



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Konzeption und Entwicklung eines digitalen Pegelkatas-
ters für die Gewässer Donau und March“

Verfasser

Clemens Naderer

angestrebter akademischer Grad

Magister (Mag. rer. nat.)

Wien, 2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 9325021

Studienrichtung lt. Studienblatt:

A455

Betreuerin / Betreuer:

Univ.Prof. DI. Dr. Wolfgang Kainz

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
1.1	Ziele	12
1.2	Zum Inhalt	13
2	Theoretische Betrachtungen	15
2.1	via donau	15
2.1.1	Tätigkeits- und Aufgabenbereiche der via donau	16
2.2	Kartographische Grundlagen	17
2.2.1	Features	18
2.3	Hydrologische Grundlagen	19
2.3.1	Datenerhebung- und Datenerfassung in Österreich	19
2.3.2	Begriffsbestimmungen nach WKEV 2006	21
2.3.3	Struktur der Datenerhebung in Österreich	21
2.4	Pegelwesen und Messnetz der via donau	22
2.4.1	Pegelmessstelle	22
2.4.2	Pegelnullpunkt	23
2.4.3	Arten von Pegeln	23
2.5	Kataster und ihre Anwendung	25
2.5.1	Kataster und Pegelkataster	25
2.5.2	Beispiel Hochwasserschutz	26
2.6	Geographische Informationssysteme	26
2.6.1	Definition eines GIS	26
2.6.2	Fachinformationssysteme	28
2.6.3	ESRI ArcGIS 9.3	29
2.7	GIS in der Hydrologie	34
2.7.1	Arc Hydro	34
2.7.2	HEC-RAS und HEC-GeoRAS	39

3	Datenbanken und Geodatenbanken	45
3.1	Datenbankmodelle	45
3.1.1	Hierarchisches Datenbankmodell	46
3.1.2	Netzwerk-Datenbankmodell	46
3.1.3	Relationales Datenbankmodell (RDB)	47
3.1.4	Objektorientiertes Datenbankmodell (OODB)	47
3.1.5	Objektrelationales Datenbankmodell (ORDB)	48
3.1.6	XML-Datenbankmodell	49
3.1.7	UML - Unified Modeling Language	50
3.2	API Application Programming Interface	50
3.3	ABI Application Binary Interace	51
3.4	OLE DB	52
3.4.1	Definition von OLE DB	52
3.4.2	OLE DB in ArcGIS	52
3.5	Aufbau von Geodaten	54
3.5.1	Datentypen	54
3.5.2	Metadaten	56
3.5.3	Metadaten in ArcGIS	57
3.6	Datenbankmanagement in ArcGIS	59
3.6.1	Organisation geographischer Daten	59
3.6.2	Versionsverwaltung (<i>Versioning</i>)	60
3.6.3	Personal Geodatabase	61
3.6.4	File Geodatabase	61
3.6.5	Unterschiede zwischen File Geodatabase und Personal Geodatabase	61
4	Anwendung eines Pegelkatasters bei der via donau	65
4.1	Allgemein	65
4.2	Ziele und Anwendungen	66
5	Datenaufbereitung	67
5.1	HyDaMS	67
5.1.1	Hydrographischer Dienst	69
5.1.2	Das Datenformat DBF	70
6	Datenintegration in ArcGIS	71

6.1	Integration eines Digitalen Höhenmodells	71
6.1.1	Höhenmodell auf Basis von SRTM-Daten	71
6.1.2	Höhenmodell auf Basis von ASTER-Daten	72
6.2	Einbindung von Kartenwerken	76
6.2.1	Österreichische Karte 1:50.000	76
6.2.2	Open Street Map	79
6.2.3	Hydrologischer Atlas	81
6.2.4	Stromsohlenkarten	86
6.3	Integration der Pegeldaten	87
6.3.1	Erstellung des Pegellayers	87
6.4	Einbindung der Stammdaten	89
6.5	Signaturen und Symbole	90
6.5.1	Symbolerstellung in Adobe Illustrator	92
6.5.2	Zuweisung der Signaturen	94
6.6	Hyperlinks in ArcGIS	96
6.6.1	Dynamische Hyperlinks	97
6.6.2	Feldbasierte Hyperlinks - Field-based Hyperlinks	98
6.7	Integration von Text-Files in ArcGIS	98
6.8	Integration von Zusatzinformationen in den Kataster	100
7	Möglichkeiten der Weiterentwicklung des Katasters	103
7.1	Bing Maps	103
7.2	Online Publikation	104
7.2.1	ArcGIS Server	104
7.2.2	UMN MapServer	105
7.3	Mobiles GIS	106
7.3.1	ArcPad	106
7.3.2	ArcGIS Mobile	107
7.4	Zusammenfassung und Ausblick	108
8	Verwendete Literatur	109
9	Anhang	111
9.1	Abkürzungen	111
9.1.1	Aufbau der Datenbank	112

Abbildungsverzeichnis

2.1	Aufbau eines GIS [adaptiert nach Zeiler 1999]	27
2.2	GIS in einer Organisation [adaptiert nach Johnson 2008]	28
2.3	Aufbau der Lizenzierungsstufen von ArcGIS [adaptiert nach ESRI 2009]	30
2.4	ASTER Höhenmodell in ESRI ArcGlobe 9.3	33
2.5	Layer in Arc Hydro [ESRI 2009]	35
2.6	Datenmodell von Arc Hydro [nach ESRI 2009]	37
2.7	UML Diagramm von Arc Hydro TimeSeries [ESRI 2009]	39
2.8	Die Software HEC-RAS (übernommen aus http://www.hec.usace.army.mil)	40
2.9	Darstellbare Layer in HEC-GeoRAS	41
2.10	Oberfläche von HEC-HMS (aus U.S. Army Corps of Engineers, 2009) .	43
2.11	HEC-GeoHMS als Schnittstelle zwischen GIS und Niederschlags-Abfluss- Modellen (HEC-HMS) (aus U.S. Army Corps of Engineers, 2009) . . .	44
3.1	OLE DB in ArcGIS	53
3.2	Metadaten im ArcCatalog	58
3.3	File Geodatabase in ArcCatalog	62
5.1	HyDaMS: Stammdaten und Analysefunktionen	67
6.1	ASTER Höhenmodell für Österreich	73
6.2	ASTER Höhenmodell mit Schummerung	75
6.3	Höhenmodell mit Flußlayer kombiniert	75
6.4	Österreichische Karte 1:50.000	76
6.5	Raster Pyramiden (ESRI, 2009)	78
6.6	Ausschnitt Linz und Donautal in der ÖK 50	78
6.7	Open Street Map	80
6.8	Gewässernetz	82
6.9	Bodenbedeckung im Bereich Wachau ohne Schummerung	83
6.10	Bodenbedeckung mit Schummerung	84

Abbildungsverzeichnis

6.11 Starkniederschläge	85
6.12 Flusseinzugsgebiete aus dem digHAÖ	86
6.13 Pegelkoordinaten in den Stammdaten	87
6.14 Pegelstandpunkte östlich von Ybbs	88
6.15 Pegelmessstellen im Bereich Wachau	89
6.16 Style Manager in ArcMap	91
6.17 Beispiele für Pegelsignaturen	93
6.18 Drei Versionen für Messstellen mit Datenübertragung	94
6.19 Verschiedene Pegelausstattungen in der Wachau	95
6.20 Button für Hyperlinks	96
6.21 Dynamische Hyperlinks in ArcMap	97
6.22 Einbindung von Textdokumenten	100
7.1 Wachau in Bing Maps (aus Bing Maps by Microsoft)	103
7.2 ArcGIS Mobile auf verschiedenen mobilen Geräten (Abbildung übernommen von ESRI)	107
9.1 Aufbau der Anwendung	112

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei meinen Eltern für ihre Unterstützung bedanken. Weiters bei meiner Freundin, die mir immer beiseite gestanden ist. Bei allen Mitarbeitern des Team Hydrologie der via donau, die mir immer mit Rat und Tat weiterhelfen konnten, möchte ich ebenfalls bedanken.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Konzeption und dem Aufbau eines Pegelkatasters für die Flüsse Donau und March und wurde in enger Abstimmung mit dem Team Hydrologie der via donau Gmbh erstellt.

Dafür wurde die Software ArcGIS von ESRI verwendet, wobei insbesondere auf die Teilprogramme ArcCatalog und ArcMap eingegangen wurde. ArcCatalog stellt hierbei die Umgebung dar, in der Geodatenbanken erstellt beziehungsweise andere Datenbanken, die in Bezug mit den in diesen vorhandenen Geodaten stehen, eingebunden werden. Auf diese Möglichkeiten wird in der Arbeit ebenso Bezug genommen. ArcMap ist für die graphische Darstellung der Geodaten, welche in den Datenbanken, die in ArcCatalog erstellt beziehungsweise eingebunden wurden, zuständig. Weiters bietet ArcMap umfangreiche Analysefunktionen, die auf diese Geodaten angewendet werden können.

Weiterführend wurde auf Datenbanken allgemein eingegangen, sowie auf die Schnittstelle OLE DB, mit deren Hilfe diese in ArcCatalog eingebunden werden können. Diese Aspekte sind wesentlich bei der Erstellung eines Pegelkatasters und einer etwaigen Erweiterung dessen um zusätzliche Datenbanken. Da jede Pegelmessstelle mit einer eindeutig zu identifizierenden ID-Nummer gekennzeichnet ist, können Daten aus eingebundenen Datenbanken mit der Messstelle verknüpft werden.

Des weiteren wurde auf die Erstellung von Signaturen und deren Zuweisung zu den jeweiligen Messstellen eingegangen. Da jede Messstelle mit unterschiedlichen Geräten ausgestattet ist, musste eine Möglichkeit gefunden werden, dies in ArcMap darzustellen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es somit, eine Möglichkeit zu schaffen, die vorhandenen Daten zu den Pegelmessstellen in einer Datenbank zu sammeln und kartographisch ansprechend zu präsentieren. Im Zuge dessen wurde auch ein digitales Höhenmodell erstellt, welches die Visualisierung der Karten anschaulicher gestaltet. Darüber hinaus soll eine

Abbildungsverzeichnis

Erweiterbarkeit der Anwendung für zukünftige Aufgaben gewährleistet sein. Beispielsweise hinsichtlich einer Online-Applikation oder der Anbindung eines mobilen Geographischen Informationssystems.

1 Einleitung

Geographische Informationssysteme (GIS) finden mittlerweile in vielen Bereichen der Verwaltung und der Wirtschaft Anwendung. Die Verwaltung von Daten mit räumlichem Bezug und die mit einem GIS einhergehenden Methoden zur Analyse und Visualisierung dieser Daten bekommen in unserer Informationsgesellschaft einen immer größer werdenden Stellenwert. So weisen etwa 80 Prozent aller unternehmensintern erhobenen und gespeicherten Daten einen räumlichen Bezug auf. Auch in der Verwaltung von Liegenschaften, dem gesamten Katasterplanwesen und der behördlichen Kartographie sowie in der öffentlichen Verwaltung sind Geographische Informationssysteme und die Untergruppe der Fachinformationssysteme von steigender Bedeutung. Im wissenschaftlichen Umfeld vieler Disziplinen wie der Raumforschung oder Sozial- und Wirtschaftswissenschaften haben sich GIS ebenso als kaum verzichtbare Werkzeuge erwiesen.

In der Hydrologie hat sich die Kartographie als Fachdisziplin mit ihren Werkzeugen wie eben Geographischen Informationssystemen ebenso ihren Platz erkämpft. GIS werden hier zur Darstellung von Einzugsgebieten von Flüssen oder zur Simulation von Abflüssen nach Niederschlagsereignissen benutzt. Gerade in Bereichen der Wissenschaft wie der Hydrologie zeigt sich also das Potential geographischer Informationssysteme, um Ausschnitte unserer Welt zu modellieren und zu analysieren. GIS kann verschiedenste Datenbestände zusammenführen und miteinander über die räumliche Komponente verknüpfen. Dies erweist sich für zahlreiche Fachrichtungen, wie etwa auch die Archäologie, als wichtige Komponente in ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit.

Auch auf die drängendsten Fragen unserer Zeit, wie etwa die Ursachen des Klimawandels und die Probleme die dieser mit sich bringt, können mit Hilfe dieser Technologie neue Ansätze und Antworten gefunden werden.

Geographische Informationssysteme leisten also einen wichtigen Beitrag in unserer Welt, die sich immer schneller und mit großer Dynamik verändert. Der Hersteller von ArcGIS,

1 Einleitung

einem der wichtigsten Anbieter auf diesem Gebiet, beschreibt die zukünftigen Aufgaben seiner Software wie folgt:

- Globaler Klimawandel
- Verantwortungsvoller Umgang mit den natürlichen Ressourcen
- Vernünftige Raum- und Infrastrukturplanung
- Globale Effizienzsteigerung

[ESRI-Germany 2009]

1.1 Ziele

Die Absicht dieser Diplomarbeit soll die Erstellung eines Pegelkatasters für die Pegelmessstellen an den Flüssen Donau und March sein. Ein Kataster ist ein System aus Karten bzw. Plänen, in dem die beschriebenen baulichen Anlagen nach ihrer Lage, Ausstattung, Nutzungsart und Größe beschrieben und kartographisch dargestellt werden.

Eckpunkte des zu erarbeitenden Systems sind zum einen eine Datenbank und zum anderen die GIS-Anwendung ArcGis als Interface zur Datenbank sowie gegebenenfalls eine Webapplikation, über die ein webbasierter Zugriff auf die Informationen des Pegelkatasters gewährleistet wird. Hierzu ist die Einbindung der unterschiedlichen Datenquellen eine zentrale Voraussetzung.

Des Weiteren soll das System zentral administrierbar sein und somit etwaige Wartungsarbeiten erleichtern. Letztendlich ist eine kartographisch ansprechende Darstellung von für das Pegelwesen relevanten Informationen für unterschiedliche Anwender Ziel dieser Arbeit. Dies umfasst natürlich auch die Erstellung kartographischer Signaturen. Die Erstellung der Layer in ArcGis soll unter Zuhilfenahme von vorhandenen Karten, wie etwa z.B. den Digitalen Hydrologischen Atlas, erfolgen.

Ein weiteres Ziel dieser Diplomarbeit ist die Bereitstellung der Informationen als Grundlage von wasserwirtschaftlichen Planungen sowie die Möglichkeit der Erstellung hydrologischer Analysen auf dieser Grundlage und eine Hilfestellung bei der Messstellenplanung bzw. etwaiger Messstellenumrüstung.

Die Ziele zusammengefasst sind:

- Aufbau einer Geodatenbank mit allen vorhandenen Datensätzen
- Eine übersichtliche Darstellung der Messstellen
- Erstellung von Symbolen für die unterschiedlichen Messstellenarten
- Falls möglich eine schnelle Aktualisierung der Daten zu den Messstellen

1.2 Zum Inhalt

In Kapitel 2 werden allgemeine Betrachtungen zur Hydrologie und zu Geographischen Informationssystemen (GIS) behandelt. Hierzu gehören Erklärungen zu Pegelmessstellen und dem Pegelwesen allgemein sowie Definitionen zu Geographischen Informationssystemen und Fachinformationssystemen. Weiters wird kurz auf die Bedeutung von GIS in der Hydrologie eingegangen.

In Kapitel 3 folgen theoretische Erläuterungen zu Datenbanken und Geodatenbanken. Hierbei werden Datenbankmodelle, die Arten und der Aufbau von Geodatenbanken sowie verschiedene Schnittstellen von Datenbanken zu GIS-Anwendungen erläutert.

In Kapitel 4 geht es um die Anwendung eines Pegelkatasters bei der via donau.

Die Kapitel 5 und 6 beschäftigen sich mit dem praktischen Teil dieser Arbeit, also der Datenaufbereitung und Datenintegration in das zu erstellende Pegelkataster.

Kapitel 7 beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, die bestehen, ein Pegelkataster und somit die Informationen, die der Pegelkataster bietet, innerhalb einer Firma über das Internet oder Intranet für die Mitarbeiter zur Verfügung zu stellen.

Kapitel 8 wird die Ergebnisse dieser Arbeit noch einmal zusammenfassen.

2 Theoretische Betrachtungen

2.1 via donau

"via donau - Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH wurde mit 1. Jänner 2005 vom österreichischen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) zur Erhaltung und Entwicklung der Wasserstraße Donau gegründet. Die Gesellschaft entstand durch Verschmelzung der Österreichischen Donau-Betriebs AG, der Österreichischen Donau-Technik GmbH, der via donau - Entwicklungsgesellschaft mbH für Telematik und Donauschifffahrt sowie der organisationsprivatisierten Wasserstraßendirektion."(via donau, 2009)

Als Grundlage für die Aufgabengebiete und die Organisation der via donau dient das Wasserstraßengesetz (BGBl. I Nr. 177/2004). Dieses Bundesgesetz regelt die Aufgaben und Organisation der Bundes-Wasserstraßenverwaltung, wobei sich der Geltungsbereich auf die Wasserstraßen Österreichs sowie auf die österreichisch-slowakische Grenzstrecke der March und auf die Thaya von der Mündung in die March bis zur tschechischen Grenze bei Bernhardsthal. Als Wasserstraßen gelten nach Schifffahrtsgesetz (BGBl. Nr. 62/1997) folgend:

- Donau
- Traun bis Fluss-km 1,80
- Enns bis Fluss-km 2,70
- March bis Fluss-km 6,0
- Donaukanal

2.1.1 Tätigkeits- und Aufgabenbereiche der via donau

Im Wasserstraßengesetz sind die Aufgaben und Tätigkeitsbereiche der via donau definiert.

Die Bundes-Wasserstraßenverwaltung umfasst dabei insbesondere:

- Regulierung, Instandhaltung und Ausbau der Gewässer
- Hochwasserschutz
- Gewässerschutz
- Ufergestaltung
- Planung, Errichtung und Instandhaltung von Treppelwegen
- Errichtung und Instandhaltung von Bundeshäfen und Bundesländern
- Hydrografie und Maßnahmen zur Schaffung günstiger Abflussverhältnisse
- Bundesagenden gemäß dem Bundesgesetz über die Bildung einer Donauhochwasserschutz-Konkurrenz
- Erfüllung der sich aus bilateralen und internationalen Verträgen ergebenden Verpflichtungen der Republik Österreich
- Verwaltung des öffentlichen Wassergutes
- Aufgaben nach dem Wasserbautenförderungsgesetz

Zu den weiteren Aufgaben von via donau zählen Entwicklungsaufgaben für die Binnenschifffahrt, wie z.B. Projektentwicklungen und Projektbegleitung zur Steigerung des Güterverkehrsaufkommens sowie die Implementierung neuer Technologien und Systeme für Binnenwasserstraßen, als auch den Betrieb von Schifffahrtssystemen (RIS - River Information Services) und die Schleusenaufsicht (alle Donauschleusen und die Schleuse Nußdorf / Donaukanal).

Als Teil des Hydrographischen Dienstes von Österreich ist für via donau auch das Wasserrechtsgesetz und die aus diesem abgeleiteten Verordnungen, sowie EU-Richtlinien von maßgebender Bedeutung. Nachfolgend sind die wichtigsten Gesetze, Verordnungen und EU-Richtlinien angeführt:

- Wasserstraßengesetz (BGBI. I Nr. 177/2004)
- Wasserrechtsgesetz WRG 1959 (BGBI. Nr. 215/1959) in der gültigen Fassung (samt Novellen)
- Wasserkreislaufferhebungsverordnung - WKEV (BGBI. II Nr. 478/2006)
- EU - Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und Rates)
- EU - Hochwasserrichtlinie (Richtlinie 2007//60/EG des europäischen Parlaments und Rates)

2.2 Kartographische Grundlagen

Die Kartographie unterliegt derzeit, ebenso wie viele andere Disziplinen, einem Wandel betreffend ihrer Darstellungsformen und Inhalte. Nachdem sich die Kartographie lange Zeit ausschließlich mit der Abbildung der realen Welt auf einem zweidimensionalen Medium beschäftigt hat, beschreitet sie nun mit der vermehrten Anwendung EDV-gestützter Systeme neue Wege. So entstehen neue Kommunikationsmittel der Kartographie, die den Nutzer nicht nur als passiver Betrachter ansprechen, sondern in zunehmenden Maße auch auffordern, interaktiv einzugreifen und die Darstellungsformen und Inhalte selbst zu verändern.

