst umfassenden Qualitätsbeschreibung der Geometrie-Daten angestrebt, auch diese Ebene der Meta-Informationen vollständig zu führen. Hierfür sind entsprechende Fortführungs- und Konsistenzprüfungsmaßnahmen auf Datenbankebene realisiert (vgl. Kap. 5.7 und 5.8.3). Eine spezifische Qualitätsbeschreibung von Grid-Daten ist demnach konzeptionell vorgesehen (*mandatory if applicable*). Welche dieser Qualitäts-Inhalte im Einzelnen verbindlich (*mandatory*) oder *optional* sind, legt der logische Datenbankentwurf in Kap. 5.8.2 fest.

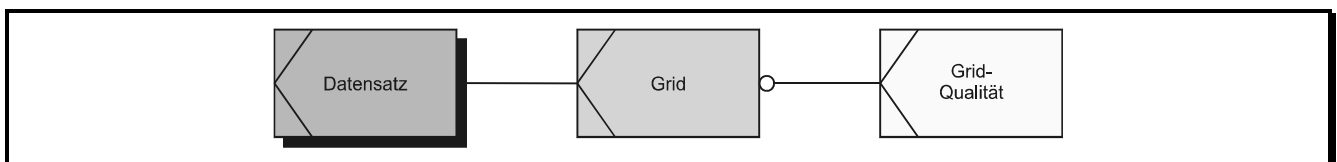


ABBILDUNG 52: MODELLIERUNG DER SPEZIFISCHEN QUALITÄT VON GRID-DATEN

5) Modellierung der spezifischen Qualität von TIN-Daten

TIN-Daten sind ebenso wie Grid-Daten meist Sekundär-Daten und werden in aller Regel aus Grid- bzw. Raster-Daten oder aus alphanumerischen Datenbank-Informationen abgeleitet. D.h., die entscheidenden Qualitätsparameter leiten sich daher auch aus den o.g. Quellen direkt oder indirekt ab. Zudem ist auch hier die Qualität der herangezogenen Verarbeitungsmethodik ein weiteres Kriterium. Die TIN-Informationen des Referenz-GIS entstammen dem amtlichen DGM 25, wodurch auch die Qualität des TIN's maßgeblich von der Qualität der Basisinformationen des DGM geprägt ist. Die datensatz-bezogene Beschreibung der TIN-Datenqualität im Referenz-GIS erfolgt ebenfalls ausschließlich über das Meta-Datenmodell.

Untenstehende Abbildung gibt die Hierarchie der datensatz-bezogenen Qualitätsmodellierung für TIN-Daten im Referenz-GIS wieder. Ein TIN-Datensatz muss im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS zwangsläufig keine eigene, spezifische Qualitätsbeschreibung besitzen. Es wird aber im Sinne einer möglichst umfassenden Qualitätsbeschreibung der Geometrie-Daten angestrebt, auch diese Ebene der Meta-Informationen vollständig zu führen. Hierfür sind entsprechende Fortführungs- und Konsistenzprüfungsmaßnahmen auf Datenbankebene realisiert (vgl. Kap. 5.7 und 5.8.3). Eine spezifische Qualitätsbeschreibung von TIN-Daten ist demnach konzeptionell vorgesehen (*mandatory if applicable*). Welche dieser Qualitäts-Inhalte im Einzelnen verbindlich (*mandatory*) oder *optional* sind, legt der logische Datenbankentwurf in Kap. 5.8.2 fest.

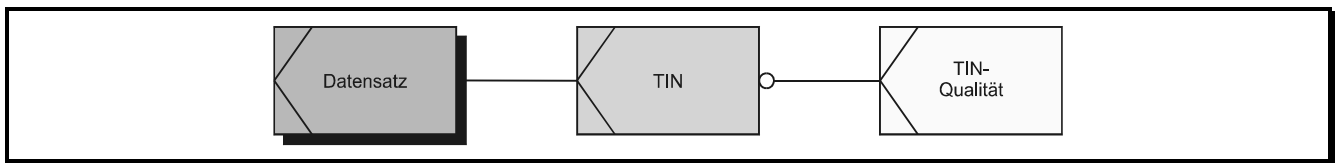


ABBILDUNG 53: MODELLIERUNG DER SPEZIFISCHEN QUALITÄT VON TIN-DATEN

6) Modellierung der spezifischen Qualität von direkten Attributen

Im Referenz-GIS hat ein Geometrie-Objekt entweder kein, ein oder mehrere alphanumerische Attribute. Die Qualitätsmerkmale zur Beschreibung der spezifischen Qualität von (direkten) Attributen gehören zu den in Informationssystemen üblichen semantischen Merkmalen. Hierzu sind beispielsweise die Richtigkeit von Attributen, die Klassifizierungsgenauigkeit, die Zuverlässigkeit und dergleichen zu zählen.

Untenstehende Abbildung gibt die Hierarchie der datensatz-bezogenen Qualitätsmodellierung für attributive Geo-Daten im Referenz-GIS wieder. Nur die Qualität der nach Ermessen des/der Systemverantwortlichen entscheidenden Erweiterungsattribute sind dort zu erfassen (vgl. Kap. 6.8.3.7). Diese Beziehung ist demzufolge ebenfalls als *optional* zu werten.

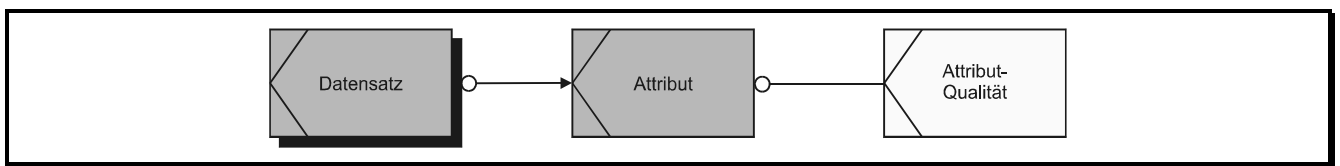


ABBILDUNG 54: MODELLIERUNG DER SPEZIFISCHEN QUALITÄT VON DIREKTEN ATTRIBUTEN

5.3.2.5 ABBILDUNG DES PHYSIKALISCHEN GEO-DATENMODELLS

(Kategorie 5: systemabhängiger Teil)

Der systemabhängige Teil des Datenmodells des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ entspricht der Abbildung des physikalischen Modells des Systems innerhalb seiner Meta-Datenbank. Es ist in den konzeptionellen Darstellungen mit Hilfe eines Strukturierten Entity-Relationship-Modells (SERM) rötlich dargestellt und setzt sich aus insgesamt 8 Entity-Mengen zusammen. Diese sind die Entity-Typen „Projekt“ und „Legende“, die Relationship-Typen „View-Thema“ und „3D-Szene-Thema“ sowie die Entity-Relationship-Typen „View“, „3D-Szene“, „Tabelle“ und „Thema“. Die unten dargestellten Beziehungen dieser Entity-Mengen untereinander werden in den nachfolgenden Kapiteln diskutiert.

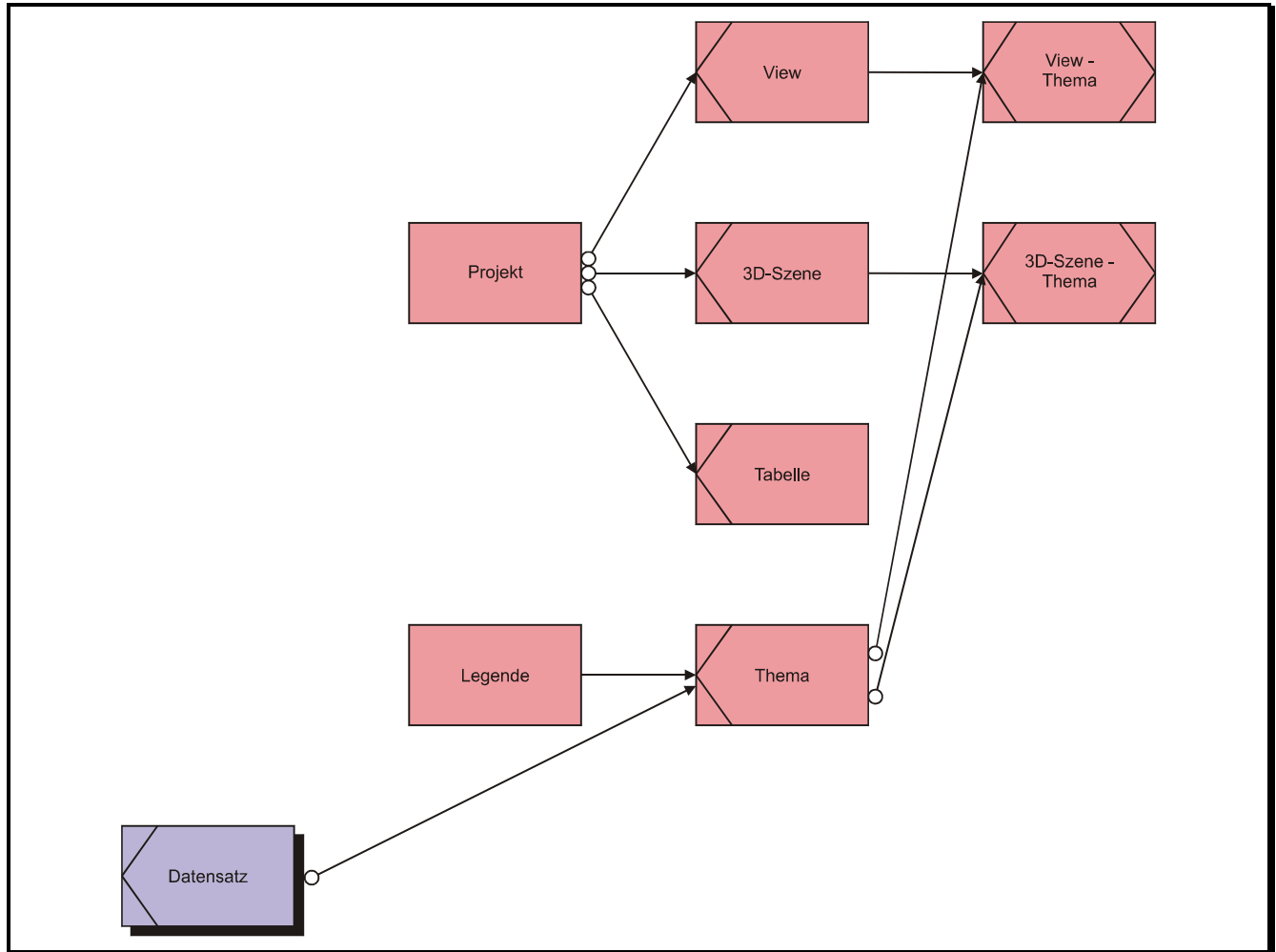


ABBILDUNG 55: SYSTEMABHÄNGIGER TEIL DES DATENMODELLS (PHYSIKALISCHES GEO-DATENMODELL)

Die Beschreibung der zugehörigen Meta-Inhalte dieser Instanzen wird dagegen in *Kap. 5.8* detailliert vorgenommen.

1) Projekte

Das Management der im Datenmodell definierten und Objektbereichen zugeordneten GIS-Datensätze erfolgt innerhalb der verwendeten GIS-Software mit Hilfe sog. „*Projekte*“. Ein Projekt liefert ein Projekthinhaltsverzeichnis und dient damit zur einfachen Verwaltung von Projektkomponenten wie „*Views*“, „*3D-Szenen*“ und „*Tabellen*“, in einer zentralen Projekt-Datei. Alle während einer Sitzung getätigten Aktivitäten werden in dieser Datei festgehalten. Dabei werden jedoch die Dateninhalte der GIS-Datenbestände nicht selbst in dem Projekt-File gespeichert, sondern nur absolute Verweise zu diesen Daten. Dieses Vorgehen ermöglicht das dynamische und flexible, thematische Verwalten und Visualisieren der vielschichtigen Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“.

Projekte verwalten und visualisieren Geometrie und Sach-Daten in getrennter und/oder verknüpfter Form. Sie halten in „*Views*“ und „*3D-Szenen*“ Geometrie-Datensätze in Form von sog. „*Themen*“ denen wiederum „*Legenden*“ für die thematisch-kartographische Visualisierung der Datensätze zugeordnet sind. Die Anordnung der Themen innerhalb der Views erfolgt datentyp- und layer-bezogen. Sach-Datensätze werden entweder in Form von direkten und indirekten Attributen file-bezogen im dBase-IV-Format oder in Form von komplexen Modellen mit Hilfe der Standard-Datenbankanfragesprache **Structured Query Language (SQL)** und der Standard-Datenbankschnittstelle **Open DataBase Connectivity (ODBC)** datenbank-bezogen eingebunden und verfügbar gemacht.

Ein Projekt kann keinen, einen oder mehrere Views beinhalten (0:n-Beziehung). Diesen sind mindestens ein oder mehrere Themen zugeordnet (1:n-Beziehung), wobei ein Thema auch zugleich in mehreren Views verwendet werden kann (n:m-Beziehung), was nicht zugleich bedeutet, dass ein Thema auch in Views vorkommen muss. Es kann auch nur für 3D-Szenen vorgesehen sein. Für jedes Thema muss dagegen eine Legende vorhanden sein, wobei eine Legende einem oder auch mehreren Themen zugeordnet sein kann. Aus Konsistenzgründen sind in diesem Modell themen-unabhängige Legenden nicht vorgesehen (1:n-Beziehung).

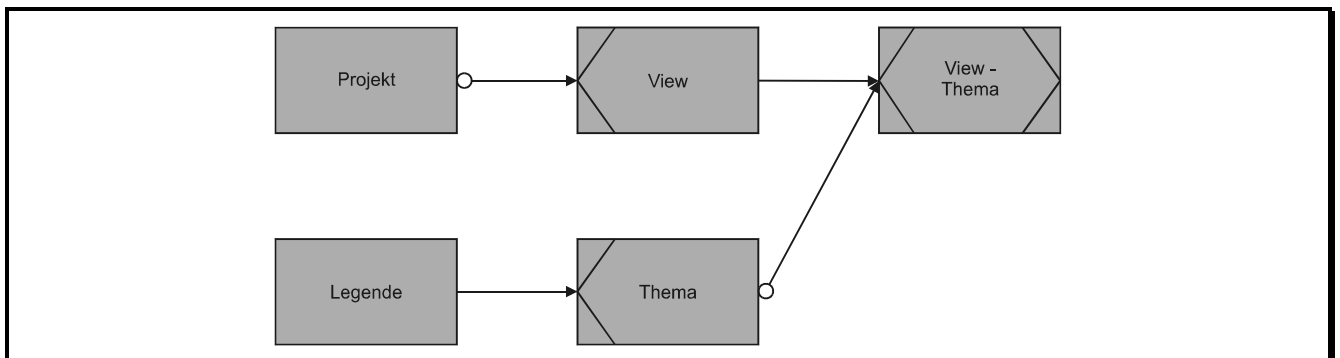


ABBILDUNG 56: ORGANISATION VON VIEWS UND THEMEN IN PROJEKTEN

Für 3D-Szenen gilt analoges, wobei noch anzufügen ist, dass ein Projekt sinnvollerweise mindestens entweder einen View oder eine 3D-Szene besitzen muss und damit auch beliebig viele davon enthalten kann.

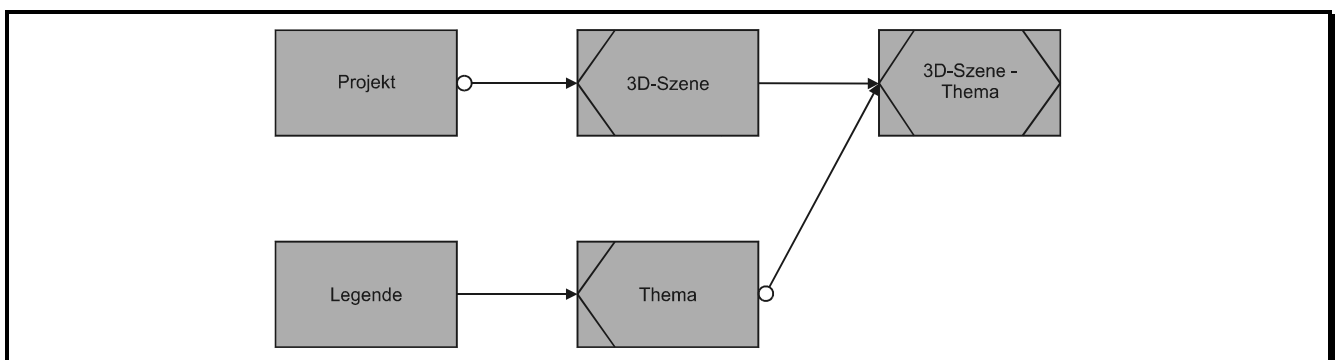


ABBILDUNG 57: ORGANISATION VON 3D-SZENEN UND THEMEN IN PROJEKTEN

Analog zu Views und 3D-Szenen kann ein Projekt keine, eine oder mehrere Tabellen indirekter Attribute in Form von dBase-IV-Files und/oder SQL-Abfrageergebnissen beinhalten (0:n-Beziehung).

Die Angabe eines den im Referenz-GIS beinhalteten Views, 3D-Szenen und Tabellen übergeordneten Projektes ist verbindlich (*mandatory*).

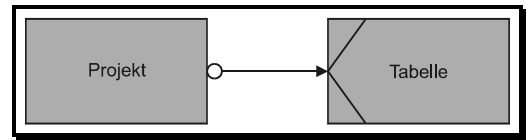


ABBILDUNG 58: ORGANISATION VON TABELLEN IN PROJEKTEN

2) Views

Raumbezogene Daten werden im Allgemeinen mit Hilfe von Karten dargestellt. In der verwendeten GIS-Software des Referenz-GIS werden beliebige Sichten auf GIS-Datenbestände ermöglicht. Für alphanumerische Dateninhalte steht u.a. eine tabellarische Schnittstelle zur Verfügung. Mit Sach-Datenbeständen verknüpfte Geometrie-Daten werden dem Anwender über sog. „Views“ zugänglich gemacht. Eine Sonderform des Views ist die „3D-Szene“ (s. weiter unten). In obigem Sinne ist ein View eine dynamische, elektronische Karte. Darin können 2- und 3-dimensionale raumbezogene Daten 2-dimensional verwaltet, zusammengestellt, angezeigt, verarbeitet und analysiert werden.

Ein View setzt sich aus „Grafiken“ und „Themen“ zusammen, wobei Grafiken als geometrische Grundstrukturen (Punkte, Linien, Flächen, Texte, ...) zur ergänzenden Darstellung von Objekten der in einem View vorkommenden Themen verstanden werden können. Für den Modellierungsprozeß sind lediglich die Themen von Bedeutung. Diese bestehen immer aus Daten einer bestimmten thematischen Zugehörigkeit und beinhalten i.d.R. nur Inhalte einer einzigen Objektklasse (s. weiter unten). Die Möglichkeit, mehrere Objektklassen in einem Thema abzubilden, ist im Datenmodell dennoch vorgesehen und wird ausdrücklich unterstützt. Man fasst demnach in einem View GIS-Datenbestände thematisch, räumlich und auch maßstäblich zusammen. Maßstabdynamische Erweiterungen der sich daraus ergebenden thematisch-kartographischen Darstellung am Bildschirm sind dadurch möglich. Views sind, wenn eine entsprechende Modellierung vorliegt, unterschiedliche thematische Sichten auf vorhandene GIS-Datenbestände, werden in Projekten verwaltet und sind so einem bestimmten thematischen Bereich zugeordnet.

Wie beschrieben, kann ein View beliebig viele Themen beinhalten, wobei ein Thema nur einmalig in einen View enthalten sein darf aber dennoch in beliebig vielen Views vorkommen kann, wenn auch ein Thema nicht zwingend in Views vorkommen muss. Einem Thema muss eine Legende zugeordnet sein, wobei es keine Legenden geben darf, die keinem Thema zugeordnet sind.

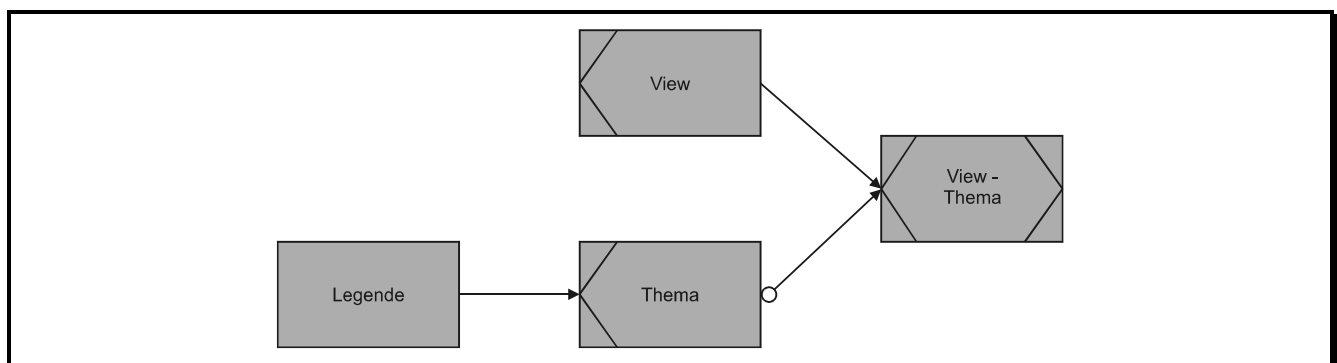


ABBILDUNG 59: BEZIEHUNGEN ZWISCHEN LEGENDEN, THEMEN UND VIEWS

Wenn keine 3D-Szene existiert, ist die Angabe mindestens eines den im Referenz-GIS beinhalteten Themen übergeordneten Views verbindlich (*mandatory if applicable*).

3) 3D-Szenen

Neben 2-dimensionalen Karten und Plänen kommen in modernen GIS immer häufiger kartenverwandte 3D-Darstellungen zum Einsatz. Die 2D-Darstellung der Daten bietet eine lagerichtige Darstellungsmöglichkeit von Geo-Daten in Kartenform. Abhängig von der Datenmenge und -Genauigkeit kann hier auf einen beliebigen Maßstab zurückgegriffen werden. Mit einer dreidimensionalen Abbildung des Geländes werden große Datenmengen beispielsweise für Präsentationen überschaubar modelliert und abgebildet. Wird ein GIS um Höheninformationen erweitert, sind mit den neu gewonnenen Daten und Zusammenhängen zwischen Themen und der Höhe eine Vielzahl neuer Analysen und Darstellungen möglich. Eine Sonderform des „Views“ ist demnach die „3D-Szene“ (vgl. Kap. 6.3.3). Darin können 3-dimensionale, raumbezogene Daten 3-dimensional verwaltet, zusammengestellt, angezeigt, verarbeitet und analysiert werden. 3D-Szenen setzen sich ebenfalls aus „Themen“ zusammen und liefern 3D-Geländedarstellungen. Eine 3D-Geländedarstellung innerhalb eines Geoinformationssystems bietet weniger eine Darstellungsmöglichkeit für präzise Daten im Sinne einer „Virtual Reality“, sondern es wird eher angestrebt, einen visuellen Überblick über das Gelände zu ermöglichen oder grobe, eventuell von der Topographie abhängige Zusammenhänge zu veranschaulichen. Auch 3D-Szenen sind, wenn eine entsprechende Modellierung vorliegt, unterschiedliche thematische Sichten auf vorhandene GIS-Datenbestände, werden in „Projekten“ verwaltet und sind so einem bestimmten thematischen Bereich zugeordnet.

Analog zu den Views, kann eine 3D-Szene beliebig viele Themen beinhalten, wobei ein Thema nur einmalig in einer 3D-Szene enthalten sein darf aber dennoch in beliebig vielen 3D-Szenen vorkommen kann, wenn auch ein Thema nicht zwingend in 3D-Szenen vorkommen muss. Einem Thema muss auch hier eine Legende zugeordnet sein, wobei es keine Legenden geben darf, die keinem Thema zugeordnet sind.

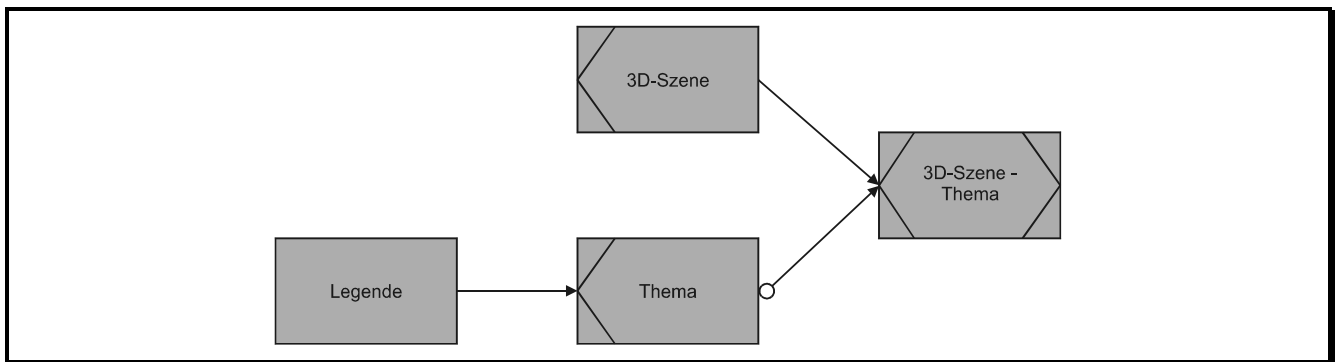


ABBILDUNG 60: BEZIEHUNGEN ZWISCHEN LEGENDEN, THEMEN UND 3D-SZENEN

Wenn kein View existiert, ist die Angabe mindestens einer den im Referenz-GIS beinhalteten Themen übergeordneten 3D-Szene verbindlich (*mandatory if applicable*).

4) Themen

Die kleinsten logischen Einheiten der Vektor-Datenstruktur des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind *geometrische Primitive* in Form von Punkten, Linien oder Flächen. Neben geometrischen Primitiven werden logische, aus 1 bis n Primitiven zusammengesetzte *Objekte* als kleinste semantische Einheiten, die mit thematischen Attributen gekennzeichnet sind, geführt. Darüber hinaus ist es oftmals sinnvoll, *Klassen* als Mengen von Objekten mit gemeinsamen semantischen Eigenschaften zu bilden und gesondert zu beschreiben.

Diese semantischen (Objekt-) Klassen werden im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ i.d.R. als „*Schichten*“ (allgemeiner: „Vektor-Datensätze“) geführt (müssen aber nicht). Fasst man eine oder mehrere Klassen räumlicher Objekte zusammen, so erhält man sog. *Themen*. Die Schichten können innerhalb des Referenz-GIS Grundlage für kein, ein oder mehrere Themen sein (0:n-Beziehung; *mandatory if applicable*).

Die logische bzw. semantische **Hierarchie der Vektor-Datenmodellierung** innerhalb des Referenz-GIS „Nationalparks Bayerischer Wald“ hat demnach folgenden Aufbau:

1. geometrische Primitive
2. Objekte
3. Klassen
4. Schichten (Vektor-Datensätze)
5. Themen

Raster-, Grid- und TIN-basierte Themen besitzen naturgemäß keine komplexen logischen und semantischen Hierarchiestufen. Daher werden in diesen Fällen physikalische Einheiten wie Pixel, Zellen und Dreiecke zu (Geo-) Datensätzen zusammengefasst und im Geo-Datenmodell des Referenz-GIS der vektor-basierten Schicht gleichgestellt. Auch diese Datensätze können Grundlage für kein, ein oder mehrere Themen sein.

Die logische **Hierarchie der Raster-, Grid- und TIN-Datenmodellierung** innerhalb des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ hat demnach folgenden Aufbau:

1. Datensätze (Raster-, Grid- und TIN-Datensätze)
2. Themen

Themen bestehen im Referenz-GIS folglich immer aus Daten einer definierten bzw. modellierten thematischen Zugehörigkeit und beinhalten i.d.R. Instanzen einer einzigen (Objekt-) Klasse. Dies geschieht auf physikalischer Ebene über den Datensatz. Die oben stehende hierarchische Struktur impliziert für Themen aller Art die Notwendigkeit genau eines zugrunde liegenden Geo-Datensatzes. Dem Geo-Datensatz kommt damit datentypübergreifend als einziger physikalischen Einheit diese zentrale Rolle zu. Mehr als eine (Objekt-) Klasse in einem Thema abzubilden ist dennoch im Datenmodell vorgesehen und wird unterstützt. (Objekt-) Klassen bestehen aus mindestens je einem geographischen oder logischem Objekt. Im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS werden hingegen aus Gründen des Erfassungsaufwandes und der nicht gegebenen Notwendigkeit ausschließlich logische Objekte explizit geführt.

Objekten wiederum können dann Sach-Daten in Form von Attributen zugeordnet werden, wobei die Attributdefinition über den Datensatz selbst erfolgt. Näher Informationen zu diesem Thema sind in *Kap. 5.3.2.2* zu finden.

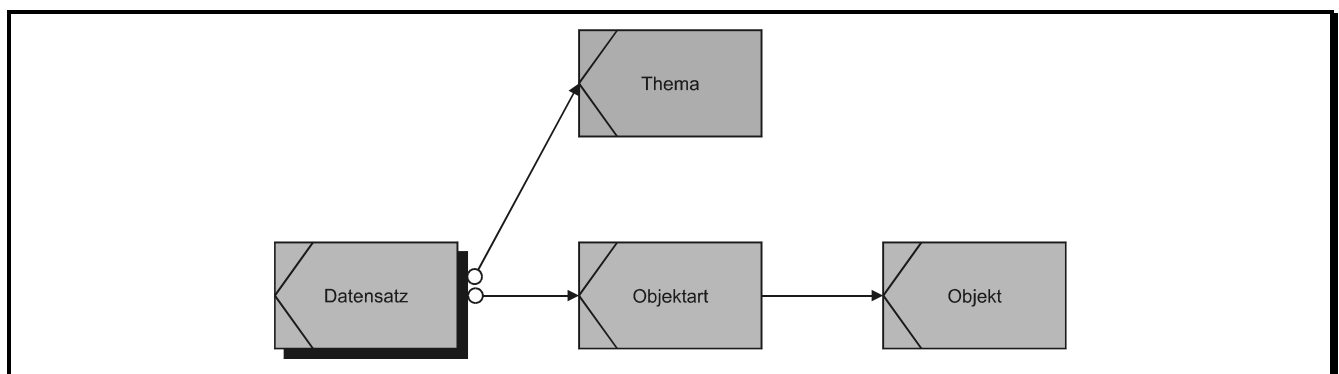


ABBILDUNG 61: ÜBERGANG VON SYSTEMUNABHÄNGIGEN IN SYSTEMABHÄNGIGE STRUKTUREN
(BEZIEHUNG ZWISCHEN DATENSÄTZEN UND THEMEN)

5) Legenden

Über Legenden wird die kartographische Ausprägung der einzelnen Themen realisiert und verwaltet. Zu jedem Thema ist im Datenbestand des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ein Legenden-File angelegt und kann somit (auch in anderen Zusammenhängen) als ergänzende Basisinformation wiederverwendet werden. Einem Thema muss demnach eine Legende zugeordnet sein, wobei es keine Legenden geben darf, die keinem Thema zugeordnet sind.

Legenden weisen (Geo-) Datensätzen themen-spezifische Meta-Daten, also zentrale themen-spezifische Zusatzdaten, zu (vgl. Kap. 5.5) und stellen damit die physische Implementierung dieser Meta-Datenform in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ dar. Diese systemabhängigen Zuweisungen erzeugen auf der physischen Ebene der GIS-Software datentypübergreifend die Hierarchieebene „Thema“. Die konzeptionelle Zuweisung findet jedoch, wie dargestellt, zwischen Thema und Legende statt. In Kap. 5.2 der Anlage wird eine Erläuterung der an dieser Stelle relevanten Begrifflichkeiten und Beziehungen geliefert.

6) Tabellen

Tabellen beinhalten alphanumerische Daten. Neben den relationalen Datenbanken für komplexe Sach-Datenmodelle werden innerhalb der Projekte des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ zwei weitere Arten von tabellarischen Sach-Informationen verwendet:

- *direkte Attribute* (Attributtabellen zu Vektor-Datensätzen)
- *indirekte Attribute* (Tabellen für systeminterne Relationen)

Auf der systemabhängigen Seite kann ein Referenz-GIS-Projekt keine, eine oder mehrere **Tabellen indirekter Attribute** in Form von Tabellen-Files (dBase-IV-Format) und/oder SQL-Abfrageergebnissen beinhalten. Diese 0:n-Beziehung legt fest, dass Tabellen im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS explizit geführt werden müssen, wenn sie in einem Projekt physisch vorhanden sind (*mandatory if applicable*).

Tabellen direkter Attribute sind ein physischer Bestandteil von Vektor- und Grid-Datensätzen und tauchen daher auf konzeptioneller und logischer Ebene nicht auf. Raster- und TIN-Daten besitzen ohnehin keine direkten Attribute.

Neben diesem systemabhängigen Aspekt spielt die physikalische Haltung von Tabellen indirekter Attribute eine weitere Rolle. Ein Pfad der im physikalischen Datenhaltungskonzept des Referenz-GIS vorkommenden Strukturen kann Tabellen enthalten, muss aber nicht. Diese Konzeption kann im vorliegenden Fall dahingehend eingeschränkt werden, dass Tabellen indirekter Attribute lediglich in dafür vorgesehenen Verzeichnisse abgelegt werden müssen.

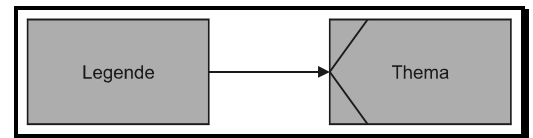


ABBILDUNG 62: BEZIEHUNG ZWISCHEN THEMEN UND LEGENDEN

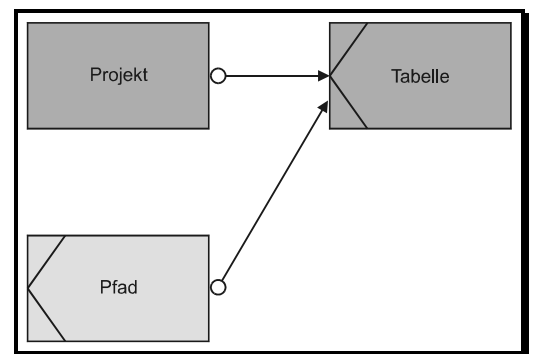


ABBILDUNG 63: BEZIEHUNG ZWISCHEN TABELLEN INDIREKTER ATTRIBUTE, PROJEKTEN UND PFADEN

5.3.2.6 ERGÄNZENDE ABBILDUNG VON MULTIMEDIA-DATENSTRUKTUREN

(Kategorie 6: Multimedia)

Unabhängig von den Geometrie-Datensätzen des Referenz-GIS existieren in seinen Datenbeständen diverse Multimedia-Datentypen in Form von *Texten*, *Bildern*, *Audio-* und *Videosequenzen*, die auch unabhängig vom Informationssystem verwendbar sind. Besonderheiten dieser vornehmlich zu Präsentationszwecken geeigneten GIS-Datenart stellen *Animationen* und auch *Simulationen* dar.

Analog zu Tabellen kann ein Pfad der im physikalischen Datenhaltungskonzept des Referenz-GIS vorkommenden Strukturen Multimedia-Daten enthalten, muss aber nicht. Diese Konzeption kann dahingehend eingeschränkt werden, dass Multimedia-Daten lediglich in einem dafür vorgesehenen Hauptverzeichnis sowie in den Multimedia-Datentypen entsprechenden Unterverzeichnissen abgelegt werden.

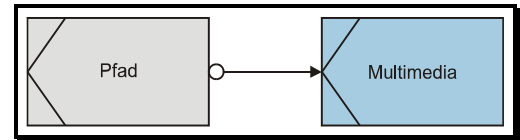


ABBILDUNG 64: MULTIMEDIA-DATENSTRUKTUREN

Die 0:n-Beziehung legt fest, dass Multimedia-Daten im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS explizit geführt werden müssen, wenn sie im Datenbestand physisch vorhanden sind (*mandatory if applicable*).

5.3.2.7 ERGÄNZENDE ABBILDUNG VON KOMPLEXEN SACH-DATENMODELLEN

(Kategorie 7: Sachinformationen)

Weiter existieren parallel zu den zahlreichen Geometrie-Datensätzen des Referenz-GIS diverse Sach-Datenbanken. Auch die dem hier beschriebenen Meta-Datenmodell entsprechende Datenbank-Implementierung ist diesen Datenbank-Files zuzuordnen.

Analog zu Tabellen und Multimedia-Daten kann ein Pfad der im physikalischen Datenhaltungskonzept des Referenz-GIS vorkommenden Strukturen Sach-Datenbanken enthalten, muss aber nicht. Diese Konzeption kann auch hier dahingehend eingeschränkt werden, dass Sach-Datenbanken lediglich in dafür vorgesehenen Hauptverzeichnissen abgelegt werden.

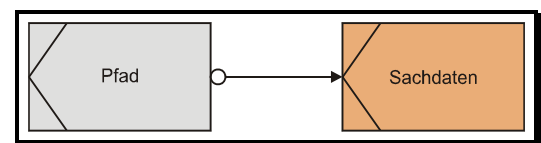


ABBILDUNG 65: KOMPLEXE SACH-DATENMODELLE

Die 0:n-Beziehung legt fest, dass Sach-Datenbanken im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS explizit geführt werden müssen, wenn sie im Datenbestand physisch vorhanden sind (*mandatory if applicable*).

5.3.2.8 ERGÄNZENDE ABBILDUNG VON TEXTUELLEN META-DATEN IN DOKUMENTENFORM

(Kategorie 8: Dokumente)

Die derzeit letzte, physisch unabhängig von Geometrie-Datensätzen geführte Datenart stellen die in *Kap. 4.7* vorgestellten textuellen Meta-Daten in Dokumentenform dar.

Wie auch in den oben beschriebenen Fällen kann ein Pfad der im physikalischen Datenhaltungskonzept des Referenz-GIS vorkommenden Strukturen Dokumenten-Files enthalten, muss aber nicht. Diese Konzeption kann wiederum dahingehend eingeschränkt werden, dass Dokumenten-Files lediglich in dafür vorgesehenen Hauptverzeichnissen abgelegt werden.

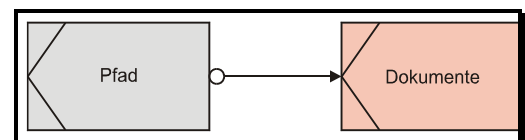


ABBILDUNG 66: TEXTUELLEN META-DATEN IN DOKUMENTENFORM

Die 0:n-Beziehung legt fest, dass Dokumenten-Files im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS auch hier explizit geführt werden müssen, wenn sie im Datenbestand physisch vorhanden sind (*mandatory if applicable*).

5.3.3 ÜBERFÜHRUNG IN NORMALISIERTE INHALTE

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass erst im Rahmen der Datenbankbeschreibungen aus *Kap. 5.8* und der relevanten Modellierungstechniken aus *Kap. 8.1 bis 8.4 der Anlage* die hierfür nötigen Hintergründe eingehend beleuchtet werden. Dort sind nähere Informationen zu den Themen „relationale Modellierung in GIS“ und „logische Modellierung durch Transformation in ein relationales Modell“ nachzulesen. Das strukturierte Entity-Relationship-Modell (SERM) ist im *Kap. 8.1.2.4 der Anlage* detailliert abgehandelt.

In der SERM-basierten Modellübersicht der konzeptionellen Meta-Datenmodellierung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ aus *Kap. 5.8.1* werden alle in den vorangegangenen Kapiteln identifizierten Objekte in klassifizierten Objektmengen objekt-strukturiert dargestellt. Eine optionale farbliche Abstufung beschreibt neben den eigentlichen SER-Darstellungsmethoden thematische Aussagen bzgl. der Datenbank-Inhalte. Die Überführung des Modells in eine relationale und damit normalisierte Form wird in *Kap. 5.8.2* vorgenommen.

5.4 TEXTUELLE META-INFORMATIONEN

Neben den strukturierten Meta-Daten in einem DBMS sind im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ umfangreiche Text-Dokumente zur eingehenden Beschreibung komplexer Zusammenhänge von großer Bedeutung (**zentrale textuelle Ergänzungen**). Solche textuellen Informationen liegen in Form von **Portable-Document-Files** (PDF) vor. Dieses Format stammt von der Software *Adobe Acrobat* und hat sich inzwischen als Quasi-Standard beim digitalen, plattformunabhängigen Dokumentenaustausch etabliert. Die zur Nutzung dieses Datenformates notwendige Software *Acrobat Reader* ist für alle denkbaren Plattformen als Freeware verfügbar und auf nahezu jedem Rechnersystem zu finden. Die *.pdf-Dateien des Referenz-GIS beschreiben beispielsweise in *Dokumentationen* die Objektdefinitionen der Datenbanken und die verwendeten Datenformate (White-Papers), in *Quellenangaben* die Entstehungsgeschichten von speziellen Geo-Datenbeständen sowie in *Spezifikationen* die verwendete GIS-Software selbst.

Darüber hinaus sind im Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS gesonderte, besonders umfangreiche textuelle Meta-Daten zur umfassenden Beschreibung vielschichtiger Gegebenheiten, Zusammenhänge und dergleichen vorgesehen. Oftmals sind gerade umfangreiche Text-Dokumente zur eingehenden Beschreibung komplexer Zusammenhänge von großem Nutzen. Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle die *Anlage* dieser Arbeit (*wissenschaftlich-technische Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“*). Sie ist die Meta-Information für dieses System schlechthin.

In der Meta-Datenbank des Referenz-GIS werden derzeit folgende textuelle Meta-Daten vorgehalten:

Dokumenttyp	Anzahl
Dokumentation	14
Kurzbeschreibung	2
Leitfaden	3
Quellenangabe	1
Spezifikation	2

TABELLE 14: DOKUMENT- KATEGORIEN DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

5.5 THEMEN-SPEZIFISCHE META-DATEN

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ besteht die Notwendigkeit, **zentrale themen-spezifische Zusatzdaten** zur Verwaltung von thematischen Datenausprägungen vorzuhalten. Aus verwaltungstechnischen Gründen ist ein zentraler Ansatz gewählt. Neben den rein alphanumerischen, in einem RDBMS abgebildeten Meta-Daten, existieren daher noch weitere Meta-Datentypen, die vor allem die kartographische Ausprägung der GIS-Datenbestände des Referenz-GIS im Rahmen der speziell zur Datenpräsentation entwickelten, in *Kap. 4.10 und 5.2 der Anlage* näher beschriebenen Applikation **referenz-gis.apr** (V3.0) regeln. Es handelt sich hierbei um eine umfassenden Bibliothek für Symbole, Texturen, Signaturen und Farben in Form von *Legenden*, *Paletten* und (TrueType-) *Schriftarten*.

Die Zuordnung dieser themen-spezifischen Meta-Daten zu den entsprechenden GIS-Datensätzen wiederum ist in der oben beschriebenen Meta-Datenbank eindeutig geregelt. Die Zugehörigkeit der einzelnen Legenden zu Themen, und damit zu einzelnen GIS-Datensätzen, ist in der zentralen Meta-Datenbank geregelt. Die Unterteilung erfolgt analog zur geometrischen Klassifizierung (vgl. Kap.5.3.2.3) für Punkte, Linien, Flächen, Texte, Grids und TIN's.

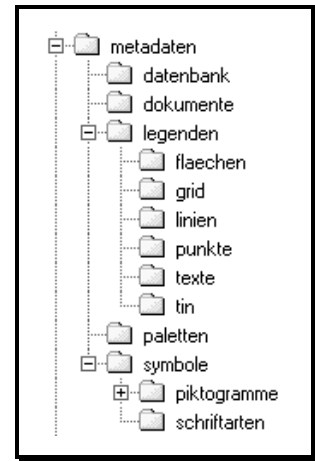


ABBILDUNG 67: STRUKTUR DER META-DATENHALTUNG

5.5.1 LEGENDEN

Die theoretischen Hintergründe zu und die praktische Verwendung von Legenden werden in Kap. 4.6.1.1 der Anlage aufgegriffen. Der Signaturenkatalog des Referenz-GIS wird auf logischer und physikalischer Ebene durch Legenden abgebildet. Die Legenden-Haltung erfolgt auf Datei-, die -Verwaltung auf Datenbank-Ebene. Näheres hierzu ist auch unter Kap. 5.3.2 nachzulesen.

Nach Kap. 4.4 werden analoge Karten üblicherweise mit einer Kartenlegende in Klartext versehen, die über eine exakte Zeichenerklärung hinaus zahlreiche Informationen enthält. Analoge Karten beinhalten demnach i.d.R. eine umfassende Rand- und Rahmenausstattung. Die analogen Kartengrundlagen des Referenz-GIS aus Kap. 3.2 liefern somit nahezu alle notwendigen Informationen, um eine diesen Datenquellen entsprechende Legendenerstellung innerhalb der verwendeten GIS-Software zu ermöglichen. Die wichtigste Grundlage für Karten-Betextungen sowie die Ableitung von Punkt-, Linien- und Flächensymbolen innerhalb des Referenz-GIS ist die Entnahme von Beschriftungsarten, Signaturtypen und Legendenformen aus analogen Vorlagen, wie beispielsweise der Waldkarte und Standortskarte des Nationalparks Bayerischer Wald (vgl. Kap. 6.2.1), sowie aus alpha-numerisch-graphischen Katalogen, wie beispielsweise dem ATKIS-Objektartenkatalog (OBAK) und der DatRi-GRUBIS. Hier ein Beispiel für eine solche Legendenumsetzung:

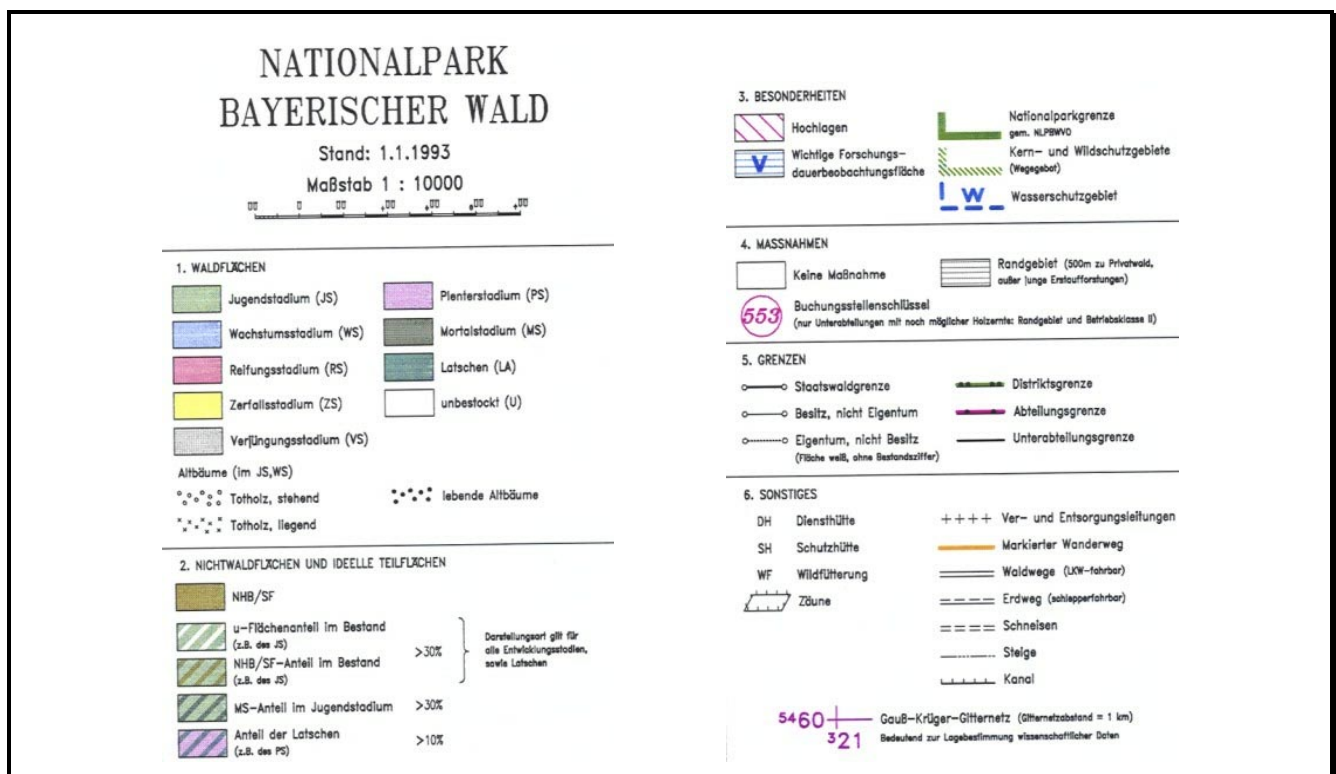


ABBILDUNG 68: BEISPIEL „LEGENDENUMSETZUNG“: ANALOGE FORM DER WALDKARTE DES FORST-GIS-BAYERN

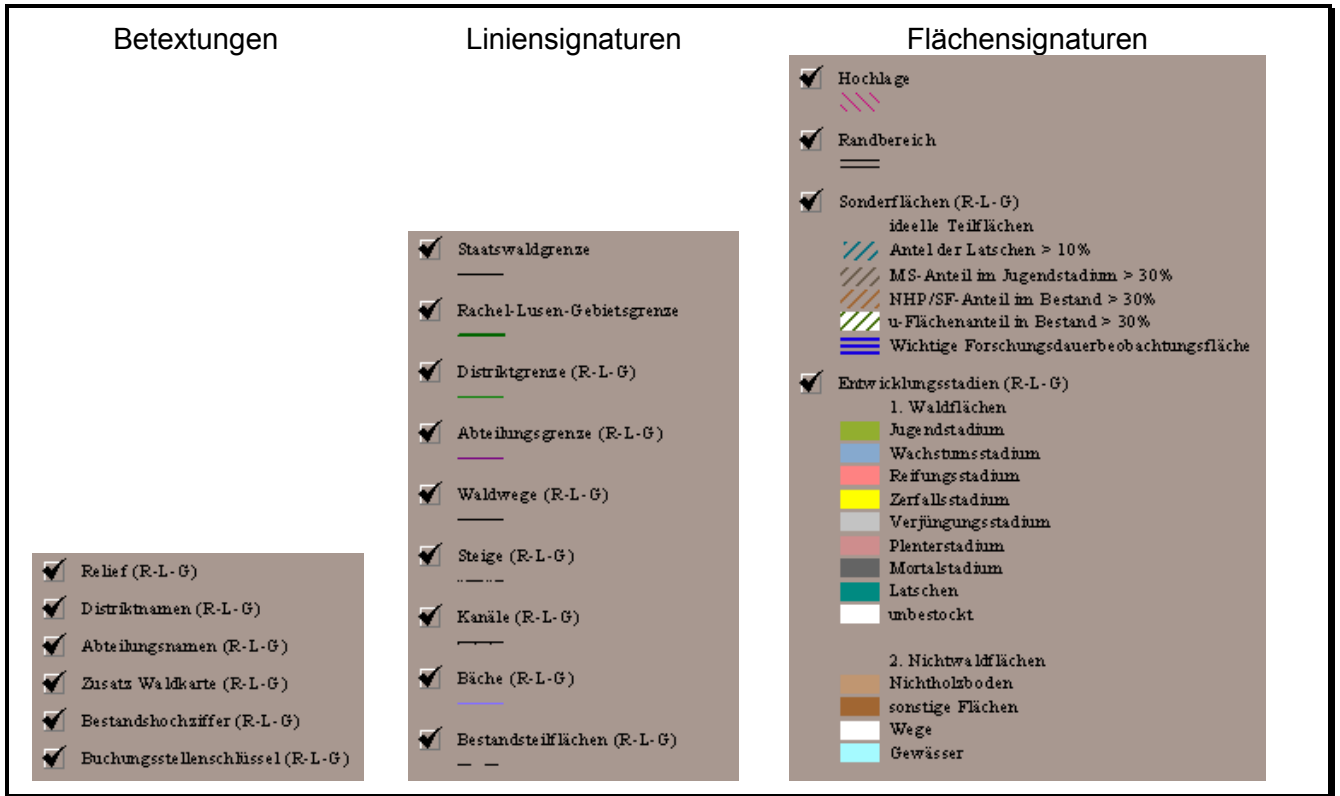


ABBILDUNG 69: BEISPIEL „LEGENDENUMSETZUNG“: VIEW „DYNAMISCHE WALDKARTE“

Für die Generierung von Füllmustern, RGB-Farben, Linienarten und dergleichen stehen div. Tools zur Verfügung. Legenden werden nach zugrunde liegendem Datentyp getrennt gespeichert und müssen innerhalb der betreffenden Unterverzeichnisse bzgl. der zugehörigen Themen eindeutig benannt sein. Sie werden zur Vereinfachung der Legendengestaltung in der GIS-Anwendung nach Möglichkeit entsprechend der zugehörigen, in der GIS-Anwendung verwendeten Themennamen benannt. Besteht die Notwendigkeit, mehrere Legenden für denselben Themennamen zu verwenden, erhalten die Legendennamen eine Nummerierung (1), (2), ..., (n). Darüber hinaus existieren nur Legenden, wenn in der GIS-Anwendung „Referenz-GIS“ entsprechenden Themen beinhaltet sind, d.h. es gibt zu jedem definierten Thema eine passende, aber keine überzähligen Legenden.



ABBILDUNG 70: REDUNDANZFREIE META-DATENHALTUNG (PRINZIP UND PHYSISCHE STRUKTUR)

Alle derartigen Legendenkonzventionen werden, obwohl die Legenden-Haltung auf Dateiebene erfolgt, in der zentralen Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ gespeichert und über entsprechende Datenbank-Restriktionen und Konsistenzsicherungsmethoden verwaltet (vgl. Kap. 5.6.1 und 5.8.3).

5.5.2 PALETTEN

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ stellt eine Palette eine Ansammlung von Flächen- und Linien-Signaturen, Symbolen und/oder Farb-Tabellen dar. Diese vier Palettentypen werden entweder getrennt oder zusammengefasst in einer sog. Paletten-Datei physisch abgespeichert. Paletten können vom Anwender erstellt, geladen oder modifiziert werden. Zur Legendenerstellung für komplexe Datenbestände und Zusammenhänge, wie sie das Referenz-GIS beinhaltet, ist es unerlässlich, auf inhaltlich strukturierte und thematisch organisierte Paletten-Informationen zurückgreifen zu können. Es liegen umfangreiche Paletten-Informationen für alle oben genannten Palettentypen vor. Von besonderer Bedeutung sind hierbei Paletten für div. thematische Punkt-Symbolisierungen. Dies hat seinen Hintergrund in der extremen Heterogenität der Datenbestände des Referenz-GIS und der damit verbundenen, vielseitigen Darstellungsoptionen. Als wichtigste Beispiele sind an dieser Stelle die Symbolpaletten für die amtlichen ATKIS- und DFK-Visualisierungen sowie die Forst-Anwendung „Standortskarte“ zu nennen.

Eine Paletten-Erstellung und -Verwaltung kann innerhalb der verwendeten GIS-Software vorgenommen werden. Eine Auflistung der bislang erstellten Symbol-Paletten findet sich in der *Anlage in Kap. 7.8.5.3*. Paletten sind im Gegensatz zu Legenden nicht von konzeptioneller Bedeutung, sondern liefern eher ein „handwerkliches Rüstzeug“ zur Legendenerstellung. Sie werden daher zwar als themen-spezifische Zusatzdaten zentral und file-basiert vorgehalten, finden aber in der Meta-Datenbank des Referenz-GIS keine Anwendung.

5.5.3 SYMBOLE

Die Generierung von Symbolen erfolgt im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ mit Hilfe externer Tools. Kartographische Symbole werden hier in sog. TrueType-Schriftarten thematisch zusammengefasst. Der so jeweils erzeugte Font muss auf der verwendeten Plattform als Schriftart installiert sein und kann dann innerhalb der GIS-Software zur Paletten- und Legendenerstellung herangezogen werden.

Folgende Symbolbibliotheken wurden für die Belange des Referenz-GIS eigens angefertigt:

1. Symbole (ATKIS bzw. Topographie)
2. Symbole (Standortskarte)
3. Symbole (DFK)
4. Symbole (Gebäude)
5. Symbole (topographische Karte)
6. Symbole (Logos)
7. Symbole (Nationalparkregeln)
8. Symbole (Verkehr)
9. Symbole (Forschung)
10. Symbole (Wanderwegmarkierung)
11. Symbole (überregionale Wanderwegmarkierung)

Die derzeit im Referenz-GIS zur Verfügung stehenden, thematischen Symbolbibliotheken (Paletten) mit ihren insgesamt 376 Einzelsymbolen sind in *Kap. 4.9.3.3 der Anlage* aufgeführt.

5.6 KATEGORISIERUNG VON ANWENDERSICHTEN

Die Abfragemöglichkeiten für den Anwender des Referenz-GIS ergeben sich aus den gespeicherten Meta-Informationen zu den Daten sowie deren Modellierung. Deshalb ist die Gestaltung des Meta-Datenmodells direkt relevant für die Akzeptanz des Systems beim Benutzer. Weil die heterogenen Geo-Daten des Referenz-GIS eine Vielfalt an Informationskategorien von Luftaufnahmen über Flurkarten bis hin zu forstfachlichen Sachdaten umfassen und die Anwender oftmals eine Vielfalt an anwendungsspezifischen Anforderungen haben oder erst haben werden, ist es wichtig, dass das Meta-Datenmodell methodisch entsprechend erweiterbar ist.

Diese Methodik bezieht sich überwiegend auf die Auskunftsmechanismen der Meta-Datenbank. Deren Konzeption bleibt dagegen aus Anwendersicht unveränderbar. Die Datenbankbeauskunftung erfolgt standardisiert mit Hilfe von frei definierbaren Datenbankelementen auf Grundlage der strukturierten Datenbankabfragesprache SQL92. Alle diese Datenbankelemente stützen sich auf komplexe, i.d.R. mehrere Tabellen übergreifende SQL-Statements und lassen sich als Anwendersichten formular- oder web-basiert realisieren.

Hier ein Beispiel für eine Fortführungsabfrage von Vektor-Daten:

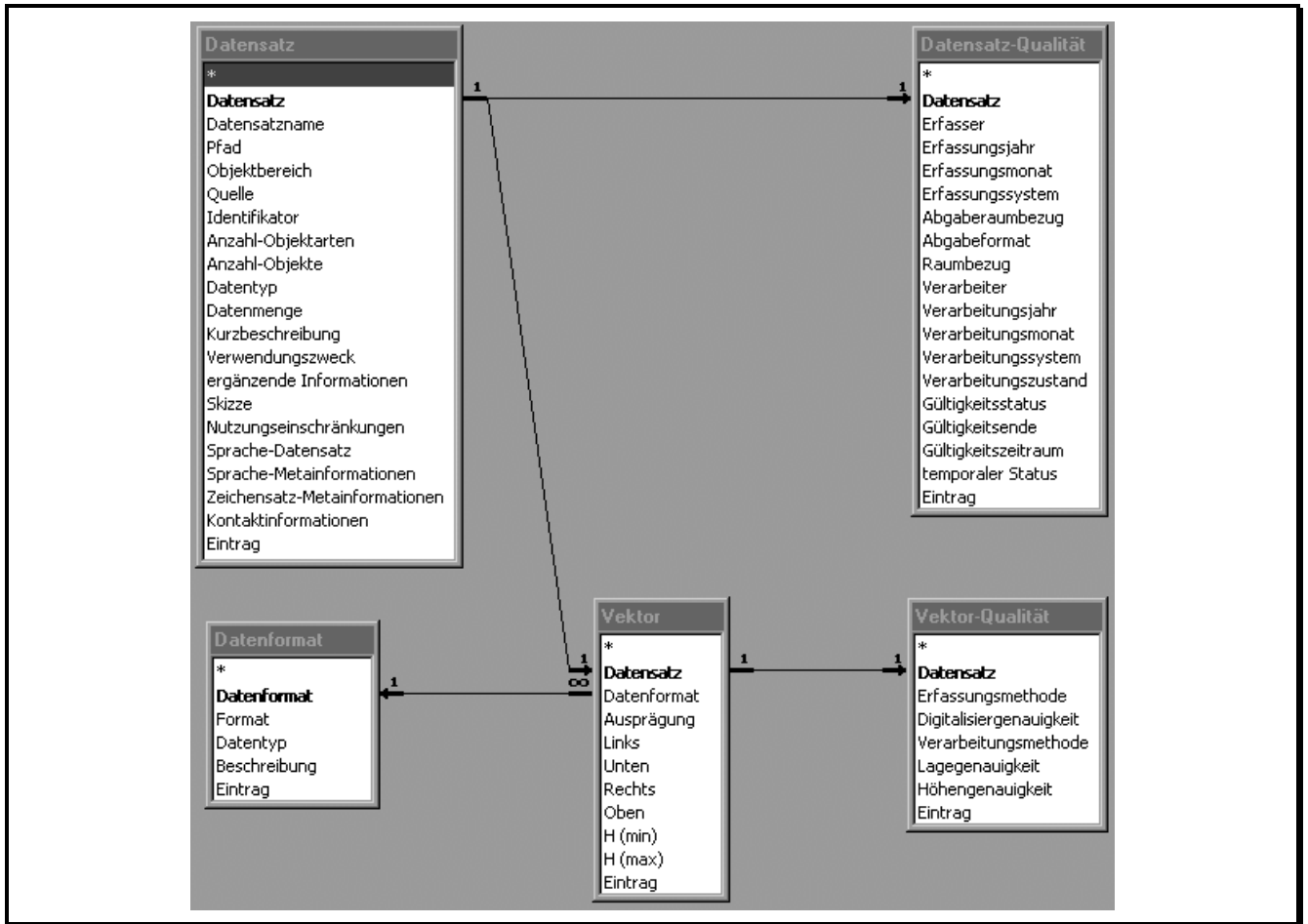


ABBILDUNG 71: BEISPIEL EINES BEZIEHUNGSKONSTRUKTES FÜR EINE FORTFÜHRUNGSABFRAGE

Obiges Beziehungskonstrukt kann dann via SQL wie folgt beauskunftet werden:

```

SELECT      Datensatz.*, [Datensatz-Qualität].*, Vektor.*,
            [Vektor-Qualität].*
FROM        ((Datensatz LEFT JOIN [Datensatz-Qualität] ON
            Datensatz.Datensatz
            = [Datensatz-Qualität].Datensatz) LEFT JOIN
            (Datenformat RIGHT JOIN Vektor ON
            Datenformat.Datenformat = Vektor.Datenformat) ON
            Datensatz.Datensatz = Vektor.Datensatz) LEFT JOIN
            [Vektor-Qualität] ON Vektor.Datensatz
            = [Vektor-Qualität].Datensatz
WHERE      ((Datenformat.Datentyp) = "Vektor");

```

Die Anwendersichten der Meta-Datenbank des Referenz-GIS sind als vordefinierte Sichten auf den Meta-Datenbestand zu verstehen und unterteilen sich derzeit in 2 grundlegende **Kategorien** (*allgemeine* und *system-abhängige*) sowie 10 **Anwendungsgebiete** (*Erfassung, Fortführung, Struktur, Konsistenzprüfung, etc.*), wobei jede der beiden Kategorien alle Anwendungen aus den zehn Gebieten abdecken kann.

Auf alle vordefinierten Anwendersichten und Methodiken der Meta-Datenbank des Referenz-GIS einzugehen, ist allein aus Platzgründen nicht sinnvoll. Stattdessen werden für jeden Themenkomplex geeignete Beispiele methodisch aufgearbeitet, so dass sich alle weiteren Inhalte erschließen lassen.

Nahezu alle diese Anwendersichten haben eine tabellarische Referenz in der *Anlage* dieser Arbeit und sind via ODBC-Technik dynamisch eingebunden. Die *wissenschaftlich-technische Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“* beinhaltet somit stets eine aktuelle und ausführliche Form der wichtigsten Sichten auf die Meta-Datenbank des Referenz-GIS.







Speziellere, sich nach individuellen Bedürfnissen der Anwender ergebende Abfragen können unabhängig davon SQL-basiert formuliert werden.

5.6.1 KATEGORIE 1: ALLGEMEINE ANWENDERSICHTEN

Die vorhandenen, allgemeinen Anwendersichten der Meta-Datenbank des Referenz-GIS berücksichtigen für den vorliegenden Datenbestand allgemeingültige Sichten auf untenstehende Anwendungsgebiete. Sie decken mit 9 Gebieten den überwiegenden Teil der Anwendungsgebiete ab.

5.6.1.1 GEBIET 1: ABGABEDATENFORMATE

Die Anwendungen zum Gebiet „Abgabedatenformate“ spiegeln sich in folgenden 6 SQL-Statements wieder.

	allgemein_Abgabedatenformate	Abgabedatenformate
	allgemein_amtliche_VermessungAbgabedatenformate	Abgabedatenformate
	allgemein_FORST-GIS-BayernAbgabedatenformate	Abgabedatenformate
	allgemein_Nationalpark_Bayerischer_WaldAbgabedatenformate	Abgabedatenformate
	allgemein_Nationalpark_SumavaAbgabedatenformate	Abgabedatenformate
	allgemein_PrivatwirtschaftAbgabedatenformate	Abgabedatenformate

Die SQL-Statements beziehen sich inhaltlich auf die fünf Themenbereiche des Referenz-GIS aus *Kap. 5.3.2.2* und beinhalten darüber hinaus eine weitere, diese Themenbereiche überspannende Abfrage. Sie geben dem Anwender Aufschluß über die originären Formate der bislang bezogenen Datenbestände.

Hier ein Beispiel (`allgemein_amtliche_VermessungAbgabedatenformate`) in SQL-Form:

```







SELECT      Count(Datensatz.Datensatzname) AS
            [Anzahl der Datensätze],
            [Datensatz-Qualität].Abgabeformat
FROM        Pfad INNER JOIN (Datensatz INNER JOIN
            [Datensatz-Qualität] ON Datensatz.Datensatz
            = [Datensatz-Qualität].Datensatz) ON Pfad.Pfad
            = Datensatz.Pfad
WHERE       (((Pfad.Ordner) Like "*amtliche_vermessung*"))
GROUP BY   [Datensatz-Qualität].Abgabeformat
ORDER BY   Count(Datensatz.Datensatzname) DESC;

```

Das Ergebnis ist eine stets aktuelle, tabellarische Gruppen-Übersicht über die originären Formate der von Seiten der amtlichen Vermessung bezogenen Datenbestände in Verbindung mit einer Zählung der zugehörigen Datensätze.

5.6.1.2 GEBIET 2: DATENERFASSER

Die Anwendungen zum Gebiet „Datenerfasser“ spiegeln sich in folgenden 6 SQL-Statements wieder. Sie beziehen sich ebenfalls auf oben genannte Inhalte. Sie geben dem Anwender Aufschluß über die Quellen der bislang erfassten Datenbestände.

	allgemein_Datenerfasser	Datenerfasser
	allgemein_amtliche_VermessungDatenerfasser	Datenerfasser
	allgemein_FORST-GIS-BayernDatenerfasser	Datenerfasser
	allgemein_Nationalpark_Bayerischer_WaldDatenerfasser	Datenerfasser
	allgemein_Nationalpark_SumavaDatenerfasser	Datenerfasser
	allgemein_PrivatwirtschaftDatenerfasser	Datenerfasser

Hier ein Beispiel (`allgemein_amtliche_VermessungDatenerfasser`) in SQL-Form:

```

SELECT      Count(Datensatz.Datensatz) AS
            [Anzahl der Datensätze],
            [Datensatz-Qualität].Erfasser

FROM        Pfad INNER JOIN (Datensatz INNER JOIN
            [Datensatz-Qualität] ON Datensatz.Datensatz
            = [Datensatz-Qualität].Datensatz) ON Pfad.Pfad
            = Datensatz.Pfad

WHERE       (((Pfad.Ordner) Like "*amtliche_vermessung*"))

GROUP BY    [Datensatz-Qualität].Erfasser
















ORDER BY    Count(Datensatz.Datensatz) DESC;

```

Das Ergebnis ist eine stets aktuelle, tabellarische Gruppen-Übersicht über die Quellen der von Seiten der amtlichen Vermessung erfassten Datenbestände in Verbindung mit einer Zählung der zugehörigen Datensätze.

5.6.1.3 GEBIET 3: FILESTRUKTUR

Die Anwendungen zum Gebiet „Filestruktur“ spiegeln sich in folgenden 15 SQL-Statements wieder. Die Aussagen dieser Datenbank-Abfragen beziehen sich auf die verschiedenen Gültigkeitsbereiche der heterogenen Datenbestände des Referenz-GIS und informieren über datenstrukturelle Angaben der zu den einzelnen Bereichen jeweils physisch existierenden Datensätze.

	<code>allgemein_AGLBFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_ATKIS25Files</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_ATKIS500Files</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_DFKFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_DGM25Files</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_Falkenstein-Rachel-GebietFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_FORST-GIS-BayernFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_GesamtgebietFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_Nationalpark_SumavaFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_OrthophotosFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_PrivatwirtschaftFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_Rachel-Lusen-GebietFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_SachdatenbankFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_TK/ÜKFiles</code>	Filestruktur
	<code>allgemein_VorfeldFiles</code>	Filestruktur

Hier ein Beispiel (`allgemein_ATKIS25Files`) in SQL-Form:

```

SELECT      Laufwerk.Laufwerk, Pfad.Ordner,
            Datensatz.Datensatzname

FROM        (Laufwerk INNER JOIN Pfad ON Laufwerk.Laufwerk
            = Pfad.Laufwerk) INNER JOIN Datensatz ON Pfad.Pfad
            = Datensatz.Pfad

WHERE       (((Pfad.Ordner) Like "*\atkis25\*"))





ORDER BY    Pfad.Ordner, Datensatz.Datensatzname;

```

Das Ergebnis ist eine stets aktuelle, tabellarische Übersicht über die derzeit für den Gültigkeitsbereich „ATKIS 25“ verfügbaren Datenbestände sowie deren physische File-Struktur.

5.6.1.4 GEBIET 4: FORTFÜHRUNG

Um das Anlegen, die Führung und die Verwaltung von Meta-Informationen möglichst problemlos und einfach zu gestalten, stehen Erfassungs- und Fortführungs-Methoden in Form von interaktiven Tabellen, Formularen oder Eingabemasken zur Verfügung.

	allgemein_FortführungGrid-Daten	Fortführung
	allgemein_FortführungRasterdaten	Fortführung
	allgemein_FortführungTIN-Daten	Fortführung
	allgemein_FortführungVektordaten	Fortführung

Diese arbeiten soweit sinnvoll mit vordefinierten Verknüpfungen und Werte-Listen und stützen sich derzeit auf obige 4 SQL-Statements. Diese stützen sich auf die datentechnische Fortführung der vier im Referenz-GIS verwendeten Geo-Datentypen.

Mit dem SQL-Statement „**allgemein_FortführungVektordaten**“ wurde bereits zu Beginn dieses Kapitels ein zur Darlegung dieses Anwendungsbereiches geeignetes Beispiel sowohl graphisch als auch SQL-basiert aufgezeigt. Das Ergebnis ist eine stets aktuelle, tabellarische Übersicht über die im Referenz-GIS derzeit vorhandenen Vektor-Datensätze mit allen hierzu relevanten Informationen zu verwendeten Vektor-Datenformaten sowie datensatz- und datentyp-spezifische Qualitätsangaben.

Diese Ergebnis-Tabelle lässt neue Eintragungen und Ergänzungen für eine datensatz-basierte Fortführung zu. Weil sich die zugrunde liegende SQL-Anfrage auf die vollständige Attributstruktur von insgesamt 5 Tabellen der Meta-Datenbank des Referenz-GIS stützt, kann durch die Verwendung von „richtungsabhängigen“ Verknüpfungsoptionen (gerichtete Tabellen-Joins: **LEFT JOIN; RIGHT JOIN**) eine Fortführung aller dieser Tabellen in einem Zug gewährleistet werden. Diese Möglichkeit erleichtert die Vektordatenfortführung des Referenz-GIS im praktischen Betrieb ungemein. Natürlich gilt selbiges auch für die drei anderen Geometrie-Datentypen des Systems.

5.6.1.5 GEBIET 5: KONSISTENZPRÜFUNG

Die datenbankinterne Konsistenzsicherung nach den Vorgaben des konzeptionellen Meta-Datenmodells aus *Kap. 5.3* lässt sich am unkompliziertesten mit dem vom DBMS zur Verfügung gestellten Methodenwerk realisieren.

	allgemein_AbgleichDatensatzDatensatz-Qualität	Konsistenzprüfung
	allgemein_AbgleichDatensatzGrid	Konsistenzprüfung
	allgemein_AbgleichDatensatzRaster	Konsistenzprüfung
	allgemein_AbgleichDatensatzTIN	Konsistenzprüfung
	allgemein_AbgleichDatensatzVektor	Konsistenzprüfung
	allgemein_überflüssigeLegenden	Konsistenzprüfung
	allgemein_überflüssigeThemen	Konsistenzprüfung

Die meisten Konsistenzsicherungsmaßnahmen begründen sich aus der hinlänglich bekannten Tatsache, dass Reglementierungen des konzeptionellen Entwurfs von Datenbanken aus technischen Gründen oftmals nicht in das logische Relationen-Modell Eingang finden können.

Beispielsweise lassen sich konzeptionelle 0:n oder 1:m-Kardinalitäten im Relationen-Modell nur als 1:∞-Beziehungen logisch abbilden. Derartige, über den relationalen Entwurf hinausgehende Regelwerke müssen anderweitig aufgefangen werden. Im Falle des Referenz-GIS geschieht dies überwiegend auf der Basis von 7 zusätzlichen SQL-Statements, um in einer standardisierten Umgebung bleiben zu können. Von systemabhängigen Checks und Trigger für Kardinalitätsrestriktionen wird bewusst Abstand genommen, weil hierdurch zukünftig mögliche Migrationen auf andere Datenbankumgebungen unnötig erschwert würden.

Hier ein Beispiel (`allgemein_überflüssigeThemen`) in SQL-Form:

```

SELECT      Thema.Thema, Thema.Themename, Thema.von,
            Thema.bis, Thema.skaliert, Thema.Linienversatz,
            Thema.beschriftet
FROM        (Thema LEFT JOIN [3D-Szene-Thema] ON Thema.Thema
            = [3D-Szene-Thema].Thema) LEFT JOIN [View-Thema]
            ON Thema.Thema = [View-Thema].Thema
WHERE       ((([3D-Szene-Thema].[3D-Szene]) Is Null) AND
            (([View-Thema].View) Is Null))
ORDER BY    Thema.Themename;







```

Auch hier sind gerichtete Joins maßgeblich beteiligt. Die Abfrage liefert, falls nötig, eine Tabelle mit allen für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ nicht mehr relevanten Geo-Themen. Ausgegeben werden all diejenigen Themen die weder in einer 2D-Visualisierung (View) noch in einer 3D-Visualisierung (3D-Szene) Verwendung finden. Diese Angaben sind, um eine Zuordnung der Themen zum Datenbestand zu erleichtern, um div. thematische Angaben erweitert. Man hält dadurch den Themenbestand auf einfache Weise in einem optimiert überschaubaren Rahmen.

5.6.1.6 GEBIET 6: NUTZUNGSBESCHRÄNKUNGEN

Die Heterogenität der Datenquellen des Referenz-GIS birgt neben modell- und verwaltungstechnischen Hindernissen auch Probleme beim Datenschutz (z.B. AGLB-Daten) und der Datensicherheit (Vernetzung, Serverlöschung, Zugriffssteuerung). Letztere kann auf physikalischer Ebene mit Hilfe des verwendeten Betriebssystems gewährleistet werden (vgl. Kap. 2.3.3.1).

Die Beschreibung der datenschutzrelevanten Aspekte der Datenbestände des Referenz-GIS obliegt dagegen der Meta-Datenbank des Systems.

	<code>allgemein_amtliche_VermessungEinschränkungen</code>	Nutzungsbeschränkungen
	<code>allgemein_FORST-GIS-BayernEinschränkungen</code>	Nutzungsbeschränkungen
	<code>allgemein_Nationalpark_Bayerischer_WaldEinschränkungen</code>	Nutzungsbeschränkungen
	<code>allgemein_Nationalpark_SumavaEinschränkungen</code>	Nutzungsbeschränkungen
	<code>allgemein_PrivatwirtschaftEinschränkungen</code>	Nutzungsbeschränkungen
	<code>allgemein_Einschränkungen</code>	Nutzungsbeschränkungen

Obenstehende 6 SQL-Statements beauskunfteten die Datenschutzreglementierungen bezogen auf die derzeit 5 Themenbereiche des Systems (vgl. Kap. 5.3.2.2) sowie themenbereichsübergreifend in Verbindung mit einer Kategorisierung und Zählung der jeweils betroffenen Datenbestände.

Hier ein Beispiel (`allgemein_amtliche_VermessungEinschränkungen`) in SQL-Form:

```







SELECT      Count(Datensatz.Datensatz) AS
            [Anzahl der Datensätze],
            Datensatz.Nutzungseinschränkungen
FROM        Pfad INNER JOIN Datensatz ON Pfad.Pfad
            = Datensatz.Pfad
WHERE       (((Pfad.Ordner) Like "*amtliche_vermessung*"))
GROUP BY    Datensatz.Nutzungseinschränkungen
ORDER BY    Count(Datensatz.Datensatz) DESC;

```

Das Ergebnis ist eine stets aktuelle, tabellarische Gruppen-Übersicht über den Datenschutz-Status (Nutzungseinschränkungen) der von Seiten der amtlichen Vermessung bezogenen Datenbestände des Referenz-GIS in Verbindung mit einer Kategorisierung und Zählung.

5.6.1.7 GEBIET 7: VERWENDETE DATENFORMATE

Eine weitere vordefinierte Anwendersicht auf die Meta-Daten des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist die Übersicht über die im System verwendeten Datenformate, wiederum bezogen auf die Themenbereiche in Verbindung mit einer Datensatz-Zählung.

	allgemein_amtliche_VermessungsverwendeteDatenformate	verwendete Datenformate
	allgemein_FORST-GIS-BayernverwendeteDatenformate	verwendete Datenformate
	allgemein_Nationalpark_Bayerischer_WaldverwendeteDatenformate	verwendete Datenformate
	allgemein_Nationalpark_SumavaverwendeteDatenformate	verwendete Datenformate
	allgemein_PrivatwirtschaftverwendeteDatenformate	verwendete Datenformate
	allgemein_verwendeteDatenformate	verwendete Datenformate

Hier ein Beispiel (**allgemein_amtliche_VermessungsverwendeteDatenformate**) in SQL-Form:

```

SELECT      Count(Datensatz.Datensatzname) AS
            [Anzahl der Datensätze], Vektor.Datenformat AS
            [Vektor-Datenformate], Raster.Datenformat AS
            [Raster-Datenformate], Grid.Datenformat AS
            [Grid-Datenformate], TIN.Datenformat AS
            [TIN-Datenformate]

FROM        Pfad INNER JOIN (((Datensatz LEFT JOIN Grid ON
Datensatz.Datensatz = Grid.Datensatz) LEFT JOIN
Raster ON Datensatz.Datensatz = Raster.Datensatz)
LEFT JOIN TIN ON Datensatz.Datensatz
= TIN.Datensatz) LEFT JOIN Vektor ON
Datensatz.Datensatz = Vektor.Datensatz) ON
Pfad.Pfad = Datensatz.Pfad

WHERE      (((Pfad.Ordner) Like "*amtliche_vermessung*"))

GROUP BY   Vektor.Datenformat, Raster.Datenformat,
            Grid.Datenformat, TIN.Datenformat







ORDER BY   Count(Datensatz.Datensatzname) DESC,
            Raster.Datenformat, Grid.Datenformat,
            TIN.Datenformat;

```

Hier sind wiederum gerichtete Joins beteiligt. Das Ergebnis ist eine stets aktuelle, tabellarische Gruppen-Übersicht in Form einer Diagonalmatrix über die physisch verwendeten Datenformate der von Seiten der amtlichen Vermessung bezogenen Datenbestände des Referenz-GIS in Verbindung mit einer Kategorisierung und Zählung.

5.6.1.8 GEBIET 8: ZÄHLUNG

Zu statistischen Dokumentationszwecken ist die Zählung diverser Gegebenheiten notwendig. Die 6 nebenstehenden Abfragen sind vor allem für die wissenschaftlich-technische Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ von Bedeutung und liefern kategorieabhängig div. numerische Aussagen.

	allgemein_Dokumente	Zählung
	allgemein_Legenden	Zählung
	allgemein_Multimedia	Zählung
	allgemein_multitemporaleDatensätze	Zählung
	allgemein_Sachdaten	Zählung
	allgemein_statischeDatensätze	Zählung






Hier ein Beispiel (`allgemein_Legenden`) in SQL-Form:

```
SELECT      Legende.Legendentyp, Legende.Datentyp,
            Count(Legende.Datentyp) AS Anzahl
FROM        Legende
GROUP BY    Legende.Legendentyp, Legende.Datentyp
ORDER BY    Legende.Legendentyp, Legende.Datentyp;
```

An dieser Stelle erhält der Anwender eine legenden- und datentyp-abhängige Aufzählung der im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ verwendeten Legenden in tabellarischer Form.

5.6.1.9 GEBIET 9: ZUGEHÖRIGKEITEN

Dieser Abschnitt stellt unter dem Oberbegriff „Zugehörigkeiten“ vielfältige Zusammenhänge dar. Die 5 nebenstehenden, vordefinierten Sichten stellen auf Modellebene definierte, thematische und datentechnische Zugehörigkeiten in anschaulicher Form dar und dienen dem Anwender zur reinen Auskunft.

	<code>allgemein_DatenquellentypDatenquelle</code>	Zugehörigkeiten
	<code>allgemein_DatensätzeQualität</code>	Zugehörigkeiten
	<code>allgemein_DatensatzObjektbereich</code>	Zugehörigkeiten
	<code>allgemein_Objektbereiche</code>	Zugehörigkeiten
	<code>allgemein_ThemenbereicheObjektbereiche</code>	Zugehörigkeiten

Hier ein Beispiel (`allgemein_ThemenbereicheObjektbereiche`) in SQL-Form:

```
SELECT      Themenbereich.Identifikator AS Themenbereich,
            Themenbereich.Themenbereichsname,
            Objektbereich.Identifikator AS Objektbereich,
            Objektbereich.Objektbereichsname
FROM        Themenbereich INNER JOIN (Objektbereich INNER JOIN
            [Themenbereich-Objektbereich] ON
            Objektbereich.Objektbereich
            = [Themenbereich-Objektbereich].Objektbereich) ON
            Themenbereich.Themenbereich
            = [Themenbereich-Objektbereich].Themenbereich
ORDER BY    Themenbereich.Identifikator,
            Objektbereich.Identifikator;
```

Das Ergebnis dieser informellen Abfrage ist eine tabellarische Übersicht über die aktuell definierten n:m-Zugehörigkeiten der 17 Objektbereiche des Referenz-GIS zu seinen 5 Themenbereichen.

5.6.2 KATEGORIE 2: SYSTEMABHÄNGIGE ANWENDERSICHTEN

5.6.2.1 GEBIET 4: FORTFÜHRUNG

Die systemabhängigen Abfragen zur strukturellen Fortführung der beiden Visualisierungsmedien des Referenz-GIS „View“ und „3D-Szene“ sind zwar für passive Auskunftszwecke geeignet, haben aber eine aktive Aufgabe, nämlich die Fortführung des Referenz-GIS auf der Projektebene der verwendeten GIS-Software.

	referenz-gis_FortführungProjekte3D-Szenen	Fortführung
	referenz-gis_FortführungProjekteViews	Fortführung

Hier ein Beispiel (`referenz-gis_FortführungProjekteViews`) in SQL-Form:



















```
SELECT      Legende.*, Thema.*, View.*, Projekt.*,
            [View-Thema].*
FROM        (Projekt RIGHT JOIN [View] ON Projekt.Projekt
            = View.Projekt) RIGHT JOIN ((Legende RIGHT JOIN
            Thema ON Legende.Legende = Thema.Legende) LEFT JOIN
            [View-Thema] ON Thema.Thema = [View-Thema].Thema)
            ON View.View = [View-Thema].View
ORDER BY    Projekt.Projektname, View.Viewname,
            Thema.Themename;
```

Das Ergebnis ist eine stets aktuelle, tabellarische Übersicht über die im Referenz-GIS derzeit integrierten Geo-Themen mit allen hierzu relevanten systemtechnischen Informationen.

Diese Ergebnis-Tabelle lässt neue Eintragungen und Ergänzungen für eine projekt-basierten Fortführung zu. Durch die Verwendung von gerichtete Tabellen-Joins kann eine Fortführung aller hierfür relevanten Tabellen in einem Zug gewährleistet werden. Diese Möglichkeit erleichtert die systemtechnische Fortführung des Referenz-GIS im praktischen Betrieb ungemein.

5.6.2.2 GEBIET 10: STRUKTUR

Die Ergebnisse der Abfragen dieses Anwendungsgebietes liefern dokumentarische Ergebnisse zu systeminternen Verwaltungsstrukturen. Diese sind primär für die Inhalte der vorliegenden Dokumentation maßgeblich und beziehen sich auf die 15 Views und die 3 3D-Szenen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Die aufgezeigten Strukturen regeln die inhaltlichen Ausprägungen der Views bzw. 3D-Szenen und geben die einem Visualisierungsmodul des Referenz-GIS zugehörigen Datensätze, Themen und Legenden tabellarisch wieder.

	referenz-gis_ArbeitsviewDokumentation	Struktur
	referenz-gis_DGM-FolgeprodukteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_dynamische WaldkarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_erweiterte StandortskarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_GefährdungskarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_historische KarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_klimatologische KarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_LuftbildkarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_PlanungskarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_Reliefdarstellung (F-R-G)Dokumentation	Struktur
	referenz-gis_Reliefdarstellung (gesamt)Dokumentation	Struktur
	referenz-gis_Reliefdarstellung (R-L-G)Dokumentation	Struktur
	referenz-gis_SatellitenkarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_topographische KarteDokumentation	Struktur
	referenz-gis_Totholzkartierung 1Dokumentation	Struktur
	referenz-gis_Totholzkartierung 2Dokumentation	Struktur
	referenz-gis_Totholzkartierung 3Dokumentation	Struktur
	referenz-gis_touristische KarteDokumentation	Struktur



Hier ein Beispiel (`referenz-gis_topographische Karte`Dokumentation) in SQL-Form:

```
SELECT      Thema.Themenname, Datensatz.Datensatzname,
           Legende.Legendename
FROM        (Projekt INNER JOIN [View] ON Projekt.Projekt
           = View.Projekt) INNER JOIN ((Legende INNER JOIN
           (Datensatz INNER JOIN Thema ON Datensatz.Datensatz
           = Thema.Datensatz) ON Legende.Legende
           = Thema.Legende) INNER JOIN [View-Thema] ON
           Thema.Thema = [View-Thema].Thema) ON View.View
           = [View-Thema].View
WHERE       (((View.Viewname)="topographische Karte") AND
           ((Projekt.Projektname)="referenz-gis"))
ORDER BY   Thema.Themenname;
```

An dieser Stelle wird dem Anwender eine detaillierte Aufstellung der in dem View „topographische Karte“ vorkommenden Geo-Datensätze in Form von mit Hilfe thematischer Legenden definierter Themen geliefert.

5.6.2.3 GEBIET 8: ZÄHLUNG

Wie im vorangegangenen Abschnitt bereits beschrieben, ist zu Dokumentationszwecken die Zählung diverser Gegebenheiten notwendig. Auch die beiden untenstehenden Abfragen sind für die vorliegende wissenschaftlich-technische Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ von Bedeutung und liefern kategorieabhängig numerische Aussagen über systemtechnische Anordnungen.

	<code>referenz-gis_Themenanzahlpro3D-Szene</code>	Zählung
	<code>referenz-gis_ThemenanzahlproView</code>	Zählung




















Hier ein Beispiel (`referenz-gis_ThemenanzahlproView`) in SQL-Form:

```
SELECT      View.Viewname, Count(Thema.Thema) AS
           [Anzahl von Thema]
FROM        (Projekt INNER JOIN [View] ON Projekt.Projekt
           = View.Projekt) INNER JOIN (Thema INNER JOIN
           [View-Thema] ON Thema.Thema = [View-Thema].Thema)
           ON View.View = [View-Thema].View
GROUP BY   View.Viewname
HAVING     (((First(Projekt.Projektname))="referenz-gis"))
ORDER BY   View.Viewname;
```

Obige Anfrage liefert gruppiert und sortiert nach den 15 2D-Visualisierungsmodulen (Views) des Referenz-GIS die Anzahlen der darin eingebundenen Geo-Themen.

5.6.2.4 GEBIET 9: ZUGEHÖRIGKEITEN

Wie bereits weiter oben unter der ersten Kategorie behandelt, stellt dieser Abschnitt unter dem Oberbegriff „Zugehörigkeiten“ vielfältige Zusammenhänge dar. Die 19 nebenstehenden, vordefinierten Sichten stellen auf Systemebene definierte, technische und strukturelle Zugehörigkeiten in anschaulicher Form dar und dienen dem Anwender zur reinen Auskunft.

	referenz-gis_Arbeitsview	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_DGM-Folgeprodukte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_dynamische Waldkarte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_erweiterte Standortskarte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Gefährdungskarte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_historische Karte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_klimatologische Karte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_LegendenPfadeThemen	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Luftbildkarte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Planungskarte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Reliefdarstellung (F-R-G)	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Reliefdarstellung (gesamt)	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Reliefdarstellung (R-L-G)	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Satellitenkarte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_topographische Karte	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Totholzkartierung 1	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Totholzkartierung 2	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_Totholzkartierung 3	Zugehörigkeiten
	referenz-gis_touristische Karte	Zugehörigkeiten

Hier ein Beispiel (`referenz-gis_LegendenPfadeThemen`) in SQL-Form:

```
SELECT      Legende.Legende, Legende.Legendenname, Pfad.Ordner,
            Thema.Themenname
FROM        (Projekt INNER JOIN [View] ON Projekt.Projekt
            = View.Projekt) INNER JOIN ((Pfad INNER JOIN
            (Legende INNER JOIN (Datensatz INNER JOIN Thema ON
            Datensatz.Datensatz = Thema.Datensatz) ON
            Legende.Legende = Thema.Legende) ON Pfad.Pfad
            = Datensatz.Pfad) INNER JOIN [View-Thema] ON
            Thema.Thema = [View-Thema].Thema) ON View.View
            = [View-Thema].View
WHERE      (((Projekt.Projektname)="referenz-gis"))
ORDER BY   Pfad.Ordner, Thema.Themenname;
```

Das Beispiel oben bietet dem Anwender eine tabellarische Gegenüberstellung der 1:n-Zugehörigkeiten von auf Betriebssystemebene physisch vorhandenen Legenden zu systemintern und damit softwareabhängig definierten Geo-Themen, wie es im Meta-Datenmodell des Referenz-GIS vorgesehen ist.

5.7 INTERAKTIONEN UND AUTOMATISMEN

Nach den Aussagen aus *Kap. 4.8* soll neben der reinen Meta-Funktionalität die Führung von umfassenden Meta-Informationen innerhalb des Referenz-GIS durch die Entwicklung von geeigneten Interaktionen und Automatismen zur Steigerung der Effizienz des Systems spürbar erleichtert werden. Hierbei ist das Ziel eines weitgehend automatisierten Meta-Datenmanagements (*automatic Metadata*) stets im Auge zu behalten.

Der Einsatz von vordefinierten Interaktionen ist vor allem bei der Meta-Datenerfassung sinnvoll. Die Verwendung von Automatismen ist dagegen bei der rekursiven Beauskunftung von impliziten Meta-Daten (Koordinaten, Projektionen, Datenmengen, Datum, etc.) und sich wiederholenden (*repeateable*) Meta-Daten (Ersteller, Sprache, Raumbezug, etc) von wesentlicher Bedeutung.

Hit Hilfe von umfangreichen Interaktionen und Automatismen bei der Meta-Datenerfassung, -Fortführung und -Verwaltung lassen sich zahlreiche Vorteile erreichen. Hier einige Beispiele:

- strenge Einhaltung vorgegebener Meta-Strukturen, -Standards und inhaltlicher Leitkonzepte
- erleichterte Verwaltung komplexer Meta-Datenstrukturen und -Zusammenhänge
- automatisierte Unterstützung von Beziehungen und Modellbeschreibungen
- Förderung der Akzeptanz des Meta-Datensystems beim Anwender
- Minimierung des Eingabeaufwands in Formulare und Tabellen
- automatisierte Meta-Datenerfassung bei impliziten Meta-Datenstrukturen
- zahlreiche Ansatzpunkte für Konsistenzsicherungsmaßnahmen
- intuitive Unterscheidung obligater und optionaler Meta-Informationen

Um derartige Möglichkeiten der Optimierung des Meta-Datenkonzeptes des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ nutzen zu können, finden derzeit folgende Maßnahmen Anwendung:

5.7.1 INTERAKTIONEN

Grundsätzlich kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass das Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS durch seinen überwiegend zentralistischen Ansatz bereits über die Verwendung eines RDBMS zahlreiche Voraussetzungen für einen umfassenden Einsatz von Interaktionen und Automatismen impliziert. Diesbezügliche Maßnahmen sind daher größtenteils auf Datenbankebene und damit in einer standardisierten Umgebung realisiert.

Das relationale Modell ermöglicht beispielsweise über die Definition von Primär- und Fremdschlüsseln Eindeutigkeitsreglementierungen. Eindeutige und uneindeutige Tabellen-Indizes ergänzen diese Möglichkeiten hinreichend. Ferner ist durch die Notwendigkeit, in RDBMS Felddatentypen für Attribute anzugeben, die Voraussetzung geschaffen, datentypabhängige Einschränkungen und Vorgaben bei Wertebereichen zu treffen.

Aufgrund der Vielzahl der im Einzelnen vorgenommenen Interaktionen kann in den folgenden Abschnitten nur beispielhaft auf deren Methoden und Inhalte eingegangen werden.

5.7.1.1 DEFINITION INTERAKTIVER AUSWAHLFELDER MIT UND OHNE RELATIONALEN REFERENZEN

Auf Tabellenebene besteht gerade bei hoch strukturierten Meta-Datenkonzepten wie dem des Referenz-GIS die Notwendigkeit, die Wertemengen von Tabelleninhalten a priori zu definieren und dem Anwender in Form von sog. Auswahl- oder Nachschlagefeldern vorzugeben. Hierbei bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

1. **definierte Referenz**
(*Wertliste*, in der eine festgelegte Gruppe von Werten angezeigt wird, die beim Erstellen des Feldes definiert werden; die Liste ist das fixe Ergebnis einer Modelldefinition)
2. **relationale Referenz**
(*Nachschlageliste*, in der Werte angezeigt werden, die in einer vorhandenen Tabelle oder Abfrage nachgeschlagen werden; die Liste ist das dynamische Ergebnis einer SQL-basierten Formulierung)

Im Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS kommen beide Varianten zum Einsatz. Es ist jedoch der überwiegende Teil der Referenzen dynamisch gestaltet, so dass nur relativ wenige definierte Referenzen mit einbezogen sind.

Ein Beispiel für definierte Referenzen sind Auswahlfelder für Jahreszahlen zur Eingrenzung von temporalen Wertebereichen, wie es nebenstehende Abbildung verdeutlicht.