So kann man die Kartographie heute folgendermaßen definieren [HAKE, GRÜNREICH, MENG 2002]:

”Die Kartographie ist ein Fachgebiet, das sich befasst mit dem Sammeln, Verarbeiten, Speichern und Auswerten raumbezogener Informationen sowie in besonderer Weise mit deren Veranschaulichung durch kartographische Darstellungen.”

Ein weiterer Bereich der Kartographie ist der Aufbau und die Verwaltung von Informationssystemen. Dieser tritt vermehrt in den Mittelpunkt der Kartographie. Diese Systeme, die in Abschnitt 2.6 näher beschrieben werden, stellen für die Kartographie eine Schnittstelle zu anderen Disziplinen dar, da sie universell in beinahe allen Forschungsrichtungen einsetzbar sind.

2.2.1 Features

Ein Feature ist ein einzelnes, individuelles Objekt in einer Karte oder einem Layer in einem GIS. Features stellen die Grundlage aller Anwendungen in der computergestützten Geoinformation dar. Ihnen sind Attribute wie Geometrie, Lagekoordinaten und der Raum- beziehungsweise Zeitbezug zugewiesen. Features stellen also die Grundbausteine für Geographische Informationssysteme dar. [KATZLBERGER 2003]

Features können zum Beispiel folgende Elemente eines GIS sein:

- Eine Straße einer bestimmten Ordnung in einem Netzwerk von Straßen
- Ein Segment in einem Flußnetzwerk
- Eine Signatur für eine Pegelmessstelle
- Ein Pixel in einem Digitalen Höhenmodell
- Ein georeferenziertes Orthophoto

Features werden auch in die Kategorien Diskreta und Kontinua eingeteilt [HAKE, GRÜNREICH, MENG 2002]. Dies bedeutet, sie werden nach ihrer räumlichen Abgrenzung in diese zwei Gruppen eingeteilt.

Diskreta

Diskreta sind räumlich von anderen Elementen einer Karte abgegrenzt. Sie können als lokale Diskreta, als linienhafte Diskreta oder auch als flächenhafte Diskreta auftreten.

Lokale Diskreta stellen Objekte dar, die in ihrer physischen Größe eine Darstellbarkeit auf der Karte unterschreiten. Sie sind statisch und erscheinen als punktförmige Objekte auf einer Karte. Ihnen kann eine Signatur zugewiesen werden, die ihre qualitative oder quantitative Eigenschaft verdeutlicht. Im Falle dieser Arbeit sind die Pegelmessstellen ein Beispiel hierfür.

Linienhafte Diskreta erscheinen, vom Maßstab abhängig, als bandförmige oder linienhafte Elemente einer Karte. Ihnen sind hauptsächlich qualitative Attribute zugeschrieben. Sie können beispielsweise Gewässer oder Straßen darstellen.

Flächenhafte Diskreta sind erscheinen als abgegrenzte Fläche, ihnen könne qualitative und quantitative Attribute beigestellt werden. Als Beispiel können Landnutzungszonen genannt werden.

Kontinua

Kontinua sind in ihrer flächenhaften und räumlichen Ausdehnung unbegrenzt. Sie repräsentieren vorwiegend natürliche Erscheinungen, die in einer Karte oder einem GIS dargestellt werden sollen. Sie kommen häufig als Wertefeld vor. Ein solches ist zum Beispiel ein Digitales Höhenmodell (DEM). Um die Werte zu visualisieren werden verschiedene Gestaltungsmittel eingesetzt. So können Höhenschichtlinien, Zahlenwerte oder Flächenfarben, auch in Verbindung mit einer Schummerung, verwendet werden um ein Höhenmodell zu veranschaulichen.

2.3 Hydrologische Grundlagen

In dieser Arbeit soll die Schaffung und Verwaltung eines Pegelkatasters mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems dargestellt werden. Im Laufe der Erarbeitung werden angesichts der Thematik dieser Arbeit Fachbegriffe aus der Hydrologie verwendet. In diesem Kapitel soll daher auf die wichtigsten hydrologischen Grundlagen, mit denen man sich bei der Erarbeitung eines digitalen Pegelkatasters auseinander zu setzen hat, eingegangen werden.

2.3.1 Datenerhebung- und Datenerfassung in Österreich

Der rechtliche Aspekt der Erhebung des Zustandes von Gewässern ist im siebenten Abschnitt des Wasserrechtsgesetzes (WRG 1959 samt Novellen, derzeitig gültige Fassung, Stand 28.06.2009) im § 59c bzw. den aus dem WRG 1959 hervorgegangenen Verordnungen geregelt, zu welchen die Wasserkreislaufferhebungsverordnung WKEV 2006 und die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung GZÜV 2006 gehören. Laut § 59c des WRG 1959 ist zur Erhebung des Zustandes von Gewässern ein Überwachungsnetz zu errichten, sodaß „sich daraus ein kohärenter und umfassender Überblick über den ökologischen

2 Theoretische Betrachtungen

und chemischen Zustand der Oberflächengewässer gewinnen lässt“, sowie der mengenmäßige und chemische Zustand des Grundwassers erfasst werden kann. Die Ziele des § 59c des WRG lassen sich wie folgt darstellen:

- Gewinnen eines Überblicks über den ökologischen und chemischen Zustand der Oberflächengewässer
- Erfassung des mengenmäßigen und chemischen Zustands des Grundwassers
- Ermittlung einer detaillierten Wasserbilanz

Dabei hat sich die Erhebung des Wasserkreislaufes „auf das Oberflächengewässer, das Grundwasser und die Quellen, den Niederschlag, die Verdunstung und die Feststoffe in den Gewässern hinsichtlich Verteilung nach Menge und Dauer, die Temperatur von Luft und Wasser, die Eisbildung in den Gewässern und im Hochgebirge sowie auf die den Wasserkreislauf beeinflussenden oder durch ihn ausgelösten Nebenerscheinungen zu beziehen.“ Die Umsetzung des WRG bzgl. der Erhebung des Wasserkreislaufes hat nach der aus diesem Bundesgesetz hervorgegangenen Wasserkreislaufferhebungsverordnung WKEV (2006) zu erfolgen, in welcher der Umfang und die Art der Erhebung hydrographischer Parameter detailliert vorgegeben ist. In den allgemeinen Bestimmungen werden die Ziele der Verordnung, die allgemeinen Anforderungen an das Messnetz, die Kriterien für die Auswahl der Messstellen und der Bereich Datenverarbeitung, Datenübermittlung und Datenhaltung beleuchtet. Der zweite Teil der WKEV beschäftigt sich eingehend mit der Beobachtung und Messung der Parameter Wasserstand, Wassertemperatur und der Feststoffe sowie der Ermittlung des Durchflusses an Oberflächengewässern. Natürlich werden auch die Erfassung des unterirdischen Wassers einschließlich der Quellen und die Beobachtung und Messung des atmosphärischen Bereiches behandelt. Das Ziel der WKEV ist die fachliche Konkretisierung der Grundsätze eines hydrographischen Messnetzes zur mengenmäßigen Bestimmung der Komponenten des Wasserkreislaufes in Österreich, indem:

1. die örtliche Bestimmung der Beobachtung und Messungen,
2. Kriterien für die Messstellenreinrichtung,
3. die zu überwachenden Parameter,
4. der Zeitraum und die Frequenz der Messungen,

5. Methoden und Verfahren für die Probenahme und -analyse (sowie für die Auswertung der Messdaten) und
6. Vorgaben für die Datenverarbeitung und -übermittlung

festgelegt werden. Die Anzahl und Art der verordneten Messstellen im Bereich Oberflächenwasser und Feststoffe (Wasserstands-, Durchfluss-, Temperatur-, und Feststoffmessstelle) ist für jedes Flussgebiet in der Anlage A der WKEV angegeben.

2.3.2 Begriffsbestimmungen nach WKEV 2006

In der Wasserkreislaufferhebungsverordnung sind für die Bereiche Oberflächengewässer, unterirdisches Wasser (samt Quellen) und Atmosphäre eine Reihe von Begriffsbestimmungen aufgeführt. Den Bereich Oberflächengewässer betreffend sind dies folgende:

1. Oberflächengewässer (oberirdisches Gewässer): Gewässer, die eine freie Oberfläche ausbilden und unter Atmosphärendruck stehen. Sie werden in fließende und stehende Oberflächengewässer eingeteilt.
2. Messstellen an Oberflächengewässern (Pegel): Ortsfeste gewässerkundliche Einrichtungen (§57 WRG 1959) zur regelmäßigen bzw. kontinuierlichen Erfassung von Wasserständen. An diesen Messstellen können auch Einrichtungen zur Ermittlung weiterer hydrologischer Größen (Wassertemperatur, Durchfluss, Feststoffe) angeordnet werden.
3. Wasserstand: Der lotrechte Abstand eines Punktes des Wasserspiegels über einem jeweils festgelegten Bezugshorizont, z.B. dem Pegelnullpunkt. Die Höhe des Bezugspunktes ist auf das staatliche Höhennetz zu beziehen.

2.3.3 Struktur der Datenerhebung in Österreich

Das staatliche Messnetz besteht aus dem sogenannten Basismessnetz, deren Messstellen ortsfeste und über lange Zeiträume betriebene Einrichtungen darstellen, und dem Sondermessnetz zur Abdeckung besonderer zeitlich begrenzter Monitoringansprüche.

2.4 Pegelwesen und Messnetz der via donau

Das Pegelwesen ist der Überbegriff für die Errichtung, Instandhaltung und den Betrieb von Messstationen bzw. Pegeln. Das Messnetz von via donau umfasst derzeit Messstellen über Einrichtungen verfügen, um folgende Werte zu messen:

1. Oberflächenwasser
2. Feststoffe
3. Grundwasser

2.4.1 Pegelmessstelle

Ein Pegel ist eine Messstelle, an der der Wasserstand oberirdischer Gewässer gemessen wird. Es gibt Pegelmessstellen, die mit Hilfe von fix montierten Messlatten (Pegellatten) abgelesen werden können, aber auch elektronische Pegelmessstellen. Diese arbeiten mit Schwimmern, Drucksonden, aber auch mit Radar- bzw. Ultraschallgeräten zur berührungslosen Abstandsmessung (z.B. unter Brücken). Weiters werden die vorgenommenen Messungen eines Pegels aufgezeichnet und auf Pegelbögen, einem Bandschreiber oder einem lokalen digitalen Speichermedium registriert, können aber auch laufend in eine Datenbank per Datenfernübertragung eingetragen werden. Die Verwendung der auf diese Weise gewonnen Daten ist sehr vielseitig. So sind die aktuellen Pegelstände für folgende Bereiche unerlässlich:

- Einschätzung der Entwicklung von Hochwasser
- Prognose von Wasserständen bzw. Durchflüssen
- Ermittlung von Durchflüssen mittels kontinuierlicher Aufzeichnung der Pegelstände (-> Ermittlung von Abflussbilanzen)
- Schifffahrt (aktuelle Fahrwassertiefen und Durchfahrtshöhen bei Brücken)

2.4.2 Pegelnullpunkt

Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Pegeln:

1. Absolutpegel: Die Unterteilung der Pegellatte folgt dem amtlichen Höhennetz (in Österreich m.ü.A.)
2. Relativpegel: Die Unterteilung der Pegellatte ist in Zentimetern angegeben, wobei die Werte den relativen Abstand zum sogenannten Pegelnullpunkt bedeuten

Der Pegelnullpunkt ist jener Höhenwert, von dem aus der jeweilige Pegelstand relativ gemessen wird. Es handelt sich beim Pegelnullpunkt also um einen angenommenen Punkt, dessen Meereshöhe mit sehr hoher Genauigkeit eingemessen wurde und von dem aus die Werte der laufenden Pegelmessungen berechnet werden können.

2.4.3 Arten von Pegeln

Um in weitere Folge dieser Arbeit keine Unklarheiten die verschiedenen Pegelarten betreffend aufkommen zu lassen, werden im Folgenden die häufigsten Arten von Pegelmessstellen und ihre technischen Eigenschaften kurz beschrieben. Man kann bei Pegelmessstellen jene zur kontinuierlichen Messwertaufzeichnung von denen unterscheiden, die lediglich zu bestimmten Zeitpunkten abgelesen werden (Lattenpegel). Zu den Pegeln zur kontinuierlichen Aufzeichnung gehören Schwimmerpegel, Druckluftpegel, Drucksondenpegel und die Ultraschall- bzw. Radarpegel.

Lattenpegel

Lattenpegel bestehen aus einer in ein Gewässer und dessen Uferbereich fest eingebauten Messlatte, die gegen alle Umwelteinflüsse wie Temperatur, Wasserströmung und Erosion möglichst unempfindlich sein sollte. Auf der Messlatte ist zumeist eine zweifarbige Skala mit Zentimeterschritten abgebildet. Solch ein Lattenpegel muss von Personen regelmäßig abgelesen werden und die Werte archiviert werden, um eine verwertbare Pegelstatistik zu erzeugen. Meist wird er aber heute als Instrument zur schnellen Kontrolle des Gewässerpegels als feste bauliche Maßnahme im Gewässerbau verwendet. Ein Lattenpegel ermöglicht die Ablesung des Wasserstandes mit einer Genauigkeit von 1 -2 cm. Eine

2 Theoretische Betrachtungen

weitere Anwendung des Lattenpegels ist die Erfassung des Höchststandes eines Hochwassers mit Hilfe eines **Grenzwertpegels**. Dieser besteht aus einem Plexiglasrohr, in dem ein eingefärbter, mit einer Messskala bedruckter Kunststoffstreifen aufgespannt ist. Das in dem Messzylinder steigende Wasser wäscht nun die Farbe bis zu seinem Höchststand ab.

Schwimmerpegel

Der Schwimmerpegel ist ein registrierender Pegel. Dies hat den Vorteil, dass ständig Änderungen des Wasserstandes aufgezeichnet werden und nicht intervallsgebunden wie bei der Ablesung eines Lattenpegels. Bei einem Schwimmerpegel wird der Wasserstand über die Veränderung eines Schwimmers in einer Röhre, die über eine Verbindungsleitung mit dem zu messenden Gewässer verbunden ist, gemessen. Die Bewegungen des Schwimmers werden mechanisch über einen Schreibarm auf eine Rolle Registrierpapier übertragen. Dies kann allerdings natürlich auch elektronisch erfolgen und die Daten gespeichert bzw. übertragen werden.

Druckluftpegel

Ein Druckluftpegel misst den Wasserstand mit Hilfe des Gegendrucks, der vorliegt, wenn in einer festgelegten Tiefe im Gewässer Druckluft aus einer Leitung ausperlt. Hierbei wird der hydrostatische Druck über der Austrittsöffnung gemessen. Die benötigte Druckluft wurde früher von Druckgasflaschen zur Verfügung gestellt, heute werden kleine Pumpen benutzt, die von durch Sonnenenergie wiederaufladbare Akkus gespeist werden. Die Messergebnisse werden digital gespeichert und können mittels Datenfernübertragung an die Datenzentrale geschickt werden.

Drucksondenpegel

Hierbei wird mit Hilfe eines piezoelektrischen Elements in einer Drucksonde der Druck der Wassersäule über einer Drucksonde erfasst.

Ultraschall- und Radarpegel

Ein Ultraschall- oder Radarpegel misst den Wasserstand berührungsfrei von oben. Hierzu muss er an einer Brücke oder einem Auslegarm befestigt sein. Nun wird ein Signal ausgesendet und die vergangene Zeit bis zum Empfang des von der Wasseroberfläche zurückgeworfenen Signals gemessen.

2.5 Kataster und ihre Anwendung

2.5.1 Kataster und Pegelkataster

Eine Katasterkarte gehört zu den sogenannten Liegenschaftskarten. In ihr werden Angaben zur Grenzziehungen, den Gebäudebestand, die Nutzungsarten und die Nummerierung der Flurstücke gemacht. [HAKE, GRÜNREICH, MENG 2002] Hauptbestandteile eines solchen „klassischen“ Katasters sind:

- **Katasterkartenwerk:**
Es handelt sich hierbei um die Kartenwerke, die zur Führung des Katasters notwendig sind. Es sind dies die Flurkarte und die Schätzungskarte mit der amtlichen Schätzung des Bodenwerts.
- **Katasterbuchwerk:**
Es enthält genaue Angaben zur Lage, Eigentümer und Verwendung eines Grundstücks.
- **Katasterzahlenwerk:**
Hierin sind Koordinaten und andere topographische Punkte, wie etwa Grenzpunkte, sowie Angaben zur Fläche enthalten.
- **sonstige Informationen**

Kataster dienen also zu einer flächendeckenden Aufnahme und Beschreibung aller Flureinheiten (z.B. Parzellen) eines Gebietes. Ein Kataster kann von jedem eingesehen werden, der ein berechtigtes Interesse an einer solchen Einsicht hat.

Der in dieser Arbeit zu konzipierende Pegelkataster soll ähnliche Aufgaben erfüllen. Anstatt Angaben zu Grundstücken sollen jedoch Detailinformationen zu verschiedenen

2 Theoretische Betrachtungen

Messstellen, die von der via donau verwaltet werden, mit Hilfe des Pegelkatasters verknüpft und ansprechend dargestellt werden. Es sollen Informationen zu allen von der via donau verwalteten Messstellen einfließen. Zukünftige Erweiterungen des Messstellennetzes sollen mit seiner Hilfe erleichtert werden.

2.5.2 Beispiel Hochwasserschutz

Durch die Hochwasserereignisse der letzten Jahre, das Hochwasser der Donau im Jahr 2002 und das der March im Jahr 2006 sind vielen Österreichern noch gut in Erinnerung, ist der Hochwasserschutz vermehrt in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses getreten.

Ein dichtes Netz von Pegelmessstellen ist für die Vorhersage von Hochwasserereignissen und eine rechtzeitige Warnung der Bevölkerung von großer Bedeutung. Bei der Planung der Verdichtung des Netzes beziehungsweise dem Ausbau von Pegelmessstellen mit zusätzlichen Messeinrichtungen und Datenübertragungsgeräten kann eine Erfassung dieser durch ein Geographischen Informationssystem hilfreich sein.

2.6 Geographische Informationssysteme

2.6.1 Definition eines GIS

”A geographic information system is the combination of skilled persons, spatial and descriptive data, analytic methods and computer software and hardware - all organized to automate, manage and deliver information through geographic presentation.” [Zeiler 1999]

”Ein GIS arbeitet mit räumlichen Daten und Objekten, ihren Attributen und Charakteristiken, wie zum Beispiel Fläche, Länge, Ort oder Höhe, und den Beziehungen zwischen den Objekten untereinander.” [Kainz 2006]

”Ein Geoinformationssystem ist ein rechnergestütztes Informationssystem, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht.

Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und grafisch präsentiert werden.“ [Bill 1994]

Anhand dieser Definitionen kann abgeleitet werden, dass ein GIS ein System aus geschulten Personen, geeigneter Hardware und Software sowie den Daten und Analyseverfahren darstellt. Dieses Schema ist in Abbildung 2.1 dargestellt. Ein GIS ist ein System, das auf einer Datenbank basiert, in der räumlich relevante Daten gespeichert werden, sowie weiters den zur Analyse und graphischen Darstellung der räumlichen und sachbezogenen Daten benötigten Funktionalitäten.

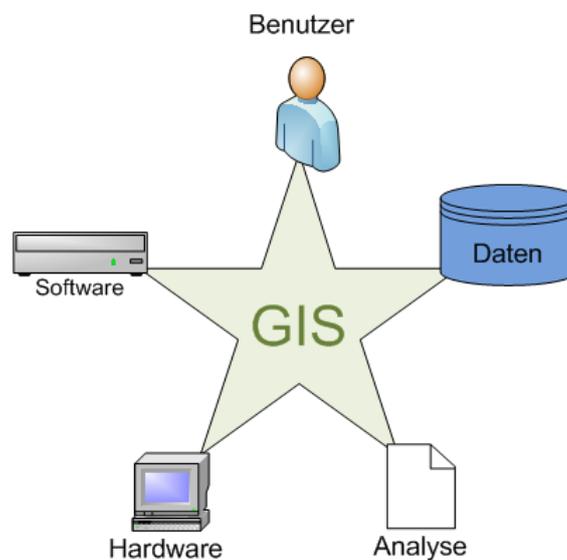


Abbildung 2.1: Aufbau eines GIS [adaptiert nach Zeiler 1999]

Das geographische Informationssystem stellt also eine Schnittstelle zwischen räumlichen Daten und Sachdaten dar. Die graphische Darstellung der räumlichen Daten erfolgt mit Hilfe von Punkten, Linien und Flächen. Daten können in ArcGIS sowohl im Vektorformat als auch im Rasterformat dargestellt werden. Mit einem Geographischen Informationssystem können Daten analysiert, verändert, modelliert und in Geodatenbanken gespeichert werden.