Die hierfür definierte Werteliste hat folgenden Aufbau und kann im Zuge von weiteren Modellierungsarbeiten beliebig erweitert werden:

"1990"; "1991"; "1992"; "1993"; "1994";
 "1995"; "1996"; "1997"; "1998"; "1999";
 "2000"; "2001"; "2002"; "2003"; "2004";
 "2005"; "unbekannt"

Erfasser	Erfassungsjahr	Erfassungsmonat
FORST-GIS	1991	unbekannt
LWF	1990	hbekannt
FORST-GIS	1991	hbekannt
FORST-GIS	1992	hbekannt
NPV	1993	hbekannt
FORST-GIS	1994	hbekannt
FORST-GIS	1995	hbekannt
FORST-GIS	1996	hbekannt
FORST-GIS	1997	hbekannt
FORST-GIS	1998	hbekannt
FORST-GIS	1999	hbekannt
FORST-GIS	2000	hbekannt
LVA	2001	hbekannt
LVA	2002	hbekannt
LVA	2003	hbekannt
LVA	2004	hbekannt
FORST-GIS	2005	hbekannt
FORST-GIS	unbekannt	hbekannt
FORST-GIS	1991	unbekannt

ABBILDUNG 72: BEISPIEL FÜR EINE DEFINIERTE ATTRIBUT-REFERENZ IN DER TABELLE „DATENSATZ-QUALITÄT“ DER META-DATENBANK DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Nachfolgende Abbildung liefert ein Beispiel für den zweiten Fall; eine komplexe, relationale Attribut-Referenz:

View	Themename	Eintrag
Arbeitsview	Staatswaldgrenze	20.04.98
Arbeitsview	Rachel-Lusen-Gebietsgrenze	20.04.98
Arbeitsview	Falkenstein-Rachel-Gebietsgrenze	20.04.98
Arbeitsview	Staatswald (R-L-G)	20.04.98
Arbeitsview	Staatswald (R-L-G)	100
Arbeitsview	Staatswaldgrenze	97
Arbeitsview	Staatswaldgrenze	148
Arbeitsview	Staatswaldgrenze	246
Arbeitsview	Staatswaldgrenze (F-R-G)	434
Arbeitsview	Staatswaldgrenze (R-L-G)	61
Arbeitsview	Steige (R-L-G)	64
Arbeitsview	Steige (R-L-G)	108
Arbeitsview	Straßenverkehr (ATKIS25)	91
dynamische Waldkarte	Straßenverkehr (ATKIS25)	92
dynamische Waldkarte	Straßenverkehr (ATKIS25)	142
dynamische Waldkarte	Straßenverkehr (ATKIS25)	417
dynamische Waldkarte	Sumpffläche, Landwirtschaftsfläche, Moor (1 Zeichen) (DFK)	494
dynamische Waldkarte	Sumpffläche, Landwirtschaftsfläche, Moor (4 Zeichen) (DFK)	495
dynamische Waldkarte	Tankstelle (DFK)	471
dynamische Waldkarte	Temperaturverteilung (Hang- und Hochlagen)	449
dynamische Waldkarte	Temperaturverteilung (Tallagen mit Kaltluftstau)	450
dynamische Waldkarte	Temperaturverteilung 10.07.1995	393
dynamische Waldkarte	Temperaturverteilung 11.08.1997	395
dynamische Waldkarte	Temperaturverteilung 23.07.1996	394
dynamische Waldkarte	Bestandshochziffer (R-L-G)	17.04.98
dynamische Waldkarte	Pflege- und Nutzungsarten (F-R-G)	17.04.98
dynamische Waldkarte	Entwicklungsstadien (R-L-G)	17.04.98
dynamische Waldkarte	Buchungsstellenschlüssel (R-L-G)	17.04.98

ABBILDUNG 73: BEISPIEL FÜR EINE KOMPLEXE, RELATIONALE ATTRIBUT-REFERENZ IN DER TABELLE „VIEW-THEMA“ DER META-DATENBANK DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Diese Attribut-Referenz basiert auf einer speziell hierfür definierten, relationalen Beziehung, welche die Themennamen und -Nummern der Tabelle „Thema“ in der Tabelle „View-Thema“ verfügbar macht.

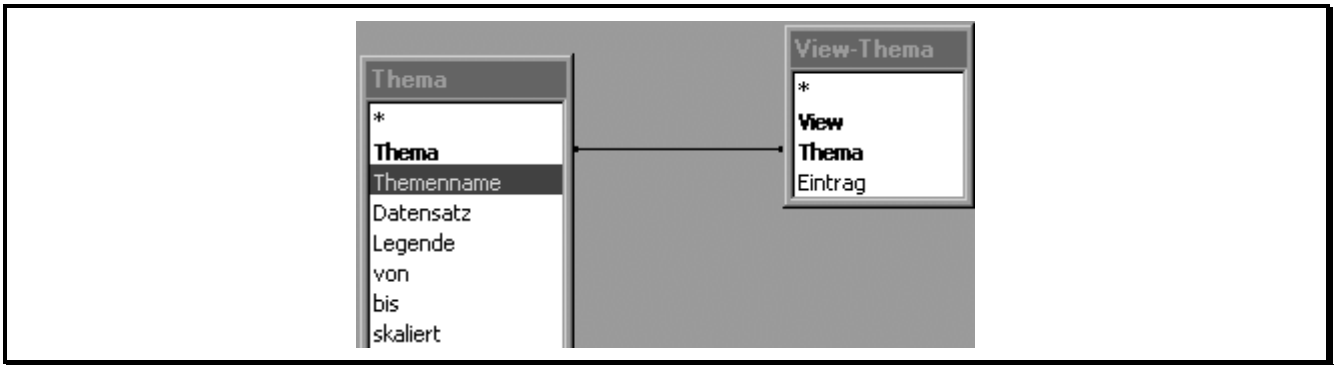


ABBILDUNG 74: BEISPIEL FÜR EIN RELATIONALES KONSTRUKT EINER KOMPLEXEN ATTRIBUT-REFERENZ

Besonders hervorzuheben ist hier, dass die Beziehung zwar zwischen den rein numerischen Schlüsseln **Thema.Thema** und **View-Thema.Thema** besteht, aber trotzdem die alphanumerischen Inhalte des Attributs **Thema.Themename** ergänzt um die Themennummern (Schlüssel **Thema.Thema**) in der Tabelle „View-Thema“ präsentiert werden.

Unter Nutzung solcher referenzierter und zugleich gelinkter Felder ermöglicht der Datenbankentwurf dem Anwender den Zugriff auf „lesbare“ und damit intuitiv nutzbare Metainformationen, obwohl auf Systemebene zur Effizienz- und Performance-Steigerung mit verwaltungs- und speicher-extensiven, numerischen Schlüsseln gearbeitet wird.

5.7.1.2 EINFÜHRUNG VON STANDARDWERTEN UND DYNAMISCHEN FELDERN

Durch die Vorgabe von Standardwerten für ausgewählte Tabelleninhalte kann dem Anwender die Erfassungsarbeit spürbar erleichtert werden. Die Auswahl und Belegung solcher Felder muss beim logischen Modellierungsprozess erfolgen und kann im Nachhinein ohne großen Aufwand modifiziert werden.

Am Beispiel der Tabelle „Datensatz-Qualität“ der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ kann die Verwendung von Standardwerten gezeigt werden. Folgende 13 von insgesamt 18 Attribut-Feldern der Tabelle sind mit Standardvorgaben belegt:

- Erfassungsjahr → „2002“
- Erfassungsmonat → „unbekannt“
- Erfassungssystem → „ArcView“
- Abgaberaumbezug → „GK, Bessel, Bayern, 12“
- Abgabeformat → „ESRI-SHAPE“
- Raumbezug → „GK, Bessel, Bayern, 12“
- Verarbeiter → „TUM“
- Verarbeitungsjahr → „2002“
- Verarbeitungsmonat → „unbekannt“
- Verarbeitungssystem → „ArcView“
- Verarbeitungszustand → „fertig“
- Gültigkeitsstatus → „gültig“
- temporaler Status → „quasi-statisch“

Diese vorgegebenen Einträge werden zwar automatisch vergeben, sind aber lediglich als wahrscheinliche Inhalte zu werten und können vom Anwender nach Bedarf modifiziert werden.

Eine weitere Möglichkeit die Daten-Eingabe und -Verwaltung zu erleichtern bzw. zu automatisieren, ist die Verwendung von dynamischen Feldern. Hier bieten sich beispielsweise automatisierte, laufende Datensatznummern (ID-Werte) und natürlich eingabeaktuelle Zeitangaben, wie Datum und Uhrzeit an. In der Meta-Datenbank des Referenz-GIS werden beispielsweise alle Primärschlüssel über laufende Nummern automatisiert vergeben, was vier grundlegende Vorteile bietet:

1. Der Erfassungsaufwand sinkt erheblich.
2. Bei der Schlüsselvergabe für insgesamt 34 Tabellen und derzeit 5 100 Meta-Datensätzen werden Fehler bereits auf Systemebene ausgeschlossen.
3. Die Konsistenzsicherung im Rahmen der referentiellen Integrität zwischen den Tabellen der Meta-Datenbank bleibt überschaubar.
4. Numerische ID-Schlüssel stellen verwaltungs- und speicher-extensiven Datenbankelemente dar, wodurch die Systemperformance auch bei sehr komplexen Datenbankoperationen optimal bleibt.

Hier ein Beispiel anhand des Primärschlüssels der Tabelle „Datensatz“:

Feldname	Felldatentyp	ID des betreffenden Datensatzes
Datensatz	AutoWert	

Datensatz	Datensatzname
1	bestände
2	hochlagen
3	sonderflächen
4	staatswald 19970730
5	bodenarten
6	bäche
7	kanäle
8	abteilungsgrenze
9	rachel-lusen-gebietsgrenze
10	distriktgrenze

ABBILDUNG 75: AUTOMATISIERTE ID-VERGABE FÜR DEN PRIMÄRSCHLÜSSEL DER TABELLE „DATENSATZ“

5.7.1.3 ABLEITUNG VON INTERAKTIVEN ANWENDERSICHTEN

Die Ableitung von interaktiven Anwendersichten bietet zahlreiche Ansatzpunkte. In erster Linie handelt es sich hierbei um Erfassungs- und Fortführungsmasken auf Grundlage modell-bezogener Workflows. Hierbei wird durch die Strukturierung von Eingabedialogen, durch Unterscheidung unbedingt erforderlicher und optionaler Angaben sowie durch interaktive Auswahlfelder mit vorgegebenen Einträgen ein für eine nachhaltige Verwendung des Meta-Datenkonzepts des Referenz-GIS akzeptabler Rahmen geschaffen.

Auf Datenbankseite besteht hierfür grundsätzlich die Möglichkeit, über sog. Gültigkeitsregeln (Validation-Rules, Checks) auf Basis numerischer Feldbedingungen, Wertebereichsdefinitionen und dergleichen festzulegen, welche Anforderungen die Eingabedaten in einem Datensatz erfüllen müssen. Die Definition der Gültigkeitsregeln erfolgt standardisiert über SQL- oder VisualBasic-Methoden. Für den Fall, dass eingegebene Daten festgelegte Regeln verletzen, besteht die Möglichkeit, eine entsprechende Rückmeldung (Gültigkeitsmeldung, Validation-Text) an den Anwender festzulegen.

Im einfachsten Fall kann dem Anwender an dieser Stelle vorgegeben werden, ob ein Feld mit Werten zu belegen ist oder nicht (*optionale* oder *verbindliche/mandatory* Meta-Informationen; vgl. Kap. 4.5.3).

Im Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS besteht sowohl auf Desktop- als auch auf Internet-Basis die Möglichkeit der Strukturierung von Eingabedialogen mit Hilfe von sog. Eingabeformularen. Beispielsweise setzt ein Formular auf der im vorangegangenen *Kapitel. 5.6* behandelten, komplexen Fortführungsabfrage für Vektor-Datensätze „**allgemein_FortführungVektordaten**“ und stellt dem Anwender das Anfrageergebnis in Form einer menügesteuerten, interaktiven Eingabemaske übersichtlich zur Verfügung. Damit ermöglicht die Meta-Datenbank des Referenz-GIS Anwendern ohne systeminterne Vorkenntnisse, vektor-basierte Geometriedaten auf Meta-Datenebene via Internet oder Arbeitsstation neu ein- und fortzuführen. Für die Datentypen Raster, Grid und TIN gilt analoges.

5.7.2 AUTOMATISMEN

Automatismen lassen sich in Meta-Informationssystemen auf vielfältige Weise einführen. Sind die Meta-Informationen wie im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ größtenteils datenbank-basiert verfügbar, eröffnet sich bereits dort eine grundlegende Möglichkeit der Automatisierung.

5.7.2.1 AKTUALISIERUNGS- UND LÖSCHWEITERGABEN

Diese Funktionalitäten der Meta-Datenbank des Referenz-GIS sind bereits im vorangegangenen Kapitel angerissen worden. Wegen dem bei der relationalen Modellierung der Meta-Datenbank streng eingehaltenen Prinzip der Redundanzfreiheit und den in allen Relationen definierten, referentiellen Integritäten (*vgl. Kap. 5.3*) ist jede Änderung oder Eintragung von Schlüsselattributen nur einmal und in vielen Fällen in zeitsparender Interaktion (*s.o.*) mit dem Anwender zu tätigen. Mit Hilfe der hierbei möglichen, *Löschweitergaben* für Datensätze und *Aktualisierungswweitergaben* für Primär- und Fremdschlüssel lassen sich tabellenübergreifend umfangreiche Transaktionen automatisiert und damit für den Anwender nicht erkennbar durchführen.

Die referenzielle Integrität ist ein automatisiertes Regelsystem zur weit reichenden, datenbankinternen Konsistenzsicherung, mit dessen Hilfe das Datenbankmanagementsystem sicherstellt, dass Beziehungen zwischen Datensätzen in Detailtabellen gültig sind und dass bei Bedarf verknüpfte Daten nicht versehentlich gelöscht oder geändert werden können.

Im Rahmen dieser Festlegungen ist es oftmals (nicht immer) auch sinnvoll *Löschweitergaben* vorzuschreiben, wodurch das DBMS bei jedem Löschen von Datensätzen in Mastertabellen automatisch die zugehörigen Detaildatensätze in der Detailtabelle löscht.

Bei Definition von i.d.R. immer sinnvollen *Aktualisierungswweitergaben*, aktualisiert das DBMS bei jeder Änderung von Primärschlüsseln eines Datensatzes einer Mastertabelle automatisch den/die Primär- bzw. Fremdschlüssel in allen betroffenen Detaildatensätzen auf den neuen Wert.

5.7.2.2 AGGREGATION VON SEKUNDÄRINFORMATIONEN

Nach *Kap. 4.7.4.1* handelt es sich bei impliziten Meta-Daten um aggregierte Sekundärinformationen, die direkt aus einem vorliegenden Geo-Datensatz oder -Datenbestand abgeleitet wurden. Dieser Meta-Datentyp enthält häufig für den unmittelbaren Betrieb und die rasche Qualifikation eines Datenbestandes wichtige Informationen. Allerdings müssen abgeleitete Meta-Daten bei Änderungen der eigentlichen Geo-Daten invalidiert werden. Sie dürfen nach Möglichkeit nicht manuell eingegeben werden, sondern sind automatisch abzuleiten.

Im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ existiert ein originär zur Konsistenzsicherung zwischen der physikalischen und der logischen Struktur der Meta-Informationen des Systems entwickeltes Tool, das zudem umfangreiche Aggregationsfunktionalitäten für implizite Meta-Informationen beinhaltet. Dieses Tool (*Metadata Collection Script*) leitet automatisiert datensatz-begleitende Informationen aus den Geo-Datensätzen des Referenz-GIS ab. Nähere Details zu den Konsistenzsicherungs- und Aggregationsmethoden des Referenz-GIS ist in *Kap. 5.8.3* nachzulesen.

5.7.2.3 ABGLEICHSMECHANISMEN

Neben den beiden zuvor ausgeführten Punkte existiert für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ noch eine weitere Gruppe von Meta-Datenautomatismen. Es handelt sich hierbei um verschiedene Abgleichsmechanismen, die es dem versierten Anwender ermöglichen, innerhalb einheitlicher Strukturen ausgewählte Meta-Attribute mit übergreifend gültigen Werten zu versehen. Ein derartiges Vorgehen kommt nur für Datenbestände bestimmter einheitlicher Strukturen, wie beispielsweise homogene Datenquellen, Erfasser und Erfassungsmethoden, identische Jahrgänge oder Thematiken oder kongruente Anwendungsgebiete in Frage.

Die zum Abgleich in Frage kommenden Attribute beinhalten oftmals qualitätsbeschreibende Merkmale, wie beispielsweise Erfassungs-Maßstäbe und -Genauigkeiten (Lage und Höhe), verarbeitungstechnische Merkmale oder Klassifizierungsgenauigkeiten und attributive Zuverlässigkeiten. Darüber hinaus sind in einigen Fällen auch Erfassungsdatenformate und Strukturen der physischen Datenhaltung sowie temporale Kriterien strukturbezogen pauschal belegbar.

Alle diese Automatismen arbeiten im vorliegenden System SQL-basiert und damit standardisiert auf Datenbankebene mit Hilfe sog. Änderungsabfragen (auch: Update-Statements). Solche Änderungsabfragen erzeugen in der Meta-Datenbank des Referenz-GIS keine neuen Datensätze, sondern nehmen in bereits vorhandenen Meta-Datensätzen pauschalisierte Eintragungen oder Änderungen vor. In welchen Datensätzen welche Eintragungen und/oder Änderungen vorgenommen werden, wird vom Anwender via SQL festgelegt, wie es untenstehendes Beispiel zeigt:

```
UPDATE      ((Datensatz INNER JOIN [Datensatz-Qualität] ON
Datensatz.Datensatz
= [Datensatz-Qualität].Datensatz) INNER JOIN
Vektor ON Datensatz.Datensatz
= Vektor.Datensatz) INNER JOIN [Vektor-Qualität] ON
Vektor.Datensatz = [Vektor-Qualität].Datensatz SET
[Vektor-Qualität].Höhengenaugkeit = "3 m"

WHERE      (((Datensatz.Datentyp) Like "*Z") AND (([Datensatz-
Qualität].Erfasser)="LVA"));
```

Dieses SQL-Statement ändert oder setzt über 4 Tabellen der Meta-Datenbank hinweg die relative Höhengenaugkeit 3-dimensionaler Vektor-Datensätze, welche als gemeinsame Datenerfassungsquelle das Bayerische Landesvermessungsamt haben, auf pauschale 3 m.

5.8 DIE DATENBANKLÖSUNG DES META-INFORMATIONSSYSTEMS

Für die Sach-Datenmodellierung und -haltung im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ kommen derzeit neben diversen Attributtabelle 4 relationale Datenbankmodelle zum Einsatz. Das erste ist für die umfassende Haltung und Beauskunftung der forstlichen Sachinformationen eingerichtet (vgl. Kap. 8.5 der Anlage). Das zweite Modell übernimmt die Haltung der vorliegenden Datenbestände aus dem ALB (vgl. Kap. 8.6 der Anlage). Das dritte beinhaltet die klimatologischen Datenbestände der Klima-Stationen des Nationalparks (vgl. Kap. 8.7 der Anlage), wogegen das letzte und zugleich wichtigste Datenbankmodell die hier in Kap. 4.8 beschriebenen Meta-Informationen zum Referenz-GIS organisiert.

Im Rahmen der Kapitel 8.1, 8.2, 8.3 und 8.4 der Anlage (wissenschaftlich-technische Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“) werden zum besseren Verständnis dieser Datenbankkonzepte die wichtigsten Modellierungstechniken auf der Basis relationaler Datenbanken ausführlich vorgestellt.

Zusammenfassend haben folgende Argumente zur Entscheidung für die Verwendung einer relationalen Datenbank in Verbindung mit der konzeptionellen Modellierungstechnik des Strukturierten Entity-Relationship-Modells (SERM) geführt. Mehr zu diesem Thema ist den o.g. Kapiteln zu entnehmen:

- Relationale Datenbanksysteme sind am GIS-Markt am weitesten verbreitet. Es sind ausgereifte und leistungsstarke Systeme, die den Mehrbenutzerzugriff gestatten und die Daten durch das Transaktionskonzept widerspruchsfrei speichern.
- Integritätsbedingungen, wie z.B. die Wertebereichsintegrität, die referentielle Integrität und die intrarelationale Integrität, stellen die Konsistenz der Daten sicher.
- Der Zugriff auf Sach-Daten ist derzeit durch SQL92 standardisiert. Zukünftig gibt es mit SQL3 objektrelationale Erweiterungen, mit dem Ziel relationale und objekt-orientierte Konzepte in SQL zu integrieren und neue Datentypen zu definieren, die das DBMS verwalten kann.
- Das EERM und das SERM bieten ein Fülle von graphischen Modellierungskonstrukten, welche die Erstellung eines konzeptionellen Modells unterstützen.
- Bei der Implementierung (Transformation) eines SERM in ein relationales Datenbanksystem gehen einige graphische Modellierungskonstrukte verloren, die sich über Umwege aber dennoch in relationalen DB-Systeme abbilden lassen.
- Das SERM ist eine leistungsfähige Alternative zur objekt-orientierten Modellierung (z.B. UML, OMT).
- Das SERM lässt sich neben relationalen Datenbanksystemen in Objekt-Relationale (ORDBMS) und Objekt-Orientierte DatenbankManagementsysteme (OODBMS) abbilden.

Die Meta-Datenbank ist die wichtigste Komponente des Meta-Datengesamtkonzeptes des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Bei dem zugehörigen Meta-Datenbankmodell handelt es sich um eine relationale Datenbank-Lösung, die einzelne Geo-Datensätze unter Berücksichtigung der inhaltlichen Vorgaben geltender Meta-Datenstandards umfassend beschreibbar macht. Darüber hinaus wird die Gesamtmodellierung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ detailliert wiedergegeben. Die Datenbank ist demnach so modelliert, dass sie den logischen Aufbau des GIS sowie alle relevanten Informationen über darin verfügbare digitale Geo-Daten wiedergeben kann. Daneben sind umfassende Qualitätsaspekte berücksichtigt.

Die Meta-Datenbank des Referenz-GIS beinhaltet, wie bereits angeführt, in neun Hierarchie-Ebenen die acht Meta-Datenkategorien bzw. -Informationsstränge „*physikalischer Zugriff*“, „*thematische Klassifizierung*“, „*geometrische Klassifizierung*“, „*qualitätsspezifischer Teil*“, „*systemabhängiger Teil*“, „*Multimedia*“, „*Sachinformationen*“ und „*Dokumente*“. Das Basisgerüst der Datenbank besteht aus Tabellen, die über ein einheitliches Schlüsselkonzept und referentielle Integritäten miteinander verknüpft sind.

Die Struktur der Datenbank ist grundsätzlich allgemeingültig gehalten, so dass nicht nur das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ dort beschrieben werden kann, sondern - mit nur wenigen Einschränkungen und/oder Modifikationen - beliebige Geoinformationssysteme mit einer georelativen Struktur. Durch Austausch der derzeit ESRI-spezifischen Meta-Datenkategorie „*5. systemabhängiger Teil*“ lässt sich die Datenbank an nahezu alle denkbaren Herstellersysteme mit georelativer Datenhaltung anpassen.

5.8.1 OBJEKTE UND BEZIEHUNGEN

(konzeptionelles Modell)

5.8.1.1 DEFINITION DER OBJEKTMENGEN

Die konzeptionelle Definition der Objektmengen der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ findet im Rahmen der Ausführungen der *Kap. 7.8 und 8.8.2 der Anlage* statt. Sie muss daher an dieser Stelle nicht mehr vorgenommen werden.

Die 34 Objektmengen sind:

1. 3D-Szene (systemabhängig) Views zur 3D-Datenvisualisierung
2. 3D-Szene-Thema (systemabhängig) n:m-Zuordnungen 3D-Szenen-Themen
3. Attribut (systemunabhängig) direkte Geometrieattribute
4. Attribut-Qualität (systemabhängig) Attribut-spezifische Qualitätskriterien
5. Datenformat (systemunabhängig) Definition der verwendeten Geometrie-Datenformate
6. Datenquelle (systemunabhängig) Datenquellenübersicht
7. Datenquellentyp (systemunabhängig) Datenquellentypenübersicht
8. Datensatz (systemunabhängig) Geometrie-Datensätze
9. Datensatz-Qualität (systemabhängig) datensatz-spezifische Qualitätskriterien
10. Dokument (systemunabhängig) Dokument-Datensätze
11. Grid (systemunabhängig) Grid-Datensätze
12. Grid-Qualität (systemabhängig) grid-spezifische Qualitätskriterien
13. Laufwerk (systemunabhängig) physische (Server-) Laufwerke zur Speicherung der Datensätze
14. Legende (systemabhängig) themenabhängige Legendenfiles
15. Multimedia (systemunabhängig) Multimedia-Datensätze
16. Objekt (systemunabhängig) geometrische Einzelobjekte
17. Objektart (systemunabhängig) geometrische Objektarten
18. Objektbereich (systemunabhängig) Definition von datenquellenunabhängigen Objektbereichen
19. Pfad (systemunabhängig) laufwerksunabhängige, physische Pfade zur Speicherung der Datensätze
20. Projekt (systemabhängig) Projekte zur Verwaltung von Views und 3D-Szenen
21. Raster (systemunabhängig) Raster-Datensätze
22. Raster-Qualität (systemabhängig) Raster-spezifische Qualitätskriterien
23. Sachdaten (systemunabhängig) Sach-Datenbanken
24. Server (systemunabhängig) Geo-Server zur Speicherung der Datensätze
25. Tabelle (systemabhängig) indirekte Geometrieattribute
26. Thema (systemabhängig) Verwendung von Datensätzen in thematischen Zusammenhängen
27. Themenbereich (systemunabhängig) Definition von datenquellenabhängigen Themenbereichen
28. Themenbereich-Objektbereich (systemunabhängig) n:m-Zuordnungen Themenbereiche-Objektbereiche

- | | | |
|-----|-----------------|--|
| 29. | TIN | (systemunabhängig) TIN-Datensätze |
| 30. | TIN-Qualität | (systemabhängig) TIN-spezifische Qualitätskriterien |
| 31. | Vektor | (systemunabhängig) Vektor-Datensätze |
| 32. | Vektor-Qualität | (systemabhängig) Vektor-spezifische Qualitätskriterien |
| 33. | View | (systemabhängig) Views zur 2D-Datenvisualisierung |
| 34. | View-Thema | (systemabhängig) n:m-Zuordnungen Views-Themen |

5.8.1.2 OBJEKTEIGENSCHAFTEN

Die vollständige Beschreibung der Eigenschaften aller 34 Objekte geordnet nach den 8 Meta-Datenkategorien aus *Kap. 5.3* wäre an dieser Stelle zu umfangreich und ist daher der *Anlage unter Kap. 8.8.2.2* zu entnehmen. Stattdessen soll hier anhand des untenstehenden Beispiels (*Meta-Datenkategorie* „thematische Klassifizierung“; *Tabelle* „Datensatz“) ein entsprechender Eindruck vermittelt werden:

Beispiel: Erfassung aller Geometrie-Datensätze des Referenz-GIS

Datensatz	
Datensatz	- interne ID des betreffenden Datensatzes
Datensatzname	- Name des betreffenden Datensatzes
Pfad	- interne ID des betreffenden Pfades
Objektbereich	- zugeordneter Objektbereich
Quelle	- interne ID der primären Datenquelle
Identifikator	- 4-stelliger Identifikator des betreffenden Datensatzes
Anzahl-Objektarten	- Anzahl der im betreffenden Datensatz beinhalteten Objektarten
Anzahl-Objekte	- Anzahl der im betreffenden Datensatz beinhalteten Objekte
Datentyp	- betreffender Datentyp
Datenmenge	- Datenmenge in [KByte]
Kurzbeschreibung	- Kurzbeschreibungen des betreffenden Datensatzes
Verwendungszweck	- primärer Verwendungszweck des betreffenden Datensatzes
ergänzende Informationen	- ergänzende Informationen über den betreffenden Datensatz
Skizze	- grafische Vorschau auf den betreffenden Datensatz
Nutzungseinschränkungen	- externe Nutzungseinschränkungen für den betreffenden Datensatz
Sprache-Datensatz	- verwendete Sprache des betreffenden Datensatzes
Sprache-Metainformationen	- verwendete Sprache der zugehörigen Meta-Informationen
Zeichensatz-Metainformationen	- verwendeter Zeichensatz der zugehörigen Meta-Informationen
Kontaktinformationen	- Kontaktinformationen, Ansprechpartner oder Verantwortliche sowohl für die Geo- als auch für die Meta-Daten
Eintrag	- Datum des Eintags in die Meta-Datenbank

ABBILDUNG 76: OBJEKTEIGENSCHAFTEN DER TABELLE „DATENSATZ“

5.8.1.3 DARSTELLUNG DER BEZIEHUNGEN

In diesem Abschnitt werden die Beziehungen zwischen den zuvor beschriebenen Objektmengen erläutert. Die Beziehungen sollen durch Verwendung der Symbolik des SERM veranschaulicht werden. Die Fremdschlüssel der Zielobjektmenge müssen dabei als referenzierte Primärschlüssel in der Startobjektmenge vorkommen.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluß über die Kardinalitätsrestriktionen der Beziehungen. Mit der Kardinalitätsrestriktion einer Beziehung wird die Anzahl von Objekten angegeben, mit denen ein betrachtetes Objekt (Entität) innerhalb dieser Beziehung prinzipiell verknüpft sein kann. Mit der Angabe eines Minimums und eines Maximums der Ausprägung einer Beziehung kann die Semantik der Beziehungstypen verfeinert werden.

$kard(R, A)$	<i>gibt das Minimum und Maximum von Entitäten der Zielobjektmenge an, die mit genau einem Startobjekt in Relation stehen können.</i>
$kard(R, Z)$	<i>gibt das Minimum und Maximum von Objekten der Startobjektmenge an, die mit genau einem Zielobjekt in Beziehung stehen können.</i>

REGEL 1: KARDINALITÄTSRESTRIKTION EINER BEZIEHUNG

Nr.	Startobjekt	$kard(R, A)$	$kard(R, Z)$	Zielobjekt
1)	Server	$1, n$	$1, 1$	Laufwerk
2)	Laufwerk	$0, n$	$1, 1$	Pfad
3)	Datenquellentyp	$1, n$	$1, 1$	Themenbereich
4)	Themenbereich	$1, n$	$1, m$	Objektbereich
5)	Objektbereich	$1, n$	$1, 1$	Datensatz
6)	Datenquellentyp	$1, n$	$1, 1$	Datenquelle
7)	Datenquelle	$1, n$	$1, 1$	Datensatz
8)	Pfad	$0, n$	$1, 1$	Datensatz
9)	Datensatz	$0, n$	$1, 1$	Objektart
10)	Objektart	$1, n$	$1, 1$	Objekt
11)	Datensatz	$0, n$	$1, 1$	Attribut
12)	Pfad	$0, n$	$1, 1$	Multimedia
13)	Pfad	$0, n$	$1, 1$	Sachdaten
14)	Pfad	$0, n$	$1, 1$	Dokumente
15)	Datensatz	$1, 1$	$1, 1$	Vektor
16)	Datensatz	$1, 1$	$1, 1$	Raster
17)	Datensatz	$1, 1$	$1, 1$	Grid
18)	Datensatz	$1, 1$	$1, 1$	TIN
19)	Datenformat	$0, n$	$1, 1$	Vektor
20)	Datenformat	$0, n$	$1, 1$	Raster
21)	Datenformat	$0, n$	$1, 1$	Grid
22)	Datenformat	$0, n$	$1, 1$	TIN
23)	Datensatz	$1, 1$	$1, 1$	Datensatz-Qualität
24)	Attribut	$0, 1$	$1, 1$	Attribut-Qualität
25)	Vektor	$0, 1$	$1, 1$	Vektor-Qualität
26)	Raster	$0, 1$	$1, 1$	Raster-Qualität
27)	Grid	$0, 1$	$1, 1$	Grid-Qualität
28)	TIN	$0, 1$	$1, 1$	TIN-Qualität
29)	Datensatz	$0, n$	$1, 1$	Thema
30)	Legende	$1, n$	$1, 1$	Thema
31)	Pfad	$0, n$	$1, 1$	Tabelle
32)	Projekt	$0, n$	$1, 1$	View
33)	Projekt	$0, n$	$1, 1$	3D-Szene
34)	Projekt	$0, n$	$1, 1$	Tabelle
35)	View	$1, n$	$0, m$	Thema
36)	3D-Szene	$1, n$	$0, m$	Thema

TABELLE 15: KARDINALITÄTSRESTRIKTIONEN DER BEZIEHUNGEN

Die Darstellung der Beziehungen der Objekte der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ hat bereits im Rahmen der Ausführungen des *Kap. 5.3* stattgefunden. Sie muss daher an dieser Stelle nicht mehr vorgenommen werden.

Zum Schlüsselkonzept der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ müssen keine sehr detaillierten Angaben gemacht werden. Die Relationen werden ausschließlich über sog. Surrogatschlüssel realisiert. Im Falle der Meta-Datenbank bestehen nahezu alle Primärschlüssel der Datenbanktabellen aus automatisch vergebenen LongInteger-Werten, die jeweils einen Datensatz einer zugehörigen Tabelle repräsentieren. Diese Surrogat-Primär-Schlüssel sind zugleich Fremdschlüssel in zugehörigen Detail-Relationen, wobei diese Schlüsselfelder immer nach den Tabellenbezeichnungen der Master-Tabelle benannt sind.

Hier einige Beispiele:

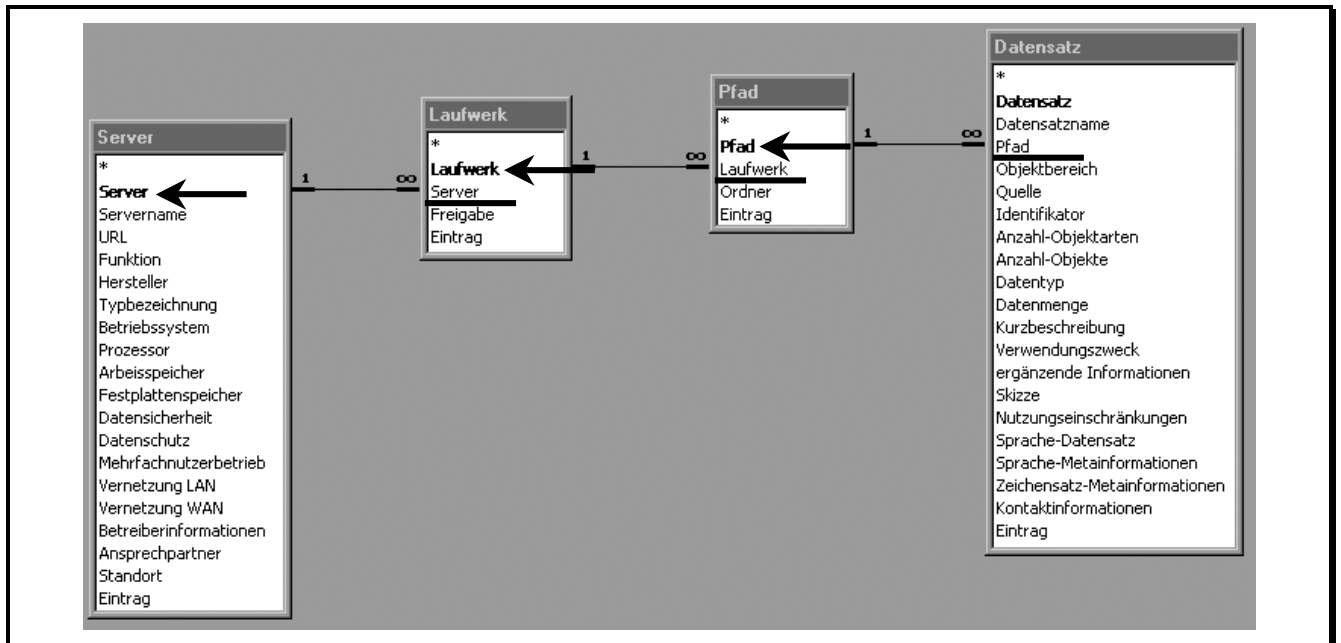


ABBILDUNG 77: SCHLÜSSELKONZEPT DER META-DATENBANK DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Durch diese weitgehende technische Vereinheitlichung werden trotz des Aufwandes eines konzeptionell nicht notwendigen Overheads pro Tabelle mehrere wichtige Vorteile im praktischen Betrieb der Meta-Datenbank erreicht:

- leicht verständliches und trotz zahlreicher Tabellen überschaubares Einheits-Konzept
- automatisierte Schlüsselvergabe ohne Einflussnahme durch den Anwender
- unkomplizierte und automatisierte Einhaltung aller referentiellen Integritäten
- keine schwachen Entitäten in der gesamten Datenbanklogik (→ keine zusammengesetzten Primär- oder Fremdschlüssel)
- keine komplizierte Trennung von Primär- und Fremdschlüsseln mehr möglich
- erhebliche Performance-Vorteile bei umfangreichen Dateninhalten
- Möglichkeit der Referenzierung von numerischen Schlüsseln mit alphanumerischen Inhalten zu Automatisierungszwecken innerhalb der Datenbank (*Werte- und Nachschlagelisten vgl. Kap. 5.7*)

5.8.1.4 SYSTEMATISCHE STRUKTURIERUNG DES META-DATENMODELLS

(logisches Modell)

Im nachfolgenden SERM werden alle in den vorangegangenen Kapiteln identifizierten Objekte in klassifizierten Objektmengen dargestellt. Es hat 8 Kategorien (Informationsstränge) und 9 Modellierungs-Ebenen. Die farbliche Abstufung beschreibt neben den eigentlichen SER-Darstellungsmethoden thematische Aussagen bzgl. der Datenbank-Inhalte. Seine Überführung in eine relationale und damit normalisierte Form wird im nachfolgenden Kapitel vorgenommen.

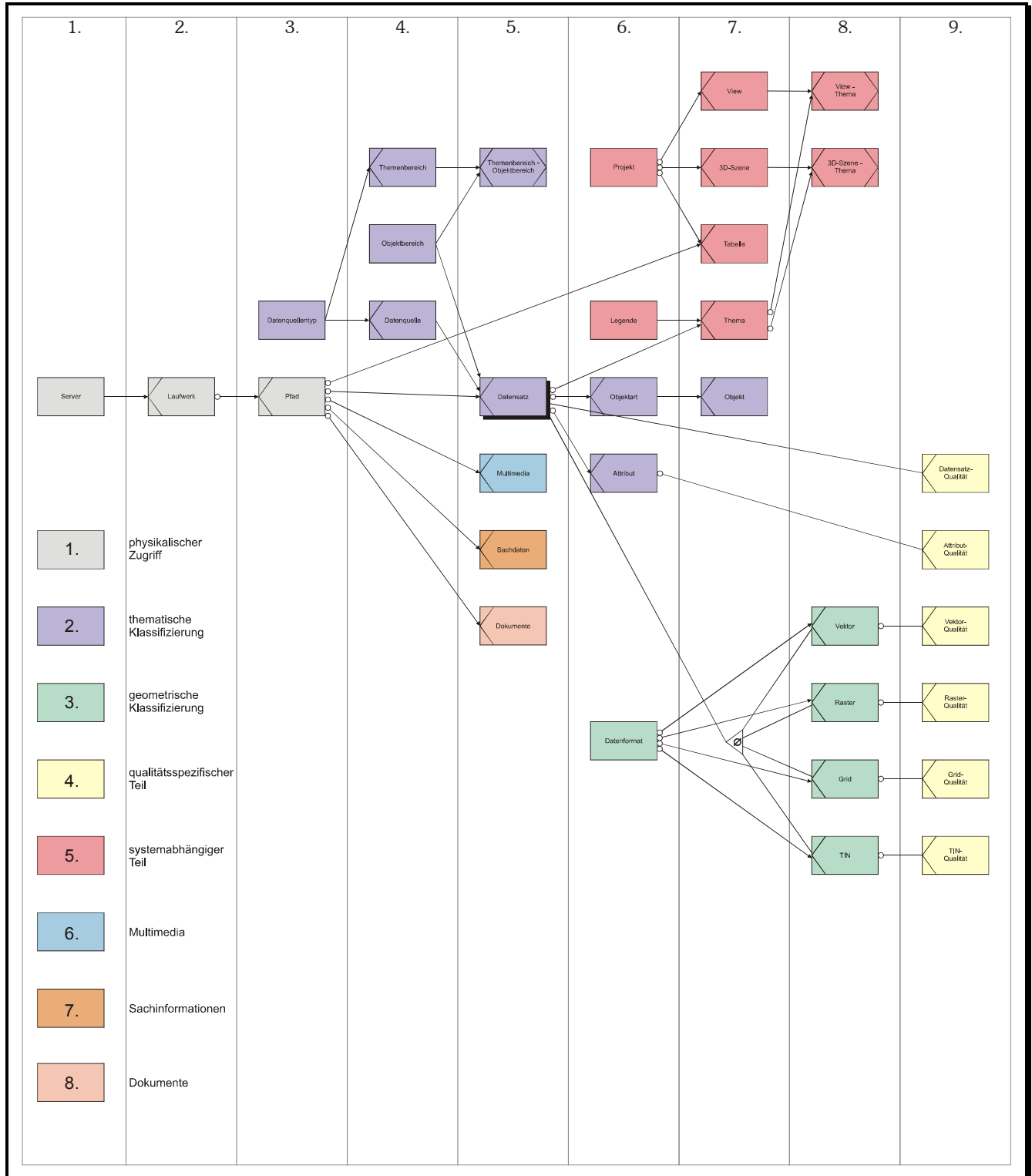


ABBILDUNG 78: STRUKTURIERTES ENTITY-RELATIONSHIP-MODELL DER META-DATENBANK

5.8.2 RELATIONALER DATENBANKENTWURF

5.8.2.1 TABELLENDEFINITIONEN



Die logischen Tabellendefinitionen der insgesamt 34 Tabellen der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wird mit Hilfe der Entwurfswerkzeuge des verwendeten RDBMS vorgenommen. Die zugehörigen Tabellendefinitionen sind gemäß den jeweiligen Entwurfsansichten aus Access 2000 mit *Feldnamen*, *Felddatentypen*, (*Feld-*) *Beschreibungen* und *Primärschlüsseln* im Anhang D dieser Arbeit dargestellt.

Hier ein Beispiel anhand des logischen Entwurfes der zentralen Tabelle „Datensatz“:

	Feldname	Felddatentyp	Beschreibung
PK	Datensatz	AutoWert	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Datensatzname	Text	Name des betreffenden Datensatzes
	Pfad	Zahl	interne ID des betreffenden Pfades
	Objektbereich	Zahl	zugeordneter Objektbereich
	Quelle	Zahl	interne ID der primären Datenquelle
	Identifikator	Text	4-stelliger Identifikator des betreffenden Datensatzes
	Anzahl-Objektarten	Zahl	Anzahl der im betreffenden Datensatz beinhalteten Objektarten
	Anzahl-Objekte	Zahl	Anzahl der im betreffenden Datensatz beinhalteten Objekte
	Datentyp	Text	betreffender Datentyp
	Datenmenge	Zahl	Datenmenge in [KByte]
	Kurzbeschreibung	Memo	Kurzbeschreibungen des betreffenden Datensatzes
	Verwendungszweck	Memo	primärer Verwendungszweck des betreffenden Datensatzes
	ergänzende Informationen	Memo	ergänzende Informationen über den betreffenden Datensatz
	Skizze	OLE-Objekt	grafische Vorschau auf den betreffenden Datensatz
	Nutzungseinschränkungen	Text	externe Nutzungseinschränkungen für den betreffenden Datensatz
	Sprache-Datensatz	Text	verwendete Sprache des betreffenden Datensatzes
	Sprache-Metainformationen	Text	verwendete Sprache der zugehörigen Meta-Informationen
	Zeichensatz-Metainformationen	Text	verwendeter Zeichensatz der zugehörigen Meta-Informationen
	Kontaktinformationen	Text	Kontaktinformationen, Ansprechpartner oder Verantwortliche sowohl für die Geo- als auch für die Meta-Daten
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank (temporale Angaben zu den Meta-Daten)

ABBILDUNG 79: DEFINITION DER TABELLE „DATENSATZ“

5.8.2.2 GESAMT-MODELL

Die auf der nächsten Seite folgende Abbildung zeigt die Strukturierung dieser Tabellen und ihrer 36 Beziehungen anhand eines sog. Beziehungsfensters. Innerhalb dieses sehr mächtigen Modellierungstools stellen die Verbindungen  und  die vom RDBMS vorgegebenen Beziehungsmöglichkeiten zwischen den Tabellen des Meta-Datenbankmodells dar.

In diesem Fenster können logische Beziehungen und deren Typen zwischen Tabellen sehr übersichtlich per „Drag and Drop“ definiert und bearbeitet werden.

Auf die Beschreibung der Realisierung des **physikalischen Datenbank-Modells** der Meta-Datenbank mit der notwendigen Datenbank-Optimierung (Tuningmaßnahmen) wird hier wegen ihres Umfangs verzichtet. Sie ist in der *Anlage unter Kap. 8.9* nachzulesen.

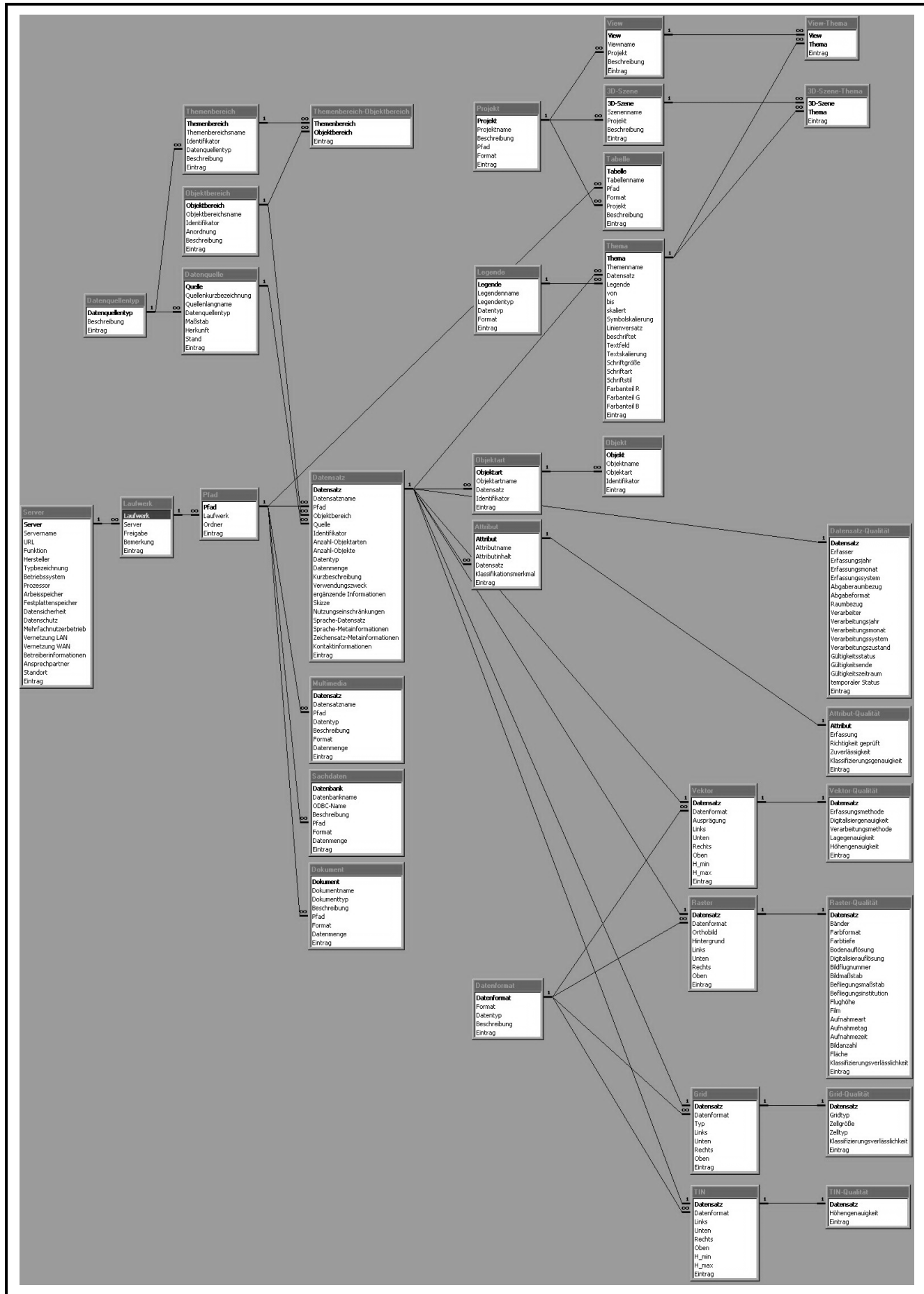


ABBILDUNG 80: RELATIONALES META-DATENMODELL ZUM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

5.8.3 KONSISTENZSICHERUNGSMABNAHMEN

Zur Wahrung von Aktualität und Vollständigkeit der Meta-Informationen des Referenz-GIS liegt ein leistungsstarkes Konsistenzsicherungskonzept auf der Basis der beiden Programmiersprachen *SQL* und *Perl* vor. Das Konzept beinhaltet auf der SQL-Seite datenbankinterne Konsistenzsicherungsmechanismen und auf der Perl-Seite bilaterale Konsistenzsicherungsmechanismen zwischen der physikalischen Datenstruktur (Betriebssystem) und der logischen Datenstruktur (Meta-Datenbank).

5.8.3.1 DATENBANKINTERNE KONSISTENZSICHERUNGSMECHANISMEN

Eine der 10 Anwendungsgebiete der Anwendersichten der Meta-Datenbank des Referenz-GIS, die als vordefinierte Sichten auf den Meta-Datenbestand zu verstehen sind, befasst sich mit der *Konsistenzprüfung* innerhalb der Datenbank.

Die datenbankinterne Konsistenzsicherung nach den Vorgaben des konzeptionellen Meta-Datenmodells lässt sich am unkompliziertesten mit dem vom DBMS zur Verfügung gestellten Methodenwerk realisieren. Die meisten Konsistenzsicherungsmaßnahmen begründen sich aus der Tatsache, dass Reglementierungen des konzeptionellen Entwurfs von Datenbanken aus technischen Gründen oftmals nicht in das logische Relationen-Modell Eingang finden können (vgl. hierzu Kap. 5.7.1).

Im Falle des Referenz-GIS geschieht die datenbankinterne Konsistenzsicherung überwiegend auf Basis der sieben nebenstehenden SQL-Statements und kann bei Bedarf entsprechend ausgebaut werden.

	<code>allgemein_AbgleichDatensatzDatensatz-Qualität</code>	Konsistenzprüfung
	<code>allgemein_AbgleichDatensatzGrid</code>	Konsistenzprüfung
	<code>allgemein_AbgleichDatensatzRaster</code>	Konsistenzprüfung
	<code>allgemein_AbgleichDatensatzTIIN</code>	Konsistenzprüfung
	<code>allgemein_AbgleichDatensatzVektor</code>	Konsistenzprüfung
	<code>allgemein_überflüssigeLegenden</code>	Konsistenzprüfung
	<code>allgemein_überflüssigeThemen</code>	Konsistenzprüfung

Auf die grundsätzlichen SQL-Techniken dieser Statements wurde in Kap. 5.6 bereits eingegangen.

1. `allgemein_AbgleichDatensatzDatensatz-Qualität`

Die Abfrage stellt in Tabellenform alle im Referenz-GIS physisch vorhandenen Geo-Datensätze den allgemein-qualitativ beschriebenen Datenbeständen gegenüber. Dies geschieht in der Form, dass nicht allgemein-qualitativ beschriebene Datensätze in ihren Qualitätsattributen als Null-Werte erscheinen und damit identifizierbar sind. Man verhindert dadurch, dass innerhalb des Referenz-GIS Geo-Datenbestände existieren, die keine datensatz-spezifischen Qualitätskriterien besitzen.

2. `allgemein_AbgleichDatensatzGrid`

Die Abfrage gibt alle im Referenz-GIS physisch vorhandenen Geo-Datensätze aus, die im System nicht als Grid-Daten geführt werden. Hierüber werden alle falsch klassifizierten oder nicht berücksichtigten Grid-Datensätze aufgedeckt. Man verhindert dadurch, dass innerhalb des Referenz-GIS Grid-Datenbestände existieren, die keine grid-spezifischen Meta-Informationen besitzen.

3. `allgemein_AbgleichDatensatzRaster`

Die Abfrage gibt alle im Referenz-GIS physisch vorhandenen Geo-Datensätze aus, die im System nicht als Raster-Daten geführt werden. Hierüber werden alle falsch klassifizierten oder nicht berücksichtigten Raster-Datensätze aufgedeckt. Man verhindert dadurch, dass innerhalb des Referenz-GIS Raster-Datenbestände existieren, die keine raster-spezifischen Meta-Informationen besitzen.

4. **allgemein_AbgleichDatensatzTIN**

Die Abfrage gibt alle im Referenz-GIS physisch vorhandenen Geo-Datensätze aus, die im System nicht als TIN-Daten geführt werden. Hierüber werden alle falsch klassifizierten oder nicht berücksichtigten TIN-Datensätze aufgedeckt. Man verhindert dadurch, dass innerhalb des Referenz-GIS TIN-Datenbestände existieren, die keine TIN-spezifischen Meta-Informationen besitzen.

5. **allgemein_AbgleichDatensatzVektor**

Die Abfrage gibt alle im Referenz-GIS physisch vorhandenen Geo-Datensätze aus, die im System nicht als Vektor-Daten geführt werden. Hierüber werden alle falsch klassifizierten oder nicht berücksichtigten Vektor-Datensätze aufgedeckt. Man verhindert dadurch, dass innerhalb des Referenz-GIS Vektor-Datenbestände existieren, die keine vektor-spezifischen Meta-Informationen besitzen.

6. **allgemein_überflüssigeLegenden**

Die Abfrage liefert ggf. eine Tabelle mit allen für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ nicht mehr relevanten Legenden-Files. Ausgegeben werden alle diejenigen im System registrierten Legenden, die kein Referenz-Thema besitzen, also alle Legenden, die innerhalb der Projekte des Referenz-GIS aktuell keine Verwendung finden. Diese Angaben sind, um eine Identifizierung der Legenden zu erleichtern, um div. Angaben erweitert. Man hält dadurch den Legendenbestand auf einfache Weise in einem redundanzfreien Zustand.

7. **allgemein_überflüssigeThemen:**

Die Abfrage liefert ggf. eine Tabelle mit allen für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ nicht mehr relevanten Geo-Themen. Ausgegeben werden alle Themen, die weder in einer 2D-Visualisierung (View) noch in einer 3D-Visualisierung (3D-Szene) Verwendung finden. Diese Angaben sind, um eine Zuordnung der Themen zum Datenbestand zu erleichtern, um div. thematische Angaben erweitert. Man hält dadurch den Themenbestand auf einfache Weise in einem optimiert überschaubaren Rahmen.

Durch Summierung der mit Hilfe der Abfragen 2. - 5. aggregierten Datensätze kann zudem geprüft werden, ob in der Meta-Datenbank des Systems alle Geo-Datenbestände des Referenz-GIS datentyp-spezifisch und qualitativ erfasst sind.

Anmerkung:

Die datenbankinternen Konsistenzsicherungsmaßnahmen 1. - 5. haben lediglich einen präventiven Charakter, weil die darüber abzufangenden Inkonsistenzen bei ordnungsgemäßem Gebrauch der Fortführungsmodule aus *Kap. 5.6* a priori ausgeschlossen werden können.

5.8.3.2 BILATERALE KONSISTENZSICHERUNGSMECHANISMEN

Das in *Kap. 5.7.2* bereits erwähnte *Metadata Collection Script* leitet automatisiert Meta-Informationen aus den Geo-Datensätzen des Referenz-GIS ab. Es beinhaltet damit umfangreiche Aggregationsfunktionalitäten für implizite Meta-Informationen. Die automatisierte Gewinnung von impliziten Meta-Informationen kann im weiteren Sinne auch als Konsistenzsicherungsmaßnahme verstanden werden.

Für die Lösung derartig gelagerter Probleme eignet sich die ursprünglich aus der UNIX-Welt stammende Programmiersprache *Perl* ausgezeichnet. Perl ist für nahezu alle UNIX-Derivate und Windows-Betriebssysteme verfügbar und erlaubt eine recht intuitive und spontane Erstellung von zeilen- oder oberflächen-gesteuerten Scripting-Tools mit lesendem und schreibendem Zugriff auf ASCII- und Binär-Daten sowie auf alle gängigen Datenbanktypen. Der Einfluss von Perl auf die Windows-Welt nimmt laufend zu. Perl wird von seinen Usern schwerpunktmäßig für (system-) administrative Zwecke und für internet-basierte Anwendungen herangezogen. Die Programmierumgebung orientiert sich sehr stark an UNIX-Gepflogenheiten, ist im Internet frei verfügbar und wird für die Belange des Referenz-GIS derzeit in der Version 5.6.0.620 eingesetzt.

Programm zur automatischen Konsistenzprüfung der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“:

nach [110] PLABST (2001)

Das Perl-Programm zur automatischen Konsistenzprüfung der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ **konsistenz.pl** ist in einem eigenen Verzeichnis abgelegt und kann von dort aus gestartet werden. Man erhält daraufhin folgende Programmoberfläche:

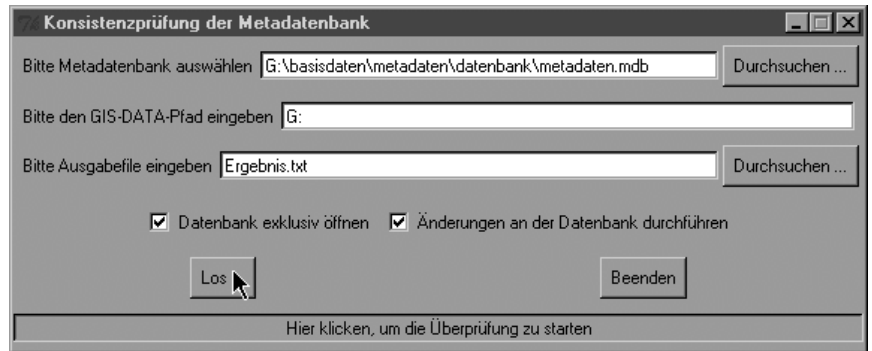


ABBILDUNG 81: BENUTZEROBERFLÄCHE DES KONSISTENZSICHERUNGSPROGRAMMS

Der Programmverlauf wird mit Hilfe des untenstehenden Fensters wiedergegeben (Beispiel):

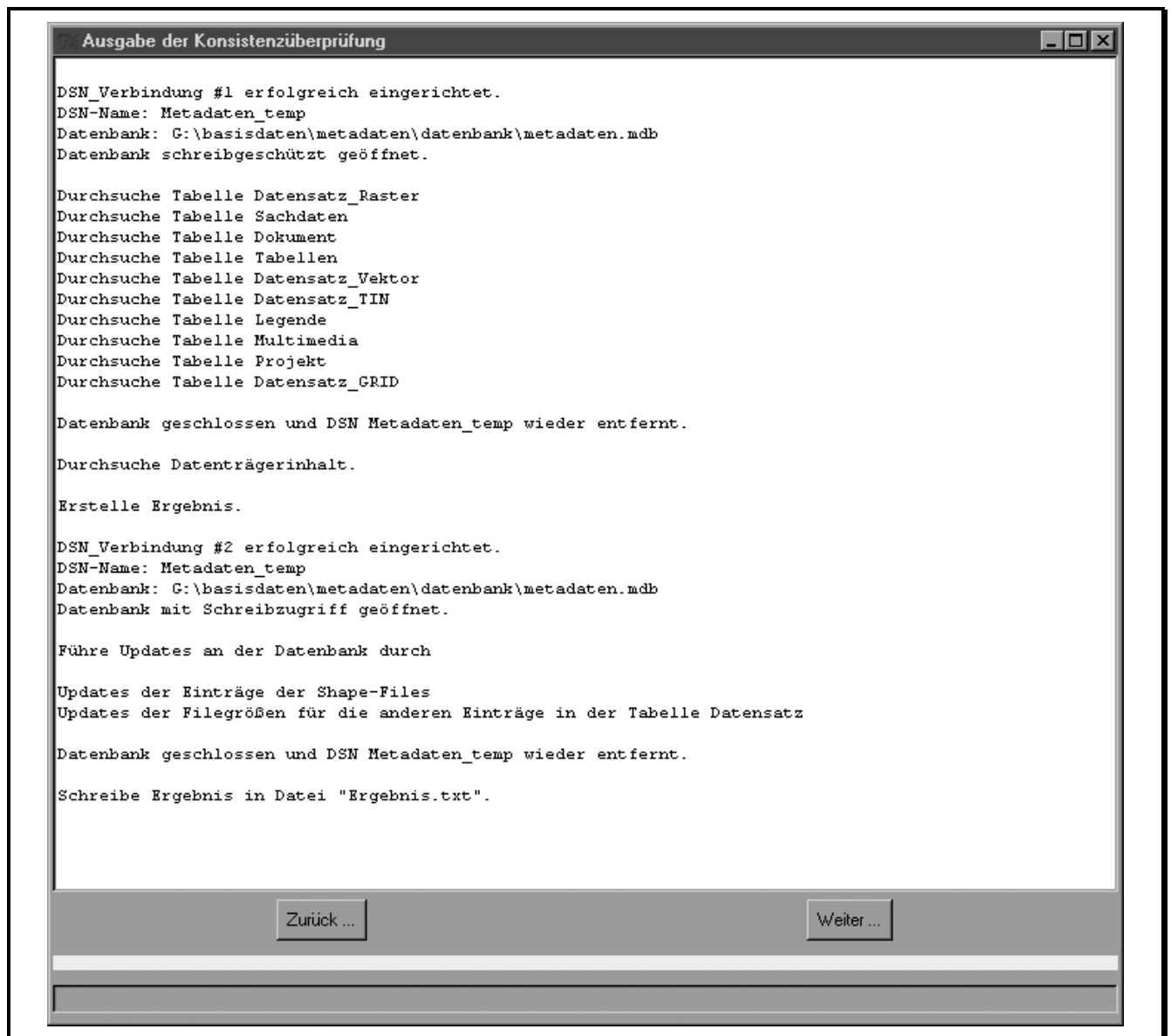


ABBILDUNG 82: AUSGABEMODUL (1) DES KONSISTENZSICHERUNGSPROGRAMMS

Das Ergebnis der Konsistenzprüfung wird anschließend im selben Fenster ausgegeben (Beispiel):

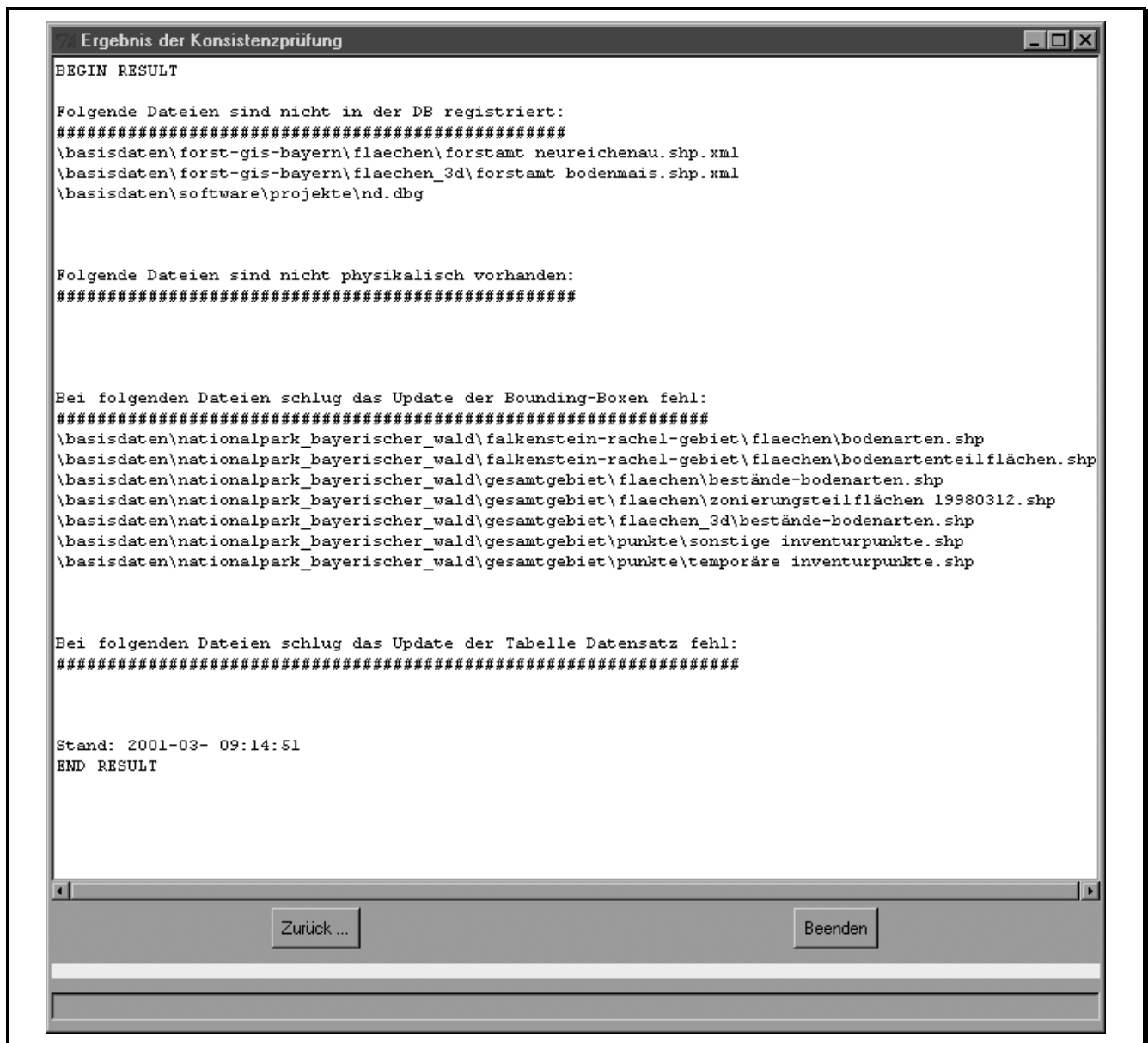


ABBILDUNG 83: AUSGABEMODUL (2) DES KONSISTENZSICHERUNGSPROGRAMMS

Zum Start des Programms werden sowohl Perl 5.6.0 oder höher, als auch das Perl-Tk-Modul benötigt. Die detaillierte perl-spezifische Beschreibung der einzelnen Systemvoraussetzungen, Installationsschritte und Einstellungen ist der *Anlage unter Kap. 7.8.7.2* zu entnehmen.

Das Tool bietet die Möglichkeit sowohl einer passiven, als auch einer aktiven Konsistenz-Prüfung:

1) **passive Konsistenzprüfung**

Bei der passiven Konsistenzprüfung werden die in der Datenbank registrierten Geometrie-Datensätze mit den physisch (GIS-DATA-Verzeichnis **\basisdaten**) vorhandenen verglichen. Sollte eine physisch vorhandene Datei nicht in der Datenbank aufgeführt sein, bzw. eine in der Datenbank registrierte Datei nicht physisch vorhanden sein, so wird dies vom Programm als Fehler erkannt und entsprechend ausgegeben. Analoges gilt für *Projekt-, Legenden-, Datenbank-, Tabellen-, Dokument- und Multimedia-Files*.

Man gewährleistet durch die Anwendung der passiven Konsistenzprüfung die Integrität zwischen Meta-Datenbank und physischer Datenstruktur.

2) aktive Konsistenzprüfung

Die aktive Konsistenzprüfung beinhaltet die bereits angesprochenen Aggregationsfunktionalitäten des Referenz-GIS für implizite Meta-Informationen. Sie benötigt Schreibrechte für die Meta-Datenbank.

Das Tool **konsistenz.pl** (*Metadata Collection Script*) leitet automatisiert folgende datensatz-begleitenden Informationen aus den binären ESRI-Shape-Vektor-Datensätzen des Referenz-GIS ab und schreibt sie in die Meta-Datenbank zurück:

- Datenmenge in [KByte]
- Datentyp (2D-, 3D-Punkte, 2D-, 3D-Linien und 2D-, 3D-Flächen)
- Anzahl, Art und Komplexität von Objekten und deren Attributbesatz
- räumliche Ausdehnung (Bounding Box sowie minimale und maximale Höhe ü. NN)
- topologisch basierte Informationen (z.B. Singlepart- und Multipart-Features)

Rasterdatensätze liefern in diesem Zusammenhang:

- Datenmenge in [KByte]
- Bodenauflösung (Pixelgröße in [m])

Für Grid- und TIN-Datenbestände besteht derzeit keine Notwendigkeit derartige Funktionalitäten zu entwickeln, weil diese Datentypen im Referenz-GIS mit ca. 20 aus mehr als 800 Datensätzen die Minderheiten darstellen und überwiegend homogene Strukturen besitzen. Die Realisierbarkeit einer derartigen Erweiterung der Funktionalitäten steht außer Frage, jedoch der Entwicklungsaufwand derzeit noch in keinem Verhältnis zum zu erzielenden Nutzen.

Man gewährleistet durch die Anwendung der aktiven Konsistenzprüfung die Integrität zwischen Meta-Datenbank und bedeutsamen Teilen der physische Dateninhalte.

3) Ergebnisausgabe

Die Ergebnisse der jeweiligen Phasen der Überprüfung werden nach Abschluss des Programmlaufes sowohl in einem eigenem Fenster angezeigt, als auch in der eingestellten Ergebnisdatei gespeichert. Weitere Maßnahmen zur Bereinigung der Datenbank sind nun nach Begutachtung dieses Ergebnisses zu treffen.

Das Ergebnis ist in vier unterschiedliche Sektionen aufgeteilt. In der ersten stehen alle Dateien, die auf der Festplatte vorhanden sind, jedoch noch nicht in der Datenbank eingetragen wurden. In der zweiten alle Dateien, die einen Eintrag in der Datenbank besitzen, aber nicht auf der Festplatte zu finden sind. In der dritten werden alle Shape-Files aufgeführt, bei denen ein Update der Bounding-Box-Einträge scheitert. In der vierten Sektion sind alle Dateien aufgeführt, bei denen ein Update der Einträge zur Datenmenge fehlschlägt. Den Abschluss bildet ein Datumsstempel, um den Stand des Ergebnisfiles, das ergänzend zur graphischen Ausgabe im Konsistenzsicherungs-Verzeichnis als ASCII-Datei erzeugt wird, zu sichern.

4) Funktionalitäten

Zur Interaktion mit dem Benutzer existiert eine graphische Bedienoberfläche. Dabei wird die Funktionalität des o.g. Perl-Tk-Modules verwendet. Zum Zugriff auf die Meta-Datenbank wird der sog. Win32::ODBC-Mechanismus verwendet. Dies hat den Vorteil, die „native“ Datenbank-Schnittstelle mit aller zur Verfügung gestellten Funktionalität auf der Windows-Plattform nutzen zu können. Die detaillierte perl-spezifische Beschreibung der einzelnen Funktionalitäten des zugehörigen Hauptprogramms ist der *Anlage unter Kap. 7.8.7.2* zu entnehmen.

5.8.4 INTEGRATION VON DATENBANK-BASIERTEN META-INFORMATIONEN IN DAS GEO-DATENMODELL DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ liegt eine Fülle an heterogenen Sachinformationen vor. Auch die Daten der Meta-Datenbank des Referenz-GIS sind streng genommen alphanumerische Sachinformationen. Sach-Daten beziehen sich auf Objekte, die durch die Art der Informationsgewinnung, beispielsweise bei der Forsteinrichtung (*Standortserkundung, Begang, Stichprobeninventur*), vorgegeben sind (*Bodenarten, Bestände, Inventurpunkte*). Diese Objekte werden im Referenz-GIS sowohl *graphisch* als auch *alphanumerisch* in digitaler Form beschrieben.

Für die graphische Modellierung, Präsentation und Verarbeitung wird dabei ein GIS-Frontend verwendet (vgl. Kap. 2.3.3). Die geometrischen Informationen werden zusammen mit beschreibenden Attributen in Form von Themen vorgehalten. Das GIS-Frontend verfügt allerdings über kein leistungsstarkes Datenbankmanagementsystem. Eine moderne Sach-Datenverwaltung ist aber unerlässlich, um die umfangreichen Sachinformationen des Referenz-GIS effizient und überschaubar verwalten und nutzen zu können.

5.8.4.1 GEORELATIONALER MODELLIERUNGSANSATZ

Ein georelationales GIS-Modell ist ein geographisches Datenmodell das geographische Objekte in Form von in wechselseitigen Beziehungen stehenden Sätzen von räumlichen und beschreibenden Daten repräsentiert. Dieses Modell umfasst damit die Geometrie-Daten, deren direkte und indirekte Attribute sowie deren Beziehungen untereinander.

DEFINITION 7: GEORELATIONALES GIS-MODELL

Für den Aufbau, die Einführung und die Etablierung des Referenz-GIS bei der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald als Projektpartner war 1996 eine logisch strukturierte und auch für Laien begreifbare und überschaubare Modellierungsvariante ein grundsätzliches Entscheidungskriterium. Das Geo-Datenmodell des Referenz-GIS sollte möglichst einfach Erweiterungen des Datenbestandes, Modifikationen an der Datenstruktur und die Übertragung von Teilen oder des gesamten Systems auf andere Rechnersysteme ermöglichen.

Eine von der Geometrie *getrennte, georelationale Haltung* der relational abgebildeten Sach-Daten des Referenz-GIS stellt hier eine sinnvolle, praxisgerechte Möglichkeit dar. Die georelationale Struktur zur Basisdatenhaltung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist eine an den zahlreichen Aufgaben der Forschungsplattform gewachsene Struktur, die im Lauf der letzten Jahre mehrmals modifiziert und optimiert worden ist.

Die uneingeschränkte Migrierbarkeit des Referenz-GIS auf Windows98-, WindowsNT- und Windows2000-Plattformen konnte ebenso wie die reibungslose Versionsnachführung der verwendeten GIS- und Datenbank-Software nachgewiesen werden.

Untenstehende Tabelle stellt die Vor- und Nachteile der im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ angewandten georelationalen Modellierung gegenüber.

<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
<ul style="list-style-type: none"> • stabile, praxiserprobte Lösung • einfachere, leichter erlernbare Struktur • überschaubarer Datenzugriff • im Betrieb grundsätzlich leicht zu verwalten 	<ul style="list-style-type: none"> • rel. heterogene Softwarelandschaft (GIS-Software, RDBMS, diverse Tools, ...) • getrennte und trotzdem voneinander abhängige Modellierung von Geometrie- und Sach-Daten • Konsistenzprobleme zwischen Geometrie- und Sach-Daten (Transaktionskonzept nur bei Sach-Daten gültig) • die Administration ist mit einem erhöhten Aufwand zur Konsistenzsicherung und Datenbeschreibung (Meta-Informationen) verbunden

<ul style="list-style-type: none"> • erfordert rel. wenig Know-how bei der Anwendung • ist für die Struktur des derzeit vorliegenden Datenbestandes völlig ausreichend bei der Modellierung • Modellierungsmethodik ist hinreichend erforscht und dokumentiert • Einsatz von Industriestandards (Datenformate, Methoden, Software, ...) • kostengünstige Software, da weit verbreitet • mobile, flexible und hoch performante Lösung • einfache Portierbarkeit auf andere Plattformen, wie beispielsweise Windows98 und Windows2000 • Client-Server-Lösung ist mit rel. geringem Aufwand zu realisieren • Eignet sich im Besonderen zur Datenakquisition und zum erstmaligen Systemaufbau 	<ul style="list-style-type: none"> • erfordert sehr viel Know-how beim Systemaufbau, bei der Fortführung sowie der Administration • unterstützt künftig zu erwartende, komplexere Datenbestände evtl. nicht mehr hinreichend • entfällt • entfällt • entfällt • entfällt • entfällt • eingeschränkter Mehrbenutzerbetrieb (stand aus Anwendungsgründen bisher nicht im Vordergrund) • entfällt
--	---

TABELLE 16: VOR- UND NACHTEILE DER GEORELATIONALEN MODELLIERUNG DES REFERENZ-GIS

Nebenstehende Grafik verdeutlicht das Konzept des georelationalen Ansatzes innerhalb der verwendeten GIS-Software. Alle Geometrieobjekte besitzen über das GIS-Datenformat 1:1-verknüpfte, direkte Attribute. Über diese direkten Attribute können (0:1) Geoobjekte auch mit weiteren, indirekten Attributen in Verbindung stehen.

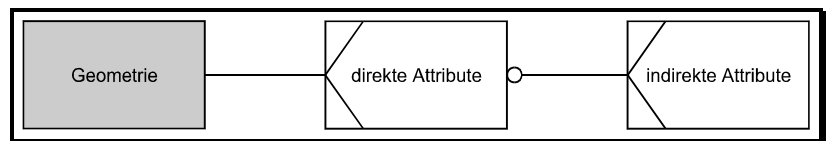


ABBILDUNG 84: GEORELATIONALES MODELL (GIS-SOFTWARE)

Es ist notwendig, die nach dem relationalen Modell abgebildeten, komplexen Sach-Daten über geeignete Schlüsselkonzepte (direkte Attribute) mit der vorhandenen Geometrie in Beziehung zu setzen. Nebenstehende Abbildung verdeutlicht dieses Vorgehen.

Die Entscheidung für die im Referenz-GIS herangezogenen Methode des Datenmanagements ist in *Kap. 8.10 der Anlage* diskutiert.

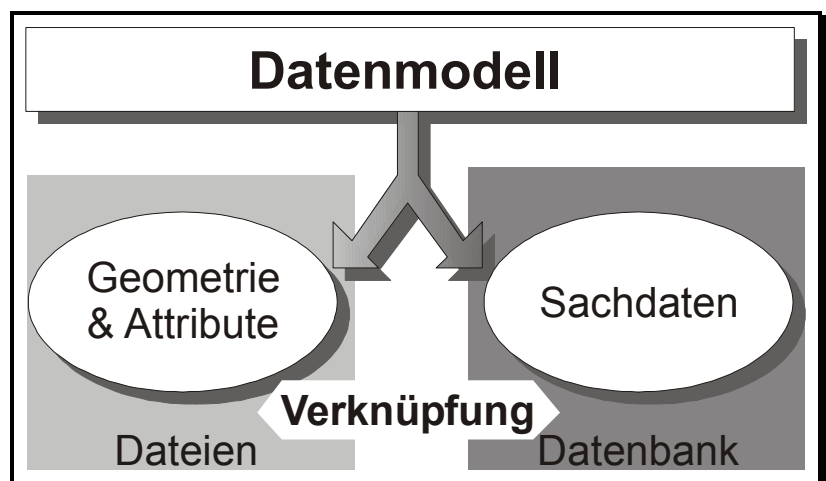


ABBILDUNG 85: GEORELATIONALES DATENMODELL DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

5.8.4.2 GEMEINSAME EINSTIEGSPUNKTE

Um das Geometrie- und Sach-Datenmodell des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ effizient verknüpfen zu können, werden gemeinsame Einstiegsknoten benötigt. Man versteht darunter bestimmte Gruppen modellierter Objekte der Realen Welt, die innerhalb der verwendeten GIS-Software sowohl in einem GIS-Thema als auch in einer Sach-Datenbank als Objektmenge bzw. Relation (Tabelle) zusammengefasst sind.

Ein Geometrieobjekt (*Punkt*, *Linie* oder *Fläche*), das in der Attributtabelle eines Themas einen Satz direkter Attribute (min. 1) einnimmt, bekommt einen Schlüssel-Wert zugeordnet, der es eindeutig identifiziert (*ID*). Genau dieser Wert wird dem entsprechenden Datensatz einer Tabelle im RDBMS, der genau dasselbe Objekt, zwar nicht geometrisch aber inhaltlich beschreibt, zugewiesen. Dadurch kann jedes hierfür in Frage kommende Geometrie-Objekt mit den zugehörigen Sach-Datensätzen verknüpft werden. Die Tabelle eines solchen Sach-Datensatzes ist über relationale Bezüge (*Joins*) direkt oder indirekt mit allen anderen Tabellen verbunden, was vielseitige Abfragen und Analysen erst möglich macht. Informationen, die nicht direkt Eigenschaften des betreffenden Objektes sind, können nun über Joins mit der Geometrie in Zusammenhang gebracht werden. Nur auf diese Weise kann die Modellierungsmächtigkeit der Datenbanken des Referenz-GIS voll eingesetzt werden.

Nebenstehende Grafik zeigt die als primäre Einstiegspunkte zu verwendenden Objektmengen des Referenz-GIS. Die forstliche Sach-Datenbank hat drei solche Zugriffstabellen; die Liegenschafts-, Klima und Meta-Datenbank haben jeweils eine. Darüber hinaus existieren für jede dieser Datenbanken mehrere sekundäre Einstiegspunkte.

Die Einstiegspunkte der drei Sach-Datenbanken sind in der *Anlage unter Kap. 8.10.4* diskutiert; die der Meta-Datenbank werden hier aufgegriffen.

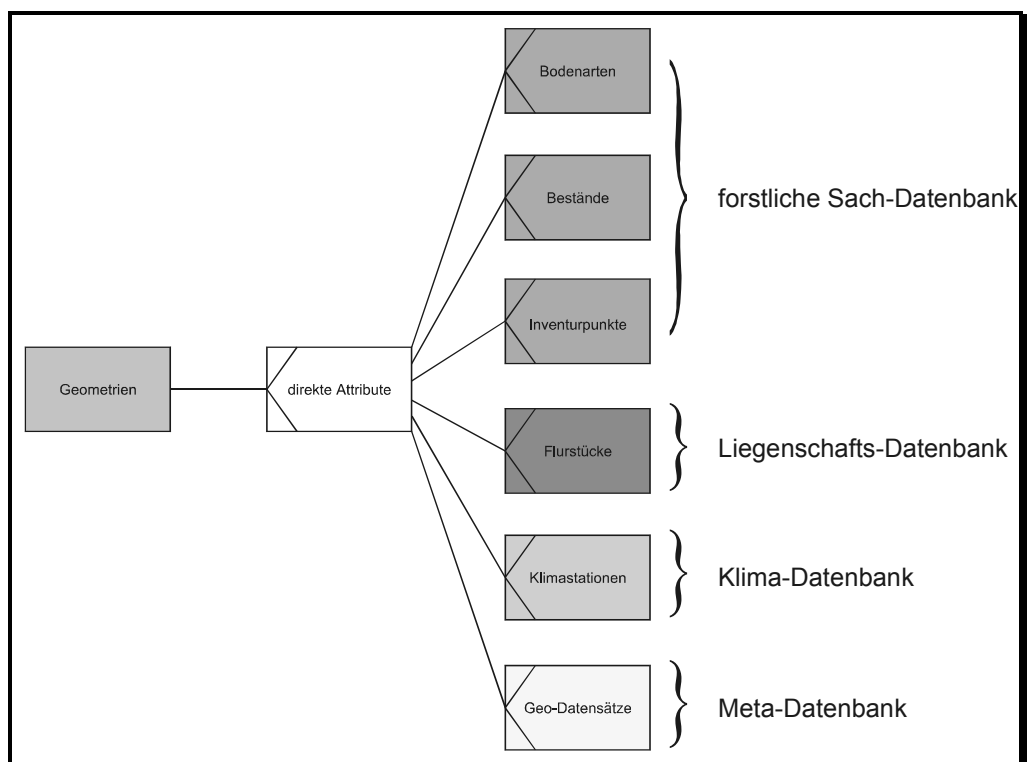


ABBILDUNG 86: GEORELATIONALES MODELL (GEMEINSAME EINSTIEGSPUNKTE)

5.8.4.3 IDENTIFIKATOREN

Entsprechend seiner thematischen Klassifizierung erhält jeder Geometrie-Datensatz einen 4-stelligen numerischen Identifikator, der im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ die Grundlage für alle geometrisch motivierten Datenselektionen sowie die meisten alphanumerischen Abfragen bildet.

Dieser Datensatz-Identifikator erlaubt die einfache Kopplung aller Geometrie-Datensätze an die zugehörige Meta-Datenbank über eindeutige numerische Identifikatoren (**META_ID**) auf der physikalisch-logischen Geometrie-Datenebene „*Datensatz*“. Die im SER-Diagramm der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ in *Level 5* dargestellte Objektmenge „*Datensatz*“ wird als elementare Bezugseinheit zur Verknüpfung herangezogen (vgl. *Kap. 5.8.1*).

Diese Objektmenge verfügt über eine Schlüsselspalte, über welche eine Verknüpfung von sich entsprechenden Geometrie- und Sach-Datensätzen ermöglicht wird.

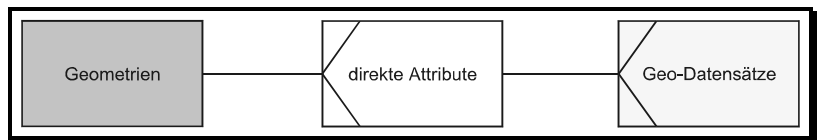


ABBILDUNG 87: GEORELATIONALES MODELL
(KOPPLUNG: GIS-SOFTWARE - META-DATENBANK)

Weitere Einschränkungen bei der Auswahl von Sach-Daten können auf zweierlei Arten erfolgen:

1. direkte SQL-Abfragen via ODBC auf die Datenbank
Abfrage-Schnittstelle: **GIS-Software**
2. ODBC-Zugriff auf vordefinierte Datenbankabfragen
Abfrage-Schnittstelle: **RDBMS**

Die direkte Attributtabelle eines jeden geometrischen Themas und die alphanumerische Relation „Datensatz“ der Meta-Datenbank verfügt über je eine Spalte mit identer Verschlüsselung der Geo-Datensätze. Geometrieobjekt und Sach-Datensatz mit derselben ID können so eindeutig einander zugeordnet werden. Die Verknüpfung von Geometrie und Meta-Information ist demnach folgendermaßen realisiert:

<i>Geometrie (Attributiver Schlüssel)</i>	<i>Meta-Datenbank (DB-Schlüssel)</i>
Datensatz (Attributtabelle: META_ID)	Datensatz (DB-Tabelle: Identifikator)

TABELLE 17: VERKNÜPFUNG VON GEOMETRIE UND META-INFORMATION

Das untenstehende Verknüpfungs-Beispiel (Konzeption) liefert einen kleinen Ausschnitt der zum Vektordatensatz des Randgebietes des Nationalparks Bayerischer Wald verfügbaren Meta-Informationen.

Des Weiteren existieren, wie in *Kap. 5.3.2.2* bereits angerissen, Identifikatoren für folgende Inhalte der Meta-Datenbank, auf die im Bedarfsfall zurückgegriffen werden kann:

- Themenbereich (2-stellig)
- Objektbereich (2-stellig)
- Objektart (2-stellig)
- Objekt (4-stellig)

Damit ist der gesamte Bereich der thematischen Klassifizierung mit Ausnahme der Attribute mit Objektschlüsseln in Form mehrstelliger Identifikatoren versehen (*vgl. Abbildung 30*).

5.8.4.4 VERKNÜPFUNG VON GEOMETRIE UND SACH-DATEN

Für eine raumbezogene Verfügbarkeit der Sach-Daten und damit auch der datenbank-basierten Meta-Daten des Referenz-GIS ist es erforderlich, die alphanumerischen Informationen mit entsprechenden geographischen Objekten in Beziehung zu setzen. Die verwendete GIS-Software selbst verfügt über keine leistungsstarke Datenbank, stellt aber die Werkzeuge für die Datenanalyse und -Verwaltung mittels einer standardisierten, relationalen Datenbanktechnik zur Verfügung. In den Projekten der GIS-Software werden nicht die α -Daten an sich gespeichert, sondern ausschließlich die Informationen, wo sich die entsprechenden Datenquellen befinden, wie diese untereinander verknüpft sind und wie sie mit Hilfe der GIS-Software abgebildet werden. Dies wird im Referenz-GIS über sog. Datenbank-*Joins* bewerkstelligt, wodurch Sach-Datentabellen oder alphanumerische Abfrageergebnisse des verwendeten RDBMS und die direkten Attributtabelle der GIS-Software zu einer virtuellen Tabelle zusammengefügt werden.

Die effektivste Art und Weise, relationale Sach-Dateninhalte „online“ zu nutzen, stellt die direkte Abfrage selbiger über eine sog. *SQL-Verbindung* dar. Die SQL-Verbindungen des Referenz-GIS basieren auf der Standard-Datenbankschnittstelle ODBC (**O**pen **D**ata**B**ase **C**onectivity). Hierbei handelt es sich um eine Methode für den offenen und herstellerunabhängigen Datenbankzugriff via SQL. ODBC stellt die Verbindung zu einem externen SQL-Datenbankserver her. Die technische Realisierung solcher DB-Verbindungen innerhalb des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist in *Kap. 8.10.5 der Anlage* erörtert.

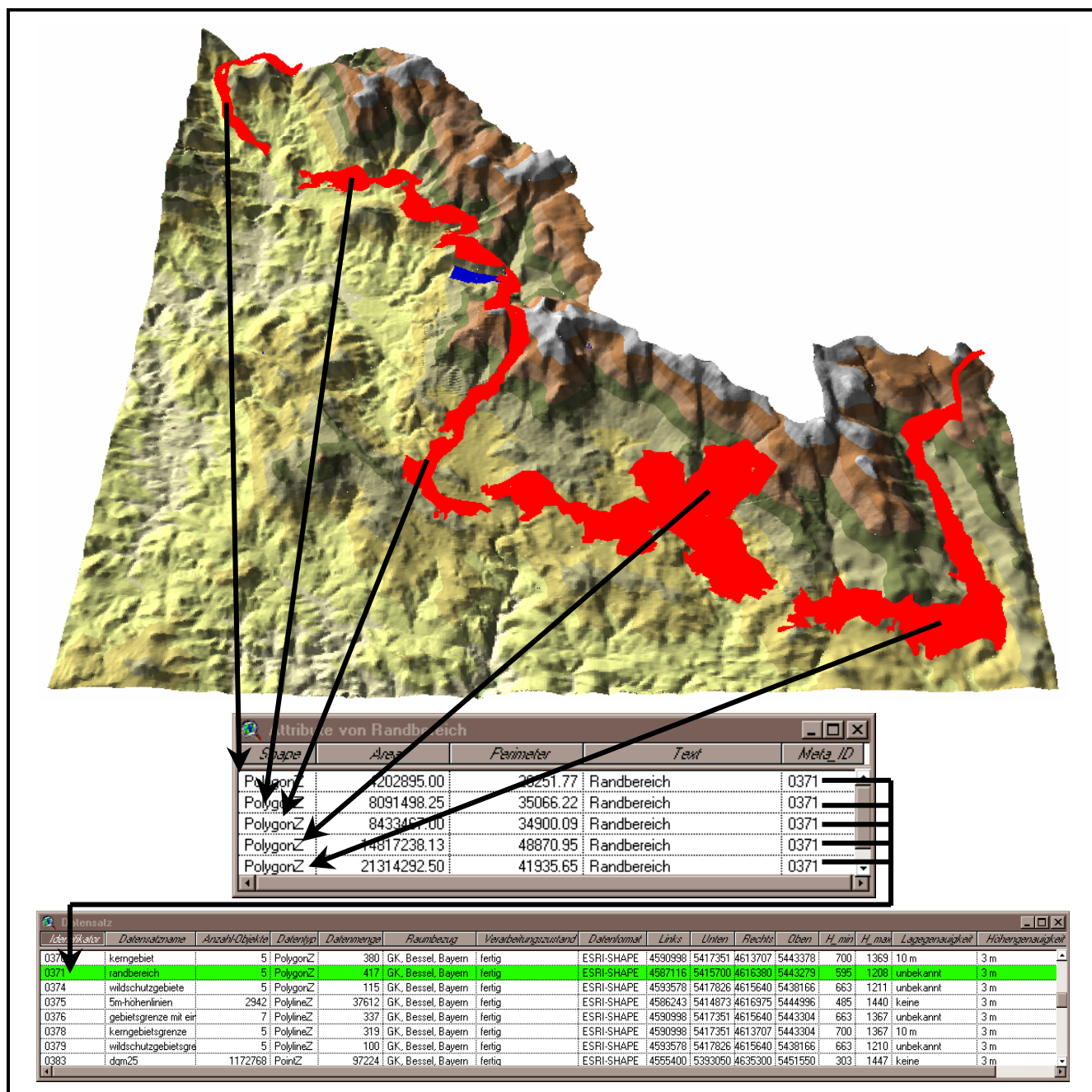


ABBILDUNG 88: VERKNÜPFUNG GEOMETRIE- UND META-DATEN (BEISPIEL)

5.9 ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

Anders als bei den meisten GIS-Applikationen im praktischen Einsatz verfügt das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ über ein im täglichen Betrieb funktionierendes und systemweit gültiges Meta-Datenkonzept. Neben seinen umfangreichen Dateninhalten zeichnet gerade dieser Umstand das System aus.

Trotz nationaler und internationaler Standardisierungsbemühungen für Meta-Informationen zu geographischen Daten existieren im überwiegenden Maße GIS-Lösungen, die ohne Meta-Daten oder zumindest ohne standardkonforme Meta-Datenstrukturen auskommen müssen. Das Referenz-GIS liefert erste Ansätze, den bisherigen Stand der Normierungsbemühungen für GIS nutzbar zu machen. Aufgrund der in *Kap. 4.5 und 4.8* diskutierten Inhalte wird hier eine praktikable Lösung gewählt, die einen Mittelweg zwischen standardkonformen und anwendungsbezogen erweiterten Meta-Datenstrukturen beschreitet. Die Normierungsgremien sind derzeit bestrebt, allein datensatz-begleitende Meta-Informationen für Geo-Daten zu standardisieren. Neben diesen Zielen ist innerhalb des Referenz-GIS erstmalig eine systemweite Modellbeschreibung mit Hilfe einer Meta-Datenlösung realisiert.

Dieser Weg war zu Beginn der Arbeiten am Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ein innovativer und Erfolg versprechender Ansatz und wird wegen des noch schwebenden Prozesses der internationalen Meta-Daten-Standardisierung noch immer als der einzig gangbare Weg betrachtet.

Die mittelfristige Migration des datensatz-begleitenden Anteils des Referenz-GIS-Meta-Datenkonzeptes hin zu einem künftig tragfähigen und international anerkannten Meta-Datenstandard ist weniger aus praktischen Erwägungen aber aus Gründen der Forschung und Lehre an der TU München sinnvoll. Hierbei ist eine Adaption des für 2002 erwarteten ISO/TC 211 19115 abzusehen.

Abschließend lässt sich feststellen, dass das Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ die in *Kap. 5.1* zusammengestellten Anforderungen und Aufgabenstellungen wie folgt berücksichtigt:

<i>Anforderung/Aufgabenstellung (ungewichtet)</i>	<i>Wertung</i>
1. Inventarisieren der vorhandenen Datenbestände	+++
2. einheitliche Definition von Namen, Objekten, Datenelementen	++
3. Aufbau einer Schlüsselwortliste (Index)	+
4. Indizierung der Inventarisierung und der Schlüsselwortliste	++
5. Aufzeichnung aller Entscheidungen im Vorfeld der Datenintegration	○
6. Aufzeichnung aller auf die vorhandenen Daten angewandten Verarbeitungsschritte	+
7. Dokumentation der in dem implementierten Datenmodell verwendeten Datenstrukturen	+++
8. Aufzeichnen des logischen und physikalischen Datenhaltungskonzeptes	+++
9. Beschreibung der Beziehungen zwischen Datenobjekten	+++
10. Darstellung der angestrebten Verwendungsziele	+
11. Dokumentation applikationsspezifischer Daten	++
12. regelmäßige Aktualisierung der Meta-Datenbank	+++
13. Aufzeigen von Vergleichsmöglichkeiten bei Datenalternativen	○
14. Vermeidung redundanter Datenerhebung und Datenhaltung	++
15. Aufdecken von Lücken in den Daten	++
16. langzeitliche Sicherung der Datenbrauchbarkeit	+++
17. technische Basis für den Datenaustausch	+++
18. Instrument für die Bereitstellung von Information	++

+++ optimal erfüllt ○ hier irrelevant
 ++ erfüllt - nicht erfüllt
 + berücksichtigt

TABELLE 18: RESÜMEE/PFLICHTENHEFT

Kapitel 6: AUSGEWÄHLTE ANWENDUNGEN DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Bei der Konzeption des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ war neben der effizienten Daten-Integration und -haltung die Realisierung verschiedenster, daraus abgeleiteter GIS-Produkte maßgeblich. Diese sollen Nutzern das Daten- und Anwendungs-Potential des Systems auf einfache Weise näher bringen. Neben gängigen Visualisierungen topographischer und forst-fachlicher Zusammenhängen besteht hier auch die Möglichkeit, in GIS einmalige oder zumindest seltenen Thematiken und Problemstellungen aufzugreifen.

Die graphische Präsentation von kartographisch aufbereiteten, geographischen Daten und davon abgeleiteten Ergebnissen in Form von 2D- und 3D-Techniken in Verbindung mit temporalen und klimatologischen Aspekten ist hier für den Nationalpark Bayerischer Wald erstmalig realisiert. Bis vor wenigen Jahren hatte die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald nicht die Möglichkeit, das enorme Potential ihrer heterogenen Datenbestände unter Nutzung externer Datenquellen frei kombinierbar für Visualisierungen und Analysen zu nutzen. Neben internen Verwaltungs- und Forschungsaufgaben unterstützt das Referenz-GIS mit seinen multimedialen Elementen die Öffentlichkeitsarbeit der Nationalparkverwaltung, beispielsweise bei Veranstaltungen wie den Multimedia-Tagen in Freyung im Frühjahr 1999. Eine in der Praxis verwertbare und ressortübergreifend verständliche Dokumentation dieses „Daten-Schatzes“ war vor der Entwicklung des Referenz-GIS ebenfalls nicht gegeben. Erst mit Hilfe des in *Kap. 5* beschriebenen Meta-Datenkonzeptes sind weit reichende Methoden zur Daten-Recherche und fachlichen Beurteilung möglich geworden. Zur Veranschaulichung dieser neuen Möglichkeiten ist hier in *Kap. 6* eine exemplarische Auswahl von graphischen, alphanumerischen und analytischen Anwendungen des Referenz-GIS zusammengestellt.

6.1 ÜBERSICHT ZU METHODEN, DIENSTEN UND PRODUKTEN DER FORSCHUNGSPLATTFORM

6.1.1 DYNAMISCHE, KARTOGRAPHISCHE VISUALISIERUNGEN

Die dynamischen, kartographischen Visualisierungen des Referenz-GIS beinhalten die GIS-typischen Kartenausgaben via Bildschirm und Plotter nach fest vorgegebenen und/oder beliebig kombinierbaren Thematiken. Im Referenz-GIS sind als Vorschlag für mögliche Anwendersichten auf den Referenz-Datenbestand zahlreiche thematische GIS-Anwendungen realisiert. Diese visualisieren neben topographischen Karten sowohl Standardkartenwerke der Bayerischen Staatsforstverwaltung als auch Planungskarten, Luftbild- und Katasterinformationen sowie gezielte thematische Zusammenhänge. Diese Anwendungen bieten zudem über eine spezielle Benutzeroberfläche Möglichkeiten für den Zugriff auf erweiterte, graphische und alphanumerische Ausgaben, wie sie weiter unten beschrieben sind.