In einem GIS werden also geographische Daten und Sachdaten auf verschiedenen Ebenen, Layer genannt, abgebildet. Diese Layer können nun in verschiedenen Konfigurationen übereinander gelegt werden und aus der Kombination von Objekten aus unterschiedlichen Layern können neue Ebenen erstellt werden. Durch die freie Kombinierbarkeit

2 Theoretische Betrachtungen

von Layern können verschiedene „Ansichten“ der realen Welt in einem GIS erstellt und einer Analyse unterzogen werden. Zu diesem Zweck stehen dem Benutzer in einem GIS zahlreiche Werkzeuge zur Verfügung. So können Objekte mit Puffern verschiedener Breite umgeben, können miteinander verschnitten, vereinigt oder auch ausgeschnitten werden. Es können aus digitalen Höhenmodellen dreidimensionale Geländemodelle errechnet und Vektordaten mit Rasterdaten vereinigt werden. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, muss aber auch eine entsprechende Infrastruktur vorhanden sein, also in ihrer Leistungsfähigkeit entsprechende EDV-Infrastruktur und das Know-How, die doch komplexen Aufgaben eines GIS zu steuern.

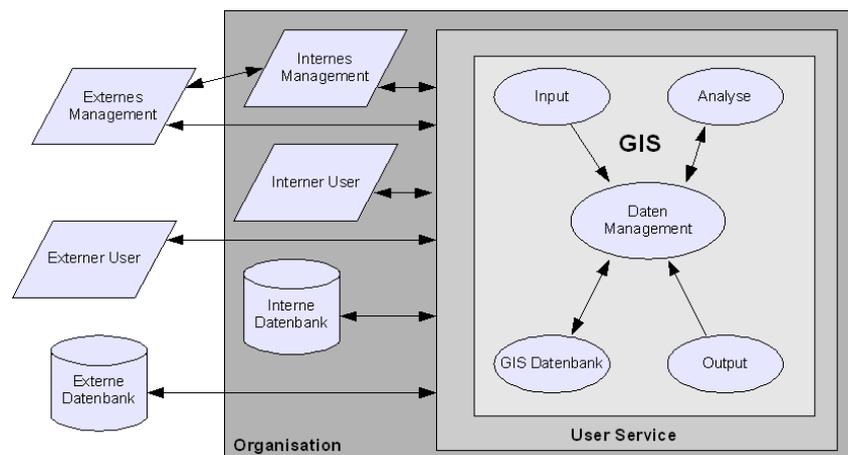


Abbildung 2.2: GIS in einer Organisation [adaptiert nach Johnson 2008]

2.6.2 Fachinformationssysteme

Ein Fachinformationssystem ist ein computergestütztes Informationssystem, mit dessen Datenbank ein raumbezogenes objektstrukturiertes Fachdatenmodell, abgekürzt DFM genannt, geschaffen und verwaltet werden kann. Des Weiteren bietet ein FIS alle Möglichkeiten zu Abfragen und Analysen, die ein GIS bietet. So lassen sich aus einem FIS natürlich alle fachspezifischen Informationen, aber auch viele andere räumliche Informationen, wie etwa Entfernungen, Netzanalysen, Routenberechnungen oder auch räumliche und statistische Analysen mit all den Funktionalitäten eines klassischen GIS erstellen bzw. ableiten. Aber auch Karten mit fachlich relevanten Inhalten können mit Hilfe eines FIS erstellt werden. [Hake, Grünreich, Meng 2002]

Fachinformationssysteme sind also Informationssysteme, die fachbezogene Aufgaben

unterstützen und zur Bewältigung konkreter Fachanforderungen notwendig sind. Die Fachinformationssysteme spiegeln in Anzahl und Inhalt die fachliche Strukturierung der umweltbezogenen Aufgabenstellungen innerhalb einer Umweltbehörde/eines Umweltministeriums wider. Es gilt der Grundsatz, dass in jedem Fachinformationssystem nur die fachlich benötigten Daten geführt werden. Müssen zur Unterstützung der Aufgabenstellung auch fachfremde Daten herangezogen werden, müssen diese von den jeweiligen Fachbereichen angefordert werden. Abhängig von der engen Abgrenzbarkeit der zu unterstützenden Fachaufgaben und der Abhängigkeit von den Ergebnissen anderer Fachbereiche lassen sich spezifische und übergreifende Fachinformationssysteme unterscheiden. Spezifische Fachinformationssysteme sind an Fachaufgaben orientiert, die weitgehend unabhängig von anderen Fachaufgaben zu bearbeiten sind und eine eigenständige inhaltliche Bedeutung besitzen. Spezifische Fachinformationssysteme weisen eine enge fachliche Orientierung auf. Sie übernehmen im Wesentlichen auch die Rohdatenerfassung; insbesondere ist dies ihre Aufgabe im Rahmen eines umfassenderen UIS. Spezifische Fachinformationssysteme sind somit auch bezüglich der Ausgangsdaten / -informationen weitgehend unabhängig. Übergreifende Fachinformationssysteme führen Informationen in Form von bearbeiteten Daten aus unterschiedlichen Fachinformationssystemen zusammen und gewinnen dadurch neue Informationen. Sie dienen der Unterstützung von Fachaufgaben, die auf den Ergebnissen mehrerer Fachbereiche aufbauen müssen. [Page,Häuslein,Greve 1993]

2.6.3 ESRI ArcGIS 9.3

In dieser Arbeit wird hauptsächlich auf die Software ArcGIS 9.x der Firma ESRI (Environmental Systems Research Institute) Bezug genommen, da die Erstellung des Pegelkatasters innerhalb dieser umfangreichen Software-Suite erfolgen soll. ArcGIS besteht aus mehreren Elementen. Diese werden im folgenden kurz beschrieben. Der Aufbau des Lizenzierungsmodells von ArcGIS ist in Abbildung 2.3 dargestellt.

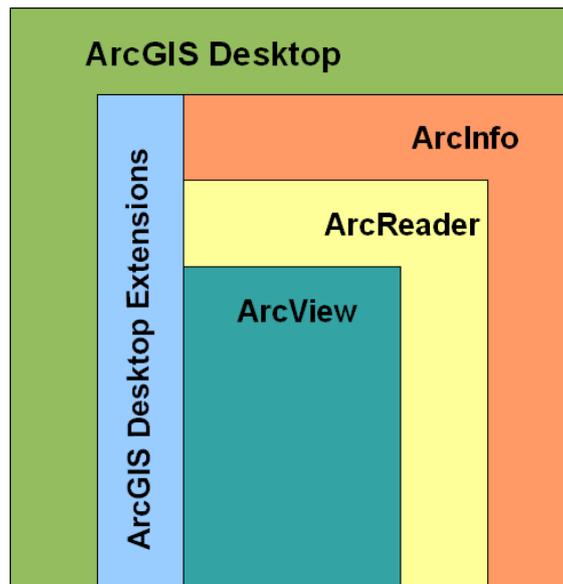


Abbildung 2.3: Aufbau der Lizenzierungsstufen von ArcGIS [adaptiert nach ESRI 2009]

ArcView

ArcView ist die erste Ausbaustufe der GIS-Familie von ESRI. Die Software ist aktuell in zwei Ausführungen präsent. Die ältere Schiene ist die Serie ArcView GIS 3.x, mit der Einführung von ArcGIS 8.x wurde ArcView als ein Teil bzw. eine Lizenzstufe dieses zu einem Gesamtpaket geschnürten GIS-Softwarepakets eingeführt und firmiert seitdem als ArcView 8.x bzw. ArcView 9.x. ArcView erlaubt die Visualisierung von Layern und die Kartenerstellung sowie einfache Analysen. Die Software ist durch Erweiterungen wie dem *Spatial Analyst* oder dem *3D-Analyst* zu auch umfangreicheren und komplexeren Analysen fähig. Als Dateiformat wurden in ArcView 3 ausschließlich Shapefiles benutzt, welche die Dateierendung *.shp* besitzen. Mit ArcView 8 und den weiteren erschienen Versionen wurde auch hier die in ArcInfo benutzte *Personal Geodatabase*, welche die Dateierendung *.mdb* nutzt, eingeführt. [ESRI 2009]

Auf diese und andere Formen der Geodatenbanken, die in ArcGIS benutzt werden, wird aber noch später in dieser Arbeit genauer eingegangen.

ArcEditor

ArcEditor stellt die Zwischenstufe zwischen ArcView und ArcInfo dar. Es bietet alle Möglichkeiten von ArcView, erweitert diese jedoch um weitergehende Werkzeuge, die Daten zu editieren. So können mehrere Benutzer gleichzeitig Geodaten bearbeiten oder eingescannte Rasterdaten in Vektordaten umgewandelt werden. [ESRI 2009]

ArcInfo

ArcInfo ist die umfangreichste Version von ESRI ArcGIS. Es bietet auch weitaus die meisten Funktionen und Möglichkeiten zur Gestaltung und Analyse. ArcInfo, das in früheren Versionen textbasiert über eine Kommandozeile zu bedienen war, besteht inzwischen aus folgenden Grundbausteinen:

- **ArcCatalog**

Mit ArcCatalog lassen sich die in ArcGIS benutzten und erstellten Daten verwalten. In ArcCatalog können Geodatenbanken angelegt und verwaltet werden. Diese sind in den neuen Versionen von ArcGIS von den Typen Personal Geodatabase und File Geodatabase. Hierzu wird in dieser Arbeit in Abschnitt 3.6 genauer eingegangen.

Über ArcCatalog können weiters einzelne Klassen angelegt und zu Gruppen zusammengefasst werden. So können beispielsweise *Feature Classes*, *Raster Datasets* oder *Network Datasets* angelegt werden. ArcCatalog bietet aber auch umfangreiche Import- und Export-Funktionen von Geodaten sowie verfügt über zahlreiche Möglichkeiten die Projektionen dieser Geodaten auf die jeweiligen Bedürfnisse des Projekts anzupassen.

- **ArcMap**

In ArcMap werden die in ArcCatalog erstellten Geodaten graphisch dargestellt. Es können verschiedenste Datensätze und Layer in ArcMap eingelesen werden und in einer Ebenenstruktur dargestellt werden. Jede Ebene kann unterschiedlich gestaltet oder auch in verschiedenen Transparenzstufen dargestellt werden. Aus der Gesamtansicht aller Layer entsteht eine Karte, aus der die durch die Zusammenstellung der Ebenen (*Layer*) hervorgehobenen Informationen herauszulesen sind.

2 Theoretische Betrachtungen

ArcMap ist das zentrale Werkzeug innerhalb von ArcInfo zur Analyse und Modellierung von Geodaten. Neben zahlreichen integrierten Analysewerkzeugen innerhalb der ArcToolbox, können Analyseschritte mit Hilfe des ModelBuilders zusammengefasst und abgespeichert werden, aber auch eigene Werkzeuge erstellt werden. Hierzu bietet ArcGIS Schnittstellen zu den Skriptsprachen Python und Visual Basic an.

- **ArcPublisher und ArcReader**

ArcReader ist eine kostenfreie, einfach erlern- und anwendbare Mapping-Anwendung. Der Nutzer kann mit dieser Software vorbereitete Karten und Globen visualisieren, abfragen und ausgeben. Zu diesem Zweck greift ArcReader auf „published map files“ (pmf-Dateien) zu, die vorher mit Hilfe der Erweiterung ArcGIS Publisher in ArcView, ArcEditor oder ArcInfo erstellt wurden. [ESRI-Germany, 2009]

ArcReader ermöglicht also die Weitergabe von Karten und kann durch seine Stellung als Freeware Geodaten für beliebig viele Personen innerhalb einer Organisation oder eines Unternehmens zur Verfügung stellen.

ArcGlobe

ArcGlobe bietet dem Benutzer die Möglichkeit, von ihm erstellte Datensätze und Layer auf einem virtuellen Globus darzustellen. Die Darstellung der Daten ist hierbei frei dreh- und schwenkbar. In ArcGlobe sind Höhenmodelle bereits vorgegeben, diese sind aber nur für den Bereich der Vereinigten Staaten in zufriedenstellender Qualität vorhanden. ArcGlobe bietet aber die Möglichkeit eigene Höhenmodelle zu integrieren. Auf diese Weise entstand zum Beispiel die Darstellung der Ötztaler Alpen mit Höhenschichten und den Gewässern in Abbildung 2.4.

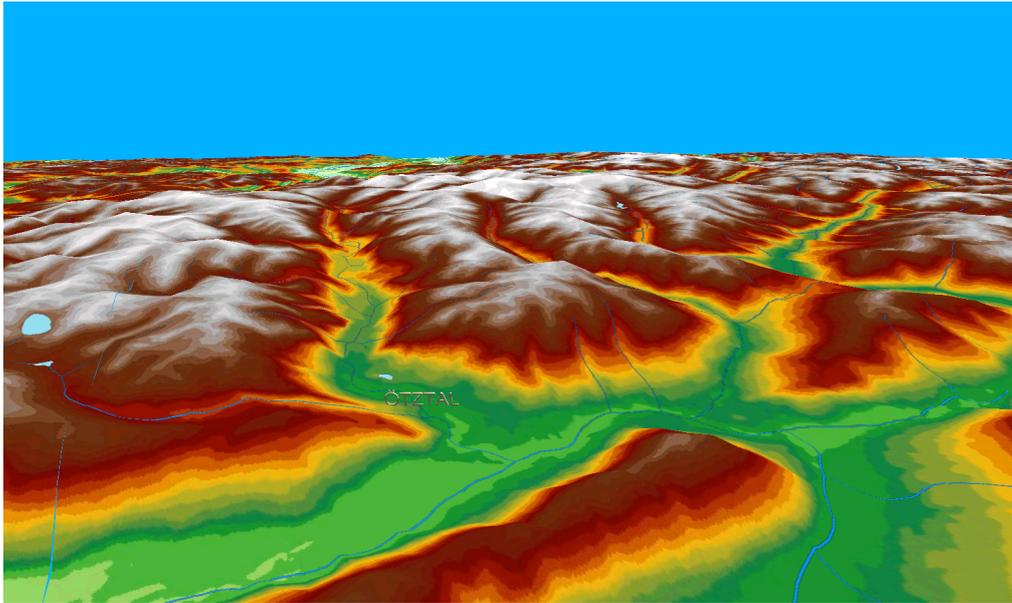


Abbildung 2.4: ASTER Höhenmodell in ESRI ArcGlobe 9.3

Es können aber auch Flugsequenzen animiert werden, oder der Nutzer kann frei durch die Landschaft wandern. Arc Globe soll also als Hilfsmittel dienen, um Geodaten zu präsentieren.

In der neuesten Version von ArcGIS, der Version 9.3.1, können Geodaten und Layer auch direkt auf dem virtuellen Globus *Bing Maps 3D*, einer Internetapplikation von Microsoft, integriert und betrachtet werden. Auch mit dem neuen Kartenservice *Bing Maps* von Microsoft soll es vermehrt Interaktionsmöglichkeiten durch Produkte von ESRI geben. Mehr hierzu ist in Abschnitt 7.1 nachzulesen.

2.7 GIS in der Hydrologie

In den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden Geographische Informationssysteme zu einem wichtigen unterstützenden Werkzeug für Hydrologen, um Gewässersysteme zu modellieren und zu analysieren. Insbesondere durch die Verwendung von Digitalen Höhenmodellen und Karten der Bodenbedeckung wurde die Modellierung von Flusseinzugsgebieten und Gewässernetzen erleichtert und die Möglichkeiten der Darstellung erweitert.

Geographische Informationssysteme (GIS) können in der Hydrologie ein wichtiges Werkzeug sein. Die Firma ESRI, Hersteller von ArcGIS, stellt für hydrologische Anwendungen in ihren Softwareprodukten eine eigene Erweiterung namens Arc Hydro zur Verfügung. Mit Hilfe von Arc Hydro können Anwender im Gewässermanagement eine auf die Darstellung und Analyse von Geodaten mit hydrologischem Hintergrund hin ausgerichtete Datenstruktur erstellen.

2.7.1 Arc Hydro

Beim Arc Hydro Datenmodell handelt es sich um eine Entwicklung der University of Texas, das auf der Internetpräsenz von ESRI frei zum Download erhältlich ist. Diese Erweiterung wurde in dem Buch *Arc Hydro: GIS for Water Resources (Maidment 2005)* dokumentiert. Arc Hydro bietet ein Datenmodell und zahlreiche zusätzliche Möglichkeiten zur Analyse von hydrologischen Fragestellungen. [Johnson 2009]

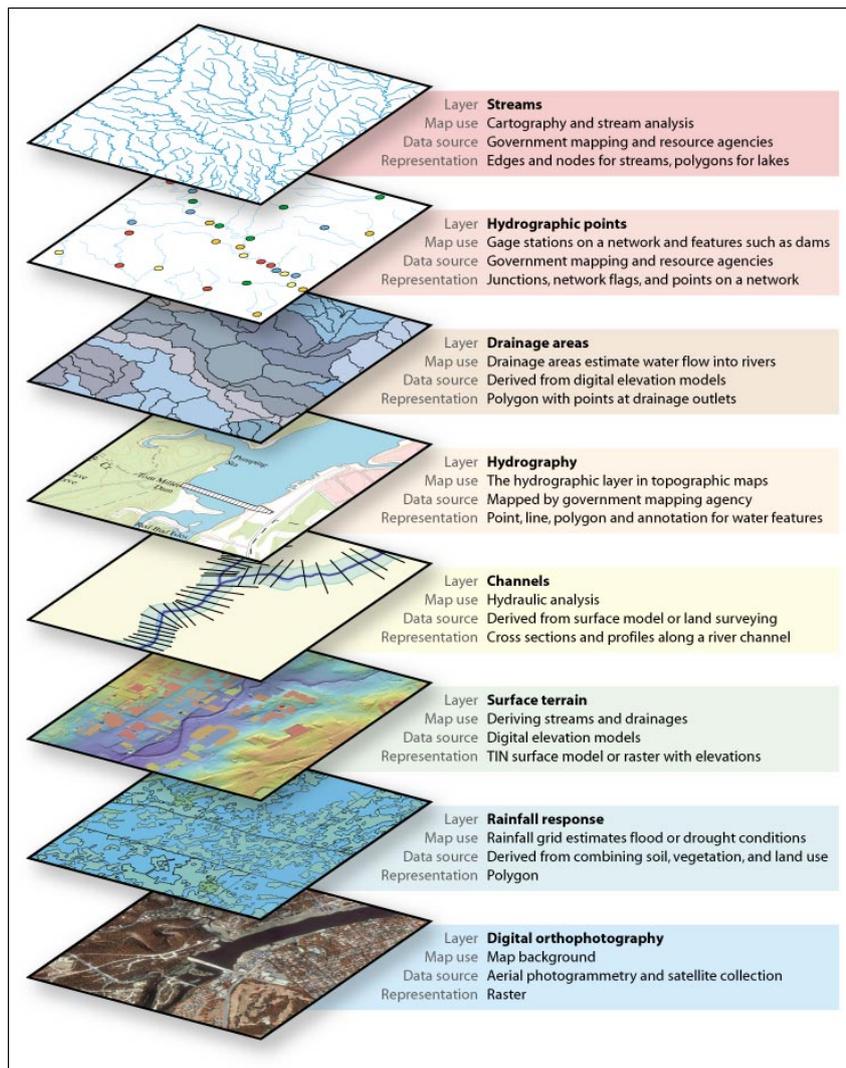


Abbildung 2.5: Layer in Arc Hydro [ESRI 2009]

Arc Hydro ist ein zeit-räumliches Datenmodell zur Modellierung von Flusssystemen und anderen hydrologischen Fragestellungen. Die wichtigsten in Arc Hydro abgebildeten thematischen Informationsebenen (Layer) sind Flüsse, hydrographische Punkte (Messstellen an Flüssen, Dämme, Kraftwerke), Einzugsgebiete, Gerinne und das Gelände als Digitales Höhenmodell. [Fürst, 2004].