Bei den von der Bayerische Staatsforstverwaltung als Informationsquellen benötigten Kartenwerken unterscheidet man neben zahlreichen Sonderkarten vier forstliche Hauptkarten. Von diesen ist sowohl die *Forstbetriebskarte* als auch die *Standortskarte* für den Nationalpark Bayerischer Wald von grundlegender Bedeutung. Eine maßstabdynamische und topographisch erweiterte Einbindung dieser Kartenwerke in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ war daher nahe liegend. Daneben war es notwendig, weitere, speziell für die Nationalparkverwaltung relevante Kartenausgaben zu realisieren.

Derzeit stehen folgende dynamische, kartographische Anwendungen zur Verfügung:

- a) **Forstbetriebskarten** (hier: Waldkarte) (vgl. *Kap. 6.2.1*)
als forstliche Basisinformation
- b) **Standortskarten** (vgl. *in der Anlage Kap. 5.3.4*)
als forstliche Basisinformation
- c) **thematische Karten** (vgl. *Kap. 6.4.5*)
der Borkenkäferproblematik im
Nationalpark Bayerischer Wald

- d) **Luftbildkarten** (vgl. Kap. 6.2.2)
zur Integration der Digitalen Flurkarte
mit digitalen Orthophotoinformationen
und Liegenschaftsdatenbeständen
- e) **Satellitenkarten** (vgl. in der Anlage Kap. 5.3.10)
zur Integration von
Fernerkundungsergebnissen
- f) **topographische Karten** (vgl. Kap. 6.2.4)
aus Datenbeständen der amtlichen
Vermessung
- g) **Planungskarten** (vgl. Kap. 6.2.3)
zum offiziellen Nationalparkplan
- h) **historische Karten** (vgl. in der Anlage Kap. 5.3.6)
aus Datenbeständen der beiden
vergangenen Jahrhunderte
- i) **klimatologische Karten** (vgl. Kap. 6.7)
für den Zugriff auf klimatologische
Erhebungen der vergangenen Jahrzehnte
- j) **touristische Karten** (vgl. in der Anlage Kap. 5.3.15)
mit Inhalten zur Tourismus-Infrastruktur

6.1.2 ERWEITERTE, GRAPHISCHE ERGEBNISSE

Die erweiterten, graphischen Ergebnisse berücksichtigen ergänzend zur kartographischen Visualisierung modernere Präsentations- und -Analysetechniken. Aus bestehenden und neu erstellten digitalen Datenbeständen wurden neue Produkte, wie spezielle Visualisierungen, Videosequenzen multimediale Elemente und synthetische, perspektivische Ansichten, abgeleitet, die für weiterführende Anwendungen im Informationssystem verwendet werden können.

Derzeit stehen folgende erweiterte, graphische Anwendungen zur Verfügung:

- a) **thematische Reliefdarstellungen** (vgl. Kap. 6.3.3)
- b) **Prognosen** (vgl. in der Anlage Kap. 5.3.5)
- c) **multimediale Präsentationen** (vgl. Kap. 6.5.1)
- d) **Animationen** (vgl. Kap. 6.5.2)
- e) **Analyseergebnisse** (vgl. Kap. 6.5.2)

6.1.3 ALPHANUMERISCHE AUSWERTUNGEN

Zur Bereitstellung verschiedener, den jeweiligen inhaltlichen Gegebenheiten angepasster Anwendersichten auf die umfangreichen und unterschiedlichen Sach-Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind unterschiedliche Abfrage, Analyse- und Präsentationsverfahren notwendig.

Um auch weniger versierten GIS- und Datenbank-Anwendern schnell und kompetent Sichten auf die komplexen Sach-Datenbestände des Referenz-GIS zu ermöglichen, existieren zahlreiche in Zusammenarbeit mit der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald entwickelte Basisanfragen auf häufig benötigte Datenbestände und inhaltliche Zusammenhänge. Spezielle Anfragen können mit Hilfe der Standard-Datenbankanfragesprache Structured Query Language (SQL) oder via QBE (Query By Example) entworfen werden. Dies setzt aber fundierte Kenntnisse der in Kap. 8 der Anlage beschriebenen Datenmodelle sowie der Datenbankanhalte voraus.

6.2 AUSGEWÄHLTE 2D-FACHANWENDUNGEN

Raumbezogene Daten werden im Allgemeinen mit Hilfe von Karten dargestellt. In der verwendeten GIS-Software des Referenz-GIS werden beliebige Sichten auf GIS-Datenbestände ermöglicht. Für alphanumerische Dateninhalte steht u.a. eine tabellarische Schnittstelle zur Verfügung. Mit Sach-Datenbeständen verknüpfte Geometrie-Daten werden dem Anwender über sog. „Views“ zugänglich gemacht. Man fasst auf diese Weise GIS-Datenbestände thematisch, räumlich und auch maßstäblich zusammen. In obigem Sinne ist ein View eine dynamische, elektronische Karte. Eine Sonderform des Views ist die „3D-Szene“ (vgl. Kap. 6.3.3).

Die Views des Referenz-GIS sind unterschiedliche thematische Sichten auf die vorhandenen GIS-Datenbestände, werden in Projekten verwaltet und sind so einem bestimmten thematischen Bereich zugeordnet. Das Projekt **referenz-gis.apr** (V3.0) als primäre Anwendersicht beinhaltet derzeit 15 Referenz-Views. Diese Views sollen dem Anwender einen möglichst umfassenden, thematisch strukturierten Überblick über die im Referenz-GIS vorhandenen und verfügbaren Datenbestände sowie deren Klassifizierung, Ausprägung und Inhalt vermitteln.

Diese „Anwendersichten auf Datenbestände“ sind keinesfalls als vollständig modellierte, thematisch-kartographische Endprodukte zu verstehen. Sie bieten dem Anwender stattdessen die entscheidende Grundlage, sich durch die komplexen und äußerst umfangreichen heterogenen Dateninhalte des Referenz-GIS navigieren zu können (Stichwort: „navigatorische Meta-Daten“).

<i>View-Name</i>	<i>Beschreibung</i>
Arbeitsview	Standard-View als oft gebrauchte Arbeitsvorlage mit vordefinierten Blattschnitten zur einheitlichen Kartenherstellung im Maßstab 1:10 000
DGM-Folgeprodukte	Standard-View als Referenz für die Verwendung von DGM-Folgeprodukten
dynamische Waldkarte	Umfassende, thematisch und maßstäblich gegliederte Darstellung des zum Nationalpark Bayerischer Wald verfügbaren Basisdatenbestandes mit der vollständigen Waldkarte als höchste Detaillierungsebene
erweiterte Standortskarte	Modellierung und Visualisierung der digital vorhandenen Standortsinformationen zum Nationalpark Bayerischer Wald mit thematischen Erweiterungen in Verbindung mit der geologischen Grobgliederung des Nationalparkgebietes über die geologische Karte 1:25 000 des Geologischen Landesamtes sowie des Wasserhaushaltes des Bodens
Gefährdungskarte	Darstellung zur Einschätzung der potentiellen Gefährdung der verbleibenden, lebenden Waldflächen des Nationalparks im Falle einer Fortdauer des derzeitigen Borkenkäferbefalls
historische Karte	temporale Darstellung einschneidender historischer Ereignisse im Nationalpark Bayerischer Wald
klimatologische Karte	Überlagerung klimatologischer Datenbestände und Analyseergebnisse mit Raumbezugsdaten
Luftbildkarte	Flächendeckende Darstellung und Überlagerung aller georeferenzierten Orthophotos 1:5000 zum Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald mit forstlichen Thematiken und amtlichen Katasterdaten in Kombination mit dem ALB
Planungskarte	geographische Planungsgrundlagen des aktuellen Nationalparkplanes
Satellitenkarte	Überlagerung eines georeferenzierten, panchromatischen Satellitenbildes mit ATKIS- und forstlichen Daten
topographische Karte	Visualisierung der amtlichen topographischen Datenbestände TK 25, ATKIS 25- und ATKIS 500-Daten zum Nationalpark Bayerischer Wald und seinem Umfeld

Totholzkartierung 1	Überlagerung von Höhenklassen mit einer Geländeschummerung in Verbindung mit den bis dato erfassten Totholzflächen
Totholzkartierung 2	Kartographische Darstellung der bis dato digitalisierten Totholzflächen in Verbindung mit diversen DGM-Folgeprodukten
Totholzkartierung 3	Überlagerung eines georeferenzierten, multispektralen Satellitenbildes mit den bis dato erfassten Totholzflächen
touristische Karte	maßstabsabhängige Visualisierung der verfügbaren, rasterbasierten Geobasisdaten ÜK 500, TK 100, TK 50 und TK 25 in Verbindung mit touristisch relevanten Informationen

TABELLE 19: VIEWS (ANWENDERSICHTEN) DES REFERENZ-GIS

6.2.1 ABLEITUNG EINER FORSTLICHEN BASISANWENDUNG

Die sog. Waldkarte ist eine der forstlichen Basisanwendungen der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald. Die Anwendersicht „dynamische Waldkarte“ des Referenz-GIS realisiert eine Erweiterung dieser Anwendung. Sie beinhaltet eine thematisch-maßstäbliche Gliederung forst-fachlicher Daten der zugehörigen Erfassungsgrundlagen *Wald-Begang* und *-Inventur* ergänzt um weitere, hierfür relevante Datenbeständen. Auf diese beiden Datenerfassungsverfahren kann hier wegen ihrer umfangreichen Hintergrundinformationen nicht weiter eingegangen werden. Sie sind in den *Kap. 5.3.3.1 und 8.5 der Anlage* umfassend erläutert.

6.2.1.1 WALDKARTE

Die ForstBetriebsKarte 1:10 000 (FBK) des Nationalparks Bayerischer Wald wird als *Waldkarte 1:10 000* bezeichnet, weil im Nationalpark kein Forstbetrieb im herkömmlichen Sinne betrieben wird. Die FBK wird in Bayern 10-jährlich und forstamtsweise im Rahmen der sog. Forsteinrichtung erstellt. Aufgabe der Forsteinrichtung ist es, durch systematische Stichproben den vorhandenen Waldaufbau zu bestimmen, die Waldbestände zu beschreiben sowie waldbauliche Maßnahmen festzulegen. Die Waldkarte 1:10 000 ist demnach die wichtigste und bei der Nationalparkverwaltung am häufigsten benutzte Karte. Sie stellt in der Hauptsache die Verteilung von (Wald-) Entwicklungsstadien unter Einbindung topographischer Angaben flächenscharf dar und besteht aus den drei Grundelementen:

1. Hintergrundinformation (*Basiskarte*)
2. unveränderliche, thematischen Daten (*ständige Details*)
3. veränderliche, nachzuführende, thematische Daten (*unständige Details*).

Unter das ständige Detail fallen dabei das Flurkartenraster als Bezugssystem für Landeskoordinaten sowie die Staatswaldgrenzen, die den Flurkarten entnommen werden. Die Staatswaldgrenzen ergeben sich aus den Umringkonturen zusammenhängender Staatswaldflurstücke. Die so entstehenden Inselflächen bilden das Grundgerüst des Inhalts der Forstbetriebskarte. Zum ständigen Detail der Forstbetriebskarte zählt auch das befahrbare Waldwegenetz, das in die Staatswaldflächen eingefügt wird. Außerdem werden in der Forstbetriebskarte die Grenzen der Waldeinteilung in (Forstamts-) Distrikte und Abteilungen erfasst, die ebenfalls zum ständigen Detail gehören.

Zum unständigen Detail dagegen zählen die Grenzen von (Forstamts-) Unterabteilungen und (Wald-) Beständen. Im Gegensatz zu den Grenzen, die zum ständigen Detail gehören, werden diese bei jeder Forsteinrichtung nach waldbaulichen Gesichtspunkten neu festgelegt. Im unständigen Detail werden außerdem Infrastrukturen, die der Erschließung der Bestände dienen, wie Rückewege und Schneisen, sowie bedeutsame Einzelbäume, erfasst.

Neben dem ständigen und unständigen Detail enthält die Datenbasis der Forstbetriebskarte Flächeninformationen der Forsteinrichtung. Hier werden drei Varianten unterschieden, nämlich *Flachland*, *Hochgebirge* und *Auenwald*. Die Flächen erhalten in Anlehnung daran einen eindeutigen Schlüssel, den Bestandsschlüssel, der das Zusammenfassen von Teilflächen zu logischen Einheiten sowie eine farblich abgestufte, kartographische Darstellung ermöglicht. In Form von Auszügen aus amtlichen, topographischen Basisdaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung werden Umgebungsdetails und Höhenlinien in die Forstbetriebskarte übernommen.

Im Referenz-GIS sind die Wald-Bestände in Rahmen der gültigen Forsteinrichtungen derzeit nach zwei Kriterien klassifiziert und mit Zusatzinformationen versehen:

1) im Geltungsbereich des Falkenstein-Rachel-Gebietes

Die für das *Falkenstein-Rachel-Gebiet* (Erweiterungsgebiet des Nationalparks) bislang vorliegenden Bestandesinformationen sind im Gegensatz zu den für das Rachel-Lusen-Gebiet existierenden Flächen (*s.u.*), wie in Wirtschaftswäldern üblich, nach *Pflege- und Nutzungsarten* klassifiziert. Dies rührt daher, dass das Falkenstein-Rachel-Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald bis Mitte 1998 als Forstamt Zwiesel forstlich bewirtschaftet wurde. Zukünftige Forsteinrichtungen werden, wie im Falle des Rachel-Lusen-Gebietes, nach Entwicklungsstadien vorgenommen werden.

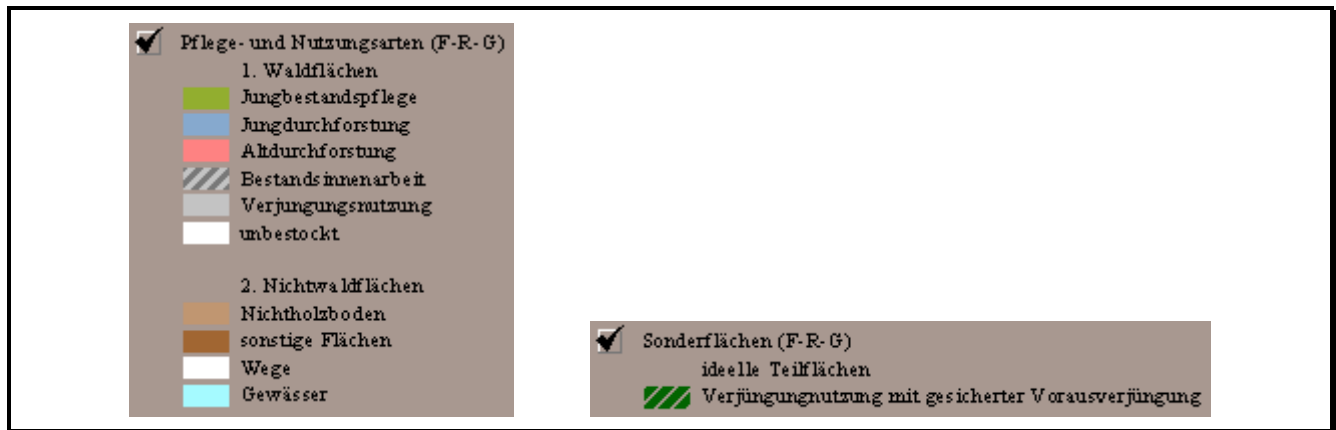


ABBILDUNG 89: PFLEGE- UND NUTZUNGSARTEN

2) im Geltungsbereich des Rachel-Lusen-Gebietes

Die Klassifizierung der Bestandesinformationen zum *Rachel-Lusen-Gebiet* (Altgebiet des Nationalparks) ist, wie im Hochgebirge üblich, nach Entwicklungsstadien vorgenommen.

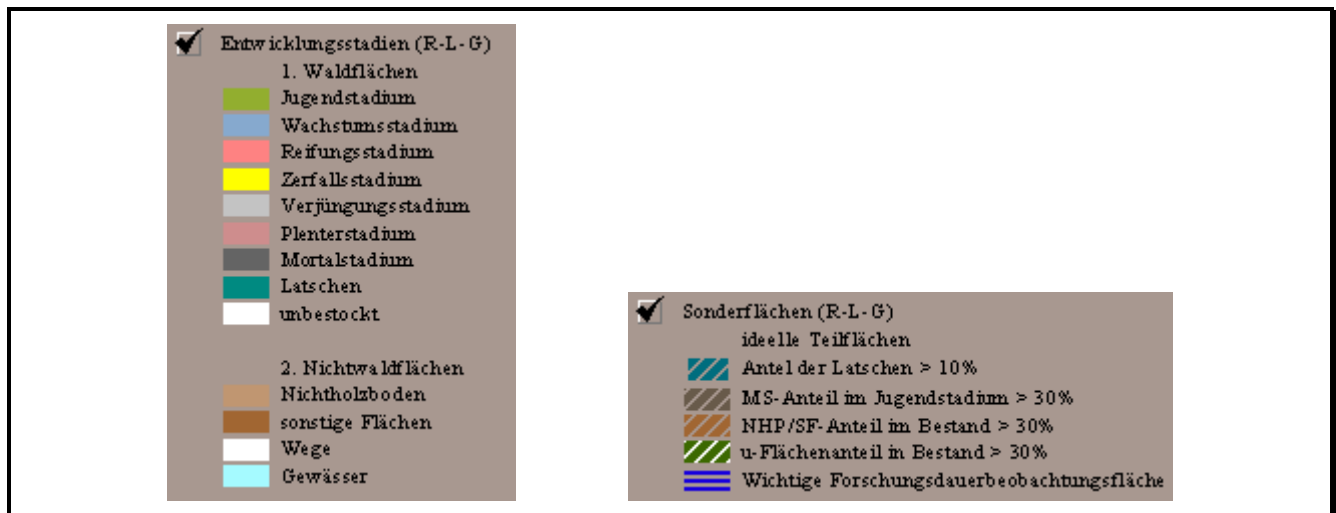


ABBILDUNG 90: ENTWICKLUNGSSTADIEN

Die Einteilung der natürlichen Entwicklungsvorgänge von Wäldern in Entwicklungsstadien kann die Realität ähnlich wie bei der Beschreibung anderer biologischer Vorgänge kaum exakt, sondern nur annähernd wiedergeben. Übergänge von Stadium zu Stadium sind in der Natur meist fließend. Nachfolgende Abgrenzungskriterien sind deshalb nur als Hilfsgrößen zu betrachten: nach [9] BAYSTMLF (unbekannt)

6.2.1.2 ERGÄNZENDE DATEN

Die Anwendersicht „dynamische Waldkarte“ beinhaltet neben den Daten zu Begang und Inventur auch zahlreiche weitere Themen. Hierzu gehören neben nicht in der originären Waldkarte vorgesehenen Datenbeständen der Nationalparkverwaltung und Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft auch ergänzende Daten aus dem FORST-GIS-Bayern sowie umfassende topographische Informationen der amtlichen Vermessung. Des Weiteren werden dort neben Daten der Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava auch DGM-Folgeprodukte in Form von Höhenlinien- und Reliefinformationen vorgehalten. Beispielhaft sind hier zu nennen:

- weitere infrastrukturelle und naturschutzrelevante Daten zum Nationalpark Bayerischer Wald
- Waldecke 1:50 000:
Er dient im FORST-GIS Bayern der Übersicht und der Auskunft über bewaldete und unbewaldete Gebiete. Er wird aus der TK 50 mittels Raster-Vektor-Konvertierung abgeleitet und im Zuge der Forsteinrichtung laufend an die tatsächlichen Verhältnisse angepasst.
- Gebietsabgrenzungen des Landschaftsschutzgebiets sowie des Nationalparks Šumava
- Topographische Informationen in Form von:
 - Höhenlinien
 - ATKIS-Daten: Näheres hierzu sowie deren Klassifizierung gemäß des ATKIS-ObjektArtenKatalogs (OBAK) wird für den View „topographische Karte“ in Kap. 6.2.4 beschrieben.

Zur Verbesserung der Verständlichkeit und Interpretierbarkeit sind in diesem View multimediale Ergänzungen in Form von sog. „Hotlinks“ implementiert. Diese sind über die Bestandesflächen mit dokumentarischen Bildinformationen verknüpft. Alle in diesem View verfügbaren, geometrischen Begangs- und Inventurinformationen sind über ein geeignetes Schlüsselkonzept mit der Sach-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ über SQL-Abfragen via ODBC verbunden und können dementsprechend beauskunftet werden.

Die im View „dynamische Waldkarte“ beinhalteten Datensätze und über Legenden definierte Themen sind in Kap. 5.3.3 der Anlage nachzulesen. Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im Anhang F1 am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

6.2.2 INTEGRATION AMTLICHER GEOBASISDATEN IN FORM EINER LUFTBILDKARTE

Die Anwendersicht „Luftbildkarte“ hat im überwiegenden Maße das bayerische Grundstücks- und Boden-Informationssystem (GRUBIS) für das Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald als Datenreferenz. Das GRUBIS enthält die Basisdaten der Vermessungsämter, bestehend aus Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB) und der Digitale Flurkarte (DFK). Der Datenaustausch wird in der Vorschrift „Richtlinien zum Datenaustausch für das amtliche Grundstücks- und Bodeninformationssystem (DatRi-GRUBIS)“ geregelt. Die View-Bezeichnung impliziert die Verwendung von digitalen Luftbildern. Es handelt sich hierbei um die Digitalen OrthoPhotos (DOP) 1:5 000 der amtlichen bayerischen Vermessung. Die notwendigen Untersuchungen und Konvertierungsschritte zu deren Integration in das Referenz-GIS sind im Rahmen der Arbeiten [38] EISGRUBER (1999), [120] SCHILCHER ET AL. (1999) und [119] SCHILCHER ET AL. (2000) des Fachgebiets Geoinformationssysteme der TU München sowie in Kap. 4.7 der Anlage vorgenommen und dokumentiert, so dass an dieser Stelle auf wissenschaftliche und technische Details verzichtet werden kann.

Hier ist die 2. Epoche (Befliegung 2000) der amtlichen Orthophotos 1:5 000 im Blattschnitt der analogen Flurkarte 1:5 000 zum Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald georeferenziert und mit Vektor-Daten überlagert dargestellt. Das Hauptaugenmerk ist auf die Überlagerung dieses Imagekatalogs mit der Digitalen Flurkarte sowie die Integration des ALB in diese Datenbestände gelegt. Die Informationen der Digitalen Flurkarte sind mit oder auch ohne Verbindung zum ALB in vielfältiger Weise nutzbar.

Das Gebiet des Nationalparks erstreckt sich über 82 Flurkarten 1:5 000. Im Amtsbereich der Vermessungsämter Freyung und Zwiesel ist die DFK seit 2001 flächendeckend realisiert. Die Komplettierungsarbeiten dieser DFK wurden nach Kooperationsgesprächen an der TU München auf Initiative des Vermessungsamtes Freyung vorgezogen. Die Vorbereitung der Karten hatte das VA Freyung übernommen, die Realisierung war durch das LVA München erfolgt.

Die im View „Luftbildkarte“ beinhalteten Datensätze und über Legenden definierte Themen sind in Kap. 5.3.8 der Anlage nachzulesen. Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im Anhang F2 am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

6.2.3 DIE PLANUNGSKARTE, EIN PRODUKT DES AKTUELLEN NATIONALPARKPLANES

In dieser Anwendersicht werden alle Formen von Planungsgrundlagen zum Nationalpark Bayerischer Wald als auch zum Nationalpark bzw. Landschaftsschutzgebiet Šumava zusammengefasst und thematisch strukturiert dargestellt. Diese Inhalte setzen sich aus dem derzeit gültigen Nationalparkplan des Nationalparks Bayerischer Wald sowie den bislang überlassenen, planungsrelevanten Daten der tschechischen Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava zusammen.

Der Vorgang der Übernahme und Transformation tschechischer Datenbestände der Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava ist in *Kap. 6.6.2* wissenschaftlich beleuchtet und erläutert.

6.2.3.1 DER NATIONALPARKPLAN DES NATIONALPARKS BAYERISCHER WALD

nach [103] NPV (2000)

Entsprechend § 7 der NationalParkVerOrdnung (NPVO) ist von der Nationalparkverwaltung unter Mitwirkung des kommunalen Nationalparkausschusses (§ 16 Abs. 3 Nr. 1 NPVO) ein Nationalparkplan auszuarbeiten. Der Nationalparkplan wird vom Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten genehmigt und festgesetzt. Vorrangige Aufgabe des Nationalparkplans ist es, mittelfristig die örtlichen Ziele und Maßnahmen für den Nationalpark festzulegen, wie sie sich aus der in der Nationalparkverordnung festgelegten Zweckbestimmung und den Aufgaben (§§ 3 bis 5 NPVO) ergeben. Des Weiteren legt der Nationalparkplan das zu erhaltende Wegenetz (§ 7 NPVO) und die Walderhaltungs- und Waldpflegemaßnahmen (§§ 13 und 14 NPVO) fest. Leitbild und Ziele des Nationalparkplanes sind in *Kap. 5.3.9.1 der Anlage* abgehandelt.

Im direkten Zusammenhang mit dem aktuell vorliegenden Nationalparkplan der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald stehen dem Referenz-GIS umfangreiche Datensätze mit folgenden thematischen Inhalten zur Verfügung:

- Gewässer
- Gebiete
- Infrastruktur und Erschließung (u.a. Wegeplan)
- touristische Einrichtungen
- Siedlungen
- planerische und forstliche Details
- naturschutzrelevante Details
- Einschränkungen für Gebiete (u.a. Nutzungen und Gestattungen)
- Wildschutz (u.a. Schalenwildmanagement)
- Höhenstufen
- Blattsnitte

6.2.3.2 DER NATIONALPARK BZW. DAS LANDSCHAFTSSCHUTZGEBIET ŠUMAVA

nach [99] NPV (1995), [59] HUBER (2000), [57] HLÁSEK (1991) und [112] PONGRATZ (1995)

Die großflächigen Gebirgsteile des Šumava (Böhmerwald) entlang der südwestlichen Grenze der Tschechischen Republik zu Deutschland und Österreich wurden 1991 zum Nationalpark erklärt. Seit den ersten Schutzzorschlägen zum Naturpark 1911 über den Aufruf zum Schutz des Šumava als Nationalpark 1946 sowie weitere Versuche um 1968-1969 und in den achtziger Jahren verging bis zur Entstehung des Nationalparks Šumava eine lange Zeit. Der Nationalpark Šumava, was soviel wie rauschender, brausender Wald bedeutet, ist mit 69 030 ha der größte der drei existierenden tschechischen Nationalparke und erstreckt sich von Zelezna Ruda (Böhmisch Eisenstein) im Nordwesten zum Ostabhang des Smrcina-Massivs (Hochficht) im Südosten auf fast 70 km Länge und 2 bis 15 km Breite. Besonders die über 40 Jahre unzugängliche Grenzregion ist nahezu naturbelassen und besonders schützenswert. Als Schutzzone blieb am Parkrand ein Restteil des Landschaftsschutzgebietes (CHKO) Šumava mit fast 99 000 ha. Beide Großschutzgebiete sind von der UNESCO als Biosphärenreservate anerkannt. Das Parkgebiet schließt die Mehrheit der wertvollsten Naturgemeinschaften des Šumava-Mittelgebirges ein.

Der Nationalpark Šumava wird in *Kap. 5.3.9.2 der Anlage* ausführlich vorgestellt. Seine Historie, politische Gegebenheiten sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zum Nationalpark Bayerischer Wald sind dort herausgearbeitet.

Um die bisher recht lockere Zusammenarbeit zwischen der in Vimperk (Winterberg) sitzenden Nationalpark- und Landschaftsschutzgebietverwaltung Šumava und der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald zu festigen, wurde 1998 zwischen Bayern und Tschechien ein Memorandum zur Zusammenarbeit in den Bereichen „Naturschutz“, „Erholung“, „Bildung“, „Öffentlichkeitsarbeit“, „Forschung“ und „Monitoring“ unterzeichnet (vgl. [148] BAYSTMLF (1998)). Im Rahmen dieses Abkommens wurden zwischen den Nationalparkverwaltungen Bayerischer Wald und Šumava zahlreiche Datensätze mit bislang folgenden thematischen Inhalten ausgetauscht (vgl. hierzu auch Kap. 6.6):

- Gewässer
- Gebiete
- Siedlungen
- naturschutzrelevante Details
- planerische und forstliche Details
- Infrastruktur und Erschließung
- touristische Einrichtungen

Im Zusammenhang mit planerischen Details liegen dem Referenz-GIS u.a. Daten zu den Zonierungen der beiden benachbarten Nationalparke vor. Die Zonierungen unterscheiden sich grundlegend in ihrer Philosophie und Ausprägung. Während die deutsche Seite insgesamt 6 Zonen unterscheidet, verwenden die tschechischen Kollegen deren drei, was nicht unmittelbar die Qualität der Planungsformen wiedergeben soll. Der Nationalparkplan von 1999 ist lediglich detaillierter. Die Fläche des Nationalparks Bayerischer Wald wird in Bereiche für Naturzonen (I), drei Formen von Entwicklungszonen (IIa, IIb, IIc) sowie einen Randbereich (III) zur Borkenkäferbekämpfung und Erholungszonen (IV) für Touristen untergliedert. Die Fläche des Nationalparks Šumava unterteilt sich in die drei Zonen (I-III) „strenge Naturzone“, „gelenkte Naturzone“ und „Randzone“. Deren Handhabung ist weiter oben bereits beschrieben.

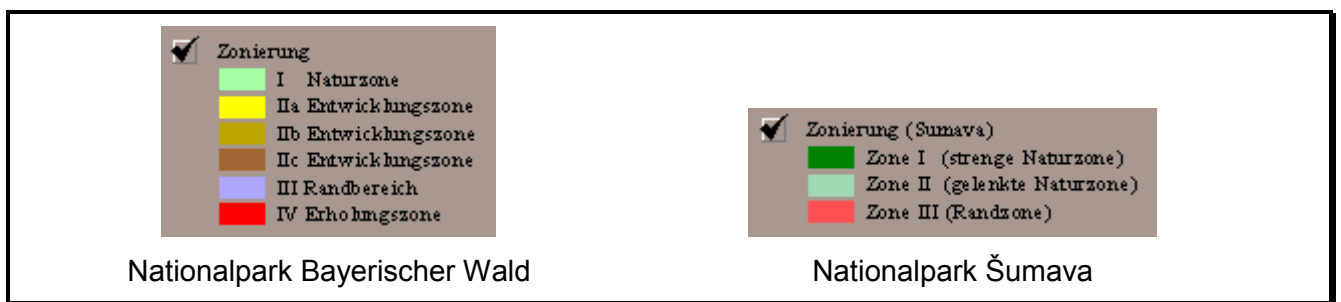


ABBILDUNG 91: ZONIERUNGEN DER BENACHBARTEN NATIONALPARKE

Die im View „Planungskarte“ beinhalteten Datensätze und über Legenden definierte Themen sind in *Kap. 5.3.9 der Anlage* nachzulesen. Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im *Anhang F3* am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

6.2.4 EINE MAßSTABSDYNAMISCHE KOMBINATION VEKTOR- UND RASTERBASIERTER, AMTLICHER TOPOGRAPHIEDATENBESTÄNDE

Topographische Karten sind allgemeine Karten und stellen im Gegensatz zu thematischen Karten landschaftliche Merkmale wie Flüsse, Straßen, Landmarken und Geländeformen dar. Sie beinhalten damit vorwiegend *Topographie*, also alle natürlichen und anthropogenen Objekte auf der Erdoberfläche. Zur ausschließlichen Darstellung der Topographie der Region um den Nationalpark Bayerischer Wald sind alle über das Bayerische Landesvermessungsamt verfügbaren topographischen Informationen maßstabsdynamisch nach ihren Erfassungsmaßstäben gegliedert in einer exemplarischen Karte zusammengestellt.

Das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) beschreibt die Erdoberfläche durch digitale Datensätze. Die topographischen Objekte der Bereiche *Siedlung, Verkehr, Vegetation, Gewässer, Relief* und *Gebiete* werden geometrisch nach Lage und Form sowie semantisch nach Namen und Eigenschaften (Attributen) erfasst. Die gespeicherten Daten bilden in ihrer Gesamtheit ein digitales Landschaftsmodell (DLM), das von Anwendern als Grundlage zum Aufbau von eigenen Fachinformationssystemen benutzt werden kann.

Die Anwendersicht „topographische Karte“ stellt die Modellierung und Visualisierung der aus **dx**f-, **SQD**- und **EDBS**-Rohdaten umgesetzten ATKIS 25- und ATKIS 500-Daten zum Nationalpark Bayerischer Wald und seinem Umfeld dar. Die hierfür notwendigen Untersuchungen und Konvertierungsschritte sind im Rahmen der Arbeiten [120] SCHILCHER ET AL. (1999) und [119] SCHILCHER ET AL. (2000) des Fachgebiets Geoinformationssysteme der TU München dieser Arbeit vorgenommen und dokumentiert worden, so dass an dieser Stelle auf wissenschaftlich-technische Details verzichtet werden kann. Darüber hinaus enthält diese Benutzersicht des Referenz-GIS die flächendeckenden Rasterinformationen der Topographischen Karte Bayern 1:25 000 (TK 25) für die beiden Nationalpark-Landkreise Regen und Freyung-Grafenau. Sie liefert damit für eine Vielzahl an möglichen Anwendungen des Referenz-GIS einen flächendeckenden und einfach zu verwendenden Rasterhintergrund mit wählbaren Inhalten.

Die in diesem View beinhalteten Datensätze und über Legenden definierte Themen sind in *Kap. 5.3.11 der Anlage* nachzulesen. Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im *Anhang F4* am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

6.3 ERWEITERUNG UM INFORMATIONEN FÜR 3D-ANWENDUNGEN

Die 2D-Darstellung von Geo-Daten bietet eine lagerichtige Darstellungsmöglichkeit in Kartenform. Abhängig von der Datenmenge und -Genauigkeit kann hier auf einen beliebigen Maßstab zurückgegriffen werden. Mit einer dreidimensionalen Abbildung des Geländes werden große Datenmengen beispielsweise für Präsentationen überschaubar modelliert und abgebildet. Wird ein GIS um Höheninformationen erweitert, sind mit den neu gewonnenen Daten eine Vielzahl neuer Analysen und Darstellungsformen möglich. Durch die virtuelle Begehrbarkeit des Objekt-Raumes kann in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Hard- und Software ein Erleben von Zuständen oder Planungsergebnissen und damit ein unmittelbares Feedback stattfinden.

[129] STOCKMEYER (1999)

Digitale GeländeModelle (DGM) entstehen, wenn Höheninformationen flächendeckend erfasst, gespeichert und ausgewertet werden. Die Visualisierung erfolgt in der Regel durch Draht- oder Netzmodelle und/oder in Verbindung mit Texturierungen oder Auflegen (Drape) von Flächendaten (Thematische Karten, Luftbilder u.ä.). Sie werden entweder über unregelmäßige Dreiecksvermaschungen (TIN = Triangulated Irregular Network) oder regelmäßige Vierecksvermaschungen (Grid = Gitter/Raster) berechnet. Zusätzlich sind in einigen DGM-Softwarelösungen auch Mischformen aus Dreiecks- und Vierecksvermaschung möglich. Das Problem heutiger Standard-GIS-Software in Verbindung mit DGM ist jedoch, dass diese in Bezug auf ihre Datenstruktur oft nur stetige Funktionen in der x - y -Ebene bieten. Das bedeutet, dass ein Punkt, beispielsweise, in der Regel nicht mehrere z -Werte haben kann. Dies ist in GIS-Anwendungen aber oftmals dringend notwendig (z.B. bei Gebäudepunkten oder bei Schichtmodellen in der Geologie oder Ozeanologie).

Diese grundsätzliche Einschränkung gilt auch für die im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ verwendete 3D-Erweiterung. Neben der herkömmlichen zweidimensionalen Betrachtungsweise besteht für zahlreiche Anwendungen des Referenz-GIS die Notwendigkeit, Geo-Daten dreidimensional modelliert und präsentierbar vorzuhalten. Die hierbei realisierten 3D-Geländedarstellungen und -Analyseergebnisse sehen nicht die Anwendung hochdetaillierter 3D-CAD-Daten in GIS (Stichwort: „*Virtual Reality*“) vor. Zwar existieren für alle 2D-Vektordaten (Point, Polyline, Polygon) im Geltungsbereich der vorliegenden DGM-Informationen daraus abgeleitete 3D-Daten (*PointZ*, *PolylineZ*, *PolygonZ*); es ist aber nicht möglich, 3D-Körper, wie beispielsweise Bebauungselemente, innerhalb des Referenz-GIS mathematisch vollständig zu beschreiben und texturiert abzubilden. Hier wird eher angestrebt, einen visuellen Überblick über das Gelände zu erstellen und topographische Zusammenhänge zu analysieren und zu veranschaulichen. Die erzielten Analyseergebnisse können für weiterführende Untersuchungen herangezogen werden. Diese kartenverwandten 3D-Anwendungen stellen demnach kein vollständig modelliertes 3D-GIS, sondern ein um 3D-Aspekte erweitertes 2D-GIS (2D + DGM) dar.

Das amtliche DGM 25 als DGM-Basisinformation für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ beschreibt Bayern als eine dreidimensionale, regelmäßige „Gitter-Landschaft“ (GRID) bestehend aus ca. 30 Millionen Punkten angeordnet in einem Gitter von 50 m und mit einer angegebenen relativen Höhengenaugigkeit von 2 - 3 m. Es sind derzeit keine Bruchkanteninformationen über die amtliche Vermessung erhältlich, so dass über das DGM 25 originär kein hoher Detaillierungsgrad der Geländeoberfläche wiedergegeben werden kann. Verbesserungen der relativ groben, regelmäßigen Vierecksvermaschung des DGM 25 können nur durch nachträglich in das DGM eingebrachte Bruchkanten- und Formlinieninformationen aus zweidimensionalen ATKIS 25-Daten vorgenommen werden.

Ausgangspunkt sind demnach zwei getrennte digitale Datenbestände mit Lageinformation (ATKIS 25) und mit Höheninformation (DGM 25). Soll das Gelände bestmöglich dargestellt werden können, empfiehlt sich eine unregelmäßige Dreiecksvermaschung zur Darstellung. Ein solches TIN wird in einen Satz zusammenhängender, nicht überlappender Dreiecke unterteilt. Für jeden Dreiecksknoten ist zusätzlich ein Höhenwert (z-Wert) zu den x- und y-Werten gespeichert. Die Höhen zwischen Knoten können interpoliert werden und berücksichtigen die Definition einer fortlaufenden Oberfläche. TIN's können sowohl unregelmäßig verteilte als auch selektive Datensätze enthalten. Dies ermöglicht eine komplexe und unregelmäßige Oberfläche in Verbindung mit einem optimierten Speicherbedarf. Die TIN-Daten enthalten zudem topologische Zusammenhänge zwischen Punkten und benachbarten Dreiecken.

Die Rohdaten zur Erstellung einer solchen unregelmäßigen Dreiecksvermaschung werden im Referenz-GIS durch untenstehende Datenformen repräsentiert:

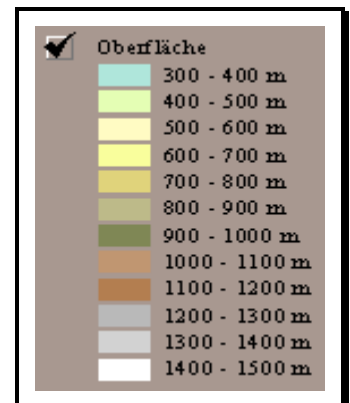
1. **Massepunkte** (obligat/Höheninformationen)
2. **Bruchkanten** (optional/Höheninformationen)
3. **Formlinien** (optional/keine Höheninformationen)

6.3.1 ABLEITUNG VON 3D-DATENBESTÄNDEN AUS DEM DGM 25

Die Höheninformationen zur DGM-Interpolation werden aus Punkt-, Linien- und Flächeninformationen (z.B. DGM 25-Punkte, Höhenlinien, Gewässerlinien und Wasserflächen) gewonnen. Im Nachfolgenden wird die Ableitung von Grid-, TIN- und 3D-Vektor-Daten aus einem DGM über diverse Zwischenstufen erläutert.

6.3.1.1 GRID-BERECHNUNG AUS ALPHANUMERISCHEN DGM-INFORMATIONEN

Da das DGM 25 bereits eine interpolierte, rechteckige Gitterstruktur hat, kann das originäre Format des DGM 25 (ASCII) ohne weitere Interpolation in das systemspezifische Grid-Format (ESRI-GRID) der verwendeten GIS-Software konvertiert werden. Das amtliche DGM 25 liegt im Referenz-GIS in einer einfachen ASCII-Struktur flächendeckend für die beiden Landkreise Regen und Freyung-Grafenau vor. Daraus lässt sich ein Geometrie-Datensatz in Form von ca. 1,2 Mio. Punkten mit attributiven Höhenangaben ableiten. Diese Punkte bilden die Grundlage für das abzuleitende Oberflächen-Grid. Die DGM-Punkte repräsentieren dabei die Ecken der zu erstellenden Grid-Zellen. Die einzelnen Zellen liegen damit in Abhängigkeit von den Höhenwerten ihrer vier Eckpunkte im dreidimensionalen Raum (→ regelmäßige Vierecksvermaschung).



Man kann hierbei über Legendenbearbeitungen beispielsweise eine in 100 m-Schritten abgestufte Darstellungsform der Geländeoberfläche vorgeben und diese in Verbindung mit einer Geländeschummerung visualisieren.

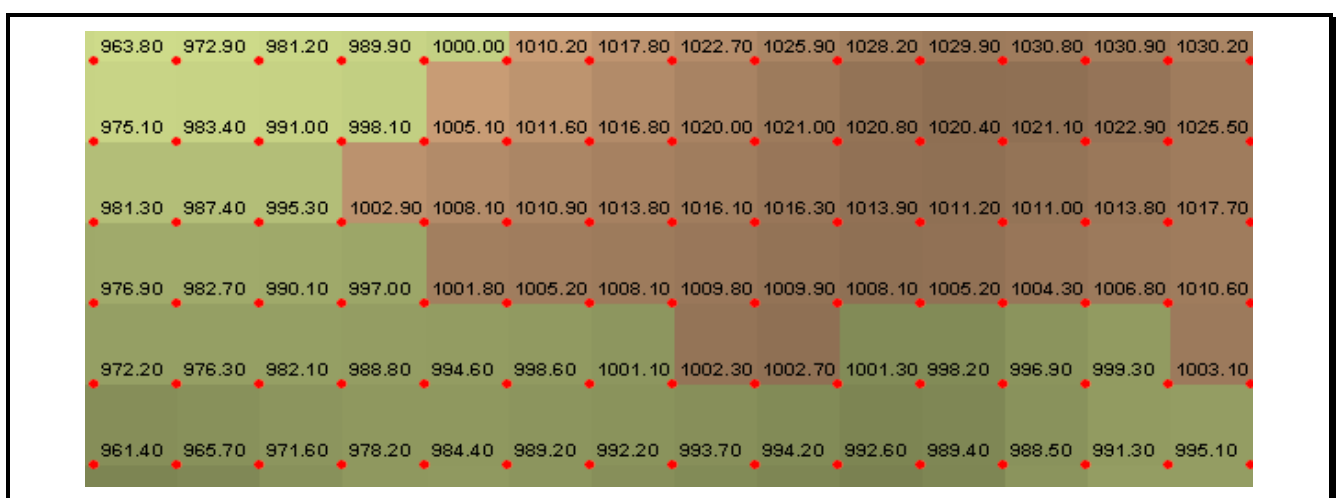


ABBILDUNG 92: REGELMÄßIGE VIERECKSVERMASCHUNG (GESCHUMMERTE 100 M-HÖHENSTUFEN)

6.3.1.2 TIN-BERECHNUNG AUS GRID- ODER VEKTOR-DATEN

TIN-Daten können aus Vektor-Daten oder alternativ auch aus Grid-Daten abgeleitet werden.

Zur Verbesserung der relativ groben, regelmäßigen Vierecksvermaschung des DGM 25 zu einer unregelmäßigen Dreiecksvermaschung mit Bruchkanten und Formlinieninformationen können, wie bereits angedeutet, zweidimensionale Datenbestände des ATKIS 25 ergänzt um Höhen-Informationen aus dem DGM 25 herangezogen werden.

Ein TIN kann allgemein durch Hinzufügen von topographischen Beschreibungsmerkmalen, wie stehende oder fließende Gewässer, entscheidend verbessert werden. Die Rohdaten zur Erstellung einer solchen unregelmäßigen Dreiecksvermaschung werden im Falle des Referenz-GIS durch untenstehende Datenformen repräsentiert:

1. **Digitales Geländemodell** in Form des amtlichen DGM 25. Seine Punktinformationen werden als regelmäßig angeordnete Massepunkte in die Interpolation eingebracht.
2. **Bruchkanten (mit Höheninformationen)** in Form der Flächen großemäßig relevanter, stehender Gewässer des ATKIS 25 in Verbindung mit einer Ableitung der zugehörigen, mittleren Höheninformationen aus dem DGM 25. Diese werden als Polygone mit einer einheitlichen Höhe im Inneren eingeführt. D.h. diese Wasserflächen (Teiche, Stauseen, Binnenseen) haben eine homogene Höhe und sind damit horizontal.
 - Selektion aller Gewässerflächen mit der Eigenschaft „ist Binnensee, Stausee oder Teich“ zur Extrahierung aller relevanten, horizontalen Flächen.
 - Räumliche Selektion aller innerhalb dieser Flächen befindlichen DGM-Punkte zur Extrahierung aller relevanten Punkte mit Höheninformationen.
 - Spatial Join zur Verknüpfung der Flächenattribute mit den DGM-Punktattributen über eine hierfür entwickelte räumliche Abfrage (Punkte in Flächen-Operation).
 - Entfernen aller Flächen, für die der Spatial Join keine geeigneten Punktinformationen geliefert hat. Zu kleine Flächen oder stark gestreckte Flächen beinhalten nur einen oder keine DGM-Punkte.
 - Bildung von Multipart-Features (Multi-Points) unter Verwendung der nun pro Punkt verfügbaren Flächenschlüssel unter Ableitung der arithmetischen Mittelwerte der entsprechenden Punkthöhen für je eine Fläche.
 - Alphanumerischer 1:1-Join zur Verknüpfung der resultierenden Höheninformationen mit den Gewässerflächen.

→ jede verbleibende Gewässerfläche hat nun eine eindeutige Höhe in Form des arithmetischen Mittelwertes aller innerhalb ihrer Grenzen liegenden DGM 25-Punkte (min. 2 Punkte). Dies ist die wahrscheinlichste, aus diesen Sekundärdaten ableitbare Höheninformation für flächige Bruchkanten. Alternativ wäre eine manuelle Erfassung der Gewässerhöhen aus weiteren Datenquellen möglich, ist aber aufgrund des extremen Aufwandes nicht zu empfehlen.
3. **Formlinien (ohne Höheninformationen)** in Form der Flächen aller fließender Gewässer des ATKIS 25 als Polygone, deren Begrenzungen bei der Dreiecksvermaschung als Dreiecksseiten berücksichtigt werden. Diese Wasserflächen (Kanäle, größere Flüsse, Ströme) haben keine homogene Höhe und sind damit nicht horizontal.
 - Selektion aller Gewässerflächen mit der Eigenschaft „ist Strom, Fluss, Bach, Graben oder Kanal“ zur Extrahierung aller relevanten, nichthorizontalen Flächen.
4. **Formlinien (ohne Höheninformationen)** in Form der wichtigsten Gewässerlinien des ATKIS 25. Alle nicht flächig verfügbaren Gewässer (Bäche, Gräben, kleinere Flüsse) können ergänzend als Formlinien und damit als Dreiecksbegrenzungen mit eingeführt werden. Eine signifikante Verbesserung der Oberflächenbeschreibung durch das resultierende TIN wird dadurch aber nicht erreicht.
 - Selektion aller Gewässerlinien mit der Eigenschaft „ist Strom, Fluss, Bach, Graben oder Kanal“ zur Extrahierung aller relevanten Linien.
5. **Clip-Thema (Beschneidungspolygon)** zur Festlegung der räumlichen Ausdehnung des zu erstellenden TIN's. Die TIN-Interpolation findet innerhalb dieses Polygons statt. Evtl. vorliegende Datenbestände außerhalb des Clip-Polygons werden demnach bei der Berechnung ignoriert.
 - Erstellung unter Berücksichtigung der räumlichen Ausdehnung der verfügbaren DGM 25-Daten.

Hier die beispielhafte Umsetzung für die Region der am Nationalpark Bayerischer Wald unmittelbar angrenzenden Trinkwasser-Talsperre Frauenau:



ABBILDUNG 93: REALE WELT (AUSSCHNITT: TRINKWASSER-TALSPERRE FRAUENAU)

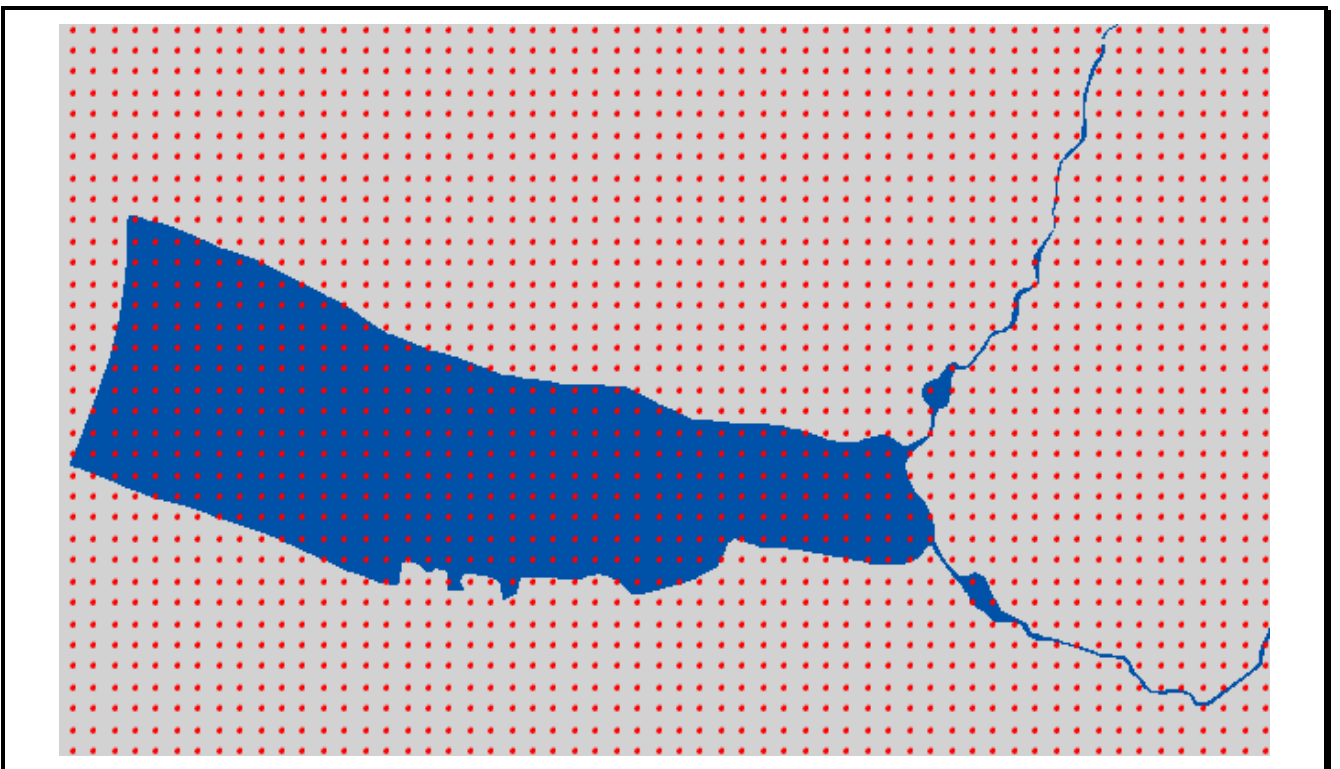


ABBILDUNG 94: ÜBERSICHT DER VERWENDETEN DGM-PUNKTE (AUSSCHNITT)

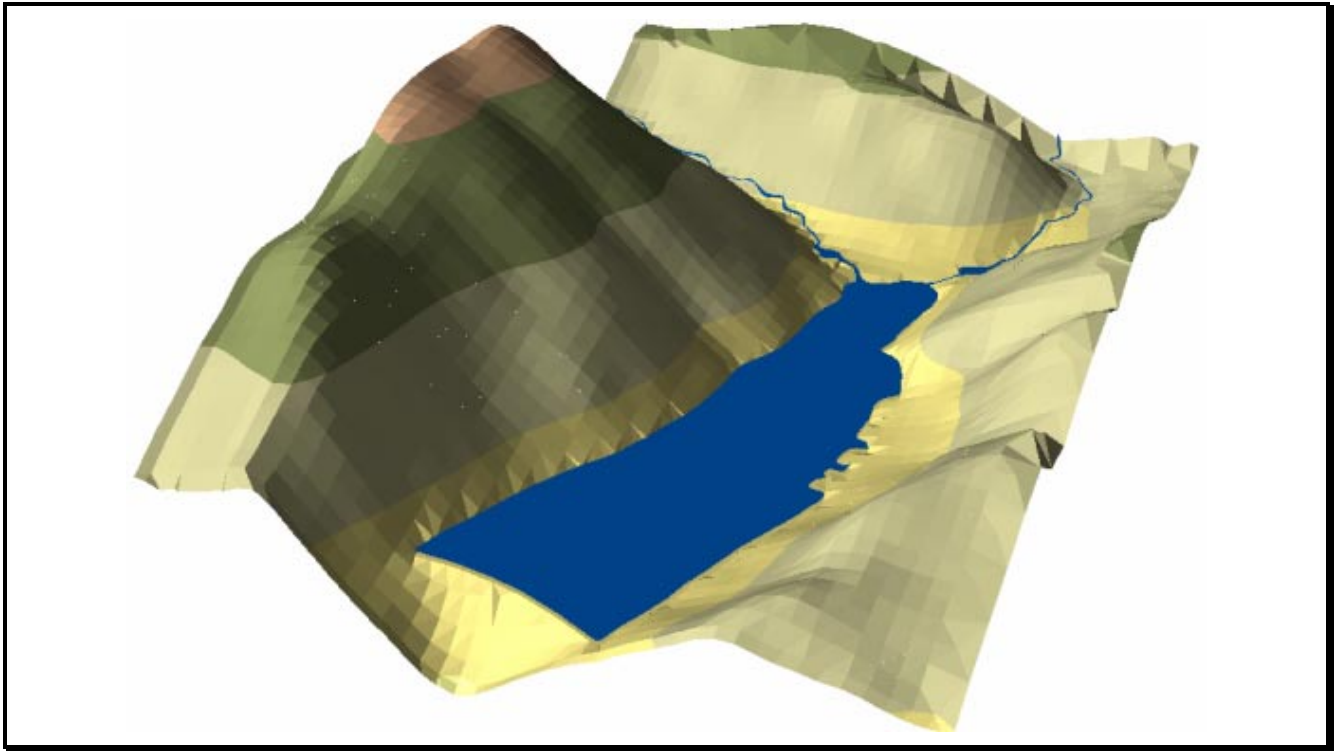


ABBILDUNG 95: 3D-ANSICHT DES INTERPOLATIONSERGEBNISSES (AUSSCHNITT)

Die Interpolation des TIN für die gesamte DGM-Ausdehnung (ca. 300 000 ha) ist ein sehr rechenintensiver Prozess und beansprucht auf einer Hochleistungs-Workstation ca. 20 h Rechenzeit. Das resultierende TIN belegt ca. 85 MB Speicherplatz.

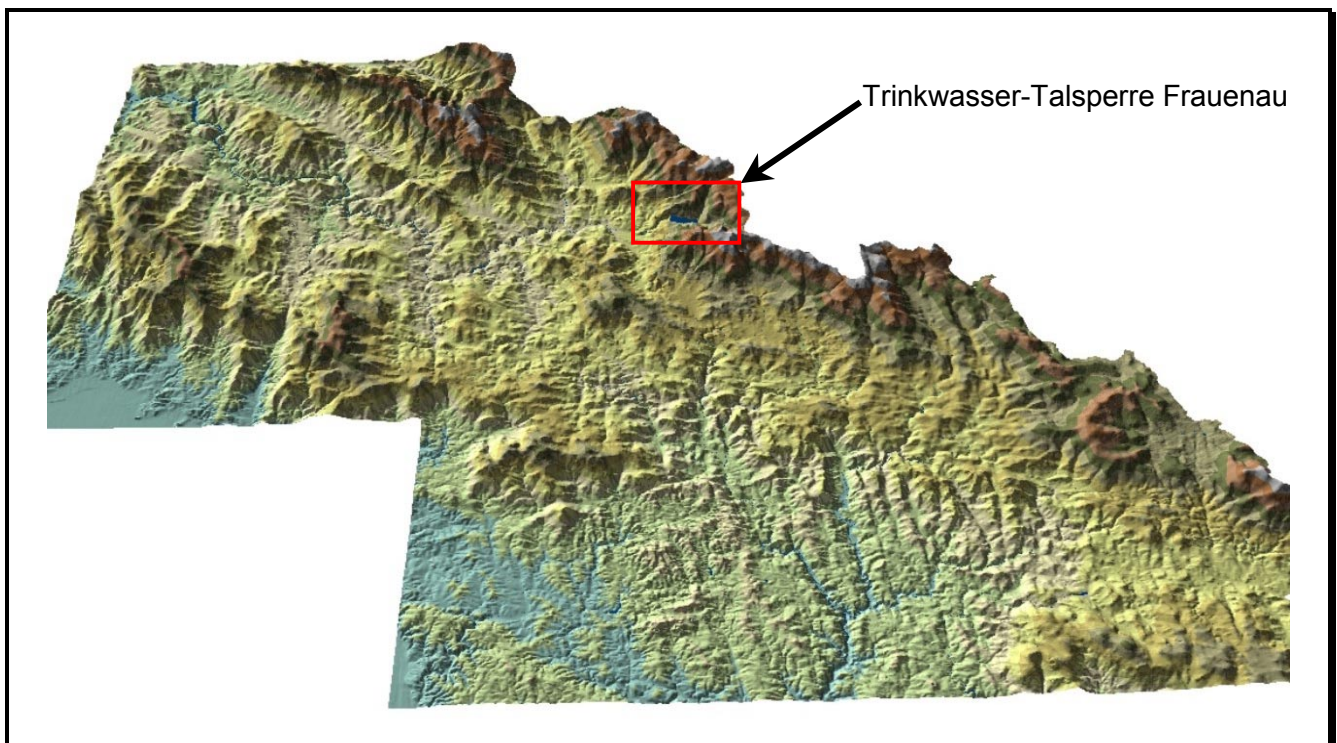


ABBILDUNG 96: ERGEBNIS DER TIN-BERECHNUNG (3D-GESAMTANSICHT)

Bei einem derart großräumigen TIN mit mehreren Millionen Dreiecken sind selbst bei modernen GIS-Workstations sowohl beim 2D-Bildaufbau als auch bei 3D-Visualisierungen im Besonderen Performanceprobleme zu erwarten. Die Visualisierung dieses TIN erfordert neben einem minimalen Speicherausbau von 512 MB RAM eine sehr leistungsstarke 3D-OpenGL-Grafikkarte mit großzügig Texturspeicher (> 32 MB).

6.3.1.3 ABLEITUNG VON 3D-VEKTOR-DATEN AUS TIN-DATEN

ESRI-Shape-Files stellen das im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ überwiegend verwendete Datenformat. Das Shape-Format ist ein relativ einfach strukturiertes, nicht-topologisches Vektor-Daten-Format zum Speichern von geometrischen Orts- und Attributinformatoren geographischer Objekte (vgl. 4.6.1.1 der Anlage). Es ist ein auf schnellen Zugriff und hohe Performance optimiertes Format. In dem binär kodierten Dateiformat ist a priori festgelegt, ob es sich bei dem vorliegenden Geometrie-Datensatz um ein Punkte-, Linien- oder Flächen-Shape handelt. Ferner ist dort definiert, ob das Shape eine 2- oder 3-dimensionale Struktur hat. Handelt es sich um ein 3D-Shape, werden neben den 2D-Lagekoordinaten der Punkte oder Knoten auch die zugehörigen Höhenangaben gespeichert was das Datenvolumen in Abhängigkeit der Knotenanzahl erheblich vergrößern kann. Auch bei der Performance sind bei komplexen 3D-Shapes im Vergleich zu den entsprechenden 2D-Shapes Auswirkungen zu spüren.

Da für die entscheidenden Teile der räumlichen Ausdehnung des Referenz-GIS flächendeckend TIN-Informationen vorliegen ist die Ableitung von 3D-Vektor-Daten aus dem überwiegenden Teil der 2D-Vektor-Datenbestände möglich und sinnvoll.

6.3.1.4 ABLEITUNG VON DGM-FOLGEPRODUKTEN AUS GRID-DATEN

Nach der Erstellung eines Grid ist innerhalb einer zu erwartenden Genauigkeit für jeden Punkt des dafür in Frage kommenden Gebietes die Höhe entweder bekannt oder zumindest schnell und einfach ableitbar. Neben dieser direkten Verwendung der Daten des DGM gibt es eine Reihe von gängigen, auf Grid-Daten basierenden Sekundärmodellen (DGM-Folgeprodukte), die man mit geeigneten Gridding-Methoden ableiten kann, um eine Lösung zu folgenden Problemstellungen zu erhalten: nach [1] BARTELME (1994)

1. Generierung von **Schummerungen**
2. Ableitung der **Geländeneigung**
3. Ermitteln der Geländeausrichtung/**Exposition**
4. Ableitung von **Höhenklassen**

1. Mit Hilfe einer Gelände-**Schummerung** (vgl. *Abbildung 172; Anhang F5*) wird auf 2D-Karten ein räumlicher Eindruck der Geländeoberfläche vermittelt. Die Schummerung ist dabei von Schwarz (0 0 0) bis Weiß (255 255 255) in 256 Graustufen klassifiziert. Mit der Berechnung der Schummerung wird die hypothetische Beleuchtung einer Oberfläche als Teil eines Analyseschritts oder zur graphischen Anzeige bestimmt. Für Analysezwecke kann die Berechnung der Schummerung dazu verwendet werden, die Zeitdauer und Intensität des Sonnenscheins an einem bestimmten Ort festzustellen. Bei der graphischen Anzeige kann mit dieser Funktion das Relief einer Oberfläche beträchtlich herausgearbeitet werden, wenn die Ausgabe als Helligkeitsthema für die Anzeige eines anderen Rasterthemas verwendet wird.

Die Möglichkeit, im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ Schummerungen aus DGM-Informationen ad hoc ableiten zu können, geht mit einer deutlichen Verbesserung der kartographischen Möglichkeiten des GIS einher und ermöglicht mehr Informationen auf ein Mal und zugleich erfassbar darzustellen. Sie erhöht nicht zuletzt die Attraktivität der dadurch unterstützten Kartenwiedergaben beträchtlich.

2. Unter **Exposition** (vgl. *Abbildung 172; Anhang F5*) versteht man in der Geodäsie/Geographie allgemein die Lage eines Berghanges in Bezug auf die Einfallrichtung der Sonnenstrahlen. Die Exposition bestimmt somit unmittelbar die Dauer, wie lange die Vegetation an einem Tag vom Sonnenlicht beschienen wird und kann demnach entscheidend die Entwicklung bestimmter Pflanzenarten beeinflussen. Licht und Wärme zählen neben Wasser zu den wichtigsten abiotischen Primärfaktoren, die für die Entwicklung von Pflanzen mitentscheidend sind. Im Nationalpark dominieren die sonnenseitig exponierten Gefällrichtungen, das heißt nach Südosten, Süden, Südwesten und Westen geneigte Lagen, in allen Höhenstufen. In den Höhenstufen ab 1 200 m ist jedoch auch ein höherer Anteil der Expositionen in nördlicher Richtung erkennbar.

Ein zweiter wesentlicher Punkt, der maßgebend von der Exposition abhängt, ist die unterschiedliche Belastung der Waldhänge durch die Schadstoffe der Luft bei gleichzeitiger Erwärmung der Atmosphäre. Besonders in den Hochlagen können Bäume von dort stark einwirkenden Luftschadstoffen geschwächt werden. Hinzu kommt noch, dass Westhänge am anfälligsten für Windschäden sind. Nach der Überquerung eines Tales trifft der Wind auf einen Hang und entfaltet dort seine größte Wirkung. Weitere Ausführungen zu diesen Schadensfaktoren und deren mögliche Folgen sind in der *Anlage unter Kap. 3.4.2 Abschnitt 4*) nachzulesen.

Die Exposition bestimmt also maßgebend sowohl die Austrocknung der Hänge als auch die unterschiedliche Belastung der Bäume durch die Schadstoffe der Luft und beeinflusst somit den Gesundheitszustand der Wald-Bestände. Daneben besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Exposition und der Gefährdung des Waldbestandes durch Windwürfe. Positiv wirkt sich dagegen die Besonnung der Hänge auf die natürliche Entwicklung der Vegetation aus. nach [31] DENGLER (1980) und [99] NPV (1995)

Abzuleiten ist ein grid-basierter Datenbestand, der die Ausrichtung der Hänge in insgesamt acht Klassen wiedergibt. Methodisch vergleicht man hierbei den Höhenwert, den jede Zelle repräsentiert, mit dem seiner Nachbarzelle und identifiziert die Richtung der größten auftretenden Hangneigung.

Des Weiteren werden all jene Flächen gesondert dargestellt, die als eben eingestuft werden können. Die Exposition wird nach forstlichen Vorgaben in der Einheit „Grad“ gemessen. Wie bei einem Kompass steht 0° für „Norden“, 90° für „Osten“, 180° für „Süden“ und 270° für die Westrichtung.

3. Mit der Ableitung von Hang-Ausrichtungen geht die Ableitung von Hang-**Neigungen** einher (vgl. *Abbildung 172; Anhang F5*). In einem analogen Verfahren wird die Neigung, oder die maximale Änderungsrate, von jeder Zelle zu ihren Nachbarn angegeben. Der Ausgabe-Neigungs-Grid-Datensatz stellt den Neigungsgrad für jede Zellenposition dar.

Die Festlegung der Neigungsklassen bleibt, wie bei den Expositionsklassen, dem Anwender überlassen und ist im Referenz-GIS nach forstlichen Gesichtspunkten analog zu den Vorgaben durch die Forsteinrichtungsdatenbank erfolgt. Die Legende hierzu ist im nachfolgenden *Kap. 6.3.2* zu finden.

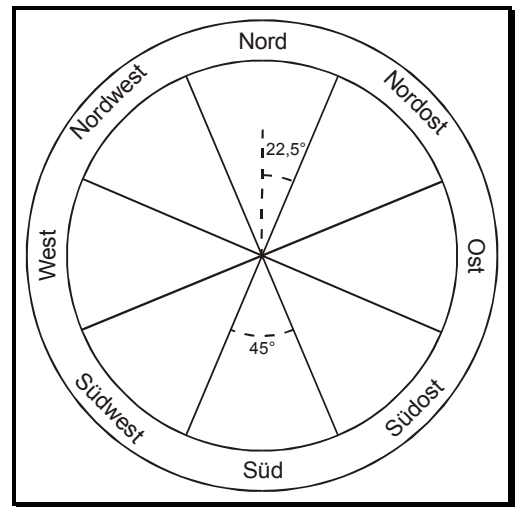


ABBILDUNG 97: EXPOSITIONSKLASSIFIZIERUNG

Klasse 1:	0° - 4°	Geländeneigung	Klasse 5:	26° - 30°	Geländeneigung
Klasse 2:	15° - 15°	Geländeneigung	Klasse 6:	31° - 35°	Geländeneigung
Klasse 3:	16° - 20°	Geländeneigung	Klasse 7:	36° - 50°	Geländeneigung
Klasse 4:	21° - 25°	Geländeneigung			

4. Die **Höhenklassen** sind in 100 m -Schritten gemäß den topographischen Gegebenheiten in der Region des Nationalparks Bayerischer Wald klassifiziert. Bis 1 000 m ü. NN. werden Grüntöne verwendet. Zwischen 1 000 m und 1 200 m kommen Brauntöne zum Einsatz Die Hochlagen, ab 1 200 m, werden mit Hilfe von Grautönen visualisiert (vgl. *Abbildung 172; Anhang F5*).

6.3.1.5 ABLEITUNG VON DGM-FOLGEPRODUKTEN AUS TIN-DATEN

Auch nach der Erstellung eines TIN ist innerhalb einer zu erwartenden Genauigkeit für jeden Punkt des dafür in Frage kommenden Gebietes die Höhe entweder bekannt oder zumindest schnell und einfach ableitbar. Neben dieser direkten Verwendung der Daten des DGM gibt es auch hier eine Reihe von gängigen, auf TIN-Daten basierenden Sekundärmodellen. Man kann diese mit geeigneten TIN-Methoden ableiten. Ein Beispiel ist die automatisierte Erzeugung von Höhenlinien (hier: 5 m-, 10 m-, 50 m- und 100 m-Isolinien).

Gerade an dieser Stelle der Datenextraktion lassen sich Fehler in den zugrunde liegenden Basisdatenbeständen DGM 25 und ATKIS 25 aufdecken. Aus der folgenden *Abbildung 98* lassen sich im Bereich des nordöstlichen Zuflusses der Talsperre beispielsweise lokal begrenzte Lageabweichungen dieser Datenbestände oder Höhenfehler im DGM 25 vermuten. Bei der Integration und Weiterverarbeitung heterogener Datenbestände in GIS lassen sich aber derartige Fehlerquellen nie ausschließen und müssen entweder hingegenommen oder in mühsamer Kleinarbeit nachträglich aufgearbeitet werden.

Nachfolgende Abbildung soll das Ergebnis der Höhenlinieninterpolation (hier: 10 m und 100 m) in Verbindung mit den angesprochenen Fehlern der zugrunde liegenden Basisdatenbestände veranschaulichen:

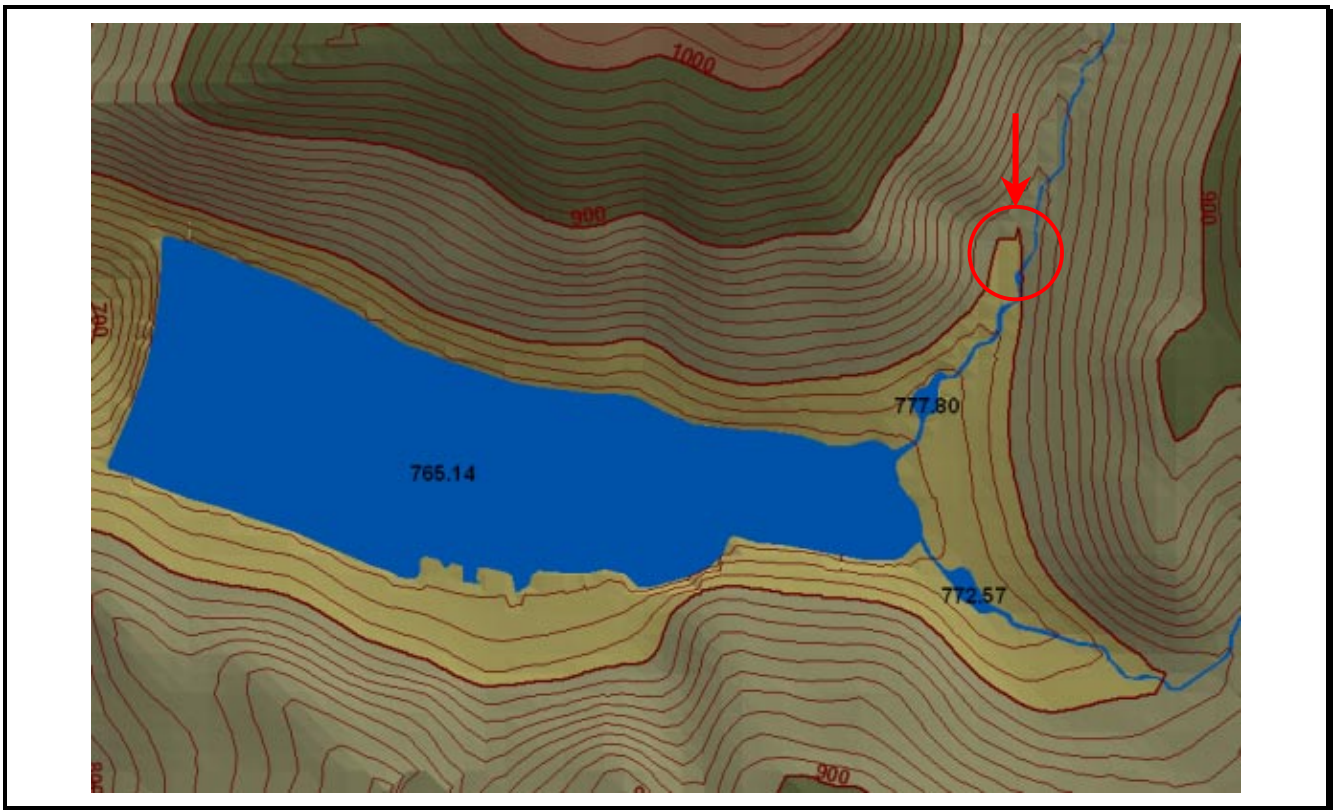


ABBILDUNG 98: ERGEBNIS DER 10 M- UND 100 M-HÖHENLINIEN-INTERPOLATION (TRINKWASSER-TALSPERRE FRAUENAU)

6.3.2 VISUALISIERUNG DER 3D-ANALYSEERGEBNISSE

Die Ergebnisse zur Deduktion der Geländeneigung, der Geländeausrichtung sowie der Geländeoberfläche liegen sowohl als Grid- als auch als Vektor-Datensätze vor. Beide Datentyp-Varianten werden immer wieder für weiterführende Analysen benötigt und sind deshalb hier als sekundäre Basisinformationen bereitgestellt. Die Vektor-Daten können beispielsweise für Verschneidungen, die Grid-Daten für Dichteberechnungen o.ä. eingesetzt werden. Ergänzend können die drei Grids jeweils mit einem Schummerungs-Grid überlagert werden, um zusätzlich einen räumlichen Eindruck der Geländeoberfläche zu vermitteln.

Die **Neigungs-, Expositions- und Höhen-Klassen** sind gemäß den Vorgaben durch die Bayerische Forsteinrichtung jeweils nach fachlichen Anforderungen klassifiziert

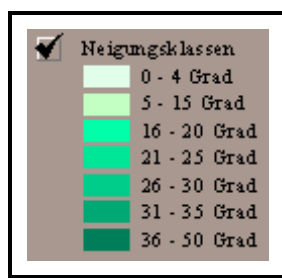


ABBILDUNG 99:
NEIGUNGSKLASSEN



ABBILDUNG 100:
EXPOSITIONSKLASSEN

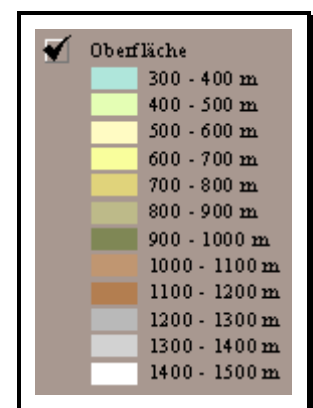


ABBILDUNG 101:
HÖHENKLASSEN

Die im View „DGM-Folgeprodukte“ des Referenz-GIS beinhalteten Datensätze und über Legenden definierte Themen sind in *Kap. 5.3.2 der Anlage* nachzulesen. Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im *Anhang F5* am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

6.3.3 AUSGEWÄHLTES 3D-/4D-ANWENDUNGSSZENARIO

Eine Sonderform innerhalb der Präsentationsmodule des Referenz-GIS sind 3D-Szenen. Darin können 3-dimensionale, raumbezogene Daten verwaltet, zusammengestellt, angezeigt, verarbeitet und analysiert werden. Die in *Abbildung 173 des Anhangs F5* vorgestellte Reliefdarstellung des Rachel-Lusen-Gebietes ist thematisch erweitert. Sie stellt neben dem zugehörigen TIN in 100 m-Höhenschichtenform und den Gebietsgrenzen des Nationalpark-Altgebietes die Wasserflächen der Region als grundlegende Topographieelemente in Verbindung mit durch Borkenkäferbefall abgestorbenen Waldflächen perspektivisch dar.

Anhand dieses Anwendungsszenarios konnte erstmalig die Chronologie der Totholzentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald der Jahre 1988 - 1993 sowie 1993 - 2000 in Abhängigkeit der dritten Dimension dargestellt und in einem Geoinformationssystem verfügbar gemacht werden. Hier im Beispiel ist die Totholzentwicklung der Jahre 1993 - 2000 dargestellt. Die Erweiterung des Referenz-GIS um Daten und Analysemöglichkeiten natürlicher und anthropogener Abläufe in Abhängigkeit von Raum (2D, 3D) und Zeit (4D) stellt eine der wichtigsten Nutzungsmöglichkeiten des Referenz-GIS für die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald dar.

Die in der 3D-Szene „Reliefdarstellung (R-L-G)“ beinhalteten Datensätze und über Legenden definierten Themen sind in *Kap. 5.4.1 der Anlage* nachzulesen. Gleiches gilt für eine vollständige Beschreibung aller weiteren 3D-, 4D-Anwendersichten des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im *Anhang F5* am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

Das Problem der Abbildung und Dokumentation temporaler Aspekte innerhalb des Referenz-GIS in Verbindung mit einem geeigneten temporalen Modellansatz ist gleich im Anschluss in *Kap. 6.4* aufgearbeitet.

6.4 ABBILDUNG UND DOKUMENTATION TEMPORALER ASPEKTE (4D)

6.4.1 DIE VERWENDUNG VON ZEIT IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN

In zahlreichen Anwendungsbereichen von Geoinformationssystemen wird der Nutzen von GIS erheblich durch den Umstand begrenzt, dass die GIS-Technologie bislang nicht ausreichend in der Lage ist, neben den räumlichen Dimensionen (2D, 3D) auch temporale Aspekte (4D) zu behandeln. Bei vielen Anwendungen kommen bislang mehr oder weniger statische Datenbestände zum Einsatz. Viele der bearbeiteten Daten in GIS-Applikationen verändern sich nur sehr langsam. Die temporale Komponente wird auf einer kartenähnlichen Darstellung üblicherweise als fest angesehen, was bedeutet, es werden statische Karten von mehr oder weniger statischen Phänomenen erzeugt. Die Messung und Analyse von zeitabhängigen Phänomenen ist allerdings für eine Vielzahl von Anwendungen von gleicher Bedeutung wie die Bearbeitung der räumlichen und thematischen Inhalte. Zeit stellt für geographische Daten eine primäre Charakteristik dar. Unsere Umwelt ist dynamisch und jedes Objekt, jedes Phänomen oder jeder Prozess innerhalb dieser Umwelt hat eine Vergangenheit, eine Gegenwart und eine Zukunft. Der Begriff „Prozess“ deutet bereits Veränderung mit der Zeit an.

Ohne Zweifel kommt der Integration von temporaler Information in Geoinformationssystemen eine immer größere Bedeutung zu. Da Raum und Zeit eine natürliche Einheit bilden, muss die Zeit den Raumdimensionen gleichgestellt werden. Neben den drei Koordinatenrichtungen X, Y und Z existiert dann noch eine vierte, temporale Dimension T , für die ähnliche Eigenschaften wie für den Raum gelten. Die Zeit muss ebenso wie der Raum eingeteilt, klassifiziert und gemessen werden, bevor sie im GIS verwaltet und für Analysen bereitgestellt werden kann. In der Regel untersucht man eine ganz bestimmte Region der Erde, so dass man sehr gut lokale, lineare Koordinaten X, Y, Z, T verwenden kann. Die räumliche Auflösung hängt davon ab, wie eng nebeneinander die Punkte eines Objektes bei der Aufnahme gewählt werden. Die temporale Auflösung ergibt sich entsprechend daraus, wie oft ein Objekt innerhalb eines Zeitraumes erneut erfasst wird. Je nach Anwendung wird der Zeit mehr oder weniger Beachtung geschenkt. Reicht es für den Geologen völlig aus, die Entwicklung des Aufbaus der Erde in Abschnitten von einigen Millionen Jahren zu verfolgen, so verwenden Meteorologen bei der Weteraufzeichnung Zeitintervalle von wenigen Minuten.

Bisher gibt es lediglich vereinzelte Ansätze für die Entwicklung Temporaler GeoInformationssysteme (TGIS). Es fällt nach wie vor sehr schwer, bestehende Datenmodelle so zu erweitern, dass raumzeitliche Abfragen möglich werden. Ebenso gibt es noch keine temporale Standardabfragesprache. Mit der Entwicklung von SQL3 hofft man aber, die Standardisierung vorantreiben und anspruchsvolle temporale Abfragen gestalten zu können.

[114] SCHEUGENPFLUG (1999)

Für das Rachel-Lusen-Gebiet (Altgebiet) des Nationalparks Bayerischer Wald existieren seit 1988 jährliche Befliegungen und daraus resultierende Kartierungen der Totholzflächen. Das Vorhandensein einer vollständigen Zeitreihe zum Thema „Totholzflächen im Nationalpark Bayerischer Wald“ über mehr als 13 Jahre gibt hinreichend Anlass zur näheren Untersuchung der Integrationsmöglichkeiten von Zeitaspekten in eine bereits vorhandene GIS-Landschaft, wie das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Darüber hinaus besitzt die Region des Nationalparks Bayerischer Wald eine recht bedeutsame und bewegte Historie, die seit Jahrhunderten für umfangreiche geometrische und thematische Veränderungen und Neuerungen bei Geo-Datenbeständen sorgt.

Um diese Veränderungen dem Anwender rekapitulierbar vorhalten zu können, sind Überlegungen für eine effektive Historienführung im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ unerlässlich. Es müssen raumzeitliche Daten primär in Form historischer Datensätze auf einfache Weise speicherbar, darstellbar und soweit notwendig analysierbar sein. Um neben räumlichen Aspekten auch zeitliche Einflüsse bei der Datenakquisition und -Modellierung berücksichtigen zu können, müssen die vorhandenen Datentypen nach zeitlichen Kriterien eingeteilt werden. [60] Huber (1997)

Daher stellt hier eine vollständige Integration von Raum und Zeit nicht das oberste Ziel dar. Es ist eher ein pragmatischer, für den Anwender übersichtlicher und leicht zu begreifender Lösungsansatz anzustreben. Sowohl die unproblematische Integration von 3D- und 4D-Datenbeständen als auch deren Ad-Hoc-Verfügbarkeit stehen eher im Vordergrund. Es wird daher kein strenger TGIS-Ansatz, sondern ein praktikabler Dokumentationsansatz mit Hilfe des Referenz-GIS-Meta-Datenkonzeptes in Verbindung mit einem Konzept zur physischen Historienführung entwickelt (vgl. Kap. 6.4.3 und 6.4.4).

6.4.2 ZU BEACHTENDE TIME-DOMAIN-ASPEKTE

6.4.2.1 ZEIT-TYPEN (ZEITPUNKTE)

Eine der wichtigsten Informationen über ein geographisches Ereignis ist der Zeitpunkt des betrachteten Ereignisses. Für jedes geographische Objekt eines GIS können mindestens vier verschiedene Zeit-Typen (Zeitpunkte), die in einer temporalen oder temporal erweiterten GIS-Datenbasis vorgehalten werden können, unterschieden werden. Je nach Anwendung besteht die Notwendigkeit keine, eine, mehrere oder alle der unten aufgeführten Datentypen zu erfassen und nutzbar zu machen.

Auch im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind pro Datensatz bis zu vier verschiedene Zeitachsen implementiert. Je nach Anwendung und temporaler Auflösung ist es mehr oder weniger wichtig, zu einem bestimmten Zeitpunkt zwischen dem Stand der Datenbasis und dem der Realen Welt unterscheiden zu können.

1) Birth Time, Death Time

In jedem Fall entstehen Objekte irgendwann (*Birth Time*) und existieren bis zu einem bestimmten Zeitpunkt (*Death Time*). Die gemeinsame Angabe dieser beiden Zeitpunkte in einem GIS impliziert das Vorhandensein und Erfassen eines aktiven Zeitraumes (*Active Period*) und/oder eines Gültigkeitszeitraumes (*Current Period*) (vgl. Kap. 6.4.2.2).

Im Referenz-GIS fallen definitionsgemäß die *Active Period* und die *Current Period* zusammen. Es werden hierzu über die Meta-Datenbank folgende Angaben gemacht:

- Gültigkeitsbeginn: z.Zt. nicht relevant
- Gültigkeitsende: Ende der Gültigkeit des Datensatzes (→ Status: „historisch“)

Hat ein Datensatz sein Gültigkeitsende erreicht, so wird er unter Änderung seines Namens um die temporale Ergänzung „YYYYMMDD“ weiter vorgehalten. Sein *Status (Valid Time)* muss dann als „historisch“ geführt werden.

Dieser Datumszusatz enthält den letzten Gültigkeitstermin des entsprechenden Datensatzes und erfolgt gemäß den im FGDC-STD-001-1998-Meta-Datenstandard implementierten Datums-Elementen des ANSI X3.30-1985-Standards. Es kann entweder das vollständige Datum (YYYYMMDD), Monat und Jahr (YYYYMM) oder nur die Jahresangabe (YYYY) vergeben werden.

Besteht die Notwendigkeit, Datenbestände zu führen, die einen bestimmten Gültigkeitszeitraum besitzen, so werden diese Datenbestände ebenfalls wie oben beschrieben benannt. Sie erhalten in der Präfix ihrer entsprechenden Dateinamen einen Intervall-Zusatz. Dieser „Datumszusatz“ enthält den Gültigkeitszeitraum des entsprechenden Datensatzes und erfolgt analog zu den oben beschriebenen Datumsangaben um einen Trennstrich erweitert. In diesem Fall sind sowohl die *Birth Time* als auch die *Death Time* von Interesse. Näheres hierzu ist unter 6.4.2.2 (*Intervall-Typen*) beschrieben.

2) Valid Time, World Time, Event Time

Die *Valid Time* beschreibt den Gültigkeitszeitpunkt eines betrachteten Ereignisses der Realen Welt, also den Zeitpunkt an dem das Ereignis tatsächlich stattfand oder bis wann ein Ereignis Gültigkeit hat. Die *Valid Time* ist die für GIS gängigste temporale Betrachtungsweise von Ereignissen.

Oftmals fällt die *Valid Time* mit der *Death Time* zusammen; so auch im Falle des Referenz-GIS. Hierdurch können die *Death Time* und die *Valid Time* in einer Zeitpunktangabe (*Gültigkeitsende; s.o.*) sowie einer Statusangabe (*Status; s.u.*) gemeinsam angegeben werden.

Im Referenz-GIS werden über die Meta-Datenbank hierzu folgende ergänzende Angaben gemacht:

- Gültigkeitsstatus: Gültigkeitsstatus des betreffenden Datensatzes
(*gültig, ungültig, zu aktualisieren, historisch, unbestimmt*)

Die Zeit, zu der sich ein Objekt in der Realen Welt in irgendeiner Form verändert oder ein Ereignis stattfindet, wird oft auch als *World Time* oder *Event Time* bezeichnet.

3) Measure Time

In den seltensten Fällen stimmt die *Measure Time* (Erfassungszeitpunkt) mit dem Zeitpunkt überein, zu dem eine Änderung in der Örtlichkeit statt findet. Als Ausnahmesituationen hierfür lassen sich beispielsweise zufällige Beobachtungen und Dauerbeobachtungen anführen. Werden demnach durch Messungen keine unmittelbaren Änderungen, sondern andauernde Zustände erfasst, so weicht die *Measure Time* mitunter erheblich von der *Event Time* ab.

Im Referenz-GIS werden über die Meta-Datenbank hierzu folgende Angaben gemacht:

- Erfassungsjahr: Erfassungsjahr der Daten
(*YYYY*)
- Erfassungsmonat: Erfassungsmonat der Daten
(*MM*)

4) Database Time, Transaction Time

Die sog. *Transaction Time* gibt den Zeitpunkt an, an dem das betrachtete Ereignis der Realen Welt in die Datenbasis übernommen wurde (auch: *Database Time*), also den Zeitpunkt des Eintrags.

Transaction Times werden üblicherweise vom System automatisch generiert. Darüber hinaus stellt die aufwändige Datenverarbeitung und -Integration an sich eine sog. „lange Transaktion“ dar. Es kann sich demnach bei der *Transaction Time* auch um weiterführende Verarbeitungsangaben handeln (*s.u.*).

Im Referenz-GIS werden über die Meta-Datenbank hierzu folgende Angaben gemacht:

- Eintrag: Datum des Eintrags in die (Meta-) Datenbank (automatisch)
(Typ: *DATE*)
- Verarbeitungsjahr: Verarbeitungsjahr der Daten (Eintrag in die Geo-Datenbasis)
(*YYYY*)
- Verarbeitungsmonat: Verarbeitungsmonat der Daten (Eintrag in die Geo-Datenbasis)
(*MM*)
- Verarbeitungszustand: Verarbeitungszustand der Daten (Status der langen Transaktion)
(*fertig, in Bearbeitung, unvollständig, unbekannt*)

6.4.2.2 INTERVALL-TYPEN (ZEITRÄUME)

Neben der Betrachtung von konkreten Zeitpunkten (*Epochen*) ist im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ durchaus auch die Miteinbeziehung von Zeiträumen (*Perioden*) sinnvoll. Es lassen sich ebenfalls vier Zeiträume angeben.

Diese Zeiträume unterteilen sich in den Planungszeitraum „*Planned Period*“ eines Ereignisses, in seinen aktiven Zeitraum „*Active Period*“ (Birth - Death), seinen Gültigkeitszeitraum „*Current Period*“ und, wenn nicht mehr gültig, den Zeitraum, in dem das Ereignis letztendlich historisch ist „*Historical Period*“.

1) Planned Period

Die Planungsperiode ist der Zeitraum zwischen dem Planungsbeginn eines GIS-Ereignisses und damit seinem Eintrag in die GIS-Datenbasis als „geplant“ bis hin zu dem Zeitpunkt, an dem das Ereignis beginnt, also seinem Eintrag als „begonnen“.

2) Active Period

Die aktive Periode eines GIS-relevanten Ereignisses schließt unmittelbar an seine Planungsperiode an. Sie erstreckt sich von dem Zeitpunkt des aktiven Ereignisbeginns bis hin zu seiner vollständigen Beendigung, also seinem Eintrag als „beendet“ oder „fertig“.

3) Current Period

Die aktuelle Periode eines Ereignisses ist der Zeitraum vom Gültigkeitsbeginn eines Ereignisses (= „gültig“) bis hin zu dem Zeitpunkt an dem das Ereignis seine Gültigkeit verliert und damit i.d.R. von einem anderen Ereignis abgelöst wird, also seinem Eintrag als „historisch“.

Im Referenz-GIS wird über die Meta-Datenbank hierzu folgende Angabe gemacht:

- Gültigkeitszeitraum =
Zeitraum der Gültigkeit des Datensatzes (*Birth Time - Death Time*: d.h. Status = „historisch“)

Der Gültigkeitsbeginn ist meist zugleich der Ereignisbeginn. Die *Active Period* ist demnach oft eine Untermenge der *Current Period*.

4) Historical Period

Die historische Periode eines Ereignisses ist der in die Zukunft offene Zeitraum nach Ablauf der Gültigkeit dieses Ereignisses. Die zugehörigen Datensätze sind dann als „ungültig“, „veraltet“ oder „historisch“ zu klassifizieren und werden bei Bedarf aus der Datenbasis gelöscht.

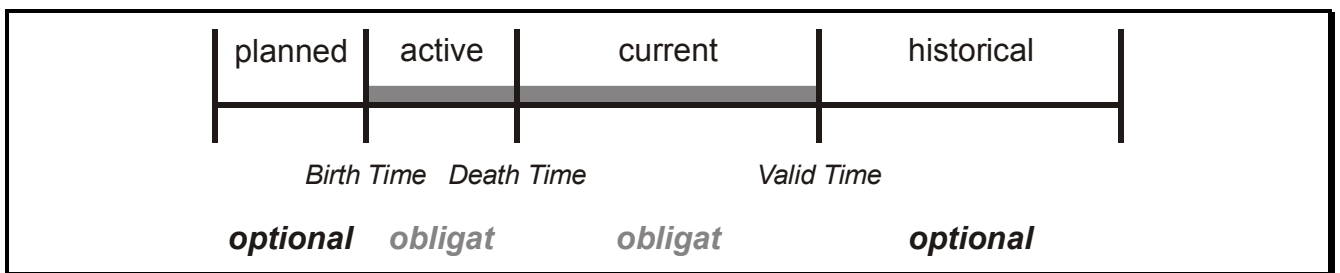


ABBILDUNG 102: GLIEDERUNG DER ZEITLINIE EINES EREIGNISSES ZUR INTEGRATION IN EIN GIS

Es ist zu ergänzen, dass der Planungszustand und der historische Zustand eines Ereignisses nicht unbedingt eintreten muss (*optional*). Dagegen finden die aktive und aktuelle Periode eines Ereignisses auf jeden Fall (*obligat*) und entweder nacheinander oder gemeinsam bzw. parallel miteinander statt.

Findet ein Ereignis, wie beispielsweise eine Hangrutschung oder ein Windwurf, genau an einem definierten Zeitpunkt ohne weiteres Andauern statt, so fällt die *Birth Time* und die *Death Time* zusammen und die *Active Period* „schrumpft“ auf einen einzigen Zeitpunkt.

Im Referenz-GIS fallen per Definition die *Active Period* und die *Current Period* zusammen, wodurch die *Death Time* und die *Valid Time* in einer Zeitpunktangabe (*Gültigkeitsende*) sowie einer Statusangabe (*Status*) gemeinsam angegeben werden können. Die Zweckmäßigkeit dieses Vorgehens lässt sich aus der Beschaffenheit und den Inhalten der vorliegenden Datenbestände leicht erkennen. In topographischen und forstlichen Informationssystemen werden primär Zustände anstelle von Veränderungen oder dergleichen erfasst. Das Referenz-GIS erfüllt diese Kriterien ebenfalls.

Zur Präsentation von komplexeren Zusammenhängen und Veränderungen werden andere, multimediale Methoden, wie beispielsweise Animationen, herangezogen (vgl. Kap. 6.5.1 und 6.5.2). Diese dienen zwar nicht der hoch strukturierten, temporalen Datenhaltung, ermöglichen dem Anwender aber flexible Ad-Hoc-Lösungen bei der Datenpräsentation. Gemäß den Zielen des Referenz-GIS ist eine derartige, leichter handhabbare Lösung unbedingt vorzuziehen (vgl. Kap. 1.3).

6.4.3 AUSWAHL EINES TEMPORALEN MODELLANSATZES

In diesem Kapitel wird das räumlich-temporale Datenmodell des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ vorgestellt. Es handelt sich hierbei um das sog. **Snapshot-Modell**, das die Zeit in Form vollständiger geographischer Layer speichert. Darüber hinaus existieren in der Literatur noch weitere, theoretische Modellansätze, für die noch keine bedeutsamen Implementierungen bekannt sind.

Neben dem sog. **Update-Modell**, das für jedes Feature einen eigenen Zeitwert verwaltet, wird mit den sog. **Space-Time-Composites** ein Modell angeführt, das versucht, räumliche Topologien in Abhängigkeit der Zeit zu speichern. Mit dem sog. **komplexen 4D-Modell** existiert ein weiterer Modellansatz, der die volle raumzeitliche Topologie von Features unterstützen soll. Da alle Modelle unterschiedliche Vor- und Nachteile aufweisen, erscheint es logisch, in künftigen Entwicklungsstufen die positiven Eigenschaften aller Datenmodelle zu kombinieren, und damit alle spezifischen Vorzüge zu nutzen. Näheres hierzu ist der *Anlage in Kap. 3.5.3* oder der Diplomarbeit [114] SCHEUGENPFLUG (1999) zu entnehmen.

Die beiden wichtigsten Ziele des temporal erweiterten Modellansatzes im Referenz-GIS lauten:

- Speicherung von multiplen Feature-Versionen und Feature-Attribut-Versionen mit minimaler Redundanz
- Einsatz eines Datenmodells zur Abfrage, Visualisierung und Analyse raumzeitlicher Daten

6.4.3.1 VERGLEICH UND BEURTEILUNG DER TEMPORALEN MODELLIERUNGSANSÄTZE

Alle fünf Datenmodelle versuchen, raumzeitliche Daten zu beschreiben. Jedes Modell hat Stärken und Schwächen bezüglich der Erfüllung grundlegender TGIS-Anforderungen, wie beispielsweise der Integration bestehender 2D-GIS-Funktionalitäten, der Benutzerfreundlichkeit, der Editierbarkeit einer TGIS-Datenbasis sowie der Möglichkeit zur temporalen Modellierung und Visualisierung der gespeicherten Informationen.