Die Erweiterung Arc Hydro bietet drei Hauptkomponenten:

- Arc Hydro stellt ein standardisiertes Format zur Verwaltung und Speicherung von geographischen Daten und hydrologischen Zeitreihen zur Verfügung.

2 Theoretische Betrachtungen

- Logische Datenbeziehungen zwischen geographischen und hydrologischen Objekten in der Datenbank können erstellt werden.
- Arc Hydro bietet in einer zusätzlichen Werkzeugleiste (*Toolbar*) ein Gruppe neuer Werkzeuge zur Schaffung, Manipulation und Visualisierung hydrologischer Daten an.

Das Datenmodell, auf dem Arc Hydro aufsetzt, wurde unter Benutzung der Unified Modeling Language (UML) geschaffen und bietet die Möglichkeit verschiedene Datensätze zu hydrologischen Themen in Objekten und Tabellen (*tables*) abzubilden. Auf die UML und ihre Anwendung und Lesbarkeit wird in Kapitel 3.1.7 noch genauer eingegangen. In Abbildung 2.6 ist das Datenmodell von Arc Hydro in einem UML Diagramm abgebildet. Im Diagramm sind die möglichen in der Datenbank darstellbaren und in ArcMap visualisierbaren Objekte (*Features*) dargestellt. Arc Hydro kann also folgende *Features* darstellen:

- Monitoring Point
- Waterbody
- Watershed
- Hydro Edge
- Hydro Junction
- Hydro Network
- Flowline
- Shoreline

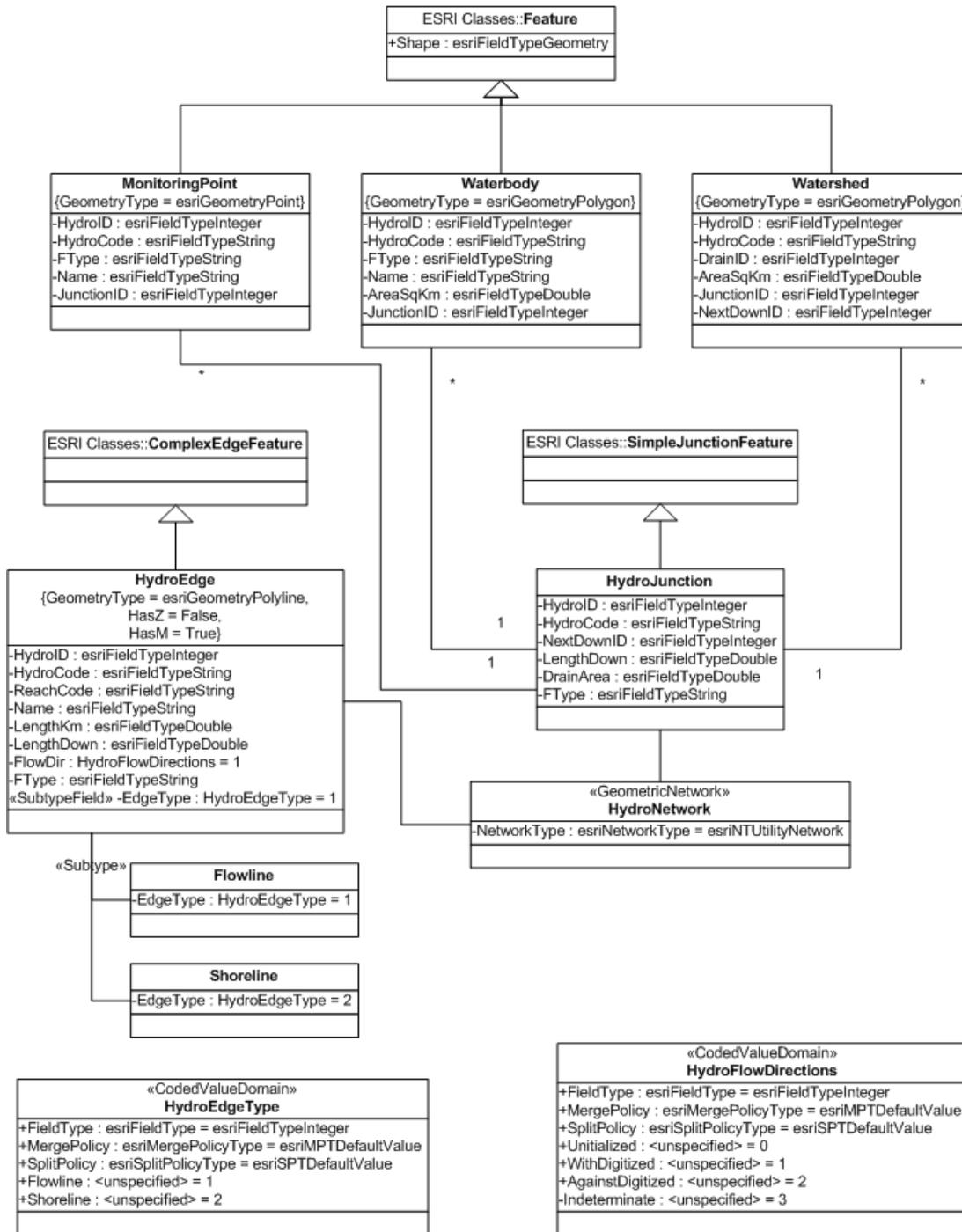


Abbildung 2.6: Datenmodell von Arc Hydro [nach ESRI 2009]

Zeitreihen in Arc Hydro

Um den Durchfluss und die Qualität eines Gewässers zu erfassen, wurde in Arc Hydro die neue Klasse der Zeitreihen, in Arc Hydro *Time Series* genannt, geschaffen. In den *Time Series* können alle in festgesetzten Intervallen erhobenen Daten, wie z.B. Niederschlagsmengen oder eben auch der Durchfluss eines Gewässers, aber ebenso Daten, die in unregelmäßigen Intervallen erhoben werden, wie z.B. die mehrmals jährlichen Erhebungen der Gewässerqualität, gespeichert werden. Dies stellt für ein GIS eine neue Herausforderung dar, da die Verknüpfung von räumlichen Daten mit Daten, die einen zeitlichen Kontext beinhalten, bis dato nicht vorgesehen war. [Maidment 2002]

Ein Time Series Table hat folgende Spalten:

- **ObjectID**
Mit der ObjectID wird jedem Objekt in der Datenbank eine ID, eine Nummer zur Identifizierung zugewiesen. Mit Hilfe der ID ist ein Objekt in einer relationalen Datenbank auffindbar und mit anderen Datensätzen verknüpfbar.
- **FeatureID**
Die FeatureID zeichnet das Feature aus ArcGIS aus, an dem die Messungen, die in der Zeitreihe gespeichert werden, vorgenommen wurden, z.B. eine Pegelmessstelle.
- **TSTypeID**
Mit TSTypeID wird der Typ der abgespeicherten Datenreihe mit Hilfe einer Variable abgespeichert. Dies kann z.B. die Variable „1“ für den Durchfluss sein und die Variable „2“ für den Pegelstand.
- **TSDatetime**
Dieser Spalte beinhaltet den Zeitpunkt jeder Messung in einem vereinheitlichtem Format, z.B. 6/5/2009.
- **TSValue**
Hier wird der gemessene Wert eingetragen

Time Series

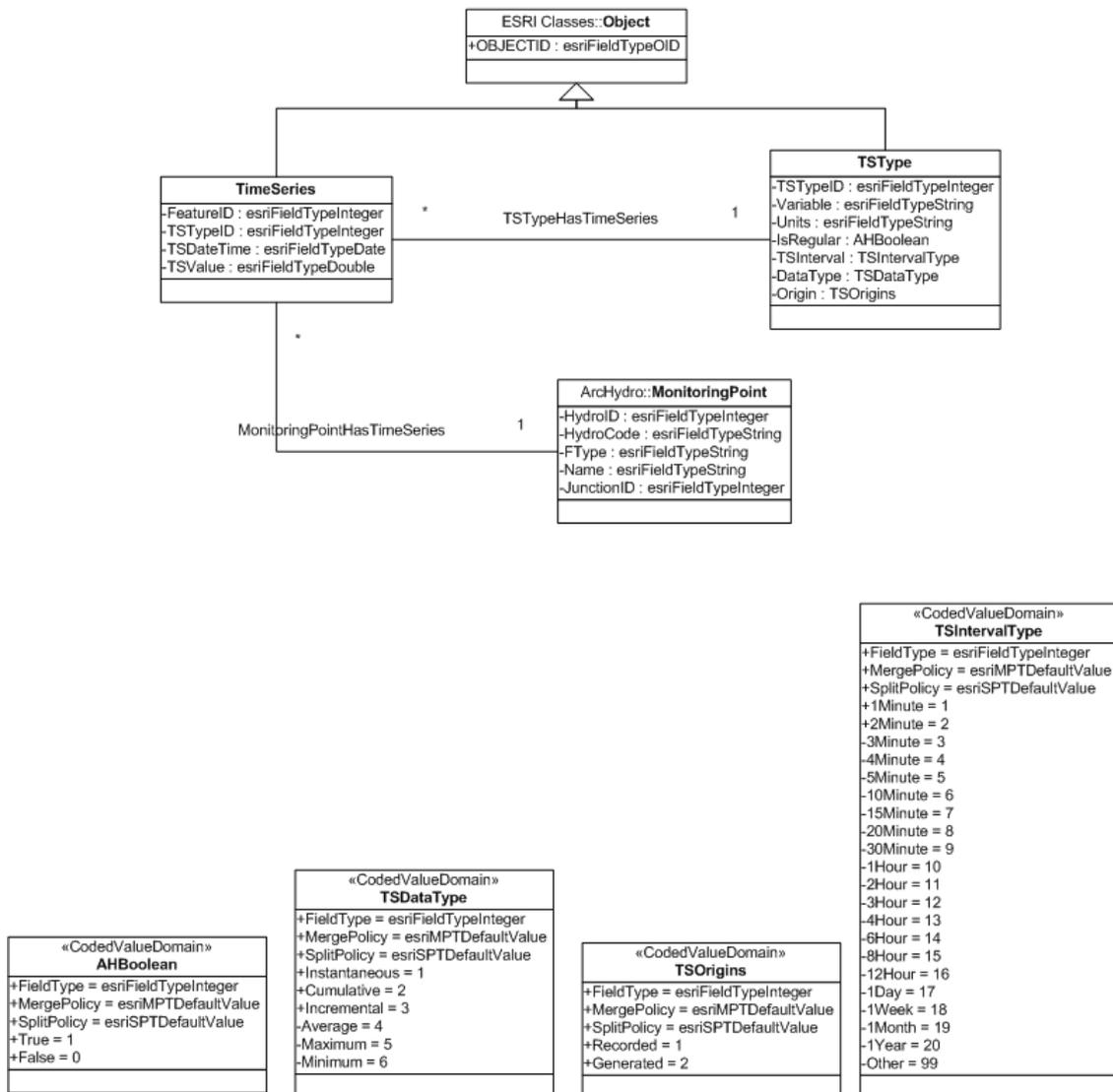


Abbildung 2.7: UML Diagramm von Arc Hydro TimeSeries [ESRI 2009]

2.7.2 HEC-RAS und HEC-GeoRAS

HEC-RAS und HEC-GeoRAS sind kostenlos erhältliche Softwarepakete, die von der US Armee entwickelt wurden. HEC-RAS wurde 1995 für den öffentlichen Gebrauch freigegeben.

2 Theoretische Betrachtungen

HEC-RAS

HEC-RAS bietet die Möglichkeit, die Hydraulik von Wasser innerhalb natürlicher Flüsse, aber auch innerhalb von Kanälen als Modell darzustellen. Es können auch die Auswirkungen von Brücken und anderer baulicher Maßnahmen auf die hydraulischen Eigenschaften eines Gewässers simuliert werden. Die Software findet auch insbesondere in der Planung von Überflutungszonen und dem Hochwasserschutz Verwendung.

In der Praxis der Wasserwirtschaft nimmt die Fließgewässermodellierung, d.h. die Nachbildung eines Fließgewässers mit Hilfe eines hydrodynamisch-numerischen Modells, eine immer wichtigere Rolle ein. HEC-RAS ist eine Software, welche es ermöglicht die Abflussbedingungen in einem Fließgewässer zu simulieren (siehe Abbildung 2.8).

Für die Durchführung einer Fließgewässermodellierung sind folgende Daten notwendig:

- Geometriedaten (Querprofile, Einbauten, Brücken, etc.)
- Randbedingungen (Pegelschlüssel, Abflussdaten, Längenschnitte)
- Daten zur Kalibrierung und Validierung

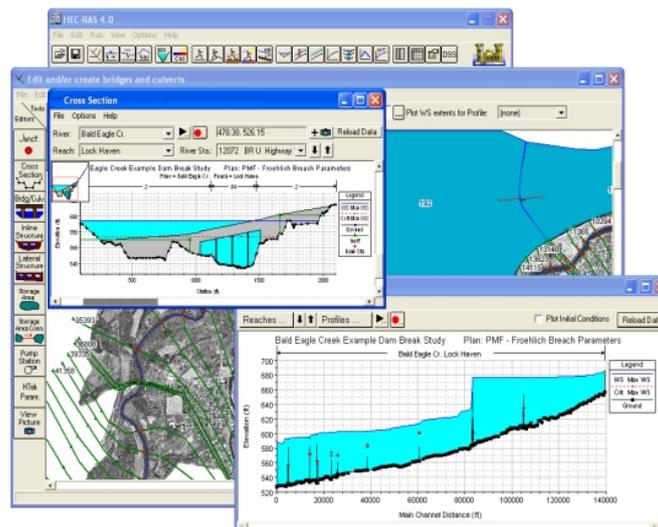


Abbildung 2.8: Die Software HEC-RAS (übernommen aus <http://www.hec.usace.army.mil>)

HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS ist eine Erweiterung für ArcGIS 9.x und bietet eine Reihe von Werkzeugen und Möglichkeiten, um GIS-Daten für den Import in HEC-RAS aufzubereiten. Diese Software unterstützt den Anwender, spezielle für HEC-RAS vorbereitete Layer innerhalb der Arbeitsumgebung von ArcGIS zu erstellen. HEC-GeoRAS setzt jedoch ein vollständiges Digitales Geländemodell des Flusssystemes voraus. Diese Layer können sowohl Punkte, Linien als auch Polygone umfassen. So können Stream Centerline, Flow Path Centerlines, Main Channel Banks und Querschnittslinien erzeugt werden. Aber auch zusätzliche Informationen wie zum Beispiel Brücken, Landnutzung, Inline Structures oder Lateral Structures können als Layer dargestellt werden. In Abbildung 2.9 ist die Layerauswahl von HEC-GeoRAS bei einer in Arc Map installierten Version dargestellt.

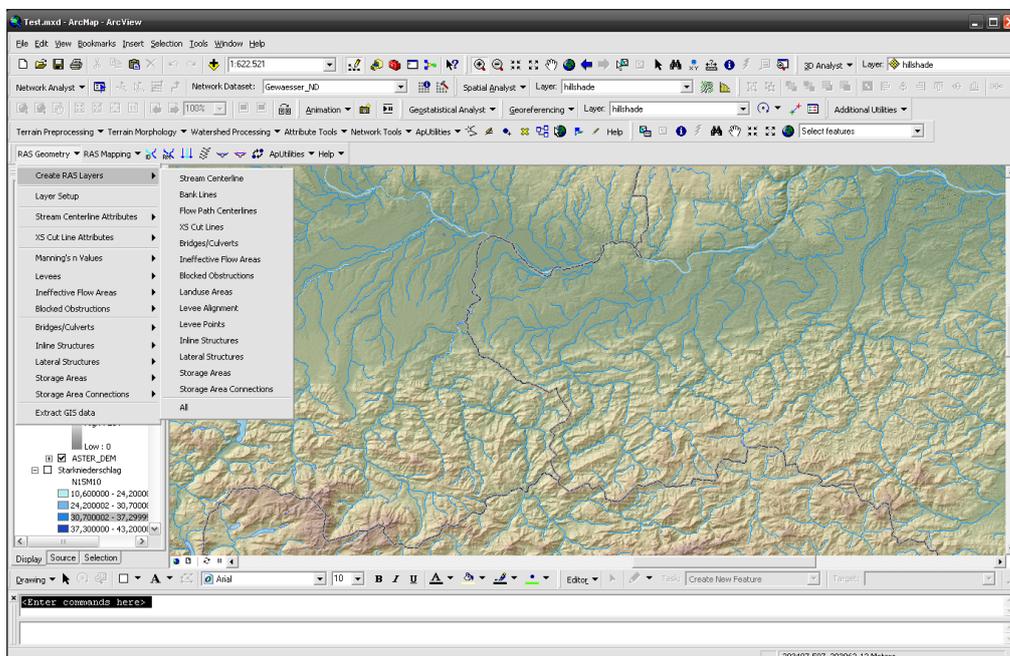


Abbildung 2.9: Darstellbare Layer in HEC-GeoRAS

Die Erweiterung HEC-GeoRAS erstellt eine Importdatei (RAS GIS Import File), welche unter anderem folgende Informationen beinhaltet:

- Bezeichnung für Fließgewässer, Fließgewässerabschnitt, River Station (Querprofilname)
- Abstände zwischen den Querprofilen

2 Theoretische Betrachtungen

- Querprofilgeometrie

- Zusätzliche Geometriedaten

Zusätzlich bietet HEC-GeoRAS die Möglichkeit in HEC-RAS erstellte Profile in ArcGIS einzulesen und mit den Möglichkeiten und Werkzeugen eines Geographischen Informationssystems weiter zu bearbeiten und zu analysieren.

HEC-GeoHMS

Die Analyse der Reaktion des Abflussverhaltens eines Einzugsgebiets auf Niederschlagsereignisse ist ein zentrales Thema für die Hydrologie. HEC-HMS ist ein numerisches Modell für die Simulation von Niederschlags-Abfluss-Prozessen von Einzugsgebieten. Das Programm bietet damit die Möglichkeit die maßgebenden Prozesse im Niederschlags-Abfluss-Verhalten eines Einzugsgebiets darzustellen und ermöglicht so die Reaktion des Einzugsgebietes auf Niederschlagsereignisse zu analysieren (siehe Abbildung 2.10). Das Ergebnis einer Simulation des Niederschlag-Abfluss-Prozesses ist die Ganglinie des Abflusses an einem bestimmten Pegel, welche dann wiederum als Input für ein hydrodynamisches Modell wie HEC-RAS dient [U.S. Army Corps of Engineers, 2009].

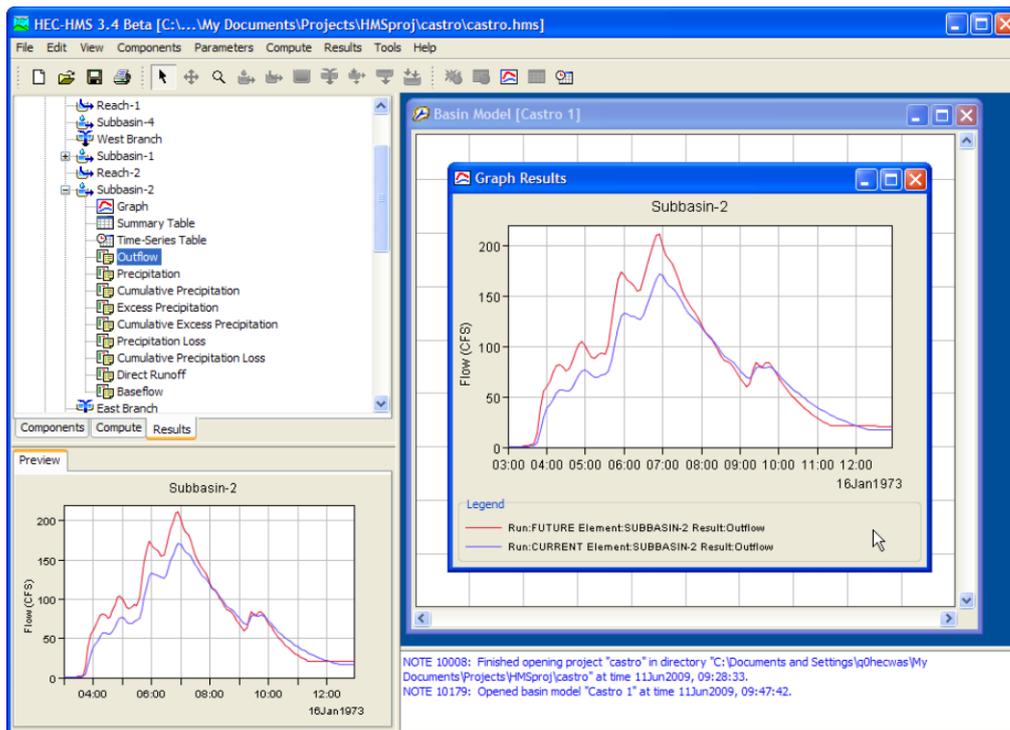


Abbildung 2.10: Oberfläche von HEC-HMS (aus U.S. Army Corps of Engineers, 2009)

Aufgrund der Tatsache, dass Niederschlags-Abfluss-Modelle maßgeblich auf geographischen, geologischen und hydrogeologischen Inputdaten beruhen und diese Daten gut in Geoinformationssystemen bearbeitet und verwaltet werden können, ist auch für dieses Programmpaket mit der Applikation HEC-GeoHMS, wie in Abbildung 2.11 dargestellt ist, eine Schnittstelle zu ArcGIS vorhanden.

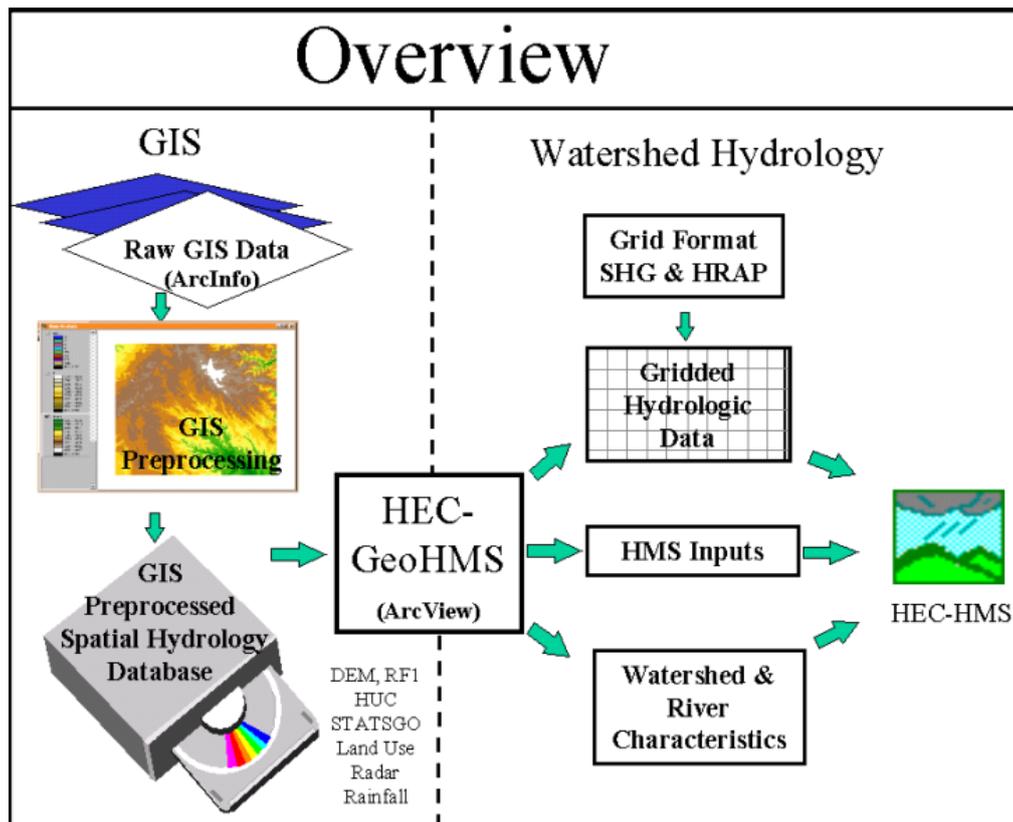


Abbildung 2.11: HEC-GeoHMS als Schnittstelle zwischen GIS und Niederschlags-Abfluss-Modellen (HEC-HMS) (aus U.S. Army Corps of Engineers, 2009)

3 Datenbanken und Geodatenbanken

3.1 Datenbankmodelle

Datenbanken haben sich in unserer vom Computer und dem Internet geprägten Zeit zu einem der wichtigsten Werkzeuge entwickelt. In Datenbanken werden Informationen gespeichert und einem oder mehreren Nutzern zur Verfügung gestellt. Aber auch andere Applikationen und Programme benutzen Datenbanken, um die gespeicherten Informationen zu verarbeiten und diese veränderten oder neu erstellten Informationen wiederum in einer Datenbank abzuspeichern. Daten werden in Datenbanken in tabellarischer Form abgespeichert. Hierbei werden die Informationen in Spalten und Zeilen abgelegt. Die jeweiligen Felder können mit unterschiedlich Datentypen, deren Auswahl von der verwendeten Datenbank abhängig ist, gefüllt werden. Häufige in der Geoinformation vorkommende Typen, die auch in der weiteren Ausarbeitung dieser Arbeit eine Rolle spielen werden, sind numerische Datentypen und Texte (in Geoinformationssystemen und den zugrundeliegenden Datenbanksystemen werden Texte meist als „text“ oder „string“ bezeichnet).

Auch die Kartographie und Geoinformation nutzt Datenbanken in immer größerem Ausmaß. Durch die intensive Nutzung computergestützter Systeme in der Kartographie erfahren Datenbanken und die Techniken ihrer Erstellung und Wartung in diesem Bereich eine verstärkte Aufmerksamkeit. Das Wissen über die Theorie und Nutzung von Datenbanksystemen ist heute zu einem wichtigen und essentiellen Teil der Kartographie und Geoinformation geworden.

In der Kartographie und Geoinformation spielen naturgemäß Geodatenbanken, also Datenbanken, die Daten mit räumlichen Bezug beinhalten oder sachbezogene Informatio-

nen mit räumlichen Daten verknüpfen, eine besonders gewichtige Rolle. Bereits ca. 80 Prozent der Daten haben einen räumlichen Bezug.

Mit der zügigen Entwicklung der Computertechnik wurden auch verschiedene Datenbankmodelle entwickelt. Im folgenden werden die wichtigsten Datenbankmodelle kurz erläutert.

3.1.1 Hierarchisches Datenbankmodell

Das Hierarchische Datenbankmodell ist das älteste Datenbankmodell. Es ist das einfachste, klassische Datenbankmodell. Jeder einzelne Datensatz, im Englischen „Record“ genannt, hat nur jeweils einen Vorgänger. Die Datensätze sind also in eine hierarchische Baumstruktur eingebunden, die nur von einem einzelnen Wurzeldatensatz (engl. „root“) ausgeht. Diese Baumstruktur ähnelt einem Stammbaum und so werden auch die Beziehungen der miteinander verbundenen Datensätze Eltern-Kind Beziehung (engl. „Parent-Child-Relationship PCR“) genannt. Nachteil des hierarchischen Datenbankmodells ist, dass eine Änderung der Struktur nur sehr schwer möglich ist. Vorteil dieses Datenbankmodells ist die Möglichkeit der schnellen Suche und Sortierung der Datensätze. Nachdem das Hierarchische Datenbankmodell schon verschwunden zu sein schien, erlebte es mit der XML (Extensible Markup Language) eine Wiederbelebung.

3.1.2 Netzwerk-Datenbankmodell

Das Netzwerk-Datenbankmodell erlaubt die Erstellung sowohl hierarchischer als auch netzartiger Strukturen. Das heißt, es sind nicht nur 1:n-Beziehungen, sondern auch m:n-Beziehungen möglich. Das bedeutet, ein Datensatz kann nicht nur einen Vorgänger haben, sondern mehrere. Die Vorteile aus dieser Konstruktion sind die platzsparende Speicherung komplexer Strukturen und der schnelle Zugriff auf die Daten. Nachteil des Netzwerk-Datenbankmodells ist vor allem seine Schwerfälligkeit, neue Datensätze aufzunehmen, was in der Regel mit einer Neuorganisation der gesamten Datenstruktur einhergeht. [Hake, Grünreich, Meng 2002]

Das Netzwerk-Datenbankmodell, das Anfang der 1970er Jahre nahezu zeitgleich mit dem relationalen Datenbankmodell vorgestellt wurde, war lange Zeit aktuell, wird jedoch

zunehmend vom auch in der Bearbeitungsgeschwindigkeit gleichgezogenen Relationalen Datenbankmodell abgelöst. Eine Wiederbelebung könnte das Netzwerk-Datenbankmodell im Zuge der zukünftigen Entwicklung des „Semantic Web“ erfahren.

3.1.3 Relationales Datenbankmodell (RDB)

Das relationale Datenbankmodell basiert auf einer Organisation der Daten in Form einzelner Tabellen. Hierbei werden die Spalten dieser Tabellen als Domänen (*Domains*) und die Zeilen als Tupel (*Tuple*) bezeichnet. Relationale Datenbankmodelle bieten die Möglichkeit, einzelne Tabellen miteinander zu verknüpfen. Diese Verknüpfungen geschehen über gemeinsame Informationen, die in beiden Tabellen vorkommen. Daher ist die Einrichtung eines Primärschlüssels, der für eine korrekte Zuweisung der Einträge in den einzelnen Tabellen sorgt, für relationale Datenbankmodelle besonders wichtig. Jedem Objekt in einer relationalen Datenbank soll daher eine Identifikationsnummer, eine sogenannte ID, zugewiesen werden, um die Informationen, die in den verschiedenen Tabellen gespeichert vorliegen, den richtigen Objekten zuordnen zu können. Vorteile der relationalen Datenbanken sind Redundanzfreiheit, ihre Fähigkeit mehreren Benutzern gleichzeitig Zugang zu den Daten zu gewährleisten und ihre Konsistenzprüfung. Bei einer Konsistenzprüfung wird die Datenbank auf Fehler- und Widerspruchsfreiheit überprüft. Auch ist jede Tabelle unabhängig von anderen zu bearbeiten und zu organisieren. Es existieren auch mächtige Abfragesprachen für dieses Datenbankmodell, deren bekannteste die Structured Query Language, bekannter unter ihrer Abkürzung SQL, ist. Über diese bestehen auch zahlreiche Möglichkeiten, Datenbanken, die nach dem relationalen Modell gestaltet sind, in verschiedene Programmiersprachen einzubinden.

3.1.4 Objektorientiertes Datenbankmodell (OODB)

Das objektorientierte Datenbankmodell nutzt Funktionen, um räumliche und nicht-räumliche Beziehungen zwischen Objekten und deren Attributen zu modellieren. In diesem Datenbankmodell werden Daten als Objekte in ein relationales Schema integriert. Ein Objekt ist hierbei eine in sich gekapselte Einheit, die von Attributen, Orientierungen und Regeln charakterisiert wird. Im objektorientierten Datenbankmodell werden also Daten als eine Gruppe von Einzelobjekten definiert, die in Gruppen, welche ähnliche Phänomene der Wirklichkeit beschreiben, aufgeteilt werden. Diese Gruppen werden im Konzept

der Objektorientierung als Objektklassen bezeichnet. Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten und Klassen werden durch explizit angelegte Verbindungen angelegt. Die Eigenschaften eines Objekts werden in der Datenbank gemeinsam mit dem Objekt gespeichert, wobei eine klar ersichtliche und in der Datenbank nur einmal vorkommende ID das Objekt bezeichnet. [Johnson 2008]

Es handelt sich hierbei also um eine Erweiterung des relationalen Datenbankschemas um eine objektorientierte Komponente. Dadurch konnten Probleme, die durch nicht optimale Zusammenarbeit zwischen relationalen Datenbanken und objektorientierten Programmiersprachen entstanden, gelöst werden.

3.1.5 Objektrelationales Datenbankmodell (ORDB)

In jüngerer Zeit wurde versucht, die Vorteile von relationalen und objektorientierten Datenbankmodellen im sogenannten objektrelationalen Datenbankmodell zu vereinen. In der Open Source Welt wurde mit PostgreSQL ein besonders leistungsfähiges Datenbanksystem auf dieser Basis geschaffen. PostgreSQL hat mit PostGIS zusätzlich eine spezielle Erweiterung für Unterstützung räumlicher Objekte erhalten. PostgreSQL in Verbindung mit PostGIS stellt eine freie Alternative zu proprietären Lösungen wie ArcSDE oder Oracle Spatial dar.

Objektorientierung in der Softwareentwicklung

Das objektorientierte und objektrelationale Datenbankmodell nutzen beide den in jüngerer Zeit bei Datenbankmodellierungen und vor allem auch in der Programmierung stark hervorgetretenen Ansatz der Objektorientierung. Hierbei werden Daten bzw. Funktionen als Objekte zusammengefasst und abgebildet. Objekte mit einer gemeinsamen Struktur bilden Klassen. Das Paradigma der Objektorientierung geht zurück auf die Programmiersprache *Simula*.

Ein wesentliches Merkmal dieser ursprünglich auf die Programmierung von Simulationen hin entwickelten Sprache ist die Abkehr von der ursprünglichen Ansicht, dass aktive Funktionen auf passive Objekte anzuwenden sind. In *Simula* wurde ein neuer Ansatz verfolgt, jetzt sollen aktive Objekte mit anderen Objekten interagieren. Dies bedeutet,

dass jedes Objekt eine eigene sogenannte Identität erhält und auf bestimmte Weise mit anderen Objekten kommunizieren und auf diese reagieren kann. [Vossen 2008]

Der objektorientierte Ansatz beinhaltet Begriffe wie Vererbung, Polymorphie oder Kapselung. Vererbung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Klassen Methoden und Datenstruktur von der vererbenden Klasse übernehmen, also erben.

3.1.6 XML-Datenbankmodell

Durch die ständig verbesserte Verfügbarkeit des Internet und die Weiterentwicklung dieses Mediums wurde es notwendig, ein Datenbankmodell zu schaffen, mit dessen Hilfe Anwendungen im Internet direkt miteinander Daten austauschen können. Dies führte zur Entwicklung der vorläufig letzten Generation von Datenbanksystemen. [Vossen 2008]

Bei XML handelt es sich um eine Beschreibungssprache für Daten. XML steht für *Extensible Markup Language*, was in etwa erweiterbaren Markierungssprache bedeutet. XML wurde entwickelt, um ein vereinheitlichtes Datenformat für webbasierte Dienste anzubieten, da andere Datenbankformate nur sehr eingeschränkt auszutauschen und zu verteilen waren. Daher wurde mit XML eine Möglichkeit gefunden, Daten und ihre Struktur in einem unabhängigen Format zu beschreiben. XML ist eng mit HTML (*Hypertext Markup Language*), einer auf die Darstellung von Textdokumenten spezialisierte Sprache, verwandt. Beide Sprachen basieren auf der *Standard Generalized Markup Language* (SGML). Die Verwandtschaft von HTML und XML gründet sich auch auf der Tatsache, dass beide für Applikationen im Internet geschaffen wurden und dadurch ihre ähnliche Syntax von großem Vorteil ist. [Erlenkötter 2001]

Der Vorteil von Daten im XML-Format ist, dass diese selbstbeschreibend sind. Die Daten sind immer zwischen zwei Tags eingebettet, die den Datensatz beschreiben. Nachfolgend ist ein Beispiel für einen kurzen XML-Code angeführt.

```
<Nr> 10001 </Nr>
<Vorname> Max </Vorname>
<Nachname> Mustermann </Nachname>
<Wohnort> Wien </Wohnort>
<Telefon> 1234567890 </Telefon>
```

Die Ähnlichkeit mit HTML ist klar erkenntlich. Die Tags beschreiben Anfang und Ende jedes Eintrags. Dies gewährleistet, dass andere Programme, denen diese Tags bekannt sind, die Daten auslesen und analysieren können. XML spielt bisher hauptsächlich im elektronischen Handel eine große Rolle, bietet aber sicherlich noch weitaus mehr Einsatzmöglichkeiten.

Neue Datenbanksysteme sind in der Lage XML-Code einzulesen aber auch in anderen Modellen gespeicherte Daten als XML-Dokument zu generieren.

3.1.7 UML - Unified Modeling Language

Die Unified Modeling Language (UML) ist eine graphische Modellierungssprache, um objektorientierte Software zu entwickeln. Sie wird auch zur Konzeption und Ausarbeitung von Datenmodellen und Datenbankmodellen benutzt. In der UML werden graphische Symbole benutzt, um Beziehungen zwischen Objekten darzustellen. Auch das Design von Software- und Datenbankprojekten kann mit Hilfe der UML graphisch dargestellt werden. [Johnson 2009]

Die Methodik der UML basiert auf Modellskizzen, wie sie in der analogen Ära benutzt wurden um Systeme darzustellen. Der große Vorteil der UML ist ihre graphische Entwicklungsumgebung und somit eine größere Übersichtlichkeit über den Entwicklungsstand eines Projektes bietet.

3.2 API Application Programming Interface

API ist die Abkürzung für 'Application Programming Interface'. Eine API stellt eine Programmierschnittstelle dar. Diese Schnittstelle stellt eine Verbindung eines Programms zum übergeordneten Softwaresystem dar.

Eine API stellt eine solche Verbindung auf Quelltextebene zur Verfügung. APIs können zur Kommunikation mit der Hardware genutzt werden, jedoch auch Zugriff auf Datenbanken zur Verfügung stellen. Mit der Hilfe von APIs werden aber auch Komponenten von Benutzeroberflächen erstellt.

Es werden auch von vielen Webdiensten APIs zur Verfügung gestellt, um deren Angebote in eigene Applikationen einzubauen. Für die Kartographie sind hier insbesondere die

Anbieter von Internetbasierten Kartenanwendungen, wie z.B. Google Maps oder Microsoft Bing Maps, interessant.

3.3 ABI Application Binary Interface

Eine ABI ist eine Binärschnittstelle, sie definiert eine Schnittstelle zwischen einem Programm und der übergeordneten Systemsoftware auf Maschinenebene. Sie kann auch eine Schnittstelle zwischen verschiedenen Ebenen oder Teilen eines Programms darstellen.

In einer ABI wird definiert, wie der Programmcode auf Ebene der Maschinsprache auszusehen hat, der eine solche Schnittstelle verwendet. Beispiele dafür sind die Reservierung von bestimmten Prozessorregistern für bestimmte Zwecke, die Richtung des Stacks oder das Format von Gleitkommazahlen.

Eine Binärschnittstelle unterscheidet sich von einer Programmierschnittstelle (API) (englisch application programming interface) darin, dass die Programmierschnittstelle eine Schnittstelle auf Quelltextebene definiert. Dadurch lässt sich der Quelltext auf verschiedenen Maschinen kompilieren, die die Programmierschnittstelle unterstützen. Die Binärschnittstelle dagegen erlaubt den Betrieb auf allen Systemen, die eine binärkompatible Schnittstelle zur Verfügung stellen, ohne dass ein Neukompilieren erforderlich wäre.

Die Binärschnittstelle stellt neben der Festlegung auf eine Architektur auch einen definierten Übergang vom Programm ins Betriebssystem dar. Es regelt Dinge wie Aufrufkonventionen, Systemaufruftabellen, die Bedeutung von Signalnummern und so weiter. Es sollte möglich sein, dasselbe Programm im Binärformat auf allen Systemen laufen zu lassen, die dessen ABI unterstützen.

Eine ABI gilt manchmal nur für eine Programmiersprache bzw. einen Compilertyp, da die Regeln, wie beispielsweise aus einer Funktionsdefinition ein symbolischer Name werden soll, sprachabhängig sind.

Ändert sich eine ABI, müssen alle Programme, für die sie gilt, neu kompiliert werden. Aus diesem Grund passiert dies sehr selten.

3.4 OLE DB

Über die Schnittstelle OLE DB können verschiedene Datenbanken in ArcCatalog eingebunden werden und die dort lagernden Daten somit in das GIS eingebunden, dargestellt und analysiert werden.