Nachfolgende Tabelle zeigt die zusammenfassende Bewertung der vorgestellten Modelle hinsichtlich ihrer Möglichkeiten.

	<i><u>Snapshot</u></i> <i><u>(Vektor)</u></i>	<i><u>Update</u></i> <i><u>(Vektor)</u></i>	<i><u>Space-Time-Composites</u></i>	<i><u>4D</u></i>	<i><u>Kombiniert</u></i>
In bestehendes GIS implementierbar	+	○	-	-	○
Performance	+	-	○	○	-
Datenvolumen	-	+	+	+	-
Datenfortführung	+	+	○	-	+
Dateneditierung	+	+	○	-	○
Temporale Abfragen/Analysen	-	○	○	+	+
Temporale Modellierung	-	-	○	+	○
Visualisierung von Daten	○	○	○	+	○
Benutzerfreundlichkeit	+	○	○	-	-

+ gut ○ mittel - schlecht

TABELLE 20: VERGLEICH VON TGIS-DATENMODELLEN FÜR GRUNDLEGENDE TGIS-FUNKTIONEN

Die Begründung, warum im Rahmen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ das Snapshot-Modell zum Einsatz kommt, ist leicht zu liefern:

- Grundsätzlich eignet sich das Snapshot-Modell sehr gut, um vollständige, historische Datensätze auf einfache Weise zu speichern und zu präsentieren. Dies ist die primäre, temporale Anwendung des Referenz-GIS. Die oben beschriebene Speicherungsmethode nach dem ANSI X3.30-1985-Standard bietet hierfür ohne größere Softwareentwicklungen, komplizierte Modellstrukturen und vor allem erhöhtem Erfassungsaufwand eine gute Vorlage. Die Möglichkeiten zu umfassenden temporalen Analysen sind in diesem Modell zwar eingeschränkt aber im vorliegenden Fall nicht von entscheidender Wichtigkeit. Das darüber hinaus angesprochene Problem, zu größeren Datenmengen zu führen, lässt sich ebenfalls vernachlässigen. Ein Großteil der für das Referenz-GIS vorliegenden, mitunter speicherintensiven Geometrie-Datenbestände ist nicht-temporal erfasst, so dass nur etwa 2/10 der Daten für mehrere Epochen vorliegt und damit versioniert werden muss. Darüber hinaus existieren weitere temporale Geometrie-Datenbestände, die ohne Versionierung und damit ohne zusätzlichen Speicherbedarf Zeitpunkte und Zeitintervalle abdecken. Speicherextensive temporale Sach-Daten hingegen stellen den überwiegenden Teil der im Referenz-GIS vorliegenden Sachinformationen. Es existieren nahezu keine statischen Sachinformationen in den Datenbanken des Referenz-GIS.
- Das Update-Modell erscheint für Vektor-GIS vielversprechend. Hierfür ist aber ein erheblicher Entwicklungs- und Erfassungsaufwand abzusehen. Defizite bestehen auch bei der temporalen Analyse. Das Raster-Update-Modell bringt Probleme bei der Daten-Fortführung und -Editierung mit sich.
- Das Space-Time-Composite-Modell beinhaltet die zur temporalen Analyse notwendige Topologie, ist aber sehr schwer in ein bestehendes GIS zu integrieren. Außerdem ist die Datenfortführung, -Darstellung und -Analyse trotz multipler Feature-Versionen in einem Layer ungelöst.
- Für das 4D-GIS gibt es bis jetzt nur theoretische Ansätze. Es müsste als vollständiges GIS von Grund auf entwickelt werden.
- Die Idee des kombinierten Datenmodells stellt eigentlich nur eine Erweiterung des Vektor-Update-Modells dar und fällt damit ebenfalls aus. Es würde unter Umständen eine Lösung bieten, die mit aktueller Software praktisch umgesetzt werden könnte. Raster- und Vektor-Daten könnten gleichermaßen genutzt werden, um mangelnde Topologien zu kompensieren. Dieses Modell könnte temporale Analysen auf der Grundlage von Rasterinformationen ermöglichen, wäre aber sicherlich nicht sehr benutzerfreundlich und würde auch das Problem der redundanten Datenhaltung mit sich bringen.

6.4.3.2 DAS SNAPSHOT-MODELL DES REFERENZ-GIS

nach [114] SCHEUGENPFLUG (1999)

Das Snapshot-Modell des Referenz-GIS speichert die Zeit als ein Attribut jedes vollständigen geographischen Layers in Form eines separaten Eintrages. Ein derartiger Layer beschreibt ein bestimmtes Thema, beispielsweise den Verlauf des Wegenetzes des Nationalparks Bayerischer Wald, und besteht in der Regel aus mehreren Objekten bzw. Features. Da das Referenz-GIS jeden Layer als eigenes Objekt in seiner Meta-Datenbasis führt und demnach Layer-Datensätze archiviert, wird das Zeitattribut des Layers sowohl explizit in der Meta-Datenbank (vgl. Kap. 5.3) als auch implizit als Teil des Layernamens (vgl. Kap. 6.4.2.1) gespeichert. Sobald sich ein Datensatz relevant verändert, entsteht zur Fortführung eine vollständig neue Version des Layers, wobei jede Version völlig unabhängig von anderen Versionen ist und ein Abbild der geographischen Situation zu der jeweiligen Zeit (Epoche) darstellt. Auf diese Weise ist auch ohne explizite Kenntnis der temporalen Topologie von Geo-Objekten die Klärung von grundlegenden Fragen möglich, wie:

- Überlappen sich zwei Ereignisse in ihrem chronologischen Verlauf?
- Welcher Zustand eines Ausschnitts der Realen Welt herrschte zu Beginn eines bestimmten Zeitintervalls?
- In welchem Zeitintervall herrschte dieser Zustand?

Dieser Ansatz kann mit einigem konzeptionellen und logischen Modellierungsaufwand in die sowohl vektororientierte als auch rasterorientierte GIS-Datenstruktur des Referenz-GIS implementiert werden. Näheres hierzu ist in den o.g. Kapiteln nachzulesen.

1) Vektor-Snapshot-Modell

Nebenstehende Abbildung zeigt das Beispiel eines Snapshot-Vektor-Datensatzes eines Wegenetzes, die den Straßenlayer eines Vektor-GIS einmal pro Jahr fortführt. Die einzelnen Straßenlayer sind mit **strassen 1997**, **strassen 1998**, etc. bezeichnet.

Der wesentliche Vorteil, den das Vektor-Snapshot-Modell des Referenz-GIS bietet, liegt darin, dass es über die Meta-Datenbankentwicklung und das verwendete Betriebssystem realisierbar ist.

Vor jedem Update wird zur Archivierung eine Kopie des gesamten, vor dem Update gültigen Datensatzes sowie dessen Dokumentation in der Meta-Datenbank vorgenommen. Dabei ist vorteilhaft, dass bei Bedarf sowohl der vorherige als auch der aktuell gültige Zustand der Geo-Datenbasis ad hoc verfügbar ist.

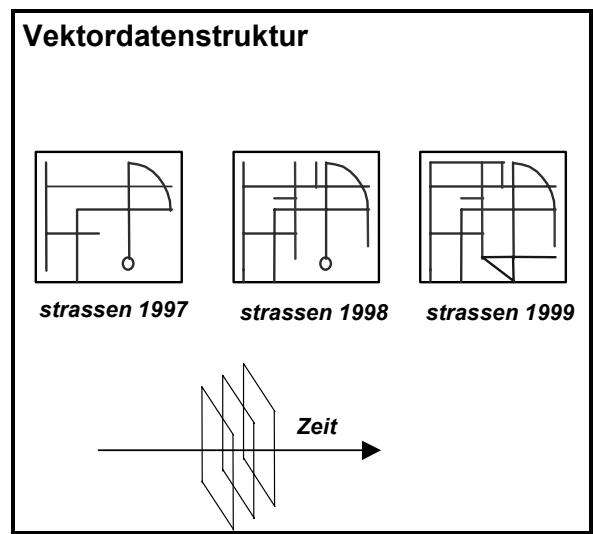


ABBILDUNG 103: VEKTOR-SNAPSHOT-DATENSATZ

Die temporale Auflösung im Referenz-GIS ist nicht sehr hoch, was dieses Modell wiederum begünstigt. Updates werden meist in etwa gleichen Abständen, wie es beispielsweise im Falle der jährlichen Totholzflächenkartierung des Nationalparks Bayerischer Wald geschieht, vorgenommen (vgl. Kap. 6.4.5).

Es gibt in diesem Modell attributive Möglichkeiten, jedem Feature eine *Event Time* zuzuweisen. Ein automatisiertes Erkennen von Veränderungen zwischen den Layern ist grundsätzlich möglich aber technisch aufwändig, da keine datenstrukturellen Links zwischen den Feature-Versionen bestehen. Der Anwender kann aber ohne Aufwand und GIS-Kenntnisse einzelne Versionen visuell miteinander vergleichen, um Änderungen zu erfassen.

Diese sog. Zeitscheibenbetrachtung (Kartenvergleiche) stellt eine klassische und immer noch gängige Methode der temporalen Kartographie oder Historien-Kartographie dar. Änderungen von Topologien im Laufe der Zeit werden im Referenz-GIS nicht gesondert erfasst. Derartige Layer-Snapshots können entweder in zeitlicher Abfolge betrachtet werden (Prinzip der Slideshow), oder man wählt eine bestimmte Karte nach ihrem zeitlichen Stand aus, was aber voraussetzt, dass für diesen Zeitpunkt ein Datensatz existiert.

Es hat sich im Falle des Referenz-GIS gezeigt, dass für einen digitalen Vergleich von auf Snapshots basierenden Datensätzen, etwa zur zeitabhängigen Untersuchung der Totholzentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald, eine Konvertierung der hierfür vorliegenden Vektor-Daten ins rasterbasierte Grid-Format vorteilhaft sein kann. Es fällt sehr viel leichter, beispielsweise die Pixelgrauwerte des gleichen räumlichen Ausschnitts zweier Snapshots miteinander zu vergleichen als entsprechende Vektor-Features zu selektieren und etwaige Veränderungen zu recherchieren.

2) Raster-Snapshot-Modell

Die Raster-Snapshot-Datenstruktur kann als eine gespeicherte Grid-Reihe eines Themas beschrieben werden. Für jedes Zeitintervall, für das Daten erhoben werden, existiert ein Grid konstanter Größe, das heißt, die X- und Y-Koordinaten, die das Gebiet des Themas eingrenzen, sind für jedes Grid identisch. Je nach Gesamtdauer der Szene bilden die einzelnen Grids einen mehr oder weniger hohen Stapel verschiedener Layer. Ein derartiger Datensatz kann etwa aus Fernerkundungsdaten abgeleitet werden, die zum Zweck einer Vegetationskartierung zu einem bestimmten Termin jedes Jahres von einer bestimmten Region für mehrere Jahre aufgenommen werden. Untenstehende Grafik zeigt beispielhaft die zweidimensionale Ansicht dreier Raster-GIS-Layer des gleichen räumlichen Ausschnitts eines Themas.

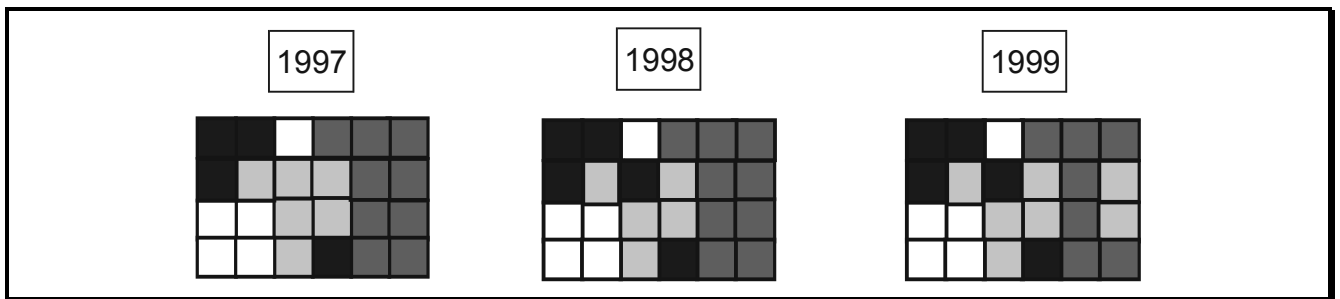


ABBILDUNG 104: ZEITREIHEN-DATEN EINES RASTER-LAYERS FÜR DREI JAHRE

Es ist möglich, dieses Datenmodell mit vertretbarem Aufwand in bestehende Geoinformationssysteme zu implementieren, wenn man alle 2D-Layer übereinander legt und auf diese Weise gewissermaßen einen „Zeitwürfel“ erzeugt (vgl. *Abbildung 105*). Durch die Struktur von Raster-Daten ist es zwar einfacher als beim Vektor-Snapshot-Modell, einige layer-bezogene, zeitliche Analysen, wie etwa das Erkennen von Veränderungen, durchzuführen. Zwischen den einzelnen Versionen der Features bestehen allerdings keine direkten Beziehungen, so dass viele raster-orientierte, temporale Analysen nicht ohne weiteres möglich sind. Ein weiterer Nachteil besteht wie beim vektorialen Modell darin, dass jedes Mal ein neuer Layer erzeugt werden muss, sobald eine relevante Änderung erfasst wird. Weil Raster-Daten ungleich höhere Datenmengen als Vektor-Daten bedingen, entstehen größere Raster-Datensätze, was zu Speicherplatzproblemen führen und sich negativ auf die Systemperformance auswirken kann.

Ein entscheidender Vorteil der Raster-Datenstruktur ist, dass die Attributänderungen eines solchen „Rasterwürfels“ durch Abfragen temporal analysierbar sind. *Abbildung 105* zeigt einen Raster-Snapshot-Datensatz als dreidimensionales Objekt. Die Stelle, an der zuerst ein Baum stand, hat sich im Laufe der Zeit zum Standort eines Hauses verändert. Es ist unproblematisch, durch eine Abfrage herauszufinden, wie sich die Attribute einer bestimmten Zelle eines Grids zwischen den Jahren 1997 und 1999 verändert haben.

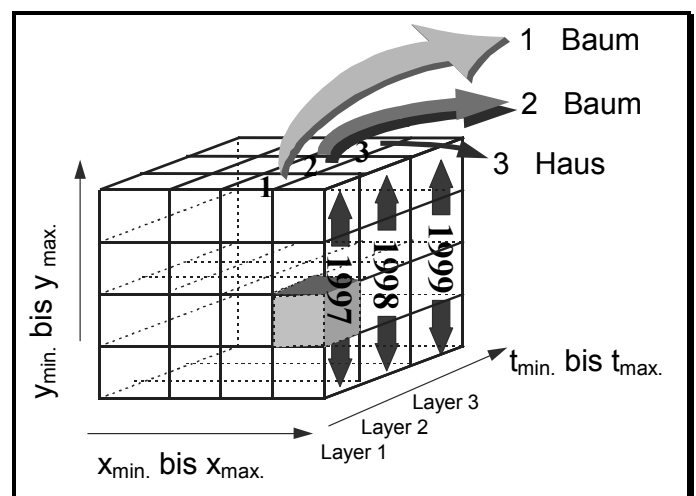


ABBILDUNG 105: RASTER-SNAPSHOT-TGIS ALS „3D-WÜRFEL“

Das Raster-Snapshot-Modell kommt verstärkt dann zum Einsatz, wenn man wie im Falle des Nationalparks Bayerischer Wald laufend auf (klassifizierte) Fernerkundungsdaten zurückgreifen kann. In einer einfachen Attributtabelle kann die *Event Time* bzw. *Database Time* für jeden Raster-Layer gespeichert werden. So lässt sich durch eine Abfrage klären, zu welcher *Database Time* sich beispielsweise die Fläche oder Form eines Waldgebietes verändert hat.

Umweltrelevante Informationen werden oft in Form von Rasterzeitreihen gesammelt. In umweltrelevanten GIS-Anwendungen wird wegen der angeführten Vorteile beim Erkennen von Veränderungen eher das Raster-Snapshot-Modell bevorzugt. Die größeren Datenmengen stellen hohe Anforderungen an die Datenhaltung des GIS. Ein entsprechendes Hardwaresystem sollte aus einem leistungsstarken Server mit großzügigem Speicherausbau und Workstations bestehen, deren Prozessoren gekoppelt werden können (Stichwort: „*Parallel Processing*“) (vgl. Kap. 2.3.3). Methoden zur Komprimierung der vierdimensionalen Raster-Daten und geeignete Zugriffsmechanismen sind noch zu entwickeln.

6.4.4 NUTZUNG TEMPORALER DATEN IM FALLE DES REFERENZ-GIS

nach [62] HUBER (1998) UND [60] HUBER (1997)

Die meisten der heutigen Datenstrukturen in Geoinformationssystemen sind entworfen für, und auch begrenzt auf, die Verwaltung und Verarbeitung statischer Datenbestände sowie die Repräsentation ebensolcher Phänomene. Die Unterstützung zeitveränderlicher Prozesse bedarf erweiterter Konzepte und Methoden in GIS. Je nach Anwendungsgebiet ergeben sich zudem die unterschiedlichsten Anforderungen hinsichtlich der Einbindung und Behandlung der Dimension Zeit. [17] BILL (1997)

Hinterlegt man den 2D-Daten des Referenz-GIS DGM-Informationen und berücksichtigt man zudem noch Zeitabhängigkeiten der verwendeten Daten in dokumentarischer Form sowie mit Hilfe einer Historienführung, so gelangt man zu dem vereinfachten Anwendungstyp:

2,5D + Zeit oder auch **2D + DGM + Zeit**

Für die im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ verwendeten Datenbestände lässt sich die folgende Gliederung des **temporaler Status** von Datensätzen angeben:

- | | |
|---|--|
| <p>1. statischer Status</p> <ul style="list-style-type: none"> a) statisch b) quasi-statisch | <p>2. multitemporaler Status</p> <ul style="list-style-type: none"> a) langfristig multitemporal b) mittelfristig multitemporal c) kurzfristig multitemporal |
|---|--|

Diese temporale Einteilung der Geo-Daten des Referenz-GIS ist mit Hilfe der Meta-Datenbank für jeden einzelnen Datensatz dokumentiert und damit leicht nachvollziehbar. Zur allgemeinen Behandlung der obigen Klassifizierung sollen an dieser Stelle die beiden übergeordneten temporalen Geo-Daten-Stati „*statisch*“ und „*multitemporal*“ besprochen werden. Im Referenz-GIS liegen derzeit folgende Zahlen für statische und multitemporale Datenbestände vor:

<i>temporaler Status</i>	<i>Anzahl</i>	<i>temporaler Status</i>	<i>Anzahl</i>
quasi-statisch	298	kurzfristig multitemporal	3
statisch	183	langfristig multitemporal	4
		mittelfristig multitemporal	331

TABELLE 21: STATISCHE UND MULTITEMPORALE DATENBESTÄNDE

6.4.4.1 STATISCHE DATEN

Unter *statischen Daten* versteht man Daten, die sich auf die GIS-Anwendung bezogen nicht oder nur in relativ großen Zeitabständen ändern. Dabei kann „statisch“ im Sinne von „unveränderlich“ und „quasi-statisch“ im Sinne von „nahezu unveränderlich“ unterschieden werden.

Je nach Anwendung sind die Begriffe „statisch“ oder „unveränderlich“ relativ und müssen entsprechend vorsichtig verwendet werden. In geologischen GIS-Anwendungen wird überwiegend die gesamte Erdgeschichte oder große Ausschnitte daraus modelliert. In historischen oder archäologischen GIS-Anwendungen werden die zahlreichen Epochen der Urzeit (bis ca. 6 000 v. Chr.), die Antike (bis ca. 500 n. Chr.) und ggf. noch das Mittelalter (bis ca. 1 500 n. Chr.) sowie die Anfänge der Neuzeit betrachtet. In derartigen GIS-Anwendungen existiert ein statischer Datenzustand nahezu nicht, wogegen im Referenz-GIS mit zwei Jahrhunderten als Betrachtungszeitraum (relativ) statische Zustände keine Seltenheit sind. In der jüngeren Neuzeit (ca. ab 19. Jahrhundert) entarten aus erdgeschichtlicher Betrachtungsweise langfristige Prozesse zu statischen oder quasi-statischen Zuständen. Als Beispiel ist hier die Topographie der Region des Nationalparks Bayerischer Wald zu nennen, die sich zwar im Laufe der gesamten Erdgeschichte mehrmals deutlich verändert hatte, aber bei alleiniger Betrachtung der noch andauernden Neuzeit keinerlei signifikanten Veränderungen unterlegen war.

Zur Klasse „1“, den statischen Daten des Referenz-GIS, gehören unter anderem folgende Datenbestände. Eine detaillierte Auflistung aller statischen Datenbestände des Referenz-GIS ist der Meta-Datenbank zu entnehmen.

<i>Vektor-Daten</i>	<i>Raster- und Grid-Daten</i>	<i>Sach-Daten</i>
<ul style="list-style-type: none"> Waldkarte (ständiges Detail) ❶ Standortskarte Waldecke geologische Grobgliederung ATKIS 25/500 DFK 	<ul style="list-style-type: none"> TK 25, TK 50, TK 100 DGM 25 mit seinen Folgeprodukten permanentes Inventurraster 	<ul style="list-style-type: none"> Datensätze zur Definition von Verwaltungseinheiten thematische Beschriftungen AGLB

TABELLE 22: STATISCHE DATEN

- ❶ Zu den sog. *ständigen Details* der Waldkarte zählen die Besitzgrenzen, Grenzzeichen, Waldeinteilung, Dienststellen und dergleichen. Weitere ständige Details sind Beschriftungen, Außengrenzen, Gewässer, Waldwege und sonstige Grundrissdarstellungen innerhalb des Staatsforstgebietes (vgl. Kap. 6.2.1.1).

Wesentliche Teile der statischen, raumbezogenen Daten sind beispielsweise die DGM-Informationen der amtlichen Vermessung und das Gewässernetz der Region. Ebenso können die Standortinformationen der Standortskarte und die geologische Grobgliederung der Region dieser temporalen Klasse eindeutig zugeordnet werden.

Wesentliche Teile der quasi-statischen, raumbezogenen Daten sind beispielsweise die ständigen Details der Waldkarte oder die Siedlungsgebiete und Katasterinformationen der amtlichen Vermessung.

Alle statischen Datenbestände werden mit Hilfe der Meta-Datenbank des Referenz-GIS, wie in Kap. 6.4.2 (*Time-Domain-Aspekte*) beschrieben, temporal klassifiziert nach:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| • Birth Time, Death Time | • Planned Period |
| • Valid Time, World Time, Event Time | • Active Period |
| • Measure Time | • <u>Current Period</u> |
| • Database Time, Transaction Time | • <u>Historical Period</u> |

Die in der Meta-Datenbank vorgesehenen, aber hier ausgestrichenen Klassen sind für statische GIS-Datenbestände im Allgemeinen nicht relevant. Die Fett und zugleich unterstrichen dargestellte Klasse ist für statische GIS-Daten typisch.

1) statische Vektor-Daten

Der größte Teil der Referenz-GIS-Datenbasis besteht aus statischen Vektor-Daten. Diese beinhalten überwiegend topographische und langfristig gültige, thematische und fachliche Informationen. Darüber hinaus werden dort auch für eine langfristige Verwendung vorgesehene Quellen, wie beispielsweise die Klima-Stationen der Nationalparkverwaltung, zusammengefasst.

2) statische Raster- und Grid-Daten

Ein weiterer Teil der Referenz-GIS-Datenbasis besteht aus statischen Raster- und Grid-Daten. Diese beinhalten ebenfalls überwiegend topographische und langfristig gültige, thematische und fachliche Informationen. Darüber hinaus werden dort auch für eine langfristige Verwendung vorgesehene Quellen, wie beispielsweise das vermarktete Grid der permanenten Inventurpunkte der Nationalparkverwaltung, zusammengefasst.

3) statische Sach-Daten

Es existieren nur wenige statische Sachinformationen in den Datenbanken des Referenz-GIS. Lediglich langfristig gültige Verwaltungsinformationen, thematische und topographische Beschriftungen sowie Liegenschaftsdaten des AGLB können dieser Klasse zugeordnet werden.

6.4.4.2 MULTITEMPORALE DATEN

Unter multitemporalen Daten versteht man Daten, die sich im Laufe der Zeit verändern. Sie müssen entweder laufend oder in fest definierten Zeitabständen fortgeführt werden.

Einige der unten exemplarisch aufgeführten Datenbestände sind für die Präsentation zeitlicher Prozesse sehr gut geeignet. So lassen sich beispielsweise die jährlichen Digitalisierungen der Totholzflächen des Nationalparks als sog. „Zeitscheibenschnappschüsse“ zur Erstellung von Slideshows oder Animationen verwenden (vgl. Kap 6.4.5). Damit kann die räumliche Ausdehnung dieser Schadensflächen über die Jahre hinweg visualisiert werden. Ein detaillierte Auflistung aller multitemporalen Datenbestände des Referenz-GIS ist der Meta-Datenbank zu entnehmen.

<i>Vektor-Daten</i>	<i>Raster- und Griddaten</i>	<i>Sach-Daten</i>
<ul style="list-style-type: none"> Waldkarte (unständiges Detail) ^② Totholzflächen historische Windwurf- und Borkenkäferflächen Nationalparkplan 	<ul style="list-style-type: none"> Orthophotos IR-Luftbilder temporäre Inventurraster 	<ul style="list-style-type: none"> Forsteinrichtungsdaten Forstinventurdaten Sonderinventuren Projektdateien Klima-Daten, Wasser- und Schneestände Tierbeobachtungen

TABELLE 23: MULTITEMPORALE DATEN

^② Zu den sog. *unständigen Details* der Waldkarte gehören beispielsweise alle Wald-Bestände beziehungsweise deren Zuordnung zu den jeweiligen Entwicklungsstadien sowie andere Flächenelemente, wie Wasserschutzgebiete und Biotope.

Wesentliche Teile der langfristig multitemporalen, raumbezogenen Daten sind beispielsweise die historischen Windwurf- und Borkenkäferflächen des Nationalparks Bayerischer Wald.

Wesentliche Teile der mittelfristig multitemporalen, raumbezogenen Daten sind beispielsweise die periodisch erfassten unständigen Details der Waldkarte oder die Forsteinrichtungs- und Inventur-Informationen der Bayerischen Staatsforstverwaltung. Ebenso werden die jährlich erfassten Totholzflächen des Nationalpark-Altgebietes dieser Klasse eindeutig zugerechnet.

Wesentliche Teile der kurzfristig multitemporalen, raumbezogenen Daten sind beispielsweise die Klima-Informationen der zahlreichen über das Gebiet des Nationalparks verteilten Klima-Stationen oder die Wasserstands- und Schneehöhenmessungen im Rahmen von laufenden Beobachtungen. Ein weiteres Beispiel stellen umfangreiche Tier-Telemetrierungen im Gebiet des gesamten Bayerischen Waldes sowie in Teilen des Landschaftsschutzgebiets Šumava dar.

Alle multitemporalen Datenbestände werden mit Hilfe der Meta-Datenbank des Referenz-GIS, wie in *Kap. 6.4.2 (Time-Domain-Aspekte)* beschrieben, temporal klassifiziert nach:

- Birth Time, **Death Time**
- Valid Time, World Time, Event Time
- Measure Time
- Database Time, Transaction Time
- **Planned Period**
- **Active Period**
- **Current Period**
- **Historical Period**

Die in der Meta-Datenbank vorgesehene, aber hier durchgestrichene Klasse ist im Allgemeinen für multitemporale GIS-Datenbestände nicht relevant. Die Fett und zugleich unterstrichen dargestellten Klassen sind für multitemporale GIS-Daten typisch.

1) multitemporale Vektor-Daten

Ca. 1/10 der Vektor-Daten des Referenz-GIS muss versioniert vorgehalten werden. Zahlreiche temporale Vektor-Datenbestände können ohne Versionierung genutzt werden. Beispielhaft soll hier der Fall sich vergrößernder Vektor-Flächen anhand der periodischen Totholz-Auswertungen angeführt werden (*vgl. Kap. 6.4.5*). Jahr für Jahr werden hinzukommende Flächenanteile digitalisiert. Auf diese Weise sind die jährlichen „Zuwächse“ an Totholz bezogen auf den jeweiligen Erfassungsmonat einheitlich dokumentiert (**totholz 198809.shp** bis **totholz 199910-200009.shp**).

Ein weiteres Beispiel für multitemporale Vektor-Daten im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist die Staatswaldfläche des ehemaligen Forstamtes Zwiesel (**foa zwiesel 19970730.shp**). Vom Bayerischen Landtag wurde dieses Forstamt per Verordnung zum 1. August 1997 aufgelöst und zum Nationalparkgebiet umgewidmet. Diese Fläche stellt einen Großteil des aktuellen Falkenstein-Rachel-Gebietes dar (**falkenstein-rachel-gebiet.shp**).

2) multitemporale Raster- und Grid-Daten

Analog zu den multitemporalen Vektor-Daten liegen auch Raster- und Grid-Informationen versioniert vor. Einige temporale Raster-Datenbestände können ohne Versionierung genutzt werden. Als Beispiel ist die seit 1981 geführte und seit 1988 der Totholzkartierung zugrunde liegende Infrarot-Luftbildreihe aus *Kap. 6.4.5* zu nennen.

Neben photogrammetrischen Auswertungen und Zeitreihen sind mit Hilfe von Methoden der Fernerkundung abgeleitete Datenbestände ein wichtiger Quell für statische und multitemporale Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Durch die Tatsache, dass Satellitendaten multispektral aufgenommen werden, können auf einem Satellitenbild beispielsweise verschiedene Vegetationsarten unterschieden und klassifiziert werden. Zudem ermöglicht eine konstante Repetitionsrate von Aufnahmen multitemporale Analysen, wie beispielsweise die Beobachtung von Vegetationszyklen oder von Schädlingsbefall (*vgl. Kap. 5.3.10 der Anlage*).

Über geeignete Gridding-Methoden in Verbindung mit fundierten, mathematischen Modellen lassen sich die Auswerte- und Analyse-Möglichkeiten des Referenz-GIS gegenüber der reinen Bildverarbeitung erheblich erweitern. Als Beispiel hierfür kann die flächige Analyse der langjährig vorliegenden Daten der Klima-Datenbank des Referenz-GIS angeführt werden (*vgl. Kap. 6.7*).

3) multitemporale Sach-Daten

Den überwiegenden Teil der im Referenz-GIS vorliegenden Sachinformationen stellen temporale Sach-Daten. Die Inhalte der forstliche Sach-Datenbank sowie der Klima-Datenbank sind primär von temporaler Natur.

a) FORSTLICHE SACH-DATENBANK

Die Inventarisierung der Staatswald-Bestände, die Planung der erforderlichen Maßnahmen für Schutz-, Nutz- und Erholungsfunktionen und die Festlegung der Hiebssätze fasst man unter dem Oberbegriff „Forsteinrichtung“ zusammen. Sie wird im Staatswald Wald periodisch im Abstand von i.d.R. 10 Jahren forstamtsweise durchgeführt.

Beispiele für multitemporale Sach-Daten stellen auch die in den Sommermonaten periodisch stattfindenden Waldinventuren, die unregelmäßig angesetzt, sich über die Hochlagen des Bayerischen Waldes erstreckenden Hochlageninventuren sowie Verjüngungsinventuren dar. Die erste gesonderte Hochlageninventur für den Bayerischen Wald fand 1996 statt, wobei sich das Inventurgebiet auf die drei staatlichen Forstämter Bodenmais, Neureichenau und (damals noch) Zwiesel sowie den (damaligen) Nationalpark Bayerischer Wald verteilte.

Die Hochlageninventur auf dem Gebiet des Nationalparks wurde wie die reguläre Waldinventur bis 1999 ausschließlich als „permanente Stichprobeninventur“ durchgeführt. Bei diesem Verfahren sind die Aufnahmepunkte dauerhaft markiert, so dass bei Erst- und Folgeinventuren dieselben Bäume erfasst werden. Dadurch lassen sich Zustandsveränderungen des Waldes sehr exakt verfolgen. Insgesamt 1392 permanente Inventurpunkte sind in den Hochlagen des Bayerischen Waldes in einem systematischen 200 x 200 m-Raster angeordnet.

Die jüngsten Hochlageninventuren wurden im Nationalpark Bayerischer Wald entgegen den Intentionen der eigentlichen Forstinventuren der Staatsforstverwaltung mit dem Hintergrund durchgeführt, primär den Umfang der aktuellen Waldverjüngung in den Hochlagen des Nationalparks Bayerischer Wald durch Messungen zu belegen. In diesem Zusammenhang wurden ergänzend zum permanenten Inventurraster temporär gekennzeichnete Zwischenpunkte hinzugezogen, wodurch immer aufs Neue temporär kombinierte Inventurraster entstehen. Diese temporären Inventurpunkte haben wie die permanenten Punkte eine *Birth Time*, besitzen aber im Gegensatz dazu auch eine *Death Time*, die wegen der nur einmaligen Nutzung mit der *Measure Time* zusammenfällt. Die *Active Period* entartet hierbei zu einem Zeitpunkt und die *Planned Period* gibt nur den Zeitraum von der lagemäßigen Planung der Zusatzpunkte bis zur tatsächlichen Inventur-Messung an.

Alle Inventurdaten werden wie die Forsteinrichtungsdaten und weitere forstlich relevante Datenbestände in der (forstlichen) Sach-Datenbank des Referenz-GIS temporal strukturiert vorgehalten (vgl. Kap. 8.5 der Anlage).

b) KLIMA-DATENBANK

Auf dem Gebiet sowie im näheren Umfeld des Nationalparks Bayerischer Wald wurden die vergangenen Jahrzehnte auf insgesamt 14 Klima-Stationen kontinuierlich klimarelevante Informationen verschiedenster Inhalte gesammelt. Die Klima-Daten des Referenz-GIS umfassen u.a. Tagestemperaturen (1 x oder 3 x pro Tag erfasst), Niederschläge, Luftfeuchte, Schneehöhen sowie detaillierte Angaben zur temporären chemischen Zusammensetzung von einzelnen Luftschichten. Für jede der 14 Klimastationen existieren geschlossenen Zeitreihen mit jeweils unterschiedlichen *Birth Times* und vereinzelt *Death Times*. Die *Measure Times* beziehen sich auf die Zeitpunkte der (oft mehrmals) täglichen Messungen, wobei die *Active Period* den Zeitraum beschreibt, währenddessen Messungen an der betreffenden Station durchgeführt wurden. Der überwiegende Anteil der 14 Stationen befindet sich auf absehbare Zeit noch in Betrieb, wodurch die *Active Period* nicht beendet ist.

Nähere Informationen zu den klimatologischen Datenbeständen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind hier in Kap. 6.7.4 nachzulesen.

6.4.4.3 HISTORISCHE DATEN

Neben aktuellen Datenbeständen sind auch langfristig multitemporale, also historische Daten zur Dokumentation raumzeitlicher Prozesse im Nationalpark Bayerischer Wald von Bedeutung. Noch existierende Kartierungen und teilw. handschriftlichen Dokumentationen aus verschiedenen Jahren und Epochen der beiden letzten Jahrhunderte spielen dabei eine grundlegende Rolle.

Neben dem Einsatz der meist digital vorliegenden Kartierungen aktueller Geschehnisse ist es notwendig, historische Daten zu langfristigen Vergleichen heranzuziehen. Nur wenn das aktuelle Geschehen mit den Erfahrungen früherer Generationen in Bezug gesetzt werden kann, lässt sich die derzeitige Situation objektiv und auch trendmäßig zuverlässig beurteilen. Liegen umfassende Erfahrungen mit außergewöhnlichen Situationen vor, so werden solche zukünftig als weniger außergewöhnlich eingestuft und mit der gebotenen Ruhe bewertet und angegangen. Die derzeitige Borkenkäferkalamität ist hierfür eine klassische Anwendung.

Man kann mehrere Formen der kartographischen Entwicklungsdarstellung unterscheiden. Eine davon ist die Kartengegenüberstellung mit Hilfe von Verschneidungen oder ähnlichen GIS-Techniken. Für Vergleiche der aktuellen Totholzflächen mit früheren Borkenkäfer-Massenvermehrungen im Nationalpark Bayerischer Wald werden historische Schadflächen herangezogen und innerhalb einer geeigneten Kartendarstellung des Referenz-GIS verfügbar gemacht.

Bei der Kalamität von 1868/70 waren ca. 2 025 Hektar, bei der von 1925/29 ca. 900 Hektar von Sturm und nachfolgendem Borkenkäferbefall betroffen. Die kartenmäßige Erfassung dieser historischer Schadflächen erfolgte 1987 durch ELLING, W., BAUER, E., KLEMM, G., KOCH, H. und wurde im Rahmen der wissenschaftlichen Schriftenreihe des BayStMLF veröffentlicht. [4] LWF (1998)

Die hierzu gehörige Anwendung wird im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ in Form einer dynamischen, historischen Karte geführt. Die Inhalte dieser kartographischen Anwendung werden in *Kap.5.3.6 der Anlage* aufgegriffen.

6.4.5 TOTHOLZKARTIERUNGEN ZUR TEMPORALEN VISUALISIERUNG DER BORKENKÄFERSITUATION IM NATIONALPARK BAYERISCHER WALD

teilw. nach [99] NPV (1995), [59] HUBER (2000) und [72] KIENER (1999)

Am 01.08.1983 überquerte eine Gewitterfront mit starken Sturmböen den Nationalpark Bayerischer Wald und innerhalb weniger Stunden wurden 87 Hektar Wald zerstört. Dieser Sturm hinterließ vor allem in den Hang- und Tallagen allein im Nationalpark in 96 verschiedenen Waldorten größere Windwurfnester und Windwurfflächen bis zu 2 Hektar Größe. Zu weiteren Windwürfen kam es im Nationalpark, so wie in ganz Deutschland am 24. und 25. November 1984. Dieser Sturm richtete schwerpunktmäßig in den verebneten Hochlagen im Nordosten des Nationalparks schwere Schäden an.

Infolge der Sturmwürfe im August 1983 und der folgenden Jahre hatte sich dadurch begünstigt im gesamten Nationalparkgebiet eine Borkenkäfergradation entwickelt. 1985 kam es zum Liegendbefall durch den Borkenkäfer in den Windwurfflächen von 1983 und 1986 kam es erstmals zu einem massenhaften Stehendbefall an den Windwurfrändern, der sich 1987 sowohl in benachbarten Fichtenrein- als auch in Misch-Beständen fortsetzte. Im Jahr 1988 setzte sich die Entwicklung nahezu ausschließlich im Bereich der 1984er Windwurfflächen nur noch verlangsamt fort.

Dieser Zusammenbruch der Massenvermehrung war nur ein sehr kurzfristiger. Anfang des Jahres 1990 gab es in Mitteleuropa eine ganze Serie von Stürmen. Allerdings entstanden im Nationalpark verglichen mit anderen Gebieten wenig Windwürfe. Am 25.03.1991 kam es erneut zu nennenswerten Windwürfen mit ungefähr 4 000 Kubikmetern Holzanfall. Diese betroffenen Flächen bildeten den Ausgangspunkt für weitere kleinere Borkenkäferbefallsgebiete der folgenden Jahre in den Hanglagen des Nationalparks. Es wurde auf den Luftbildern von 1992 wieder ein leicht gestiegener Borkenkäferbefall festgestellt. Völlig unerwartet nahm der Neubefall ab 1995 dramatisch zu. Ein deutlicher Befallsschwerpunkt lag in den Hochlagen des Parks. Fast 300 ha starben dort 1996 flächig ab. Zusammen mit den älteren Totholzflächen von etwa 150 ha waren damit zu diesem Zeitpunkt etwa 20% der Hochlagenwälder abgestorben. 1997 hat sich das zwischen den Bergen Lusen und Rachel gelegene Schadgebiet erheblich ausgeweitet. Im September 2000 waren insgesamt 3 732 ha erfasste Totholzflächen zu verzeichnen. Bis heute setzt sich der Borkenkäferbefall im Nationalpark fort. Ein Ende ist bislang nicht abzusehen. Diese Entwicklung wird in *Kap. 5.3.12 der Anlage* ergänzt um forstliche Details aufgegriffen.

Um über einen geschlossenen Zeitraum flächendeckend Infrarotluftbilder (CIR-Bilder) für Auswertungen zur Verfügung zu haben, wird das Rachel-Lusen-Gebiet des Nationalparks seit 1988, das Falkenstein-Rachel-Gebiet seit 1997 jährlich in den Sommermonaten befliegen.

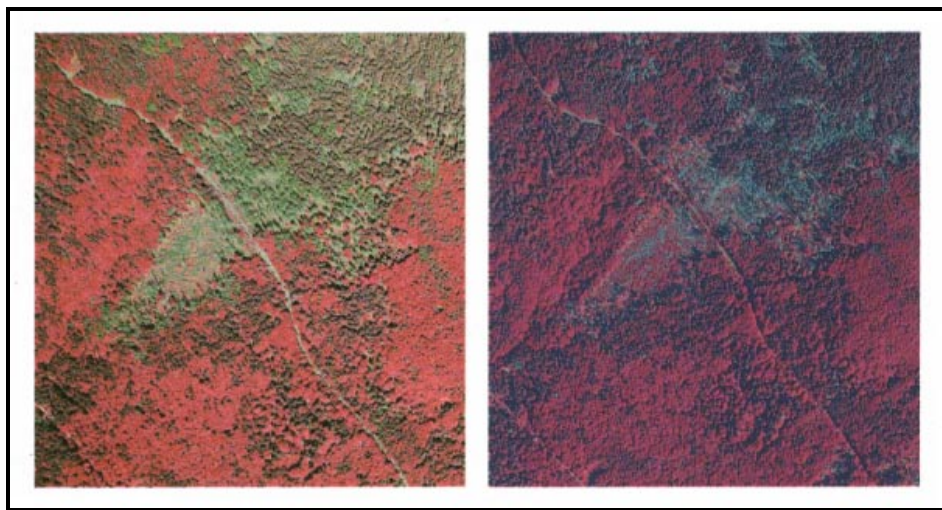


ABBILDUNG 106: CIR-BILDER: (AUFNAHMEN VOM 27.06.1990 UND VOM 16.08.1994)

Ab dem Jahrgang 1988 existieren für das Altgebiet des Nationalparks Bayerischer Wald daraus abgeleitete, jährliche Kartierungen der Totholzflächen. Die Epochen 1988 - 1993 wurden an der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft erfasst und lagen lange Zeit nur in analoger Form vor. Die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald hat diese Kartierungen 1999 nachdigitalisiert. Die Epochen 1993 - 1996 wurden dann unter Änderung der Erfassungsmethodik und anderen Gesichtspunkten der Klassifizierung bei der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald digital erhoben, wobei die Epoche 1993 hierbei ein zweites Mal erfasst worden war. Hierbei ergab sich ein nicht unerheblicher Bruch dieser Reihe um sage und schreibe 131 ha. Zwischen 1997 und 1999 war hierfür wieder die Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Freising zuständig. Seit 2000 ist diese Aufgabe wieder der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald übertragen. Die unterschiedlichen Auswertungsmethoden und -Intentionen der vergangenen Jahre sowie die daraus erwachsenen technischen und inhaltlichen Eigenheiten der so entstandenen Daten sind in *Kap. 5.3.12 der Anlage* dargelegt. Über das Referenz-GIS kann nunmehr auf zwei digitale Zeitreihe von sechs (1988 - 1993) bzw. acht (1993 - 2000) Jahrgängen zurückgegriffen werden.

Mit den Arbeiten zur Integration von Zeitaspekten in das Referenz-GIS konnten erstmalig die äußerst wertvollen, temporalen Datenbestände der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald in einem Informationssystem zusammengeführt und nutzbar gemacht werden. Sowohl die thematische Visualisierung als auch die alphanumerische Auswertung der Totholzdaten zur Dokumentation und Analyse der natürlichen Abläufe in den Wäldern des Nationalparks ist somit ermöglicht (*vgl. auch Kap. 6.3.3*).

Untenstehende Tabelle gibt den aus dem Referenz-GIS ableitbaren Verlauf der Totholzentwicklung im Nationalpark-Altgebiet der Jahre 1988 - 1993 sowie 1993 - 2000 wieder:

1. Reihe		2. Reihe	
Stand 09.1988	104 ha	Stand 05.1993	173 ha
Stand 05.1993	304 ha	Stand 09.2000	3 732 ha
Epoche	Zunahme	Epoche	Zunahme
09.1988 - 10.1989	85 ha	05.1993 - 08.1994	132 ha
10.1989 - 06.1990	35 ha	08.1994 - 07.1995	63 ha
06.1990 - 07.1991	25 ha	07.1995 - 07.1996	367 ha
07.1991 - 07.1992	16 ha	07.1996 - 08.1997	846 ha
07.1992 - 05.1993	39 ha	08.1997 - 07.1998	566 ha
		07.1998 - 07.1999	550 ha
		07.1999 - 10.1999	409 ha
		10.1999 - 09.2000	617 ha

TABELLE 24: TOTHOLZFLÄCHENAUSWERTUNG 1988 - 2000

Die Totholzkartierungen des Referenz-GIS beinhalten neben der kartographischen Darstellung der bislang digitalisierten Totholzflächen diverse DGM-Folgeprodukte und Fernerkundungsdaten, beispielsweise zur ergänzenden Darstellung der Topographie des Nationalparks Bayerischer Wald. Neben den Totholzflächen beinhalten sie die Windwurfflächen der Jahre 1981 - 1988, stehende Einzelbäume, umgebrochenes und ausgeräumtes Totholz sowie weitere thematische und topographische Objekte.

Die Totholzflächenkartierung liefert einen Überblick über die Totholzentwicklung der letzten 13 Jahre im Nationalpark. Sie lässt in Verbindung mit DGM-Folgeprodukten und forstlichen Karten (Waldkarte, Standortskarte) Rückschlüsse ziehen, dient zu Präsentationszwecken und ist im Besonderen auch für die Öffentlichkeitsarbeit, also für die Aufklärung der Bevölkerung und der Touristen vor Ort, geeignet.

Die in den Views zur Totholzkartierung beinhalteten Datensätze und über Legenden definierte Themen sind in *Kap. 5.3.12 der Anlage* nachzulesen. Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im *Anhang F6* am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

6.5 AUSGEWÄHLTE SPEZIALANWENDUNGEN

6.5.1 MULTIMEDIALE PRÄSENTATIONEN

Im Rahmen der Arbeiten am Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ (vgl. [123] SCHNEIDER (2000)) wurden zahlreiche digitale Videoclips, beispielsweise zu touristisch bedeutsamen Punkten, für eine Einbindung multimedialer Elemente erzeugt. Die Clips dienen der Ergänzung der vorhandenen touristischen Inhalte des Systems und damit unmittelbar der Öffentlichkeitsarbeit der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald. Nachfolgende Abbildungen zeigen Ausschnitte aus diesen Filmen.



ABBILDUNG 107: MULTIMEDIALE ELEMENTE (VIDEOCLIPS)

Hierauf wird in *Kap. 4.8 der Anlage* näher eingegangen.

6.5.2 ANWENDUNGSBEISPIELE ZU ANALYSEN UND ANIMATIONEN

Durch den Einsatz von temporalen und nontemporalen sowie von interaktiven Computeranimationen bietet sich im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ eine Möglichkeit, die traditionellen kartographischen Darstellungsformen zu erweitern. Die Animation ist im Gegensatz zur traditionellen Karte eine sequentielle Präsentationsform. Gezeigt wird eine Folge von variierenden Darstellungen in einem bestimmten Zeitintervall. Damit kommt als ein weiteres Ausdrucksmittel die Zeit hinzu. Die Präsentationszeit kann genutzt werden, um die reale Zeit wiederzugeben, aber auch, um in einer logischen Folge Zusammenhänge deutlich zu machen. Näheres hierzu kann in *Kap. 1.4.5.2 der Anlage* nachgelesen werden.

Die Visualisierung von Analyseergebnissen leistet hierzu ebenfalls einen Beitrag. Viele Methoden räumlich-geographischer Analysen verwenden Terrainoberflächen für Eignungsstudien, hydrologische Untersuchungen oder Sichtlinienbestimmungen. Anders gelagerte Analyseaufgaben verwenden Quasi-Oberflächen-Darstellungen für die Visualisierung von durchschnittlichem Niederschlag, chemischen Konzentrationen oder Bevölkerungsdichten. Die Darstellung dieser Phänomene durch Quasi-Oberflächen schafft eine neue anschauliche und übersichtliche Arbeitsgrundlage. Näheres zu den durchgeführten Hangneigungs- und Expositionsanalysen sowie der Ableitung von Beleuchtungssimulationen (Schummerungen) und Isolinienkarten ist dem *Kap. 6.3* zu entnehmen.

1) Oberflächenanalysen

Beispiele für Oberflächenanalysen sind auch Flächen- und Volumenberechnungen, Auftrags und Abtragsberechnungen oder, wie hier beschrieben, Sichtbarkeitsanalysen in Verbindung mit Geländeprofilen.

Für den Tourismus im Bayerischen Wald sind Untersuchungen über einsehbare Bereiche an wichtigen Aussichtspunkten interessant. Auch in Bezug auf die Entwicklung der Totholzflächen sind gewisse Aussagen über deren Einwirkungen auf das Landschaftsbild ableitbar. Mehrere Sichtbarkeitslinien in Abhängigkeit von Beobachter- und Zielstandort, deren Höhen über dem Boden sowie Informationen über Schrittweite und Minimal bzw. Maximalwinkel ergeben, wie in nebenstehender Abbildung dargestellt, einen 360°-Fächer für einen Ausschnitt in der Nähe des Rachel (grün = sichtbar; rot = nicht sichtbar).

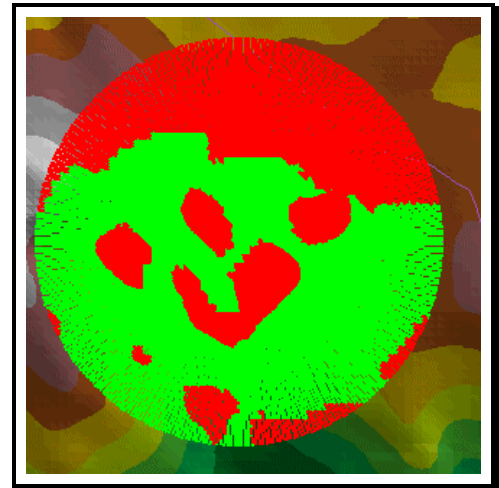


ABBILDUNG 108: SICHTBARKEITSKLASSEN

Ebenso ist hier die Erstellung eines Geländeprofiles entlang einer definierten Linie eine sinnvolle Anwendung. Die so entstehenden Höhenprofile enthalten einen Graphen, der die Geländehöhe entlang einer vorab gewählten Wegstrecke unter Berücksichtigung einer vertikalen Überhöhungen (vertical Exaggeration; hier 16-fach) wiedergibt. Diese Informationen können für alle Wanderwege, Radwege und Loipen des Nationalparks ad hoc erstellt werden und geben intuitiv Aufschluß über Schwierigkeitsgrad der Strecken und zu erwartende körperliche Belastungen für Touristen.

Näheres zu diesen Analysetypen ist der Arbeit [129] STOCKMEYER (1999) zu entnehmen.

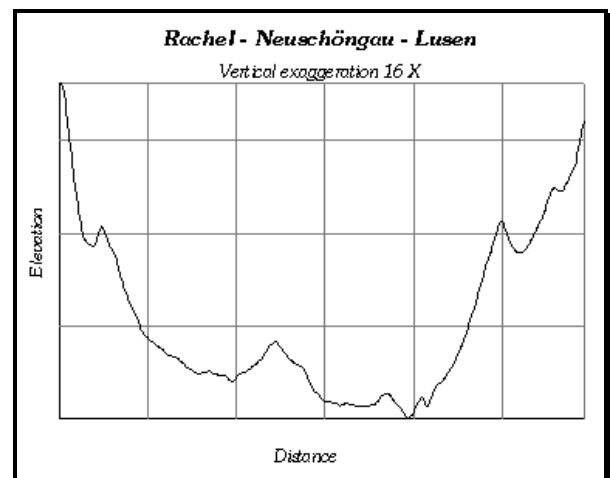


ABBILDUNG 109: GELÄNDEPROFILE

2) nontemporale Animation: Generierung von Virtual-Reality-Elementen

Untenstehende Abbildung zeigt ein Bildschirmabbild während der Generierung eines virtuellen Landschaftsausschnittes des Nationalparks mit Hilfe einer 3D-Modellierungssoftware. Das zugrunde liegende Drahtgittermodell ist in den perspektivischen Ansichten gut zu erkennen. Durch Texturierung wird eine möglichst realitätsnahe Darstellung erreicht. Das Anbringen vektorieller Zusatzinformationen (hier: Totholzflächen) erweitert die VR-Darstellung um thematische Inhalte. Sie ist interaktiv „begehrbar“.

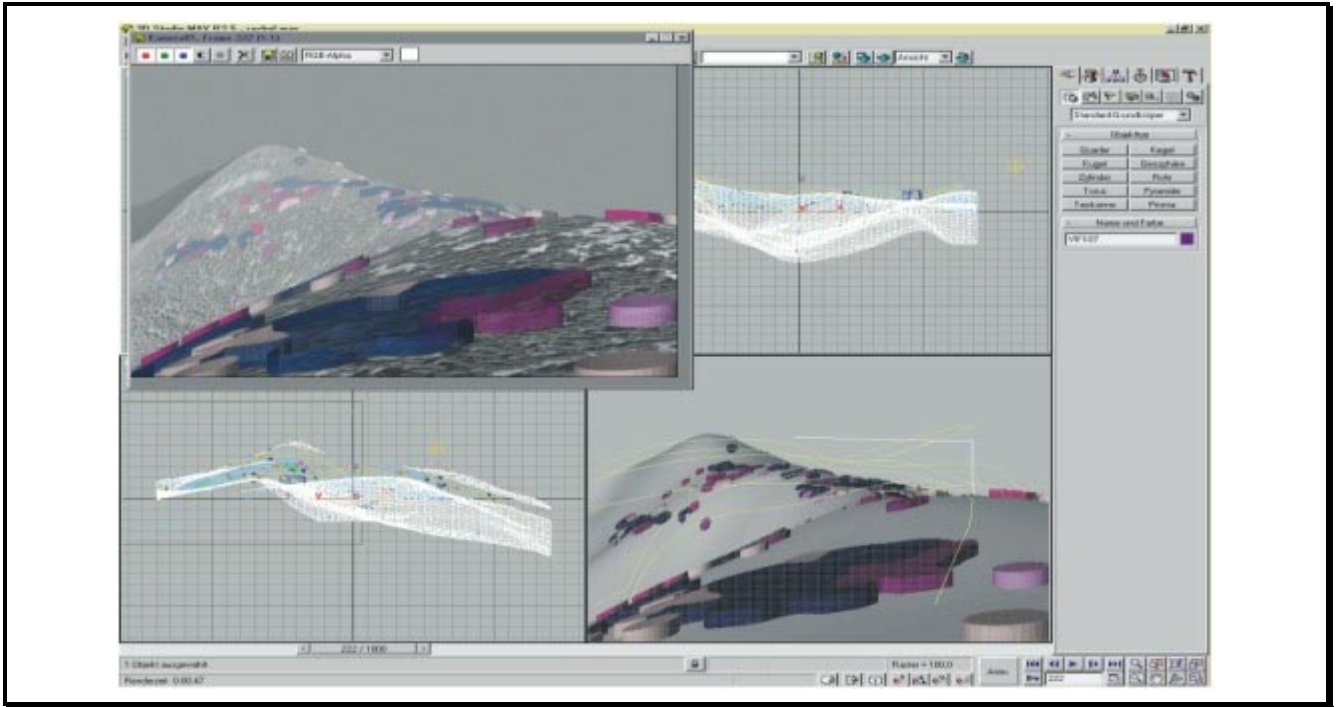


ABBILDUNG 110: NONTEMPORALE ANIMATION: GENERIERUNG VON VIRTUAL-REALITY-ELEMENTEN

In Kap. 4.8 der Anlage wird hierauf näher eingegangen.

3) nontemporale Animation: Virtuelle Flüge

Ein weiteres Beispiel sind virtuelle Flüge über künstlich generierte Landschaften in Form von Videosequenzen. Hier in den Beispielen sind Ausschnitte von virtuellen Flügen über den Nationalpark Bayerischer Wald dargestellt. Die Landschaftsmodelle sind aus Geo-Basisdaten der amtlichen Vermessung abgeleitet.

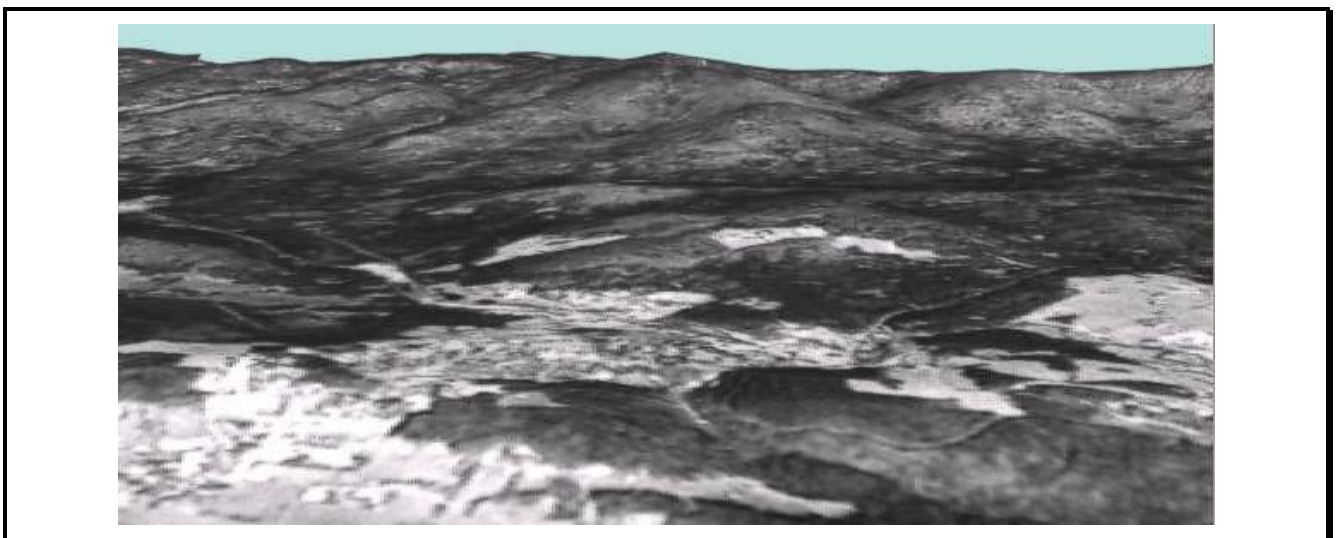


ABBILDUNG 111: NONTEMPORALE ANIMATION: VIRTUELLER FLUG ÜBER DEN NATIONALPARK BAYERISCHER WALD

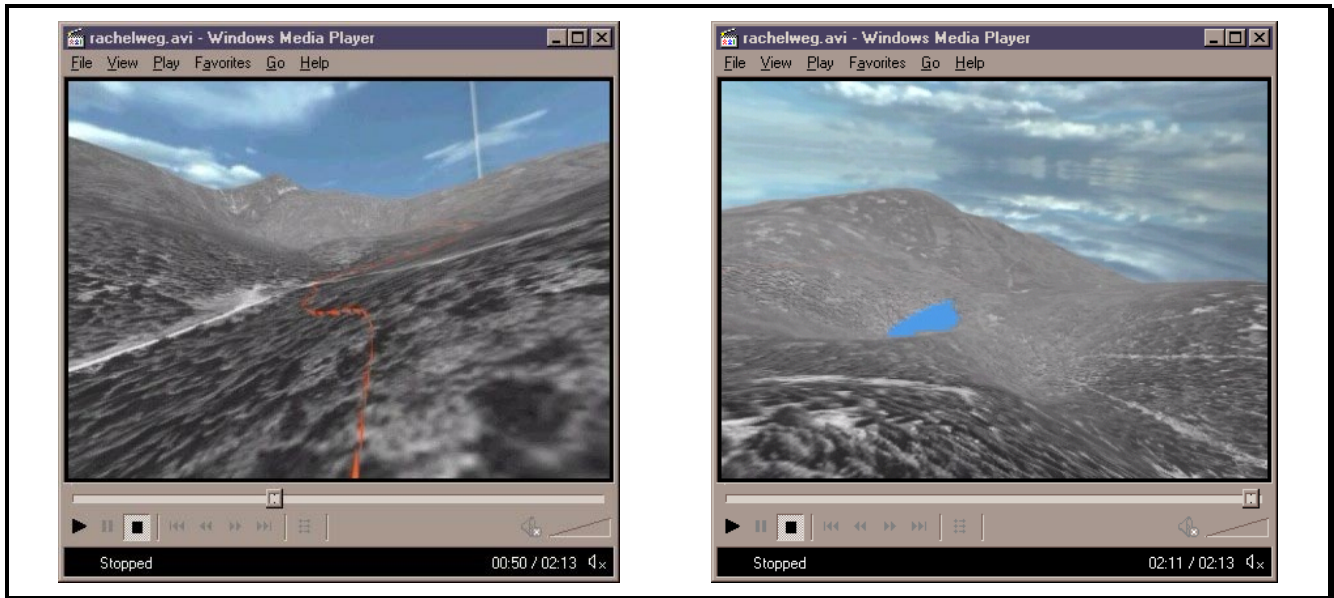


ABBILDUNG 112: NONTEMPORALE ANIMATION: VIRTUELLER FLUG ÜBER DEN „RACHEL(WANDER)WEG“

In Kap. 4.8 der Anlage wird hierauf näher eingegangen.

4) temporale Animation: Präsentation der Totholzentwicklung über die Zeit

Die Ausweitung der Totholzflächen im Nationalpark Bayerischer Wald ist von öffentlichem Interesse. Dies gab den Anstoß zur Erstellung von Animationen, die den Expansionsprozess möglichst anschaulich darstellen sollen. Im Rahmen der Arbeiten zum Referenz-Geoinformationssystem „Nationalpark Bayerischer Wald“ (vgl. [114] SCHEUGENPFLUG (1999) und [129] STOCKMEYER (1999)) und den Vorbereitungen zu den Multimedia-Tagen in Freyung 1999 entstanden visuelle und interaktive, temporale Animationen, die das Visualisierungspotential des Referenz-GIS und seiner Komponenten aufzeigen.

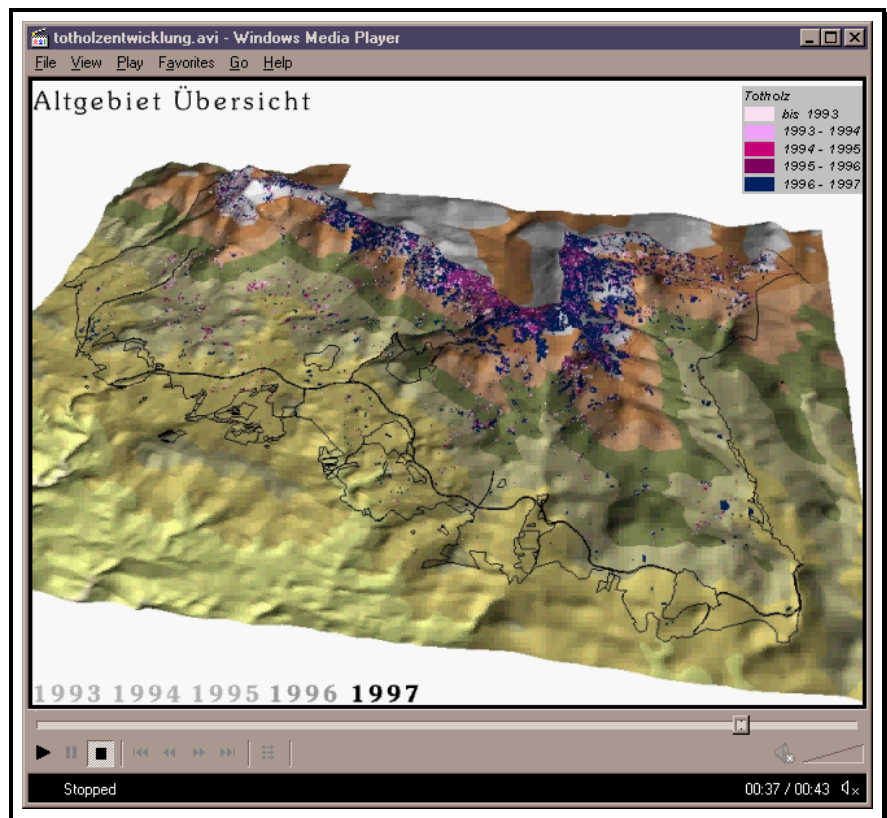


ABBILDUNG 113: TEMPORALE ANIMATION: VISUELLE PRÄSENTATION DER TOTHOLZENTWICKLUNG ÜBER DIE ZEIT

6.6 AUSBAU ZUM GRENZÜBERSCHREITENDEN GIS MIT DATENBESTÄNDEN DES TSCHECHISCHEN NATIONALPARKS ŠUMAVA

Geometriemodelle in GIS müssen mathematisch bestimmt sein. Dies erfordert für GIS-Daten ein eindeutiges geodätisches Datum sowie eine definierte geodätische Abbildung. Diese Grundlage für ein GIS-Datenmodell wird als einheitliches Raumbezugssystem bezeichnet, das die eindeutige Zuordnung und fachübergreifende Verknüpfung von GIS-Daten ermöglicht. Neben einigen anderen wichtigen Kriterien ist die Einhaltung eines einheitlichen Bezugs metrischer GIS-Informationen auf ein geodätisches Referenzsystem (Bezugssystem) die wichtigste Voraussetzung für die qualitativ aussagekräftige Auswertung integrierter Geo-Daten (vgl. Kap. 6.8). Vor allem in Hinblick auf die Verwendung großmaßstäbiger 2D-Geo-Daten ist die Berücksichtigung einer hinreichend geeigneten Bezugsfläche in Verbindung mit einer den geplanten Anwendungen genügenden Kartenprojektion von entscheidender Wichtigkeit.

6.6.1 DAS RÄUMLICHE BEZUGSSYSTEM DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Bei dem räumlichen Bezugssystem eines GIS handelt es sich um eine Summe von Definitionen (Koordinatensystem, Passpunkte, Blattsschnitte, etc.), welche die Systematik des Lagebezugs räumlicher Objekte in diesem GIS ordnen.

Im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wird, wie im FORST-GIS-Bayern, als einheitlicher Raumbezug das amtliche, bayerische Gauß-Krüger-Koordinatensystem bezogen auf den 12°-Meridian östlich von Greenwich verwendet. Es handelt sich hierbei um Gauß-Krüger- und geographische Koordinaten, die sich auf das Potsdam Datum (Bessel-Ellipsoid mit Zentralpunkt Rauenberg) beziehen. Näheres hierzu ist in den nachfolgenden Kapitel beschrieben.

Eine Besonderheit des Referenz-GIS liegt im Aufbau eines grenzüberschreitenden Datenbestandes, der sich aus der Integration von Datenbeständen der tschechischen Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava (vgl. Kap. 2.1) ergibt, und den damit verbundenen geodätischen Aufgaben aus den Bereichen der Landesvermessung sowie der Kartographie. Die Berücksichtigung von gängigen und unkonventionellen Kartenprojektionen ist dabei ebenso bedeutsam wie der Umgang mit verschiedenen, teils schlecht dokumentierten Referenzsystemen und deren Handhabung. Dabei gilt es, zahlreiche technische und organisatorische Hindernisse zu überwinden. Im Folgenden werden die geodätischen Aufgaben der Datenintegration und -Transformation beim Aufbau eines grenzüberschreitenden Geoinformationssystems erläutert.

6.6.1.1 VERWENDETE REFERENZFLÄCHE

1) allgemeine Informationen zu den relevanten geodätischen Bezugssystemen

Für die Fläche der Bundesrepublik Deutschland und den Grenzbereich der Nachbarstaaten sind zur Zeit noch vier geodätische Bezugssysteme von besonderer Bedeutung.

1. Das wiedervereinigte Deutschland verwendet das Potsdam-Datum (DHDN = Deutsches HauptDreiecks-Netz) bezogen auf das Bessel-Ellipsoid. Dieses Bezugssystem kam auch im Gebiet der Bundesrepublik vor der Wiedervereinigung zum Einsatz. In den Karten der amtlichen topographischen Kartenwerke werden das 3° breite Gauß-Krüger-Streifensystem und geographische Koordinaten benutzt.
2. In der ehemaligen DDR wurde das System 42/83 auf dem Krassowsky-Ellipsoid verwendet. Die Kartenwerke wurden mit einem 6° breiten Gauß-Krüger-Streifensystem dargestellt.
3. Das militärische Geowesen verwendet den europäischen NATO-Standard mit dem Europäischen Datum von 1950 (ED50) auf dem Internationalen Ellipsoid von Hayford. Die militärischen Kartenwerke verwenden das UTM-Streifensystem (Universale Transversale Mercatorprojektion) zur Darstellung.
4. Durch die starke Akzeptanz und dem Vertrieb preiswerter Empfangsgeräte für das Satellitennavigationssystems GPS gewinnt auch das 1984 festgelegte World Geodetic System (WGS84) immer mehr an Bedeutung.

2) das Potsdam-Datum (DHDN) bezogen auf das Bessel-Ellipsoid

Die Erde ist aus streng mathematischer Sicht ein recht un rundes Gebilde. Die in der Landesvermessung übliche Annäherung ist ein Ellipsoid. Die vereinfachte Annahme von der Erde in Kugelgestalt (Sphere) ist für die Erstellung von Karten mit Maßstäben größer als 1:2 000 000 zu ungenau.

Ein Ellipsoid, das alle Staaten weltweit zufrieden stellt, gab und gibt es nicht. In westdeutschen topographischen Karten wird fast ausschließlich das sog. Potsdam-Datum und das Bessel-Ellipsoid von 1841 verwendet; in alten DDR-Karten und auf ihnen basierenden neueren Karten ebenfalls das Potsdam-Datum oder das Krassowsky-Ellipsoid von 1940. In der Tschechoslowakei bzw. der heutigen Tschechischen Republik verwendet man für die topographischen Karten zivilen Ursprungs aus der Zeit vor 1993 ebenfalls das Bessel-Ellipsoid.

Für die unterschiedlichen Kartenprojektionen und Koordinatensysteme werden international verschiedene Maße für die Ellipsoide zugrunde gelegt, was beim Umrechnen von Koordinaten zu großen Problemen führen kann.

6.6.1.2 VERWENDETE KARTENPROJEKTION

Verschiedene mathematisch formulierte Abbildungsvorschriften, mit denen die gekrümmte Erdoberfläche insgesamt oder große Teile davon verebnet dargestellt werden können, bezeichnet man als Kartennetzentwürfe oder Kartenprojektionen. Die Genauigkeitsanforderungen werden im Wesentlichen durch das angestrebte Endprodukt „Karte“ festgelegt.

Da bei der Einrichtung eines ebenen Koordinatensystems in der Landesvermessung hauptsächlich Triangulationen (Winkelmessungen) Anwendung finden, bevorzugt man hier winkeltreue, also konforme Abbildungen. Nach Gauß wird diejenige Projektion als konform definiert, die Teile einer gegebenen Fläche auf einer anderen gegebenen Fläche so abbildet, dass die Abbildung dem Abgebildeten in den kleinsten Teilen oder im Differentiellen ähnlich wird. Das bedeutet, dass die in einem Punkt durch zwei Richtungen festgelegten Winkel keine Verzerrungen erleiden, die Abbildung also winkeltreu ist, oder auch, dass das Verhältnis zweier entsprechender differentieller Strecken in Ur- und Abbild unabhängig von der Fortschreitungsrichtung ist.

Die sog. Gauß-Krüger-Projektion ist in den Landesvermessungen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz die gängige Kartenprojektion für großmaßstäbige Abbildungen vom Typ „Transversale Mercator-Projektion“. Transversale Mercator-Projektionen gehören zur Familie der sog. „winkeltreuen Zylinderentwürfe“ und haben folgende Abbildungs-Eigenschaften:

- Winkeltreue (Konformität)
- Längentreue (Äquidistanz) am Berührungskreis (Referenzfläche-Zylinder)
- Der Hauptpunkt der Abbildung liegt am Äquator (Breite $\varphi = 0^\circ$)
- Der Zylinder berührt die Referenzfläche längs der beiden Meridiane $\lambda_{1/2} = \pm 90^\circ$
- Das Koordinaten-Gitter (Parameterlinien) bildet eine orthogonales, rechtwinkliges Netz
- Das Koordinaten-Gitter wird zwar krummlinig aber orthogonal abgebildet ($\lambda, \varphi = \text{const.}$)

Bei der Gauß-Krüger-Abbildung eines Rotationsellipsoids in die Ebene treten Verzerrungen auf. Wegen der mit zunehmendem Abstand vom Berührmeridian stark anwachsenden Verzerrung wird die Ausdehnung der zu projizierenden Region auf 3-Grad breite Streifen (3°-Meridianstreifen) begrenzt und somit jeder Meridianstreifen für sich getrennt abgebildet. In Deutschland gelten die Längengrade 6°, 9°, 12°, 15° als Haupt- bzw. Mittelmeridiane (Abszissenachsen). Das heißt, dass für jeden Meridianstreifen einzeln die querachsige Merkatorprojektion durchgeführt werden muss, wobei der Zylinder genau am jeweiligen Mittelmeridian anliegt. Dadurch wird die Verzerrung, die mit der Entfernung vom Mittelmeridian zunimmt, auf ein vertretbares Maß (maximal 12 cm auf 1km) reduziert. Für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wird ausschließlich das 12°-Meridianstreifensystem verwendet.

Dieses Meridianstreifensystem wurde 1927 in Deutschland eingerichtet. Jedes Meridianstreifensystem hat nach Beschluss der AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen Deutschlands) von 1966 nach beiden Seiten eine Ausdehnung von $1^\circ 40'$, also ca. 100 km. Dadurch wird gewährleistet, dass sich benachbarte Systeme mit rund 23 km breiten Streifen überlappen. Der Koordinaten-Hochwert zählt vom Äquator ($x = H = 0$ m) nach Norden positiv. Der Rechtswert ($y = R$) erhält für den Berührmeridian (Mittelmeridian) den Wert 500 000 m als Koordinatenaufschlag, so dass im Abbildungsstreifen negative Rechtswerte vermieden werden.

Der Maßstabsfaktor m der GK-Abbildung ist „1“, wodurch der Mittelmeridian längentreu abgebildet wird. Sie sind im Gegensatz zu allen anderen Gitternetzlinien geradlinig und orthogonal aufeinander stehend. Die Flächenverzerrung dieser Abbildung nimmt mit der Entfernung zum Mittelmeridian zu. Winkel werden überall korrekt abgebildet (Winkeltreue). Näheres hierzu ist in der *Anlage unter Kap. 3.3.2.2* nachzulesen.

Mit Hilfe der folgenden Angaben lässt sich also das Bezugssystem des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ innerhalb der verwendeten GIS-Software eindeutig definieren:

- Projektion: *Gauß-Krüger (Transversale Mercator-Projektion)*
- Bezugsfläche: *Bessel-Ellipsoid*
- Längeneinheiten: *Meter [m]*
- Maßstabsfaktor: *1,00*
- Geographische Breitenreferenz: *0° (Äquator)*
- Nullmeridian: *0° (Greenwich)*
- Zentralmeridian: *12° östlich von Greenwich*
- 3°-Meridianstreifen-System: *erste Rechtswert-Ziffer „4“*
- Ostverschiebung: *(4) 500 000.00 m*
- Nordverschiebung: *0.00 m*

Die Entscheidung für diesen Raumbezug war durch folgenden Faktoren maßgeblich beeinflusst:

- Wahrung der Datums-Kompatibilität zu den Informationssystemen folgender beteiligter Institutionen:
 - BayStMLF
 - FORST-GIS-Bayern
 - Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald
 - Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
 - Bayerisches Landesvermessungsamt
 - Vermessungsämter Freyung und Zwiesel
 - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- GK-Bayern (12°) wird in Bayern überwiegend verwendet. Andere Bezugssysteme spielen eine deutlich untergeordnete Rolle.
- Genügt den Genauigkeitsansprüchen des Referenz-GIS in jeglicher Hinsicht.

6.6.2 DURCHFÜHRUNG VON KOORDINATEN- UND DATUMSTRANSFORMATIONEN

6.6.2.1 ALLGEMEINES VORGEHEN

Geographische Daten unterschiedlichster Herkunft und Georeferenzierung stellen für die Verwendung in Geographischen Informationssystemen immer wieder ein Problem dar. Die komplizierten Umrechnungsoperationen können heute von der Computertechnik übernommen werden. Leider weisen die Ergebnisse häufig starke Lagefehler auf, was zeigt, dass die Anwendung dieser Programme nicht trivial ist und von Fachleuten durchgeführt werden sollte.

Die grundsätzliche Herangehensweise an eine Transformation zwischen zweidimensionalen Koordinatensystemen ist die Umrechnung der umzuwandelnden Koordinaten in dreidimensionale geographische Koordinaten. Dafür gibt es jeweils komplexe Rechenoperationen, bei denen der Prozess der Kartenprojektion und der Verortung eines Punktes im Koordinatensystem rückwärts nachvollzogen wird. Der nächste Schritt ist dann die Berechnung der gewünschten Koordinaten aus den vorher errechneten geographischen Koordinaten. Diese Herangehensweise führt zu exakten Ergebnissen. Dafür sind aber genaue Informationen über das Ein- bzw. Ausgangssystem, deren Projektionen und die verwendeten Ellipsoide notwendig. Fehlerhafte Ergebnisse kommen nur durch falsche Angaben dieser drei Parametergruppen zustande. Die Kenntnis über das mathematische Modell und damit das rechnerische Vorgehen ist ebenfalls maßgeblich entscheidend für die Qualität der durchgeführten Koordinatentransformation und somit für die Verwendbarkeit der errechneten Ergebnisse in einem GIS.

Eine häufig verwendete Methode zur Umrechnung von Koordinaten auf unterschiedlichen Ellipsoiden ist die Verwendung von Passpunkten, von denen jeweils die genauen Koordinaten in beiden Koordinatensystemen gegeben sind.

6.6.2.2 UMGANG MIT TSCHECHISCHEN KOORDINATENSYSTEMEN

Ein Großteil der Datenbasis des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ liegt in der Region Niederbayern und speziell im Nationalpark Bayerischer Wald. Die Erweiterung dieses Testgebietes um das direkt an den Nationalpark Bayerischer Wald angrenzende tschechische Landschaftsschutzgebiet Šumava, und damit den darin liegenden Nationalpark Šumava, ist aus Kooperationsgründen der beiden Parkverwaltungen notwendig geworden. Hierzu existiert, wie in *Kap. 6.2.3.2* bereits angemerkt, ein Memorandum über die Zusammenarbeit der Nationalparkverwaltungen Šumava und Bayerischer Wald vom 31.08.1998. Unterzeichnende sind der Bayerische Staatsminister für Landwirtschaft und Forsten Josef Miller sowie der Umweltminister der Tschechischen Republik Milos Kuzvart. Die Zusammenarbeit wird vorwiegend auf gegenseitig abgestimmte Forschungs- und Monitoring-Projekte in folgenden Bereichen konzentriert (vgl. [148] BAYSTMLF (1998)):

1. Natürliche Waldentwicklung
2. Untersuchungen zu Schutz, Erhalt und Wiedereinbürgerung von heimischen Tier- und Pflanzenarten
3. Hydrologie (besonders Beziehung Waldökosysteme - Wasserverhältnisse - Schutzstatus)
4. **Austausch von Daten** als Grundlage für gemeinsame Projekte

Der vierte und letzte Punkt hatte 1999 ein Abkommen über den Austausch von GIS-Daten zwischen den beiden Verwaltungen zur Folge. Die Vertragspartner verpflichteten sich im Rahmen dieses Abkommens u.a. zum gegenseitigen Austausch von GIS-Daten. Hierbei sind die Regionen sowie das Umfeld der beiden Nationalparke von beiderseitigem Interesse. Für die tschechische Seite sind primär die naturschutzrelevanten Daten, die im Natur- und Landschaftsschutzgesetz Nr. 114-/1992 der CR näher beschrieben sind, austauschbar.

Bis auf die Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava handelt es sich bei allen am Referenz-GIS beteiligten Institutionen um deutsche Einrichtungen. Bei der Integration von Datenbeständen dieser außerdeutschen Verwaltung tritt neben dem Problem der unterschiedlichen Datenherkunft das Problem der unterschiedlichen Georeferenzierung heterogener Datenbestände in den Vordergrund. Selbst die Daten der Landschaftsschutzgebietsverwaltung sind nicht einheitlich georeferenziert. Einem Teil der Daten liegt das amtliche tschechische Koordinatensystem, einem anderen Teil das Koordinatensystem des tschechischen Militärs zugrunde. Daher muss man sich hier gesondert mit dem Problem der nationalen und internationalen Datumstransformation in GIS auseinandersetzen.

Im Folgenden werden daher die geodätischen Aspekte im Umgang mit unterschiedlichen Koordinatensystemen für den Aufbau eines grenzüberschreitenden Geoinformationssystems diskutiert. Hierbei steht neben der kartographischen Aufbereitung von Datenbeständen durch entsprechend geeignete Symbole und Signaturen die Sicherstellung der geometrischen und semantischen Qualität im Vordergrund.

1) Problemstellung

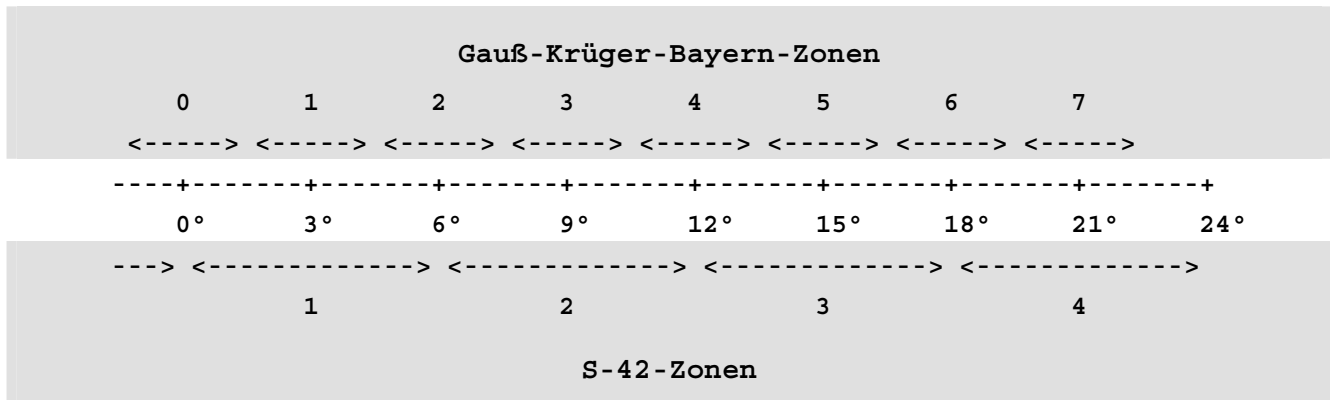
Im nationalen Umfeld fallen bei der Erfassung und Fortführung geographischer Datenbestände sowohl bei Anwendern als auch bei der amtlichen Vermessungsverwaltung als Datenanbieter umfangreiche Koordinatentransformationen an. Gegenwärtig dominieren bei vielen Anwendern Transformationen auf Grund von Fortführungsmessungen im eigenen Geschäftsprozess oder auf Grund aktueller amtlicher Daten.

International sind Transformationen für die Realisierung länderübergreifender Referenzsysteme und deren Nutzung in den jeweiligen länderspezifischen Koordinatensystemen relevant; ebenso bei den Grenzkommissionen betroffener Landesvermessungsämter.

2) tschechische Koordinatensysteme

In der Tschechischen Republik verwendet man für die topographischen Karten zivilen Ursprungs aus der Zeit vor 1993 wie in der BRD das Bessel-Ellipsoid. Das zugehörige zivile Datum wird als J-TSK bezeichnet. Das deutsche Gauß-Krüger-Gitter verwendet Streifen von 1,5° Breite beiderseits des Mittelmeridians, also „Zonen“ von 3° Breite. Das tschechoslowakische Gitter („S-42“), das nach sowjetischem Vorbild für alle militärischen Karten des ehemaligen Warschauer Paktes verwendet wurde, ist ebenfalls eine Gauß-Krüger-Darstellung, allerdings mit 3°-breiten Streifen beiderseits des Mittelmeridians, also mit Zonen von 6° Breite.

Das Gleiche gilt für die militärischen Karten der ehemaligen DDR. Laut Publikationsführer des sächsischen Landesvermessungsamtes verwendeten die topographischen Karten „Ausgabe Staat“ (kurz AS) das Krasowsky-Ellipsoid und 6°-Zonen (auch als „S-42/83“ bezeichnet), während die „Ausgabe Volkswirtschaft“ (kurz AV, „ohne Angaben von militärischer Bedeutung“) auf das Potsdam-Datum und die 3°-Zonen von Gauß-Krüger zurück griff. Der Hochwert errechnet sich in beiden Systemen aus der Entfernung vom Äquator, gemessen in Metern.



Die für das Referenz-GIS relevanten, tschechischen Datenbestände liegen teilweise im zivilen Datum J-TSK und teilweise im militärischen System S-42 vor.

3) der Umgang mit heterogenen Koordinatensystemen

Die Bezeichnungen von Koordinatensystemen beziehen sich oftmals auf die zugrunde gelegten Projektionen, wie im Fall der Gauß-Krüger-Koordinaten. Jedem Referenzsystem ist ein bestimmtes mathematisches Modell zugrunde gelegt. Diese mathematischen Festlegungen beschreiben lediglich das theoretische Modell eines Referenzsystems, das erst durch die örtliche Vermarkung von fundamentalen Bezugspunkten und deren koordinatenmäßige Festlegung von praktischem Nutzen ist. Diese Punkte sind zusammen mit ggf. weiteren physikalischen Parametern die Realisierung des theoretischen Referenzsystems, das man als *Frame* oder *Reference-Frame* bezeichnet. Werden für diese Fundamentalepunkte aufgrund von aktuelleren Messungen neue Koordinaten zugewiesen, so legt diese Messepoche des entsprechenden Bezugszeitpunktes ein neues Frame desselben Referenzsystems fest.

Teile der zur Verfügung gestellten Datenbestände der tschechischen Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava liegt ebenfalls als Gauß-Krüger-Projektion, aber bezogen auf das Krasowsky-Ellipsoid, vor. Somit stimmen zwar die Projektionen überein, jedoch nicht die zugrunde gelegten Referenzsysteme. Die Koordinatenachsen der beiden Ellipsoide sind, bezogen auf ein übergeordnetes Koordinatensystem, aufgrund von Translationen und Rotationen nicht identisch. In diesem Zusammenhang spricht man von einem unterschiedlichen *geodätischen Datum*.

Die Transformation eines Datenbestandes auf verschiedene Ellipsoide mit gleichem geodätischen Datum, beispielsweise für zwei geozentrisch gelagerte Ellipsoide, ist mit Kenntnis der ellipsoidischen Höhe (vgl. *Abbildung 114*) unproblematisch, während Transformationen in ein anderes geodätisches Datum (Datums-Transformation, Ellipsoidübergang/Anfelderung) nur über Passpunkte (räumlich homologe Punkte, für die kartesische Koordinaten sowohl im Ausgangs-Frame als auch im Ziel-Frame vorliegen) durchgeführt werden können (vgl. *Abbildung 115*). Die Bereitstellung ellipsoidischer Höhen, die zur Umrechnung der Passpunkte von ellipsoidischen Koordinaten $\mathbf{P}(\mathbf{B}, \mathbf{L})$ in geozentrische, kartesische Koordinaten $\mathbf{P}(\mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z})$ benötigt werden, um eine Datumstransformation durchführen zu können, setzt die Kenntnis von Geoid-Höhen voraus. Diese stehen den Nutzern von Geoinformationssystemen in aller Regel jedoch nicht zur Verfügung, so dass eine Zusammenarbeit mit den zuständigen Landesvermessungsbehörden erforderlich werden kann.

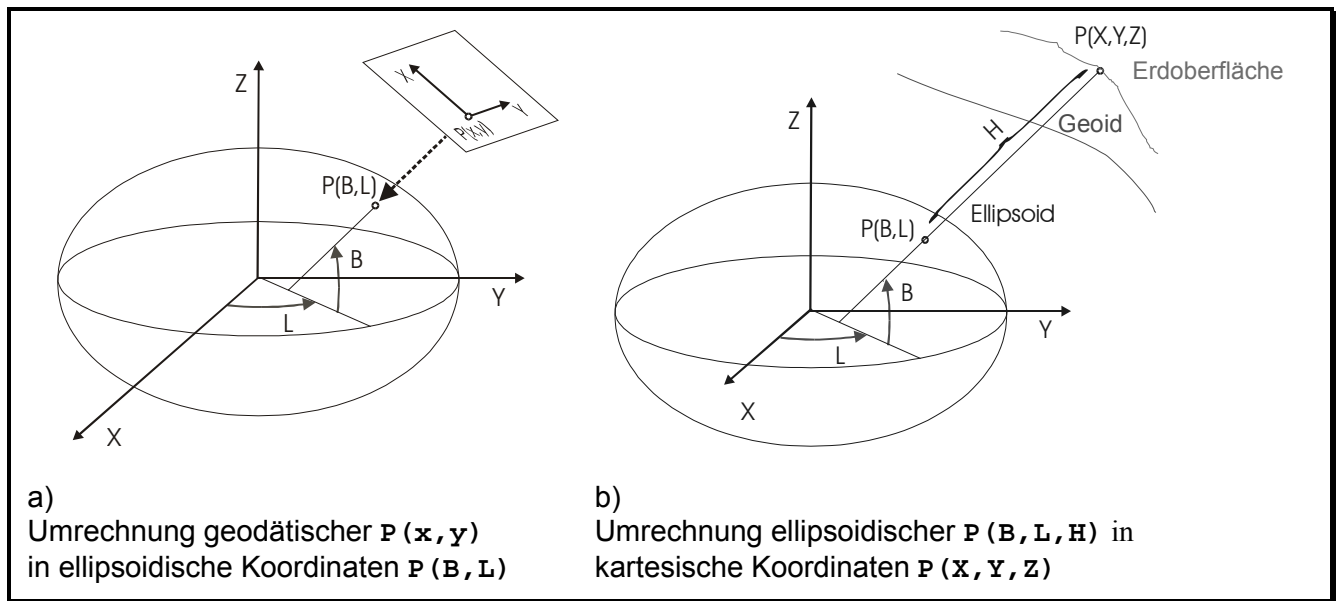


ABBILDUNG 114: KOORDINATENUMFORMUNGEN

Vielfach lassen sich Passpunkte durch GPS-Messungen auf bekannten Punkten bestimmen. Das Referenzsystem, in dem die von den GPS-Satelliten gesendeten Ephemeriden bestimmt sind, ist das geozentrisch gelagerte Bezugssystem WGS84. Das für die Landesvermessung relevante Referenzsystem ist das terrestrisch und geozentrisch gelagerte ITRS (**I**nternational **T**errestrial **R**eference **S**ystem), dessen Orientierung mit dem des WGS84 gut übereinstimmt. Zusammen mit den Koordinaten der Tracking-Stationen des ITRS liefert es jedoch wesentlich genauere Positionierungsergebnisse gegenüber den Ephemeriden der GPS-Satelliten. Alle ein bis zwei Jahre werden neue Realisierungen des ITRS berechnet und als Frame der jeweiligen Epoche herausgegeben. ITRSY Y bezeichnet hierbei die Realisierung des ITRS zur Epoche der Jahreszahl Y).

Im Jahr 1989 wurde das ETRF89 (**E**uropean **T**errestrial **R**eference **F**rame von 1989) auf der Basis der zum Bezugszeitpunkt 1989.0 gültigen ITRS-Koordinaten aller europäischen Messstationen (Laser- und VLBI-Stationen) eingeführt. Die Bezugsfläche des ETRF89 ist das Ellipsoid des GRS80 (**G**eodetic **R**eference **S**ystem von 1980). Das ETRF89 ist unabhängig von den atlantischen Driftraten von ca. 2 - 15 cm pro Jahr und stimmt zum Zeitpunkt 1989.0 streng mit dem ITRS überein. Bislang wich die Lagerung des ETRF89 mit dem WGS84 um 3 - 5 m ab. Nach neueren Berechnungen stimmt die Lagerung des WGS84 mit dem ITRS94 nunmehr auf 10 cm überein. Durch weitere kontinuierliche Satelliten-Laser-Ranging-Messungen sowie GPS-Messungen werden sog. „Jahreslösungen“ geozentrischer Koordinaten bestimmt, die für hochgenaue Messauswertungen im cm-Bereich entsprechend zu berücksichtigen sind.

Auf der Basis verschiedener GPS-Messkampagnen wurde im Jahr 1989 im Sinne einer Verdichtung des ITRS89 ein neuer europäischer Frame geschaffen, der EUREF (**E**uropean **R**eference **F**rame). Dieser auf den ersten europaweiten Messkampagnen beruhende Frame wurde durch weitere nationale Messkampagnen verdichtet. In Deutschland wurde 1991 das DREF91 (**D**eutsches **R**eferenznetz) geschaffen und durch die Beschlussfassung der AdV noch im selben Jahr in Deutschland eingeführt. Die Verdichtung des europaweiten Referenznetzes EUREF und des deutschen DREF91 erfolgte mittels GPS-Messungen durch Referenznetze der Bundesländer (Aufbau der C- und D-Netze). Das bayerische C-Netz besteht aus insgesamt 198 Punkten.

Um den Bezug aller späteren Messkampagnen des EUREF und deren Verdichtungsnetze auf die Epoche 1989 zu gewährleisten, sind diese stets in das ETRF89 zu transformieren.

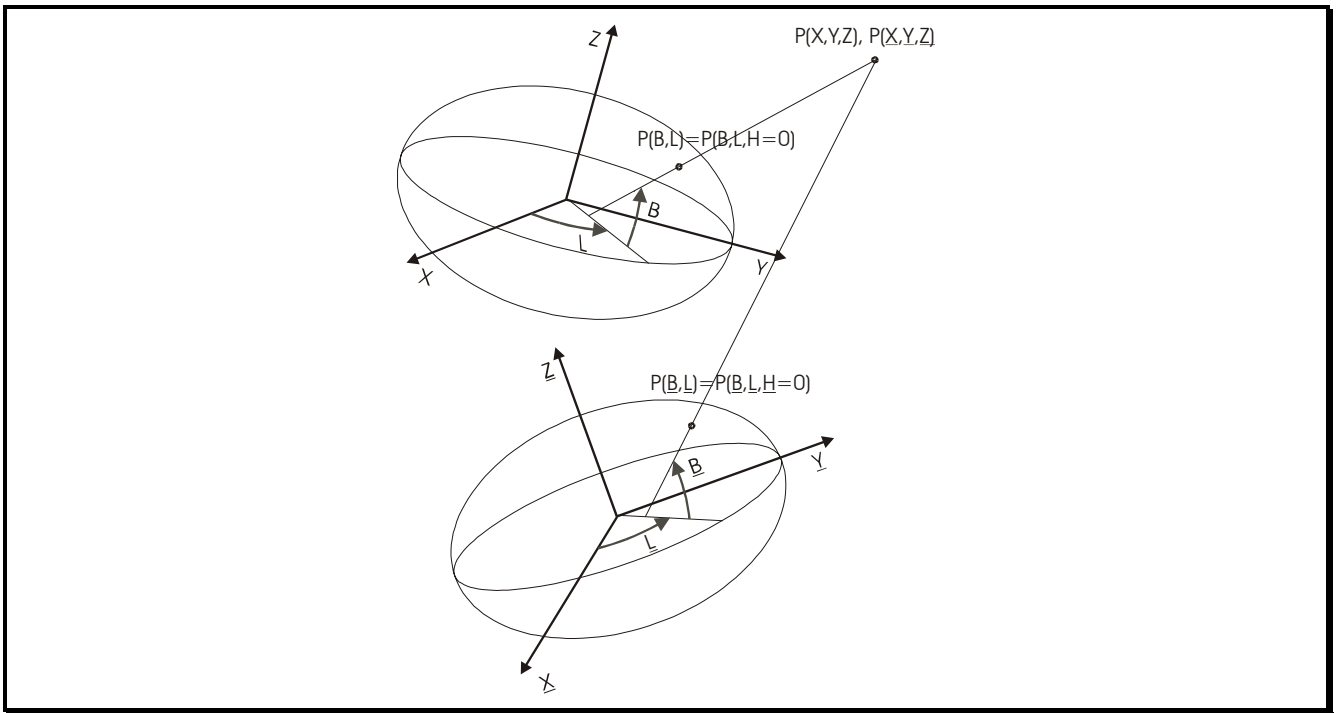


ABBILDUNG 115: DATUMSTRANSFORMATION

(PASSPUNKT IN GEOZENTRISCHEN, KARTESISCHEN KOORDINATEN ZUR BERECHNUNG DER TRANSFORMATIONSPARAMETER)

4) Anwendung auf das Referenz-GIS

Für die Integration heterogener Datenbestände in ein einheitliches Koordinatensystem können im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ folglich umfangreiche Transformationsaufgaben anfallen. Im Hinblick auf ihre Durchführung sind verschiedene Fälle zu unterscheiden:

1. Transformationen innerhalb des gleichen Frames und der gleichen Projektion

Dieser Fall ist im GIS-Bereich der häufigste und repräsentiert Transformationen auf Grund von Fortführungsvermessungen, Homogenisierungen, Digitalisierungen oder Raster-/Vektor-Konvertierungen in einem ebenen kartesischen Koordinatensystem.