3.4.1 Definition von OLE DB

OLE bedeutet Object Linking and Embedding und ist eine API (Application Programming Interface) von Microsoft. OLE DB soll in einer standardisierten Form Zugriff auf unterschiedliche Typen von Daten bereitstellen. OLE DB ist eine API, die auf der ODBC Technologie aufbaut. ODBC steht für *Open Database Connectivity* und ist eine standardisierte Datenbankschnittstelle, die auf SQL basiert.

Der Zugriff auf OLE DB Verbindungen erfolgt in ArcGIS über den ArcCatalog. In der Baum-Ansicht können OLE DB Verbindungen unter Database Connections erstellt werden. Es sind hier bereits einige OLE DB Provider eingetragen, insbesondere diejenigen, die mit dem Betriebssystem Microsoft Windows XP, Vista oder Windows 7 bereits mitgeliefert werden.

Mit diesen OLE DB Providern von Microsoft können Microsoft Jet 4.0, Oracle, Access und SQL-Datenbanken eingebunden werden. Microsoft Jet ist eine relationale Datenbank Engine. Sie wird in zwei verschiedenen Zweigen entwickelt. Jet Red, das z.B. bei Access zum Einsatz kommt, und Jet Blue, das z.B. als Metadatenpeicher bei der Windows Desktop Search eingesetzt wird.

3.4.2 OLE DB in ArcGIS

Wie ist OLE DB nun in ArcGIS integriert? OLE DB Verbindungen können in ArcCatalog hergestellt werden. Hierbei können verschiedene OLE DB Provider aus einer Liste ausgewählt werden, um auf Daten aus anderen Datenbanken zugreifen zu können. ArcCatalog behandelt die Datensätze aus OLE DB-Quellen genau wie Datensätze aus der eigenen Geodatenbank. Das heißt, die Datensätze aus Datenbanken, welche über OLE DB eingebunden werden, können in ArcGIS wie eigene Daten verwendet werden.[nach ESRI 2009]

ArcCatalog bietet nur die OLE DB Treiber von Microsoft an. Andere Treiber bzw. OLE DB Provider, wie zum Beispiel PostgreSQL, können jedoch nachinstalliert werden. Diese müssen allerdings erst bei den jeweiligen Anbietern besorgt beziehungsweise heruntergeladen werden.

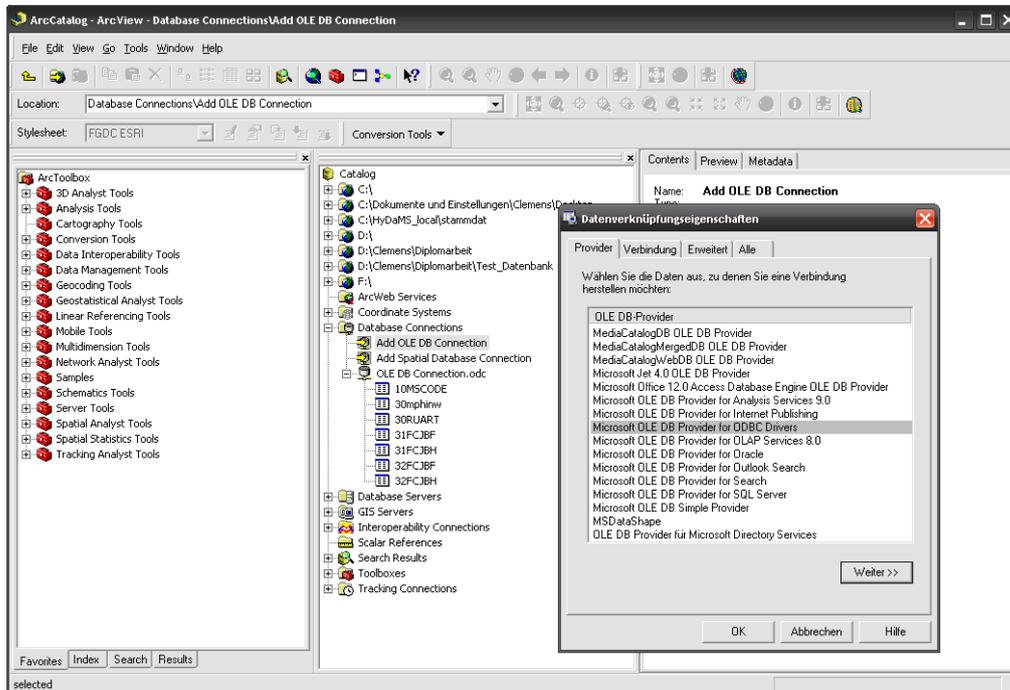


Abbildung 3.1: OLE DB in ArcGIS

In Abbildung 3.1 ist das OLE DB Interface von ArcCatalog in einem Screenshot dargestellt. Man sieht die Liste an OLE DB Providern, die ArcCatalog im Auslieferungszustand zur Verfügung stellt. In den restlichen Reitern „Verbindung“ und „Erweitert“ können je nach gewähltem Provider spezifische Einstellungen zur aufzubauenden Verbindung zu einer Datenbank getroffen werden.

OLE DB in der Applikation

Die Abteilung für Hydrographie der via donau verfügt über einen umfangreichen Bestand an Datensätzen zu verschiedensten Bereichen. Diese sollen letztendlich ebenfalls im Rahmen des Pegelkatasters darstellbar sein. Die Daten sind in Oracle-Datenbanken gespeichert.

Diese Datenbanken sollen im Zuge einer Erweiterung des Pegelkatasters via OLE DB - Verbindung an die Applikation angebunden werden.

3.5 Aufbau von Geodaten

3.5.1 Datentypen

In einer Geodatenbank sind neben Sachdaten sinngemäß auch räumliche Informationen, die mit den Sachdaten verknüpft sind, gespeichert. Es können also all jene Datentypen, wie sie in einem GIS vorkommen, in einer Geodatenbank gespeichert werden. Zusammengefasst können vier Typen von Daten in einer Geodatenbank vorkommen:

- Vektordaten

Vektordaten können als Punkte, Linien und Polygone vorkommen, aber auch Netzwerke werden in Geographischen Informationssystemen erstellt und gespeichert. Sie werden mit Hilfe von x- und y-Werten definiert und bestimmen so die Form des darzustellenden Objekts. Vektordaten werden für die Darstellung von linienhaften Objekten wie Straßen, Flüssen oder zur Abgrenzung diskreter Objekte wie Waldflächen oder Grundstücken sowie zur Darstellung gleicher Werte im Kontinuum, wie zum Beispiel Isolinien, verwendet. Aber auch um punktförmige Objekte wie Höhenkoten oder im Fall dieser Arbeit zur Verortung technischer Einrichtungen wie Pegelmessstellen werden Vektordaten verwendet. Das Vektordatenmodell schließt auch die Verwendung von Topologien mit ein. Eine Topologie zeigt die Eigenschaften von Punkten, Linien und Polygonen abseits ihrer metrischen Werte auf. Es werden mit Hilfe der Topologie also z.B. Nachbarschaften oder Überschneidungen dargestellt. [nach Hake,Grünreich,Meng 2002]

- Rasterdaten

Rasterdaten treten zum Beispiel als Orthophotos oder Satellitenbilder auf, können aber auch in flächenhaften Karteninhalten verwendet werden. Dies können zum Beispiel Karten oder Layer zur Landnutzung oder auch zur Vegetation sein.

Rasterdaten können sowohl auf eingescannten und georeferenzierten Karten oder Bildern basieren als auch originär von den jeweiligen Aufnahmemedien wie Luftbildkamera oder Satellit übernommen werden. Rasterdaten werden in Geographi-

schen Informationssystemen zur Darstellung von Kartenhintergründen, aber auch um Digitale Höhenmodelle oder Verbreitungsanalysen darzustellen, benutzt.

Ein Rasterdatensatz speichert seine Informationen in einer zweidimensionalen Matrix, wobei jeder Zelle ein oder mehrere Werte zugewiesen werden können. Diese Werte können Materialien, Bodenbedeckung oder auch Höheninformationen beinhalten.

Weiters können Rasterdaten in Zellenraster und Punktraster unterschieden werden, wobei bei Zellenrastern die Werte für jede der Zellen im Raster gegeben sind, bei Punktrastern sind die Werte punktförmig für die Kreuzungspunkte der Linien, die das Raster aufspannen, gegeben. Zellenraster werden unter anderem für Karten zur Landnutzung genutzt, Punktraster zum Beispiel bei der Darstellung von Geländehöhen benutzt.[Fürst 2004]

In einem GIS können verschiedene Rasterformate eingelesen und verarbeitet werden. Das in ArcGIS häufig benutzte GRID ist zum Beispiel ein rasterbasiertes Format, aber auch TIFF oder das mit einer Georeferenzierung erweiterte GeoTIFF.

- TIN (Triangulated irregular networks) Datensätze
TINs sind Triangulationen von unregelmäßig verteilten Punkten, denen ein Höhenwert (z-Value) zugewiesen ist, und werden zur Geländedarstellung, aber auch zum Beispiel bei hydrologischen Anwendungen eines GIS, wie etwa Simulationen des Oberflächenabflusses, benutzt.
- Lokalisierte Daten (z.B. xy - Datensätze, Adressen, Namensgut)
Adressdaten spielen in GIS-Anwendungen eine zunehmend wichtige Rolle, insbesondere im wirtschaftlichen Umfeld. Adressdaten werden in Geodatenbanken mit Koordinaten versehen und abgespeichert.

In ArcGIS sind zahlreiche Möglichkeiten enthalten, um Daten in die verschiedenen Formate zu konvertieren. So können linienhafte Elemente und Polygone in einen neuen Layer, der dann im Rasterdatenformat vorliegt, umgewandelt werden. Dabei können Eigenschaften der Vektordaten an die Zellen des neu geschaffenen Rasterdatensatzes übergeben werden.

3.5.2 Metadaten

Schon mit der Entwicklung der ersten Datenbanken wurde der Begriff der Metadaten geprägt. Metadaten sind systeminterne Daten und können gemeinhin als „Daten über Daten“ definiert werden. Eine weitere Definition stammt von Tim Berners-Lee, dem Erfinder des Internet:

„Metadaten sind maschinenlesbare Informationen über elektronische Ressourcen oder andere Dinge.“

Tim Berners-Lee (<http://www.w3.org/> 1997)

Metadaten beinhalten Grundinformationen zu Bereichen wie Erstellung oder Wartung der beschriebenen Daten. In ihnen werden also beispielsweise Angaben zum Autor bzw. Ersteller der Daten, zum Zeitpunkt der Datenerstellung oder auch zur Qualität und Gültigkeit der Daten gemacht. Das System der Metadaten weicht im Grunde nicht ab von der bereits lange Zeit gepflegten Praxis, in Bibliotheken zu jedem vorhandenen Buch eine Karteikarte mit den dieses Werk betreffenden Informationen wie Autor, Entstehungsjahr, Auflage usw. anzulegen.

Die Nutzung von Metadaten ermöglicht es also dem Benutzer Daten zu sichten, zu vergleichen und den Hintergrund der Daten, ihre Entstehung und Qualität zu erfassen. Durch den Aufbau und die Verwendung immer umfangreicherer und komplexerer Datenbanken in GIS und spezifischer Fachinformationssysteme ist die Erstellung und Betreuung von Metadaten zu einem wichtigen Aufgabenbereich in der Geoinformation geworden. Metadaten sind also unverzichtbar geworden, um Daten auszutauschen oder in Datenkatalogen zu suchen. Nur mit Hilfe von Metadaten können die Verfügbarkeit und die Relevanz der vom Nutzer gesuchten Daten überprüft werden.

Standardisierung von Metadaten

Angesichts des Bedarfs einer größtmöglichen Interoperabilität von Suchsystemen für Metadaten ist eine Standardisierung von Metadaten natürlich von größter Bedeutung. Es existieren für den Aufbau von Metadateninformationen die zwei ISO-Richtlinien 19115 und 19119 der International Organization for Standardization (ISO). Die Richtlinie 19115 „*Geographic Information - Metadata*“ liegt seit 2003 vor und die Richtlinie 19119 „*Geographic Information - Services*“ seit 2005.

Die ISO-Norm 19115 etabliert ein gemeinsames Verständnis zu Metainformationen. Die Norm beinhaltet Angaben zu:

- eindeutige Identifikation
- Ausdehnung
- Qualität
- räumliches und zeitliches Schema
- Referenzsystem
- Nutzbarmachung

Insgesamt sind 409 Metadatenelemente definiert, die in der Regel aber nicht alle ausgefüllt werden. Ein Minimaldatensatz an verpflichtenden Metainformationen umfasst gut 20 Elemente. Metadatenelemente sind gruppiert in Metadatenentitäten, die dann weiter unterteilt sind in 14 Hauptmetadatenpakete.

Als Erweiterung der ISO 19115 kann die ISO 19119 betrachtet werden, die sich mit Internetservices Metadaten betreffend beschäftigt. Hierbei wird insbesondere auf das User Interface eingegangen. In der ISO 19119 wird auch auf das „*Open Systems Environment model*“, abgekürzt OSI, eingegangen, sowie auf die Umsetzung dieses Schichtenmodells, das als Designgrundlage von Kommunikationsplattformen und den damit einhergehenden Protokollen dienen soll, in Bezug auf das Interface von Anwendungen im Bereich der Geoinformation. Die ISO 19119 kann über das Open Geospatial Consortium (OGC) frei bezogen werden.

Das Open Geospatial Consortium (OGC), eine von führenden Firmen und Organisation im Bereich der Geoinformation getragene Institution zur Erstellung von Normen und Richtlinien im Zusammenhang mit Geoinformationssystemen, integrierte die ISO-Richtlinien 19115/19119 in ihrer Catalogue Services Specification in der Version 2.

3.5.3 Metadaten in ArcGIS

In ArcGIS können Metadaten in ArcCatalog erstellt, bearbeitet und betrachtet werden. Jedes Element in ArcCatalog, auch Unterordner und Dateien wie Tabellenkalkulations-

oder Textverarbeitungsdateien können mit Metadaten versehen werden. Metadaten werden, sobald zu einem Element in ArcCatalog erstellt, zusammen mit diesem kopiert, verschoben oder auch gelöscht.

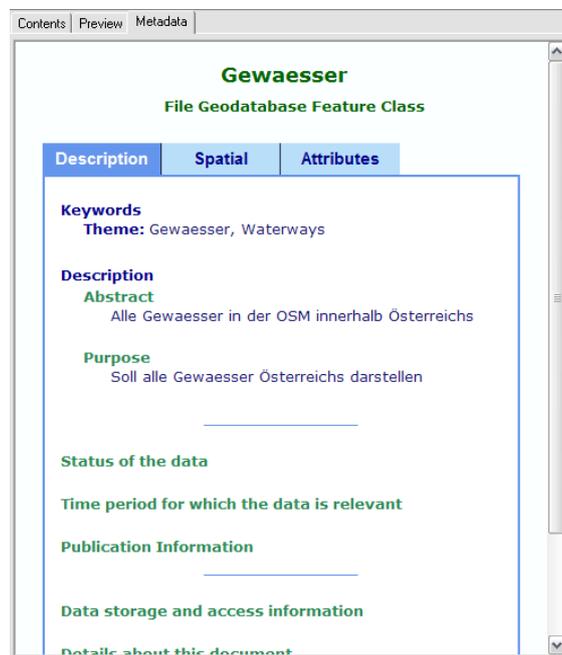


Abbildung 3.2: Metadaten im ArcCatalog

Um Metadaten in ArcCatalog zu erstellen oder zu bearbeiten, kann eine Schaltfläche „Metadata“ zugeschaltet werden, in der zunächst ein Dropdown-Menü vorhanden ist, um aus vordefinierten Ansichten, in denen die Metadaten dargestellt werden, auszuwählen. Weiters können Metadaten erschaffen, bearbeitet und erneuert werden. Auch die Möglichkeit des Importierens bzw. Exportierens von Metadaten besteht.

Metadaten werden in ArcCatalog in drei Teilen getrennt dargestellt:

- **Beschreibung**
Hierbei gibt es die Möglichkeit, die von den Metadaten beschriebenen Daten mit einem Schlüsselwort (*Keyword*) und einer Beschreibung (*Description*) zu versehen. Weiters können Angaben zum Status der Daten, der Zeitspanne, in der die Daten relevant sind, und allgemeine Informationen zu den Daten den Metadaten zugefügt werden.
- **Räumliche Angaben**
In einem Geoinformationssystem sind natürlich Angaben zur verwendeten Pro-

jektion und dem etwaigen Höhensystem von großer Wichtigkeit. ArcCatalog trägt diese Informationen automatisiert für jedes hinzugefügte Element in diesem Bereich (*Spatial*) mit ein.

- Attribute

Unter diesem Reiter, in ArcCatalog *Attributes* genannt, sind die in der dem beschriebenen Element zugehörigen Tabelle enthaltenen Attribute aufgelistet. Dies können beispielsweise ID, Namen, die Shape-Length und alle weiteren Attribute eines Elements sein.

3.6 Datenbankmanagement in ArcGIS

Da bei Geographischen Informationssystemen Geodatenbanken ein elementarer Bereich innerhalb des Systems sind, ist die Erstellung und die Wartung der Geodatenbanken ein Kernbereich eines jeden GIS. Erst seit relativ kurzer Zeit sind Geodatenbanken (*Geodatabase*) als für die Speicherung und Organisation von Geodaten spezialisierte Strukturen in Verwendung. So waren zuvor einzelne Shape-Files die bevorzugte Methode, Geodaten zu speichern. Geodatenbanken erwiesen sich aber als deutlich schneller und leistungsfähiger. Die Entwicklung in diesem Bereich ist jedoch noch nicht abgeschlossen, erst mit der Einführung von ArcGIS 9.2 stellte ESRI mit der *File Geodatabase* ein neues Datenbankformat vor.

3.6.1 Organisation geographischer Daten

Die Organisation der in einem GIS verwendeten Daten ist eine besonders wichtige Aufgabe, die beim Aufbau einer Geodatenbank auftritt. Da die Fülle an Datensätzen ansonsten kaum zu überschauen ist, ist die Organisation ebendieser ein zentraler Bereich.

Geodaten werden in einem GIS in einer Hierarchie von Datenobjekten eingeordnet. Es bestehen mehrere Möglichkeiten, die Daten in Gruppen einzuteilen. So können Geodaten nach Arbeitsgruppen, thematischen Bereichen, räumlicher Ausdehnung oder auch nach topologischen Kriterien gruppiert und organisiert werden. [ZEILER 1999]

Die Geodatenbank ist hierbei die oberste Stufe in der Hierarchie. In ihr werden Datensätze, *Feature Classes*, Objekte oder auch Tabellen abgelegt. Es können für ein Projekt

3 Datenbanken und Geodatenbanken

natürlich mehrere Geodatenbanken angelegt werden, natürlich auch unterschiedlicher Typen, wie etwa Personal Geodatabase und File Geodatabase. Diese können gemeinsam in einem Workspace existieren. Sinnvoll ist es oft verschiedene Geodatenbanken anzulegen, etwa für unterschiedliche Datentypen, etwa Vektor- bzw. Rasterdaten, oder auch für Datenkategorien, wie zum Beispiel für Verkehr, Landnutzung oder Gewässer. [ZEILER 1999]

Die in Abschnitt 3.5.1 dargestellten Datentypen Vektor, Raster und TIN werden in der Anwendung ArcCatalog in einer Geodatenbank als folgende Datensätze implementiert:

- Feature Dataset
- Raster Dataset
- TIN Dataset

Innerhalb dieser Datensätze befinden sich nun jeweils die einzelnen *Feature Classes*, *Rasterdaten* und *TINs*. Es können aber auch Daten aus anderen Ordnern in die jeweiligen Datensätze (*Datasets*) importiert werden.

3.6.2 Versionsverwaltung (*Versioning*)

Unter Versionsverwaltung versteht man eine Technik in der Datenverwaltung, die bei jeder Änderung eines Datenbestandes eine neue Version dieses Bestandes erzeugt.

In ArcGIS wird die Versionsverwaltung in ArcSDE (*Arc Spatial Database Engine*) eingesetzt. Diese stellt eine Verbindung zwischen Relationalen Datenbanken und einem Multiuser GIS-System her. Die Benutzten Datenbanksysteme können hierbei zum Beispiel von Oracle oder auch PostgreSQL sein. Aufgabe der Versionsverwaltung in ArcSDE ist es, mehreren Benutzern gleichzeitig das Editieren der einem GIS-System zugrunde liegenden Datenbanken zu erlauben, ohne dass andere Benutzer hiervon beeinträchtigt werden.