2. Transformationen zwischen verschiedenen Frames des gleichen Referenzsystems

Dieser Fall entspricht der o.g. Datumstransformation zwischen einer bestimmten Jahreslösung und einer entsprechenden Bezugsepoche. Er bleibt im Referenz-GIS bislang unberücksichtigt, weil die geometrische Qualität der relevanten, kombinierbaren Daten aufgrund ihrer Erfassungsgenauigkeit im Bereich von einigen Dezimetern bis zu mehreren Metern liegt.

3. Transformationen zwischen verschiedenen Referenzsystemen und unterschiedlichen Projektionen

Hierzu zählen beispielsweise die Transformationen der Soldner-Koordinaten ins GK-Koordinatensystem des DHDN. Im Falle des Referenz-GIS gehört mittelfristig die Überführung des GK-Koordinatenarchives ins ETRF89 dazu. Es handelt sich hierbei um Datumstransformationen, die bei der Transformation von bei Privat Anbietern üblichen, auf das WGS84-Ellipsoid bezogenen Datenbeständen ins DHDN anfallen. Hierunter fällt ebenso die Transformation von tschechischen Daten des zivil genutzten Referenzsystem S-JTSK ins DHDN.

4. Transformationen bei gleichen Projektionen aber unterschiedlichen Referenzsystemen

Dies ist ein Sonderfall des vorangegangenen Punktes und ist für das Referenz-GIS bei der Integration der tschechischen Datenbestände vom militärisch genutzten Referenzsystem S-42/83 ins DHDN relevant.

Untenstehende Tabelle liefert einen Überblick über die für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ relevanten Referenzsysteme:

Referenzsystem	WGS84	ETRF89	DHDN	System-42/83	System-JTSK
Ellipsoid	<i>WGS84</i>	<i>GRS80</i>	<i>Bessel</i>	<i>Krassowsky</i>	<i>Bessel</i>
Lagerung		ETRF89, Auswahl von Punkten des ITRS89	„Potsdam Datum“, Zentralpunkt Rauenberg	Pulkowo, Astronomisch-Geodätisches Netz (AGN)	Zentralpunkt Hermannskogel (Austria)
Projektion	keine	UTM/6°	Gauß-Krüger/3°	Gauß-Krüger/6°	schiefachsiger, konischer Entwurf
Netzdefinition	keine	ETRF89	Pr.La., Netz 77, ...	S-42/83	S-JTSK
Netzmaßstab	kein	internationales Meter	(lokales) Meter des TP-Feldes	internationales Meter	(lokales) Meter des TP-Feldes

TABELLE 25: FÜR DAS REFERENZ-GIS RELEVANTE REFERENZSYSTEME

6.6.2.3 RELEVANTE TRANSFORMATIONEN

In diesem Kapitel werden die angewandten Lösungsansätze zur Integration von heterogenen, anderweitig referenzierten Datenbeständen ins Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ vorgestellt. Diese hier tschechischen Datenbestände sind bezogen auf ihre Erfassungsgenauigkeit, ihren Erfassungsmaßstab sowie ihre thematischen Inhalte mit den Datenbeständen der folgenden Themenbereiche des Referenz-GIS kombinierbar:

- amtlich Vermessung: *ATKIS 25, DGM 25, TK 25, TK 50*
- FORST-GIS-Bayern: *alles*
- Nationalpark Bayerischer Wald: *alles*

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Beschaffung der für alle im Folgenden beschriebenen Transformationen notwendigen Parameter das größte Hindernis innerhalb dieses Aufgabenkomplexes darstellt. Um die Transformationsparameter sowohl vom J-TSK als auch vom S-42 ins ETRF89 zu erhalten sind politische und persönliche Kontakte zu bayerischen und tschechischen Behörden der Landesvermessung ebenso wie zum deutschen Militär notwendig.

1) Integration tschechischer Datenbestände des zivilen S-JTSK

Die Transformationsparameter vom zivilen J-TSK ins ETRF89 liegen bei den tschechischen Landesvermessungsbehörden vor. Vom Bayerischen Landesvermessungsamt können Transformationsparameter vom ETRF89 ins DHDN bezogen werden, so dass die tschechischen Daten des J-TSK vollständig ins DHDN überführt werden können.

Startsystem:

- Daten in geodätischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$ bezogen auf das tschechische Referenzsystem S-JTSK
- Transformationsparameter für den Datumsübergang vom S-JTSK ins ETRF89

Zielsystem:

- DHDN

Passpunkte:

- Punkte in der Region Niederbayern (in geodätischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$) im DHDN und im ETRF89 (in geozentrischen, kartesischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y}, \underline{z})$)

Gesucht:

- Alles im DHDN

Die mit dem Referenzsystem S-JTSK verbundene Projektion nach KROVAK entspricht einer schiefachsigen, konformen Kegelprojektion mit einem Berührungskreis in $\varphi = 78^\circ 30'$ Nord, einem Durchstoßpunkt in $\varphi = 59^\circ 45' 27,3578''$ Nord und $\lambda = 42^\circ 30'$ östlich von Ferro sowie einem Maßstabsfaktor von $m = 0,9999$.

Als Haupthindernis erweist sich während der Umrechnung der geodätischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$ in ellipsoidische Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{B}, \underline{L})$ die systemtechnische Verfügbarkeit der KROVAK-Projektion. Diese weltweit recht ungebrauchliche Kartenprojektion ist in den meisten GIS nicht vorimplementiert und muss daher in Eigenregie realisiert werden. Ergänzend ist dabei zu beachten, dass neben der Projektion auch die Datenformate, in denen sich die Ausgangsdaten befinden (hier ESRI-COVERAGE und ESRI-SHAPE), unterstützt werden müssen, um eine verlustfrei Datenumsetzung und eine Beibehaltung vorhandener Datenstrukturen erzielen zu können.

Aufgrund der Erfassungsgenauigkeit der Ausgangsdaten von etwa 10 m und schlechter sowie der geringen Datumsunterschiede des WGS84 und des ETRF89 von 3 - 5 m ist es im vorliegenden Fall ohne weiteres zulässig, beide Referenzsysteme als ident zu betrachten. Dies bietet den Vorteil, unter Beachtung aller qualitätssichernden Faktoren, Punkte des bayerischen C- und D-Netzes im ETRF89 wie bekannte Punkte im WGS84 behandeln zu können, ohne dass Reduktionen bezüglich der jeweiligen „Jahreslösung“ auf das ETRF89 vorgenommen werden müssen.

Wie in *Abbildung 114* dargestellt, sind unter Verwendung eines Geoids und orthometrischer Höhen ellipsoidische Höhen \mathbf{H} abzuleiten. Damit lassen sich die geodätischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$ der Passpunkte des C- und D-Netzes in geozentrische, kartesische Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z})$ bezogen auf das Bessel-Ellipsoid im Ziel-Referenzsystem umrechnen. Ferner sind die zugehörigen geozentrischen, kartesischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z})$ im WGS84 (ETRF89) - dem Ausgangs-Referenzsystem - zu bestimmen. Durch Verwendung mehrerer Passpunkte lassen sich die Transformationsparameter für die Datumstransformation aus einer Überbestimmung ermitteln. Dies geschieht sinnvollerweise für die gesamte Region Niederbayern, um für zukünftige Transformationsprojekte weiteren Parameterbestimmungen vorzubeugen. Wie weiter unten beschrieben, ist eine der Region des Nationalparks Bayerischer Wald übergeordneten Betrachtungsweise des Transformationsgebietes (ganz Niederbayern) in qualitativer Hinsicht ohne weiteres zu vertreten. Die Bestimmung der Genauigkeit der Datumstransformation erfolgt über die Analyse der Restklaffungen. Zielsetzung ist dabei, dass die Ungenauigkeit der Transformation erheblich kleiner ist als die Erfassungsgenauigkeit der zu transformierenden Daten, was hier problemlos erreicht werden kann.

Ist man nur an der Lage geodätischer Koordinaten interessiert und stehen die Transformationsparameter nach oben beschriebener Vorgehensweise zur Verfügung, wird für die Umrechnung transformierter Massepunkte auf dem Ziel-Referenzsystem von ellipsoidischen in geodätische Koordinaten keine ellipsoidische Höhe benötigt. Zur Umrechnung der Massepunkte von ellipsoidischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{B}, \underline{L}, \underline{H})$ in kartesische Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z})$ kann die ellipsoidische Höhe auf dem Ausgangs-Referenzsystem mit $\underline{H} = 0$ m angenommen werden (vgl. *Abbildung 115*). Nachdem die Transformationsparameter für die Datumstransformation ermittelt sind, lassen sich alle Massepunkte $\mathbf{P}(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z})$ auf dem WGS84 durch eine gängige 3D-Transformation auf das Bessel-Ellipsoid transformieren und über ellipsoidische Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{B}, \underline{L})$ ins DHDN ($\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$) umrechnen.

Die zur eigenständigen Bestimmung der Transformationsparameter erforderlichen Passpunkte, die vorzugsweise innerhalb des zu transformierenden Landschaftsschutzgebietes liegen sollten, stehen den beiden Parkverwaltungen vorab nicht zur Verfügung. In Zusammenarbeit mit dem Bayerischen und dem Tschechischen Landesvermessungsamt ist es möglich, für das Landschaftsschutzgebiet Šumava Transformationsparameter vom zivilen tschechischen Referenzsystem S-JTSK ins ETRF89 zu erhalten. Weil das Landschaftsschutzgebiet unmittelbar an den Nationalpark Bayerischer Wald angrenzt und die zu transformierenden Datenbestände ausnahmslos Genauigkeiten von einigen Metern aufweisen, können problemlos für die Region Niederbayern bekannte Parameter der Datumstransformation vom ETRF89 ins DHDN übernommen werden.

Die Datumstransformation kann damit in drei Stufen vorgenommen werden:

1. Umrechnung der geodätischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$ in ellipsoidische $\mathbf{P}(\underline{B}, \underline{L})$ nach KROVAK. Umrechnung der ellipsoidischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{B}, \underline{L})$ in geozentrische, kartesische $\mathbf{P}(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z})$ bezogen auf das S-JTSK.
2. Datumstransformation vom S-JTSK ins ETRF89 und anschließender Transformation vom ETRF89 ins DHDN.
3. Umrechnung der geozentrischen, kartesischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z})$ in ellipsoidische $\mathbf{P}(\underline{B}, \underline{L})$ und Projektion in geodätischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$ unter Verwendung der Gauß-Krüger-Abbildung.

2) Integration tschechischer Datenbestände im militärischen S-42/83

Ein weiterer Teil der Daten des Landschaftsschutzgebietes Šumava liegen im Referenzsystem S-42/83 des ehemaligen Warschauer Paktes vor. Die Bezugsfläche dieses militärisch genutzten Referenzsystems ist das Krassowsky-Ellipsoid. Ihm liegt die GK-Projektion zugrunde. Das Zielsystem ist wiederum das DHDN. Für die Datumstransformation vom tschechischen System-42/83 ins DHDN werden aus militärischen Geheimhaltungsgründen keine Transformationsparameter durch die tschechische Vermessungsverwaltung zur Verfügung gestellt. Mit Unterstützung des Deutschen Bundesamtes für Militärisches Geowesen lassen sich diese dennoch in Erfahrung bringen.

Startsystem:

- Punkte in geodätischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$ bezogen auf das S-42/83
- Transformationsparameter für den Datumübergang vom S-42/83 ins ETRF89

Zielsystem:

- DHDN

Passpunkte:

- Punkte in der Region Niederbayern (in geodätischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y})$) im DHDN und im ETRF89 (in geozentrischen, kartesischen Koordinaten $\mathbf{P}(\underline{x}, \underline{y}, \underline{z})$)

Gesucht:

- Alles im DHDN

Das Vorgehen ist analog zu dem des oben ausgeführten Punktes 1) (S-JTSK \rightarrow DHDN).

6.6.2.4 ZUSAMMENFASSUNG

Für den Aufbau einer grenzüberschreitenden GIS-Lösungen für den Nationalpark Bayerischer Wald ist neben der Realisierung anwendungsbezogener GIS-Applikationen auf unterschiedlichen Datenbeständen auch die Bereitstellung von Datenkonvertierungs- und Datentransformationstools eine wesentliche Anforderung im Umgang mit heterogenen Datenbeständen verschiedener Systemplattformen und unterschiedlicher Referenzsysteme.

Es zeigt sich, dass zur Berechnung der Transformationsparameter einer Datumstransformation stets lokale Passpunkte verwendet werden müssen, um zu guten Transformationsergebnissen zu gelangen. Für die Bearbeitung originärer Datenbestände wäre ein länderübergreifender Datenaustausch von Koordinatensätzen der Fundamentaltalpunkte des ETRF89 und deren Verdichtungspunkte sowie der zugehörigen länderspezifischen Gebrauchskordinaten wünschenswert. Damit ließen sich Transformationsergebnisse nachvollziehen und deren Qualität sicherstellen. Neben der Bereitstellung des Geoids erfordern Datumstransformationen auch fundierte Sachkenntnisse über das Zusammenwirken der verschiedenen Referenzsysteme und über gängige und unübliche Kartenprojektionen, die dem Nutzer nicht über ein einziges, intuitiv bedienbares Tool zur Verfügung gestellt werden können.

Die tschechischen Datenbestände finden u.a. in der Planungskarte des Referenz-GIS Verwendung (vgl. Kap. 6.2.3). Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im *Anhang F3* am Ende dieser Arbeit zusammengestellt.

6.7 EINBINDUNG UND ANALYSE KLIMATOLOGISCHER DATEN

nach [124] SCHREINER (2000)

6.7.1 KLIMATISCHE BEDINGUNGEN IM NATIONALPARK BAYERISCHER WALD

Das Großklima des Nationalparkbereichs ist durch vergleichsweise geringe Jahresmitteltemperaturen geprägt. Sie betragen in Gipfellagen zirka 3° Celsius und in den Tälern zirka 6° Celsius. In den Hochlagen erreicht der Juli als wärmster Monat des Jahres nur eine Mitteltemperatur von etwa 12° Celsius.

Der Höhenunterschied zwischen dem 1 453 Meter hohen Rachelgipfel und den bei etwa 700 Metern über dem Meeresspiegel gelegenen Tälern des Nationalparks bedingt beträchtliche klimatische Unterschiede. Nicht nur winterliche Kälte und viel Schnee, der in den Kammlagen des Bayerischen Waldes Höhen von bis zu drei Meter erreichen kann, sondern auch häufiger Sonnenschein zeichnen den Bayerischen Wald aus. Jährlich fallen zwischen 1 000 und 2 000 Millimeter Niederschläge, ein erheblicher Teil davon als Schnee. Höhe und Dauer der Schneedecke nehmen mit steigender Höhenlage rasch zu. Temperatur und Länge der Wachstumsperiode dagegen entsprechend ab. In den Hochlagen des Parks hält sich der Schnee durchschnittlich sieben Monate; in den übrigen Bereichen fünf bis sechs Monate. Detailliertere Informationen zu den klimatischen Bedingungen im Nationalpark Bayerischer Wald sind der *Anlage unter Kap. 3.6.1* zu entnehmen.

6.7.2 KLIMAFORSCHUNG IM NATIONALPARK BAYERISCHER WALD

6.7.2.1 URSPRUNG DER KLIMABEOBACHTUNGEN VOR ORT

1972 war, wie [102] NPV (1999) und [98] NPV (1993) zu entnehmen ist, das Ursprungsjahr der Klimaforschung im Nationalpark Bayerischer Wald. Im Laufe der nächsten Jahre wurden mehrere Klimastationen eingerichtet, wie beispielsweise 1976 in der Ortschaft Klingenbrunn Bahnhof, dem sog. Kältepol Bayerns. Später wurden auf repräsentativen Punkten im Nationalpark (Lusen, Rachel, Felsenkanzel) Messgeräte aufgestellt und somit das Netz der Klimabeobachtung verdichtet. Als vorteilhaft erweist sich auch, dass es der Nationalparkverwaltung möglich war, Zugang zu dem Datenbestand zu bekommen, der seit 1947 auf dem Großen Falkenstein erhoben worden war. Diese Station liegt als einzige im Nationalpark-Erweiterungsgebiet und kann zudem eine langjährig geführte Messreihe aufweisen.

6.7.2.2 KLIMA- (MESS-) STATIONEN

Im Rahmen der Arbeiten am Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ konnten die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) langjährig erfassten Daten der 14 nebenstehenden Wetterstationen im Nationalpark-Gesamtgebiet akquiriert und integriert werden. Damit sollen im Referenz-GIS für Abfragen und Analysen meteorologische Informationen für diese Standorte abgerufen werden können. Die Klimahauptstation „Großer Arber“, die ab 1982 die Messungen anstelle der Station „Großer Falkenstein“ übernahm, liegt als einzige außerhalb des Nationalparkgebiets. Deren Daten können jedoch als repräsentativ für die Hochlagen des Nationalparks angenommen werden, weil der Große Arber als höchster Gipfel des Bayerischen Waldes mit 1 456 m ü. N.N. nur unwesentlich höher ist als etwa der Große Rachel, der seinerseits die höchste Erhebung des Nationalparks darstellt.

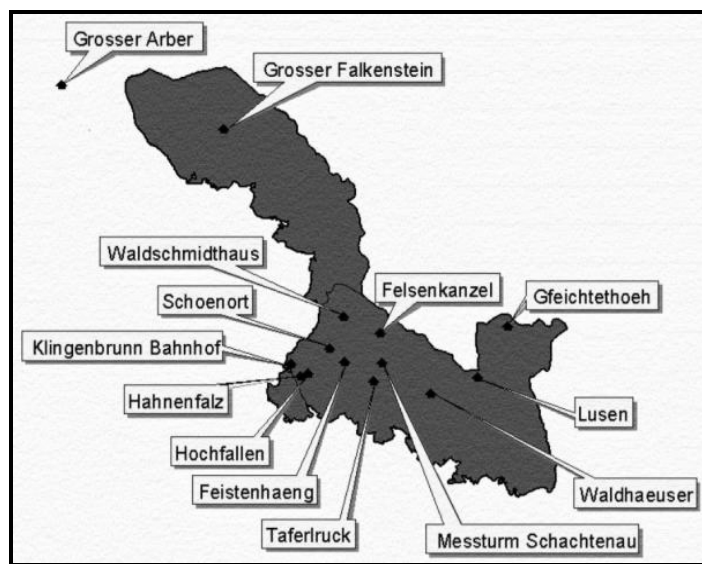


ABBILDUNG 116: AKTIVE UND STILLGEGEGTE WETTERSTATIONEN DES NATIONALPARKS BAYERISCHER WALD

Eine Vorstellung der einzelnen Stationen ist der *Anlage unter Kap. 3.6.3.2* zu entnehmen; die Aufgaben und Ziele der Messstationen nach [33] DWD (1986) dem *Kap. 3.6.3.3*.

6.7.3 ZIELE DER EINBINDUNG KLIMATOLOGISCHER ASPEKTE IN DAS REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Die umfangreichen und heterogenen Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ liefern von Beginn an eine breite Grundlage für fachübergreifende Forschungsprojekte. Der Aspekt klimatologischer Einflussgrößen war im Konzept des Referenz-GIS a priori nicht berücksichtigt worden, stellt aber einen entscheidenden Faktor in forstlichen Anwendungen dar, so dass die untenstehenden Ziele eine wichtige Verbesserung der Vollständigkeit und damit der Qualität des Referenz-GIS mit sich bringen.

1) Realisierung einer Klima-Datenbank

Einen bedeutsamen Bestandteil der Arbeiten zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ stellt die Konzeption und Realisierung einer Klima-Datenbank dar. Damit sollten die im Nationalpark über viele Jahrzehnte erfassten Klima-Daten gebündelt und über eine gemeinsame Datenbasis nutzbar und fortführbar gemacht werden.

2) Entwicklung der Anwendung „klimatologische Karte“

In einem weiteren Schritt ist eine Methode, um punktuelle Klima-Messdaten auf die gesamte Fläche des Nationalparks referenzieren zu können, abzuleiten. Dies hat zur Folge, dass aus dem 14-punktigen Messnetz der Klima-Datenbank eine harmonische Temperaturverteilung über das gesamte Nationalparkgebiet interpoliert werden kann. Die verwendeten Temperaturwerte stellen allesamt über einen längeren Zeitraum (> 5 Jahre) gemittelte Jahresdurchschnittstemperaturen der einzelnen Stationen dar. Als Ergebnis steht eine Visualisierung der langjährigen Temperaturverteilung innerhalb des Nationalparks ohne Trennung der Höhenstufen zur Verfügung.

3) Eignung der Ergebnisse für weitere Forschungszwecke

Die Funktion dieser Temperaturkartierungen besteht darin, eine Übersicht über langfristige Jahresdurchschnittstemperaturen im Nationalpark zu geben, ohne dabei auf kleinräumige Klimaerscheinungen eingehen zu müssen. Die klimatologische Karte der Temperaturverteilung im Nationalpark-Gesamtgebiet liefert einen hinreichenden Ansatz zur Ableitung und Darstellung flächiger Temperaturwerte. Sie kann somit den Zielen des Referenz-GIS entsprechend als Daten-Basis benutzt werden, wenn in Zukunft für forstliche Anwendungen wie Waldwachstumsanalysen klimatische Einstiegs- bzw. Näherungswerte benötigt werden sollten.

6.7.4 REALISIERUNG DER KLIMA-DATENBANK DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Nahezu das gesamte klimatologische Datenmaterial zum Nationalpark Bayerischer Wald gehört zum Verantwortungsbereich des Deutschen Wetterdienstes. Die Archivierung und Haltung der Klima-Daten des Nationalparks ist dagegen Sache der Nationalparkverwaltung in Grafenau. Seit Fertigstellung der Klima-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ erfolgen diese digitalen Erfassungen dort mit Hilfe dieser Datenbankanwendung.

6.7.4.1 KONZEPTION UND MODELLIERUNG DER KLIMADATENBANK

Die Konzeption und logische Modellierung der Klima-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist in *Kap. 8.7 der Anlage* dokumentiert und wird deshalb hier nicht abgehandelt. Eine Übersicht der Modellierungsergebnisse liefert das logische Modell der Datenbank aus umseitiger Abbildung.

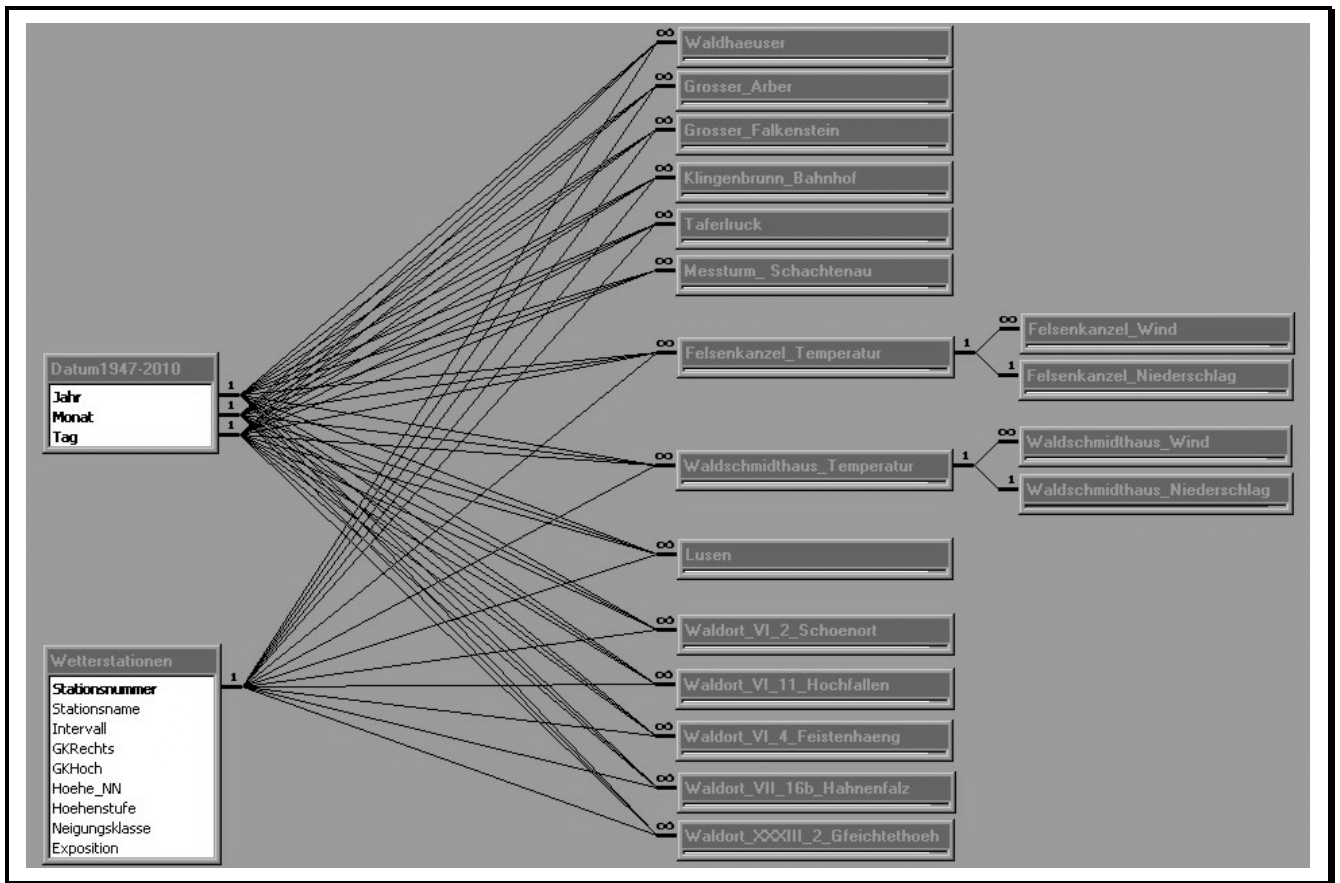


ABBILDUNG 117: KLIMADATENBANK DES REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

6.7.4.2 DATENINTEGRATION

In diesem Abschnitt der Arbeiten erfolgt die physische Realisierung der Datenbank, indem die Beobachtungstabellen der Klimastationen in das relationale Datenbankmanagementsystem des Referenz-GIS integriert werden. Auf die Integrationsarbeiten und deren Variationen wird in *Kap. 3.6.4.2 der Anlage* eingegangen.

6.7.4.3 EXEMPLARISCHE FUNKTIONSPRÜFUNG DER KLIMADATENBANK

Durch ausgewählte Stichproben kann überprüft werden, ob die Extraktion von aussagekräftigen Klimainformationen aus der vorliegenden Datenbank reibungslos vonstatten geht und die erzielten Ergebnisse beispielsweise mit Erfahrungswerten oder Analyseergebnissen des DWD übereinstimmen. Hier zwei der zum Leistungsnachweis der Referenz-GIS-Klima-Datenbank herangezogenen Beispielanwendungen:

1) Ermittlung des Temperaturjahresmittels der Jahre 1972 bis 1998 in der Nationalpark-Enklave Waldhäuser

Anhand der für die Wetterstation Waldhäuser vorliegenden Daten soll die mittlere Jahrestemperatur des Jahres 1995 ermittelt werden. Die Lösung erfolgt mit Hilfe einer Auswahlabfrage. Hier deren SQL-Form:

```
SELECT      Waldhaeuser.Jahr, Avg(Waldhaeuser.[T(tr)_Mittel])
           AS [Mittelwert von T(tr)_Mittel]
FROM        Waldhaeuser
GROUP BY   Waldhaeuser.Jahr
HAVING     (((Waldhaeuser.Jahr) Between 1972 And 1998));
```

Das Ergebnis entspricht den Angaben des DWD exakt und kann der *Tabelle 38 des Anhangs E1* am Ende dieser Arbeit entnommen werden.

2) Ermittlung der monatlichen Schneehöhen der Jahre 1982 bis 1997 am Großen Arber

Anhand der für die Wetterstation Großer Arber vorliegenden Daten sollen die maximalen Schneehöhen aller Monate der Jahre 1982 bis 1997 dargestellt werden. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit Hilfe folgender Kreuztabellenabfrage:

```
TRANSFORM Max(Großer_Arber.Schnee) AS [Der Wert]
SELECT    Großer_Arber.Monat
FROM      Großer_Arber
GROUP BY  Großer_Arber.Monat
PIVOT     Großer_Arber.Jahr;
```

Nach [39] ELLING ET AL. (1987) treten Schneefälle im inneren Bayerischen Wald regelmäßig von Oktober bis Mai auf. In den höchsten Lagen (hier: Großer Arber) fällt vereinzelt im Zusammenhang mit Kaltlufteinbrüchen auch im Juni, Juli und September Niederschlag als Schnee. Nur für den August liegen keinerlei Nachrichten über Schneefall vor, was die Kreuztabelle (*Tabelle 39*) im *Anhang E2* bestätigt.

6.7.5 ENTWICKLUNG EINER METHODE ZUR REFERENZIERUNG VON KLIMA-MESSDATEN AUF DIE FLÄCHE DES NATIONALPARKS BAYERISCHER WALD

Die Klima-Datenbank des Referenz-GIS bietet die Möglichkeit, vielschichtige Abfragen durchzuführen. So ist es beispielsweise ad hoc möglich, Statistiken, wie Klimajahresberichte, zu erstellen. Die punktuell referenzierten Daten der Klima-Datenbank reichen jedoch nicht aus, um klimatologische Informationen, wie Temperaturverteilungen innerhalb des Nationalpark-Gebietes, flächenhaft darzustellen. Hierfür ist es notwendig, die vorliegenden Klima-Daten mit weiteren Geo-Daten in Beziehung zu setzen. Dieser Verbund übernimmt dann die Aufgabe, die punktuell vorhandenen Informationen der Messstationen auf die gesamte Fläche des Nationalparks zu interpolieren und zu visualisieren. Dieser Transfer geschieht mit Hilfe von Regressionsfunktionen die aus dem vorhandenen, zur Visualisierung benötigten Datenmaterial unter Berücksichtigung topographischer (hier: reliefbedingter) Abhängigkeiten gewonnen und in die GIS-Software integriert werden müssen.

Im Folgenden wird die gewählte Vorgehensweise skizziert. Die resultierende Temperaturverteilung entspricht selbstredend nicht den detailgetreuen, kleinräumigen Gegebenheiten in begrenzten, mit klimatologischen Besonderheiten behafteten Naturräumen, sondern soll die großräumigen Verhältnisse im Nationalparkgebiet aufzeigen. Diese Prämisse wird durch das gewählte Modell unterstrichen, welches eingangs nur die Abhängigkeit der Temperatur von der Höhe berücksichtigt. In den darauffolgenden Berechnungen muss jedoch aus gegebenem topographischem Anlass zwischen den Temperaturverhältnissen in den Hang- und Hochlagen des Nationalparks und den Temperaturen in seinen überwiegend ebenen Tallagen, in denen sich die aus den Hang- und Hochlagen abfließende, kalte Luft staut, unterschieden werden. Man verwendet dafür zwei unterschiedliche Regressionsansätze.

6.7.5.1 DATENVORBEREITUNG IM DBMS

Aus der Klima-Datenbank muss ein Eingabe-Datensatz extrahiert werden, der folgende Angaben enthält:

1. Stationsname
2. Höhe über NN
(da überwiegend Höhenabhängigkeit der Temperatur)
3. forstliche Höhenstufe
4. Jahresdurchschnittstemperaturen
über einen möglichst langen Zeitraum

Diese Informationen sollen von möglichst vielen Stationen gewonnen werden. Anhand der Klima-Datenbank und hinzuzuziehender Informationen aus der unmittelbaren Umgebung des Nationalparkgebietes können die möglichen Zeiträume für die langfristige Mittelbildung wie folgt festgelegt werden:

<i>Stationsname</i>	<i>verwendeter Zeitraum</i>
Interne Daten:	
Großer Arber	1983 - 1996
Großer Falkenstein	1960 - 1981
Klingenbrunn Bahnhof	1983 - 1996
Waldhäuser	1972 - 1998
Taferlruck	1984 - 1995
Externe Daten:	
Finsterau	1936 - 1956
Freyung	1958 - 1963
Zwiesel	1947 - 1960

TABELLE 26: ZUR MITTELWERTBILDUNG VERWENDETE ZEITSPANNEN

In einem ersten Schritt soll für jede der fünf Stationen aus der Datenbank der langfristige Mittelwert über die oben angegebenen Zeitspannen ermittelt werden. Zuerst werden dazu in einer Datenbank-Abfrage pro Station die einzelnen Jahresdurchschnittstemperaturen ausgegeben. Hier beispielhaft die SQL-Auswahlabfrage „Arber01“ zur Ermittlung der relevanten Jahresdurchschnittstemperaturen am Großen Arber:

```

SELECT    Wetterstationen.Stationsname,
          Wetterstationen.Hoehe_NN, [Datum1947-2010].Jahr,
          Avg(Großer_Arber.[T(tr)_Mittel]) AS [Mittelwert von
          T(tr)_Mittel]

FROM      Wetterstationen INNER JOIN ([Datum1947-2010]
          INNER JOIN Großer_Arber ON ([Datum1947-2010].Jahr =
          Großer_Arber.Jahr) AND ([Datum1947-2010].Monat =
          Großer_Arber.Monat) AND ([Datum1947-2010].Tag =
          Großer_Arber.Tag)) ON
          Wetterstationen.Stationsnummer =
          Großer_Arber.Stationsnummer

GROUP BY  Wetterstationen.Stationsname,
          Wetterstationen.Hoehe_NN, [Datum1947-2010].Jahr

HAVING    ((([Datum1947-2010].Jahr) Between 1983 And 1996));

```

Das Ergebnis ist dann eine tabellarische Aufstellung aller Jahresmitteltemperaturen am Grossen Arber für die Jahre 1983 mit 1996. Bezugnehmend auf diese Abfragen muss eine weiterführende Abfragen formuliert werden.

```

SELECT    Arber01.Stationsname, Arber01.Hoehe_NN,
          Avg(Arber01.[Mittelwert von T(tr)_Mittel]) AS
          [Langfristiges Jahresmittel]

FROM      Arber01

GROUP BY  Arber01.Stationsname, Arber01.Hoehe_NN;

```

Analog können für alle weiteren Stationen mit ihren in *Tabelle 26* festgelegten Zeitspannen die langfristigen Jahresmittel, wie in *Anhang E3 (Tabelle 40)* aufgelistet, berechnet werden.

6.7.5.2 REGRESSIONS-ANALYSE

1) Temperatur als Funktion der Seehöhe

in Anlehnung an [40] ENDERS (1979)

Die Auswertung erfolgt mit Hilfe von Temperatur-Höhe-Diagrammen, woraus elementar-statistische Ausgleichsfunktionen abgeleitet werden, die später die Grundlage für die Modellierung der räumlichen Verteilung der Lufttemperatur bilden. Solche Methoden müssen überall da angewendet werden, wo entweder die physikalischen Gleichungen nicht bekannt sind, oder wo man komplexe Zusammenhänge vorteilhaft als Funktion einiger weniger, aber einflussreicher Parameter ausdrücken will. So wird beispielsweise die Lufttemperatur, primär eine Folge der zugestrahlten Sonnenenergie, räumlich und zeitlich durch eine Vielzahl von Faktoren modifiziert, v.a. durch die Seehöhe, aber auch in geringem Maße durch Bewölkung, Wärmeleitfähigkeit der obersten Bodenschicht und der Vegetation, Verdunstung und Topographie des Geländes. Wenn keine physikalische Gleichung zur Berechnung der Lufttemperatur, in die alle maßgeblichen Faktoren eingehen, zur Verfügung steht, muss man zu statistischen Methoden übergehen, um auf der Basis von Messwerten Aussagen über diesen Parameter machen zu können. Dabei stehen weniger zeitlich rasche Temperaturänderungen im Vordergrund klimatologischer Untersuchungen als vielmehr die Erarbeitung der räumlichen Verteilung von Mittelwerten über bestimmte Zeiträume.

Geht man davon aus, dass im Bereich von Mittelgebirgen wie dem Bayerischen Wald lokale Unterschiede von langfristigen Temperaturmitteln überwiegend auf Höhendifferenzen zurückgeführt werden können, so lassen sich aus Messwerten an verschiedenen Wetterstationen im und nahe am Nationalpark die dafür charakteristischen mittleren vertikalen Temperaturgradienten berechnen und damit die mittlere Temperaturverteilung für das Gebiet als Funktion der Seehöhe darstellen.

Methodische Modell-Referenz:

1979 wurden für den Nationalpark Berchtesgaden in [40] ENDERS (1979) ähnliche Untersuchungen durchgeführt. Ein Auszug aus der Arbeit „Theoretische Topoklimatologie“ zeigt die Voraussetzungen für das untersuchte Gebiet „Nationalpark Berchtesgaden“.

Das Untersuchungsgebiet war mit 470 km² etwa doppelt so groß wie der Nationalpark Bayerischer Wald und es wurden zur Unterstützung der Ergebnisse ebenso externe Wetterstationen außerhalb des zu untersuchenden Gebietes herangezogen, die von der geographischen Lage her nicht so nah am Nationalpark Berchtesgaden lagen wie die externen Wetterstationen Finsterau, Freyung und Zwiesel am Nationalpark Bayerischer Wald. Für Berchtesgaden kamen insgesamt 17 Stationen für die Berechnung der Temperaturverteilung zur Anwendung, für den Nationalpark Bayerischer Wald 8. Wenn man bedenkt, dass das Untersuchungsgebiet in Berchtesgaden signifikant größer ist und es sich dabei mitunter um hochalpine Bereiche handelt (Watzmann 2 713 m), so ist abzusehen, dass sich mit den für den Nationalpark Bayerischer Wald verwendeten acht Stationen repräsentative Ergebnisse erzielen lassen.

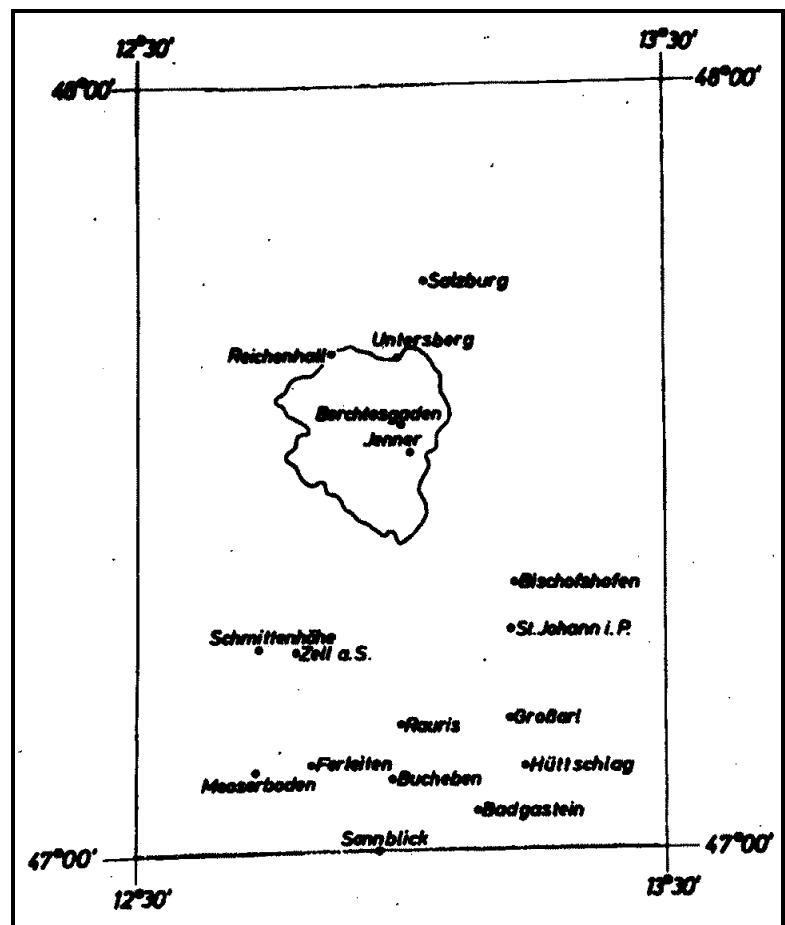


ABBILDUNG 118: REGRESSION UND DEREN AUSGANGSLAGE FÜR DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET IN BERCHTESGADEN

Als Ergebnis seiner Untersuchungen zeigt ENDERS die starke lineare Abhängigkeit der Temperatur von der Seehöhe (Korrelationskoeffizient $r = 0,984$) auf und drückt diese in nachfolgender linearen Gleichung aus:

$$t = 10,29 - 0,47 \cdot z \quad (7.25) \quad \text{mit:}$$

$t = \text{Jahresmitteltemperatur in } [^{\circ}\text{C}]$
 $z = \text{Seehöhe in [m]}$
Standardfehler: $0,6 \text{ } ^{\circ}\text{C}$
vertikaler Temperaturgradient: $-0,47 \text{ } ^{\circ}\text{C}$

Hiermit sind nach Aussage von ENDERS bereits 97% ($= r^2$) der beobachteten Temperaturunterschiede mit der Variation der Seehöhe erklärt.

Die Aufgabe besteht im Folgenden darin, für das Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald ebenfalls derartige funktionale Beziehungen aufzustellen und zu untersuchen, welche Ergebnisse zu Tage treten und mit welcher Sicherheit (Bestimmtheit) diese Ergebnisse zu behandeln sind.

2) Diagrammerstellung und Ableitung der Regressionsgleichungen

Mit Hilfe geeigneter Methoden kann unter Verwendung der *langfristigen Jahresmittel* und *Meereshöhen* das entsprechende Regressionsdiagramm abgeleitet werden. Es gibt die Abhängigkeit zwischen der Mitteltemperatur und Seehöhe der acht herangezogenen Wetterstationen wieder. Für die spätere Kartenerstellung ist es zudem notwendig, aus den abgeleiteten Punkten eine funktionale Beziehung in Form einer sog. Trendlinie, also einer Ausgleichsgerade oder Regressionsgerade, herzuleiten. Nach der analog zu [40] ENDERS (1979) geführten Entscheidung für eine lineare Ausgleichsgerade und Durchführung der genannten Schritte ergibt sich ein Temperatur-Höhe-Diagramm mit Regression über alle Höhenstufen das dem *Anhang E4* am Ende dieser Arbeit entnommen werden kann.

Nach dieser Ausgleichung lässt sich aus (7.26) an jedem beliebigen Ort im Nationalpark Bayerischer Wald eine mathematisch ausgeglichene Temperaturangabe angeben. Das Ergebnis entspricht einem vertikalen Temperaturgradienten von $-0,36 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ pro 100 m Höhenanstieg.

Regressionsgerade: mit:

$$t = -0,0036 \cdot z + 8,3592 \quad (7.26) \quad t = \text{Jahresmitteltemperatur in } [^{\circ}\text{C}]$$

$z = \text{Seehöhe in [m]}$
 $R^2 = 0,7244$
 $r = -0,85109$
 $f = 0,73 \text{ } ^{\circ}\text{C}$

Der bestimmte Standardfehler f der geschätzten Temperaturwerte für alle Höhenwerte der Regression beträgt $0,73 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ (Berchtesgaden: $0,6 \text{ } ^{\circ}\text{C}$). Der Standardfehler ist ein Maß dafür, wie groß der Fehler bei der Prognose des zu einem Höhenwert gehörenden Temperaturwertes ist.

Als problematisch erweist sich in diesem Fall das mit $0,7244$ (Berchtesgaden: $0,97$) relativ geringe Bestimmtheitsmaß R^2 , welches aussagt, dass sich lediglich 72% der beobachteten Temperaturunterschiede mit der Variation der Seehöhe erklären lassen.

Das Bestimmtheitsmaß liefert das Quadrat des PEARSON'SCHEN Korrelationskoeffizienten r , angepasst an die in Y -Werte (Temperaturen) und X -Werte (Höhen) abgelegten Datenpunkte. r ist ein dimensionsloser Index mit dem Wertebereich $-1,0 \leq r \leq +1,0$ und ist ein Maß dafür, inwieweit zwischen zwei Datensätzen eine lineare Abhängigkeit besteht. Der lineare Korrelationskoeffizient wird wie folgt berechnet:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (7.27)$$

Der lineare Korrelationskoeffizient für die Datensätze der acht in die Regression mit aufgenommenen Stationen beträgt $-0,85109$ (Berchtesgaden: $-0,984$), was bedeutet, dass Temperatur und Höhe zu 85% negativ korreliert sind. Die negative Korrelation belegt, dass mit zunehmender Seehöhe die Temperaturen abnehmen.

Mit der ausgleichenden Gerade $t = -0,0036 \cdot z + 8,3592$ ist es nun möglich, in der GIS-Software eine Karte über die Temperaturverteilung aus langfristigen Jahresdurchschnittstemperaturen zu erstellen. Das Ergebnis ist, verglichen mit vorliegenden empirischen Werten, nicht befriedigend.

Nach stichprobenartiger Temperaturabfrage innerhalb der GIS-Software ist festzustellen, dass sich zwar für die Hang- und Hochlagen des Nationalparkgebiets die berechneten Temperaturen im Vergleich zu den gemessenen Werten innerhalb einer akzeptablen Toleranz von maximal $\pm 0,4$ °C befinden, für die Tallagen jedoch die berechneten Werte eindeutig zu hoch sind. Hier zwei Beispiele:

<i>Klingenbrunn Bahnhof:</i>	gerechnet: 5,63 °C,	gemessen: 5,0 °C
<i>Taferlbruck:</i>	gerechnet: 5,58 °C,	gemessen: 4,4 °C

Gerade diese beiden Stationen sind für ihre äußerst niedrigen Jahresdurchschnittstemperaturen bekannt. Die Ursachen für die niedrigen Temperaturen in den weitgehend ebenen Tallagen liegen darin begründet, dass sich die von den Hoch- und Hanglagen abfließende Kaltluft in den Verebnungsflächen staut und sich dadurch sog. Kaltluftseen bilden, welche die Temperaturen in den betreffenden Gebieten nachhaltig belegbar nach unten drücken.

Es ist daher bei der Kartenerstellung erforderlich, zwischen Hang- und Hochlagen und Tallagen zu unterscheiden. Für beide Fälle müssen getrennt Regressionen berechnet und angewendet werden.

3) getrennte Regressionsberechnung für Tallagen bzw. Hang- und Hochlagen

a) PHÄNOMEN DES KALTLUFTSTAUS

nach [39] ELLING ET AL. (1987)

Kühlt sich nachts der ebene Boden durch Ausstrahlung ab, so entsteht in Bodennähe eine Schicht relativ kalter Luft, in der die Temperatur - entgegen dem gewöhnlichen Verhalten der Atmosphäre - nach unten abnimmt. Man spricht daher von Temperaturumkehr oder Inversion. Während der Nacht wächst die Kaltluftschicht allmählich an und erreicht kurz vor Sonnenaufgang ihre größte Mächtigkeit und ihre tiefsten Temperaturen. Die Schichtung innerhalb der Inversion ist stabil, da die Dichte der Luft nach unten hin zunimmt.

Näheres zu diesem seltenen klimatologisch-physikalischen Phänomen im Nationalpark Bayerischer Wald ist in *Kap. 3.6.5.2 der Anlage unter 2c)* nachzulesen.

Die Klima-Stationen „Klingenbrunn Bahnhof“ und „Taferlruck“ liegen in von Kaltluftstaus beeinflussten Tälern. Während der Nächte, ganz besonders während klarer Nächte, bildet sich in den Tälern ein Kaltluftsee aus, in dem die Temperatur nach unten hin abnimmt. Oberhalb dieses Kaltluftsees sinkt dann die Temperatur - wie gewöhnlich - mit der Meereshöhe. Die Inversionen, die bei Strahlungswetter im Tal entstehen, sind so kräftig, dass sie sich selbst in den Monatsmitteln der Temperatur noch durchsetzen. Deshalb müssen diese Verhältnisse in einer eigenen Temperaturverteilung berücksichtigt werden.



ABBILDUNG 119: REIFBILDUNG UND DUNSTSCHICHTEN ZEIGEN DEN KALTLUFTSTAU IN DEN TALLAGEN

b) REGRESSION FÜR TALLAGEN

Um die Inversionserscheinungen in den Tallagen des Nationalparkgebiets zu modellieren, sind Messwerte von Stationen erforderlich, die sich in den Gebieten, in denen der Kaltluftstau eine Rolle spielt, befinden. Anhand der vorliegenden Inhalte der Klima-Datenbank des Referenz-GIS lassen sich hierzu für die Stationen „Klingenbrunn Bahnhof“ und „Taferlruck“ langfristige Jahresdurchschnittstemperaturen bilden. Um eine tendenzielle Beziehung herstellen zu können, die wenigstens auf Messwerten von drei Stationen beruht, wird für die anstehende Regression noch ein Jahresmittel der ebenfalls von Kaltluftstaus beeinflussten Station „Zwiesel“ verwendet, die außerhalb, aber nahe am Nationalpark liegt (vgl. [39] ELLING ET AL. (1987)). Daraus ergibt sich nach Diagrammerstellung und Berechnung der Regression für die Tallagen des Nationalparks Bayerischer Wald ein Temperatur-Höhe-Diagramm mit der Regression für Stationen aus Tallagen mit Kaltluftstau das dem *Anhang E5* am Ende dieser Arbeit entnommen werden kann.

Die Regression für die Tallagen kann nur Tendenzen aufzeigen. Sie ist jedoch insofern wichtig, als sie eine unmittelbare Genauigkeitsverbesserung der Temperaturverteilung im Vergleich zur ersten, globaleren Regression bringt. Die kommt dadurch zum Ausdruck, dass die betreffenden Kaltluftgebiete, hauptsächlich die Tallagen des Nationalparks mit den „Kältepolen“ „Klingenbrunn Bahnhof“ und „Taferlruck“, in ihren Temperaturverteilungen realistischer erscheinen und keinesfalls mehr als zu warm eingestuft werden können. Ein Blick auf die Regressionsgerade bekräftigt die Steigerung im Vergleich zur Regression über alle Höhenstufen.

Regressionsgerade:

$$t = -0,01 \cdot z + 12,3 \quad (7.28)$$

mit:

t = Jahresmitteltemperatur in [°C]

z = Seehöhe in [m]

$R^2 = 0,9516$

$r = -0,97548$

$f = 0,32 \text{ °C}$

Das Bestimmtheitsmaß R^2 weist mit 95% einen guten Wert auf, der Standardfehler f der geschätzten Temperaturwerte für alle Höhenwerte der Regression verringerte sich im Vergleich zur Regression über alle Höhenstufen hinweg von $0,73 \text{ °C}$ auf gute $0,32 \text{ °C}$.

Somit ergeben sich für die beteiligten Stationen folgende Temperaturwerte im Jahresmittel:

<i>Klingenbrunn Bahnhof:</i>	gerechnet: 4,74 °C,	gemessen: 5,00 °C
<i>Taferlruck:</i>	gerechnet: 4,59 °C,	gemessen: 4,40 °C
<i>Zwiesel:</i>	gerechnet: 6,40 °C,	gemessen: 6,40 °C

c) *REGRESSION FÜR HANG- UND HOCHLAGEN*

Mit der Entscheidung, die Darstellung der Temperaturverteilung nach Höhenstufen zu trennen, verbleiben zur Berechnung der Verhältnisse für Hang- und Hochlagen noch die fünf Stationen „Waldhäuser“, „Großer Arber“, „Großer Falkenstein“, „Finsterau“ und „Freyung“. Als einzige dieser Stationen liefert „Freyung“ einen Messwert aus einer der Tallagen des Nationalparks entsprechenden Höhenlage (655 m ü. NN) Nach [39] ELLING ET AL. (1987) wurde anhand der Messungen in Strahlungsnächten speziell überprüft, dass die Temperaturangaben der Klima-Station „Freyung“ nicht oder nur in geringem Maße von lokalen Inversionen beeinflusst sind. Damit lässt sich ein Temperatur-Höhe-Diagramm mit Regression für Stationen aus Hang- und Hochlagen ableiten, das dem *Anhang E6* am Ende dieser Arbeit entnommen werden kann.

Regressionsgerade:	mit:
$t = -0,0048 \cdot z + 10,004$	(7.29) $t = \text{Jahresmitteltemperatur in } [^{\circ}\text{C}]$
	$z = \text{Seehöhe in [m]}$
	$R^2 = 0,9719$
	$r = -0,98587$
	$f = 0,29^{\circ}\text{C}$

Die lineare Regressionsgerade stellt sich in der Form $t = -0,0048 \cdot z + 10,004$ mit dem Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,9719$ dar. Es sind also 97% der beobachteten Temperaturunterschiede mit der Variation der Seehöhe zu erklären, bei einem Standardfehler von nur 0,29 °C.

Die Anwendung dieser Geradengleichung ergibt für die zu ihrer Ableitung verwendeten Wetterstationen folgende Temperaturwerte im Jahresmittel:

<i>Waldhäuser:</i>	gerechnet: 5,47 °C,	gemessen: 5,6 °C
<i>Großer Arber:</i>	gerechnet: 3,11 °C,	gemessen: 3,2 °C
<i>Großer Falkenstein:</i>	gerechnet: 3,73 °C,	gemessen: 3,4 °C
<i>Finsterau:</i>	gerechnet: 5,20 °C,	gemessen: 5,1 °C
<i>Freyung:</i>	gerechnet: 6,86 °C,	gemessen: 6,7 °C

Durch die Ergebnisse dieser beiden Regressionsansätze ist belegt, dass die Vorgehensweise, bei der Berechnung der Temperaturverteilung für das Nationalpark-Gesamtgebiet nach *Tallagen mit Kaltluftstau* und *Hang- bzw. Hochlagen* zu trennen, unbedingt erforderlich ist, um die Aussagefähigkeit und Genauigkeit der Temperaturkarte als Endprodukt zu erhöhen.

Damit sind die Voraussetzungen erfüllt, um die aus der Klima-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ stammenden Messwerte nach eingehender Regressionsanalyse mit Hilfe der verwendeten GIS-Software kartographisch umzusetzen.

6.7.5.3 KARTOGRAPHISCHE UMSETZUNG DER ANALYSEERGEBNISSE

Es ist vorab notwendig, Voraussetzungen zu schaffen, die eine getrennte Berechnung der Temperaturverteilung für die Tallagen mit Kaltluftstau und die Hang- und Hochlagen erlauben. Dazu müssen beide Regionen als eigenständige Daten-Themen vorliegen.

Eine eigens entwickelte geostatistische Erweiterung der verwendeten GIS-Software ermöglicht es, die zuvor berechneten Temperatur-Höhe-Diagramme mit ihren zugehörigen Regressionsgeraden in eine gerasterte, flächige Darstellung umzusetzen. Man muss hierzu die Geradengleichungen und das zugrunde liegende DGM-Grid mit Hilfe dieser Softwarekomponente verschneiden.

Damit werden die zur jeweiligen Höhenregion gehörigen Temperaturwerte je in einer neuen Karte ausgegeben. Eine Karte gibt die Temperaturverteilung über die Tallagen mit Kaltluftstau und die andere die berechneten Werten in den Hang- und Hochlagen des Nationalparks wieder. Beide Karten können in einer gemeinsamen Darstellung integriert werden (s. Anhang F7).

Ergänzt um analysierbare Klimadaten, beinhaltet das Referenz-GIS nunmehr alle für die in der Nationalparkverordnung vorgegeben Aufgaben des Parks sinnvollen und notwendigen Geo-Basis-Datenbestände. Die Dateninhalte des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ umfassen damit Informationen sowohl über die *Topographie*, die *Vegetation* und den *Boden* als auch über das *Klima*.

Die kartographische Darstellung der Temperaturverteilung für **Hang- und Hochlagen** sowie für **Tallagen mit Kaltluftstau** gründet sich auf die nebenstehend dargestellten Legenden der Jahresmitteltemperaturen im Nationalpark Bayerischer Wald.

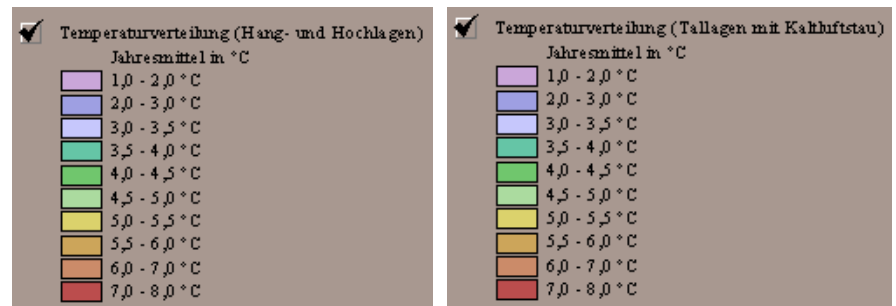


ABBILDUNG 120: TEMPERATURVERTEILUNG

Die Ergebnisse der getrennten Berechnung liefern die beiden folgenden Abbildungen.

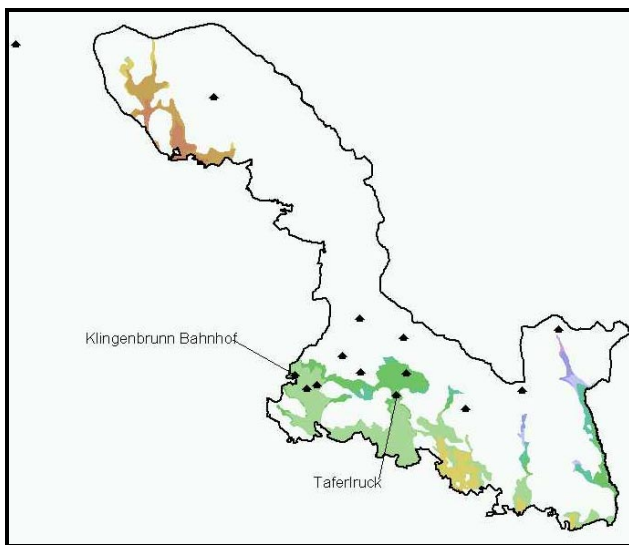


ABBILDUNG 121: TEMPERATURVERTEILUNG NUR FÜR TALLAGEN MIT KALTLUFTSTAU

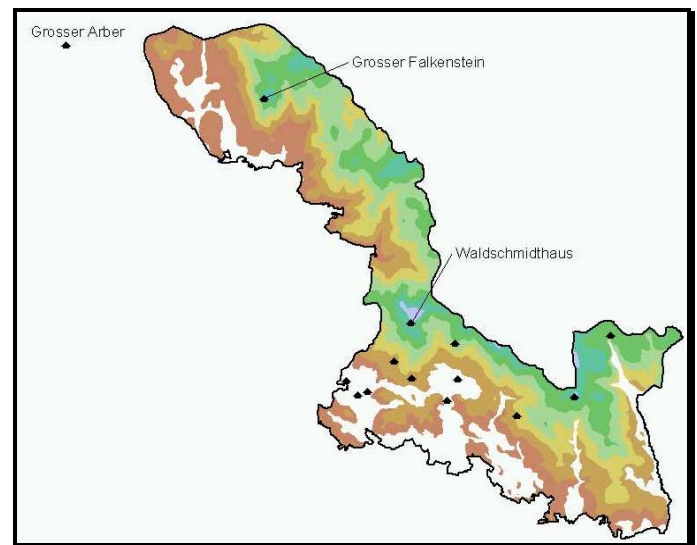


ABBILDUNG 122: TEMPERATURVERTEILUNG NUR FÜR HANG- UND HOCHLAGEN

Zusammengefasst ergibt sich für das Nationalpark-Gesamtgebiet die endgültige, korrigierte Temperaturverteilung. Die im View „klimatologische Karte“ beinhalteten Datensätze und über Legenden definierte Themen sind in *Kap. 5.3.7 der Anlage* nachzulesen. Repräsentative Beispielkarten (Screenshots) sind im *Anhang F7* am Ende dieser Arbeit zusammengestellt. Es kann hier festgestellt werden, dass die Bereiche, für die anfänglich zu hohe Mitteltemperaturen errechnet worden waren, jetzt realistische Werte wiedergeben. Darüber hinaus können, wie unten dargestellt, die zur Auswertung herangezogenen Klimastationen mit Hilfe sog. raumbezogener Hotlinks multimedial visualisiert werden.

6.7.6 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Die Temperaturkarte als Analyseergebnis ist innerhalb der angestrebten Toleranz von wenigen Zehntelgrad sehr realitätsnah umgesetzt, was stichprobenartige Vergleiche von berechneten und gemessenen Temperaturwerten bestätigen. Ihr originärer Zweck, eine flächendeckende Übersicht über langfristige Jahresdurchschnittstemperaturen im Nationalpark zu geben, ohne dabei auf kleinräumige Klimaerscheinungen eingehen zu müssen, ist damit erfüllt.

Der gewählte Modell-Ansatz impliziert jedoch die lineare Abhängigkeit der gemessenen Jahresdurchschnittstemperatur von der Meereshöhe, ohne auf zusätzliche Einflussgrößen, wie etwa die Exposition eines Hanges, einzugehen. Dies könnte theoretisch die Aussagekraft obiger Temperaturverteilung einschränken. Dazu schreibt Enders in [40] ENDERS (1979) aber:

„Es geht aus dreijährigen Temperaturbeobachtungen in der Nähe Innsbrucks hervor, dass zwischen Nord- und Südhängen im Jahresmittel keine wesentlichen Temperaturunterschiede auftreten, während Verebnungen am Berghang von seichten Kaltluftseen bedeckt sein können.“

Die Meereshöhe bestimmt damit die auftretenden Temperaturunterschiede am meisten, weshalb für eine solche Übersichtskarte untergeordnete Einflussparameter vernachlässigt werden können. Es zeigt sich, dass dem zweiten Teilsatz aus dem Enders-Zitat im Nationalparkgebiet große Bedeutung zukommt, weil gerade im Nationalpark große Verebnungsflächen in den Tallagen auftreten, in denen der vorkommende Kaltluftstau in Bezug auf die Temperaturwerte eine große Rolle spielt. Diese Gegebenheit macht eine getrennte Berechnung der Temperaturen für die Tallagen und für die Hang- und Hochlagen erforderlich, bei denen die ohnehin schon wenig Stationen weiter „ausgedünnt“ werden müssen. So verbleiben für die Regressionsanalyse der Tallagen lediglich drei Stationen. Die Temperaturverteilung in den Tallagen ist theoretisch und empirisch unstrittig. Zur Verbesserung der Sicherheit ihrer Aussagen wären jedoch weitere Messwerte wünschenswert.

Zur Regressionsanalyse der Hang- und Hochlagen können fünf Wetterstationen herangezogen werden. Deren Messwerte liefern ein vorbehaltlos nutzbares Ergebnis, was der vertikale Temperaturgradient von $-0,48\text{ °C}$ auf 100 m bestätigt. Gemäß langjährigen Erfahrungen bewegt sich dieser im Nationalparkgebiet zwischen $-0,4\text{ °C}$ und $-0,6\text{ °C}$.

Die endgültige Temperaturverteilung, zusammengesetzt aus den beiden Komponenten „Tallagen“ sowie „Hang- und Hochlagen“, liefert für das Referenz-GIS einen insgesamt gut geeigneten Ansatz zur Darstellung auf die Fläche transferierter Temperaturwerte. Sie kann somit als Basis benutzt werden, wenn für forstliche Anwendungen, wie etwa Waldwachstumsanalysen, Einstiegs- bzw. Näherungswerte benötigt werden.

6.8 QUALITÄTSASPEKTE UND GENAUIGKEITSUNTERSUCHUNGEN

6.8.1 QUALITÄTSASPEKTE IN GEOINFORMATIONSSYSTEMEN

in Anlehnung an [85] LOTHER (1998), [86] LOTHER (1999) und *Kap. 6 der Anlage*

Das Einsatzspektrum von GIS-Daten wird im Wesentlichen von ihrer Qualität bestimmt. Zieht man in Betracht, dass die Kosten für den Aufbau (Erfassung und Pflege) einer GIS-Datensammlung bis zu 80% der Gesamtkosten eines GIS ausmachen können, sollte bei der Konzeption und dem Einsatz eines GIS der Datenqualität und einer damit verbundenen umfassenden Qualitätssicherung besondere Beachtung geschenkt werden. Der Begriff „Qualität“ wird im Kontext von Geoinformationssystemen zwar häufig und meist in unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet, aber man verbindet damit i.d.R. mehr oder weniger konkrete Vorstellungen. Es besteht jedoch weitgehend Einigung darüber, dass zur Beschreibung der Daten-Qualität in Geoinformationssystemen sowohl *datenübergreifende* als auch *datenspezifische Parameter* (Qualitätsmerkmale) einfließen sollten (vgl. *Kap. 6.8.1.3*).

Qualität ist gemäß ISO 8402(1992):

„die Gesamtheit vom Merkmalen (und Merkmalswerten) einer Einheit (Produkte, Dienstleistungen) bezüglich Ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“.

DEFINITION 8: QUALITÄT (GEMÄB ISO 8402)

6.8.1.1 DATEN UND DATENQUALITÄT

Die Qualität eines aufzubauenden GIS-Datenbestandes oder durchzuführender Analysen kann ohne zusätzlichen Aufwand nicht höher sein als die Qualität der Eingabedaten. Probleme bei der Nutzung von Daten können vor allem entstehen, wenn, wie in der vorliegenden Arbeit, heterogene Daten von verschiedenen Quellen, aus verschiedenen Epochen oder mit unterschiedlichen Fortführungsständen verwendet werden (vgl. Kap. 3.1).

GIS-Daten lassen sich in verschiedene Datenarten (*Geometrie-Daten, Sach-Daten, Multimedia-Daten, Meta-Daten*) unterscheiden. Im Falle der Forschungsplattform lassen sich Geometrie-Daten wiederum in verschiedene Datentypen (*Vektor, Raster, Grid, TIN*) unterscheiden. Hierfür lassen sich jeweils *art- und typenabhängige Qualitätsmerkmale* finden. Für die gemeinsame Nutzung von Datensätzen aus unterschiedlichen Quellen ist es erforderlich, alle integrierten Daten um geeignete Qualitätsbeschreibungen zu ergänzen und die Qualität in allen Verarbeitungsschritten zu berücksichtigen. Die Definition adäquater Genauigkeitsmaße für die in den heterogenen Geoinformationssystemen der beteiligten Institutionen zugrunde liegenden Daten und die Definition eines Geo- und Meta-Datenmodells, welches die relevanten Qualitätsaspekte mit berücksichtigt, stellen eine wichtige Grundlage dar.

Beschreibungen zur Datenqualität werden daher als Subset der Meta-Informationen zu einem GIS-Datenbestand betrachtet. Für die interne Nutzung (Ersteller = Nutzer) genügen oftmals Angaben alleinig zur Datenqualität. Für die Mehrfachnutzung von Daten vor allem in fachlich unterschiedlichen Gebieten bedarf es jedoch über die Qualität hinausgehender, umfangreicher Meta-Informationen, wie es in Kap. 4.8 beschrieben ist.

6.8.1.2 DATENMODELL UND DATENQUALITÄT

Modelle sind vereinfachte, zweckorientierte Beschreibungen der Realen Welt aus fachlicher Sicht. Es sind Arbeitsmittel, die es ermöglichen, die Fülle der Umweltinformationen 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. Diese Grundlage für ein GIS-Datenmodell wird als einheitliches Raumbezugssystem bezeichnet, das die eindeutige Zuordnung und fachübergreifende Verknüpfung von GIS-Daten ermöglicht. Die Datenerfassung im GIS ist maßstabsorientiert, da die erfassten Objekte in Abhängigkeit vom Maßstab vereinfacht sind oder werden (Erfassungsgeneralisierung).

Die Datenqualität ergibt sich demnach auch aus der im Datenmodell definierten nominellen Wirklichkeit. Die Objektklassen und ihre Beziehungstypen müssen so beschrieben sein, dass die Objekte (Instanzen) über alle für die Anwendung nötigen Merkmale verfügen. Versäumnisse bei der Datenmodellierung können später nur mit großem Aufwand ausgeglichen werden. Für die Qualitätssicherung bei GIS-Daten ist daher eine sorgfältige Modellierung und die Dokumentation des Modells Voraussetzung. Aus wirtschaftlichen Gründen, insbesondere wegen des Umfangs der Datenerfassung, soll das Datenmodell so einfach wie möglich und so genau wie nötig aufgebaut werden. Dies lässt sich für projektbezogene Daten meist gut erreichen. Bei Referenzdatenbanken, die wie das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ langfristig die Basis für viele, oft noch nicht absehbare Auswertungen sein sollen, ist dies eine extrem schwierige Aufgabe.

6.8.1.3 QUALITÄTSMERKMALE VON GIS-DATEN

Die Qualitätsmerkmale sollen dem Nutzer von GIS-Daten ausreichende Auskunft über deren Qualität geben, damit er prüfen kann, welche Qualität er für die Aussagen eines GIS-Produktes (Karte, Tabelle, Diagramm, etc.) zu erwarten hat, bzw. inwieweit die Daten für seine Aufgaben überhaupt geeignet sind (Ausschlusskriterien).

Nach [81] LANTER, VEREGIN (1992) besitzen Geo-Daten drei Dimensionen, nämlich eine *räumliche* (geometrische), eine *thematische* (semantische) und eine *zeitliche* (temporale). Für die Modellierung von GIS-Objekten werden demnach zusätzlich zu den in anderen Informationssystemen üblichen *semantischen* und *temporalen* Merkmalen *geometrische* Elemente benötigt

Alle Angaben in diesem „Koordinatensystem“ sind mit Ungenauigkeiten behaftet..

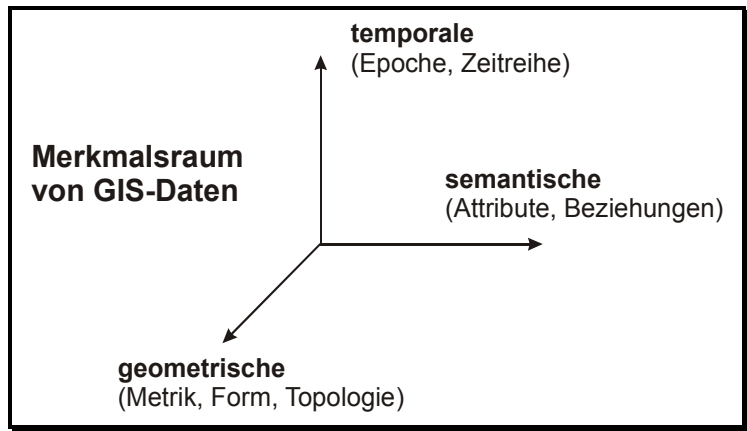


ABBILDUNG 123: MERKMALSRAUM VON GIS-DATEN

Für diese Merkmalstypen lassen sich üblicherweise sieben Eigenschaften angeben, deren Prüfung und Dokumentation für die Qualitätssicherung von GIS-Daten erforderlich ist. Diese Qualitätsmerkmale sollen dabei jedes für sich einen möglichst unabhängigen Bereich eines Datenbestandes abdecken und gemeinsam dazu geeignet sein, die Qualität aller mögliche GIS-Objekte vollständig zu beschreiben.

a) pragmatische Qualitätsmerkmale	1. Herkunft: 2. Aktualität: 3. Vollständigkeit: 4. Datenbeschaffenheit:	Datenquelle, Erfassungsmethode, Vorverarbeitung Stand der Erfassung und Fortführung, Rechtsverbindlichkeit Umfang der Datenerfassung Datentyp, Bezugssystem, Erfassungsmaßstab, Auflösung, Transferformat
b) deskriptive Qualitätsmerkmale	5. metrische Genauigkeit: 6. semantische Richtigkeit: 7. logische Konsistenz:	absolute und relative Lagegenauigkeit von Punkten, Formgenauigkeit von Linien (Diskretisierung und Glättung), Flächengenauigkeit Richtigkeit der Attribute, Klassifizierungsgenauigkeit Richtigkeit der semantischen (referenzielle Integrität) und topologischen (Nachbarschaft, Vernetzung) Beziehungen

TABELLE 28: PRAGMATISCHE UND DESKRIPTIVE QUALITÄTSMERKMALE

- a) Die **pragmatischen** Qualitätsmerkmale beziehen sich auf den gesamten Datenbestand des Systems oder eine größere Menge daraus und liefern allgemeine, anwendungsorientierte Hinweise. Sie sind für den Anwender hauptsächlich zur Beurteilung der grundsätzlichen Eignung der Daten für seine Anwendungen wichtig. Sie beinhalten daher die Ausschlusskriterien für eine Verwendung und lassen sich meist schnell beurteilen.
- b) Die **deskriptiven** Qualitätsmerkmale werden dagegen meist für einzelne Strukturen formuliert und geben daher Auskunft über die Qualität einzelner Merkmale, Objekte oder Gruppen von Objekten. Sie sind für die gemeinsame Verarbeitung der unterschiedlichen Daten von Bedeutung. Mit ihnen liegen detaillierte Informationen zu allen Objekten vor, die sich zur Bestimmung der Genauigkeit von Analyseergebnissen verwenden lassen. Sie müssen durch geeignete Tests bestimmt werden. Hierfür sind Prüfmittel (Indikatoren) und Kenngrößen erforderlich, deren Einsatz oft sehr aufwändig werden kann.

6.8.2 QUALITÄTSASPEKTE DER FORSCHUNGSPLATTFORM

Betrachtet man die pragmatischen und deskriptiven Qualitätsmerkmale des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“, so lässt sich feststellen, dass die pragmatischen Merkmale dort vollständig über das Meta-Datenmodell beschrieben werden. Die pragmatischen Qualitäts-Merkmale eines Datenbestandes müssen unbedingt beschrieben sein. Auch die deskriptiven Merkmale sind größtenteils dort erfasst. Hier können im Extremfall Minimalforderungen festgelegt werden. Die wichtigsten deskriptiven Merkmale der vorliegenden Daten werden im Folgenden anhand von ausgewählten Beispielen vorgestellt.

6.8.2.1 METRISCHE GENAUIGKEIT

Neben der kartographischen Aufbereitung von Geo-Datenbeständen in GIS steht aus geodätischer Sicht die Sicherstellung der geometrischen und semantischen Qualität dieser Daten im Vordergrund. Im Falle des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ werden neben dem einheitlichen *Raumbezug* aller GIS-Daten vor allem *Lage-Genauigkeiten* von Punkten, *Form-Genauigkeiten* von Linien, *Flächen-Genauigkeiten* von polygonischen Strukturen, *Zell- und Pixel-Genauigkeiten* (Auflösung) von Rasterbildern sowie *Höhen-Genauigkeiten* von DGM-Datenbeständen betrachtet.

a) GENAUIGKEIT DES RAUMBEZUGS

Hier müssen verschiedene Datenbereiche für gemeinsame Auswertungen überlagert oder verschnitten werden. In Hinblick auf die extreme Heterogenität der Datenbestände des Referenz-GIS ist ein einheitlicher Raumbezug unabdingbar. Die Realisierung dieses gemeinsamen Raumbezuges ist in *Kap. 6.6* dargelegt.

Bei der gemeinsamen Verarbeitung heterogener Datenbestände, beispielsweise bei Flächenverschneidungen, wirken sich Datumsfehler und lokale Verzerrungen als systematische Fehlereinflüsse stark aus. Ein Qualitätsmerkmal für den Anschluss eines Datenbestandes an ein Landeskoordinatensystem sind beispielsweise die Restklaffungen bei der Zuordnung.

<i>Genauigkeit des Raumbezugs</i>	<i>alle Datenbestände</i>
Q-Merkmal:	mittlere Punktfehler, Restklaffungen bei Zuordnungen
Q-Dokumentation:	datensatzbezogen in der Meta-Datenbank
Fehlergrenze:	± 10 m bis ± 25 m (je nach Datenbestand, Passpunkten und Transformationsmodell) bzw. ± 5 cm bis ± 300 m (je nach Datenlieferant und Erfassungsmaßstab)
Prüfmittel:	Überbestimmungen bei den div. Transformationen

TABELLE 29: GENAUIGKEIT DES RAUMBEZUGES

b) POSITIONIERUNGS-GENAUIGKEIT

Die Lagegenauigkeit von Punkten wird im Referenz-GIS für eine Vielzahl von Vektor-Datensätzen beschrieben. Dies geschieht mit Hilfe der Meta-Datenbank. Die Genauigkeiten von Konturen entsprechen weitgehend der Genauigkeiten ihrer Quellen und sind demnach sehr stark abhängig vom Erfassungsmaßstab, der Erfassungsgenauigkeit oder auch von individuell interpretierbaren Abgrenzungen, wie sie beispielsweise „fließende“ Waldränder darstellen.

Der mittlere Punktfehler von Datenquellen wird in den meisten Fällen vom Datenerzeuger angegeben und ist dann in der Meta-Datenbank des Referenz-GIS abzulegen. Für die Beurteilung der absoluten Lage-Genauigkeit können stichprobenweise über Koordinaten bekannte Kontrollpunkte (Passpunkte) verwendet werden. Die Klaffungen in den identischen Punkten dürfen die vom Datenhersteller ggf. angegebenen oder vom GIS-Betreiber geforderten Fehlergrenzen nicht überschreiten.

<i>Positionierungsgenauigkeit</i>	<i>alle Vektor-Datenbestände</i>
Q-Merkmal:	mittlere Punktfehler, Restklaffungen
Q-Dokumentation:	vektor-datensatzbezogen in der Meta-Datenbank
mittlerer Punktfehler:	± 5 cm bis ± 300 m (je nach Datenbestand und Erfassungsmaßstab)
Prüfmittel:	Vergleich mit unabhängigen Kontrollpunkten, Restklaffungen aus den Transformationen

TABELLE 30: POSITIONIERUNGS-GENAUIGKEIT

Die Lagegenauigkeit (mittlerer Punktfehler σ_p) ergibt sich, beispielsweise bei der digitalen Flurkarte, aus ihrer absoluten Punkt-Genauigkeit σ_f , der Genauigkeit etwaiger Zuordnungen σ_z und ggf. der Digitalisierungs- und Homogenisierungs-Genauigkeit σ_d .

$$\sigma_p^2 = \sigma_f^2 + \sigma_z^2 + \sigma_d^2$$

REGEL 2: MITTLERER PUNKTFEHLER

c) *LINIEN-GENAUIGKEIT*

Werden, wie bei Waldbeständen, nur Flächen und damit deren Konturlinien betrachtet ist vor allem die Genauigkeit der Approximation von Flächenkonturen maßgeblich. Da im Referenz-GIS aus Datenformatsgründen (vgl. Kap. 2.3 der Anlage) keinerlei Spline-Funktionen, sondern stattdessen polygonische Strukturen Anwendung finden, ist die Anzahl der digitalisierten Polygonstützpunkte entscheidend für eine hinreichend genaue Wiedergabe der realen Gegebenheiten.

In einigen Fällen ist der Aufbau eines hierarchischen Grenzsysteams, wie es weiter hinten in Kap. 6.8.3 beschrieben wird, notwendig. Grenzlinien werden dabei zwei Attribute zugeordnet, die deren Art und Bedeutung festlegen (z.B. Wegegrenze und zugleich Distriktgrenze). Die Konturgenauigkeit im Referenz-GIS schwankt sehr stark. Während beispielsweise Staatswaldgrenzen oder Wegeverläufe gut erfasst werden können, ist die Abgrenzung von Waldbeständen 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, fließende Vegetationsübergänge dagegen können mit nur wenigen Punkten beschrieben werden.

Bestimmte Grenzlinien im Referenz-GIS können, wie auch im FORST üblich und damit vorgegeben, Pufferbreiten zugeordnet werden. Die Pufferbreite hängt dabei von der Lokalisierbarkeit einer Linie, der Diskretisierungsdichte (Stützpunktanzahl) und natürlich auch der technischen Messgenauigkeit ab. Solche Linienarten können aufgrund dieser Angaben über direkte Attribute relational mit einer Pufferbreite verknüpft werden.

$$\text{Pufferbreite} = f(\text{Lokalisierbarkeit}, \text{Diskretisierung}, \text{Messgenauigkeit})$$

REGEL 3: PUFFERBREITE

Überprüfungen sind beispielsweise über den Vergleich der terrestrisch erhobenen Daten mit den digitalen Orthophotos des Referenz-GIS möglich.

<i>Linien-Genauigkeit</i>	<i>alle linienhaften Vektor-Datenbestände</i>
Q-Merkmal:	mittlere Genauigkeitsangaben oder ggf. Pufferbreiten
Q-Dokumentation:	vektor-datensatzbezogen in der Meta-Datenbank bzw. attributiv (Puffer)
mittlere Linienfehler oder Pufferbreiten:	± 5 cm bis ± 300 m (je nach Datenbestand und Erfassungsmaßstab bzw. Linienart)
Prüfmittel:	Vergleich unabhängiger Datenquellen

TABELLE 31: LINIEN-GENAUIGKEIT

Die Qualität topographischer Linien wird aus fachlicher Sicht nie vollständig durch die Lagegenauigkeit ihrer Stützpunkte beschrieben, weil die Linien nur durch eine begrenzte Anzahl diskreter Punkte aufgenommen werden können. Die Form-Genauigkeit hängt stark von der Erfassungsmethode und der Lokalisierbarkeit der betreffenden Linien ab. Die Genauigkeit der Aufnahme von Vegetationsübergängen, wie sie im Referenz-GIS häufig vorkommen, lässt sich durch eine Steigerung der (Punkt-) Mess-Genauigkeit nicht signifikant verbessern.

d) *FLÄCHEN-GENAUIGKEIT*

Die Abschätzung der Genauigkeit einzelner Flächen des Referenz-GIS (hier Bestandesflächen aus dem FORST-GIS-Bayern) wurde im Rahmen einer Diplomarbeit über die „*Qualitätsanalyse für flächenbezogene Auswertungen in Geoinformationssystemen*“ exemplarisch aufgezeigt (vgl. Kap. 6.8.3 und [111] POMPE (2000)). Derartige Abschätzungen werden über die in diesem Zusammenhang verbesserte Formel von ZÖHRER/MAGNUSSEN mittels der bereits erläuterten Pufferbreiten von Linien vorgenommen.

Diese hierüber für die Flächenstrukturen im bayerischen Staatsforst optimierte Formel wird für die Abschätzung der Genauigkeit von Flächen mit natürlichen Grenzen (Topographie, Vegetationsübergänge, etc.) verwendet, weil i.d.R. keine absoluten Stützpunktgenauigkeiten für eine strenge Abschätzung nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz vorliegen. Zudem wäre ein solches Vorgehen mathematisch sehr aufwändig, weil die Konturen von Waldbeständen oftmals durch mehrere hundert Stützpunkte beschrieben sind und der Nationalpark Bayerischer Wald zudem mehrere tausend solcher Bestände hat.

Bei der Ermittlung von Schnittflächen (z.B. zwischen Wald-Beständen und -Standorten) kann derselbe Ansatz herangezogen werden, indem die Konturen der Schnittflächen die Pufferbreiten der Konturen ihrer Ausgangsflächen erben. Näheres hierzu ist in Kap. 6.8.3 nachzulesen.

Als Vergleich sind Fehlergrenzen erforderlich, mit denen die errechneten Standardabweichungen beurteilt werden können.

<i>Flächen-Genauigkeit</i>	<i>alle flächigen Vektor-Datenbestände</i>
Q-Merkmal:	Mittlere Flächengenauigkeiten oder ggf. Differenzen aus Soll- und Ist-Flächen
Q-Dokumentation:	vektor-datensatzbezogen in der Meta-Datenbank bzw. attributiv (Standardabweichung der Flächenmaße)
Standardabweichung der Flächenmaße:	je nach Datenbestand, ggf. Pufferung und Erfassungsmaßstab
Prüfmittel:	Vergleich unabhängiger Datenquellen

TABELLE 32: FLÄCHEN-GENAUIGKEIT

e) *PIXEL- UND ZELL-GENAUIGKEIT*

Betrachtet man die Raster- und Grid-Datenbestände des Referenz-GIS so ist in Hinblick auf deren räumliche Auflösung die Kantenlänge der Pixel bzw. Zellen in der Realität ein absolutes Maß für deren metrische Genauigkeit, wenn man bei Orthobildern von der relativen Qualität der Orthorektifizierung absieht. Letztere wird vom Datenhersteller selten gesondert angeführt, sondern meist als absolute Größe mit in die Genauigkeitsangaben einbezogen.

Die Bodenauflösung der digitalen Orthophotos 1:5 000 der Bayerischen Landesvermessung wird vom Hersteller mit 40 cm angegeben und muss daher als absolutes Maß σ_b angenommen werden. Die im Referenz-GIS verwendeten Fernerkundungsdaten des DLR weisen eine Auflösung von etwa 10 m auf. Aus dem DGM 25 der amtlichen Vermessung lässt sich, wie in Kap. 6.3 beschrieben, eine regelmäßige Vierecksvermaschung mit einer definierten Maschenweite von 50 m als Grid ableiten. Auch dessen (2D-) Lageauflösung wird über die Zell- bzw. Pixel-Genauigkeit beschrieben.

Für die Beurteilung der absoluten Bodenauflösung σ_b und damit indirekt der Lage-Genauigkeit können stichprobenweise bekannte Kontrollpunkte (Passpunkte) verwendet werden. Die Klaffungen in den identischen Punkten dürfen die a priori angegebenen bzw. a posteriori geforderten Fehlergrenzen nicht überschreiten.

Pixel- und Zell-Genauigkeit	alle Raster- und Grid-Datenbestände
Q-Merkmal:	absolute Bodenauflösung mit oder ohne ergänzende Angaben über Transformationsergebnisse
Q-Dokumentation:	raaster- und grid-datensatzbezogen in der Meta-Datenbank
absolute Bodenauflösung:	40 cm bis 50 m (gem. Herstellerangaben oder Auflösung)
Prüfmittel:	Vergleich mit unabh. Kontrollpunkten ggf. Restklaffungen aus Entzerrungen

TABELLE 33: PIXEL- UND ZELL-GENAUIGKEIT

f) **HÖHEN-GENAUIGKEIT**

Bei DGM-Datenbeständen und -Folgeprodukten muss im Referenz-GIS neben der Lagequalität sowie dem Raumbezug die mittlere Höhengenaugkeit gesondert berücksichtigt werden. Sowohl für DGM-Rohdaten als auch für daraus abgeleitet Dreiecks- und Vierecks-Vermaschungen sowie deren Folgeprodukte lassen sich derartige Qualitätsangaben machen. Die relative Genauigkeit σ_r des DGM 25 als Basisinformation wird von der Bayerischen Vermessungsverwaltung mit 2 - 3 m angegeben. Die Qualität der daraus abgeleiteten Produkte (mittlerer Höhenfehler σ_h) ergibt sich zwangsläufig aus der Qualität der Rohdaten (relative Angaben der Hersteller) σ_r und der Qualität der Weiterverarbeitungs-Methoden σ_m .

Die DGM-Methoden des Referenz-GIS sind bekannt, so dass sich deren Qualität (bei bekannter Software- und Anwender-Methodik; vgl. Kap. 2.3.3.2 und 6.3) verbindlich angeben lässt.

$$\sigma_h^2 = \sigma_r^2 + \sigma_m^2$$

REGEL 4: MITTLERER HÖHENFEHLER

Eine geeignete Qualitätskontrolle kann mittels bekannter Referenzpunkte (Höhenfestpunkte) erfolgen.

Höhen-Genauigkeit	alle Grid- und TIN-Datenbestände
Q-Merkmal:	relative Höhen-Genauigkeit mit oder ohne ergänzende Angaben über DGM-Methodiken
Q-Dokumentation:	grid- und TIN-datensatzbezogen in der Meta-Datenbank
mittlerer Höhenfehler:	schlechter als 2 m bis 3 m (gem. Herstellerangaben und Methodik)
Prüfmittel:	Vergleich mit unabhängigen Kontrollpunkten (Höhenfestpunkte)

TABELLE 34: HÖHEN-GENAUIGKEIT

6.8.2.2 SEMANTISCHE RICHTIGKEIT

Bei den Datenbeständen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ werden nur wenige direkte Attribute der Geometrien geführt. Es handelt sich hierbei ausschließlich um kartographische Betextungen und Darstellungsparameter, geometrische Zusatzinformationen, thematische Klassenzugehörigkeiten, Objektschlüssel für den weiteren Sach-Datenzugriff, Identifikatoren für den Meta-Datenzugriff oder auch Referenzen zu Multimedia-Daten.

Die hierbei in Hinblick auf die semantische Richtigkeit wichtigsten Attribute sind selbstredend die Schlüsselattribute (Key's, ID's, etc.) und diejenigen, welche Bedeutungen geometrischer Objekte (Klassen, Kategorien, etc.) unmittelbar festlegen oder geometrischen Ursprung haben (Längen, Flächen, Fehler, etc.). Sie müssen intensiv und gesondert auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Es werden nach Möglichkeit wenige *implizite Verweise* (direkte Attribute) verwendet. Stattdessen werden nach Möglichkeit *explizite Verweise* auf Einträge in den Sach-Datenbanken und der Meta-Datenbank des Referenz-GIS eingesetzt. Diese unterliegen neben der Forderung nach semantischer Richtigkeit sehr stark der nach logischer Konsistenz.

6.8.2.3 LOGISCHE KONSISTENZ

Beziehungen im Datenmodell des Referenz-GIS werden mit Hilfe von direkten Attributen, Relationen und Topologien beschrieben. Attributive Beziehungen sind über Fremdschlüssel zum relationalen Modell realisiert. Weil es sich beim Geo-Modell des Referenz-GIS nicht um ein integriertes Modell, sondern um eine georelationale Implementierung (vgl. Kap. 5.8.4.1) handelt, kann die referentielle Integrität dieser Joins nicht automatisiert gewährleistet werden. Dieser Umstand stellt eine Schwäche des derzeitigen Konzeptes des Referenz-GIS dar.

Auf der Ebene der Geometrieobjekte werden die Beziehungen von Objektteilen untereinander (innere Beziehungen) und zwischen Objekten (äußere Beziehungen) topologisch beschrieben. Ein Beispiel hierfür sind die Beziehungen zwischen den Objektteilen „Bestandsteilflächen (1-n)“ und deren Zugehörigkeit zu einem Objekt „Bestand“. Topologische Bedingungen können auch mit Attributen (fachliche Bedeutungen) kombiniert werden.

6.8.3 GENAUIGKEITSUNTERSUCHUNGEN ANHAND EXEMPLARISCHER GIS-METHODEN

(Qualitätsanalysen für flächenbezogene Auswertungen innerhalb des FORST-GIS-Bayern und des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“)

Im Referenz-GIS besteht bei komplexen Analysen mit raumbezogenen Fragestellungen die Gefahr, dass die in der Regel aus unterschiedlichen Quellen stammenden digitalen Daten ungeachtet ihrer Qualität miteinander kombiniert und gemeinsam ausgewertet werden. Für die Nutzer sind diesbezüglich zwei Aspekte von großem Interesse. Zum einen stellt sich die Frage, welche Datenquellen qualitativ für die jeweilige Anwendung am besten geeignet sind, und zum anderen geht es darum, wie die Ergebnisse der Analysen hinsichtlich ihrer Qualität beurteilt werden können. Zur Lösung dieser Problematik ist es erforderlich, die Daten um Meta-Informationen, wie ausführliche Qualitätsbeschreibungen, zu ergänzen und die Qualität in allen Verarbeitungsschritten zu berücksichtigen.

6.8.3.1 QUALITÄTSANALYSE FÜR FLÄCHENBEZOGENE AUSWERTUNGEN

nach [111] POMPE (2000)

Im Folgenden wird anhand der Qualitätsermittlung von 2D-Flächenangaben ein Beispiel für die Bestimmung von Qualitätsparametern eingehend beschrieben.

Das wichtigste Kriterium für die Beurteilung der Qualität eines Flächenmaßes in 2D-GIS ist die Standardabweichung. Neben deren rechnerischen Bestimmung mit den Methoden des Fehlerfortpflanzungsgesetzes gibt es weitere Ansätze, die Standardabweichung vereinfacht abzuschätzen. Ein Verfahren zur Qualitätsbeurteilung in GIS nach MAGNUSSEN soll näher untersucht und seine Leistungsfähigkeit an den Ergebnissen des Fehlerfortpflanzungsgesetzes beurteilt werden.

Um einen Einsatz für die Aufgaben der Bayerischen Staatsforstverwaltung und damit auch innerhalb des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ zu ermöglichen, ist dieser vereinfachte Ansatz durch eine Kalibrierung zu verbessern. Mittels geeigneter Modifizierungen der Formel von MAGNUSSEN soll diese für den Einsatz im FORST-GIS-Bayern (vgl. Kap. 2.1) angepasst werden, um mit einem vertretbaren Rechenaufwand umfassende Genauigkeitsabschätzungen bei im Forstbereich gängigen Flächenverschnidungen zu ermöglichen. Als Vergleichs- und Kalibrierungsgrundlage sollen neben einigen regelmäßig-geometrischen Flächen hauptsächlich real existierende Forstbestandsflächen herangezogen werden. Die Qualität der Flächen lässt sich aus der Qualität der Stützpunktkoordinaten ableiten. Für die Qualitätsabschätzung der Flächenangabe wird im FORST-GIS der erforderliche Punktfehler durch die im Forstwesen übliche Pufferbreite ersetzt. Diese Pufferbreite, in der eine Forstgrenze verlaufen kann, wird durch die fließenden und nur grob festlegbaren Übergänge zwischen den einzelnen Waldbeständen verursacht.

Bei topographischen Anwendungen wie Umweltinformationssystemen, Forstanwendungen aber auch auf dem Gebiet des Geomarketings sind Flächen ein wesentliches Element und Flächenangaben Grundlage vieler Berechnungen und Analysen. Die Qualität des Attributs „Flächengröße“ ist deshalb ein entscheidendes Kriterium. Es dient dazu, die Aussagefähigkeit eines mit Hilfe der Fläche erzielten Ergebnisses zu beurteilen. Bei Flächenangaben sind drei wesentliche Unsicherheiten zu unterscheiden:

1. Die Ungenauigkeiten in den Koordinaten der Stützpunkte sind auf eine eingeschränkte Messgenauigkeit und auf Messfehler bei der Aufnahme zurückzuführen. Bei GIS-Daten, die durch eine manuelle Digitalisierung aus analogen Karten gewonnen wurden, bilden Kartiergenauigkeit, Digitalisiergenauigkeit und die Genauigkeit der Zuordnung (Referenzierung) einen zusätzlichen, in den meisten Fällen den größten Fehleranteil.
2. Durch eine lineare Interpolation zwischen den Stützpunkten werden Strukturen der Realen Welt vereinfacht. Wünschenswert ist deswegen eine möglichst große Diskretisierung bei der Digitalisierung der Flächenbegrenzungslinien. Die Grenzen der Diskretisierung werden durch den Maßstab der zugrunde liegenden Karte und durch einen vertretbaren wirtschaftlichen Aufwand gesetzt.
3. Topographische Grenzen sind selten exakt festzulegen. So wird zum Beispiel die Interpretation einer Grenze zwischen Laub- und Nadelwald immer subjektiven Einflüssen unterliegen.

Auf Grund dieser Ungenauigkeiten muss bedacht werden, dass eine Fläche, obwohl sie „scharf kartiert“ ist und ihre Stützpunktkoordinaten mit Zentimeterangaben vorliegen, Unsicherheiten aufweist. Weil sich die Untersuchung hier auf zweidimensionale Flächen beschränkt, wird der Faktor „Relief“ nicht berücksichtigt. Andernfalls müsste beachtet werden, dass bewegtes Gelände eine größere Fläche besitzt als flaches. Für den vorliegenden Anwendungsfall werden vor allem die unter dem ersten Punkt genannten Qualitätseinbußen betrachtet und ihre qualitative wie quantitative Auswirkung auf die Flächenermittlung bestimmt.

Bei der Flächenberechnung von topographischen Polygon-Flächen pflanzen sich die Ungenauigkeiten der Stützpunkte auf die berechnete Fläche fort. Als Qualitätsmerkmal einer ermittelten Fläche dient in erster Linie die Standardabweichung. Mit ihr lässt sich beurteilen, inwieweit der berechnete Wert innerhalb vorgegebener Toleranzgrenzen liegt und ob Maßnahmen zur Steigerung der Genauigkeit erforderlich sind. Neben einer rechnerischen Bestimmung der Standardabweichung einer Fläche über das Fehlerfortpflanzungsgesetz (FFG), gibt es im Bereich des Forstwesens einen Ansatz für eine empirische Abschätzung. [104] MAGNUSSEN (1996)

Dieser Ansatz nach ZÖHRER/MAGNUSSEN, im Folgenden kurz MAGNUSSEN-Formel genannt, gilt für Flächen mit natürlichen Grenzen (Topographie/Vegetation). Er besticht durch seine im Verhältnis zum FFG wesentlich einfachere Form und geringere Anzahl an eingehenden Parametern.