Dies bedeutet, dass jeder Nutzer sowohl die ursprüngliche Version der Geodaten als auch seine eigene Version aufrufen kann. Diese Eigenschaft ist für das Arbeiten mit Geodatenbanken innerhalb größerer Arbeitsgruppen natürlich von großer Bedeutung, setzt jedoch

ArcServer voraus, da die zugrunde liegende Datenbank die Versionsverwaltung unterstützen muss. Dies ist jedoch bei der Personal Geodatabase und der File Geodatabase nicht der Fall.

ArcSDE wurde bis zur Version ArcGIS 9.2 als eigenes Paket angeboten, ist aber seit der Version 9.3 Bestandteil von ArcGIS und ArcServer.

3.6.3 Personal Geodatabase

Die Dateierweiterung einer Personal Geodatabase ist *.mdb*. Eine Personal Geodatabase basiert auf einer Access-Datenbank, mit der sich die Personal Geodatabase ja auch die Dateierweiterung teilt. Bei dieser Geodatenbank kommt die Jet Engine von Microsoft zur Anwendung. Auf diese wurde bereits in Abschnitt 3.4.1 kurz eingegangen. In einer Personal Geodatabase werden die Daten in einer relationalen Datenbank abgelegt. Eine Personal Geodatabase kann auch mit Microsoft Access geöffnet werden. Hierbei muss jedoch darauf geachtet werden, dass sich Rasterdaten nicht in der geöffneten Access Datenbank befinden. Diese werden in einer Personal Geodatabase in einem separaten Ordner gespeichert.

3.6.4 File Geodatabase

Eine File Geodatabase hat die Dateierweiterung *.gdb*. Dieser neue Typ einer Geodatenbank wurde zusammen mit ArcGIS 9.2 vorgestellt. Wie in Abschnitt 3.6.5 dargestellt, bietet die File Geodatabase zahlreiche Vorteile gegenüber einer Personal Geodatabase. Die Daten werden in der File Geodatabase in einer lokalen Dateistruktur gespeichert. Sie unterstützt wie die Personal Geodatabase kein *Versioning* (siehe Abschnitt 3.6.2).

3.6.5 Unterschiede zwischen File Geodatabase und Personal Geodatabase

Zusammen mit der Einführung von ArcGIS 9.2 führte ESRI mit der sogenannten File Geodatabase eine neue Geodatenbank für Einzelarbeitsplätze und kleine Workgroups

3 Datenbanken und Geodatenbanken

ein. Eine File Geodatabase und ihre Dateistruktur kann betriebssystemübergreifend genutzt werden, so etwa auch unter Linux mit der ArcGIS Engine oder auch mit ArcGIS Server zum Beispiel auf einem Solaris-System von Sun, dessen Betriebssystem inzwischen ja auch als OpenSolaris frei zur Verfügung steht. Im Gegensatz zur bisher alleinig zur Verfügung stehenden Personal Geodatabase, die nur ein Maximum von zwei Gigabyte zur Verfügung stellt, bietet die File Geodatabase deutlich mehr Speicherplatz an. Dieser ist nur durch die Festplattengröße bestimmt, wobei jeder einzelne Datensatz bis zu einem Terabyte an Speicherplatz einnehmen kann, das Speicherlimit ist dabei auf bis zu 256 Terabyte für extrem große Rasterdatensätze erweiterbar. Die Personal Geodatabase hingegen kann nur Daten im Umfang von 2 Gigabyte speichern, wobei diese, wie in Abschnitt 3.6.3 dargelegt, in einer Access-Datenbank abgelegt werden. Hinzu kommt, dass eine Personal Geodatabase ab einer Größe von ca. 250 bis 500 Gigabyte deutliche Einbußen bei der Geschwindigkeit zeigt.

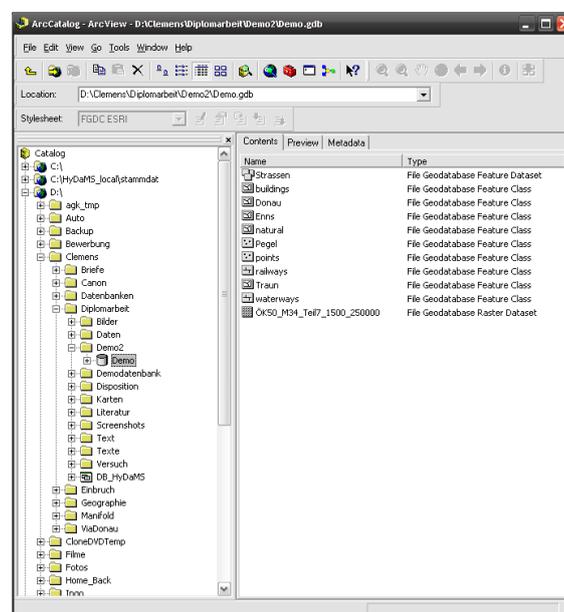


Abbildung 3.3: File Geodatabase in ArcCatalog

Bei einer File Geodatabase hingegen sind alle Datensätze als separate Datei vorhanden und können in Arc Catalog eingesehen, erstellt und editiert werden. Des Weiteren erweist sich diese neue Struktur der File Geodatabase als deutlich performanter als die ältere Access-Datenbank basierte Personal Geodatabase. Auch kann eine File Geodatabase komprimiert und als Datenbank mit Leserechten zur Verfügung gestellt werden.

Die Firma ESRI, Hersteller der Software-Familie um ArcGIS, empfiehlt für die Zukunft

die Verwendung der File Geodatabase, da diese schon alleine aufgrund ihrer stark verbesserten Fähigkeiten in Bezug auf die Speicherverwaltung und ihre höhere Geschwindigkeit wegen der Personal Geodatabase vorzuziehen ist.

In ArcCatalog gibt es keinen sichtbaren Unterschied zwischen Personal-Geodatabase und File-Geodatabase - die beiden Formate können auch einfach ineinander überführt werden. Unterschiede gibt es nur in der SQL Syntax, wie diese auch bereits bei Shapefiles und Personal-Geodatabases vorkommen. [ESRI 2009]

Der Inhalt einer File-Geodatabase kann zusätzlich komprimiert werden. Es entsteht dann eine read-only Variante dieser Geodatabase, die ersten Erfahrungen zufolge im Verhältnis 2:1 bis 5:1 (abhängig vom Inhalt) komprimiert ist. Eine Komprimierung kann wieder aufgehoben werden, wenn ein editierbarer Zustand der Daten benötigt wird. Im Rahmen der Komprimierung können weitere Zugriffsoptimierungen nach Attributen, räumlicher Nähe oder Objektklassen vorgenommen werden. Die Erweiterung ArcGIS Publisher unterstützt die File-Geodatabase als Zielformat. [ESRI 2009]

4 Anwendung eines Pegelkatasters bei der via donau

4.1 Allgemein

Wie in Kap. 2.5.1 beschrieben ist ein Pegelkataster ein System bzw. Kombination aus Karten und Attributinformationen für die praxisorientierte Verwaltung von Messstellen zur Erfassung hydrologischer Parameter. Im Zusammenspiel mit weiterführenden hydrologischen Kartenwerken und zusätzlichen Informationen (Lage von Einbauten, Kraftwerken, Wendepegeln...) ermöglicht ein digitaler Pegelkataster eine den jeweiligen Ansprüchen gerecht werdende Planung der Messnetzerweiterung bzw. -adaptierung.

Eine Messstelle zur kontinuierlichen Erfassung hydrologischer Parameter beherbergt eine Vielzahl relevanter Informationen. Diese beinhalten z.B.:

- geodätische Lage und Höhe, Arbeitsgebiet
- Messstellenummer, Messstellenbezeichnung, Bundesland, Flussgebiet, Eigentümer
- Datum der Messstellenerrichtung
- aufgezeichnete hydrologische Parameter
- installierte Messgeräte, Art der Datenfernübertragung, Art der Energieversorgung (Stromleitung, Solar, Akku)
- weiterführende Informationen

All diese Informationen sind unter dem Begriff der Stammdaten zusammengefasst, welche bei der via donau derzeit in der Software HyDaMS (Hydrographisches Datenmanagementsystem) abgelegt und verwaltet werden (siehe Abschnitt 5.1). Da die Möglichkeiten einer übersichtlichen Darstellung den vorhandenen Ansprüchen nicht genügen, wird eine Einbindung in ein GIS angestrebt.

4.2 Ziele und Anwendungen

Das zu erstellende Pegelkataster soll eine Reihe von Funktionen erfüllen. Hierzu muss es natürlich einige Merkmale aufweisen, die nötig sind, um die angestrebten Ziele zu erreichen. Solche Merkmale sind:

- Übersichtliche Darstellung der Messstellen
- Symbolerstellung (Messstellenarten)
- Datenbank mit allen relevanten Attributdaten
- Erweiterungsmöglichkeiten der Datenbank

Später soll der Pegelkataster als Hilfe für vielfältige Aufgaben, die das Team Hydrologie der via donau betreut, dienen. Hierbei ist natürlich die Einbindung des Katasters in ein GIS-Umfeld von großem Vorteil, da die Fähigkeiten und Analysefunktionen von ArcGIS direkt auf die Geodaten, die sich im Pegelkaster befinden, angewendet werden können. Solche Aufgaben sind beispielsweise:

- Messstellenplanung
- Messnetzerweiterung
- Messstellenverwaltung
- Erstellung von Karten
- Erleichterung von Abfragen über Messstellenattribute

5 Datenaufbereitung

Die Software HyDaMS wird für die Pflege und Verwaltung von Zeitreihendaten, wie etwa Ganglinien des Wasserstandes verwendet. Zusätzlich verfügt HyDaMS über mehrere programminterne Softwaremodule, um hydrologische Auswertungen durchführen zu können, aber auch um etwaige auftretende Fehler oder Lücken in den Daten aufzufinden und zu korrigieren. Des Weiteren bietet die Software dem Anwender die Möglichkeit auch externe Module selbst zu entwickeln und einzubinden. So hat das Hydrographische Zentralbüro für HyDaMS eine Reihe von eigenen Modulen entwickelt und integriert.

Das hydrographische Datenmanagementsystem Österreichs ist dezentral aufgebaut. Jeder hydrographische Dienst der einzelnen Bundesländer betreibt eine eigen Datenbank, wobei der Datenaustausch mit dem Hydrographischen Zentralbüro (HZB) über Datenaustauschformate erfolgt.

Zusammenfassend lassen sich die wichtigsten Funktionen von HyDaMS wie folgt darstellen:

- **Zentrale Benutzeroberfläche**
Über diese GUI (*Graphical User Interface*) werden alle Funktionen und internen Module von HyDaMS angesteuert.
- **Systemwerkzeuge und Module (intern und extern)**
Möglichkeit der Entwicklung und Einbindung externer Module, wie z.B. Module für die Bearbeitung hydrologischer Fachbereiche.
- **Stammdatenverwaltung**
Über diese Funktionen können sowohl Stammdaten zu Messstellen in der Datenbank neu angelegt werden, als auch bereits bestehende Datensätze bearbeitet bzw. abgefragt werden. Diese Datenbank besteht aus einer Vielzahl von dBase Dateien (Dateiendung *.dbf*), welche über Schlüssel eindeutig miteinander in Beziehung stehen. Jeder angewählte Befehl im Stammdatenmenü selektiert bestimmte Informationen aus den einzelnen dBase-Dateien.
- **Zeitreihen**
Jeder Messstelle sind in Abhängigkeit der dort aufgezeichneten Parameter Zeitreihen zugeordnet, welche dem zeitlichen Verlauf von Messwerten entsprechen. Diese Zeitreihen können in HyDaMS visualisiert und bearbeitet werden, sowie für hydrologische Auswertungen herangezogen werden.

- Datenaustausch

Mit Hilfe dieses internen Moduls ist der problemlose Austausch sowie Import bzw. Export von Daten in verschiedenen Formaten möglich (z.B. im *ZRXP-Format*).

5.1.1 Hydrographischer Dienst

Der Hydrographische Dienst der Republik Österreich besteht aus dem Hydrographischen Zentralbüro (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW, Abteilung VII/3 - Wasserhaushalt), den Hydrographischen Landesdiensten der Bundesländer und der via donau. Unter anderem gründen sich die Aufgaben des Hydrographischen Dienstes im Wasserrechtsgesetz 1959 §59c und in der Wasserkreislaufferhebungsverordnung WKEV.

Diese sind:

- Erhebung des Wasserkreislaufes - Beobachtungen und Messungen der Elemente: Niederschlag, Verdunstung, Temperatur von Luft und Wasser, Wasserstand, Abfluss, Feststoffe, Eis, unterirdisches Wasser einschließlich Quellen
- Koordination des Messnetzausbaues
- Datenaufbereitung und Auswertung sowie Veröffentlichungen
- Hydrographische Überprüfung von wasserbaulichen und wasserwirtschaftlichen Projekten
- Wasserstandsmelddienst
- Hochwasservorhersage und Hochwassernachrichtendienst
- Vertretung der Hydrographie in in- und ausländischen Gremien

Weiters gibt der Hydrographische Dienst das jährlich erscheinende Hydrographische Jahrbuch heraus, in dem Informationen zu Wasserhaushalt und Wasserbilanz sowie zu anderen hydrologischen Ereignissen veröffentlicht werden.

5.1.2 Das Datenformat DBF

DBF wird in HyDaMS als Format für die einzelnen abgespeicherten Tabellen genutzt. *DBF* ist ursprünglich das Datenformat von *dBase*, der ersten weit verbreiteten Anwendung zur Datenbankhaltung und zum Datenbankmanagement. *dBase* wurde ursprünglich von der Firma Ashton-Tate für das Betriebssystem CP/M auf den Markt gebracht.

In HyDaMS werden *DBF*-Tabellen genutzt, um die Daten zu speichern. Die Software selbst verknüpft dann die einzelnen Datensätze aus den *DBF*-Files über eindeutige Nummern zur Identifikation. Diese nennt man *ID*. Sie dienen dazu, in jeder Tabelle der Gesamtdatenbank eine bestimmte Pegelmessstelle zu identifizieren und dieser Messstelle zugeordneten Daten auslesen zu können. Über die *ID* können Daten, die in verschiedenen Tabellen gespeichert sind, miteinander verknüpft und einem Datensatz zugewiesen werden.

6 Datenintegration in ArcGIS

6.1 Integration eines Digitalen Höhenmodells

Ein Digitales Höhenmodell ist ein auf einem Raster basiertes Abbild der Erdoberfläche. Das Raster hat hierbei eine vom Erzeuger des Höhenmodells bestimmte Auflösung. Diese kann zum Beispiel 1 Kilometer betragen, aber auch 100 Meter oder 15 Meter. Die Qualität des Digitalen Höhenmodells (DHM) hängt von eben dieser Auflösung ab. Jedes der Felder in diesem Raster, deren Größe eben von der Auflösung bestimmt wird, ist mit einem Höhenwert über Null, also dem Meeresniveau, versehen. Ursprünglich kann ein DHM ein ASCII-File sein, also eine Matrix aus Höhenwerten mit einer definierten Anzahl Spalten und Reihen. Das DHM kann nun in verschiedenen Formaten ausgegeben werden. Hierbei ist die Anzahl der darstellbaren Graustufen bzw. Farben wichtig, da diese die darstellbaren Höhenstufen und somit auch die Qualität des DHM beeinflusst.

6.1.1 Höhenmodell auf Basis von SRTM-Daten

Die Integration eines Digitalen Höhenmodells in den Pegelkataster scheint eine interessante Möglichkeit zu sein, die Lesbarkeit der erstellten Karten zu verbessern, da durch die mit Hilfe eines DHM erstellte Schummerung die Topographie eines Geländes deutlich dargestellt werden kann.

Ein Problem bei der Erstellung eines DHM ist jedoch die Beschaffung von Daten. Da es insbesondere in Europa hierbei beträchtliche Hürden gibt, ist ein digitales Höhenmodell in einer höheren Auflösung bisher in Europa nur mit großem finanziellen Aufwand möglich gewesen. Die Vereinigten Staaten bieten für ihr eigenes Staatsgebiet Daten in hoher Auflösung an, für andere Gebiete jedoch aufgrund gesetzlicher Bestimmungen nur in geringen Auflösungen.

Bisher waren Daten, die auf der SRTM-Mission der NASA basieren, das Beste, was für Europa frei zur Verfügung stand. SRTM steht hierbei für *Shuttle Radar Topography Mission*. Diese Daten haben eine Auflösung von 90 Metern.

Um die Möglichkeit der Integration in der Pegelkataster zu testen, wurde ein Datensatz von der Internetpräsenz der NASA heruntergeladen. Hierbei sollte auch die Auflösung überprüft werden, beziehungsweise ob die Darstellung den ästhetischen Ansprüchen genügt. Leider erwiesen sich die SRTM-Daten als zu schlecht auflösend, insbesondere da im Zusammenspiel mit anderen Kartenwerken, wie etwa der Landnutzung aus dem Hydrologischen Atlas (siehe 6.2.3), die Größe der einzelnen Rasterzellen zu groß waren, um eine Schummerung einsetzen zu können.

Zufällig veröffentlichte die Japanische Weltraumbehörde gemeinsam mit der NASA zu einem im Bereich dieser Arbeit gelegenen Zeitpunkt die Daten der ASTER-Mission. Auf diese wird im folgenden Kapitel 6.1.2 eingegangen.

6.1.2 Höhenmodell auf Basis von ASTER-Daten

Da das Höhenmodell, welches mit Hilfe der SRTM-Daten erstellt wurde, eine zu große Rasterung aufweist, ist die Notwendigkeit gegeben, ein anderes Höhenmodell einzubauen. Da kommerziell verfügbare Höhenmodelle wie zum Beispiel das des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV) aus Kostengründen ausfallen, muss nach alternativen Möglichkeiten gesucht werden.

Anfang Juli 2009 stellte die NASA gemeinsam mit dem japanischen Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie ein neues Höhenmodell zur Verfügung. Dieses Höhenmodell ist ein Produkt der Terra-Mission, die gemeinsam von der USA und Japan durchgeführt wird. ASTER ist ein Instrument, das im Rahmen der Terra-Mission zum Einsatz gebracht wird. Es ist eine Koproduktion der NASA mit dem japanischen *Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC)*. ASTER steht hierbei für *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*. Es ist eines von fünf Instrumenten, die der Terra-Satellit mit sich führt. ASTER sammelt Daten der Erdoberfläche seit Anfang Februar 2009. Hierzu werden hochauflösende Aufnahmen der Erdoberfläche in 15 Bändern des elektromagnetischen Spektrums gemacht. Diese reichen von sichtbarem Licht bis zu Infrarotaufnahmen und werden zur Erstellung detailreicher Karten der Erdoberfläche genutzt.

Weiters können die Daten zur Erstellung eines Digitalen Höhenmodells (DHM) genutzt werden. Dieses wurde auf zwei Seiten im World Wide Web zur allgemeinen kostenlosen Verfügung gestellt. Das aus ASTER-Daten generierte DHM ist das zum jetzigen Zeitpunkt am besten auflösende frei verfügbare Höhenmodell, das für einen Großteil der Erdoberfläche zur Verfügung steht. Es bietet Auflösungen von 15 - 90 Metern, abhängig von der geographischen Breite des Gebietes, das abgebildet wird. Durchschnittlich liegt die Auflösung bei 30 Meter. Hierbei sind Bereiche in Polnähe grober aufgelöst.

Dieses Digitale Höhenmodell deckt einen Bereich von 83° nördlicher Breite bis 83° südlicher Breite ab und übertrifft somit das bisherige Modell aus SRTM-Daten deutlich. Dieses deckte nur Gebiete von 60° nördlicher Breite bis zu 56° südlicher Breite ab.

In Abbildung 6.1 ist das aus einzelnen Tiles zusammengesetzte und eingefärbte Höhenmodell für Österreich dargestellt.