6.8.3.2 ANSATZ ÜBER DAS FEHLERFORTPFLANZUNGSGESETZ

Mit Hilfe des Fehlerfortpflanzungsgesetzes kann die Standardabweichung eines beliebigen ebenen Polygons als Funktion der Genauigkeit seiner Stützpunkte bestimmt werden. Eingehende Parameter sind neben den Ungenauigkeiten der einzelnen Stützpunkte (Koordinaten- oder Punktfehler) vor allem die Koordinaten der Stützpunkte selbst. Das kann bei Polygonen mit sehr vielen Eckpunkten rasch zu längeren Rechenzeiten führen. Auch mit modernen Hochleistungs-PC's kommt es zu Performance-Problemen, weil die Matrizen für die Fehlerfortpflanzung mit zunehmender Stützpunktzahl schnell anwachsen. Außerdem sind bei vielen Anwendungen, so auch im Forstwesen, die Stützpunktgenauigkeiten nur selten bekannt.

Die Fläche F eines Polygons lässt sich nach der Gauß'schen Flächenformel berechnen:

$$F = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \cdot X_i \tag{7.1}$$

Dabei ist $Y_0 = Y_n$ und $Y_{n+1} = Y_1$ zu setzen.

Der Fehler einer Funktion von Messwerten kann nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz aus den Ungenauigkeiten der Messwerte ermittelt werden. Dazu wird die Funktion über eine Taylorentwicklung erster Ordnung linearisiert. Dabei fließen in die Kovarianzmatrix K_{xx} die Varianzen und Kovarianzen der Messwerte, in diesem Fall der Stützpunkte, ein. Auf der Hauptdiagonalen befinden sich die Varianzen der einzelnen Polygoneckpunkte alternierend in x - und y -Richtung. Die Varianzen entsprechen den quadrierten Standardabweichungen. Die Nebendiagonalelemente enthalten die durch Abhängigkeiten zwischen den Stützpunkten entstehenden Kovarianzen. Bei voneinander unabhängigen Polygonpunkten werden die Nebendiagonalelemente Null, d.h. K_{xx} wird zur Diagonalmatrix. Die detaillierte Herleitung der Berechnung der untenstehenden Flächenvarianz über die Gauß'sche Flächenformel und das Fehlerfortpflanzungsgesetz wird in *Kap. 6.4.2 der Anlage* vorgenommen.

$$\sigma_F^2 = K_{FF} = A K_{xx} A' = \sigma_0^2 A A' \tag{7.2}$$

Man erhält somit die Standardabweichung σ_F der in über die Gauß'sche Flächenformel berechneten Polygonfläche. Die Standardabweichung ist das wichtigste geometrische Qualitätsmerkmal einer Fläche. Während in vielen Geoinformationssystemen Funktionen wie Flächenberechnung, Umfangsberechnung, Länge von Linien etc. standardmäßig enthalten sind, wird die oben beschriebene Qualitätsangabe für Flächen in der Regel nicht angeboten.

6.8.3.3 EMPIRISCHE ABSCHÄTZUNG NACH MAGNUSSEN

Nach diversen Ansätzen (vgl. [29] DE VRIES (1986), [84] LOETSCH (1973) und [142] ZÖHRER (1978)), die Genauigkeit von 2D-Flächen abzuschätzen, veröffentlichte 1996 der im Dienste der kanadischen Staatsforstverwaltung stehende Förster Steen MAGNUSSEN ein Schätzverfahren für Waldbestände. Aufbauend auf den Ansatz von ZÖHRER (vgl. [142] ZÖHRER (1978)) und auf Grund eigener Überlegungen kam MAGNUSSEN (vgl. [91] MAGNUSSEN (1996)) zu dem Ergebnis, dass eine Abschätzung des Varianzkoeffizienten eines Polygons nach folgender Formel möglich ist.

$$CV = \sigma^\alpha \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^\beta \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^\delta \cdot \exp(\gamma + \theta \cdot c) + \varepsilon \quad (7.3)$$

CV	Coefficient of Variance (Varianzkoeffizient)
A	Flächeninhalt
S	Umfang des Polygons
n	Anzahl der Stützpunkte
c	Verhältnis des Polygonumfangs zum Umfang eines flächengleichen Kreises (Umfangsverhältnis)
σ	mittlerer Koordinatenfehler der Stützpunkte
$\alpha, \beta, \delta, \gamma, \theta$	zu bestimmende Parameter
ε	Restterm

Der Varianzkoeffizient entspricht dem prozentualen Anteil der Standardabweichung an der Gesamtfläche:

$$CV = \frac{\sigma_F}{A} \cdot 100 \Leftrightarrow \sigma_F = \frac{CV}{100} \cdot A \quad (7.4)$$

Das Umfangsverhältnis c lässt sich bestimmen über:

$$c = \frac{S}{(2 \sqrt{A \cdot \pi})} \quad (7.5)$$

Somit gehen in die Formel nur die Indikatoren *mittlerer Punktfehler*, *Polygonumfang*, *-Fläche* und *Anzahl der Stützpunkte* ein. Die letzten drei Werte werden praktisch von jedem Geoinformationssystem methodisch zur Verfügung gestellt. Es ist also kein zusätzlicher Rechenaufwand nötig. Der mittlere Punktfehler sollte in diesem speziellen Fall als zusätzliche Meta-Information datensatz-begleitend und file-basiert mitgeführt werden, wie es in *Kap. 4.8* beschrieben ist.

Dieser koordinatenfreie Ansatz drückt eine Abhängigkeit der Genauigkeit der Fläche von drei Faktoren aus. Die Punktgenauigkeiten der Eckpunkte werden durch den Koordinatenfehler σ erfasst. Der geometrische Formfaktor wird sowohl durch den Quotienten (S/A) als auch durch den Faktor c berücksichtigt. In dem Quotienten (S/n) ist die durchschnittliche Seitenlänge des Polygons enthalten, die als Maß für die Diskretisierung dient. Durch Abhängigkeiten zwischen diesen Faktoren und der zu erwartenden Standardabweichung einer Fläche lassen sich nach MAGNUSSEN Vorhersagen treffen, in welchen Bereichen die zu schätzenden Parameter $\alpha, \beta, \delta, \gamma, \theta$ voraussichtlich liegen. Sie sollten auf jeden Fall so bestimmt werden, dass der Restterm ε möglichst Null wird und vernachlässigt werden kann.

1. CV ist proportional zum mittleren Koordinatenfehler σ mit dem Gewicht α . Wegen eines leichten asymmetrischen Effektes (vgl. [71] KENDALL, MORAN (1963)) wird für α ein Wert größer als 1,0 erwartet.
 $\Leftrightarrow \quad \alpha > 1$
2. CV ist proportional zum Umfang-/Flächenverhältnis. Für Flächen mit größerem Umfang-/Flächeverhältnis ist auch eine größere Standardabweichung zu erwarten.
 $\Leftrightarrow \quad \beta > 1$
3. CV ist proportional zur mittleren Polygonseitenlänge ($\frac{S}{n}$). Je stärker die Diskretisierung, desto geringer ist der zu erwartende Flächenfehler. Dass dies der Fall ist, wird in Kap. 6.4.4.3 der Anlage mit Hilfe eines Zahlenbeispiels nachgewiesen.
 $\Leftrightarrow \quad \delta > 0$
4. CV ist indirekt proportional zum Umfangsverhältnis c . c muss immer größer 1,0 sein, weil ein Kreis bei gleichbleibender Fläche den geringsten Umfang besitzt. Mit größer werdendem c nimmt die Verwundenheit der Polygonfläche zu und damit auch die Wahrscheinlichkeit, dass sich Koordinatenfehler gegenseitig aufheben.
 $\Leftrightarrow \quad c > 1$
 $\Leftrightarrow \quad \theta < 0$

Bei näherer Betrachtung der Punkte 2. und 4. fällt auf, dass die Begründungen von MAGNUSSEN sich anscheinend widersprechen. Dieser Effekt dient aber dazu, Überlappungen der Fehlerpuffer bei ungünstigen Formverhältnissen durch den Exponentialteil von (7.3) zu kompensieren.

Die unbekannt Parameter $\alpha, \beta, \delta, \gamma, \theta$ wurden von MAGNUSSEN im Rahmen einer Kleinste-Quadrate-Ausgleichung nach Gauß bestimmt. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, den Restterm ε zu minimieren, um ihn unter der geforderten Genauigkeit vernachlässigen zu können. Für die Ausgleichung verwendete MAGNUSSEN einen Testsatz von 13, überwiegend regelmäßigen Flächen, deren Stützpunktkoordinaten vollständig bekannt waren. Die Koeffizienten der Abschätzungsformel wurden folglich rein empirisch bestimmt. Für jede Fläche wurden die Fläche (A), der Umfang (S), die durchschnittliche Seitenlänge ($\frac{S}{n}$) und das Umfangsverhältnis (c) berechnet. Zusätzlich wurden die zu erwartenden, als exakt angenommenen, Standardabweichungen der Flächen ermittelt. Hierzu diente das Fehlerfortpflanzungsgesetz. Diese Soll-Größen wurden als Beobachtungen in die Ausgleichung eingeführt und die unbekannt Parameter geschätzt.

MAGNUSSEN erhielt auf Grundlage seines Testsatzes folgende Parameter:

$$\alpha = 1,05; \beta = 1,32; \delta = 0,28; \gamma = 3,86; \theta = -0,28; \varepsilon = 0$$

Damit ergibt sich folgende Formel für die MAGNUSSEN-Abschätzung der Standardabweichung [in %] einer Polygonfläche:

$$CV = \sigma^{1,05} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,32} \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^{0,28} \cdot \exp(3,86 - 0,28 \cdot c) \quad (7.6)$$

σ entspricht bei gleichgenauen Stützpunkten dem Koordinatenfehler bzw. der Standardabweichung eines einzelnen Punktes. Bei Stützpunkten unterschiedlicher Genauigkeit wird das Mittel der Koordinatenfehler verwendet. Zu beachten ist, dass die durchschnittliche Seitenlänge größer als die Koordinatenunsicherheit in den einzelnen Polygonpunkte sein muss.

6.8.3.4 UNTERSUCHUNG UND VERGLEICH BEIDER VERFAHREN

1) Allgemeines

Die Motivation, die Qualität einer Flächenangabe abzuschätzen und nicht nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz streng zu berechnen, beruht auf drei wesentlichen Punkten:

- Die Punktfehler der Polygonpunkte sind bei vielen Anwendungen nicht oder nicht von allen Stützpunkten bekannt.
- Die Stützpunktkoordinaten müssen nicht in die Berechnung miteinbezogen werden. Mit wachsender Anzahl an Stützpunkten gewinnt dieser Faktor zunehmend an Bedeutung. Der Rechenaufwand für die umfangreichen Matrizenoperationen des FFG nimmt mit steigender Polygonpunktzahl rapide zu. Bei Anwendungen in topographischen GIS sind Polygone mit Hunderten von Eckpunkten keine Seltenheit, sondern eher die Regel.
- Weil bei handelsüblicher GIS-Software die Berechnung der Flächenstandardabweichung nicht vorgesehen ist, muss diese über eine benutzerspezifische Erweiterung integriert werden. Im Falle der MAGNUSSEN-Abschätzung ist der dafür erforderliche Aufwand relativ gering. Die Eingangsgrößen sind auch Fachleuten ohne geodätische Ausbildung geläufig und bedürfen keiner weiteren Vertiefung. Beim FFG dagegen ist eine Grundkenntnis der Ausgleichs- und Matrizenrechnung unerlässlich. Die komplexen Operationen müssen in einen Programmalgorithmus transformiert werden.

Neben diesen Vorteilen, der vereinfachten Berechnung und der Vermeidung von Leistungseinbußen des Systems, muss eine Abschätzung grundsätzlich ein Kriterium erfüllen: Die Genauigkeit der Abschätzung muss den Genauigkeitsanforderungen der jeweiligen Anwendung entsprechen. Auf der anderen Seite lässt diese Voraussetzung aber auch Luft für Abweichungen, da im topographischen Bereich sicherlich nicht der „Quadratmeter“ das Maß aller Dinge ist. Bei einer im Forstwesen üblichen Rundungsgenauigkeit von 0,1 Hektar muss das Ergebnis der Abschätzung mit dem als korrekt angenommenen Wert des FFG nicht auf Quadratmeterniveau übereinstimmen.

a) GENAUIGKEITSVORGABEN DES FORST-GIS-BAYERN

Es macht bei Waldflächen keinen Sinn, diese mit größtmöglicher Rechengenauigkeit zu bestimmen, obwohl ihre Stützpunkte einer subjektiven Interpretation unterliegen. In der Bayerischen Staatsforstverwaltung haben sich für die Genauigkeit von Bestandsgrenzen Erfahrungswerte im Bereich mehrerer Metern herausgebildet. Hier hat sich der Begriff der „**Pufferbreite**“, in der sich eine Grenze oder Linie befinden kann, durchgesetzt.

Für die Forstbetriebskarte (vgl. Kap. 6.2.1) werden folgenden Pufferbreiten angesetzt:

- Staatswaldgrenze (Flurstücksgrenze) ± 2 m
- Wege/Gewässer (topographische Linie/scharf) ± 3 m
- ständige forstwirtschaftliche Grenzen (topographische Linie/unscharf) ± 5 m
- Bestandsgrenzen (Vegetationsübergang) ± 10 m

Die Daten für die Forstbetriebskarte werden hauptsächlich mit manuellen Digitalisierverfahren erfasst. Die Anbindung der Daten erfolgt durch Einpassung der Digitalisiervorlagen über die Blatteckwerte der Flurkarten. Bei einem Zielmaßstab von 1:10 000 bieten die analogen Flurkarten 1:5 000 als Grundlage eine ausreichende Genauigkeit. Während Pufferbreiten im FORST-GIS für alle Flächengrenzen vorhanden sind, wird die Lagegenauigkeit von Punkten nur für die Staatswaldgrenze (Außengrenze) beschrieben. Die Genauigkeit dieser Punkte entspricht weitgehend der Genauigkeit ihrer Quelle. Der Punktfehler der Flurkarte 1:5 000 wird mit ± 2 m angegeben. Hinzu kommen die Digitalisiergenauigkeit und die Genauigkeit ihrer Zuordnung (Affintransformationen).

Somit ergibt sich für die Staatswaldgrenze (= Flurstücksgrenze) der mittlere Punktfehler σ_p als:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_f^2 + \sigma_d^2 + \sigma_z^2} \approx \pm 3.0 \text{ m} \quad (7.7)$$

mit:

$\sigma_f = \pm 2,0 \text{ m}$	Punktgenauigkeit der Flurkarte 1:5 000
$\sigma_d = \pm 1,5 \text{ m}$	Digitalisierengenauigkeit (0,3 mm in der Karte)
$\sigma_z = \pm 1,5 \text{ m}$	Genauigkeit der Zuordnung

Neben der Positionierungs- und Liniengenauigkeit in Form der Pufferbreiten ist die Flächengenauigkeit in einem topographischen Informationssystem ein entscheidendes Qualitätsmerkmal. Sie kann aus den Linien- bzw. Punktqualitäten abgeleitet werden.

b) *PUNKTFEHLER, KOORDINATENFEHLER, PUFFERBREITE*

Die Punktqualität wird sowohl für die Abschätzung nach MAGNUSSEN als auch für das FFG in Form der Standardabweichung in x - und y -Richtung benötigt. Dieser Wert wird auch als Koordinatenfehler bezeichnet. Um diesen bestimmen zu können, muss eine Beziehung zwischen Koordinatenfehler, mittlerem Punktfehler und Pufferbreite hergestellt werden.

Zwischen Koordinatenfehler $\sigma_{x/y}$ und mittlerem Punktfehler nach HELMERT σ_p besteht folgende Beziehung [109] PELZER (1980):

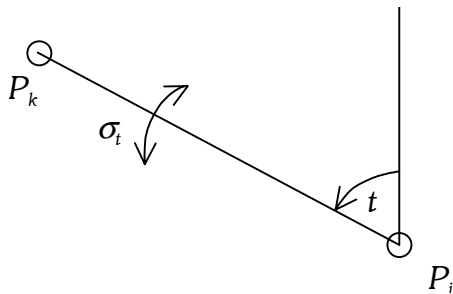
$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \tag{7.8}$$

Bei gleichem Koordinatenfehler in x - und y -Richtung wird (7.8) zu:

$$\sigma_p = \sqrt{2} \cdot \sigma_{x/y} \tag{7.9}$$

Das Verhältnis von Pufferbreite zu Punktfehler in den zugehörigen Linienendpunkten lässt sich durch die Ausführungen von [23] CASPARY, SCHEURIG (1992) und durch folgende Überlegung bestimmen:

Die Pufferbreite und damit die Unsicherheit einer Linie ergibt sich durch einen Fehler im Richtungswinkel t .



Fehler σ_t im Richtungswinkel t

Der Richtungswinkel t lässt sich aus den Endpunktkoordinaten berechnen. Ein Fehler im Richtungswinkel überträgt sich damit auf die Endpunktkoordinaten. Ebenso verursachen Fehler in den Koordinaten von P_i und P_k eine Unsicherheit im Richtungswinkel t . Über das Fehlerfortpflanzungsgesetz lassen sich die Auswirkungen der Koordinatenfehler auf den Richtungswinkel und somit auf die Pufferbreite der Linie berechnen.

Ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit wird ein einheitlicher Koordinatenfehler $\sigma_{x/y}$ ($\sigma_{x/y} = \sigma_{xi} = \sigma_{yi} = \sigma_{xk} = \sigma_{yk}$) angenommen. Nach Bilden der Jakobimatrix durch eine Linearisierung der Eckpunktkoordinatenberechnung kann σ_t in Abhängigkeit von $\sigma_{x/y}$ ermittelt werden. Die Herleitung von (7.10) ist der *Anlage unter Kap. 6.4.4.1* zu entnehmen.

$$\sigma_t = \sqrt{2} \frac{\sigma_{x/y}}{s_{ik}} \quad (\text{im Bogenmaß}) \tag{7.10}$$

Umrechnung von Bogenmaß in Längenmaß:

$$\text{Pufferbreite } p = \sigma_t \cdot r = \sigma_t \cdot s_{ik} = \sqrt{2} \cdot \sigma_{x/y} \tag{7.11}$$

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

- Der mittlere Punktfehler berechnet sich aus dem Koordinatenfehler.

$$\Rightarrow \sigma_p = \sqrt{2} \cdot \sigma_{x/y} \quad (7.12)$$

- Die Pufferbreite berechnet sich aus dem Koordinatenfehler.

$$\Rightarrow \text{Pufferbreite } p = \sqrt{2} \cdot \sigma_{x/y} \quad (7.13)$$

- Die Pufferbreite ist in den Linienendpunkten gleich dem mittleren Punktfehler nach HELMERT.

$$\Rightarrow \text{Pufferbreite } p = \sigma_p \quad (7.14)$$

Die Annahme der gleichen Koordinatenfehler in x - und y -Richtung ist unter den gegebenen Voraussetzungen (Digitalisierung aus Flurkarte) ohne Einschränkung haltbar. Bei Zusammentreffen zweier Linien unterschiedlicher Pufferbreiten an einem Stützpunkt wird dessen Punktfehler aus der Pufferbreite der Linie mit der höheren Genauigkeit berechnet. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass bei der Datenerfassung für das FORST-GIS eine Linie mit untergeordneter Genauigkeit immer in eine Linie mit übergeordneter Genauigkeit eingehängt wird, was bei anderen Anwendungen nicht selbstverständlich ist.

c) ANMERKUNGEN ZU DEN VERWENDETEN TESTFLÄCHEN UND DEN ERGEBNISDISKUSSIONEN

Bei der Auswahl der Test-Flächen wird darauf geachtet, eine möglichst große Vielfalt an Größe (von 0,5 bis 3 ha) und Form (von kompakt bis verwunden) zu erreichen, um durch diese Stichprobe das Spektrum der tatsächlichen Flächen realitätsnah abzudecken. Während für Beispiel-Flächen aus dem Referenz-GIS „Bayerischer Wald“ keine Punkt- und Liniengenauigkeiten übernommen werden, umfassen verwendete Koordinatendateien des FORST-GIS auch die dazugehörigen Pufferbreiten. Künstlich generierten, regelmäßig-geometrischen Beispiel-Flächen werden zufällige Punktfehler zugewiesen. Die möglichen Werte für die Punktfehler entsprechen den oben genannten in der Forstverwaltung üblichen Pufferbreiten.

Für diese Testflächen werden außer allgemeinen Flächenkennzeichen (Anzahl Stützpunkte, Umfang, Fläche, Umfangsverhältnis) auch die Werte der Standardabweichung über das FFG und die MAGNUSSEN-Abschätzung berechnet. Die Berechnungen werden für unterschiedliche Konstellationen durchgeführt. Neben der Annahme gleichgenauer Stützpunkte werden auch Berechnungen für Stützpunkte unterschiedlicher Genauigkeit durchgeführt. Im Falle der FORST-GIS-Flächen werden die zur Verfügung stehenden Pufferbreiten verwendet, im Falle der regelmäßig-geometrischen Figuren künstlich erzeugte Genauigkeitswerte.

Anmerkung:

Die Ergebnisse der zugehörigen Berechnungen in tabellarischer Form sind den entsprechenden Unterkapiteln des *Kap. 6 der Anlage* zu entnehmen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird aus Gründen der Übersichtlichkeit ausschließlich auf die Interpretation der Ergebnisse eingegangen.

2) Auswirkung der Konfiguration einer Fläche

Um die Auswirkungen der Konfiguration einer Fläche untersuchen zu können, geht man davon aus, dass alle Stützpunkte der Flächen die gleiche Genauigkeit besitzen. Hierfür wird ein Punktfehler von 5,0 m angenommen, der in etwa der mittleren Pufferbreite im Forstwesen entspricht. Die Untersuchung erfolgt zunächst an den regelmäßig-geometrischen Flächen der nebenstehenden Abbildung.

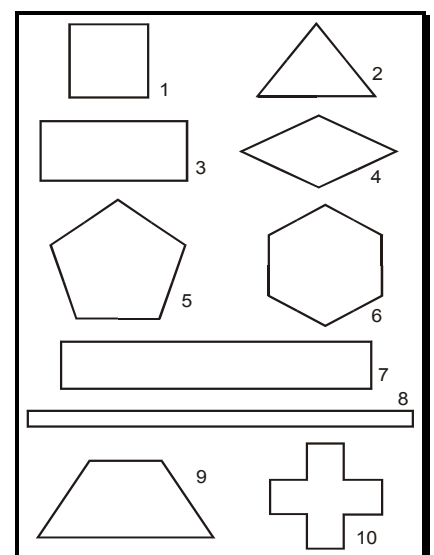


ABBILDUNG 124:
10 REGELMÄßIGE/GEOMETRISCHE TESTFLÄCHEN
(NICHT MAßSTÄBLICH)

Die MAGNUSSEN-Formel schätzt überwiegend pessimistisch. Ihre Ergebnisse weichen im Durchschnitt gut 40% von den FFG-Werten ab. Der maximale Fehler liegt bei etwa 85% (vgl. Kap. 6.4.4.2 der Anlage).

Beim Analysieren der künstlichen Flächen im Hinblick auf ihre Geometrie lassen sich folgende Eigenschaften feststellen:

- Die Abschätzung erreicht für Figuren mit kleinem Umfangsverhältnis c zufriedenstellende Werte (zwischen 10% und 20% Abweichung). Das sind Flächen, die einem Kreis in der Form recht nahe kommen. Solche kompakte Flächen sind beispielsweise das Fünfeck und das Sechseck (Fläche 5 und 6).
- MAGNUSSEN schätzt durchgehend pessimistischer mit Ausnahme der beiden Extremflächen 7 und 8. Bei Fläche 8 liegt die Abschätzung mit gut 80% unter dem FFG, was nicht mehr im vertretbaren Rahmen liegt. Es muss aber auch berücksichtigt werden, dass die Maße dieser Fläche (Länge = 5 000 m, Breite = 10 m) in Verbindung mit der zugehörigen Stützpunktzahl ($n = 4$) nicht realistisch sind. Die Fläche dient dazu, einen extrem langgestreckten Weg zu simulieren, der in der Praxis kaum vorkommen dürfte.
- Für die Fläche 8 erreicht die Standardabweichung mit über 35% einen sehr hohen Wert. Wenn man aber berücksichtigt, dass sich bei einer Breite der Fläche von 10 m bei jeweils zwei Punkten die Fehlerkreise (Fehlerkreisradius = Punktfehler = 5 m) bereits berühren, ist die große Unsicherheit in der Flächenberechnung plausibel.
- Der Durchschnitt der Standardabweichungen liegt bei etwas über 2%, wenn man die Extremwerte der Flächen 7 und 8 außer acht lässt. Das entspricht bei einer durchschnittlichen Flächengröße von 5 ha etwa 0,1 ha.
- Der geringe Wert von 1,73% bei Fläche 10 kann mit der im Vergleich zu den anderen Flächen kleineren durchschnittlichen Seitenlänge erklärt werden. Durch die vorgegebene Form benötigt diese Figur etwa dreimal mehr Stützpunkte als die anderen. Diese höhere Diskretisierung wirkt sich positiv auf die Standardabweichung der Fläche aus.

Bei den nachfolgend dargestellten, realen Flächen aus dem FORST-GIS-Bayern und dem Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ fällt das Ergebnis ähnlich aus.

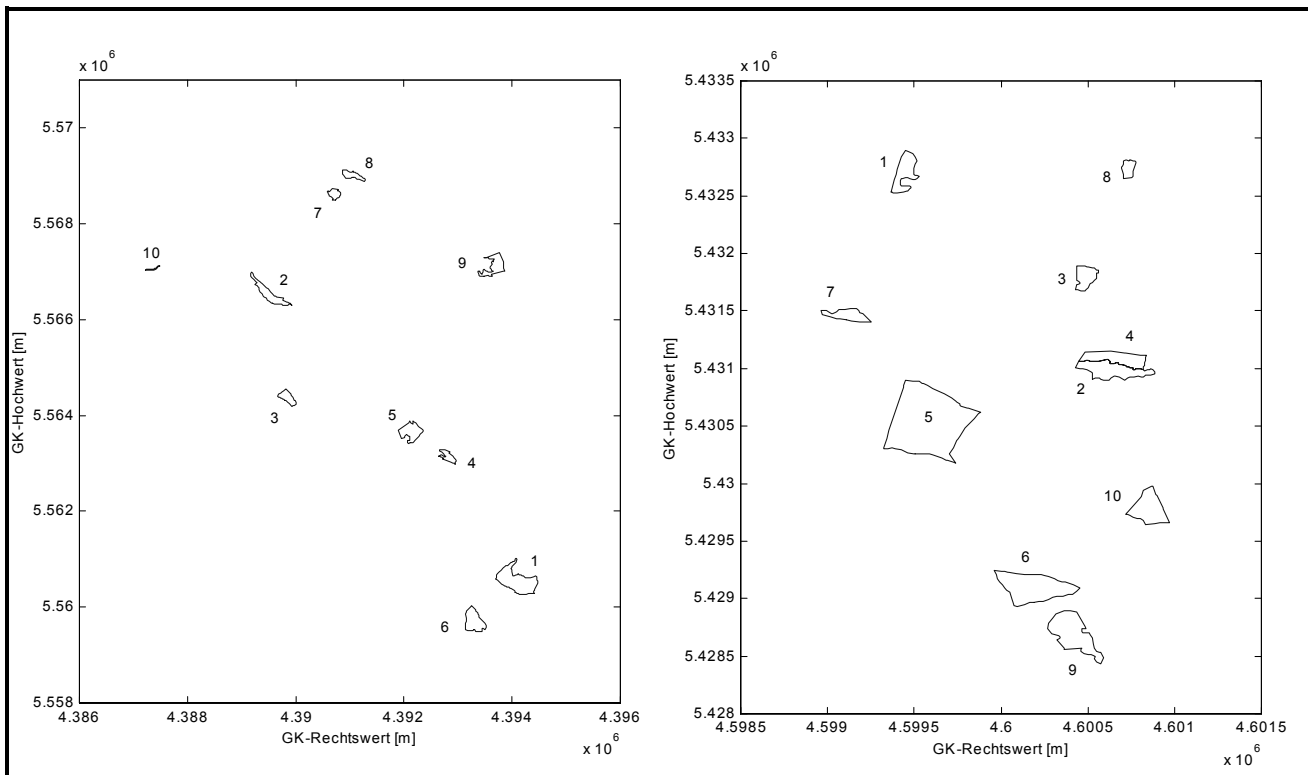


ABBILDUNG 125: 10 BELIEBIG AUSGEWÄHLTE TESTFLÄCHEN AUS DEM FORST-GIS BAYERN (FORSTAMT BAD KÖNIGSHOFEN)

ABBILDUNG 126: 10 BELIEBIG AUSGEWÄHLTE TESTFLÄCHEN AUS DEM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Die MAGNUSSEN-Formel schätzt bei allen Testflächen des FORST-GIS die Qualität der Berechnung zu pessimistisch ein. Die Werte liegen im Durchschnitt 48% über denen des FFG. Der maximale Fehler um die 80% bestätigt die Ergebnisse der künstlichen Flächen (vgl. Kap. 6.4.4.2 der Anlage).

Einzelanalysen (reale Flächen des FORST-GIS):

- Eine Abhängigkeit der Qualität der MAGNUSSEN-Abschätzung von der Form der Fläche (ausgedrückt durch das Umfungsverhältnis c) ist nicht zu erkennen.
- Der Durchschnitt der Standardabweichung liegt ohne Berücksichtigung der Extremfläche 10 bei etwa 1%. Dieser etwa um die Hälfte geringere Wert als bei den regelmäßigen Figuren ist auf die mittlere Größe der Flächen zurückzuführen. Diese ist bei den Flächen des FORST-GIS annähernd doppelt so groß. Bei gleichbleibendem Punktfehler nimmt der Einfluss der Koordinatenunsicherheit mit wachsender Fläche erwartungsgemäß ab.
- Der hohe Wert von 9% für die Fläche 10 bekräftigt dies. Mit einer Fläche von einem knappen halben Hektar stellt diese (Wald-) Fläche eine Ausnahme im Staatsforst dar und grenzt die möglichen Flächengrößen nach unten ab. Mit einer Abweichung von 56% bleibt die MAGNUSSEN-Abschätzung trotz dieser Extremsituation im Rahmen der anderen Werte.
- Die maximale Abweichung (77%) erreicht MAGNUSSEN bei der größten Fläche (Nr. 1). Allerdings ist auch diese Fläche mit einer Größe von 26,5 ha eine Ausnahmeerscheinung und weit von der durchschnittlichen Bestandsgröße (5 ha) im bayerischen Forstwesen entfernt.

Die Ergebnisse für die Testflächen des Referenz-GIS sind weitgehend identisch mit denen zum FORST-GIS: MAGNUSSEN-Formel bei allen Testflächen des Referenz-GIS zu pessimistisch; im Schnitt 40% über FFG; maximaler Fehler bei gut 80% (vgl. Kap. 6.4.4.2 der Anlage).

Einzelanalysen (reale Flächen des Referenz-GIS):

- Hier ist eine Abhängigkeit der Qualität der MAGNUSSEN-Abschätzung von der Form der Fläche zu erkennen. Die Flächen 3, 5, 8 und 10 besitzen neben einer kompakten Form und damit einem kleinen Umfungsverhältnis c auch die geringsten Abweichungen für die MAGNUSSEN-Formel (15% - 30%).
- Den maximalen Fehler (87%) erreicht MAGNUSSEN bei Fläche 2, die durch ihre langgestreckte Form auffällt.
- Bei einer mittleren Flächengröße von gut 5 ha stimmt die durchschnittliche Standardabweichung von knapp 2% gut mit der der regelmäßigen Flächen (ohne Berücksichtigung der Extremflächen 7 und 8) überein.

Für die Auswirkungen der Konfiguration einer Fläche lässt sich damit schlussfolgern:

- Die MAGNUSSEN-Formel schätzt fast ausschließlich pessimistischer als die über das Fehlerfortpflanzungsgesetz ermittelten Standardabweichungen.
- Der durchschnittliche Fehler der MAGNUSSEN-Abschätzung beträgt etwa 40%.
- Der maximale Fehler liegt jeweils im Bereich um die 80%.
- Der Einfluss der Konfiguration einer Fläche führt nicht zu einem einheitlichen Ergebnis. Während bei den regelmäßigen Flächen und den Flächen aus dem Referenz-GIS eine Abhängigkeit der Qualität der Abschätzung von der Form der Fläche zu erkennen ist - je kompakter die Fläche, desto besser ist MAGNUSSEN -, variieren die Werte bei den FORST-GIS-Flächen regellos.
- Mit zunehmender Größe der Flächen, nimmt der Einfluss der Grenzpunktfehler ab.

3) Auswirkung unterschiedlicher Diskretisierung

Zur Untersuchung, inwieweit sich eine unterschiedliche Diskretisierung zum einen auf die Standardabweichung an sich und zum anderen auf die Qualität der MAGNUSSEN-Abschätzung auswirkt, werden für die regelmäßig-geometrischen Flächen aus *Abbildung 124* Koordinatensätze mit unterschiedlichen Diskretisierungsintervallen (100 m, 50 m, 25 m und 10 m) erstellt. Der in der Forstverwaltung übliche Wert liegt für die Forstbetriebskarte bei einem Zielmaßstab von 1:10 000 bei etwa 25 m.

Die Auswirkungen einer stärkeren Diskretisierung auf die Standardabweichung einer Fläche erweist sich als beträchtlich. Die mittlere Standardabweichung der 10 Testflächen kann durch Einführung zusätzlicher Stützpunkte deutlich gesenkt werden. Bei einem Stützpunktabstand von 10 m verringert sich die durchschnittliche Standardabweichung von den ursprünglichen 6,8% auf unter einen Prozentpunkt. Auch die in der Forstverwaltung üblichen Abtastabstände von 5 m bei der Digitalisierung, was einem Diskretisierungsintervall von 25 m entspricht, liefern mit einer mittleren Standardabweichung von unter 1,5% akzeptable Ergebnisse. Dieses Phänomen kann man sich anschaulich erklären, indem man sich die Grenzlinie als ein Gummiband vor stellt, das durch die vorgegebene Genauigkeit mehr oder weniger stark beweglich ist. Ist das Band nur in den Anfangs- und Endpunkt der Linie eingespannt, ist die Bewegungsfreiheit recht groß. Durch zwischengeschaltete Verankerungspunkte, sog. Stützpunkte, wird das Band zusätzlich festgehalten und in seiner Bewegungsfreiheit eingeschränkt. Die Grenzlinie und damit auch die von ihr umgebene Fläche kann nicht mehr so stark variieren. Die Fläche besitzt eine geringere Unsicherheit.

Die Grenzen sind einer stärkeren Diskretisierung einerseits durch den Maßstab der zugrunde liegenden Karte und andererseits durch die Wirtschaftlichkeit gesetzt. Kleinere Diskretisierungsintervalle erfordern bei der Digitalisierung mehr Zeitaufwand für den Operateur.

Aus Sicht der Bayerischen Staatsforstverwaltung würde eine Verkleinerung des Diskretisierungsintervalls von momentan etwa 25 m auf 10 m einen deutlich höheren Digitalisierungsaufwand mit sich bringen. Bei einem Digitalisiermaßstab von 1:5 000 betrüge die Abtastrate nur noch 2 mm. Eine Verbesserung der Standardabweichung um einen Prozentpunkt entspricht bei einer mittleren Flächengröße von 5 ha lediglich einer absoluten Verbesserung von 0,05 ha. Dies liegt bereits unterhalb der Rundungsgenauigkeit im Forstwesen (0,1 ha). Eine Reduzierung der Diskretisierungsintervalle von 25 m auf 10 m würde deshalb zwar höhere Kosten, aber keine merkliche Qualitätsverbesserung bringen.

Wird die Auswirkung der unterschiedlichen Diskretisierung auf die Qualität der MAGNUSSEN-Abschätzung beurteilt, so scheint diese auf den ersten Blick mit kleiner werdenden Intervallen an Leistungsfähigkeit zu verlieren. Der durchschnittliche Fehler wächst von 35% bei 100 m Abständen stetig bis auf über 90% bei 10 m an (vgl. *Kap. 6.4.4.3 der Anlage*). Hier muss allerdings berücksichtigt werden, dass es sich dabei um den mittleren *relativen* Fehler handelt. Im Schnitt schätzt MAGNUSSEN absolut gesehen 0,5% pessimistischer als das FFG, was einer Abweichung von 0,025 ha entspricht und deutlich unter der geforderten Rundungsgenauigkeit von 0,1 ha liegt. Das sonstige Verhalten der MAGNUSSEN-Abschätzung ist ähnlich dem zuvor beschriebenen für nicht diskretisierte Flächen (regelmäßig-geometrisch). Es wird bis auf die Extremfläche 8 durchgehend zu pessimistisch geschätzt. Die besten Ergebnisse werden jeweils für die kompakten Flächen 5 und 6 (Fünf- und Sechseck) erzielt.

Der Einfluss der Diskretisierung lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Qualität einer Flächenermittlung steht in direktem Zusammenhang mit der Diskretisierung ihrer Umgrenzungslinie. Die Standardabweichung der Flächenangabe kann durch höhere Abtastraten bei der Digitalisierung oder bei der Aufnahme im Feld beträchtlich verringert werden.
- In relativen Prozentanteilen gesehen nimmt die Qualität der MAGNUSSEN-Abschätzung mit zunehmender Diskretisierung ab (mittlerer Fehler von 35% auf 91% bei Reduzierung der Diskretisierungsintervalle von 100 m auf 10 m).
- In absoluten Prozentanteilen dagegen ergibt die MAGNUSSEN-Formel eine konstante Abweichung von etwa 0,5%. Dies entspricht einer Differenz von 0,025 ha und liegt somit deutlich unter der geforderten Rundungsgenauigkeit von 0,1 ha.
- Durch die zugrunde liegende Kartenvorlage und einer wirtschaftlichen Bearbeitung sind einer Steigerung der Diskretisierung Grenzen gesetzt.

4) Auswirkung der Kovarianzmatrix

Um den Einfluss der Kovarianzmatrix auf die Qualität der MAGNUSSEN-Abschätzung zu bestimmen, muss von dem Modell der gleichgenauen Stützpunkte auf Stützpunkte unterschiedlicher Genauigkeit übergegangen werden. Aus praktischen Gründen wird davon ausgegangen, dass sowohl zwischen der x - und der y -Komponente eines Punktes als auch zwischen verschiedenen Punkten keine Korrelationen bestehen. Auf der Grundlage von manuell digitalisierten Daten entspricht dies auch den Verhältnissen der Realität. Sämtliche Kovarianzen erhalten dadurch den Wert „Null“ und die Kovarianzmatrix (*Formel (6.4) der Anlage*) wird zu einer Diagonalmatrix. Der für die MAGNUSSEN-Formel erforderliche, mittlere Koordinatenfehler der Stützpunkte (σ) berechnet sich nach dem einfachen arithmetischen Mittel.

Bei den regelmäßig-geometrischen Flächen werden den Stützpunkten über einen Zufallsgenerator Punktfehler zugewiesen. Die Punktfehler entsprechen mit 2 m, 3 m, 5 m und 10 m wieder den in der Forstverwaltung üblichen Pufferbreiten. Nach (7.14) entspricht die Pufferbreite dem mittleren Punktfehler in den Liniendpunkten. Die Berechnungen werden zum einen für die Ausgangsflächen und zum anderen mit einer Diskretisierung von 25 m durchgeführt. Für die Testflächen aus dem FORST-GIS können die vorhandenen Pufferbreiten nach einer Umrechnung in Koordinatenfehler mittels (7.13) verwendet werden. Weil für die Referenz-GIS-Flächen keine expliziten Punkt- oder Liniengenauigkeiten verwendet werden, wird die Flächengenauigkeit für den Fall „gleichgenaue Stützpunkte“ bestimmt.

Die vorhandenen Genauigkeiten können in Form der Kovarianzmatrix (FFG) bzw. als einfaches arithmetisches Mittel (MAGNUSSEN) in die Berechnungen miteinbezogen werden. Die Bestimmung der Qualität der Flächenangaben erfolgte zunächst wiederum an den regelmäßig-geometrischen Flächen. Die tabellarischen Ergebnisse hierzu können unter *Kap. 6.4.4.4 der Anlage* nachgelesen werden.

Im allgemeinen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei dem weiter oben beschriebenen Fall der gleichgenauen Stützpunkte. Die MAGNUSSEN-Abschätzung liegt im Schnitt bei etwa 40% (hier mit 34% sogar etwas besser) neben den exakten Werten des FFG. Der maximale Fehler erreicht über 80%.

Im Falle der nicht diskretisierten Flächen ist allerdings die Tendenz der Abschätzung unterschiedlich. Während zuvor nur die beiden Extremflächen 7 und 8 zu optimistische Ergebnisse hervorbrachten, sind nun die Flächen 3 und 6 hinzugekommen. Die Fläche 3 hat mit „-1%“ den korrekten Wert praktisch getroffen. Der maximale Fehler ist abermals bei der Fläche 8 zu finden.

Die durchschnittliche Standardabweichung der Flächen liegt mit knapp 6% in etwa im Rahmen der Genauigkeit bei gleichgenauen Stützpunkten. Dies ist auch zu erwarten, da das Mittel der zur Verfügung stehenden Punktfehler (2 m, 3 m, 5 m und 10 m) dem verwendeten Punktfehler (5 m) von vorher entspricht.

Bei Betrachtung der mit einem Diskretisierungsintervall von 25 m digitalisierten Flächen lässt sich feststellen, dass diese in der Abschätzung bei variabler Genauigkeit dieselbe Tendenz besitzen wie bei gleichgenauen Stützpunkten. Eine zu pessimistische Schätzung ist die Regel. Einzig die „Schlauchfläche“ 8 fällt aus dem Rahmen und wird genauer eingeschätzt als sie tatsächlich ist. Die MAGNUSSEN-Abschätzung weicht im Schnitt 40% von den tatsächlichen FFG-Ergebnissen ab. Eine maximale Unsicherheit von 63% fällt hier allerdings geringer aus als in den anderen Konstellationen. Absolut gesehen liegen die erhaltenen Standardabweichungen etwa auf dem Niveau der Werte der gleichgenauen Stützpunkte.

Für die zehn Testflächen aus dem FORST-GIS sehen die Ergebnisse nicht ganz so gut aus. Die durchschnittliche Abweichung hat gegenüber dem Modell mit gleichgenauen Stützpunkten von 48% auf 56% zugelegt. Der maximale Fehler vergrößert sich um 20 Prozentpunkte auf 98%. Allerdings fällt dieser bei Fläche 1 an, die mit einer Flächengröße von 26,6 ha eine Ausnahme im Forstwesen darstellt. Dagegen zählt die Fläche 5 eher zu den kompakten und „forsttypischen“ Flächen. Eine Abweichung von 92% wirkt sich hier negativ auf die Leistung der MAGNUSSEN-Formel aus. Als positiv ist die durchgehende pessimistische Schätzweise zu werten.

Insgesamt kann die Auswirkung der Kovarianzmatrix bzw. die Einführung unterschiedlich genauer Polygonpunkte auf die Qualität der MAGNUSSEN-Abschätzung wie folgt beurteilt werden:

- Die MAGNUSSEN-Formel schätzt fast ausschließlich pessimistischer als die über das Fehlerfortpflanzungsgesetz ermittelten Standardabweichungen.
 - Der durchschnittliche Fehler der MAGNUSSEN-Abschätzung beträgt etwa 40% bis 55%.
 - Der maximale Fehler liegt jeweils im Bereich zwischen 60% und 100%.
 - Für den Fall der variablen Genauigkeiten wird beim FFG eine Kovarianzmatrix mit unterschiedlichen Werten auf der Hauptdiagonale eingeführt. In der MAGNUSSEN-Abschätzung kann dies durch Bildung des einfachen arithmetischen Mittels der Hauptdiagonalelemente ausreichend genau angenähert werden. Die Qualität der Abschätzung liegt für unterschiedlich genaue Stützpunkte in etwa im Bereich der gleichgenauen. Es ist kein Qualitätsverlust vorhanden.
- Die Kovarianzmatrix, vorausgesetzt es handelt sich um eine Diagonalmatrix, besitzt keinen Einfluss auf die Qualität der Abschätzung nach MAGNUSSEN.

6.8.3.5 MODIFIZIERUNG DER FORMEL VON MAGNUSSEN FÜR DEN EINSATZ IM FORST-GIS BAYERN SOWIE IM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Ein Ziel dieser Anwendung ist, für die Anforderungen der Bayerischen Staatsforstverwaltung und damit auch des Referenz-GIS eine vereinfachte Methode zur Berechnung oder Schätzung der Qualität einer Flächenermittlung zu entwickeln. Die Ergebnisse dieses neuen Verfahrens sollen nach Möglichkeit einen geringeren Fehler als die 1996 in [91] MAGNUSSEN (1996) veröffentlichte Methode (7.6) bringen. Des Weiteren soll darauf geachtet werden, zu optimistische Schätzungen der Flächenvarianz zu vermeiden. Ein Übereinstimmen mit den Standardabweichungen der Flächen, die über das Fehlerfortpflanzungsgesetz ermittelt werden können, ist auf der im Forstwesen üblichen Genauigkeit anzustreben. Die Standardabweichungen der Flächen und die Flächen selbst werden hier auf 0,1 Hektar angegeben. Außerdem sind die in der Bayerischen Staatsforstverwaltung gebräuchlichen Pufferbreiten zu berücksichtigen. Es wird versucht, einen Ansatz zu entwickeln, in dem anstelle der sonst üblichen Punktgenauigkeiten die vorhandenen Liniengenauigkeiten direkt eingehen. Erforderliche Koordinatenfehler sind nach Möglichkeit durch Pufferbreite(n) zu ersetzen.

Abschließend soll die Leistungsfähigkeit des neu entwickelten Verfahrens untersucht und mit der Abschätzung nach MAGNUSSEN verglichen werden. Die dafür verwendeten Testflächen entsprechen denen aus *Kap. 6.8.3.4*.

1) Kalibrierung der Formel durch Anpassung der Koeffizienten

Zunächst wird ohne Berücksichtigung der geforderten Verwendung der Pufferbreite versucht, den empirischen Ansatz von MAGNUSSEN zu verbessern. Der Übergang vom Koordinatenfehler zur Pufferbreite erfolgt in 2).

Die Steigerung der Qualität der Abschätzung für topographische Flächen soll durch eine Anpassung der Koeffizienten an die Anforderungen des Forstwesens erreicht werden. Dabei wird wieder von Ansatz (7.3) mit α , β , δ , γ , θ als zu bestimmende Parameter ausgegangen:

$$CV = \sigma^\alpha \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^\beta \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^\delta \cdot \exp(\gamma + \theta \cdot c) + \varepsilon \quad (7.3)$$

Der Varianzkoeffizient entspricht dem prozentualen Anteil der Standardabweichung an der Gesamtfläche. Die unbekannt Parameter α , β , δ , γ und θ sollen so bestimmt werden, dass der Restterm ε möglichst „Null“ wird und vernachlässigt werden kann. Zur Bestimmung der Koeffizienten sind eine Reihe von Musterflächen nötig, deren Eigenschaften (Form, Größe, Stützpunktdichte) repräsentativ für das Spektrum der Flächen im Forstwesen sind. Hierfür werden 20 Flächen (vgl. *Abbildung 127*) aus dem FORST-GIS-Bayern ausgewählt, die sich von den 10 Testflächen aus *Kap. 6.8.3.4* (vgl. *Abbildung 125*) unterscheiden. Es wird wiederum auf eine möglichst große Vielfalt an Größe und Form geachtet.

Zusätzlich werden drei regelmäßig-geometrische Flächen als Musterflächen verwendet. Es handelte sich dabei um die Flächen 1 (Quadrat), 3 (Rechteck) und 8 (Rechteck mit extremalen Eigenschaften, Schlauch) aus *Abbildung 124* mit einem Diskretisierungsintervall von 25 m. Die Fläche 8 wird allerdings in der Länge von 5 000 m auf 500 m gekürzt, um Realitätsnähe zu erreichen. Diese 23 Musterflächen, für welche die Standardabweichungen über das FFG berechnet ist, dienen als Grundlage der im folgenden durchgeführten Kalibrierung.

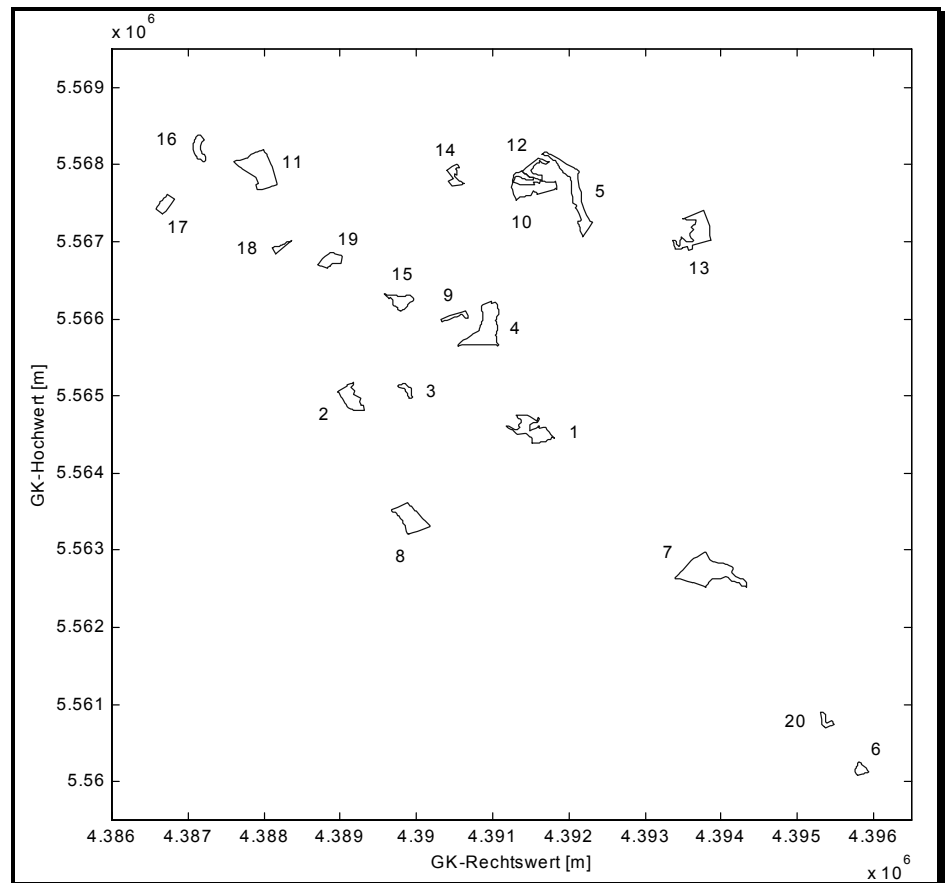


ABBILDUNG 127: 20 BELIEBIG AUSGEWÄHLTE MUSTERFLÄCHEN AUS DEM FORST-GIS BAYERN (FORSTAMT BAD KÖNIGSHOFEN) ZUR KALIBRIERUNG DER MAGNUSSEN-FORMEL

Die Bestimmung der unbekannt Parameter sollte zunächst über eine Kleinste-Quadrate-Ausgleichung nach Gauß-Markov („vermittelnde Ausgleichung“) erfolgen. Dabei werden die FFG-Standardabweichungen der Musterflächen als Beobachtungen in die Ausgleichung eingeführt. Die Beschreibung dieser Ausgleichung ist in *Kap. 6.4.5.1 der Anlage* vorgenommen; ebenso die tabellarische Auflistung der Ergebnisse.

Auf Grundlage der 23 Musterflächen erhält man folgende Parameter:

$$\alpha = 1,47; \beta = 1,71; \delta = 0,54; \gamma = 4,15; \theta = -0,64; \varepsilon = 0$$

Damit ergibt sich für die Abschätzung der Standardabweichung einer Polygonfläche des bayerischen Staatsforstes folgende neu kalibrierte Formel (Ergebnis in [%]):

$$CV = \sigma^{1,47} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,71} \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^{0,54} \cdot \exp(4,15 - 0,64 \cdot c) \quad (7.15)$$

Der tabellarische Vergleich in *Tabelle 41 im Anhang F 8* am Ende dieser Arbeit zwischen den Standardabweichungen der Flächen aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz und der neu kalibrierten Formel am Beispiel der für die Kalibrierung verwendeten 20 Flächen aus dem FORST-GIS und 3 regelmäßigen Flächen unter der Annahme gleichgenauer Stützpunkte mit $\sum P = 5$ m liefert alle relevanten Werte für die Musterflächen

Zum Vergleich sind in der *Tabelle 42 im Anhang F 8* die gleichen Werte bei Anwendung der MAGNUSSEN-Formel zusammengefasst. Hier ist die Summe der Fehlerquadrate mit 46,6 [%²] um ein Vielfaches höher als bei der neu kalibrierten Formel (1,1 [%²]). Auch der Mittelwert des Fehlervektors (0,82%) ist wesentlich größer als zuvor (-0,02%). Bei Betrachtung der übrigen statistischen Werte zeigen sich bei MAGNUSSEN die typischen Merkmale. Es wird überwiegend zu pessimistisch geschätzt. Die Standardabweichung weicht im Schnitt 40% von den tatsächlichen Werten ab und der maximale Fehler liegt bei knapp 80%.

Für die neu kalibrierte Formel werden dagegen wesentlich bessere Ergebnisse erzielt. Ein durchschnittlicher Fehler von 11% und eine maximale Abweichung von 28% sind angesichts eines empirischen Ansatzes vielversprechende Resultate. Für eine Anwendung in der Bayerischen Staatsforstverwaltung würde sich allerdings negativ auswirken, dass die Hälfte der Musterflächen zu optimistisch, d.h. mit zu kleinen Standardabweichungen, geschätzt wird. Die Untersuchung ihrer Leistungsfähigkeit wird unter 3) vorgenommen.

Es wird zudem aus Gründen der Übersichtlichkeit eine etwas vereinfachte Form von (7.15), bei der die Exponenten auf eine Nachkommastelle gerundet sind, in 3) auf ihre Leistungsfähigkeit hin untersucht:

$$CV = \sigma^{1,5} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^{0,5} \cdot \exp(4,2 - 0,6 \cdot c) =$$

$$\sqrt{\sigma^3} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,7} \cdot \sqrt{\left(\frac{S}{n}\right)} \cdot \exp(4,2 - 0,6 \cdot c) \quad (7.16)$$

2) Übergang von mittlerem Punktfehler auf mittlere Pufferbreite

Eine Anpassung an die Bedürfnisse der Bayerischen Staatsforstverwaltung erfordert neben einer Kalibrierung für „forsttypische“ Flächen auch den Übergang vom Koordinatenfehler zu der im Staatsforst üblichen Pufferbreite. Es wird ein Ansatz gesucht, in dem die Pufferbreiten bzw. die mittlere Pufferbreite (p) einer Flächenbegrenzungslinie direkt eingehen.

Ausgehend von der neu kalibrierten Formel wird der nötige Koordinatenfehler durch die Pufferbreite ersetzt. Zur Umrechnung dient die Gleichung (7.14). Der Ansatz (7.15) wird damit zu:

$$CV = \left(\frac{p}{\sqrt{2}}\right)^{1,47} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,71} \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^{0,54} \cdot \exp(4,15 - 0,64 \cdot c) \quad (7.17)$$

bzw. mit gerundeten Exponenten:

$$CV = \left(\frac{p}{\sqrt{2}}\right)^{1,5} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^{0,5} \cdot \exp(4,2 - 0,6 \cdot c) =$$

$$\sqrt{\left(\frac{p}{\sqrt{2}}\right)^3} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,7} \cdot \sqrt{\left(\frac{S}{n}\right)} \cdot \exp(4,2 - 0,6 \cdot c) \quad (7.18)$$

Weil die Pufferbreite in den Linienendpunkten gleich dem mittleren Punktfehler nach HELMERT ist, besitzt die Formel bei Verwendung des Punktfehlers anstelle des Koordinatenfehlers dieselbe Form wie (7.18):

$$CV = \left(\frac{\sigma_p}{\sqrt{2}}\right)^{1,47} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,71} \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^{0,54} \cdot \exp(4,15 - 0,64 \cdot c) \quad (7.19)$$

bzw. mit gerundeten Exponenten:

$$CV = \left(\frac{\sigma_p}{\sqrt{2}}\right)^{1,5} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^{0,5} \cdot \exp(4,2 - 0,6 \cdot c) =$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_p}{\sqrt{2}}\right)^3} \cdot \left(\frac{S}{A}\right)^{1,7} \cdot \sqrt{\left(\frac{S}{n}\right)} \cdot \exp(4,2 - 0,6 \cdot c) \quad (7.20)$$

Die in den Gleichungen (7.17) und (7.18) angegebene Pufferbreite entspricht der mittleren Pufferbreite einer Flächengrenze. Für die mittlere Pufferbreite gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Das einfache arithmetische Mittel wird berechnet nach:

$$p = p_{arithm.Mittel} = \frac{\sum p_i}{n} \quad (7.21)$$

mit p_i = Pufferbreite der i . Polygonseite, n = Anzahl Polygonseiten

2. Das über die zugehörige Polygonseitenlänge gewichtete Mittel der Pufferbreiten wird berechnet nach:

$$p = p_{gewicht.Mittel} = \frac{\sum (l_i \cdot p_i)}{\sum l_i} = \frac{\sum (l_i \cdot p_i)}{S} \quad (7.22)$$

mit l_i = Länge der i . Polygonseite, S = Polygonumfang

Aus logischen Gesichtspunkten erscheint das gewichtete Mittel unter 2. als das geeignetere. Die Unsicherheit einer längeren Polygonseite besitzt einen größeren Einfluss auf die Qualität einer Fläche als die einer kurzen. Dagegen bringt das einfache arithmetische Mittel unter 1. Vorteile im Berechnungsaufwand. Es ist nicht erforderlich, für alle Polygonseiten die jeweilige Länge zu berechnen. Bei den Untersuchungen im nachfolgenden Abschnitt 3) dieses Kapitels werden beide Mittel gegenübergestellt, um eine Entscheidung treffen zu können, welches der beiden eine bessere Abschätzung erlaubt.

3) Untersuchung und Vergleich des neuen Schätzverfahrens anhand ausgewählter Beispiele

Für den geplanten Einsatzzweck muss überprüft werden, inwiefern die neu kalibrierte Abschätzung (7.15) bzw. (7.16) an die tatsächlichen Ergebnisse des Fehlerfortpflanzungsgesetzes herankommt. Die Qualität der MAGNUSSEN-Formel soll verbessert werden, ohne den pessimistischen Trend dieser Abschätzung zu verlieren. Gelingt ein Übereinstimmen der mit dem neuen Verfahren erzielten Standardabweichungen mit den FFG-Werten auf der Rundungsgenauigkeit von 0,1 Hektar, so ist das mit der Kalibrierung verfolgte Ziel erreicht.

Zur Vollständigkeit werden in *Kap. 6.4.5.4 der Anlage* alle relevanten Ergebnistabellen geführt. Stattdessen soll hier eine Diskussion der Ergebnisse genügen.

a) AUSWIRKUNG DER KONFIGURATION EINER FLÄCHE

Der Einfluss der Konfiguration einer Fläche auf die Qualität der MAGNUSSEN-Abschätzung wurde bereits in *Kap. 6.8.3.4 unter 2)* untersucht. Zusätzlich werden im Folgenden noch die Auswirkungen der Flächengeometrie auf die neu kalibrierte Formel beschrieben. Dafür werden wiederum die Testflächen mit gleichgenauen Stützpunkten (*Abbildung 124*) verwendet. Mit einer durchschnittlichen Abweichung von 28% bzw. 31% (gerundete Version) erreicht die neu kalibrierte FORST-GIS-Abschätzung deutlich bessere Werte als MAGNUSSEN. Ähnlich wie MAGNUSSEN schätzt auch die FORST-GIS-Formel überwiegend zu pessimistisch. Eine sehr gute Übereinstimmung mit den FFG-Werten zeigen wiederum die kompakten Flächen 5 und 6 (regelmäßiges Fünf- und Sechseck). Die Ergebnisse für die FORST-GIS-Formel mit gerundeten Koeffizienten sind ähnlich. Die Schätzungen fallen um etwa fünf Prozentpunkte pessimistischer aus als bei der Verwendung von zwei Nachkommastellen in den Exponenten.

Für die realen Flächen aus dem FORST-GIS (*Abbildung 125*) werden bessere Ergebnisse erzielt. Ein mittlerer Fehler von 16% für die FORST-GIS-Formel gegenüber 48% von MAGNUSSEN macht dies deutlich. Auch eine maximale Abweichung von 46% bzw. 59% bedeutet eine wesentliche Verbesserung. Zudem werden die Maximalwerte für die Ausnahmefläche 10 (0,5 ha Flächengröße) erreicht. Die gerundeten Koeffizienten bewirken erneut eine Verschiebung der geschätzten Standardabweichungen hin zu einem pessimistischeren Trend um ca. fünf Prozentpunkte.

Wenn anstelle der prozentualen Anteile die Absolutwerte der Standardabweichungen betrachtet werden, liegen alle Abweichungen zum FFG signifikant unter der Rundungsgenauigkeit von 0,1 ha. Ein mittlerer Fehler von 0,01 ha und eine maximale Abweichung von 0,03 ha zeigen ein gutes Ergebnis. Dadurch ist gewährleistet, dass sich bei der Rundung der Standardabweichungen auf den zehntel Hektar keine oder höchstens eine Abweichung von 0,1 ha ergibt. Letzteres ist der Fall bei ungünstigen Rundungsverhältnissen.

Die 10 Flächen aus dem Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ (*Abbildung 126*) bescheinigen der neu kalibrierten Formel eine noch bessere Leistung. Durchschnittliche 11% bzw. 15% (gerundete Koeffizienten) Abweichung von den FFG-Standardabweichungen stellen ein akzeptables Ergebnis dar. Ein maximaler Fehler von unter 30% liegt noch unter der durchschnittlichen Abweichung der MAGNUSSEN-Formel.

Die Leistung der neu kalibrierten Formel bei unterschiedlichen Flächenkonfigurationen und gleichgenauen Stützpunkten lässt sich wie folgt beurteilen:

1. Die FORST-GIS-Formel schätzt überwiegend pessimistischer als die über das Fehlerfortpflanzungsgesetz ermittelten Standardabweichungen.
2. Der durchschnittliche Fehler der neuen Abschätzung liegt bei realen Flächen zwischen 10% und 20%, bei den künstlichen geometrischen Figuren um die 30%. Der Grund hierfür ist die geringe Anzahl an regelmäßig-geometrischen Flächen bei der Kalibrierung.
3. Der maximale Fehler beläuft sich bei den realen Flächen auf etwa 30% bis 60%.
4. Die Abweichungen der MAGNUSSEN-Formel von den exakten FFG-Werten sind im Schnitt um den Faktor zwei bis drei größer als die Abweichungen der neu kalibrierten Formel. Nur bei wenigen Ausnahmen schätzt die FORST-GIS-Formel schlechter als MAGNUSSEN.

→ Für Flächen mit gleichgenauen Stützpunkten liefern die neu kalibrierten FORST-GIS-Formeln fast ausschließlich deutlich bessere Ergebnisse als die MAGNUSSEN-Abschätzung.

b) AUSWIRKUNG DER KOVARIANZMATRIX

Folgende Versuchsanordnungen sollen zeigen, ob die Qualität der FORST-GIS-Formel, die sie für Flächen mit gleichgenauen Stützpunkten bietet, auch bei variablen Stützpunktgenauigkeiten erhalten bleibt.

Es werden für die Testflächen aus *Abbildung 124* (regelmäßig-geometrisch) und *Abbildung 125* (FORST-GIS) die Standardabweichungen über das FFG durch Einführung einer Kovarianzmatrix berechnet. Dabei wird wie auch zuvor davon ausgegangen, dass sowohl zwischen x - und y -Komponente eines Punktes als auch zwischen verschiedenen Punkten keine Korrelationen bestehen. Die Kovarianzmatrix bildet damit eine Diagonalmatrix mit den Koordinatenfehlern der Stützpunkte auf der Hauptdiagonalen alternierend in x - und y -Richtung. Die Koordinatenfehler für die regelmäßig-geometrischen Flächen ermittelt auch diesmal ein Zufallsgenerator. Im Falle der FORST-GIS-Flächen werden die zur Verfügung stehenden Pufferbreiten verwendet und der Koordinatenfehler daraus bestimmt. Für die Flächen des Referenz-GIS wird auf eine Untersuchung mit unterschiedlich genauen Stützpunkten verzichtet.

Um die Qualität der Abschätzungen nach MAGNUSSEN und nach der in dieser Arbeit kalibrierten Formel untersuchen zu können, werden ebenfalls über diese Verfahren die Standardabweichungen für obige Konstellationen geschätzt. Neben den allgemeinen Flächenkennzeichen (Anzahl Stützpunkte, Umfang, Fläche, Umfangsverhältnis) geht in die Abschätzungen auch der mittlere Koordinaten- bzw. Punktfehler oder die mittlere Pufferbreite ein. Dafür gibt es nach 2) grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

- einfaches arithmetisches Mittel
- über die zugehörige Polygonseitenlänge gewichtetes Mittel

i) *Abschätzung mit einfach gemitteltem Punktfehler/Pufferbreite*

Das einfache arithmetische Mittel besticht durch seine Vorteile im Berechnungsaufwand. Es ist nicht nötig, aus den Koordinaten der Stützpunkte die Längen aller Polygonseiten zu berechnen, was bei zahlreichen Flächen mit sehr vielen Stützpunkten eine erhebliche Steigerung der Systemperformance mit sich bringt. Zudem müssen die Koordinaten der Stützpunkte nicht an die Berechnungsfunktion übergeben werden, was eine Verringerung des Datentransfers bedeutet. Die Berechnung des einfachen arithmetischen Mittels erfolgt nach (7.21). Die Bestimmung des für MAGNUSSEN benötigten mittleren Koordinatenfehlers erfolgt analog.

Insgesamt lässt sich erkennen, dass die kalibrierten Ansätze auch für regelmäßige Flächen mit unterschiedlich genauen Stützpunkten brauchbare Ergebnisse liefern. Sie liegen überwiegend näher an den FFG-Werten als die MAGNUSSEN-Abschätzung. Der allzu optimistische Trend der Schätzungen ist dagegen bedenklich.

Fazit für die Auswirkungen der Kovarianzmatrix (σ als einfaches arithmetisches Mittel):

1. Die Tendenz der FORST-GIS-Formel für Flächen mit unterschiedlich genauen Stützpunkten ist nicht einheitlich. Während für die Forstflächen eindeutig zu pessimistisch geschätzt wird, ist bei den regelmäßig-geometrischen Figuren das Verhalten eher regellos.
2. Der durchschnittliche Fehler der neuen Abschätzung liegt bei realen Flächen zwischen 20% und 30%, bei den künstlichen geometrischen Figuren um die 20%.
3. Der maximale Fehler beläuft sich bei den realen Flächen auf etwa 50% bis 60%.
4. Die Abweichungen der MAGNUSSEN-Formel von den FFG-Werten sind im Schnitt um den Faktor „2“ größer als die Abweichungen der neu kalibrierten Formel. Nur bei Ausnahmen unter den künstlichen Figuren schätzt die FORST-GIS-Formel schlechter als MAGNUSSEN.

→ Die neu kalibrierten Formeln erzielen auch für Flächen mit unterschiedlich genauen Stützpunkten (σ als einfaches arithmetische Mittel) durchgehend bessere Ergebnisse als die MAGNUSSEN-Abschätzung. Die Kovarianzmatrix - vorausgesetzt es handelt sich um eine Diagonalmatrix - besitzt keinen Einfluss auf die Qualität der Abschätzungsverfahren.

ii) *Abschätzung mit gewichtetem mittlerem Punktfehler/Pufferbreite*

Die Qualität einer Fläche wird durch die Unsicherheit einer längeren Polygonseite stärker beeinflusst als durch die einer kurzen. Daher erscheint das gewichtete Mittel als geeigneter. Die Berechnung der gewichteten mittleren Pufferbreite erfolgt nach (7.22). Bei Berechnung des mittleren Koordinatenfehlers ist zu beachten, dass sowohl die ankommende als auch die abgehende Linie eines Stützpunktes in die Gewichtung miteinbezogen werden muss.

Auch mit dem gewichteten Mittel zeigt sich bei allen drei Schätzverfahren eine Verbesserung der Abschätzungsqualität. Die FORST-GIS-Formeln können bei variablen Genauigkeiten ihre durchschnittliche Abweichung von etwa 30% auf 22% verringern.

Fazit für die Auswirkungen der Kovarianzmatrix (σ als gewichtetes Mittel):

1. Die Tendenz der FORST-GIS-Formel für Flächen mit unterschiedlich genauen Stützpunkten ist nicht einheitlich: Während für die Forstflächen überwiegend zu pessimistisch geschätzt wird, ist bei den regelmäßig-geometrischen Figuren das Verhalten eher regellos.
2. Der durchschnittliche Fehler der neuen Abschätzung liegt bei realen Flächen zwischen 20% und 30%; bei den künstlichen geometrischen Figuren um die 20%.
3. Der maximale Fehler beläuft sich bei den realen Flächen auf etwa 60% bis 70%.
4. Die Abweichungen der MAGNUSSEN-Formel von den FFG-Werten sind im Schnitt um den Faktor „2“ größer als die Abweichungen der neu kalibrierten Formel. Nur bei wenigen Ausnahmen, die unter den geometrischen Figuren zu finden sind, schätzt die FORST-GIS-Formel schlechter als MAGNUSSEN.

→ Die neu kalibrierten Formeln erzielen auch bei Einführung von σ als gewichtetes Mittel durchgehend bessere Ergebnisse als die MAGNUSSEN-Abschätzung. Die Kovarianzmatrix - vorausgesetzt es handelt sich um eine Diagonalmatrix - besitzt keinen Einfluss auf die Qualität der Abschätzungsverfahren.

iii) Auswirkungen der unterschiedlichen Mittelbildung

Zur Beurteilung, welche Mittelbildung qualitativ bessere Abschätzungen liefert, müssen die Ergebnisse aus den beiden vorhergehenden Kapiteln gegenübergestellt werden.

In Absolutwerten ausgedrückt sind die Differenzen zwischen den Schätzungen mit den unterschiedlichen Mittelwerten nur sehr gering. Maximal beträgt hier der Unterschied lediglich 0,01 ha. Bei den mittleren Fehlern sind sogar keine Abweichungen vorhanden.

Für die Auswirkungen der unterschiedlichen Mittelbildung lässt sich zusammenfassen:

1. Sowohl für die regelmäßig-geometrischen Figuren als auch für die Forstflächen liefert das einfache arithmetische Mittel gegenüber dem gewichteten Mittel bessere Ergebnisse.
2. Die Differenzen liegen mit maximal 0,01 ha deutlich unter der Rundungsgenauigkeit von 0,1 ha.
3. Der Rechenaufwand für das arithmetische Mittel ist geringer.

→ Das einfache arithmetische Mittel ist für die Abschätzung der Standardabweichung einer Fläche besser geeignet als das gewichtete.

6.8.3.6 BEWERTUNG UND RESÜMEE

Die zu Beginn an die Kalibrierung gestellten Forderungen sind erfüllt. Eine Schätzung der Standardabweichung einer Fläche ist auf dem Niveau der im Forstwesen üblichen Rundungsgenauigkeit möglich. Die Konstellation einer Fläche (gleichgenaue Stützpunkte oder unterschiedliche Genauigkeiten) beeinflusst das Ergebnis der Abschätzung nicht. Außerdem kann die übliche Pufferbreite ohne Umrechnung direkt in die Abschätzungsformel eingesetzt werden.

Für die Übertragbarkeit der neu kalibrierten Abschätzungsmethode auf andere Anwendungen außerhalb des FORST-GIS-Bayern bzw. des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ müssen einige Punkte beachtet werden. Die abzuschätzenden Flächen sollten in ihrem Typ in etwa den hier verwendeten Kalibrierungsflächen entsprechen. Darunter sind in erster Linie Ähnlichkeiten in Form und Größe zu verstehen. Weiterhin muss darauf geachtet werden, dass die Genauigkeit der gewünschten Anwendung im Bereich von 0,1 ha liegt.

Durch diese Forderungen ergeben sich neben forstlichen Anwendungen vor allem im Bereich der Umweltinformationssysteme potentielle Einsatzgebiete für dieses Schätzverfahren. Bei einer Anwendung auf Flächentypen, die sich deutlich von typischen (Wald-) Bestandesflächen unterscheiden, wäre eine Neukalibrierung über das aufgezeigte Verfahren erforderlich.

6.8.3.7 ANWENDUNG IM FORST-GIS-BAYERN UND REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Um die Anwendungsgebiete der neu kalibrierten Formel im FORST-GIS-Bayern und damit auch in den forstlichen Teilen des Referenz-GIS aufzuzeigen, ist es notwendig, die Grenz- und Flächenhierarchie der Forsteinrichtung Bayerns näher zu beleuchten. Für die Grenzlinien gibt es nach [86] LOTHER (1999) folgende Abstufungen (vgl. auch Kap. 6.2.1):

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Staatswaldgrenze | (Flurstücksgrenze) |
| 2. Wege/Gewässer | (topographische Linie/scharf) |
| 3. ständige forstwirtschaftliche Grenzen | (topographische Linie/unscharf) |
| 4. Bestandsgrenzen | (Vegetationsübergang) |

Die Grenzlinien werden durch Zuweisung in verschiedene Ebenen (FORST-GIS) bzw. Themen (Referenz-GIS) (nach Hierarchiestufe) kodiert. Durch diese Trennung erfolgt ein impliziter Verweis auf die zugehörigen Genauigkeiten bzw. Pufferbreiten (vgl. Kap. 6.8.3.4 unter 1a).

Die Flächen-Hierarchie ist folgendermaßen strukturiert:

- a) Forstamt → b) Distrikt → c) Abteilung → d) Bestand

Für diese fachliche Bedeutung erfolgt die Codierung durch ein zusätzliches Attribut zu den einzelnen Flächen, welches als datensatz-begleitende und damit file-basierte Meta-Information an die betreffende Geometrie angefügt wird. Näheres hierzu ist *Kap. 4.8* zu entnehmen.

Die neu kalibrierte Abschätzungsmethode wird zum einen bei der Flächenberechnung zur zusätzlichen Bestimmung der Flächenqualität eingesetzt. Sie wird hier unabhängig von der Hierarchiestufe sowohl auf Abteilungsebene auch auf Bestandsebene verwendet.

Ein weiteres Einsatzgebiet ergibt sich durch die direkte Anwendung der Pufferbreite in der Abschätzungsformel. Bei Flächenverschneidungen müssen nicht, wie in [76] KRAUS, LUDWIG (1998) und [18] BILL, KORDUAN (1998) beschrieben, die Genauigkeiten der entstehenden Schnittpunkte über das Fehlerfortpflanzungsgesetz ermittelt werden. Dies würde ähnlich der Berechnung der Flächenstandardabweichung zur Programmierung umfangreicher Matrizenoperationen führen.

Dagegen kann bei Verwendung der Pufferbreite davon ausgegangen werden, dass die neuen Flächenbegrenzungslinien die fachliche Bedeutung, und damit auch die Pufferbreiten, der alten Grenzen erben. Somit kann nach der Verschneidung die Qualität der neu entstandenen Flächen sofort über die vererbten Pufferbreiten wieder abgeschätzt werden. Damit ist eine Beurteilung möglich, ob die durch die Verschneidung entstandenen Flächen den geforderten Mindestgrößen genügen und ob die Genauigkeiten der neuen Flächen noch sinnvolle Ergebnisse aufweisen.

Eine Anwendung im Falle des Nationalparks Bayerischer Wald und damit für das Referenz-GIS ist unmittelbar abzusehen. Hier steht die Forsteinrichtung für weite Teile des Falkenstein-Rachel-Gebietes noch aus. Die Forsteinrichtung des Rachel-Lusen-Gebietes ist inzwischen 10 Jahre alt und damit neu anstehend.

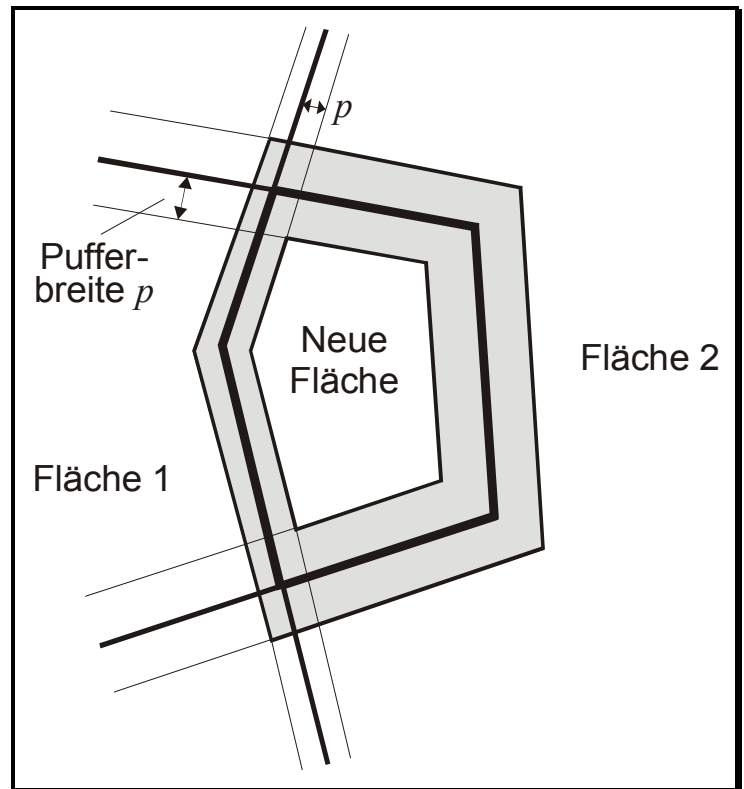


ABBILDUNG 128: VERERBUNG DER PUFFERBREITEN BEI FLÄCHENVERSCHNEIDUNGEN

Nach *Kap. 6.8.3.3* ist es zur Anwendung der MAGNUSSEN-Formel und damit auch der Kalibrierungsergebnisse mindestens notwendig, den mittleren Punktfehler von Polygonstützpunkten als zusätzliche Meta-Information datensatz-begleitend zu führen. Weil die Forsteinrichtungsdaten mit Hilfe des FORST-GIS-Bayern erhoben und diese erst anschließend von dort in das Referenz-GIS übernommen werden, ist gesichert, dass für die Bestandesflächen alle zur Anwendung der kalibrierten MAGNUSSEN-Formel notwendigen Indikatoren *mittlerer Punktfehler*, *Polygonumfang*, und *-Fläche* sowie *Anzahl der Stützpunkte* als Meta-Informationen zur Verfügung stehen werden.

Die Anwendbarkeit der Ergebnisse dieses Kapitels für relevante Datenbestände innerhalb des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist damit datentechnisch gegeben. Das Meta-Datenkonzept des Referenz-GIS liefert darüber hinaus den systemtechnischen Beitrag hierzu. Die dort gebotene Möglichkeit der Führung von datensatz-begleitenden und zugleich file-basierten Meta-Daten stellt die unmittelbare Voraussetzung einer datenbestandsweiten und automatisierten Flächen-Qualitätsanalyse nach obiger Methode dar.

Kapitel 7: ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

7.1 ERREICHTER ENTWICKLUNGSSTAND (Januar 2002)

Am Fachgebiet Geoinformationssysteme der Technischen Universität München wurde seit 1996 das Referenz-Geoinformationssystem „Nationalpark Bayerischer Wald“ in enger Zusammenarbeit mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung, der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und der Bayerischen Vermessungsverwaltung entwickelt und aufgebaut. Es wird laufend weiterentwickelt und fortgeführt. Es liegen derzeit weit mehr als 800 amtliche, behördliche, privatwirtschaftliche und internationale Geo-Datensätze aus ca. 90 verschiedenen Datenquellen zahlreicher beteiligter Institutionen mit einem Datenvolumen von mehr als 20 GByte vor. Darüber hinaus existieren mehrere relationale Sach-Datenbanken und eine zentrale Meta-Datenbank.

Mit dem Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ als fachübergreifende Forschungsplattform für die Geoinformatik existiert einerseits an der TU München ein vollständig dokumentierter und in der BRD sicherlich führender GIS-Datenbestand mit einer für die universitären Zwecke der Forschung und Lehre beispiellosen Vielfalt. Auf der anderen Seite wurde damit für die Bayerische Staatsforstverwaltung und die zugehörige Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald im Besonderen eine Plattform für moderne Präsentations- und Analyse-Techniken geschaffen. Sie bietet umfassende Möglichkeiten, sich mit den aktuellen Problematiken des Nationalparks wissenschaftlich auseinander zu setzen.

Weil die Einführung und die Nutzung eines Geoinformationssystems im Nationalpark Bayerischer Wald unter der Fachaufsicht des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF) erfolgen muss, konnte für den gesamten Projektzeitraum von einer engen Kooperation mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung und der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald ausgegangen werden. Hierzu existiert neben zahlreichen fachlichen Beziehungen ein Kooperationsvertrag, der den Know-how-Transfer zwischen der Technische Universität München und der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald zum Ziel hat. Die Vertragspartner verpflichten sich darin zur wissenschaftlichen und technischen Zusammenarbeit auf dem Sektor der Geoinformationssysteme.

7.2 ERFAHRUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Das zu Beginn gesetzte Ziel, mit dieser Arbeit einen international bedeutsamen Referenz-Datenbestand für eine fachübergreifende und grenzüberschreitende GIS-Lehre und -Forschung aufzubauen, konnte vollständig erreicht werden. Die zeitlichen und finanziellen Aufwendungen datentechnischer Vorarbeiten für aktuelle und zukünftige Forschungsvorhaben werden durch die nun vorliegende Forschungsplattform nachhaltig reduziert. Die in der Region des Nationalparks Bayerischer Wald verfügbare, einzigartige Daten-Vielfalt und -Fülle konnte mit Hilfe des Referenz-GIS umfassend akquiriert, integriert und dokumentiert werden. Die hierbei realisierte Symbiose von Natur und Technik unterstreicht den Erfolg dieser Arbeiten. Mit dem Referenz-GIS verfügt das Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München nunmehr über den wohl vollständigsten und am besten dokumentierten Datenbestand zum Nationalpark Bayerischer Wald. Ein derart umfassender Datenbestand für die GIS-Lehre und Forschung dürfte zumindest innerhalb der BRD einzigartig sein. Die uneingeschränkte Übernahme des Referenz-GIS in die Verfahrensabläufe der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald ist ein Ergebnis dieser Bemühungen.

Die besonderen Herausforderungen der vorliegenden Arbeit bestanden zum einen in der anfänglichen Fülle und der damit verbundenen Unüberschaubarkeit der verfügbaren Daten verstärkt durch deren Heterogenität und Verteilung. Die Erfolge der ersten Recherchen 1996 und der sich daraus laufend ergebenden neuen Datenquellen brachten weitere Anreize mit sich. Das bereits Anfang der 90er bis dato in der Öffentlichkeit viel diskutierte Problem der Waldschädigung im Nationalpark Bayerischer Wald durch den Borkenkäfer und anthropogene Einflüsse konnte trotz politischer Anlaufschwierigkeiten als erste echte Anwendung des Referenz-GIS realisiert werden. Eine entscheidende Herausforderungen stellte die Entwicklung des zugehörigen Meta-Datenkonzeptes in Verbindung mit den diskutierten Defiziten der Meta-Datenstandardisierung in GIS dar. Die weiteren Anwendungen des Referenz-GIS waren jede für sich interessant und von individuellen Problemen begleitet. An dieser Stelle ist vor allem die Bearbeitung der 3D-/4D-Aufgabenstellungen sowie die Integration der grenzüberschreitenden Datenbestände des Landschaftsschutzgebietes Šumava hervorzuheben.

Ähnlich geartete Nachfolgeprojekte sollten grundsätzlich berücksichtigen, was sich mit den Arbeiten am Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ bestätigt hat:

- Verwendung von Standardprodukten für GIS- und Datenbank-Software
- größtmögliche Nutzung vorhandener Standards und -Normen der Geoinformatik (Formate, Schnittstellen)
- Konzeption einer möglichst flexibel erweiterbaren Systemarchitektur
- laufende Miteinbeziehung potentieller Nutzer

Die wichtigste Empfehlung nach Abschluss der Arbeit für die weitere effektive Nutzung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ ist die konsequente Fortführung des Gesamtsystems nach den Vorgaben der *Anlage (wissenschaftlich-technische Dokumentation zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“)*. Dieses ca. 1 300 Seiten umfassende Dokument ermöglicht die reibungslose Übergabe des Systems an die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald als Projektpartner und an nachfolgende Projektverantwortliche an der TU München. Die Beachtung aller dort aufgeführten Vorgaben sichert den Fortbestand des Referenz-GIS nachhaltig. Eine laufende Aktualisierung durch das Fachgebiet GIS ist daher notwendig.

7.3 BEWERTUNG DER ERZIELTEN EINZELERGEBNISSE

Die intensive Nutzung und Weiterentwicklung der Forschungsplattform in national und international bedeutsamen Forschungsprojekten bestätigt die mit dieser Arbeit geleistete Wertschöpfung sowohl für die Geoinformatik als auch für die beteiligten Institutionen aus der Praxis.

GIS-Lehre: Der Aufwand für die Akquirierung und Integration von verteilten, heterogenen Geo-Daten ist erfahrungsgemäß enorm. Das ehrgeizige Ziel, für die GIS-Lehre an der TU München praxisnahe Projekte zu schaffen und zugleich diesen zeitlichen Overhead zu vermeiden, war der Anlass, das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ zu realisieren. Es wird seit längerem für Studenten der Geodäsie und Geoinformation wie auch der Geographie als Anschauungs- und Lehrobjekt in Vorlesungen und Praktika eingesetzt. Zudem wurden am Fachgebiet Geoinformationssysteme bislang 13 Diplomarbeiten hierzu erfolgreich abgeschlossen.

Das GIS bietet dem Fachgebiet nunmehr die einmalige Perspektive, eine GIS-Ausbildung von einer ersten Einführung in die Materie über Grundlagen-Praktika bis hin zu einer Spezialausbildung im Rahmen von GIS-Vertiefungsveranstaltungen aufzubauen. Im Zuge der aktuellen Studienreform des Studienganges „Geodäsie und Geoinformation“ an der TU München sind weitere Anwendungsszenarien vorgesehen. Darüber hinaus werden derzeit ausgewählte Datenbestände und Modellstrukturen des Referenz-GIS im Rahmen des Förderprogramms des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Neue Medien in der Hochschullehre“ über eine Kooperation von insgesamt 9 universitären Geoinformatik-Institutionen in Form des Verbundprojektes „Geoinformation - neue Medien für die Einführung eines neuen Querschnittsfaches“ zur Verbesserung der bundesweiten GIS-Lehre herangezogen.

Geoinformatik bzw. GIS-Forschung: Die Forschungsplattform Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ bildet bereits seit einiger Zeit die Basis für zahlreiche, interdisziplinäre Forschungsprojekte. An dieser Stelle sind vor allem drei im Rahmen des High-Tech-Offensive Projekts 33: „Forschung über Waldökosysteme“ laufende und von der Bayerischen Staatsregierung finanzierte Projekte des Institutes für Geodäsie, GIS und Landmanagement der TU München, dem auch das Fachgebiet Geoinformationssysteme angehört, zu nennen. Alle diese Projekte beforschen Themen der Geoinformatik und haben die Inhalte und Strukturen des Referenz-GIS zur Grundlage. Ebenso konnte das 2000 von der Bayerischen Vermessungsverwaltung in Auftrag gegebene Forschungsprojekt „OmniGIS“ unter Nutzung des Referenz-GIS sowie des in diesem Zusammenhang verfügbaren Know-hows durchgeführt werden.

Mit der vorliegenden Arbeit sollten schwerpunktmäßig erweiterte Meta-Datenstrukturen für heterogene und verteilte georäumliche Datenbestände in GIS zur nachhaltigen Nutzung und Sicherung der realisierten Forschungsplattform wissenschaftlich untersucht werden. Der hier behandelte Beitrag zu Meta-Daten in der Geoinformatik ist für die GIS-Forschung von Bedeutung. Das entwickelte Meta-Informationssystem liefert innovative Ansätze zur Nutzung von Meta-Datenstandards in Geoinformationssystemen. Es ermöglicht das Management und die Mehrfachnutzung von heterogenen Geo-Daten und zeigt die stark zunehmende Bedeutung der bislang häufig vernachlässigten Meta-Daten in GIS. Ein breiter Bedarf nach Aussagen über vorhandene Geo-Datenbestände, deren Nutzbarkeit und Qualität konnte belegt werden. Was bleibt, ist die Forderung nach einer entscheidenden Verbesserung der Akzeptanz von Meta-Daten und Meta-Datenstandards bei den Anwendern.

Vernetzung unterschiedlicher Fachgebiete an der TU München:

Das Referenz-GIS hat sich inzwischen zu einem der Vorzeige-Projekte der Technischen Universität in München entwickelt, was die Nennung des „Forschungsprojektes Referenz-Geoinformationssystem Nationalpark Bayerischer Wald“ (Forschungsstandort: „Freyung-Grafenau“) in einem Atemzug mit allen bedeutsamen Standorten und Projekten der Technischen Universität in der aktuellen Ausgabe der Broschüre zur TU München 2001 erkennen lässt.

Der Präsident der TU München Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang A. Herrmann betrachtet das Referenz-GIS als Verbundprojekt zur Integration unterschiedlicher Fakultäten und Fachbereiche. Es übernimmt daher einer Vorbildfunktion innerhalb der TU München.

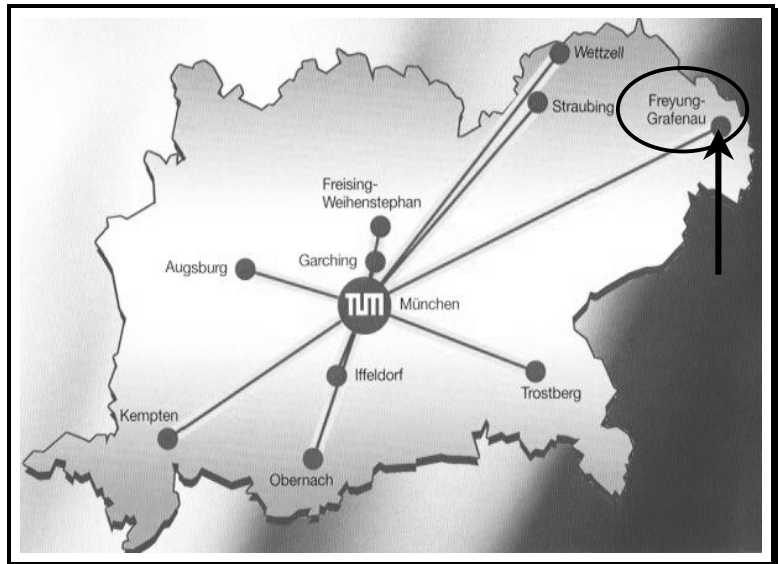


ABBILDUNG 129: AKTUELLE FORSCHUNGSSTANDORTE DER TU MÜNCHEN (BROSCHÜRE ZUR TU MÜNCHEN 2001)

Beiträge zur Anwendungspraxis für das BayStMLF: Das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten hatte über die Bayerische Staatsforstverwaltung bereits mehrfach Gelegenheit, Erkenntnisse und Inhalte des Referenz-GIS für sich zu nutzen. Zum einen geschieht dies laufend über die Verwendung des Gesamtsystems durch die dem BayStMLF untergeordnete Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald. Zum anderen hatten bereits Studien der Projektgruppe FORST-GIS-Bayern des BayStMLF zum Thema „Einführung dezentraler GIS-Komponenten an den Bayerischen Forstdirektionen und Forstämtern“ anhand der Forst-, Topographie- und Kataster-Komponenten des Referenz-GIS stattgefunden. Überdies war dort eine Nutzung von Teilen des Referenz-GIS im Rahmen von Diplomarbeiten zu Qualitätsaspekten in forstlichen Geoinformationssystemen erfolgt.

Das High-Tech-Offensive Projekt 33 wird unter der Federführung der Bayerischen Staatsforstverwaltung abgewickelt und beinhaltet daher Themen, die für das BayStMLF von höchstem Interesse sind.

Verbesserung der Öffentlichkeitsarbeit der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald: Das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wurde stets in enger Abstimmung und Kooperation mit der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald entwickelt. Daher sind die grundlegenden Interessen der NPV von Beginn an bei der System-Konzeption und -Realisierung mit berücksichtigt. Seit 1998 existiert parallel zur Forschungsplattform an der TU München eine Installation des Gesamtsystems bei der Nationalparkverwaltung in Grafenau mit regelmäßigen Wartungsintervallen und Updates durch das Fachgebiet Geoinformationssysteme.

Die Nationalparkverwaltung nutzt das System seither für:

- alle GIS-relevanten Aufgaben aus den Bereichen Forst und Kartographie
- die Präsentation von Planungs- und Forschungsergebnissen
- seine Öffentlichkeitsarbeit im Internet und in der Presse
- die Repräsentation der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald im Rahmen der 2. Multimedia-Tage in Freyung 1999 sowie der europäischen ESRI-Anwenderkonferenz 1999 in München

Seit Oktober 2001 festigt ein Kooperationsvertrag diese lange Jahre in beiderseitigem Einvernehmen gepflegte Beziehung. Alle Arbeiten am Referenz-GIS werden seither auf dieser Basis geregelt. Dabei stellt die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald der Technischen Universität München alle bei ihr vorhandenen Geo-Daten für Lehre und Forschung zur Verfügung, für die sie die Nutzungsrechte besitzt bzw. für die ihr die Nutzungsrechte übertragen sind. Die Technische Universität München integriert im Gegenzug die Daten in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sowie in die hierfür entwickelte Meta-Datenbank.

[104] NPV/TUM (2001)

Kommunale GIS-Anwender in der Region Bayerischer Wald: Kommunale Einrichtungen, wie die Landratsämter der beiden Nationalpark-Landkreise Regen und Freyung-Grafenau sowie die Anrainergemeinden des Parks, haben in Arbeitsgesprächen, Workshops und Seminaren mehrfach ihr Interesse an den Inhalten und Modellstrukturen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ bekundet. Eine Vielzahl der integrierten Datenbestände des Referenz-GIS könnte Grundlage für kommunale Anwendungen sein.

Wohl auch unter dem Eindruck der Referenz-GIS-Entwicklung am Fachgebiet Geoinformationssysteme konnten unter anderem diese beiden Landratsämter als Mitglieder des „Runden Tisches GIS e.V.“ an der TU München gewonnen werden. In diesem Zusammenhang kann als Erfolg verbucht werden, dass der Landkreis Regen ab 2002 mit Hilfe der Vorarbeiten des Referenz-GIS und einer dadurch mitbegründeten EU-Förderung die GIS-Einführung in einem 4-jährigen Projekt angehen kann. Im Dezember 2001 hatte der Kreistag des Landkreises Regen hierfür seine Zustimmung erteilt. Entsprechende Kooperationen sind zu erwarten.

Bayerische Vermessungsverwaltung: Neben internen Untersuchungen der BayVV zur endnutzerorientierten Präsentation amtlicher Geo-Basisdaten anhand des Referenz-GIS konnten die Erkenntnisse des Projektes „OmniGIS“ für die Bayerische Vermessungsverwaltung als Auftraggeber nutzbringend verbucht werden.

7.4 AUSBLICK

Am Fachgebiet Geoinformationssysteme werden gezielt Fragen der Systemarchitektur von Geoinformationssystemen und speziell die Nutzung von **Objekt-Relationalen DatenbankManagementSystemen (ORDBMS)** zur Informations-Modellierung und -Verarbeitung in GIS untersucht. Im Rahmen des Regionalprojektes „Niederbayern“ (33: Forschung über Waldökosysteme) der **High-Tech-Offensive-Bayern (HTO)**, einem Investitionsprogramm der Bayerischen Staatsregierung für die Förderung von Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts, forschen fakultätsübergreifend Institute und Lehrstühle der TU München in Kooperation mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung. Hierin wird das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ während eines Zeitraumes von vier Jahren in eine **ObjektRelational (OR)** erweiterte Modellstruktur überführt. Derartige Konzepte werden von der Fachwelt bereits seit einiger Zeit positiv beurteilt und sind Inhalt diverser Datenbank- und GIS-Forschungsaktivitäten. Die HTO-Bayern wertet damit die Zukunftsperspektiven des Gesamtsystems Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ für die nächsten Jahre entscheidend auf. Dieses Verbundprojekt soll bis Ende 2004 abgeschlossen sein. Ohne die langjährigen und innovativen Vorarbeiten am Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ wäre das HTO-Projekt 33 nicht denkbar gewesen.

Aufgrund der Lage des Nationalparks Bayerischer Wald im 3-Ländereck von Deutschland, Tschechien und Österreich war es von Beginn an nahe liegend, eine Internationalisierung des Referenz-GIS in Form eines grenzübergreifenden Basis-Geoinformationssystems anzustreben. In einem ersten Schritt konnten bereits zahlreiche Datenbestände des benachbarten tschechischen Landschaftsschutzgebietes Šumava (Region Böhmerwald) akquiriert und integriert werden. Eine Besonderheit des Referenz-GIS liegt damit bereits jetzt im Aufbau eines grenzüberschreitenden Datenbestandes und den damit verbundenen geodätischen Aufgaben aus den Bereichen der Landesvermessung und der Kartographie. Die Berücksichtigung von gängigen und unkonventionellen Kartenprojektionen ist dabei ebenso bedeutsam wie der Umgang mit verschiedenen, teils schlecht dokumentierten Referenzsystemen. In einem zweiten Schritt ist vorgesehen, das System mittelfristig um topographische und umweltrelevante Datenbestände der benachbarten österreichischen Regionen „Mühlviertel“ und „Innviertel“ zu ergänzen. Auf diese Weise kann für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ neben einer interdisziplinären auch eine internationale Bedeutung auf europäischer Ebene als Forschungsplattform erreicht werden.

Das interdisziplinäre Studienfach „Geoinformation“ eröffnet den Studierenden der Geographie, der Geodäsie, der Raumplanung, des Bauingenieurwesens und der Architektur Zugang zu anspruchsvollen, zukunftsfähigen Arbeitsplätzen. Ein BMBF-gefördertes Forschungsvorhaben von Hochschullehrern aus Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Bayern und Brandenburg („Geoinformation - neue Medien für die Einführung eines neuen Querschnittsfaches“), an dem auch das Fachgebiet GIS der TU München maßgeblich beteiligt ist, verfolgt das Ziel, die Aufbruchsstimmung dieses neuen Studienfachs mit dem Potential der neuen Medien zu verknüpfen und die für die Visualisierung raum-zeitlicher Bezüge geforderte spezifische Medienkompetenz zu vermitteln. Als wichtiger Baustein hierfür soll ein Geo-Datenserver realisiert werden, der eine wesentliche Voraussetzung für das Lernen in anspruchsvollen, kollaborativen Projekten schafft und diese über das Internet verfügbar macht.

Die Notwendigkeit, das Referenz-GIS hierbei als Hauptdatenquelle einzubringen, bestätigt dem Fachgebiet GIS, dass bundesweit bislang keine vergleichbare GIS-Forschungsplattform auf universitärer Ebene existiert. Zudem lässt sich über dieses Forum der in dieser Arbeit propagierte Nutzen standardorientierter Core-Meta-Daten in GIS anhand eines national bedeutsamen GIS-Projektes aufzeigen. Und es kann hier belegt werden, dass das Konzept des Referenz-GIS auf bundesweite Projekte übertragbar ist.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nationalparke in Deutschland.....	13
Abbildung 2: die Region der Nationalparke „Bayerischer Wald“ und „Šumava“.....	13
Abbildung 3: räumliche Ausdehnung und regionale Strukturierung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“.....	19
Abbildung 4: Referenz-GIS "Nationalpark Bayerischer Wald" (Systemkonzept).....	20
Abbildung 5: Aufbau des Referenz-GIS-Kernsystems.....	21
Abbildung 6: Filesystem in Verbindung mit RDBMS („klassischer Ansatz“).....	22
Abbildung 7: inhaltliche Klassifizierung und physische Datenbereiche.....	24
Abbildung 8: Vernetzung der Referenz-GIS-Hardware.....	25
Abbildung 9: der klassische Weg zum GIS (Theorie).....	32
Abbildung 10: der Weg zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“.....	32
Abbildung 11: schematischer Ablauf einer GIS-Datenkonvertierung.....	32
Abbildung 12: Meta-Daten > Geo-Daten > räumliche Realität.....	49
Abbildung 13: (vom Modell zur GIS-Anwendung) systemunabhängige und systemabhängige Meta-Daten.....	51
Abbildung 14: Eignung lokaler und zentraler Konzepte für Meta-Daten in GIS.....	57
Abbildung 15: hierarchische SQL-Geometrie-Typen aus: OpenGIS Simple Features Specification for SQL.....	61
Abbildung 16: UML-Notation.....	62
Abbildung 17: heterogene Meta-Datenlandschaften.....	64
Abbildung 18: 1. Hierarchieebene der Meta-Datennorm der International Standards Organization (ISO/TC 211 19115).....	68
Abbildung 19: 1. Hierarchieebene des Content Standard for Digital Geospatial Metadata des Federal Geographic Data Committee (FGDC) (FGDC-STD-001-1998).....	72
Abbildung 20: Übersichtskarte 1 (regionale Strukturierung).....	84
Abbildung 21: Übersichtskarte 2 (Orthophoto-Image-Katalog).....	84
Abbildung 22: konzeptionelle Übersicht.....	85
Abbildung 23: Kombination zentraler und dezentraler Meta-Datenkonzepte.....	91
Abbildung 24: der Weg zum Meta-Informationssystem.....	93
Abbildung 25: dezentrale Meta-Datenstruktur.....	95
Abbildung 26: die 8 Meta-Datenkategorien des Referenz-GIS.....	100
Abbildung 27: zentrales Modell-Element „(Geo-) Datensatz“.....	100
Abbildung 28: physikalischer Daten-Zugriff.....	101
Abbildung 29: Sterntopologie des Twisted-Pair-Netzes zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“.....	102
Abbildung 30: thematische Daten-Klassifizierung.....	103
Abbildung 31: Beziehung „Datenquellentyp-Datenquelle“.....	104
Abbildung 32: Beziehung „Datenquelle - Datensatz“.....	104
Abbildung 33: Beziehung „Themenbereich- Objektbereich“.....	106
Abbildung 34: Gegenüberstellung der Objektbereichsdefinitionen.....	108
Abbildung 35: Beziehung „Objektbereich - Datensatz“.....	109
Abbildung 36: Beziehung „Datensatz - Objektart“.....	110
Abbildung 37: Beziehung „Objektart - Objekt“.....	110
Abbildung 38: Objektbildung innerhalb der Objektart „Bestand“.....	111
Abbildung 39: Beziehung „Datensatz - Attribut“.....	111
Abbildung 40: geometrische Daten-Klassifizierung.....	112
Abbildung 41: Generalisierung/Spezialisierung der Datensätze in die einzelnen geometrischen Klassen.....	112
Abbildung 42: Zuordnung Geometrie-Datentypen - Datenformate.....	113
Abbildung 43: Zuordnung Datensatz - bzw. Datenformat - Datentyp „Vektor“.....	114
Abbildung 44: Verwendung von Simple-Features im Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“.....	115
Abbildung 45: Zuordnung Datensatz - bzw. Datenformat - Datentyp „Raster“.....	117
Abbildung 46: Zuordnung Datensatz - bzw. Datenformat - Datentyp „Grid“.....	118
Abbildung 47: Zuordnung Datensatz - bzw. Datenformat - Datentyp „TIN“.....	118
Abbildung 48: hybrides Geo-Datenmodell mit Qualitätsangaben (Generalisierung/Spezialisierung der Datensätze in die einzelnen geometrischen Klassen in Verbindung mit klassen- (typ-) -abhängigen Qualitätsparametern).....	119
Abbildung 49: Modellierung der allgemeinen Qualität von Geo-Datensätzen.....	120
Abbildung 50: Modellierung der spezifischen Qualität von Vektor-Daten.....	121

Abbildung 51: Modellierung der spezifischen Qualität von Raster-Daten	122
Abbildung 52: Modellierung der spezifischen Qualität von Grid-Daten	122
Abbildung 53: Modellierung der spezifischen Qualität von TIN-Daten.....	123
Abbildung 54: Modellierung der spezifischen Qualität von direkten Attributen.....	123
Abbildung 55: systemabhängiger Teil des Datenmodells (physikalisches Geo-Datenmodell).....	124
Abbildung 56: Organisation von Views und Themen in Projekten	125
Abbildung 57: Organisation von 3D-Szenen und Themen in Projekten.....	125
Abbildung 58: Organisation von Tabellen in Projekten	126
Abbildung 59: Beziehungen zwischen Legenden, Themen und Views.....	126
Abbildung 60: Beziehungen zwischen Legenden, Themen und 3D-Szenen	127
Abbildung 61: Übergang von systemunabhängigen in systemabhängige Strukturen (Beziehung zwischen Datensätzen und Themen)	128
Abbildung 62: Beziehung zwischen Themen und Legenden.....	129
Abbildung 63: Beziehung zwischen Tabellen indirekter Attribute, Projekten und Pfaden.....	129
Abbildung 64: Multimedia-Datenstrukturen	130
Abbildung 65: komplexe Sach-Datenmodelle	130
Abbildung 66: textuellen Meta-Daten in Dokumentenform	130
Abbildung 67: Struktur der Meta-Datenhaltung	132
Abbildung 68: Beispiel „Legendenumsetzung“: Analoge Form der Waldkarte des FORST-GIS-Bayern	132
Abbildung 69: Beispiel „Legendenumsetzung“: View „dynamische Waldkarte“	133
Abbildung 70: redundanzfreie Meta-Datenhaltung (Prinzip und physische Struktur).....	133
Abbildung 71: Beispiel eines Beziehungskonstruktes für eine Fortführungsabfrage	135
Abbildung 72: Beispiel für eine definierte Attribut-Referenz in der Tabelle „Datensatz-Qualität“ der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“	146
Abbildung 73: Beispiel für eine komplexe, relationale Attribut-Referenz in der Tabelle „View-Thema“ der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“	146
Abbildung 74: Beispiel für ein relationales Konstrukt einer komplexen Attribut-Referenz	147
Abbildung 75: automatisierte ID-Vergabe für den Primärschlüssel der Tabelle „Datensatz“	148
Abbildung 76: Objekteigenschaften der Tabelle „Datensatz“	153
Abbildung 77: Schlüsselkonzept der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“	155
Abbildung 78: Strukturiertes Entity-Relationship-Modell der Meta-Datenbank.....	156
Abbildung 79: Definition der Tabelle „Datensatz“	157
Abbildung 80: relationales Meta-Datenmodell zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“	158
Abbildung 81: Benutzeroberfläche des Konsistenzsicherungsprogramms.....	161
Abbildung 82: Ausgabemodul (1) des Konsistenzsicherungsprogramms.....	161
Abbildung 83: Ausgabemodul (2) des Konsistenzsicherungsprogramms.....	162
Abbildung 84: georelationales Modell (GIS-Software).....	165
Abbildung 85: georelationales Datenmodell des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“	165
Abbildung 86: georelationales Modell (gemeinsame Einstiegspunkte).....	166
Abbildung 87: georelationales Modell (Kopplung: GIS-Software - Meta-Datenbank).....	167
Abbildung 88: Verknüpfung Geometrie- und Meta-Daten (Beispiel).....	168
Abbildung 89: Pflege- und Nutzungsarten	174
Abbildung 90: Entwicklungsstadien.....	174
Abbildung 91: Zonierungen der benachbarten Nationalparke	177
Abbildung 92: regelmäßige Vierecksvermaschung (geschummerte 100 m-Höhenstufen).....	179
Abbildung 93: Reale Welt (Ausschnitt: Trinkwasser-Talsperre Frauenau).....	181
Abbildung 94: Übersicht der verwendeten DGM-Punkte (Ausschnitt)	181
Abbildung 95: 3D-Ansicht des Interpolationsergebnisses (Ausschnitt)	182
Abbildung 96: Ergebnis der TIN-Berechnung (3D-Gesamtansicht).....	182
Abbildung 97: Expositionsklassifizierung.....	184
Abbildung 98: Ergebnis der 10 m- und 100 m-Höhenlinien-Interpolation (Trinkwasser-Talsperre Frauenau).....	185
Abbildung 99: Neigungsklassen.....	185
Abbildung 100: Expositionsklassen	185

Abbildung 101: Höhenklassen	185
Abbildung 102: Gliederung der Zeitlinie eines Ereignisses zur Integration in ein GIS.....	189
Abbildung 103: Vektor-Snapshot-Datensatz	192
Abbildung 104: Zeitreihen-Daten eines Raster-Layers für drei Jahre.....	193
Abbildung 105: Raster-Snapshot-TGIS als „3D-Würfel“	193
Abbildung 106: CIR-Bilder: (Aufnahmen vom 27.06.1990 und vom 16.08.1994).....	200
Abbildung 107: multimediale Elemente (Videoclips).....	201
Abbildung 108: Sichtbarkeitsklassen	202
Abbildung 109: Geländeprofile.....	202
Abbildung 110: nontemporale Animation: Generierung von Virtual-Reality-Elementen	203
Abbildung 111: nontemporale Animation: Virtueller Flug über den Nationalpark Bayerischer Wald.....	203
Abbildung 112: nontemporale Animation: Virtueller Flug über den „Rachel(wander)weg“	204
Abbildung 113: temporale Animation: Visuelle Präsentation der Totholzentwicklung über die Zeit	204
Abbildung 114: Koordinatenumformungen.....	210
Abbildung 115: Datumstransformation (Passpunkt in geozentrischen, kartesischen Koordinaten zur Berechnung der Transformationsparameter)	211
Abbildung 116: aktive und stillgelegte Wetterstationen des Nationalparks Bayerischer Wald.....	215
Abbildung 117: Klimadatenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“	217
Abbildung 118: Regression und deren Ausgangslage für das Untersuchungsgebiet in Berchtesgaden.....	220
Abbildung 119: Reifbildung und Dunstschichten zeigen den Kaltluftstau in den Tallagen.....	223
Abbildung 120: Temperaturverteilung.....	225
Abbildung 121: Temperaturverteilung nur für Tallagen mit Kaltluftstau	225
Abbildung 122: Temperaturverteilung nur für Hang- und Hochlagen.....	225
Abbildung 123: Merkmalsraum von GIS-Daten.....	228
Abbildung 124: 10 regelmäßige/geometrische Testflächen (nicht maßstäblich).....	239
Abbildung 125: 10 beliebig ausgewählte Testflächen aus dem FORST-GIS Bayern (Forstamt Bad Königshofen).....	240
Abbildung 126: 10 beliebig ausgewählte Testflächen aus dem Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“	240
Abbildung 127: 20 beliebig ausgewählte Musterflächen aus dem FORST-GIS Bayern (Forstamt Bad Königshofen) zur Kalibrierung der Magnussen-Formel.....	245
Abbildung 128: Vererbung der Pufferbreiten bei Flächenverscheidungen.....	251
Abbildung 129: aktuelle Forschungsstandorte der TU München (Broschüre zur TU München 2001).....	254
Abbildung 130: Tabellendefinition „3D-Szene“	280
Abbildung 131: Tabellendefinition „3D-Szene-Thema“	280
Abbildung 132: Tabellendefinition „Attribut“	280
Abbildung 133: Tabellendefinition „Attribut-Qualität“	280
Abbildung 134: Tabellendefinition „Datenformat“	281
Abbildung 135: Tabellendefinition „Datenquelle“	281
Abbildung 136: Tabellendefinition „Datenquellentyp“	281
Abbildung 137: Tabellendefinition „Datensatz“	281
Abbildung 138: Tabellendefinition „Datensatz-Qualität“	282
Abbildung 139: Tabellendefinition „Dokument“	282
Abbildung 140: Tabellendefinition „Grid“	282
Abbildung 141: Tabellendefinition „Grid-Qualität“	282
Abbildung 142: Tabellendefinition „Laufwerk“	283
Abbildung 143: Tabellendefinition „Legende“	283
Abbildung 144: Tabellendefinition „Multimedia“	283
Abbildung 145: Tabellendefinition „Objekt“	283
Abbildung 146: Tabellendefinition „Objektart“	283
Abbildung 147: Tabellendefinition „Objektbereich“	283
Abbildung 148: Tabellendefinition „Pfad“	284
Abbildung 149: Tabellendefinition „Projekt“	284
Abbildung 150: Tabellendefinition „Raster“	284

Abbildung 151: Tabellendefinition „Raster-Qualität“	284
Abbildung 152: Tabellendefinition „Sachdaten“	285
Abbildung 153: Tabellendefinition „Server“	285
Abbildung 154: Tabellendefinition „Tabelle“	285
Abbildung 155: Tabellendefinition „Thema“	285
Abbildung 156: Tabellendefinition „Themenbereich“	286
Abbildung 157: Tabelle „Themenbereich-Objektbereich“	286
Abbildung 158: Tabellendefinition „TIN“	286
Abbildung 159: Tabellendefinition „TIN-Qualität“	286
Abbildung 160: Tabellendefinition „Vektor“	286
Abbildung 161: Tabellendefinition „Vektor-Qualität“	287
Abbildung 162: Tabellendefinition „View“	287
Abbildung 163: Tabellendefinition „View-Thema“	287
Abbildung 164: relationales Meta-Datenmodell zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“	288
Abbildung 165: Temperatur-Höhe-Diagramm mit Regression über alle Höhenstufen.....	290
Abbildung 166: Temperatur-Höhe-Diagramm mit Regression für Stationen aus Tallagen mit Kaltluftstau	291
Abbildung 167: Temperatur-Höhe-Diagramm mit Regression für Stationen aus Hang- und Hochlagen.....	291
Abbildung 168: View „dynamische Waldkarte“	294
Abbildung 169: View „Luftbildkarte“	295
Abbildung 170: View „Planungskarte“	296
Abbildung 171: View „topographische Karte“	298
Abbildung 172: View „DGM-Folgeprodukte“	301
Abbildung 173: 3D-Szene „Reliefdarstellung (R-L-G)“	302
Abbildung 174: View „Totholzkartierung 1“ (Jahrgänge Mai 1993 - September 2000)	304
Abbildung 175: View „klimatologische Karte“	305

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Datenformate und Umsetzer</i>	28
<i>Tabelle 2: bislang realisierte Anwendungen des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“</i>	29
<i>Tabelle 3: Übersicht der Datenbestände des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“</i>	30
<i>Tabelle 4: statistische Angaben zu den Datenbeständen der Forschungsplattform</i>	35
<i>Tabelle 5: die 12 Regeln von Date für verteilte DBS</i>	39
<i>Tabelle 6: Konzeptvergleich „integrierte vs. verteilte Datenhaltung“</i>	45
<i>Tabelle 7: Chronologie des ISO/TC 211 19115</i>	67
<i>Tabelle 8: Vergleich der Terminologien (Beispiel)</i>	75
<i>Tabelle 9: Schlüsselbildung über Identifikatoren</i>	103
<i>Tabelle 10: Übersicht der Datenquellentypen</i>	104
<i>Tabelle 11: Maßstabsbereiche für die semantisch-geometrische Fach-Datenintegration</i>	107
<i>Tabelle 12: vorgesehene Vektor-Datenformate</i>	113
<i>Tabelle 13: vorgesehene Raster-Datenformate</i>	117
<i>Tabelle 14: Dokument- Kategorien des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“</i>	131
<i>Tabelle 15: Kardinalitätsrestriktionen der Beziehungen</i>	154
<i>Tabelle 16: Vor- und Nachteile der georelationalen Modellierung des Referenz-GIS</i>	165
<i>Tabelle 17: Verknüpfung von Geometrie und Meta-Information</i>	167
<i>Tabelle 18: Resümee/Pflichtenheft</i>	169
<i>Tabelle 19: Views (Anwendersichten) des Referenz-GIS</i>	173
<i>Tabelle 20: Vergleich von TGIS-Datenmodellen für grundlegende TGIS-Funktionen</i>	191
<i>Tabelle 21: statische und multitemporale Datenbestände</i>	194
<i>Tabelle 22: statische Daten</i>	195
<i>Tabelle 23: multitemporale Daten</i>	196
<i>Tabelle 24: Totholzflächenauswertung 1988 - 2000</i>	200
<i>Tabelle 25: für das Referenz-GIS relevante Referenzsysteme</i>	212
<i>Tabelle 26: Zur Mittelwertbildung verwendete Zeitspannen</i>	219
<i>Tabelle 28: pragmatische und deskriptive Qualitätsmerkmale</i>	228
<i>Tabelle 29: Genauigkeit des Raumbezuges</i>	229
<i>Tabelle 30: Positionierungs-Genauigkeit</i>	230
<i>Tabelle 31: Linien-Genauigkeit</i>	230
<i>Tabelle 32: Flächen-Genauigkeit</i>	231
<i>Tabelle 33: Pixel- und Zell-Genauigkeit</i>	232
<i>Tabelle 34: Höhen-Genauigkeit</i>	232
<i>Tabelle 35: Daten des Bayerischen Landesvermessungsamts</i>	270
<i>Tabelle 36: Daten der Vermessungsämter</i>	271
<i>Tabelle 37: Übersicht der in das Referenz-GIS übernommenen Datenquellen</i>	276
<i>Tabelle 38: Jahresmittel der Lufttemperatur in [°C] der Nationalpark-Enklave Waldhäuser</i>	289
<i>Tabelle 39: monatliche, maximale Schneehöhen in [cm] am Großen Arber</i>	289
<i>Tabelle 40: langfristiges Jahresmittel in [°C]</i>	290
<i>Tabelle 41: Vergleich zwischen den Standardabweichungen der Flächen aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz (FFG) und der neu kalibrierten Formel am Beispiel der für die Kalibrierung verwendeten 20 Flächen aus dem FORST-GIS und 3 regelmäßigen Flächen unter der Annahme gleichgenauer Stützpunkte mit $\sum p = 5$ m</i>	306
<i>Tabelle 42: Vergleich zwischen den Standardabweichungen der Flächen aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz (FFG) und der Magnussen-Abschätzung am Beispiel der für die Kalibrierung verwendeten 20 Flächen aus dem FORST-GIS und 3 regelmäßigen Flächen unter der Annahme gleichgenauer Stützpunkte mit $\sum p = 5$ m</i>	307

Literatur

- [1] Bartelme, N.
Geoinformatik (Modelle, Strukturen, Funktionen)
In: Fachbuch, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1994)
- [2] Bartelme, N.
Geoinformation und Normung - nationale und internationale Ansätze
In: Österreichischer Geodätentag Villach, Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI), 2/97 (1997)
- [3] Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft (LWF)
Begleitende Untersuchung zur Massenvermehrung des Buchdruckers (Ips Typographus) im Nationalpark Bayerischer Wald 1997
In: Schriftenreihe der Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, Freising, Hrsg.: LWF (1998)
- [4] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Waldentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald 1998 - Totholzflächen und Waldverjüngung
In: Schriftenreihe der Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, Freising, Hrsg.: LWF (1998)
- [5] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Zur Waldentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald 1999
In: Schriftenreihe der Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, Freising, Hrsg.: LWF (2000)
- [6] Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)
Homepage
Internet unter <http://www.bayern.de/vermessung/> (2001)
- [7] Bayerische Staatsregierung
Homepage
Internet unter <http://www.bayern.de/Politik/Pressemitteilungen/> (unbekannt)
- [8] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)
Homepage
Internet unter <http://www.stmelf.bayern.de/> (unbekannt)
- [9] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)
Ansprache- und Kartierhilfen für Waldentwicklungsstadien
In: Dokumentationen des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten, München, Hrsg.: BayStMLF (unbekannt)
- [10] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)
Verordnung über den Nationalpark Bayerischer Wald in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. September 1997
Internet unter http://www.forst.bayern.de/npv/recht_vo.html (1997)
- [11] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)
Memorandum über die Zusammenarbeit der Nationalparkverwaltungen Sumava (CZ) und Bayerischer Wald (D) vom 31.08.1998
Internet unter http://www.forst.bayern.de/npv/recht_memo.html (1998)
- [12] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)
Internet unter <http://www.forst.bayern.de> (1999)
- [13] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (BayStMLU)
Daten und Karten
In: Informationen zu Landesentwicklung und Umwelt des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, Nr. 15, 10/97, München (1997)
- [14] Behr, F. J.
Strategisches GIS-Management
In: Fachbuch, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg (1998)
- [15] Bibelriether, H.
Nationalpark - Was ist das?
In: Nationalpark Nr. 16. Grafenau (1977)
- [16] Bill, R.
Datenqualität und Meta-Informationen in Geoinformationssystemen - eine Einführung
In: Tagungsband zum Workshop „Datenqualität und Metainformation in Geoinformationssystemen“, 7./8. Oktober 1996, Universität Rostock, Hrsg.: Bill, R. (1996)

- [17] Bill, R.
Zeit in Geoinformationssystemen - Eine Einführung
In: Tagungsband zum Workshop „Zeit als weitere Dimension in Geoinformationssystemen“,
29-30. September 1997, Universität Rostock, Hrsg.: Bill, R. (1997)
- [18] Bill, R., Korduan, P.
*Flächenverscheidung in GIS - Stochastische Modellierung und Effizienzbetrachtungen,
Teil 1 und Teil 2*
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), 123. Jahrgang (1998)
- [19] Bretherton, F.
Reference Model for Metadata
In: IEEE Computer Society Technology Commission on MSS Metadata Workshop,
University of Texas, Austin (1994)
- [20] Bundesministerium des Inneren (BMI)
Bericht zum Geoinformationswesens in Deutschland
In: Kabinettdvorgelege des BMI, O II 5 -136 135/1, 3. Juni 1998 (1998)
- [21] Caspari, W.
Qualitätsmerkmale bei Geo-Daten
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), Heft 7/92 (1992)
- [22] Caspari, W.
Genauigkeit als Qualitätsmerkmal digitaler Datenbestände
In: Gewinnung von Basisdaten für Geoinformationssysteme, Schriftenreihe DVW, Heft 4,
Hrsg.: Grünreich, D., Buziek, G. (1992)
- [23] Caspari, W., Scheurig, R.
Error-Bands as Measures of Geometrical Accuracy
In: Conference Proceedings EGIS 1992, Munich, Vol. 1 (1992)
- [24] Caspari, W.
Qualitätsmerkmale bei Geoinformationssystemen
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), Heft 8/93 (1993)
- [25] Caspari, W.
GIS-Qualitätsaspekte
In: Tagungsband zum „1. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1996,
TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1996)
- [26] Cattenstart, F.
Simple Features Specification for SQL
In: Artikel in GEO-Informatics, März 1999 (1999)
- [27] CEN/TC 287 ENV 12656
Geoinformation - Beschreibung - Qualität (2000)
- [28] Date, C. J.
An Introduction to Database Systems
In: 5 th edition. Addison Wesley, 1990 (1990)
- [29] de Vries, P. D.
Sampling theory for forest inventory, A teach-yourself course
In: Fachbuch, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1986)
- [30] Decker, S., Melnik S., Harmelen, F., Fensel D., Klein, M., Broekstra, J., Erdmann M., Horrocks I.
The Semantic Web: The Roles of XML and RDF
In: IEEE Internet Computing, Oct. 2000 (2000)
- [31] Dengler, A.
Der Wald als Vegetationstyp und seine Bedeutung für den Menschen
In: Waldbau, Erster Band, Paul Parey Verlag (1980)
- [32] Denzer, R., Güttler, R.
Integration von Umweltdaten
In: Umweltinformatik, Hrsg.: Page, B., Hilty, L.M. (1994)
- [33] Deutscher Wetterdienst (DWD)
Anleitung für die Beobachter an den Klima-Stationen des Deutschen Wetterdienstes
In: 9., neu bearbeitete Auflage (1986)
- [34] Dransch, D.
Bedeutung der Animation in GIS: Potential, Entwicklungsstand und Defizite
In: Tagungsband zum „4. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1999,
TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1999)

- [35] Egenhofer, M.
Reasoning about Binary Topological Relations
In: Advances in Spatial Databases, 2nd Symposium SSD '91 Zürich
(Lecture Notes in Computer Science 525, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York), Hrsg.: Günther, O., Schek, H.-J. (1991)
- [36] Egenhofer, M., Herring, J.
A Mathematical Framework for the Definition of Topological Relationships
In: Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling, Zürich,
Hrsg.: Brassel, K., und Kishimoto, H. (1990)
- [37] Eisenmann, H.
Nationalparke
In: Sonderdruck Informationsschrift für die Angehörigen des Bayerischen Staatsforstverwaltung, München (1977)
- [38] Eisgruber, K.
Integration der Digitalen Flurkarte und des Automatisierten Grund- und Liegenschaftsbuchverfahrens in das Referenz-Geoinformationssystem „Nationalpark Bayerischer Wald“ für parzellenscharfe Auswertungen
In: Diplomarbeit am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München (1999)
- [39] Elling, W., Bauer, E., Klemm, G., Koch, H.
Klima und Böden - Waldstandorte
In: Morsak Verlag Grafenau, 2., verbesserte Auflage, Dezember 1987 (1987)
- [40] Enders, G.
Theoretische Topoklimatologie
In: Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsberichte 1/1979, Verlag Anton Plenk KG, Berchtesgaden (1979)
- [41] Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI)
Metadata Management in GIS
In: ESRI White Paper Series (1995)
- [42] Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI)
GIS Data Storage Trends; Implications for Utilities
In: ESRI White Paper Series (1997)
- [43] Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI)
Spatial Data Warehousing for Hospital Organisations
In: ESRI White Paper Series (1998)
- [44] Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI)
ESRI Shapefile Technical Description
In: ESRI White Paper Series (1998)
- [45] Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI)
Produktspezifikationen
Internet unter <http://www.esri.com> (2001)
- [46] Faißt, G.
Analyse der Borkenkäfer-Kalamität im Nationalpark Bayerischer Wald mittels Einsatz eines GIS
In: Beiträge zum AGIT-Symposium 1999, Salzburg (1999)
- [47] Federal Geographic Data Committee (FGDC)
Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM)
In: FGDC-STD-001-1998 (1998)
- [48] Federal Geographic Data Committee (FGDC)
Content Standard for Digital Geospatial Metadata Workbook V2.0
In: FGDC-STD-001-1998 (2000)
- [49] Fisher, P., F.
Conveying Object-Based Meta-Information
In: Proceedings Auto Carto 11 (1993)
- [50] Fluckiger, F.
Multimedia im Netz
In: Prentice Hall Verlag GmbH, Haar bei München 1996 (1996)
- [51] Giesecke, G., Kranz, K., Wilfert, I.
Rechnergestützte Herstellung der Forstgrundkarte 1:5 000 als Bestandteil des Forstkartenwerks Sachsens
In: VR 58/5+6 (1996)
- [52] Glemser, M.
Behandlung der Genauigkeit räumlicher Daten in Geoinformationssystemen
In: Die benutzte Erde: Ökosysteme, Rohstoffgewinnung, Herausforderungen,
Hrsg.: Alfred-Wegener-Stiftung (1994)

- [53] Gnägi, H., R.
Nationale und internationale Standards im Vergleich
In: Tagungsband zum „4. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1999,
TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1999)
- [54] Günther, O.
Environmental Information Systems
In: Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg (1998)
- [55] Hashemi-Kepp, H., Legat, R.
Der Umweltdatenkatalog - Ein bundesweites Meta-Informationssystem über umweltrelevante Datenbestände in Österreich
In: Angewandte geographische Informationsverarbeitung VI. Salzburger Geographische Materialien,
Heft 21, Hrsg.: Strobl, J., Dollinger, F. (1994)
- [56] Haug, M.
Wozu ein Nationalpark in Deutschland
In: Sonderdruck der Zeitschrift für Umweltschutz und Landespflege. Heft 5. Stuttgart (1972)
- [57] Hlásek, J.
Im Kalten Krieg vergessen
In: Ornis: Zeitschrift des Schweizer Vogelschutzes SVS, Nr. 3, Bern (1991)
- [58] Hosse, K., Roschlaub, R.
Modellierung in Geoinformationssystemen für relationale DB-Systeme
In: Beiträge zur Geodätischen Woche 12. - 17. Oktober 1998 an der Universität Kaiserslautern (1998)
- [59] Huber, S.
Der Nationalpark Bayerischer Wald: Idee, Organisation und Konflikt - am Beispiel der Entwicklung des Borkenkäferproblems bzw. der Diskussion um die Bekämpfung des Borkenkäfers
In: Zulassungsarbeit für das Lehramt an Realschulen in Neuerer Geschichte am Institut für Neuere Geschichte der Ludwig-Maximilians-Universität München (2000)
- [60] Huber, U.
Aufbau eines Referenz-Geoinformationssystems zur Untersuchung räumlicher und zeitlicher Abläufe
In: Tagungsband zum Workshop „Zeit als weitere Dimension in Geoinformationssystemen“,
Universität Rostock (1997)
- [61] Huber, U.
GIS-Referenzsystem "Nationalpark Bayerischer Wald" zur Analyse räumlicher und zeitlicher Prozesse
In: ESRI ArcAktuell 1/98 (1998)
- [62] Huber, U.
GIS-Referenzsystem "Nationalpark Bayerischer Wald" zur Analyse räumlicher und zeitlicher Prozesse
In: Tagungsband zum „3. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1998,
TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1998)
- [63] Huber, U.
*Reisebericht San Diego:
Ein Rückblick auf die 20te internationale ESRI-Anwenderkonferenz '2000 vom 26. - 30. Juni 2000*
In: Interner Bericht, TU München (unveröffentlicht) (2000)
- [64] Huber, U.
Meta-Daten in der Geoinformatik
In: Tagungsband zum „6. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 2001,
TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (2001)
- [65] Huber, U., Roschlaub, R., Scheugenpflug, S., Schilcher, M., Teege, G.
OmniGIS, ein erster Schritt zum Aufbau eines Geo-Data-Warehouse zur Nutzung amtlicher, behördlicher und privatwirtschaftlicher Geo-Daten
In: Beiträge zur 14th ESRI-European-User-Conference, München (1999)
- [66] IFB-Hannover
Meta-Daten Management-System 1.0
In: Magellan (av) Produktinformation (2000)
- [67] Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen (IMAGI)
Konzeption eines effizienten Geo-Datenmanagements des Bundes
In: Arbeitsgruppe „Konzeption Geo-Datenmanagement“, 5. Sitzung des Interministeriellen Ausschusses für Geoinformationswesen (IMAGI) am 6. Oktober 2000 (2000)
- [68] International Standards Organization (ISO)
CD 19115.3, Geographic Information - Metadata
In: ISO/TC 211 Geographic Information/Geomatics (2000)

- [69] International Standards Organization (ISO)
Geographic information - Part 13: Quality principles
Geographic information - Part 14: Quality evaluation procedures
In: ISO/TC 211 Geographic Information/Geomatics (2000)
- [70] Joos, G.
Nationale und internationale GIS-Normungsaktivitäten
In: Tagungsband zum „2. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1996,
TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1996)
- [71] Kendall, M. G., Moran, P.
Geometrical Probability
In: Charles Griffin & Company, London (1963)
- [72] Kiener, H.
Neuer Wald nach Windwürfen und Borkenkäferbefall
In: Nationalpark Nr. 68, Grafenau (1999)
- [73] Knoop, H.
Standards und Normen CEN/ISO - Stand der deutschen Aktivitäten
In: Expertenrunde des Runden Tisches GIS, München (1997)
- [74] Kramer, H.
Begriffe der Forsteinrichtung
In: Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der UNI Göttingen, Band 48 (1980)
- [74] Kräuchi, M.
Betriebsdaten extern verfügbar machen
In: imk software ag, Internet unter <http://www.imksoft.ch> (1999)
- [75] Kraus, K.
Beiträge der Photogrammetrie für 3D-Anwendungen
In: Tagungsband zum „4. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1999,
TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1999)
- [76] Kraus, K., Ludwig, M.
Genauigkeit der Verschneidung geometrischer Geo-Daten
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), 123. Jahrgang (1998)
- [77] Ladstätter, P.
OpenGIS: Prozesse, Modelle und Spezifikationen
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), 124. Jahrgang (1999)
- [78] Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Homepage
Internet unter <http://www.lwf.uni-muenchen.de/> (1999)
- [79] Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF),
Hochlageninventur Bayerischer Wald
In: Schriftenreihe des Bayerisches Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF) (1996)
- [80] Lanter, D.
Geolineus: Metadata management system for Arc/Info and Grid
In: User Guide, Version 3.0. Geographic Designs, Inc., Santa Barbara, CA (1994)
- [81] Lanter, D., Veregin, H.
A Research Paradigm for Propagating Error in Layer-Based GIS
In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, No. 6 (1992)
- [82] Lassila, O.
Web Metadata: A Matter of Semantics
In: IEEE Internet Computing, July/Aug. 2000 (2000)
- [83] Lenk, U.
*Unterstützung des Planungsprozesses durch Geoinformationssysteme bei der ökologisch
orientierten Fließgewässerplanung*
In: Beitrag in einer unbekannteten Fachzeitschrift (1999)
- [84] Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K. E.
Forest Inventory, Vol. II
In: BLV Verlagsgesellschaft München (1973)
- [85] Lothar, G.
Qualitätssicherung für GIS-Daten
In: Interner Bericht, FORST-GIS-Bayern (BayStMLF) (unveröffentlicht) (1998)

- [86] Lothar, G.
Qualitätssicherung für GIS-Daten am Beispiel des Geoinformationssystems der Bayerischen Staatsforstverwaltung
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), Heft 9/99 (1999)
- [87] Lott, M.
Modellierung von Sach-Daten nach dem strukturierten Entity-Relationship-Modell für das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“
In: Diplomarbeit am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München (1999)
- [88] Loviscach, J.
Schlanke Videos - MPEG-1 und MPEG-2 preisgünstig selbst gemacht
In: c't 14/97, Verlag Heinz Heise, Hannover (1997)
- [89] Loviscach, J.
Privatfernsehen - Video-Übertragung per Internet
In: c't 6/2000, Verlag Heinz Heise, Hannover (2000)
- [90] Lusti, M.
Data Warehousing und Data Mining
In: Fachbuch, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1999)
- [91] Magnussen, S.
A Coordinate-Free Area Variance Estimator for Forest Stands with a Fuzzy Outline
In: Forest Science 42 (1), pp. 76-85, Society of American Foresters (1996)
- [92] Marti, Th., Wuwer, M., Baumgartner, M.
Vielseitige Einsatzmöglichkeiten digitaler Bild- und Vektor-Daten in der Orts- und Regionalplanung
In: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 5/99 (1999)
- [93] Meyer-Wegener, K.
Verteilte Datenhaltung
In: Vorlesungsskript der Technischen Universität Dresden, Fakultät für Informatik (unveröffentlicht) (2001)
- [94] Mitschang, B.
Datenbanksysteme I
Vorlesungsskript (unveröffentlicht) (1995)
- [95] Mitschang, B.
Datenbanksysteme (Eine Einführung für Hörer anderer Fachrichtungen)
Vorlesungsskript (unveröffentlicht) (1998)
- [96] Mosandl, R., Fischer, A.
Forschungsprojekt „Walddynamik nach Borkenkäferbefall“ im Nationalpark Bayerischer Wald
In: Forschungsantrag, LMU München (unveröffentlicht) (1998)
- [97] Muksch, H.
Meta-Daten sind das Rückgrat
In: Computerwoche Extra, 16.06.2000 (2000)
- [98] Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)
20 Jahre Klimabeobachtung im Nationalpark Bayerischer Wald (1972-1991)
In: Bericht des Sachgebiets Forschung und Dokumentation, Grafenau, überarbeitete Neufassung (unveröffentlicht) (1993)
- [99] Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)
Nationalpark Bayerischer Wald, 25 Jahre auf dem Weg zum Naturwald
In: Jubiläumsband, Passau, Hrsg.: Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (1995)
- [100] Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)
Unser wilder Wald
In: Informationsblatt Nationalpark Bayerischer Wald (PnP), Heft 1 (1997)
- [101] Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)
Unser wilder Wald
In: Informationsblatt Nationalpark Bayerischer Wald (PnP), Heft 2 (1997)
- [102] Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)
„Einzugsgebiet Große Ohe - 20 Jahre hydrologische Forschung im Nationalpark Bayerischer Wald“
In: Symposiumsbericht, Grafenau (1999)
- [103] Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)
Nationalparkplan
In: Jahresbericht der NPV 1999 (2000)

- [104] Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV), Technische Universität München (TUM)
Abkommen über die wissenschaftliche und praktische Zusammenarbeit zwischen dem Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München und der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald
In: Kooperationsvertrag (unveröffentlicht) (2001)
- [105] Nüßlein, S., Stockmeyer, M.
Praxisbeispiele zur Visualisierung dreidimensionaler zeitlicher Phänomene
In: Tagungsband zum „4. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1999, TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1999)
- [106] Oestereich, B.
Analyse und Design mit der UML
In: Fachbuch, Objektorientierte Softwareentwicklung, Oldenburg-Verlag (1998)
- [107] OpenGIS-Consortium (OGC)
Simple Features Specifications for SQL, Revision 1.1
In: Simple Features Specifications (1999)
- [108] Passauer Neue Presse (Bayerwald Bote)
Der Musikanten-Tadel
In: Artikel vom 04.03.2000 (2000)
- [109] Pelzer, H.
Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung
In: Fachbuch, Konrad Wittwer, Stuttgart (1980)
- [110] Plabst, S.
Automatische Konsistenzprüfung der Meta-Datenbank des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“
In: Fachgebiet Geoinformationssysteme, interne Dokumentationen zum Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ (unveröffentlicht) (2001)
- [111] Pompe, J.
Qualitätsanalyse für flächenbezogene Auswertungen in Geoinformationssystemen
In: Diplomarbeit am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München (2000)
- [112] Pongratz, E.
Bayerischer Wald - Böhmerwald?
In: Natur- und Nationalparke, Nr. 33, Grafenau, Hrsg.: Föderation der Natur- und Nationalparke Europas (1995)
- [113] Reinelt, A.
GIS im Nationalpark Bayerischer Wald
In: Interner Bericht der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV) (1992)
- [114] Scheugenpflug, S.
Raum-Zeit-Analysen in Geoinformationssystemen am Beispiel des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“
In: Diplomarbeit am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München (1999)
- [115] Schilcher, M.
Geoinformatik II
In: Vorlesungsskript zur Geoinformatik II, TU München (unveröffentlicht) (1997)
- [116] Schilcher, M., Aumann, G., Donaubaue, A., Teege, G.
Aufbau eines interoperablen GeoPortals für geographische Informationen und Dienstleistungen im Internet für Landkreise und Gemeinden
In: Antrag im Rahmen der High-Tech-Offensive Bayern, Bürgerservice Online, Geo-Online Teilprojekt III (2000)
- [117] Schilcher, M., Aumann, G., Holzmann, W.
Forschungsprojekt Qualitätsanforderungen und Standards für Geo-Daten
In: Studie, Fachgebiet Geoinformationssysteme, TU München (1997)
- [118] Schilcher, M., Aumann, G., Holzmann, W.
Qualität von Geo-Daten - Anspruch und Wirklichkeit des Geo-Datenmarktes
In: Tagungsband zum „1. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1997, TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1997)
- [119] Schilcher, M., Aumann, G., Huber, U., Roschlaub, R., Scheugenpflug, S., Teege, G.
Aufbau eines Geo-Data-Warehouse zur interoperablen Nutzung privatwirtschaftlicher und öffentlicher Geo-Daten
In: Abschlussbericht zum Vorprojekt OmniGIS, FORGEO, Bayerischer Forschungsverbund Geoinformation, Fachgebiet GIS, TU München (unveröffentlicht) (2000)
- [120] Schilcher, M., Fischer, J., Jais, A., Huber, U., Mayer, R., Müller, H., Roschlaub, R., Teege, G., Widmann, N.
Feinkonzept zum Forschungsprojekt FORGEO
In: Feinkonzept FORGEO: Bayerischer Forschungsverbund Geoinformation, Fachgebiet GIS, TU München (1999)

- [121] Schilcher, M., Kaltenbach, H., Roschlaub, R.
Geoinformationssysteme - Zwischenbilanz einer stürmischen Entwicklung
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), 121. Jahrgang, Heft 8 (1996)
- [122] Schilcher, M., Pichelmann, M., Plabst, S.
GIS-Glossar
In: Lehrmittel des Fachgebiets Geoinformationssysteme, Institut für Geodäsie, GIS und Landmanagement, TU München (2001)
- [123] Schneider, S.
Aufbau eines web-basierten Multimedia-GIS mit Autodesk MapGuide am Beispiel des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“
In: Diplomarbeit am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München (2000)
- [124] Schreiner, J.
Aufbau und Integration eine Klima-Datenbank in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“
In: Diplomarbeit am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München (2000)
- [125] Schreiner, J.
Digitale Klimakarten; Aufbau und Integration einer Klima-Datenbank in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“
In: ESRI ArcAktuell 4/2000 (2000)
- [126] Seifert, M.
Standardisierungsentwicklungen in Deutschland auf der Grundlage internationaler Normen
In: Tagungsband zum „4. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1999, TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1999)
- [127] Senatskommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)
Geotechnologien: Das „System Erde“: Vom Prozeßverständnis zum Erdmanagement
In: Forschungsprogramm 7: Globale Klimaänderungen - Ursachen und Auswirkungen (2000)
- [128] Sperber, G.
Ein Portrait des Nationalparks bayerischer Wald
In: Sonderdruck aus der Zeitschrift „Blätter für Naturschutz“,
Eröffnung des Nationalparks Bayerischer Wald, Bilanz des Europäischen Naturschutzjahres (1970)
- [129] Stockmeyer, M.
Einsatz von Virtual-Reality-Techniken für 3D-Visualisierungen von Geoinformationssystemen am Beispiel des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“
In: Diplomarbeit am Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München (1999)
- [130] Strobl, J.
Grundzüge der Meta-Datenorganisation für GIS
In: Beiträge zum AGIT-Symposium 1995, Salzburg,
Internet unter <http://www.sbg.ac.at/geo/agit/papers95/jstrobl.htm> (1995)
- [131] Süddeutsche Zeitung
Borkenkäfer richten weniger Schäden an
In: Artikel vom 14.03.2000 (2000)
- [132] Tozer, G.
Metadata Management for Information Control and Business Success
In: Artech House Publishing, Norwood, MA (1999)
- [133] Vermessungsamt Freyung
Homepage
Internet unter <http://www.vermessungsamt-freyung.de/> (1999)
- [134] von Storch, H., Güss, S., Heimann, M.
Das Klimasystem und seine Modellierung
In: Fachbuch, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1999)
- [135] Voss, A.
Das große PC-Lexikon 2000
In: Fachbuch, Data Becker, 1. Auflage (1999)
- [136] Wandinger, M.
GIS vernetzt Europa - europaweite Datennutzung am Beispiel MEGRIN
In: Tagungsband zum „4. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, März 1999, TU München, Hrsg.: Schilcher, M. (1999)

- [137] Weihs, E.
Objektorientierung bei der Speicherung und Recherche von XML-Daten in vernetzten Umgebungen
 In: Sonderdruck aus: Management von Umweltinformationen in vernetzten Umgebungen;
 Workshop 99 des Arbeitskreises „Hypermedia im Umweltschutz“ und der Fachgruppe
 „Betriebliche Umweltinformationssysteme“, Nürnberg (1999)
- [138] Wiesmann, K.
Verteilter Zugriff - Anwendungen von Geo-Daten im kommunalen Umfeld
 In: GeoBIT, Heft 6/98 (1998)
- [139] Wörndl, W.
Meta-Daten in der Informatik
 In: Tagungsband zum „6. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme“, TU München (2001)
- [140] Zehner, M. L., Bill, R.
Lexikon der Geoinformatik
 In: Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg (2001)
- [141] Zipf, A., Hidir, A.
Realisierung verteilter Geo-Datenserver mit der OpenGIS SFS für CORBA
 In: GIS, Zeitschrift für raumbezogene Informationssysteme und Entscheidungen, 3/2001 (2001)
- [142] Zöhrer, F.
On the precision of dot grid estimates
 In: Resource Inventory Notes (1978)

Anhang A:

ÜBERSICHT RELEVANTER DATENBESTÄNDE UND INFORMATIONSSYSTEME

(zu Kap. 3.1)

An dieser Stelle werden alle grundsätzlich für die Forschungsplattform in Frage kommenden Datenbestände vorgestellt, um einen entsprechenden Überblick GIS-relevanter Datenbestände für etwaige fachübergreifende Informationssysteme zur Region Bayerischer Wald liefern zu können. Diese Aufstellung verschafft zudem einen guten Eindruck über den Umfang der Problemstellung verteilter, heterogener Daten in GIS.

A 1 AMTLICHE DATENBESTÄNDE DER BAYERISCHEN VERMESSUNGSVERWALTUNG

Zur Nutzung innerhalb des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ sind vom Datenangebot der Bayerischen Vermessungsverwaltung sowohl kleinmaßstäbige (1:500 000 - 1:100 000), bayernweite Daten, mittelmaßstäbige (1:50 000 - 1:25 000), regionale Daten als auch großmaßstäbige (> 1:10 000) Daten für das unmittelbare Gebiet des Parks von Interesse.

1) Daten des Bayerischen Landesvermessungsamts (BLVA)

Rasterdaten der amtlichen Topographischen Karten (TK-Rasterdaten)	Allgemeines: flächendeckend alle Maßstäbe (TK 25, TK 50, TK 100, ÜK 500) Genauigkeit: je nach Maßstab, da generalisiert, 10 m - 200 m Formate: gängige Formate, alle Kombinationen, foliengetrennt oder zusammenberechnet als Farbdatei, blattschnittfrei
Digitale OrthoPhotos (DOP)	Allgemeines: 256 Graustufen, ca. 32 MB pro DOP im Blattschnitt der Flurkarte (ca. 6 000 x 6 000 Pixel; flächendeckend für Bayern verfügbar Genauigkeit: 40 cm Bodenauflösung Formate: TIF
Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS)	Die ATKIS-Daten gliedern sich in folgende Stufen und Maßstabsbereiche: ATKIS-Vorstufe, ATKIS DLM 25/1 und ATKIS 500 Bayern Allgemeines: flächendeckend verfügbar, objekt-bereichsweise erfasst. Genauigkeit: entsprechend der Erfassungsgrundlage TK 25, d.h. 10 m im Durchschnitt bzw. entsprechend dem Maßstab 1:500 000 ca. 200 m Formate: SQD, DXF, EDBS
Digitales Geländemodell (DGM)	Allgemeines: DGM 25 (50 m-Gitter) Genauigkeit: 2 - 3 m Höhengenaugigkeit Formate: ASCII-Listen mit X, Y, Z
Luftbilder (LB)	Gescannte LB als einzeln hergestelltes Produkt Das LB soll als nicht-entzerrtes, nicht mit Karten kombinierbares Produkt nicht gefördert werden.
Ergebnisse der amtlichen Grundlagenvermessung	Verzeichnis der Trigonometrischen Punkte (TP) Verzeichnis der Nivellement-Punkte (NivP) Verzeichnis der SchwereFestPunkte (SFP) SAPOS Mess- und Korrekturdaten aus Satellitenbeobachtungen

TABELLE 35: DATEN DES BAYERISCHEN LANDESVERMESSUNGSAMTS

2) Daten der Vermessungsämter (VA)

Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB)	Flächendeckung Bayern: vollständig erfasst Datentyp: strukturierte Sachdaten Dateninhalt: Flurstücke mit Fläche, Lagebeschreibung, Wirtschaftsart, Eigentümer, über Grundbuchstelle Verbindung zum Grundbuch
Digitale Flurkarte (DFK)	Flächendeckung Bayern: über 40%, bebautes Gebiet ca. 84% Datentyp: Geometriedaten Dateninhalt: Flurstücke, Gebäude, z.T. Nutzungsarten, über Flurstück Verbindung zum ALB
Grundstücks- und Boden-Informationssystem (GRUBIS)	Das GRUBIS besteht aus den Daten des ALB und der DFK.

TABELLE 36: DATEN DER VERMESSUNGSÄMTER

A 2 BEHÖRDLICHE DATENBESTÄNDE

A 2.1 DATEN DES BAYERISCHEN STAATSMINISTERIUMS FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (STMLU)

Die hauptsächlichen GIS-Anwendungen des Bayerischen Umweltministeriums, in denen raumbezogene Daten hergestellt, genutzt und weitergegeben werden, finden sich in den Bereichen:

1. Geologie
2. Naturschutz
3. Raumordnung und
4. Wasserwirtschaft

Alle vier Bereiche nutzen Geobasisdaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung (ATKIS, digitale topographische Karten, Digitales Geländemodell, Luftbilder/Orthophotos). Sie sind Teil des Informationssystems für Planung und Umwelt (ISPU), das darüber hinaus z.B. auch Daten der Amtlichen Statistik (Strukturdatenbank), zur Luftreinhaltung, zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen usw. enthält. Ein weiterer Bestandteil des Informationssystems für Planung und Umwelt ist das Kernsystem, das Informationen über die Verfügbarkeit und Aktualität von Daten, über Zugriffsmöglichkeiten usw. gibt.

Für ein GIS mit einer breiten fachlichen Ausrichtung ist ein Datenbereich der Landesentwicklung, das EDV-gestützte Raumordnungskataster (ROK), von besonderem Interesse. Das Raumordnungskataster wird bei den sieben Bezirksregierungen Bayerns im Maßstab 1:25 000 geführt. Es dient den bayerischen Landesplanungsbehörden als Informationsgrundlage für ihre Stellungnahmen zu Planungen und Genehmigungsverfahren. Deshalb ist das Raumordnungskataster von seinem Inhalt her als „Breitbandkataster“ zu verstehen.

A 2.2 KOMMUNALE DATENBESTÄNDE

Aus kommunaler Sicht kommen die beiden Landratsämter Regen und Freyung-Grafenau als weitere mögliche Datenlieferanten in Betracht. Wiederholte Besuche bei und Arbeitsgespräche mit diesen Behörden hatten aber ergeben, dass dort neben dem bereits angesprochenen ROK-Datenbeständen des BayStMLU mittelfristig keine GIS-relevanten Datenbestände in digitaler Form verfügbar sein werden. Beide Behörden tragen sich derzeit noch mit dem Gedanken GIS-Technologien überhaupt zu nutzen.

A 2.3 DATEN DER BAYERISCHEN STAATSFORSTVERWALTUNG (BAYSTAFO)

Die Bayerische Staatsforstverwaltung betreibt grundsätzlich zwei nutzungsrelevante Informationssysteme.

1) FORST-GIS-Bayern

Das FORST-GIS-Bayern ist eine komplexe Sammlung von forstlichen Kartographie- und GIS-Anwendungen auf der Basis der GIS-Software SICAD/open und wurde bereits in *Kap. 2.1* eingeführt. Die FORST-GIS-Datenbestände zum Nationalpark Bayerischer Wald werden i.d.R. von der Forstdirektion Niederbayern-Oberpfalz in Regensburg, aber auch von der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald selbst erfasst.

2) **Zentrale Forsteinrichtungsdatenbank**

Die zentrale Forsteinrichtungsdatenbank ist eine Implementierung auf der Grundlage des Datenbankmanagementsystems „DB2“ der Fa. IBM. In ihr werden seit 1980 alle forstlichen Inventur- und Forsteinrichtungsdaten für ganz Bayern gespeichert.

3) **weitere Geo-Daten der untergeordneten Behörden NPV und LWF**

Darüber hinaus existieren zahlreiche mehr oder minder stark strukturierte, grundlegende und forschungsbegleitende Geoinformationen an der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft sowie bei der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald. Diese Daten liegen teilweise in analoger und teilweise in digitaler Form vor. Deren umfangreiche, überwiegend forstfachliche Inhalte lassen sich hier aus Platzgründen nicht im Einzelnen darstellen und können den jeweiligen Forschungslisten der LWF und NPV entnommen werden.

Beispielsweise existieren im Nationalpark Bayerischer Wald zahlreiche Forschungseinrichtungen. Ein nicht unbedeutender Teil davon umfasst sog. Dauerbeobachtungsflächen. Auf diesen Forschungsflächen wird u.a. die Entwicklung der Waldverjüngung nach Windwürfen und/oder Borkenkäferkalamitäten untersucht. Die zeitreihenbezogenen Ergebnisse solcher Beobachtungen werden in der Regel nur projektweise verwaltet. Um in Zukunft Daten und Ergebnisse aus Einzelprojekten dieser Art gemeinsam zu verwalten, auszuwerten und vor allem vergleichen zu können, ist eine homogene Datenhaltung in einem einheitlichen Referenz-GIS unerlässlich.

A 3 PRIVATE DATENANBIETER

Weiterhin sind Datenbestände privatwirtschaftlicher Herkunft von Interesse. Beispielhaft lassen sich folgende Datenhersteller benennen:

1) **DLR (Fernerkundungsdaten)**

Das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen bei München wurde bereits in *Kap. 2.1* eingeführt. Der mögliche Einbezug von Fernerkundungsdaten in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ würde neue Möglichkeiten u.a. in der Planung oder im Umweltmonitoring eröffnen. Satellitendaten beinhalten durch ihre spektralen Eigenschaften eine Fülle von Informationen, die mittels verschiedener Methoden der Bildverarbeitung extrahiert werden können. Eine besondere Bedeutung käme der gleichzeitigen Verwendung von Orthophotos und Satellitenbildern zu. Der hohen räumlichen Auflösung der Orthophotos steht der spektrale Informationsgehalt der Satelliten-Fernerkundungsdaten gegenüber.

2) **Teleatlas (Fahrzeug Navigationsdaten)**

Die Fa. Teleatlas ist ein weltweiter Geo-Basisdatenlieferant. Ihre Daten werden überwiegend im Bereich der Fahrzeugnavigation eingesetzt (Version „StreetNet“). Derartige Datenquellen sind als Alternative zu ATKIS-Datenbeständen gerade in Hinblick auf deren navigationstechnisch optimierte Struktur zur Verwendung in fachübergreifenden mittelmaßstäbigen GIS-Anwendungen von Interesse.

A 4 GRENZÜBERSCHREITENDE DATENBESTÄNDE

Von weiterem Interesse sind selbstredend topographische, infrastrukturelle und umweltrelevante Datenbestände der unmittelbar benachbarten Staaten Österreich und Tschechien. In Hinblick auf den Nationalpark Bayerischer Wald als Testgebiet und das bereits in *Kap. 2.1 unter 8)* angeführte Memorandum zur Zusammenarbeit in wichtigen Bereichen (vgl. [148] BAYSTMLF (1998)) ist vor allem die Verwaltung des im Nordosten angrenzenden Nationalparks und Landschaftsschutzgebiets Šumava als Kooperationspartner und Datenlieferant von Bedeutung.

Grundsätzlich sind aber im Falle beider Staaten die zuständigen Vermessungs- und Kommunalverwaltungen, das Militär sowie unabhängige Projektträger potentielle Partner bei der Realisierung des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“. Als Beispiel ist an dieser Stelle das grenzüberschreitende, trilaterale Entwicklungskonzept von 1995 als EU-finanziertes Projekt mit demographisch-touristischem Hintergrund für dieses Dreiländereck anzuführen.

Anhang B:

ÜBERNOMMENE DATENBESTÄNDE (zu Kap. 3.1)

Die 8 beteiligten Institutionen stellten der TU München verschiedenste analoge und digitale Datenbestände in heterogenen Formen und Formaten als Grundlagedaten für eine umfassende Integration in das Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ zur Verfügung. Die Datenmenge dieses Referenz-Datenbestandes ist bis dato auf mehr als 20 GByte angewachsen. Untenstehende Tabelle liefert neben einer detaillierten Aufstellung der verwendeten Datenquellen, jeweils eine Kurzbeschreibung, deren Maßstab sowie deren Stand und Herkunft:

<i>Bezeichnung</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Maßstab</i>	<i>Herkunft</i>	<i>Stand</i>
AGLB	Automatisiertes Grund- und Liegenschaftsbuchverfahren	kein	Vermessungsamt Freyung (VA)	1999
AKTKIS DLM25/1	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem 25 (1. Ausbaustufe)	1:25 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1998
ATKIS 500 Bayern	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem 500	1:500 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1998
ATKIS-Vorstufe	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem 25 (Vorstufe)	1:25 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1996
DFK	Digitale Flurkarte	1:1 000	Vermessungsamt Freyung und Zwiesel (VA)	1999
DGM 25	Digitales Geländemodell Bayern (50 x 50 m)	kein	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1997
Digitalisierungen	sonstige, durch die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald durchgeführte Digitalisierungen	mehrere	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	2001
diverse 01	diverse Kombinationen mehrerer Datenquellen dieser Liste aus dem Geltungsbereich des BayStMELF	kein	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)	2001
diverse 02	diverse Kombinationen mehrerer Datenquellen dieser Liste aus dem Geltungsbereich der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald	kein	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	2001
diverse 03	diverse Kombinationen mehrerer Datenquellen dieser Liste aus dem Geltungsbereich des FORST-GIS-Bayern	kein	Projektgruppe FORST-GIS-Bayern des BayStMLF (FORST-GIS)	2001
DOP 01	Digitale Orthophotos	1:5 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1995
DOP 02	Digitale Orthophotos	1:5 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	2000
Erstinventur (F-R-G)	reguläre Erstinventur für das ehem. Forstamt Zwiesel im Rahmen der Forsteinrichtung	kein	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)	1981
Erstinventur (R-L-G)	reguläre Erstinventur für den ehem. Nationalpark Bayerischer Wald im Rahmen der Forsteinrichtung	kein	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)	1991
FBK540	Forstbetriebskarte 540 (ehem. Forstamt Zwiesel)	1:10 000	Projektgruppe FORST-GIS-Bayern des BayStMLF (FORST-GIS)	1986
Flurkarte	analoge Flurkarte für das Altgebiet des Nationalparks Bayerischer Wald	1:5 000	Vermessungsamt Freyung und Zwiesel (VA)	1998

Gefährdungskarte	Gefährdungskarte für das Altgebiet des Nationalparks Bayerischer Wald	1:10 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1997
Geologische Karte	Geologische Karte (Grobgliederung) von Bayern des Geologischen Landesamtes	1:25 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1977
ges. Forsteinrichtung (F-R-G))	gesonderte Forsteinrichtung für das Erweiterungsgebiet des Nationalparks Bayerischer Wald	1:10 000	Projektgruppe FORST-GIS-Bayern des BayStMLF (FORST-GIS)	1998
ges. Hochlageninventur (R-L-G)	gesonderte Hochlageninventur für den gesamten Bayerischen Wald	kein	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)	1996
hist. Schadflächen 01	historischen Schadflächenerhebung für die Jahre 1868/70 und 1925/29 durch Elling, W., Bauer, E., Klemm, G., Koch, H. von 1987	1:25 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1987
hist. Schadflächen 02	historischen Schadflächenerhebung für die Jahre 1981 bis 1988	1:25 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1987
IR-Luftbilder 01	Infrarot Luftbilder der Epoche 01 (September)	1:3 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1981
IR-Luftbilder 02	Infrarot Luftbilder der Epoche 02 (September)	1:3 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1983
IR-Luftbilder 03	Infrarot Luftbilder der Epoche 03 (September)	1:6 500	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1988
IR-Luftbilder 04	Infrarot Luftbilder der Epoche 04 (Oktober)	1:12 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1989
IR-Luftbilder 05	Infrarot Luftbilder der Epoche 05 (Juni)	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1990
IR-Luftbilder 06	Infrarot Luftbilder der Epoche 06 (Juli)	1:14 500	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1991
IR-Luftbilder 07	Infrarot Luftbilder der Epoche 07 (Juli)	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1992
IR-Luftbilder 08	Infrarot Luftbilder der Epoche 08 (Mai)	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1993
IR-Luftbilder 09	Infrarot Luftbilder der Epoche 09 (August)	1:14 500	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1994
IR-Luftbilder 10	Infrarot Luftbilder der Epoche 10 (Juli)	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1995
IR-Luftbilder 11	Infrarot Luftbilder der Epoche 11 (Juli)	1:15 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1996
IR-Luftbilder 12	Infrarot Luftbilder der Epoche 12 (August)	1:15 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1997
IR-Luftbilder 13	Infrarot Luftbilder der Epoche 13 (Juli)	1:15 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1998
IR-Luftbilder 14	Infrarot Luftbilder der Epoche 14 (Juli)	1:15 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1999
IR-Luftbilder 15	Infrarot Luftbilder der Epoche 15 (Oktober)	1:15 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1999
IR-Luftbilder 16	Infrarot Luftbilder der Epoche 16 (September)	1:15 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	2000
IRS-1C-Szene (multi.)	multispektrale Aufnahmen des indischen Satelliten „IRS-1C“	1:200 000	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	1997
IRS-1C-Szene (pan.)	panchromatische Aufnahmen des indischen Satelliten „IRS-1C“	1:20 000	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	1997

Jagderfassung	Jagd-Abgleichs- und -Angleichsflächen	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	2000
Klimadaten	Klimaerhebungen auf 14 Klimastationen für das Gebiet und die Region des Nationalparks Bayerischer Wald	kein	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	2000
Nationalparkplan	Nationalparkplan der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald	mehrere	NPV & LWF	1999
sonstige	sonstige Datenquelle (durch TU München erstellt)	mehrere	Technische Universität München, Fachgebiet Geoinformationssysteme (TUM)	2001
Standortskarte (F-R-G)	Standortskarte für das ehem. Forstamt Zwiesel	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1982
Standortskarte (F-R-G) & (R-L-G)	Kombination der Datenquellen „Standortskarte (F-R-G)" und „Standortskarte (R-L-G)"	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1982
Standortskarte (R-L-G)	Standortskarte für den ehem. Nationalpark Bayerischer Wald	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1971
Šumava 01	infrastrukturelle Daten der tschechischen Nationalpark- und Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava	kein	Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava (LSV)	1999
Šumava 02	naturschutzrelevante Daten der tschechischen Nationalpark- und Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava	kein	Landschaftsschutzgebietsverwaltung Šumava (LSV)	1999
Temperaturverteilung 01	Temperaturverteilung für das Rachel-Lusen-Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald der Epoche 01)	1:5 000	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	1995
Temperaturverteilung 02	Temperaturverteilung für das Rachel-Lusen-Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald der Epoche 02)	1:5 000	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	1996
Temperaturverteilung 03	Temperaturverteilung für das Rachel-Lusen-Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald der Epoche 03)	1:5 000	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	1997
TK 100	Topographische Karte Bayerns	1:100 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1999
TK 25	Topographische Karte Bayerns	1:25 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1999
TK 50	Topographische Karte Bayerns	1:50 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1999
Totholzkartierung 01	analoge Totholzkartierung der Epoche 01 (September)	1:6 500	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1988
Totholzkartierung 02	analoge Totholzkartierung der Epoche 02 (Oktober)	1:12 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1989
Totholzkartierung 03	analoge Totholzkartierung der Epoche 03 (Juni)	1:10 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1990
Totholzkartierung 04	analoge Totholzkartierung der Epoche 04 (Juli)	1:14 500	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1991
Totholzkartierung 05	analoge Totholzkartierung der Epoche 05 (Juli)	1:10 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1992

Totholzkartierung 06	analoge Totholzkartierung der Epoche 06 (Mai)	1:10 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1993
Totholzkartierung 07	digitale Totholzkartierung der Epoche 07 (Mai)	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1993
Totholzkartierung 08	digitale Totholzkartierung der Epoche 08 (August)	1:14 500	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1994
Totholzkartierung 09	digitale Totholzkartierung der Epoche 09 (Juli)	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1995
Totholzkartierung 10	digitale Totholzkartierung der Epoche 10 (Juli)	1:15 000	NPV und LWF	1996
Totholzkartierung 11	digitale Totholzkartierung der Epoche 11 (August)	1:15 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1997
Totholzkartierung 12	digitale Totholzkartierung der Epoche 12 (Juli)	1:15 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1998
Totholzkartierung 13	digitale Totholzkartierung der Epoche 13 (Juli)	1:15 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1999
Totholzkartierung 14	digitale Totholzkartierung der Epoche 14 (Oktober)	1:15 000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	1999
Totholzkartierung 15	digitale Totholzkartierung der Epoche 15 (September)	1:15 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	2000
ÜK 500	Übersichtskarte Bayern	1:500 000	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)	1999
Vegetationskarte	Vegetationskarte des Altgebietes des Nationalparks Bayerischer Wald	1:25 000	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)	1978
Verjüngungsinventur 01 (R-L-G)	1. gesonderte Inventur (Verjüngungsinventur) für den Nationalpark Bayerischer Wald	kein	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)	1998
Verjüngungsinventur 02 (R-L-G)	2. gesonderte Inventur (Verjüngungsinventur) für den Nationalpark Bayerischer Wald	kein	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)	2000
Waldecke	Waldecke des FORST-GIS-Bayern für die Region des Nationalparks Bayerischer Wald	1:50 000	Projektgruppe FORST-GIS-Bayern des BayStMLF (FORST-GIS)	1996
Waldkarte 01	Waldkarte des Altgebietes des Nationalparks Bayerischer Wald (FBK541)	1:10 000	Projektgruppe FORST-GIS-Bayern des BayStMLF (FORST-GIS)	1991
Waldkarte 01 & FBK540	Kombination der Datenquellen „Waldkarte 01“ und „FBK540“	1:10 000	Projektgruppe FORST-GIS-Bayern des BayStMLF (FORST-GIS)	1992
Waldkarte 02	Waldkarte des Altgebietes des Nationalparks Bayerischer Wald (FBK541)	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1981
Waldkarte 03	Waldkarte des Altgebietes des Nationalparks Bayerischer Wald (FBK541)	1:10 000	Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV)	1972
Zweitinventur (F-R-G)	Zweitinventur für das ehem. Forstamt Zwiesel im Rahmen der Forsteinrichtung	kein	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (BayStMLF)	1986

TABELLE 37: ÜBERSICHT DER IN DAS REFERENZ-GIS ÜBERNOMMENEN DATENQUELLEN

Anhang C:

PHYSIKALISCHE DATENSTRUKTUR (zu Kap. 2.3.2)

Die dem Referenz-GIS zugrunde liegende Datenhaltung erfolgt mittels einer einfachen und leicht überschaubaren physikalischen Datenstruktur in drei Hierarchieebenen für die Datenhaltung der Forschungsplattform.

Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3
<ul style="list-style-type: none"> [-] basisdaten <ul style="list-style-type: none"> [+] amtliche_vermessung [+] forst-gis-bayern [+] metadaten [+] multimedia [+] nationalpark_bayerischer_wald [+] nationalpark_sumava [+] privatwirtschaft [+] software 	<ul style="list-style-type: none"> [-] amtliche_vermessung <ul style="list-style-type: none"> [+] aglb [+] atkis25 [+] atkis500 [+] dfk [+] dgm25 [+] orthophotos [+] tk100 [+] tk25 [+] tk50 [+] uek500 	<ul style="list-style-type: none"> [-] aglb <ul style="list-style-type: none"> [-] datenbank [-] atkis25 <ul style="list-style-type: none"> [-] flaechen [-] flaechen_3d [-] linien [-] linien_3d [-] punkte [-] punkte_3d [-] texte [-] atkis500 <ul style="list-style-type: none"> [-] flaechen [-] linien [-] punkte [-] texte [-] dfk <ul style="list-style-type: none"> [-] flaechen [-] linien [-] punkte [-] texte [-] dgm25 <ul style="list-style-type: none"> [-] flaechen [-] flaechen_3d [+] grid [-] linien [-] linien_3d [-] punkte [-] punkte_3d [+] tin [-] orthophotos <ul style="list-style-type: none"> [-] flaechen [-] raster [-] tabellen [-] tk100 <ul style="list-style-type: none"> [-] raster [-] tk25 <ul style="list-style-type: none"> [-] raster [-] tabellen [-] tk50 <ul style="list-style-type: none"> [-] raster [-] uek500 <ul style="list-style-type: none"> [-] raster
	<ul style="list-style-type: none"> [-] forst-gis-bayern <ul style="list-style-type: none"> [+] flaechen [+] flaechen_3d [+] linien 	

Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3
	<ul style="list-style-type: none"> [-] metadaten <ul style="list-style-type: none"> [+] datenbank [+] dokumente [+] legenden [+] paletten [+] symbole 	
	<ul style="list-style-type: none"> [-] multimedia <ul style="list-style-type: none"> [+] animationen [+] audio [+] bilder [+] texte [+] video 	
	<ul style="list-style-type: none"> [-] nationalpark_bayerischer_wald <ul style="list-style-type: none"> [+] falkenstein-rachel-gebiet [+] gesamtgebiet [+] rachel-lusen-gebiet [+] sachdaten [+] vorfeld 	<ul style="list-style-type: none"> [-] falkenstein-rachel-gebiet <ul style="list-style-type: none"> [+] flaechen [+] flaechen_3d [+] grid [+] linien [+] linien_3d [+] punkte [+] punkte_3d [+] raster [+] texte [+] tin [-] gesamtgebiet <ul style="list-style-type: none"> [+] flaechen [+] flaechen_3d [+] grid [+] linien [+] linien_3d [+] punkte [+] punkte_3d [+] texte [+] tin [-] rachel-lusen-gebiet <ul style="list-style-type: none"> [+] flaechen [+] flaechen_3d [+] grid [+] linien [+] linien_3d [+] punkte [+] punkte_3d [+] raster [+] texte [+] tin [-] sachdaten <ul style="list-style-type: none"> [+] datenbanken [+] tabellen [-] vorfeld <ul style="list-style-type: none"> [+] flaechen [+] flaechen_3d [+] linien [+] texte

<i>Ebene 1</i>	<i>Ebene 2</i>	<i>Ebene 3</i>
	<ul style="list-style-type: none"> [-] nationalpark_sumava <ul style="list-style-type: none"> [+] flaechen [+] linien [+] punkte [+] texte 	
	<ul style="list-style-type: none"> [-] privatwirtschaft <ul style="list-style-type: none"> [+] dlr [+] sonstige 	<ul style="list-style-type: none"> [-] dlr <ul style="list-style-type: none"> [+] flaechen [+] raster [-] sonstige <ul style="list-style-type: none"> [+] raster
	<ul style="list-style-type: none"> [-] software <ul style="list-style-type: none"> [+] benutzeroberflaeche [+] datenaufbereitung [+] datenumsetzung [+] installation [+] konsistenzsicherung [+] projekte 	

Anhang D:

LOGISCHE IMPLEMENTIERUNG DER META-DATENBANK (zu Kap. 5.8.2)

D 1 TABELLENDEFINITIONEN

Die logische Tabellendefinition wird mit Hilfe der Entwurfswerkzeuge des verwendeten RDBMS MS Access 2000 vorgenommen. Untenstehend sind die Tabellendefinitionen gemäß den jeweiligen Entwurfsansichten aus Access mit *Feldnamen*, *Felddatentypen*, (*Feld-*) *Beschreibungen* und *Primärschlüsseln* dargestellt.

Ergänzend zu der tabellarischen Unterscheidung logischer Objektmengen existiert innerhalb des RDBMS eine weitere Unterscheidung in *systemabhängige* und *systemunabhängige* Tabellenklassen.

1. 3D-SZENE

Views zur 3D-Datenvisualisierung;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	3D-Szene	AutoWert	interne ID der betreffenden 3D-Szene
	Szenenname	Text	Name der betreffenden 3D-Szene
	Projekt	Zahl	zugehöriges Projekt
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibung der betreffenden 3D-Szene
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 130: TABELLENDEFINITION „3D-SZENE“

2. 3D-SZENE-THEMA

n:m-Zuordnungen 3D-Szenen-Themen;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	3D-Szene	Zahl	n: 3D-Szene
?	Thema	Zahl	m: Thema
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 131: TABELLENDEFINITION
„3D-SZENE-THEMA“

3. ATTRIBUT

Direkte Geometrieattribute;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Attribut	AutoWert	interne ID des betreffenden Attributs
	Attributname	Text	Name des betreffenden Attributs
	Attributinhalt	Text	inhaltliche Aussage des betreffenden Attributs
	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Klassifikationsmerkmal	Ja/Nein	Verwendung des betreffenden Attributes zu Klassifikationszwecken?
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 132: TABELLENDEFINITION „ATTRIBUT“

4. ATTRIBUT-QUALITÄT

Attribut-spezifische
Qualitätskriterien;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Attribut	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Erfassung	Text	Erfassungsmethode des betreffenden Attributes
	Richtigkeit geprüft	Ja/Nein	Prüfung der Richtigkeit des betreffenden Attributes
	Zuverlässigkeit	Text	Zuverlässigkeit des betreffenden Attributes in [%]
	Klassifizierungsgenauigkeit	Text	Klassifizierungsgenauigkeit des betreffenden Attributes in [%]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank (Transaction Time: Status der Transaktion)

ABBILDUNG 133: TABELLENDEFINITION „ATTRIBUT-QUALITÄT“

5. DATENFORMAT

Definition der verwendeten
Geometrie-Datenformate,
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datenformat	Text	zugrundeliegendes Datenformat
	Format	Text	betreffendes Datenformat (NULL heißt Verzeichnis)
	Datentyp	Text	daraus folgender Datentyp (Vektor, Raster, Grid, TIN)
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibung des zugrundeliegenden Datenformates
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 134: TABELLENDEFINITION „DATENFORMAT“

6. DATENQUELLE

Datenquellenübersicht;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Quelle	AutoWert	interne ID der betreffenden Datenquelle
	Quellenkurzbezeichnung	Text	Kurzbezeichnung der betreffenden Datenquelle
	Quellenlangname	Memo	Langname der betreffenden Datenquelle
	Datenquellentyp	Text	Typ der Datenquelle
	Maßstab	Text	Maßstab der betreffenden Datenquelle
	Herkunft	Text	Herkunft der betreffenden Datenquelle
	Stand	Zahl	Aktualitätsstand der betreffenden Datenquelle
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 135: TABELLENDEFINITION „DATENQUELLE“

7. DATENQUELLENTYP

Datenquellentypenübersicht;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datenquellentyp	Text	Typ der Datenquelle
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibungen der zugrundeliegenden Datenquelle
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 136: TABELLENDEFINITION „DATENQUELLENTYP“

8. DATENSATZ

Geometrie-Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	Beschreibung
?	Datensatz	AutoWert	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Datensatzname	Text	Name des betreffenden Datensatzes
	Pfad	Zahl	interne ID des betreffenden Pfades
	Objektbereich	Zahl	zugeordneter Objektbereich
	Quelle	Zahl	interne ID der primären Datenquelle
	Identifikator	Text	4-stelliger Identifikator des betreffenden Datensatzes
	Anzahl-Objektarten	Zahl	Anzahl der im betreffenden Datensatz beinhalteten Objektarten
	Anzahl-Objekte	Zahl	Anzahl der im betreffenden Datensatz beinhalteten Objekte
	Datentyp	Text	betreffender Datentyp
	Datenmenge	Zahl	Datenmenge in [KByte]
	Kurzbeschreibung	Memo	Kurzbeschreibungen des betreffenden Datensatzes
	Verwendungszweck	Memo	primärer Verwendungszweck des betreffenden Datensatzes
	ergänzende Informationen	Memo	ergänzende Informationen über den betreffenden Datensatz
	Skizze	OLE-Objekt	grafische Vorschau auf den betreffenden Datensatz
	Nutzungseinschränkungen	Text	externe Nutzungseinschränkungen für den betreffenden Datensatz
	Sprache-Datensatz	Text	verwendete Sprache des betreffenden Datensatzes
	Sprache-Metainformationen	Text	verwendete Sprache der zugehörigen Meta-Informationen
	Zeichensatz-Metainformationen	Text	verwendeter Zeichensatz der zugehörigen Meta-Informationen
	Kontaktinformationen	Text	Kontaktinformationen, Ansprechpartner oder Verantwortliche sowohl für die Geo- als auch für die Meta-Daten
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank (temporale Angaben zu den Meta-Daten)

ABBILDUNG 137: TABELLENDEFINITION „DATENSATZ“

9. DATENSATZ-QUALITÄT

Datensatz-spezifische Qualitätskriterien;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Erfasser	Text	erfassende Institution
	Erfassungsjahr	Text	Erfassungsjahr der Daten (Measure Time)
	Erfassungsmonat	Text	Erfassungsmonat der Daten (Measure Time)
	Erfassungssystem	Text	System zur Ersterfassung der Daten
	Abgaberaumbezug	Text	originärer Raumbezug der Daten
	Abgabeformat	Text	originäres Abgabeformat
	Raumbezug	Text	aktueller Raumbezug der Daten
	Verarbeiter	Text	verarbeitende Institution
	Verarbeitungsjahr	Text	Verarbeitungsjahr der Daten (Transaction Time: Eintrag in die Geo-Datenbasis)
	Verarbeitungsmonat	Text	Verarbeitungsmonat der Daten (Transaction Time: Eintrag in die Geo-Datenbasis)
	Verarbeitungssystem	Text	System zur Verarbeitung der Daten
	Verarbeitungszustand	Text	Verarbeitungszustand der Daten (Transaction Time: Status der Transaktion)
	Gültigkeitsstatus	Text	Gültigkeitsstatus des betreffenden Datensatzes (Valid Time)
	Gültigkeitsende	Text	letzter Gültigkeitstermin des Datensatzes (Death Time: d.h. Status: historisch)
	Gültigkeitszeitraum	Text	Zeitraum der Gültigkeit des Datensatzes (Birth Time - Death Time: d.h. Status: historisch)
	temporaler Status	Text	temporaler Status des Datensatzes (Unterscheidung von statischen und multitemporalen Daten)
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank (Transaction Time: Status der Transaktion)

ABBILDUNG 138: TABELLENDEFINITION „DATENSATZ-QUALITÄT“

10. DOKUMENT

Dokument-Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Dokument	AutoWert	interne ID des betreffenden Dokumentes
	Dokumentname	Text	Name des betreffenden Dokumentes
	Dokumenttyp	Text	Typ des betreffenden Dokumentes
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibung des betreffenden Dokumentes
	Pfad	Zahl	interne ID des betreffenden Pfades
	Format	Text	verwendetes Dokumentformat
	Datenmenge	Zahl	Datenmenge in [KByte]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 139: TABELLENDEFINITION „DOKUMENT“

11. GRID

Grid-Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Datenformat	Text	zugrundeliegendes Datenformat
	Typ	Text	Grid-Typ
	Links	Zahl	Boundingbox Rechtswert links unten in [m]
	Unten	Zahl	Boundingbox Hochwert links unten in [m]
	Rechts	Zahl	Boundingbox Rechtswert rechts oben in [m]
	Oben	Zahl	Boundingbox Hochwert rechts oben in [m]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 140: TABELLENDEFINITION „GRID“

12. GRID-QUALITÄT

Grid-spezifische Qualitätskriterien;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Gridtyp	Text	Typ des betreffenden Grids
	Zellgröße	Text	Zellgröße des Grids in [m]
	Zelltyp	Text	Inhaltstyp der Gridzellen
	Klassifizierungsverlässlichkeit	Text	Verlässlichkeit der analytischen Klassifizierung in [%] (interne Genauigkeit)
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 141: TABELLENDEFINITION „GRID-QUALITÄT“

13. LAUFWERK

Physische Laufwerke zur Speicherung der Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Laufwerk	Text	zugehöriger Lauwerksbuchstabe (via Netz-Freigabe!)
	Server	Text	zugehöriger Servername
	Freigabe	Text	zugehöriger (Netz-) Freigabename
	Bemerkung	Text	Zweck / Bemerkung
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 142: TABELLENDEFINITION „LAUFWERK“

14. LEGENDE

Themenabhängige Legendenfiles;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Legende	AutoWert	Interne ID der betreffenden Legende
	Legendenname	Text	Name der betreffenden Legende
	Legendentyp	Text	Typ der betreffenden Legende
	Datentyp	Text	zugehöriger Datentyp
	Format	Text	betreffendes Legendenformat
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 143: TABELLENDEFINITION „LEGENDE“

15. MULTIMEDIA

Multimedia-Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datensatz	AutoWert	interne ID des betreffenden Multimedia-Datensatzes
	Datensatzname	Text	Name des betreffenden Multimedia-Datensatzes
	Pfad	Zahl	interne ID des betreffenden Pfades
	Datentyp	Text	betreffender Datentyp
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibung des betreffenden Multimedia-Datensatzes
	Format	Text	verwendetes Multimedia-Datenformat
	Datenmenge	Zahl	Datenmenge in [KByte]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 144: TABELLENDEFINITION „MULTIMEDIA“

16. OBJEKT

Geometrische Einzelobjekte;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Objekt	AutoWert	interne ID der betreffenden Objektes
	Objektname	Text	Name des betreffenden Objektes
	Objektart	Zahl	interne ID der betreffenden Objektart
	Identifikator	Text	4-stelliger Identifikator des betreffenden Objektes
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 145: TABELLENDEFINITION „OBJEKT“

17. OBJEKTART

Geometrische Objektarten;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Objektart	AutoWert	interne ID der betreffenden Objektart
	Objektartname	Text	Name der betreffenden Objektart
	Datensatz	Zahl	ID des betreffenden Datensatzes
	Identifikator	Text	2-stelliger Identifikator der betreffenden Objektart
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 146: TABELLENDEFINITION „OBJEKTART“

18. OBJEKTBEREICH

Definition von datenquellen-unabhängigen Objektbereichen;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Objektbereich	Zahl	interne ID des einem Thema zugeordneten Objektbereichs
	Objektbereichsname	Text	Name des zugeordneten Objektbereichs
	Identifikator	Text	2-stelliger Identifikator des betreffenden Objektbereichs
	Anordnung	Zahl	physikalische Layer-Anordnung
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibungen des betreffenden Objektbereichs
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 147: TABELLENDEFINITION „OBJEKTBEREICH“

19. PFAD

Laufwerksunabhängige, physische Pfade zur Speicherung der Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
PK	Pfad	AutoWert	interne ID des betreffenden Pfades
	Laufwerk	Text	betreffender Laufwerksbuchstabe
	Ordner	Text	Name des betreffenden Ordners relativ zum verwendeten Laufwerk
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 148: TABELLENDEFINITION „PFAD“

20. PROJEKT

Projekte zur Verwaltung von Views und 3D-Szenen;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
PK	Projekt	AutoWert	interne ID des betreffenden Projektes
	Projektname	Text	Name des betreffenden Projektes
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibung des betreffenden Projektes
	Pfad	Zahl	interne ID des betreffenden Pfades
	Format	Text	betreffendes Projektformat
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 149: TABELLENDEFINITION „PROJEKT“

21. RASTER

Raster-Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
PK	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Datenformat	Text	zugrundeliegendes Datenformat
	Orthobild	Ja/Nein	geometrisch entzerrtes Luftbild?
	Hintergrund	Ja/Nein	anderer Rasterhintergrund?
	Links	Zahl	Boundingbox Rechtswert links unten in [m]
	Unten	Zahl	Boundingbox Hochwert links unten in [m]
	Rechts	Zahl	Boundingbox Rechtswert rechts oben in [m]
	Oben	Zahl	Boundingbox Hochwert rechts oben in [m]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 150: TABELLENDEFINITION „RASTER“

22. RASTER-QUALITÄT

Raster-spezifische Qualitätskriterien;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
PK	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Bänder	Zahl	Anzahl der verwendeten Farb-Bänder
	Farbformat	Text	verwendetes Farbformat
	Farbtiefe	Text	verwendete Farbtiefe in [Bit]
	Bodenaufösung	Text	Kantenlänge eines Pixels in der realen Welt in [m]
	Digitalisierauflösung	Text	verwendete Auflösung des Scanners in [µm]
	Bildflugnummer	Text	Nummer des zugehörigen Bildfluges
	Bildmaßstab	Text	Maßstab des Bildes
	Befliegungsmaßstab	Text	Maßstab der Befliegung
	Befliegungsinstitution	Text	mit der Befliegung beauftragte Institution
	Flughöhe	Zahl	Flughöhe über Grund in [m]
	Film	Text	verwendetes Filmmaterial
	Aufnahmeart	Text	Art der Aufnahme
	Aufnahmetag	Datum/Uhrzeit	Tag der Aufnahme/Befliegung
	Aufnahmezeit	Datum/Uhrzeit	Zeit der Aufnahme/Befliegung [MESZ]
	Bildanzahl	Zahl	Anzahl der Bilder des gesamten Bildfluges
	Fläche	Zahl	abgedeckte Fläche [qm]
	Klassifizierungsverlässlichkeit	Text	Verlässlichkeit der analytischen Klassifizierung in [%] (interne Genauigkeit)
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 151: TABELLENDEFINITION „RASTER-QUALITÄT“

23. SACHDATEN

Sach-Datenbanken;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
🔑	Datenbank	AutoWert	interne ID der betreffenden Datenbank
	Datenbankname	Text	Name der betreffenden Datenbank
	ODBC-Name	Text	Name der entsprechenden ODBC-Quelle des Betriebssystems
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibung der Datenbank- und ODBC-Quelle
	Pfad	Zahl	interne ID des betreffenden Pfades
	Format	Text	verwendetes Datenbankformat
	Datenmenge	Zahl	Datenmenge in [KByte]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 152: TABELLENDEFINITION „SACHDATEN“

24. SERVER

Geo-Server zur Speicherung der Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
🔑	Server	Text	IP-Adresse des Servers
	Servername	Text	zugehöriger Servername
	URL	Text	Internet-Adressen des betreffenden Servers
	Funktion	Text	primäre Funktion des Servers
	Hersteller	Text	Hersteller der Server-Hardware
	Typbezeichnung	Text	Typ-Bezeichnung des Servers
	Betriebssystem	Text	verwendetes Betriebssystem
	Prozessor	Text	Prozessor-Ausbau
	Arbeitsspeicher	Text	Arbeitsspeicher-Ausbau
	Festplattenspeicher	Text	Festplattenspeicher-Ausbau
	Datensicherheit	Text	Methoden zur Wahrung der Datensicherheit
	Datenschutz	Text	Methoden zur Wahrung des Datenschutzes
	Mehrfachnutzerbetrieb	Zahl	max. Anzahl der gleichzeitige Nutzer
	Vernetzung LAN	Text	lokale Vernetzung (LAN)
	Vernetzung WAN	Text	weltweite Vernetzung (WAN)
	Betreiberinformationen	Text	Informationen zum Betreiber der Hardware
	Ansprechpartner	Text	zuständiger Verwalter
	Standort	Text	Standort des Servers
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 153: TABELLENDEFINITION „SERVER“

25. TABELLE

Indirekte Geometrieattribute;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
🔑	Tabelle	AutoWert	interne ID der betreffenden Tabelle
	Tabellenname	Text	Name der betreffenden Tabelle
	Pfad	Zahl	interne ID des betreffenden Pfades
	Format	Text	verwendetes Tabellenformat
	Projekt	Zahl	zugehöriges Projekt
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibung der betreffenden Tabelle
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 154: TABELLENDEFINITION „TABELLE“

26. THEMA

Verwendung von Datensätzen
in thematischen
Zusammenhängen;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
🔑	Thema	AutoWert	interne Themen- ID für die n:m Beziehung zwischen Views und Themen
	Themename	Text	Themename innerhalb der GIS-Software
	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Legende	Zahl	interne ID der verwendeten Legende
	von	Zahl	min. darzustellende Maßstabszahl
	bis	Zahl	max. darzustellende Maßstabszahl
	skaliert	Ja/Nein	Symbolskalierung?
	Symbolskalierung	Zahl	Referenzmaßstab für die kartographische Darstellung
	Linienversatz	Text	eingestellter Linienversatz
	beschriftet	Ja/Nein	automatische Beschriftung?
	Textfeld	Text	Feldname der zugehörigen Attribut-Tabelle für die automatische Beschriftung
	Textskalierung	Zahl	Bezugsmaßstab für die Schriftgröße
	Schriftgröße	Zahl	Schriftgröße in Punkten
	Schriftart	Text	Schriftart
	Schriftstil	Text	Schriftstil
	Farbanteil R	Zahl	Rotanteil der RGB-Text-Farbe (0-255)
	Farbanteil G	Zahl	Gelbanteil der RGB-Text-Farbe (0-255)
	Farbanteil B	Zahl	Blauanteil der RGB-Text-Farbe (0-255)
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 155: TABELLENDEFINITION „THEMA“

27. THEMENBEREICH

Definition von datenquellen-abhängigen Themenbereichen;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Themenbereich	Zahl	interne ID des einem Objektbereich zugeordneten Themenbereichs
	Themenbereichsname	Text	Name des zugeordneten Themenbereichs
	Identifikator	Text	2-stelliger Identifikator des betreffenden Themenbereichs
	Datenquellentyp	Text	Typ der Datenquelle
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibungen des betreffenden Themenbereichs
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 156: TABELLENDEFINITION „THEMENBEREICH“

28. THEMENBEREICH-OBJEKTBEREICH

n:m-Zuordnungen Themenbereiche-Objektbereiche;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Themenbereich	Zahl	n: Themenbereich
?	Objektbereich	Zahl	m: Objektbereich
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 157: TABELLE „THEMENBEREICH-OBJEKTBEREICH“

29. TIN

TIN-Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Datenformat	Text	zugrundeliegendes Datenformat
	Links	Zahl	BoundingBox Rechtswert links unten in [m]
	Unten	Zahl	BoundingBox Hochwert links unten in [m]
	Rechts	Zahl	BoundingBox Rechtswert rechts oben in [m]
	Oben	Zahl	BoundingBox Hochwert rechts oben in [m]
	H_min	Zahl	minimale Höhe über NN in [m]
	H_max	Zahl	maximale Höhe über NN in [m]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 158: TABELLENDEFINITION „TIN“

30. TIN-QUALITÄT

TIN-spezifische Qualitätskriterien;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Höhengenauigkeit	Text	relative Höhengenaugigkeit in [m]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 159: TABELLENDEFINITION „TIN-QUALITÄT“

31. VEKTOR

Vektor-Datensätze;
systemunabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
?	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Datenformat	Text	zugrundeliegendes Datenformat
	Ausprägung	Text	topologische Ausprägung
	Links	Zahl	BoundingBox Rechtswert links unten in [m]
	Unten	Zahl	BoundingBox Hochwert links unten in [m]
	Rechts	Zahl	BoundingBox Rechtswert rechts oben in [m]
	Oben	Zahl	BoundingBox Hochwert rechts oben in [m]
	H_min	Zahl	minimale Höhe über NN in [m]
	H_max	Zahl	maximale Höhe über NN in [m]
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 160: TABELLENDEFINITION „VEKTOR“

32. VEKTOR-QUALITÄT

Vektor-spezifische Qualitätskriterien;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
🔑	Datensatz	Zahl	interne ID des betreffenden Datensatzes
	Erfassungsmethode	Text	bei der Digitalisierung verwendetes Verfahren
	Digitalisiergenauigkeit	Text	Gegenauigkeit der Digitalisierung
	Verarbeitungsmethode	Text	bei der Weiterverarbeitung verwendetes Verfahren
	Lagegenauigkeit	Text	relative Lagegenauigkeit
	Höhengenauigkeit	Text	relative Höhengenauigkeit
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 161: TABELLENDEFINITION „VEKTOR-QUALITÄT“

33. VIEW

View zur 2D-Datenvisualisierung;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
🔑	View	AutoWert	interne ID des betreffenden Views
	Viewname	Text	Name des betreffenden Views
	Projekt	Zahl	zugehöriges Projekt
	Beschreibung	Memo	Kurzbeschreibung des betreffenden Views
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 162: TABELLENDEFINITION „VIEW“



34. VIEW-THEMA

n:m-Zuordnungen Views-Themen;
systemabhängig:

	Feldname	Felddatentyp	
🔑	View	Zahl	n: View
🔑	Thema	Zahl	m: Thema
	Eintrag	Datum/Uhrzeit	Datum des Eintrags in die Datenbank

ABBILDUNG 163: TABELLENDEFINITION
„VIEW-THEMA“

D 2 TABELLENDEFINITIONEN

Die auf der nächsten Seite folgende Abbildung zeigt die Strukturierung dieser Tabellen und ihrer 36 Beziehungen anhand eines sog. Beziehungsfensters. Innerhalb dieses sehr mächtigen Modellierungstools stellen die Verbindungen  und  die vom RDBMS vorgegebenen Beziehungsmöglichkeiten zwischen den Tabellen des Meta-Datenbankmodells dar.

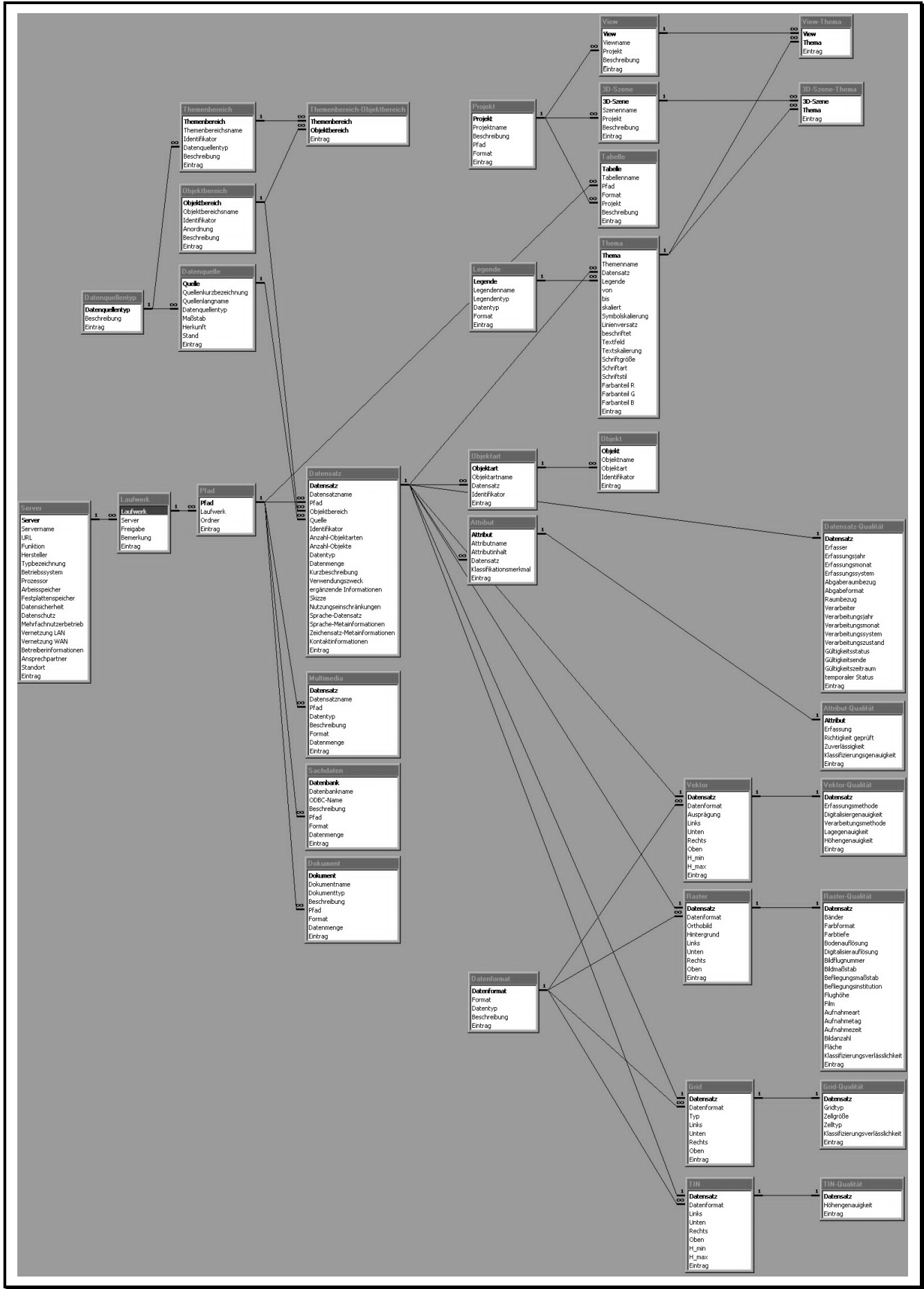


ABBILDUNG 164: RELATIONALES META-DATENMODELL ZUM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“

Anhang E:

EINBINDUNG UND ANALYSE KLIMATOLOGISCHER DATEN (zu Kap. 6.7)

E 1 JAHRESMITTEL DER LUFTTEMPERATUR DER JAHRE 1972 BIS 1998 IN DER NATIONALPARK-ENKLAVE WALDHÄUSER (zu Kap. 6.7.4.3)

Jahr	Mittelwert von T(tr)_Mittel in [°C]	Jahr	Mittelwert von T(tr)_Mittel in [°C]
1972	5,89207650377044	1986	5,52219178013197
1973	5,12767123259502	1987	4,97780819959837
1974	5,82273971003621	1988	5,82431695813853
1975	6,25424658605089	1989	6,63123289418139
1976	5,72459014798286	1990	6,41616438451695
1977	6,18136985753089	1991	5,65527399241516
1978	4,95369863326419	1992	6,54337431948449
1979	5,47479453650239	1993	6,09589042447201
1980	4,44562841898919	1994	7,06061642670060
1981	5,25260275394133	1995	5,92417806706914
1982	6,44054794709568	1996	5,02725409588629
1983	6,39150685761889	1997	6,18479452334242
1984	5,08961747574513	1998	6,19184930725661
1985	4,77534247012171		

TABELLE 38: JAHRESMITTEL DER LUFTTEMPERATUR IN [°C] DER NATIONALPARK-ENKLAVE WALDHÄUSER

E 2 MONATLICHE, MAXIMALE SCHNEEHÖHEN DER JAHRE 1982 BIS 1997 AM GROBEN ARBER (zu Kap. 6.7.4.3)

Monat	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
1		102	156	76	196	183	61	133	27	68	105	67	94	130	49	52
2		164	254	106	195	191	158	138	76	107	138	100	140	135	98	81
3		168	212	110	200	249	369	152	68	78	178	105	120	230	98	57
4		152	187	90	174	251	372	93	34	30	177	58	96	230	84	60
5		35	106	93	79	90	80	52	19	18	111		42	110		38
6			17	1	18	28										
7			1													
8																
9				2										3	6	
10		4	4		3			5	5	8	58	4	6	14	4	
11	19	10	11	40	11	33	42	20	40	31	66	25	15	62	45	
12	58	26	28	41	132	28	136	24	78	100	66	82	37	54	66	

TABELLE 39: MONATLICHE, MAXIMALE SCHNEEHÖHEN IN [CM] AM GROBEN ARBER

E 3 BERECHNUNG DER LANGFRISTIGEN TEMPERATUR-JAHRESMITTEL
(zu Kap. 6.7.5.1)

<i>Stationsname</i>	<i>Meereshöhe</i>	<i>Höhenstufe</i>	<i>langfristiges Jahresmittel</i>
Großer Arber	1 437	Hochlage	3,21
Großer Falkenstein	1 307	Hochlage	3,38
Klingenbrunn Bahnhof	756	Tallage	5,04
Taferlruck	771	Tallage	4,40
Waldhäuser	945	obere Hanglage	5,77
Finsterau	1 000	obere Hanglage	5,10
Freyung	655	Tallage	6,70
Zwiesel	590	Tallage	6,40

TABELLE 40: LANGFRISTIGES JAHRESMITTEL IN [°C]

E 4 REGRESSION ÜBER ALLE HÖHENSTUFEN (zu Kap. 6.7.5.2)

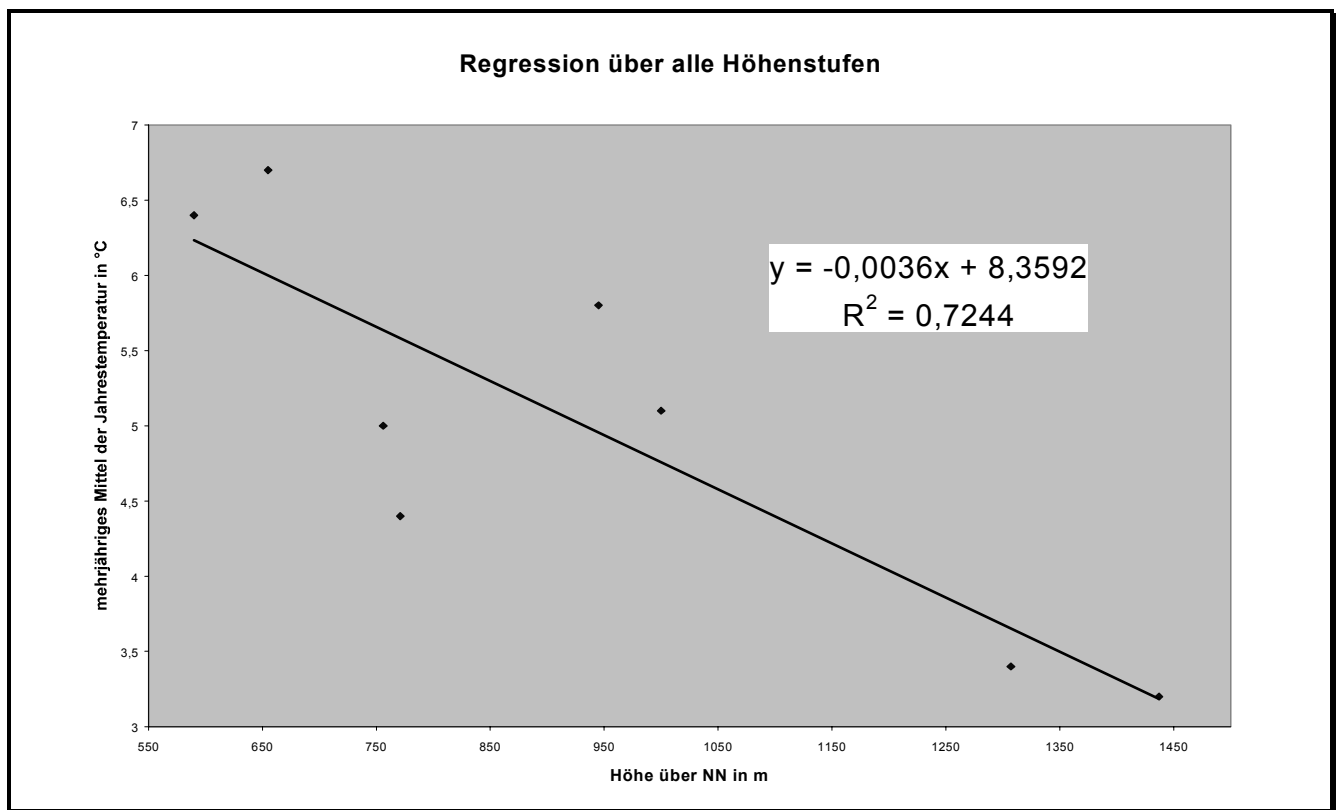


ABBILDUNG 165: TEMPERATUR-HÖHE-DIAGRAMM MIT REGRESSION ÜBER ALLE HÖHENSTUFEN

E 5 **REGRESSION FÜR TALLAGEN MIT KALTLUFTSTAU** (zu Kap. 6.7.5.2)

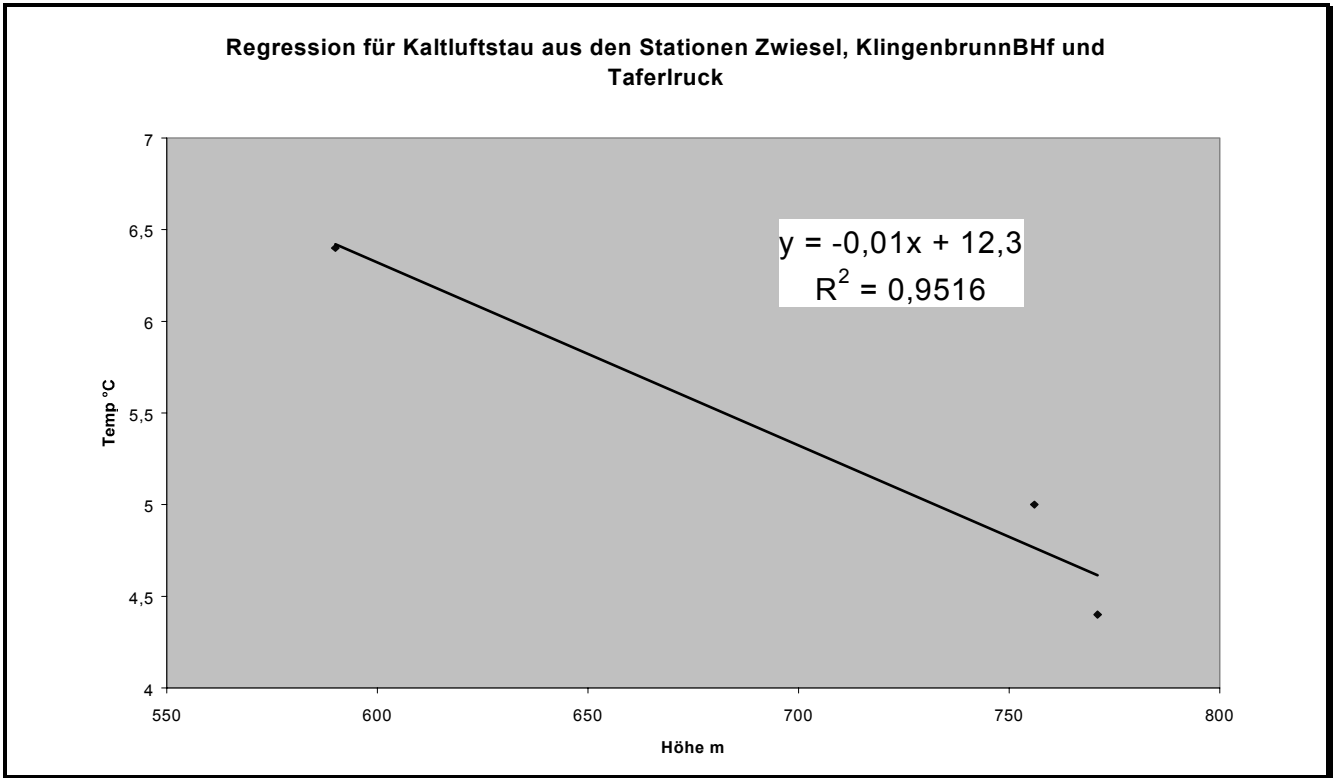


ABBILDUNG 166: TEMPERATUR-HÖHE-DIAGRAMM MIT REGRESSION FÜR STATIONEN AUS TALLAGEN MIT KALTLUFTSTAU

E 6 **REGRESSION FÜR HANG- UND HOCHLAGEN** (zu Kap. 6.7.5.2)

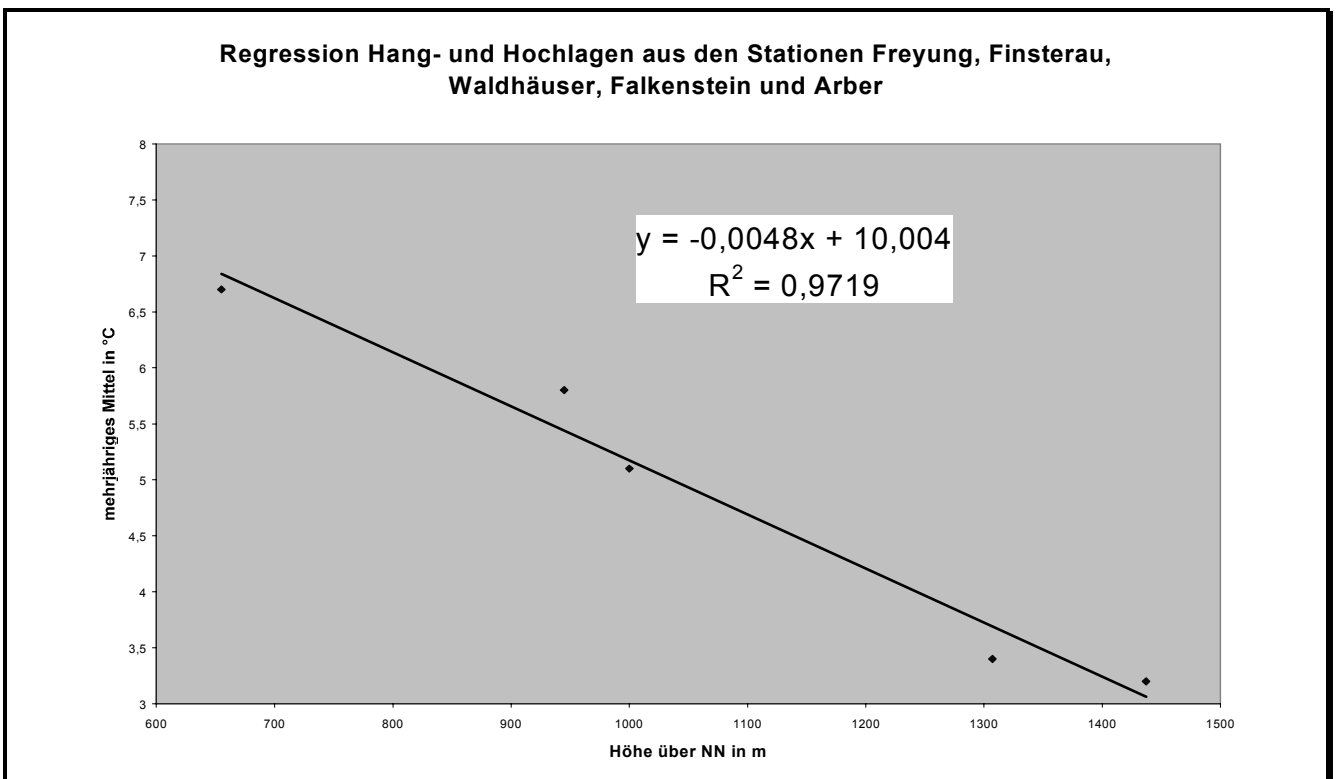


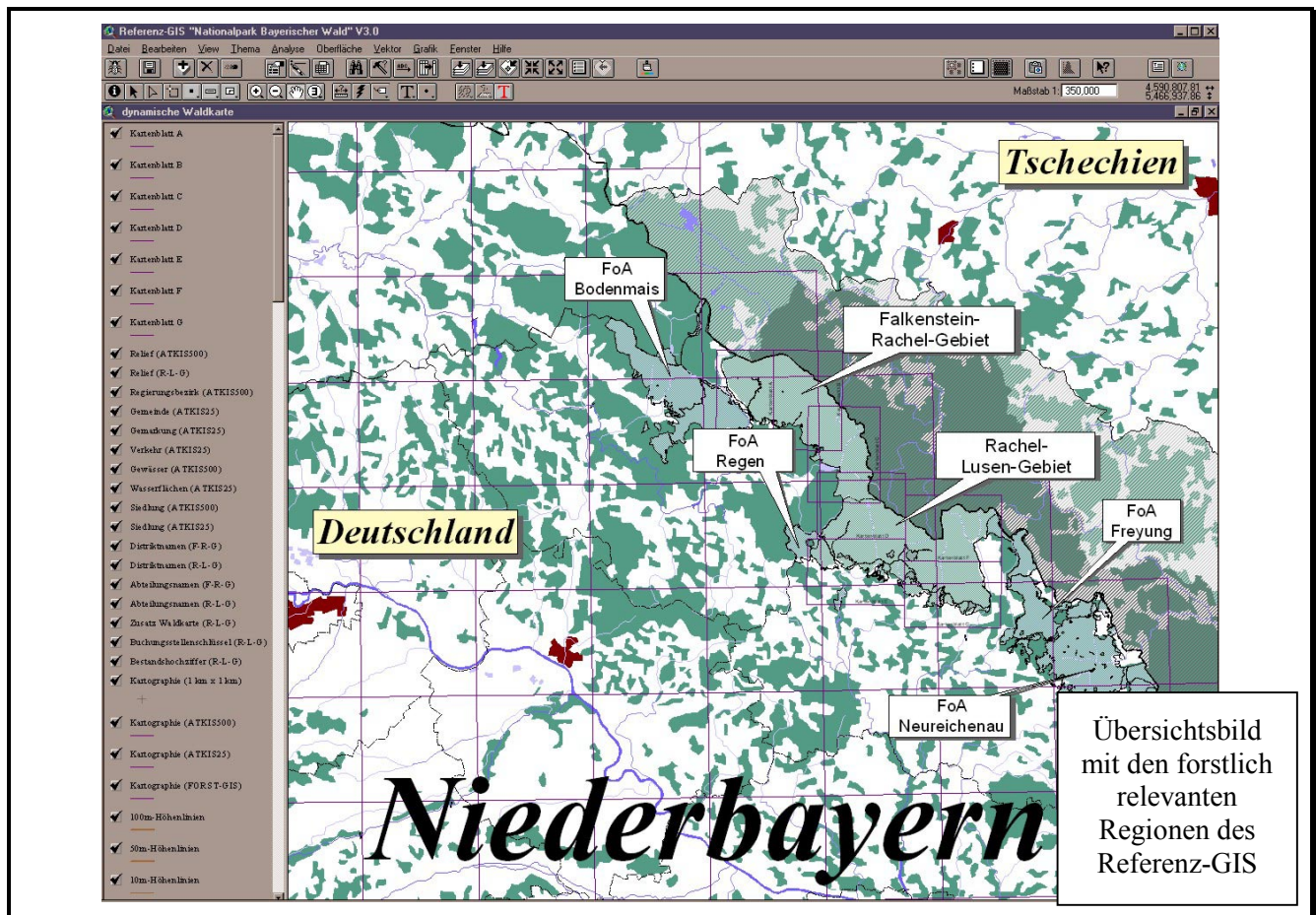
ABBILDUNG 167: TEMPERATUR-HÖHE-DIAGRAMM MIT REGRESSION FÜR STATIONEN AUS HANG- UND HOCHLAGEN

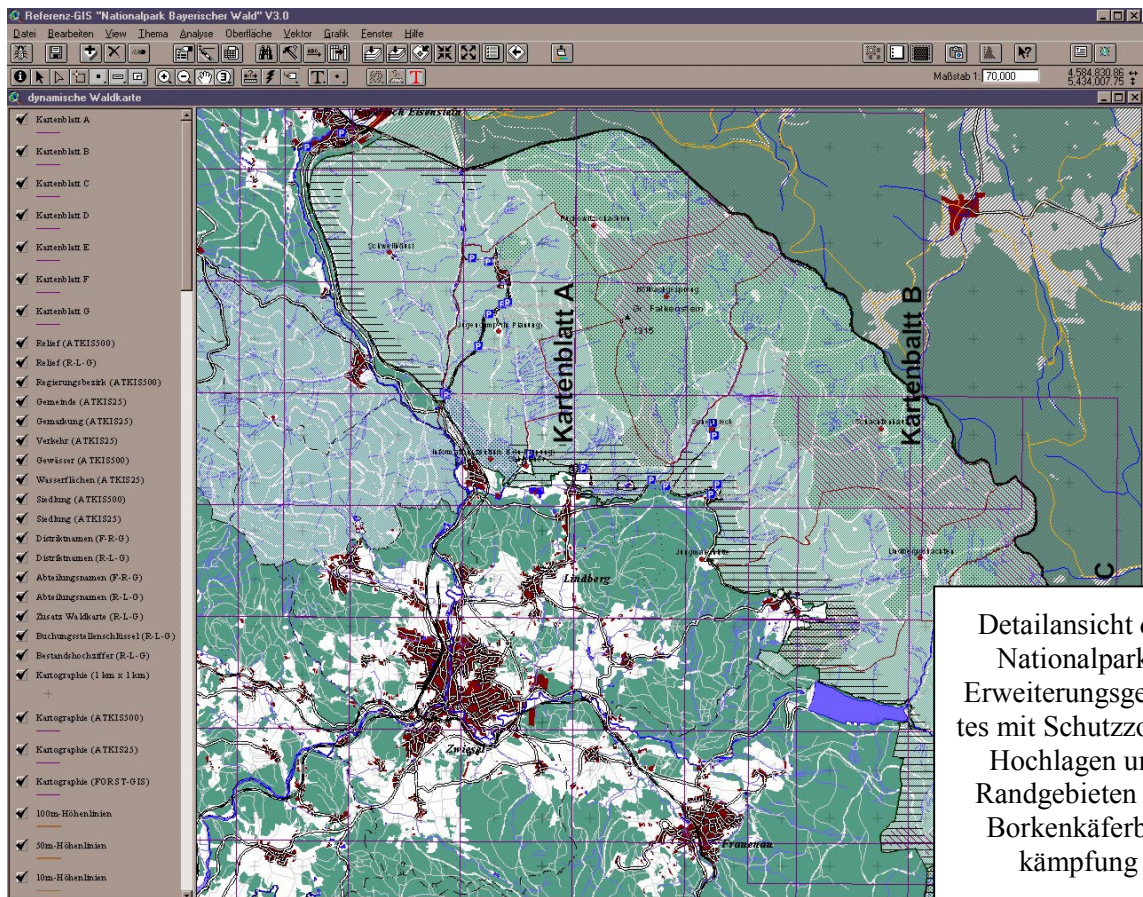
Anhang F:

AUSGEWÄHLTE ANWENDUNGEN (zu Kap. 6)

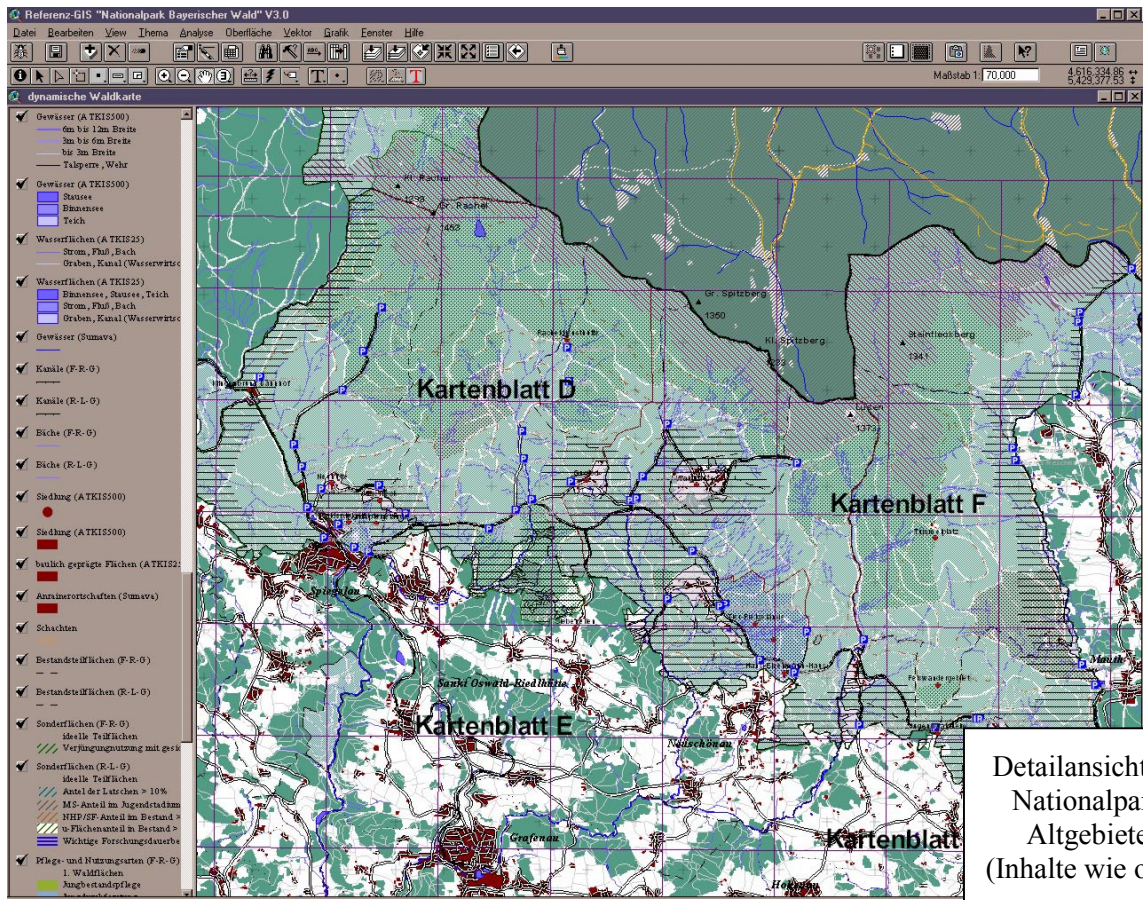
Bei der Konzeption des Referenz-GIS „Nationalpark Bayerischer Wald“ war neben der effizienten Daten-Integration und -haltung die Realisierung verschiedenster, daraus abgeleiteter GIS-Produkte maßgeblich. Diese sollen Nutzern das Daten- und Anwendungs-Potential des Systems auf einfache Weise näher bringen. Neben gängigen Visualisierungen topographischer und forst-fachlicher Zusammenhängen besteht hier auch die Möglichkeit, in GIS einmalige oder zumindest seltene Thematiken und Problemstellungen aufzugreifen. Die nachfolgenden Beispiele sollen als repräsentative Anwendungsauswahl einen visuellen Überblick hierzu liefern.

F 1 FORSTLICHEN BASISANWENDUNGEN (zu Kap. 6.2.1)

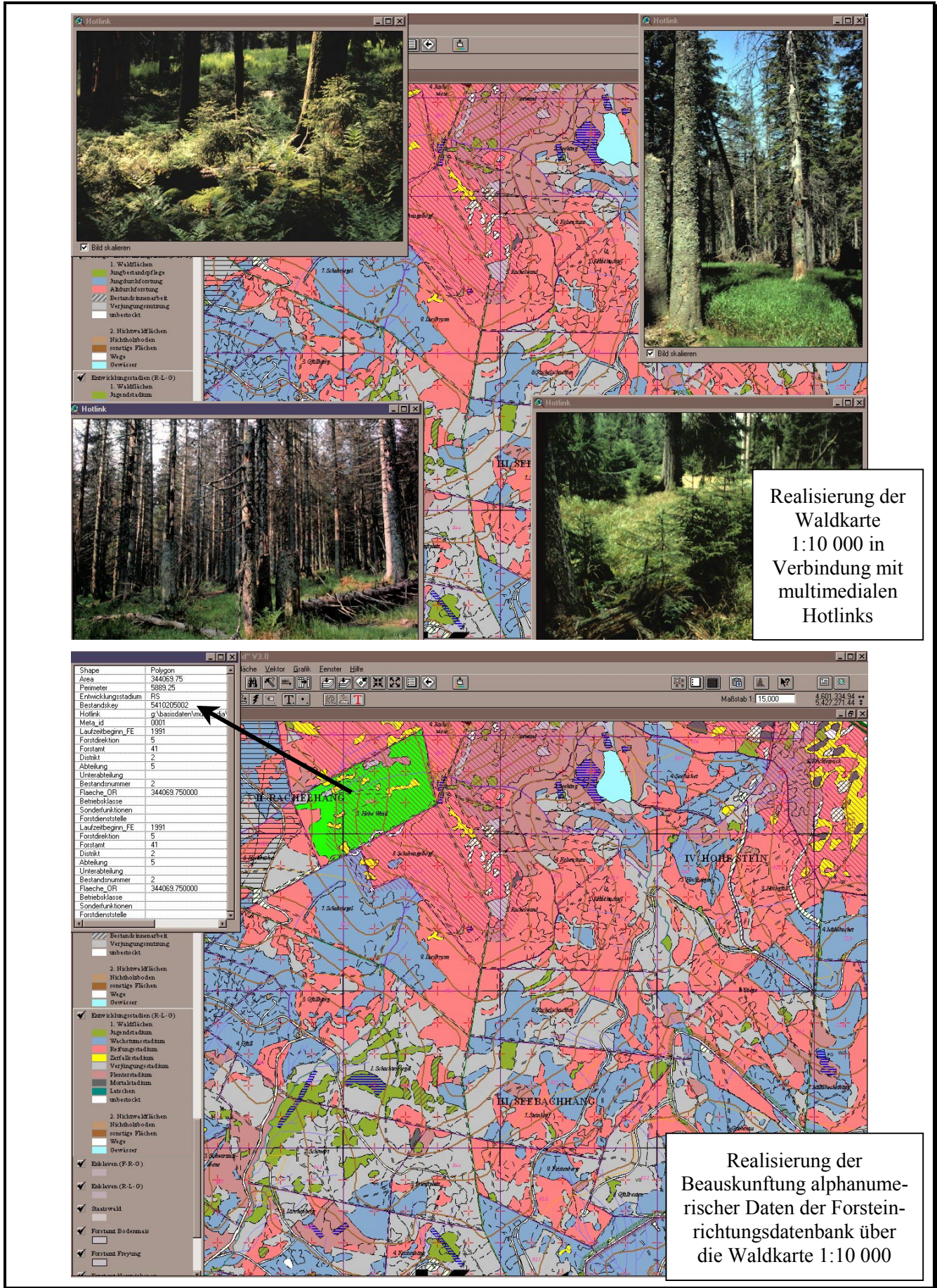




Detailansicht des Nationalpark-Erweiterungsgebietes mit Schutzzonen, Hochlagen und Randgebieten zur Borkenkäferbekämpfung



Detailansicht des Nationalpark-Altgebietes (Inhalte wie oben)



Realisierung der Waldkarte 1:10 000 in Verbindung mit multimedialen Hotlinks

Realisierung der Beauskunftung alphanumerischer Daten der Forsteinrichtungsdatenbank über die Waldkarte 1:10 000

ABBILDUNG 168: VIEW „DYNAMISCHE WALDKARTE“

F 2 LUFTBILDKARTE AUS AMTLICHEN GEOBASISDATEN (zu Kap. 6.2.2)

The image displays two screenshots from a GIS application. The top screenshot shows a 3D aerial view of a residential area with a green highlighted building. A black arrow points from the green building to a data table on the left. The table contains the following information:

Shape	Polygon
Area	
Perimeter	
Gebiet	Lusen
Flurkarte	ND 39-60/17
Flur_zoehl	1490
Flur_nenn	0
Flur_nr	1490
Flurkarte2	ND 39-60/18
Meta_id	0172
Beschreibung	Hein
Name	
Vorname	Plus
Geburtsdatum	1956-00-00:00:00
Postleitzahl	94550
Wohnort	Neuschönau Waldhäuser
Strasse	weg
Hausnummer	
Gesamtläche	
Institution	

The bottom screenshot shows a 2D vector map of the same area, with various symbols and labels. The labels include '1486/2', '1490/3', and '1490/5'. A text box on the right of the bottom screenshot contains the following text:

Realisierung der DFK nach den Vorgaben der DatRi-GRUBIS

ABBILDUNG 169: VIEW „LUFTBILDKARTE“

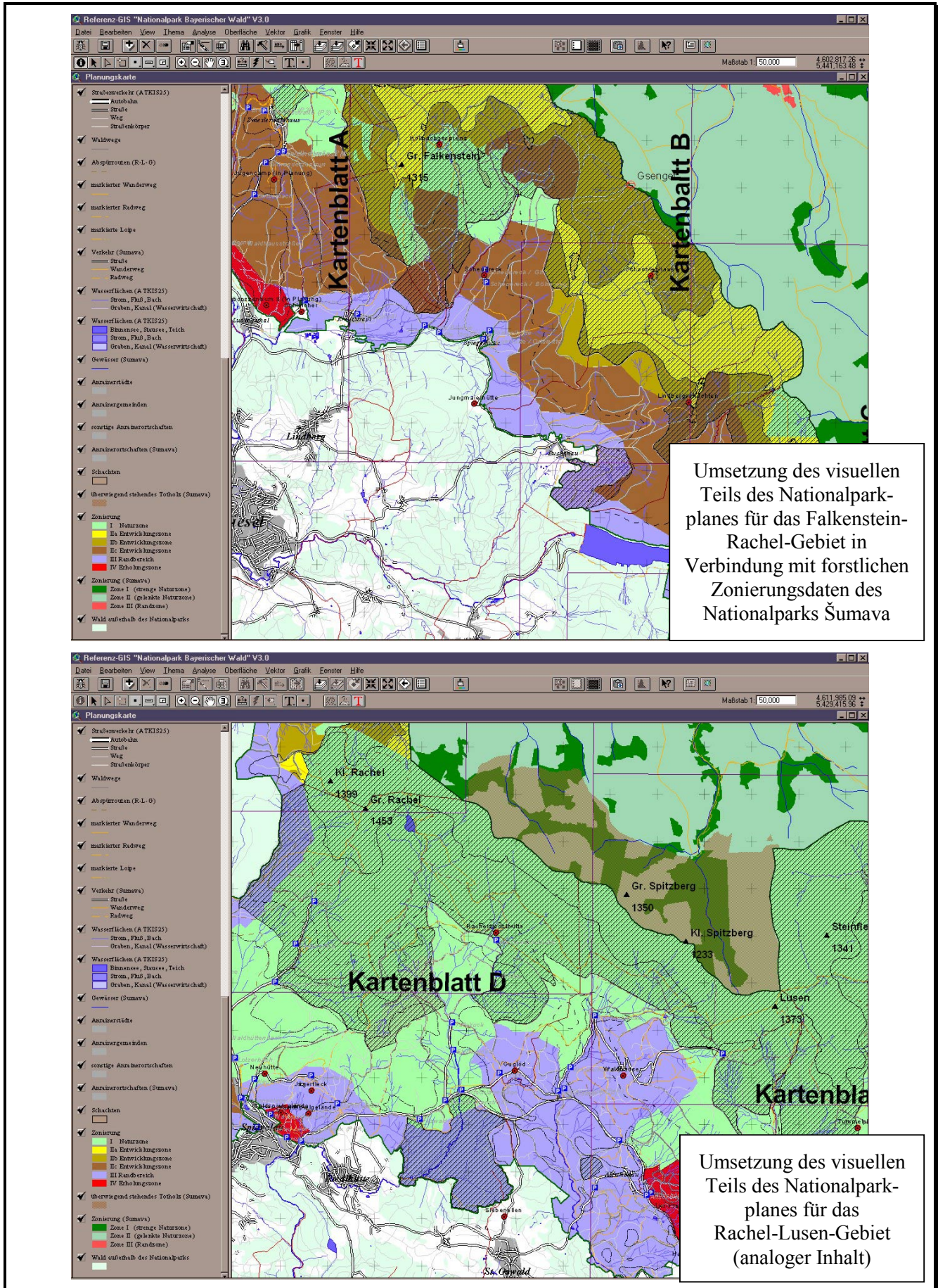
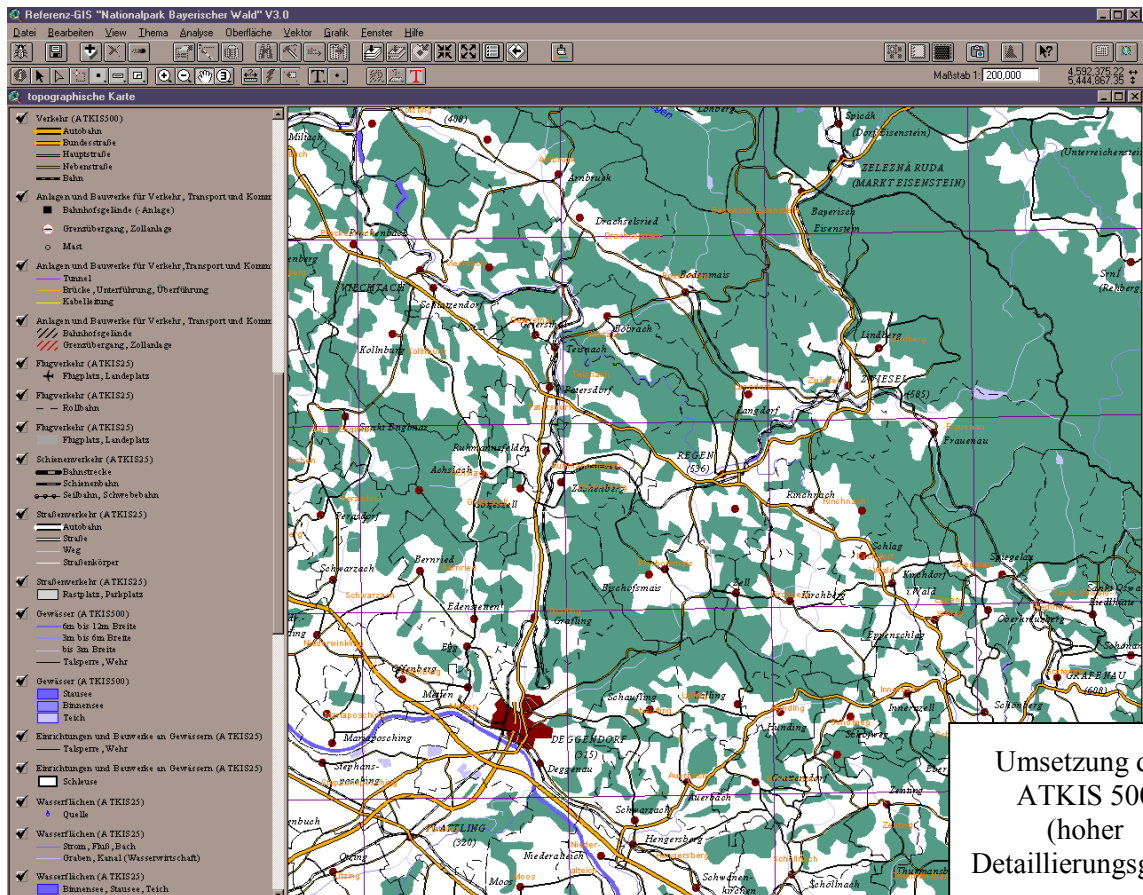
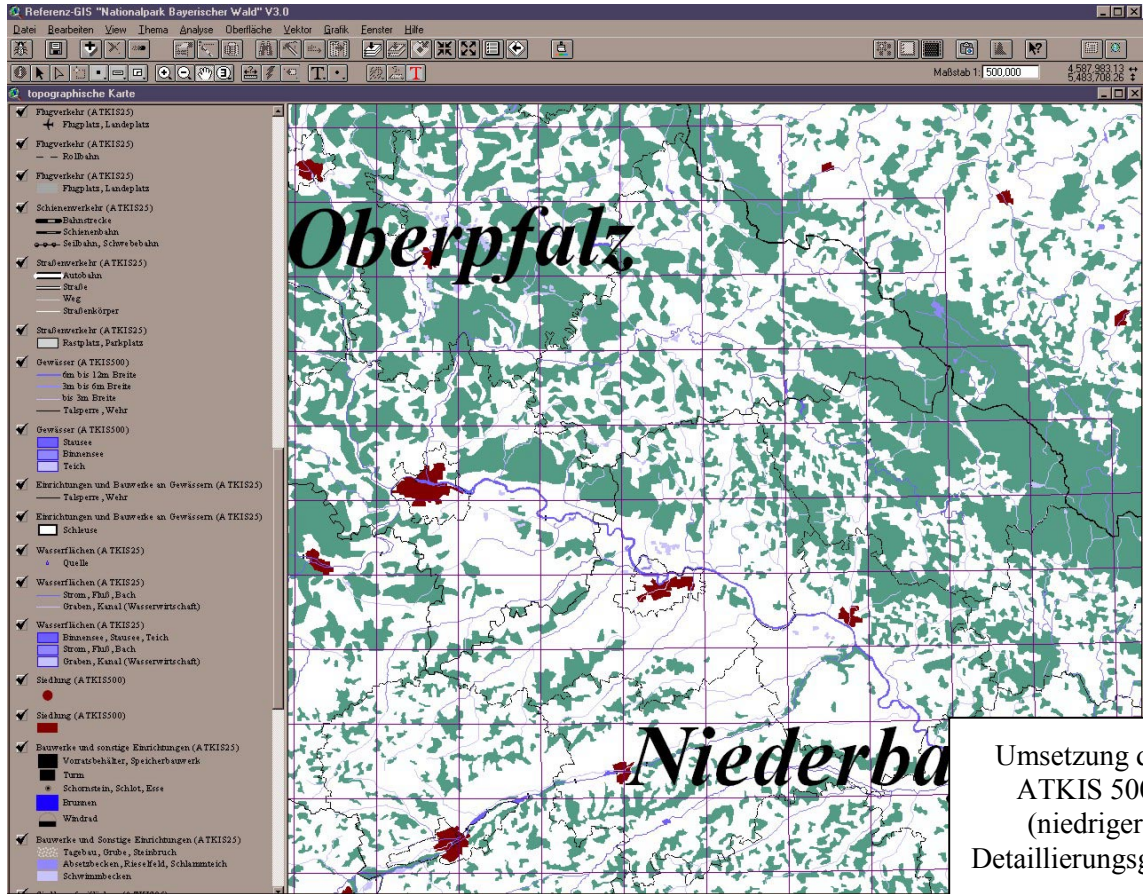


ABBILDUNG 170: VIEW „PLANUNGSKARTE“



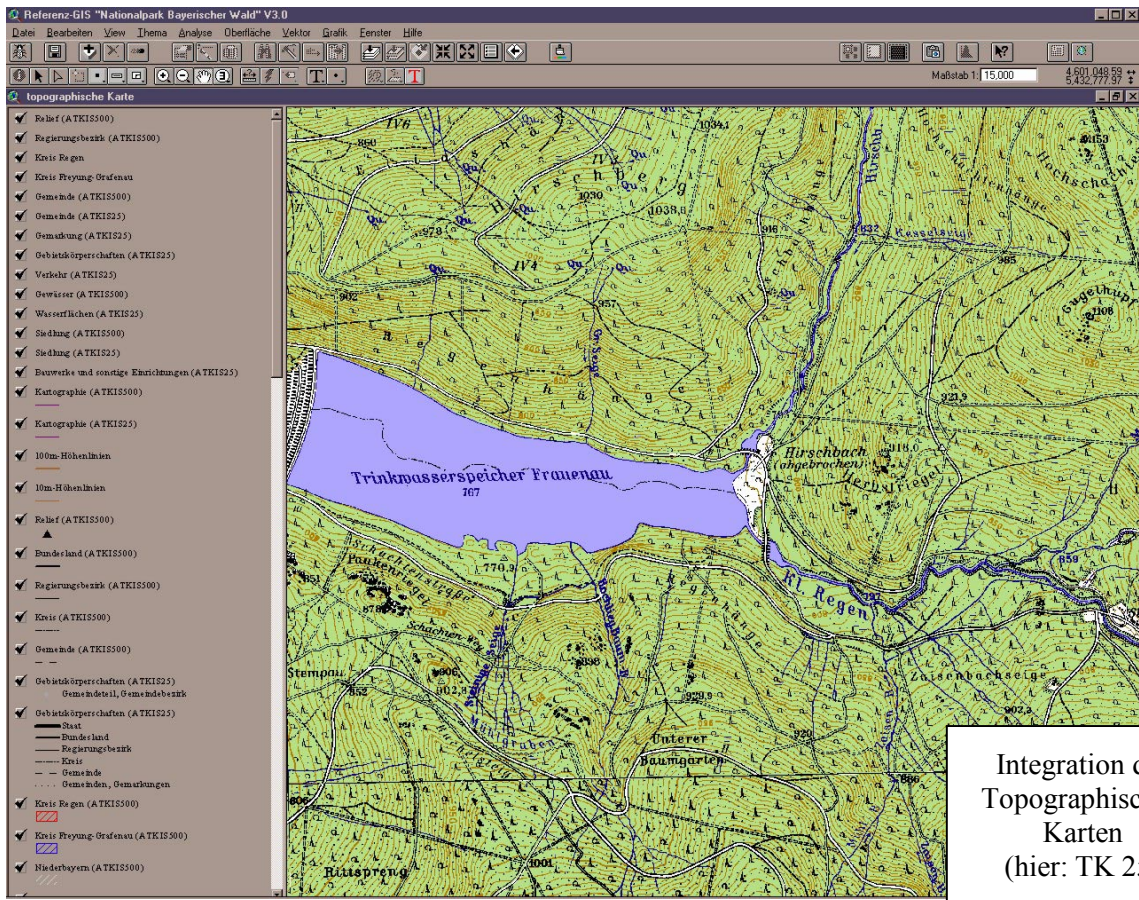
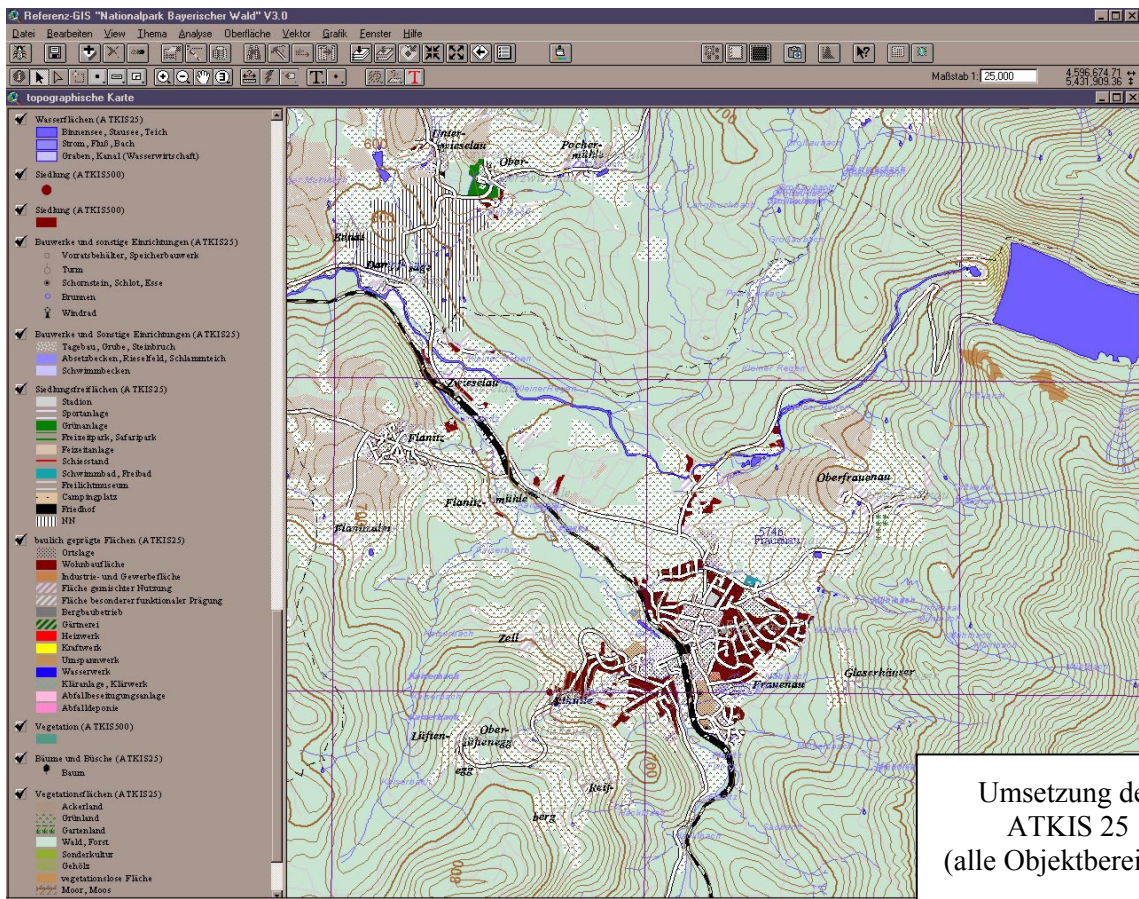
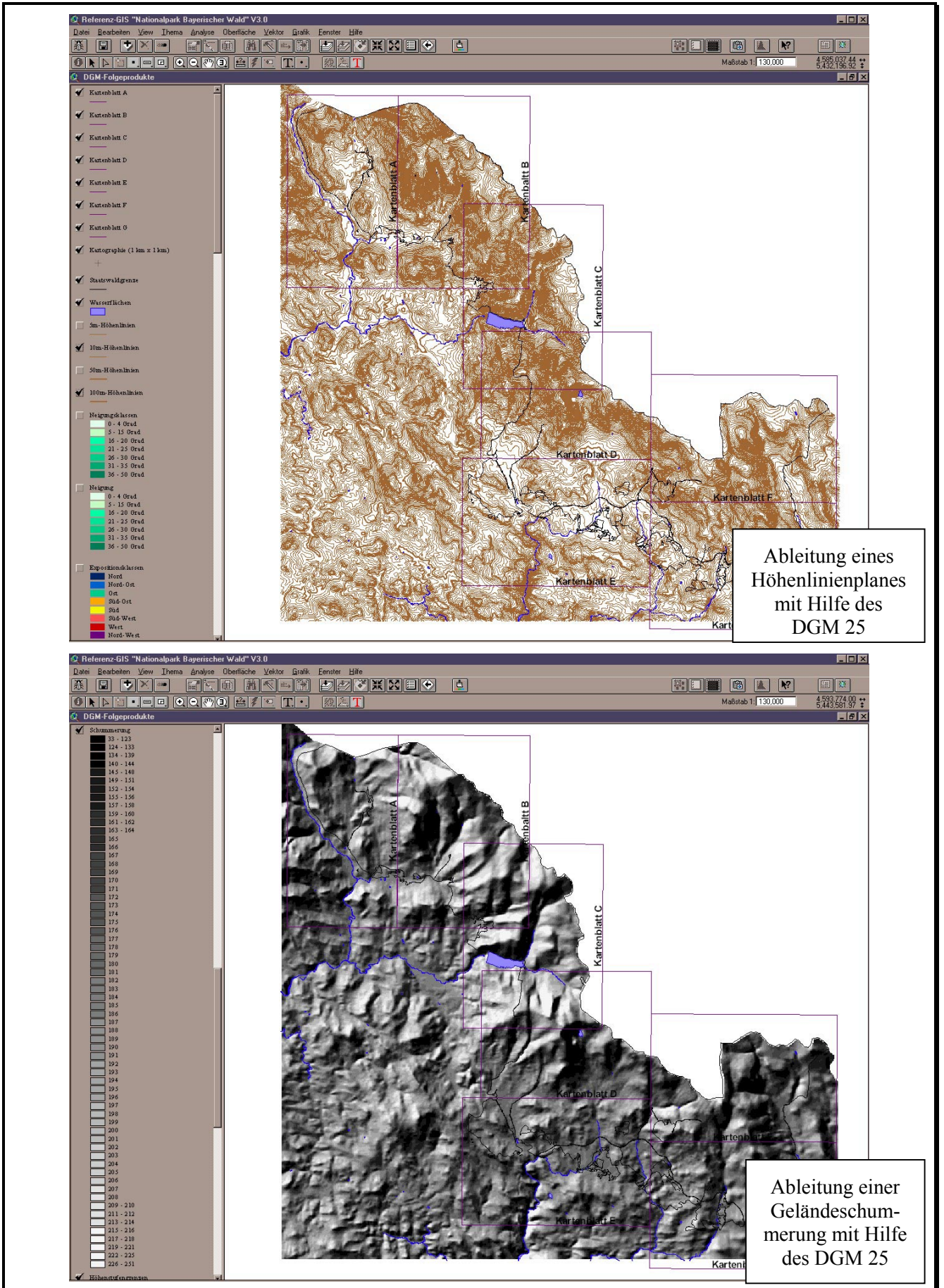
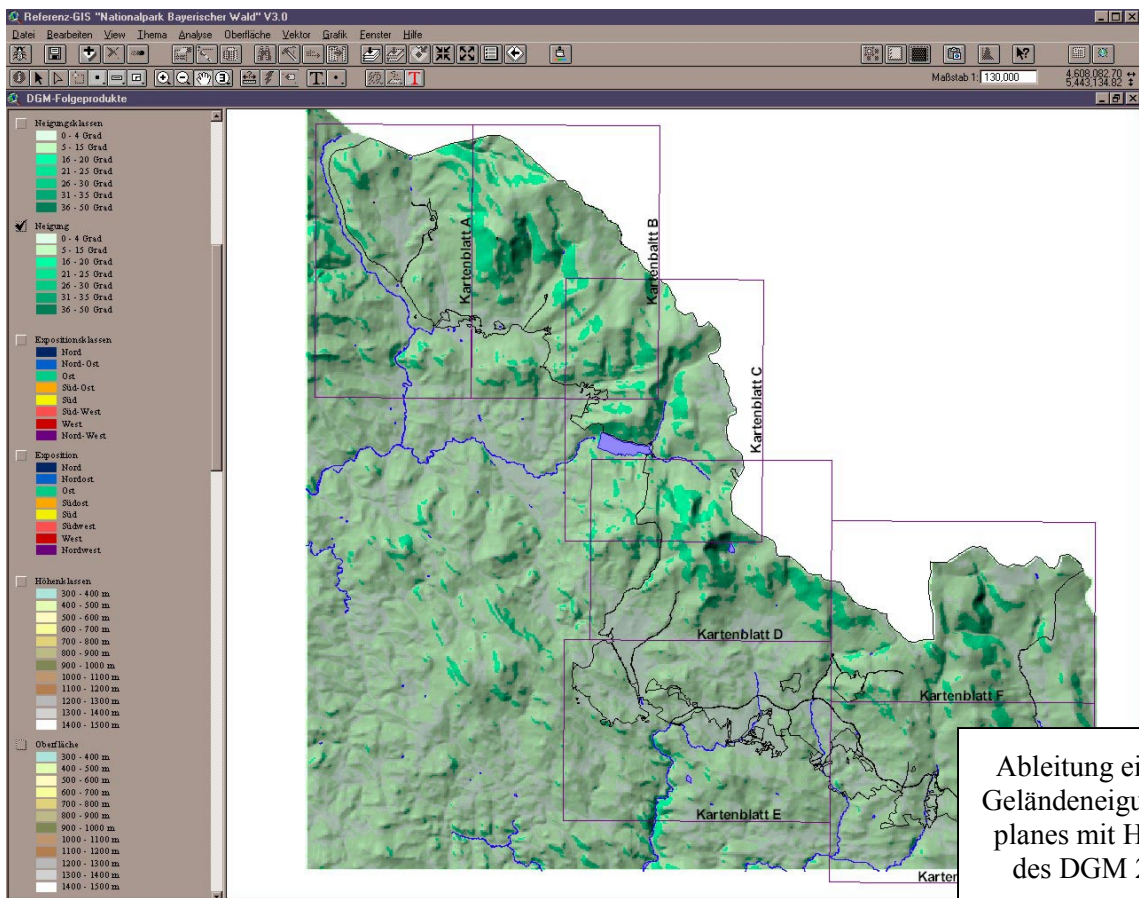
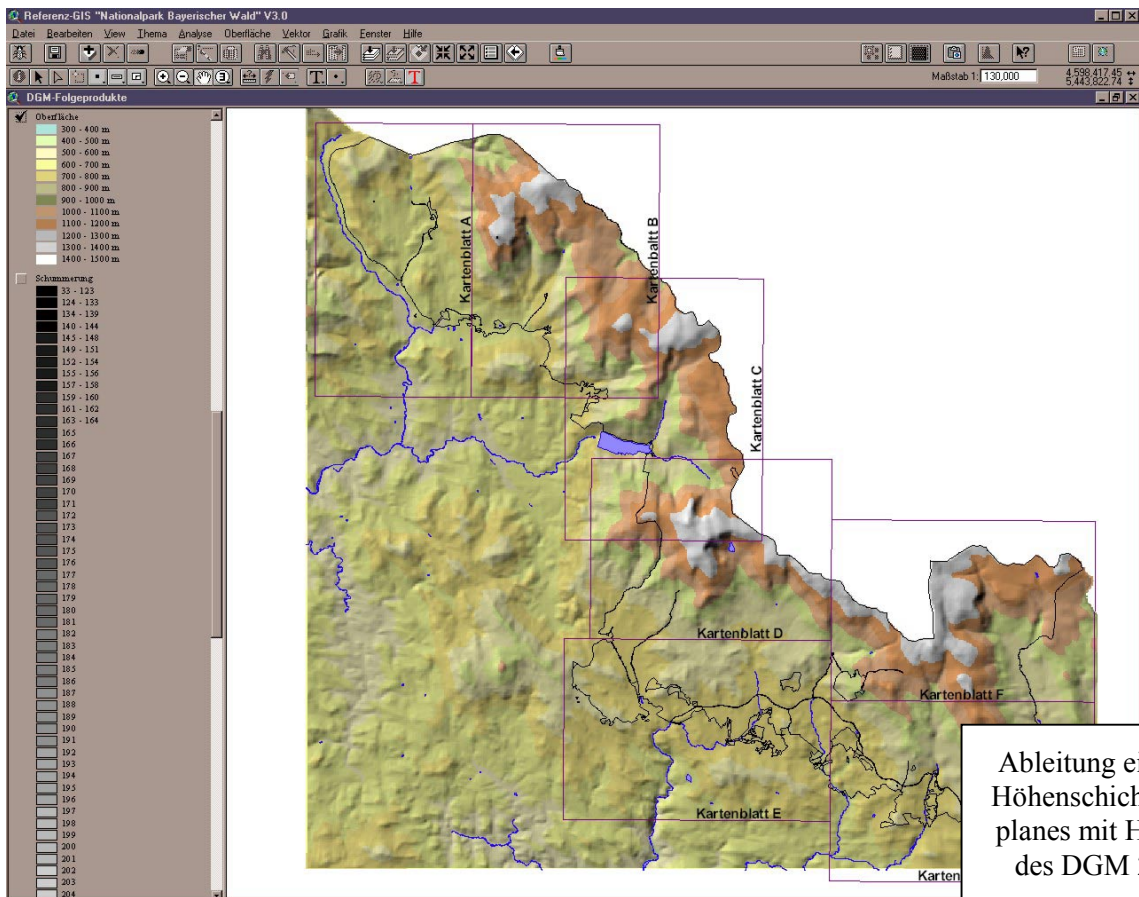


ABBILDUNG 171: VIEW „TOPOGRAPHISCHE KARTE“





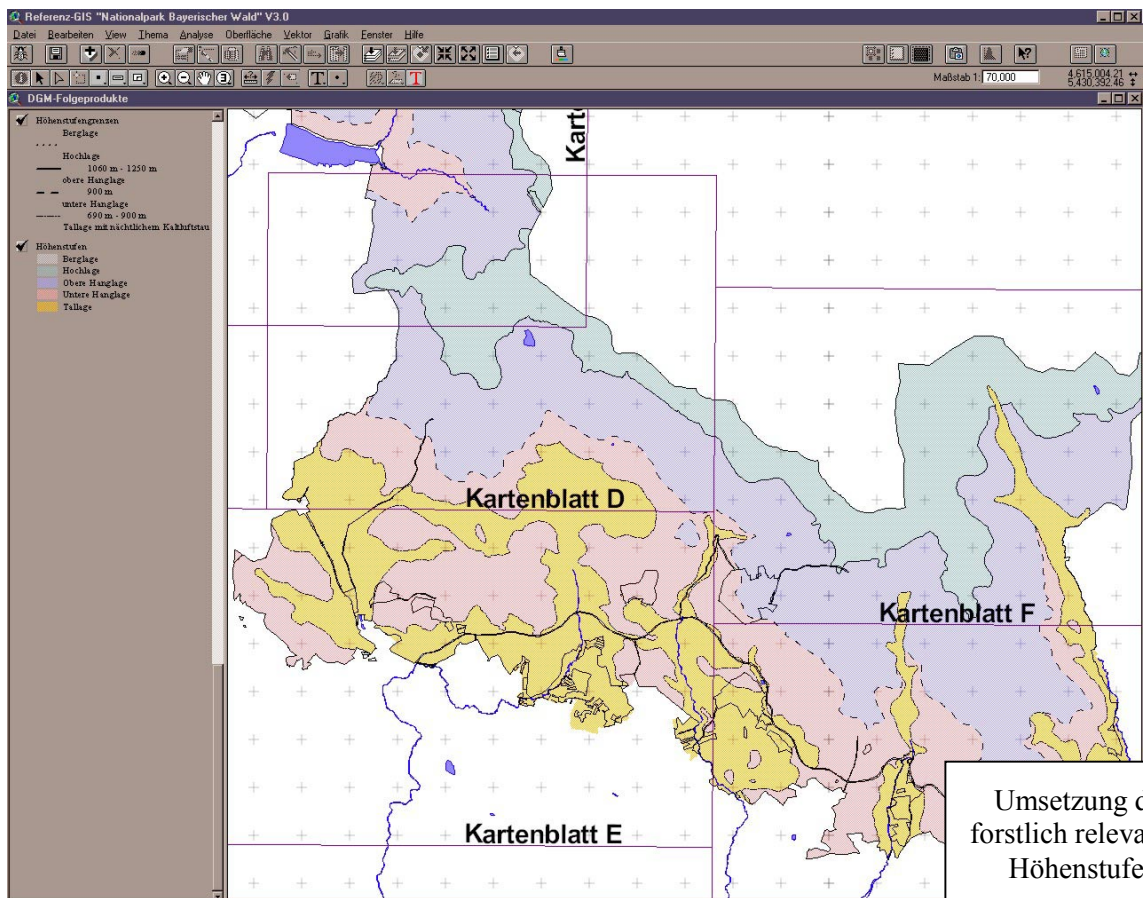
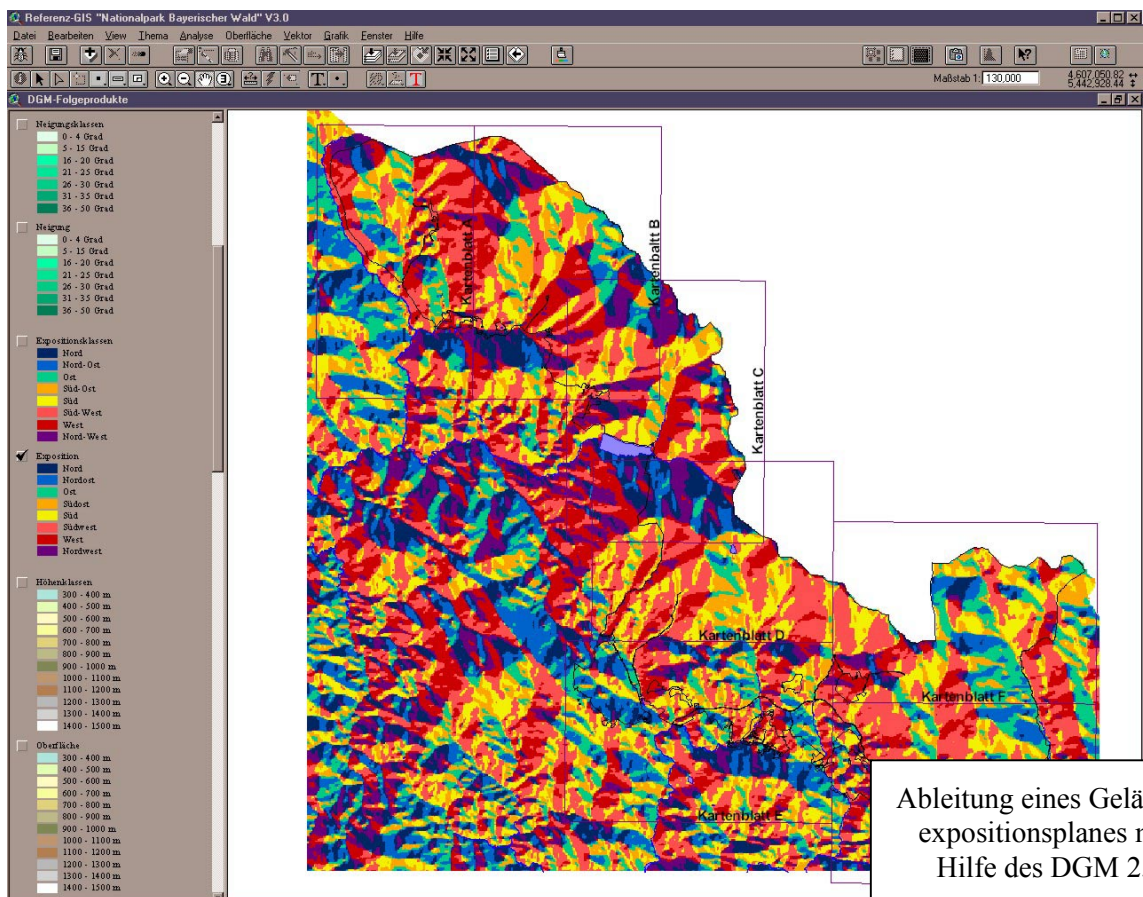


ABBILDUNG 172: VIEW „DGM-FOLGEPRODUKTE“

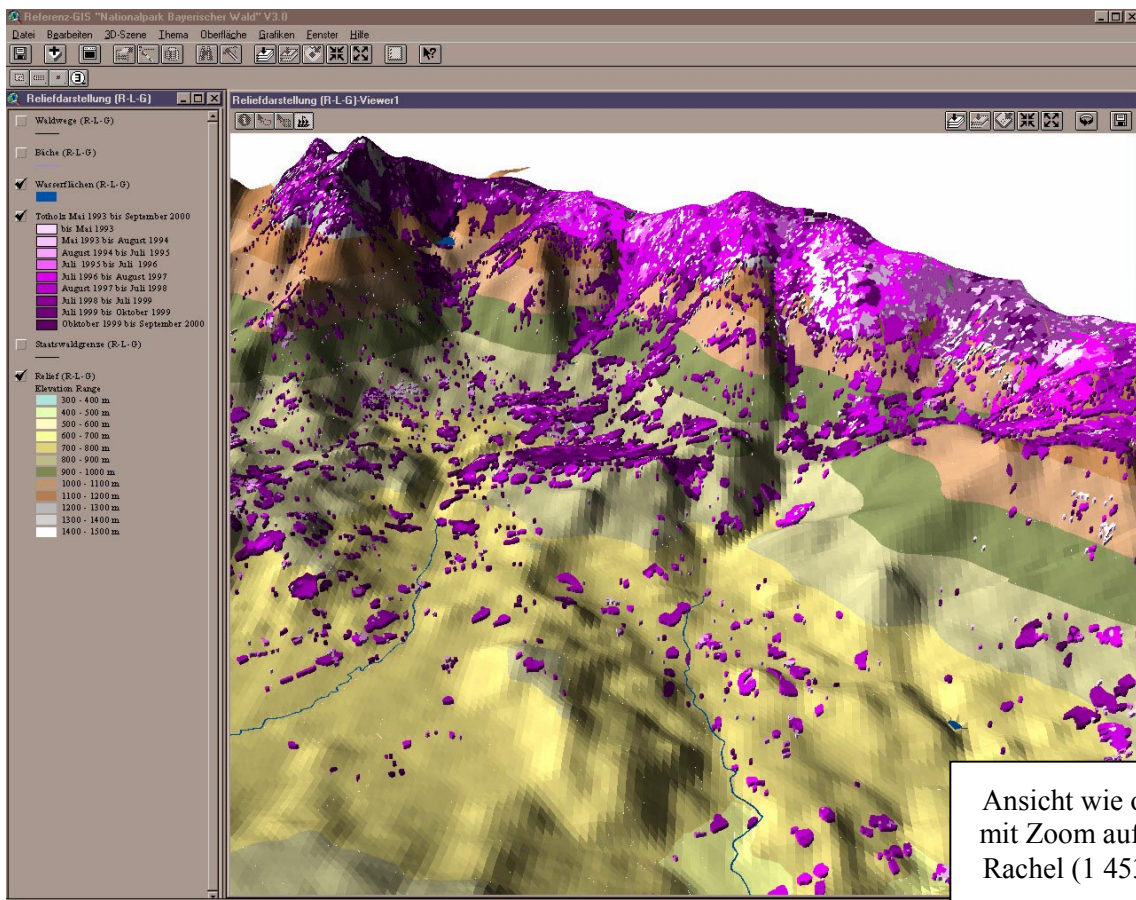
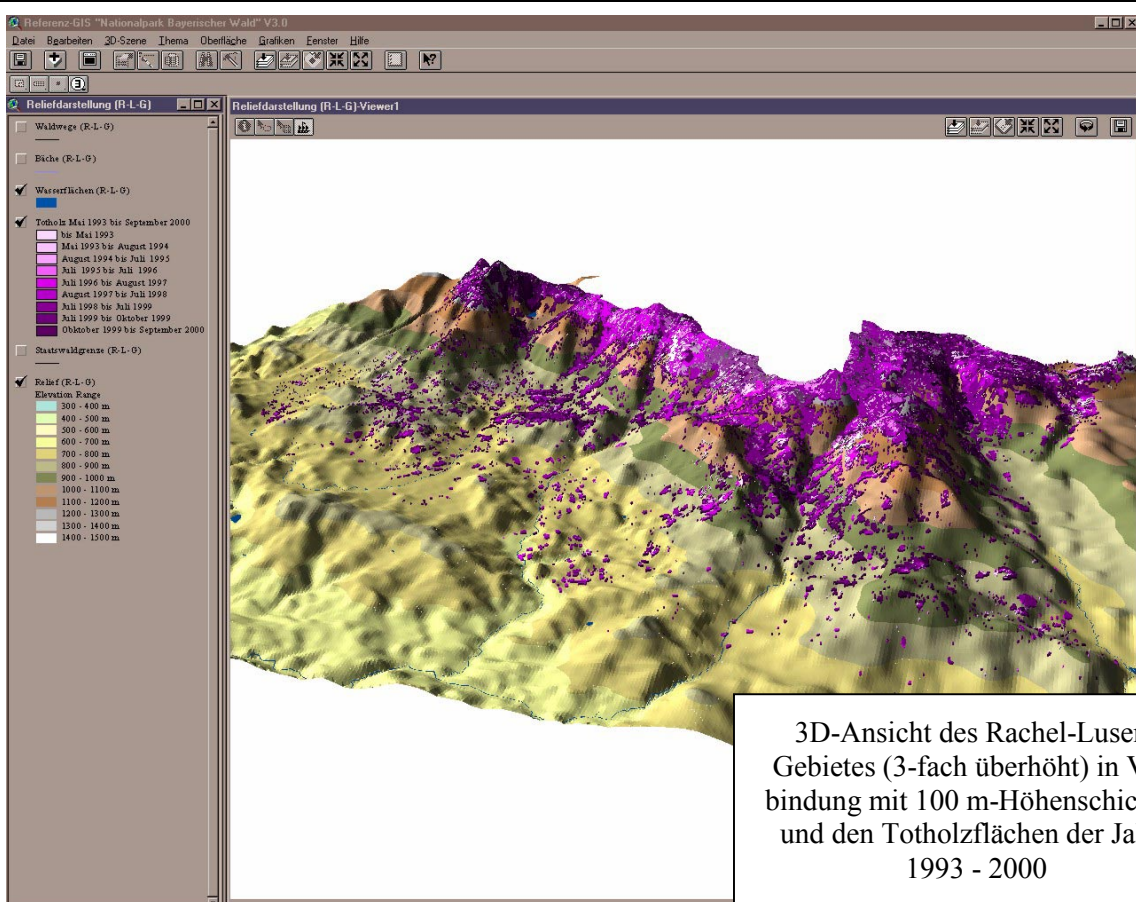
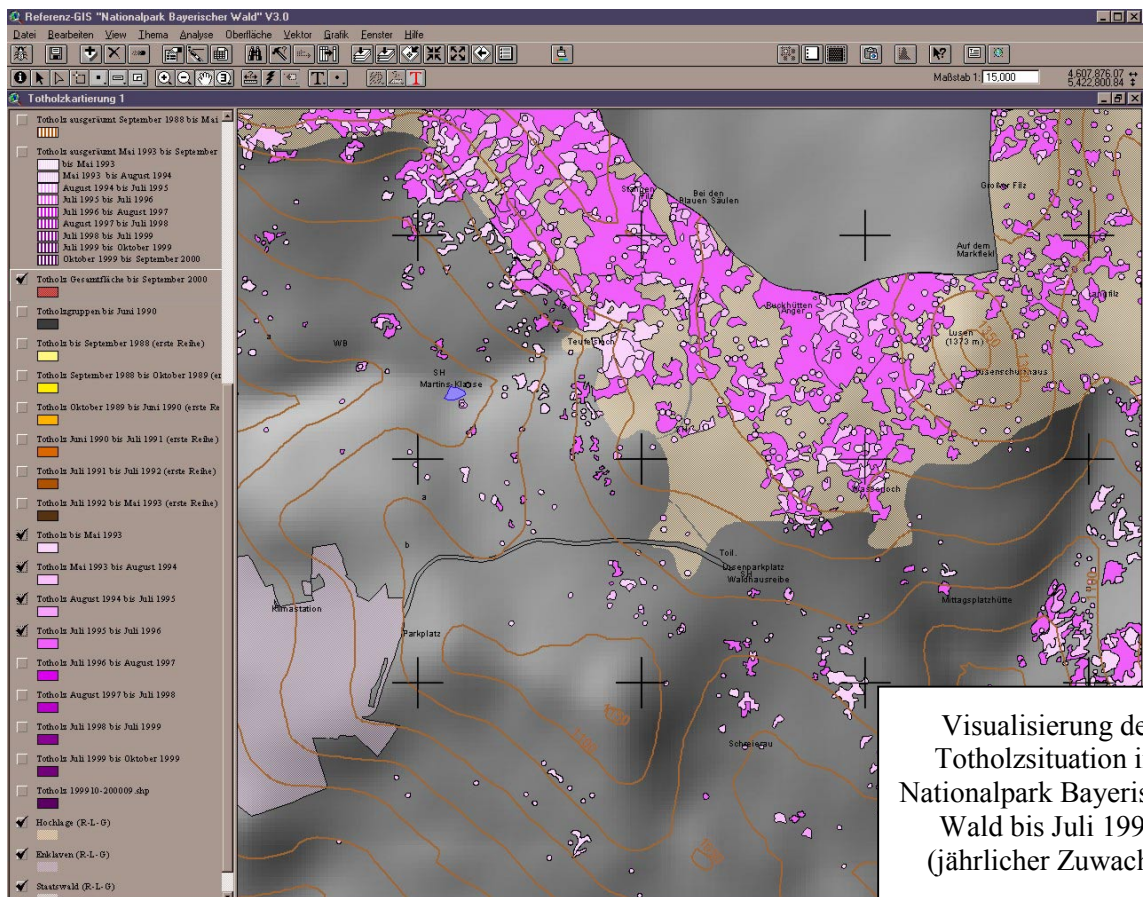
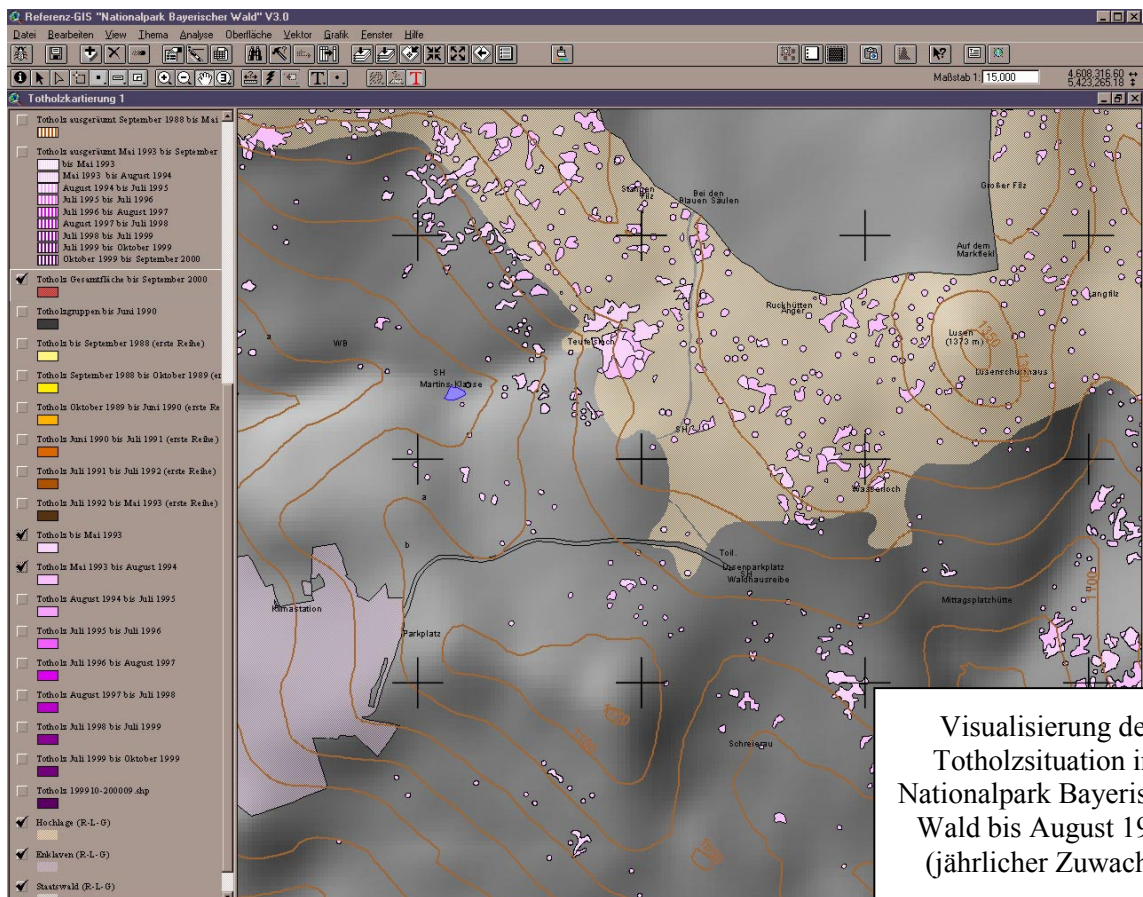


ABBILDUNG 173: 3D-SZENE „RELIEFDARSTELLUNG (R-L-G)“



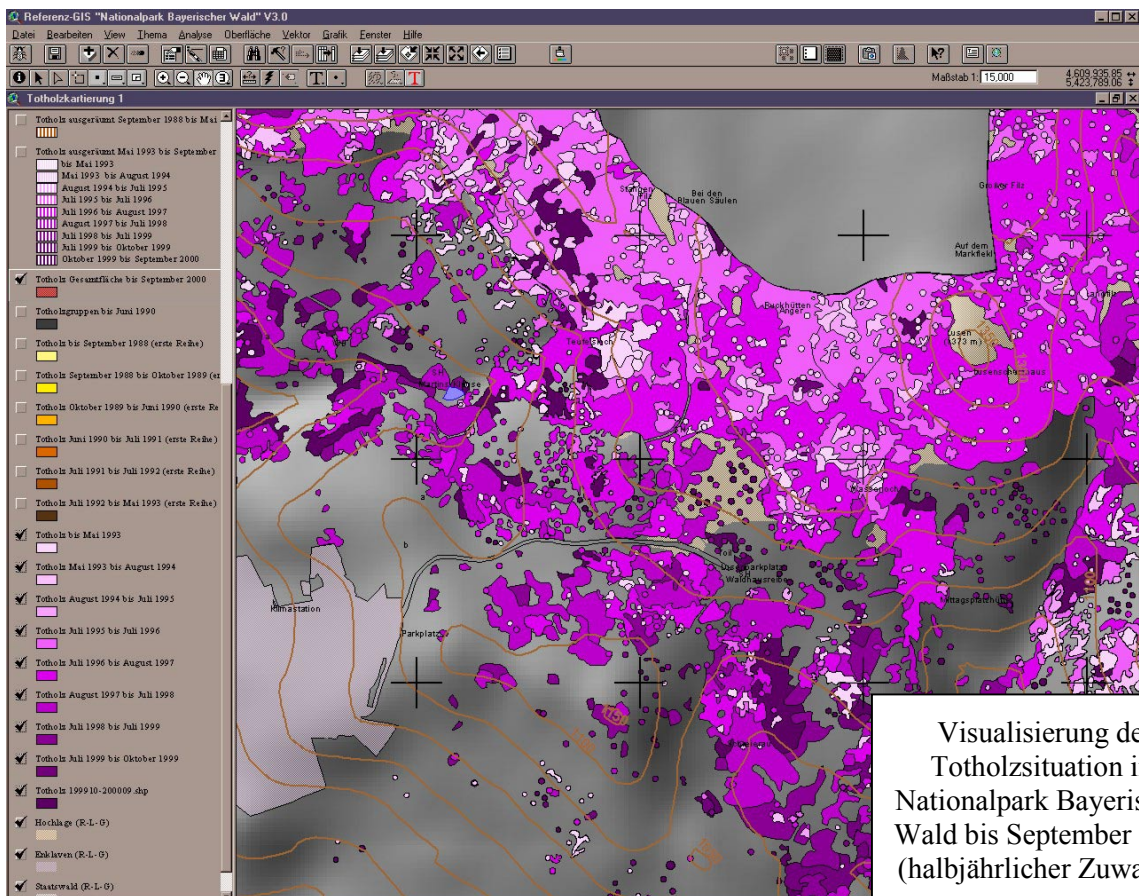
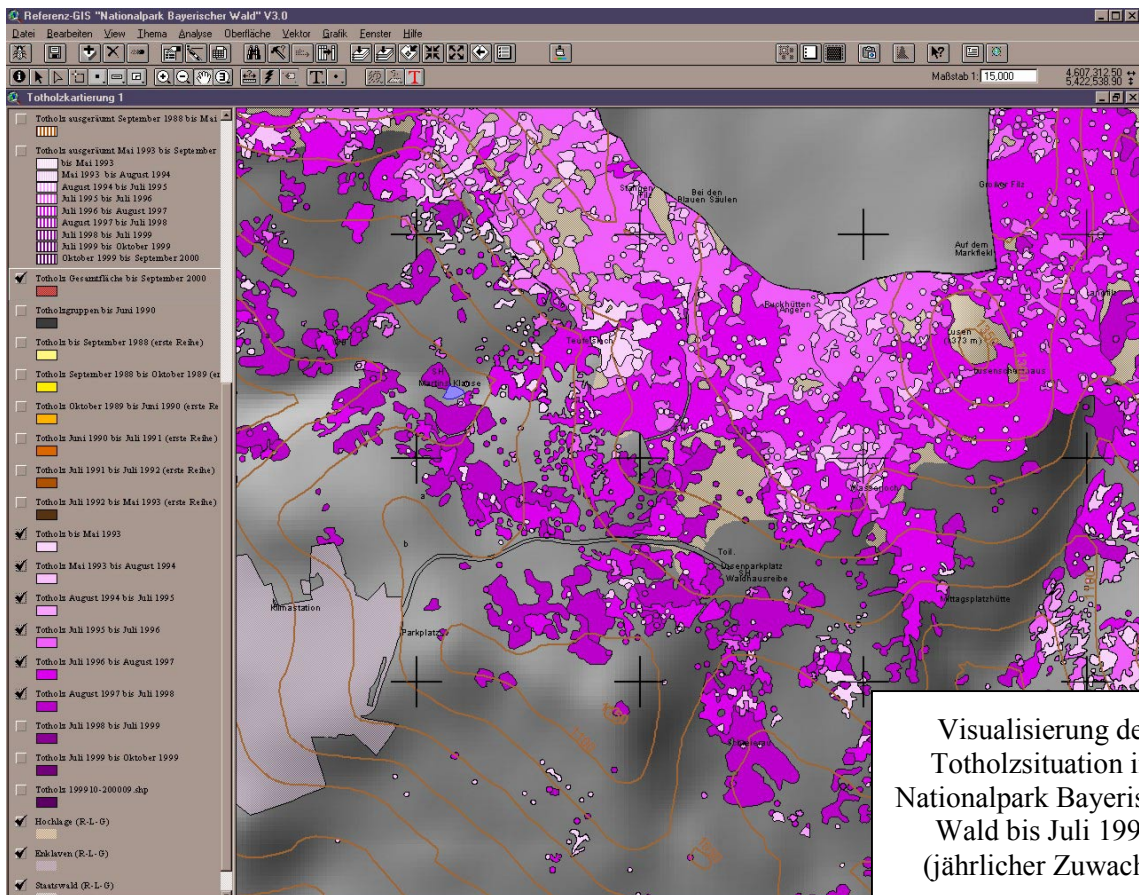


ABBILDUNG 174: VIEW „TOTHOLZKARTIERUNG 1“ (JAHRGÄNGE MAI 1993 - SEPTEMBER 2000)

F 7 EINBINDUNG UND ANALYSE KLIMATOLOGISCHER DATEN (zu Kap. 6.7)

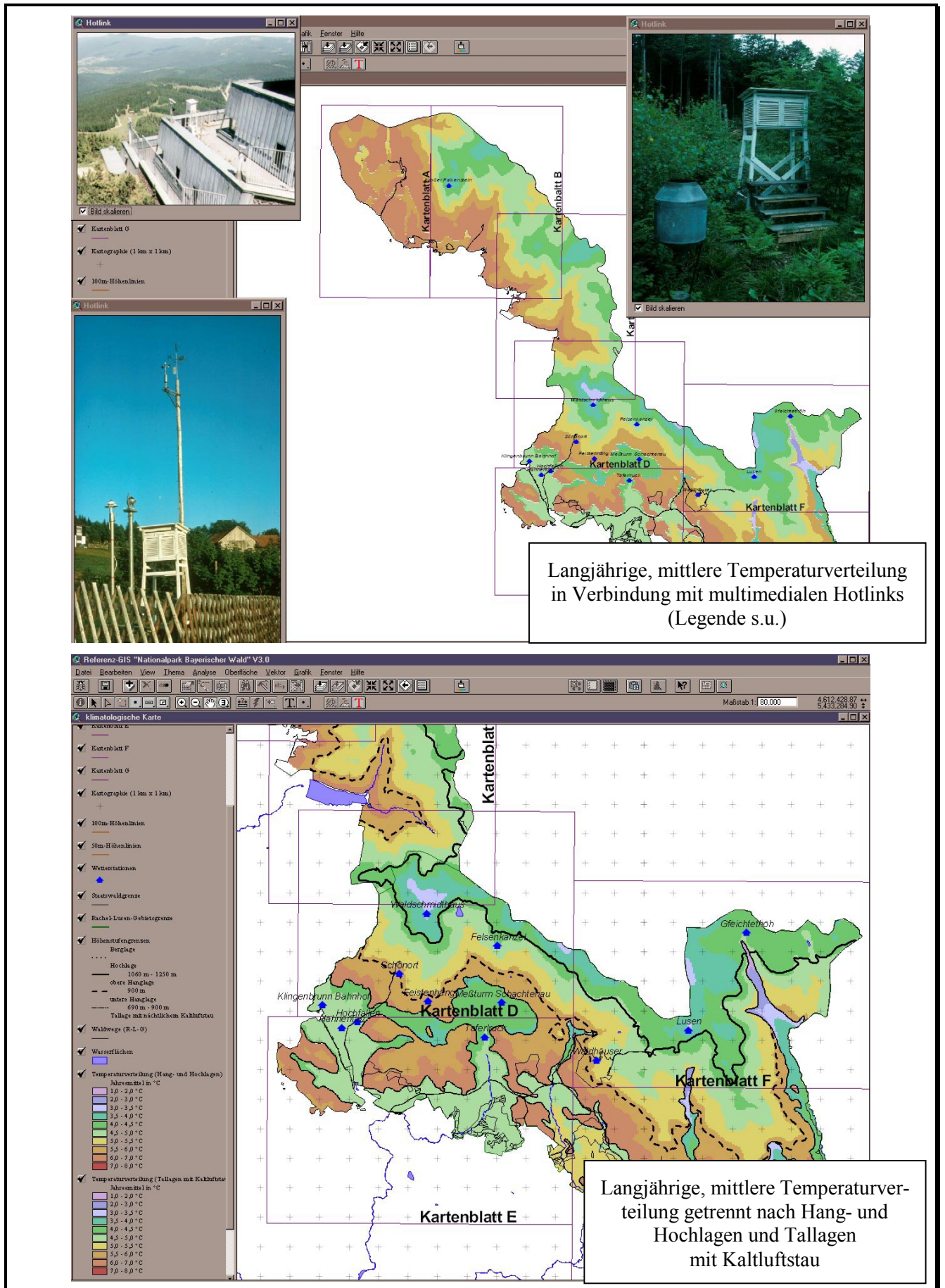


ABBILDUNG 175: VIEW „KLIMATOLOGISCHE KARTE“

F 8 MODIFIZIERUNG DER FORMEL VON MAGNUSSEN FÜR DEN EINSATZ IM FORST-GIS BAYERN SOWIE IM REFERENZ-GIS „NATIONALPARK BAYERISCHER WALD“ (zu Kap. 6.8.3.5)

In der nachfolgenden Tabelle sind alle relevanten Werte für die 23 zur Neukalibrierung der MAGNUSSEN-Formel verwendeten Musterflächen dargestellt. Neben den allgemeinen Flächenkennzeichen, den über das FFG und den mit den kalibrierten Parametern geschätzten Standardabweichungen sind auch die jeweiligen Fehler v und die Fehlerquadrate vv angegeben. Außerdem ist unten rechts die Summe der Fehlerquadrate $\sum vv$ berechnet, deren Minimierung das Kriterium für die Parameterbestimmung war.

Fl.-Nr.	Anz. Pkt.	Umfang (S) [m]	Fläche (A) [m ²]	Umfangsverhältnis (c)	FFG	FORST-GIS		v	vv
					σ_F [%]	σ_F [%]	Δ_{relativ} [%]		
1	112	2 224,0	92 587,7	2,062	0,97	0,93	- 4,1	- 0,04	0,0016
2	48	644,2	14 662,7	1,501	2,68	3,02	12,7	0,34	0,1156
3	37	1 192,1	61 590,0	1,355	1,22	1,31	7,4	0,09	0,0081
4	92	2 044,7	144 634,1	1,517	0,78	0,56	- 28,2	- 0,22	0,0484
5	119	2 861,5	123 599,5	2,296	0,97	0,83	- 14,4	- 0,14	0,0196
6	30	540,7	17 581,4	1,150	2,31	2,41	4,3	0,10	0,0100
7	109	2 411,1	192 080,5	1,552	0,57	0,45	- 21,1	- 0,12	0,0144
8	40	1 371,4	95 768,9	1,250	0,94	0,86	- 8,5	- 0,08	0,0064
9	123	2 378,1	95 615,9	2,170	1,06	0,91	- 14,2	- 0,15	0,0225
10	26	857,5	14 996,4	1,975	5,45	5,68	4,2	0,23	0,0529
11	51	1 730,5	147 011,5	1,273	0,77	0,61	- 20,8	- 0,16	0,0256
12	67	1 305,4	31 753,6	2,067	2,39	2,29	- 4,2	- 0,10	0,0100
13	98	2 395,8	108 508,6	2,052	1,25	0,90	- 28,0	- 0,35	0,1225
14	62	1 056,6	26 635,1	1,826	2,49	2,34	- 6,0	- 0,15	0,0225
15	96	1 021,5	41 609,0	1,413	1,15	1,04	- 9,6	- 0,11	0,0121
16	49	888,7	32 571,1	1,389	1,63	1,69	3,7	0,06	0,0036
17	17	714,1	29 222,0	1,178	2,19	2,52	15,1	0,33	0,1089
18	24	650,7	11 884,9	1,684	6,29	5,72	- 9,1	- 0,57	0,3249
19	37	810,4	37 336,7	1,183	1,54	1,44	- 6,5	- 0,10	0,0100
20	35	673,1	15 000,8	1,550	3,53	3,68	4,2	0,15	0,0225
21	36	900,0	50 625,0	1,128	1,02	1,14	11,8	0,12	0,0144
22	48	1 200,0	50 000,0	1,514	1,20	1,49	24,2	0,29	0,0841
23	42	1 020,0	5 000,0	4,069	11,06	11,09	0,3	0,03	0,0009
Mittel	61	1 343,1	62 620,7	1,702	2,32	2,30	- 3,8	- 0,02	0,0462
Mittel vom Betrag							11,4	$\sum vv = 1,0615$	
Max. Abweichung							28,2		

TABELLE 41: VERGLEICH ZWISCHEN DEN STANDARDABWEICHUNGEN DER FLÄCHEN AUS DEM FEHLERFORTPFLANZUNGSGESETZ (FFG) UND DER NEU KALIBRIERTEN FORMEL AM BEISPIEL DER FÜR DIE KALIBRIERUNG VERWENDETEN 20 FLÄCHEN AUS DEM FORST-GIS UND 3 REGELMÄßIGEN FLÄCHEN UNTER DER ANNAHME GLEICHGENAUER STÜTZPUNKTE MIT $\sum p = 5$ m

Zum Vergleich sind in der untenstehenden Tabelle die analogen Werte bei Anwendung der ursprünglichen MAGNUSSEN-Formel zusammengefasst. Hier ist die Summe der Fehlerquadrate mit 46,6 [%²] um ein Vielfaches höher als bei der neu kalibrierten Formel (1,1 [%²]). Auch der Mittelwert des Fehlervektors (0,82%) ist wesentlich größer als in obiger Tabelle (-0,02%).

Fl.- Nr.	Anz. Pkt.	Umfang (S) [m]	Fläche (A) [m ²]	Umfangs- verhältnis (c)	FFG		Magnussen		v	vv
					σ_F [%]	σ_F [%]	Δ_{relativ} [%]			
1	112	2 224,0	92 587,7	2,062	0,97	1,69	74,2	0,72	0,5184	
2	48	644,2	14 662,7	1,501	2,68	3,93	46,6	1,25	1,5625	
3	37	1 192,1	61 590,0	1,355	1,22	1,77	45,1	0,55	0,3025	
4	92	2 044,7	144 634,1	1,517	0,78	1,01	29,5	0,23	0,0529	
5	119	2 861,5	123 599,5	2,296	0,97	1,59	63,9	0,62	0,3844	
6	30	540,7	17 581,4	1,150	2,31	2,94	27,3	0,63	0,3969	
7	109	2 411,1	192 080,5	1,552	0,57	0,85	49,1	0,28	0,0784	
8	40	1 371,4	95 768,9	1,250	0,94	1,25	33,0	0,31	0,0961	
9	123	2 378,1	95 615,9	2,170	1,06	1,70	60,4	0,64	0,4096	
10	26	857,5	14 996,4	1,975	5,45	6,26	14,9	0,81	0,6561	
11	51	1 730,5	147 011,5	1,273	0,77	0,95	23,4	0,18	0,0324	
12	67	1 305,4	31 753,6	2,067	2,39	3,41	42,7	1,02	1,0404	
13	98	2 395,8	108 508,6	2,052	1,25	1,61	28,8	0,36	0,1296	
14	62	1 056,6	26 635,1	1,826	2,49	3,35	34,5	0,86	0,7396	
15	96	1 021,5	41 609,0	1,413	1,15	1,75	52,2	0,60	0,3600	
16	49	888,7	32 571,1	1,389	1,63	2,35	44,2	0,72	0,5184	
17	17	714,1	29 222,0	1,178	2,19	2,72	24,2	0,53	0,2809	
18	24	650,7	11 884,9	1,684	6,29	6,07	- 3,5	- 0,22	0,0484	
19	37	810,4	37 336,7	1,183	1,54	1,94	26,0	0,40	0,1600	
20	35	673,1	15 000,8	1,550	3,53	4,40	24,6	0,87	0,7569	
21	36	900,0	50 625,0	1,128	1,02	1,57	53,9	0,55	0,3025	
22	48	1 200,0	50 000,0	1,514	1,20	2,10	75,0	0,90	0,8100	
23	42	1 020,0	5 000,0	4,069	11,06	17,14	55,0	6,08	36,9664	
Mittel	61	1 343,1	62 620,7	1,702	2,32	3,15	40,2	0,82	2,0262	
Mittel vom Betrag							40,5	$\Sigma vv = 46,6033$		
Max. Abweichung							75,0			

TABELLE 42: VERGLEICH ZWISCHEN DEN STANDARDABWEICHUNGEN DER FLÄCHEN AUS DEM FEHLERFORTPFLANZUNGSGESETZ (FFG) UND DER MAGNUSSEN-ABSCHÄTZUNG AM BEISPIEL DER FÜR DIE KALIBRIERUNG VERWENDETEN 20 FLÄCHEN AUS DEM FORST-GIS UND 3 REGELMÄßIGEN FLÄCHEN UNTER DER ANNAHME GLEICHGENAUER STÜTZPUNKTE MIT $\Sigma p = 5$ m