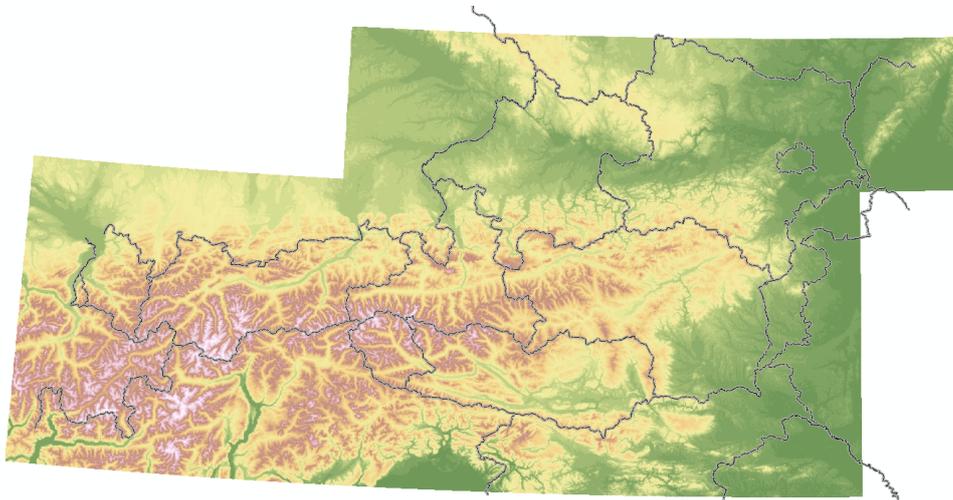


Abbildung 6.1: ASTER Höhenmodell für Österreich

Erstellung des Höhenmodells für Österreich

Um ein hochauflösendes Höhenmodell für Österreich zu modellieren, wurden die Daten von der Internetpräsenz des ASTER-Projekts, die von der japanischen Regierung zur Verfügung gestellt wird, heruntergeladen. Die URL hierzu ist <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/index.jsp>. Die Daten stehen weltweit als einzelne Kacheln (*Tiles*) zur Verfügung. Das Gebiet Österreichs wird hierbei von 22 Kacheln abgedeckt. Diese stehen im Bildformat TIF, einem verlustfreien Rasterformat, zur Verfügung. Die Höhendaten werden als Graustufenbild

dargestellt, wobei die Darstellung mit 8 Bit, also 256 Stufen, erfolgt. Es stehen jedoch die Originalfarbinformationen in 16 Bit, also 65536 Stufen, zur Verfügung.

Das Ziel der weiteren Arbeitsschritte ist nun, diese Tiles zu einem Raster zusammenzusetzen und in derselben Projektion, die auch schon bei der Darstellung der ÖK50 verwendet wurde, darzustellen. Die Projektion ist mit MGI-Austria-GK-East für den Teil des Gebietes der Donau östlich von Ybbs vorgegeben.

Um die Tiles zusammenzusetzen, muss ArcCatalog benutzt werden. Als erster Schritt wird in der bereits angelegten File Geodatabase *Raster.gdb* ein Rasterfile neu angelegt. Dieses wurde in diesem Fall ASTER-DEM benannt und mit der Projektion MGI-Austria-GK-East versehen. Wichtig hierbei ist, dass das erstellte Rasterfile ebenfalls über 16-Bit Farbauflösung verfügt wie die einzulesenden Kacheln des Höhenmodells. Nun können mit der Importfunktion, die von ArcCatalog zur Verfügung gestellt wird, unter Benutzung der Methode *Raster Datasets (Mosaic)* die einzelnen Tiles zu einem gemeinsamen Raster zusammengesetzt werden. Es entsteht ein Rasterdatensatz im GRID-Format, welches ein natives von ESRI zur Verfügung gestelltes Format für Rasterdaten darstellt. Dieser Rasterdatensatz kann nun in ArcMap visualisiert und anschließend eingefärbt werden (Abbildung 6.1).

Als weiterer Schritt wurde eine Schummerung erstellt, um einen plastischen Eindruck des Geländes zu erhalten. Hierzu wurde die Funktion *Hillshade* aus der Erweiterung *3D Analyst* für ArcGIS benutzt. es entsteht ein Graubild des Geländes, das aus Nordwesten beleuchtet wird. Dies ist die in der Kartographie übliche Beleuchtungsrichtung, da eine „korrekte“ Beleuchtung von Süden her zu einer Reliefumkehr und dadurch schlechten Lesbarkeit der Karte führen würde. Anschließend wurde die Schummerung halbtransparent dargestellt und kann nun über das eingefärbte Höhenmodell gelegt werden. Abbildung 6.2 zeigt das Ergebnis der Implementierung des ASTER-Höhenmodells für Österreich.

6.1 Integration eines Digitalen Höhenmodells

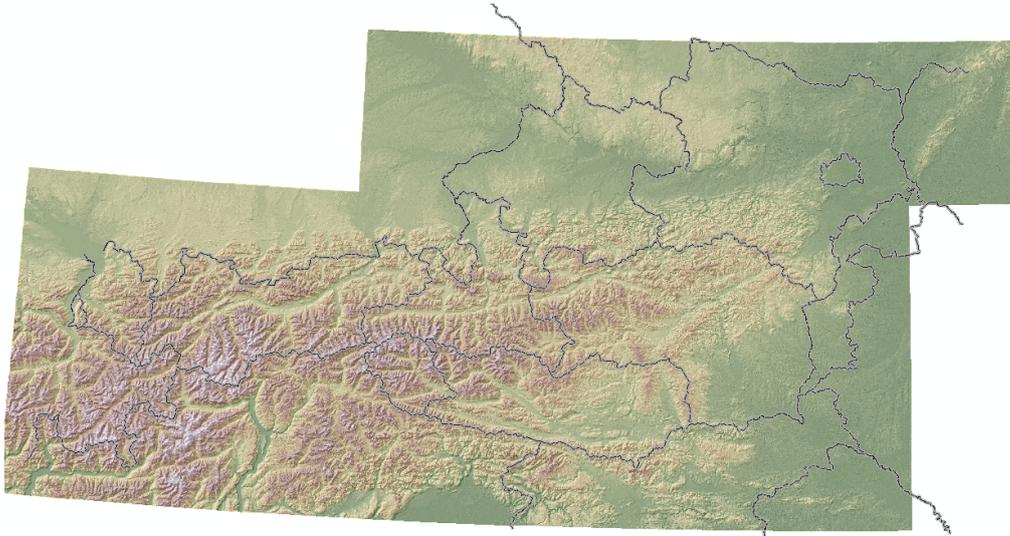


Abbildung 6.2: ASTER Höhenmodell mit Schummerung

Nachdem das Höhenmodell nun fertig war, konnte es mit den restlichen Daten, die zur Verfügung stehen, kombiniert werden. Kombiniert man zum Beispiel das Höhenmodell mit dem Gewässerlayer, ist die Genauigkeit der Geländedaten, die von ASTER zur Verfügung gestellt werden, ersichtlich. Diese Kombination ist in Abbildung 6.3 für den Bereich der Wachau dargestellt.

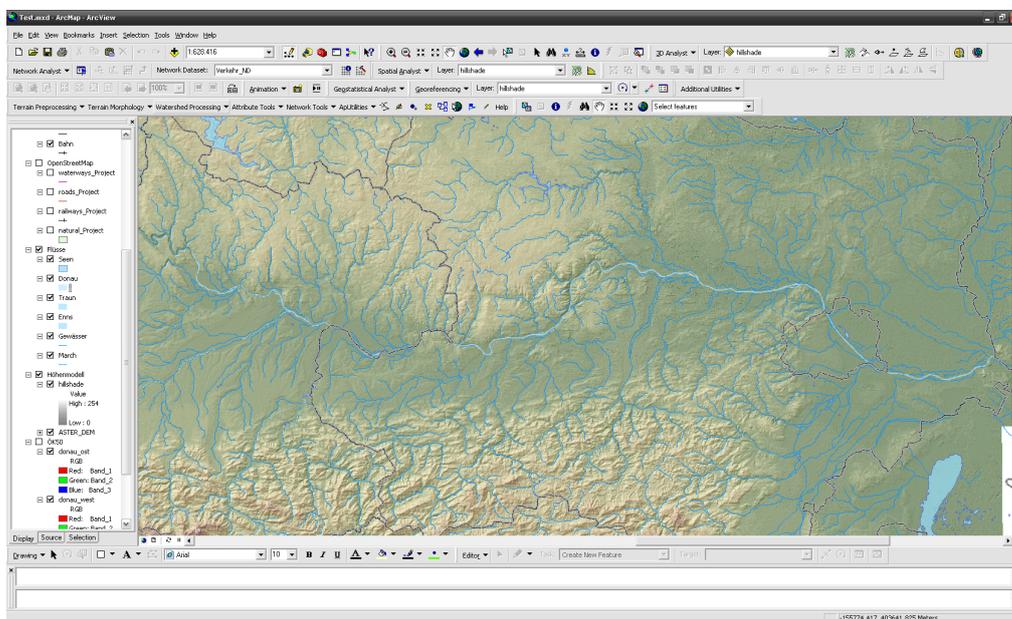


Abbildung 6.3: Höhenmodell mit Flußlayer kombiniert

6 Datenintegration in ArcGIS

Natürlich ist die Benutzung der Schummerung auch mit allen anderen Layern möglich. Sie vermittelt hierbei eine Plastizität der Ansicht, die ohne sie nicht möglich ist, und verbessert so die Lesbarkeit der generierten Karten.

6.2 Einbindung von Kartenwerken

6.2.1 Österreichische Karte 1:50.000

Die Österreichische Karte 1:50.000 (ÖK 50) ist die Grundkarte, auf der andere Kartenwerke des Österreichische Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, wie etwa die ÖK 25, die eine Vergrößerung der ÖK 50 ist, basieren. Sie soll für die Bereiche des Verlaufs der Donau in Oberösterreich und Niederösterreich sowie für den Verlauf der March in Niederösterreich in der Pegelkataster integriert werden.

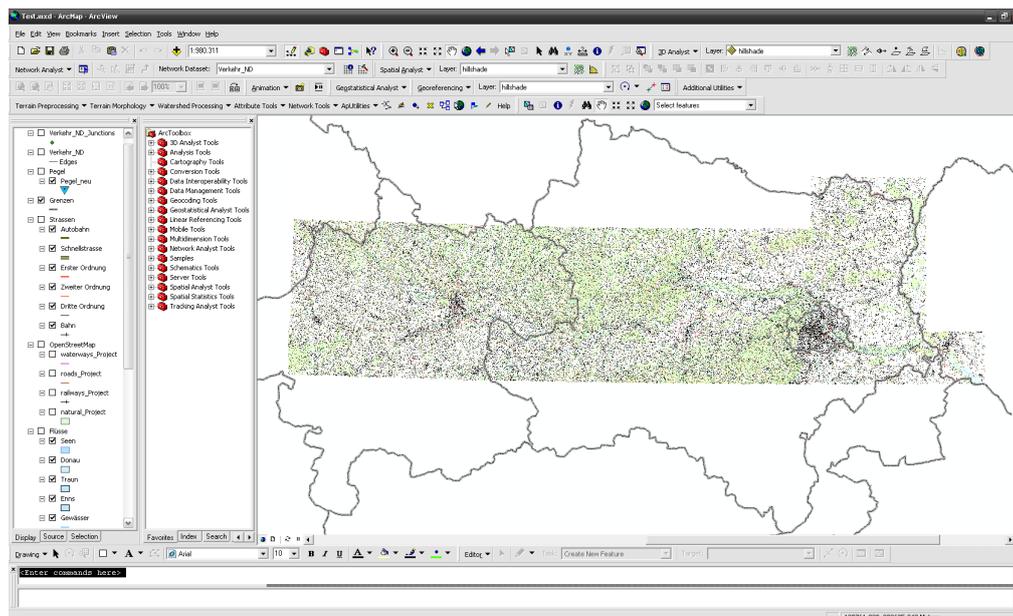


Abbildung 6.4: Österreichische Karte 1:50.000

Als Ausgangsmaterial wurde von der Via Donau das Kartenmaterial auf acht Kacheln (*Tiles*) aufgeteilt zur Verfügung gestellt. Da alle acht Kacheln einzeln ein- und auszublen- den zu unübersichtlich erschien, wurden in ArcCatalog drei Rasterfiles angelegt und Donau-West, Donau-Ost und Donau-Nord-March benannt. Die Rasterfiles Donau-West

und Donau-Ost grenzen hierbei im Bereich der Landesgrenze von Ober- und Niederösterreich aneinander. In diese Rasterfiles, die bereits mit der richtigen Projektion versehen sind, wurden nun die entsprechenden Kacheln importiert. Hierbei wurde die Importfunktion für multiple Raster *Mosaic* genutzt, um die Kacheln auf diese Weise gleich während des Imports in die Rasterfiles zusammenzusetzen. Das Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist in Abbildung 6.4 zu sehen.

Raster Pyramiden

Soll ein Raster häufig vergrößert bzw. verkleinert werden, bietet sich die Methode der Raster Pyramiden (*raster pyramids*) an. Hierbei werden von einem Raster verschiedene Auflösungsstufen berechnet. Das bedeutet, das Rasterbild wird je nach Stufe der Vergrößerung unterschiedlich stark generalisiert. Mit jeder weiteren Stufe der Vergrößerung wird die Größe eines Pixels verdoppelt, was zu vier mal weniger Pixeln führt, die dargestellt werden müssen. Dieses Prinzip wird in Abbildung 6.5 graphisch verdeutlicht. Mit der Methode der Raster Pyramiden soll ein schnelleres Hinein- und Herauszoomen in das Raster ermöglicht werden, da je nach Stufe der Vergrößerung unterschiedlich stark generalisierte Abbildungen des Rasters gezeigt werden. Somit wird die Anwendung performanter in der Handhabung. Nachteil dieses Verfahrens ist allerdings der starke Verlust an Detailreichtum. Da insbesondere die ÖK50 aber ohne Raster Pyramiden auf einen Wechsel der Vergrößerungsstufe sehr träge reagiert und die Details erst bei größerer Vergrößerung zum Tragen kommen, wurde diese Methode auf die ÖK50 angewandt.

6 Datenintegration in ArcGIS

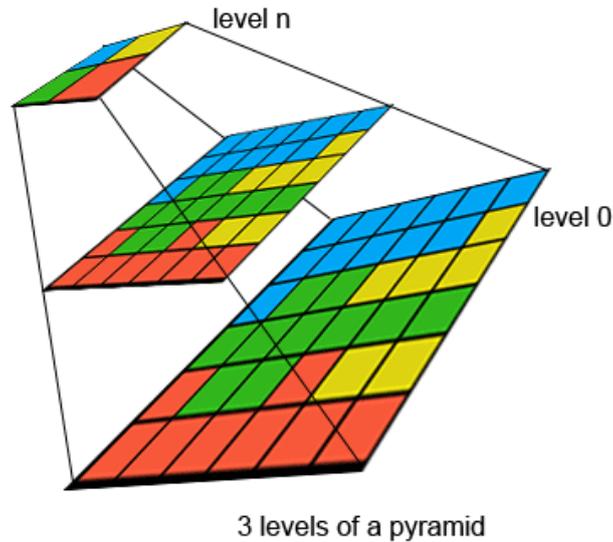


Abbildung 6.5: Raster Pyramiden (ESRI, 2009)

Wie wirkt sich dieses Verfahren nun auf die Darstellung aus? In Abbildung 6.4 ist zum Beispiel der für die Anwendung verwendete Ausschnitt der ÖK50 in einer Gesamtansicht dargestellt. Deutlich ist hier die starke Generalisierung zu erkennen. Anders ist es in Abbildung 6.6, die einen vergrößerten Bereich der ÖK50 für den Raum Linz zeigt. Hier wird das Raster in seiner maximalen Auflösung wiedergegeben.

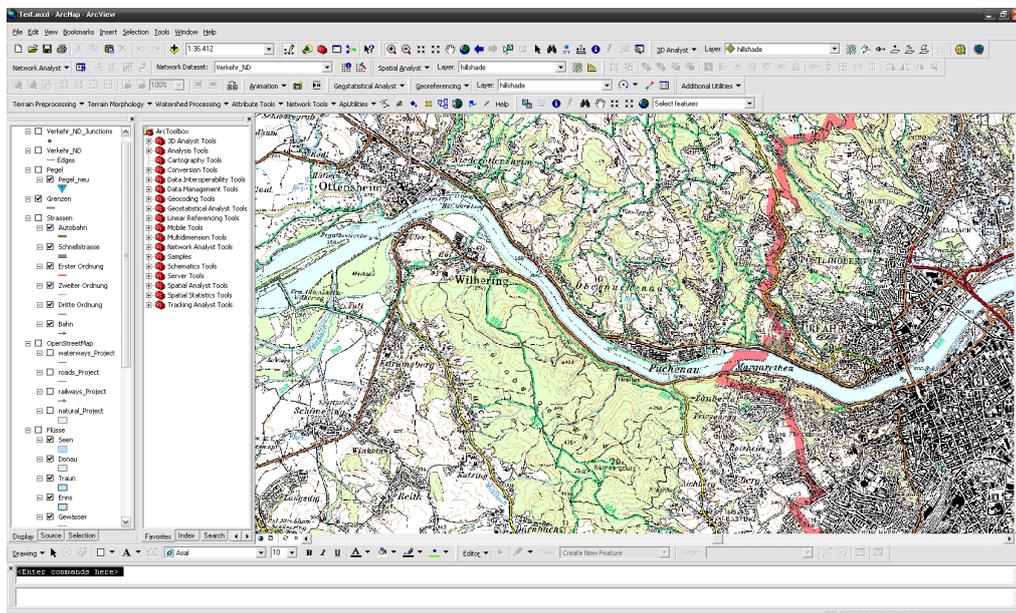


Abbildung 6.6: Ausschnitt Linz und Donautal in der ÖK 50

6.2.2 Open Street Map

Ein weiteres Ziel, welches bei der Intergration von Daten in die Applikation hinzukam, war es, die räumliche Orientierung innerhalb der Anwendung zu erleichtern, insbesondere wenn keine Rasterdaten angezeigt werden. Hierzu bieten sich die frei verfügbaren Daten der *Open Street Map* an. Bevor jedoch die Integration dieser Daten beschrieben wird, soll in einem kurzen Abschnitt über dieses Projekt, seine Entstehung und seinen Nutzen berichtet werden.

Die Open Street Map, in weiterer Folge abgekürzt OSM benannt, ist ein gemeinschaftliches Projekt, welches sich zum Ziel gesetzt hat, für jedermann frei benutzbare Geodaten zu sammeln und über das Internet zu publizieren. Im Internet ist das Projekt unter der Adresse <http://www.openstreetmap.org/> abzurufen. Die OSM wurde im Juli 2004 in London von Steve Coast ins Leben gerufen und ist seitdem eines der sich am schnellsten entwickelnden sogenannten Wiki-Projekte im Internet. „Wiki“ ist das hawaiianische Wort für „schnell“ und bezeichnet im Zusammenhang mit Wiki-Projekten eine vom Nutzer nutzbare als auch editierbare Oberfläche im Internet. Diese Eigenschaft wird durch ein vereinfachtes Content Management System, einer sogenannten *Wiki-Engine* zur Verfügung gestellt. Neben dem bekanntesten Wiki-Projekt, der freien Enzyklopädie *Wikipedia*, haben sich zahlreiche andere „Wikis“ etabliert.

Die OSM hat es sich zur Aufgabe gemacht, gemeinschaftlich eine Karte der Erdoberfläche zu erstellen und diese Daten allen Nutzern zur Verfügung zu stellen. Hierzu wurde 2006 die Non-Profit-Organisation *OpenStreetMap-Foundation* gegründet, die über die Entscheidungsfindung und die Verwaltung von Spenden wacht.

Die Erstellung der Daten erfolgt auf freiwilliger Basis von registrierten Nutzern, die mit Hilfe von GPS Geräten die Daten aufnehmen, bearbeiten und in die Datenbank der OSM einspeisen. Durch die Integration der TIGER-Daten (*Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing*), die von der US-Regierung frei zur Verfügung stehen und einen Großteil der Straßen, Gebäude, Flüsse und Seen innerhalb der USA abdecken, ist die Abdeckung der Daten naturgemäß für die USA am besten. Aber auch der Bereich Mittel- und Nordeuropa ist aufgrund reger Beteiligung inzwischen gut erfasst.

Integration der OSM-Daten

Da die Daten der OSM zwar frei zu verwenden sind, aber in einem von ArcGIS nicht lesbaren Format, *.osm*, wurden die Daten als Shapefile von der Seite <http://www.geofabrik.de> heruntergeladen. Hier stehen die OSM-Daten vieler verschiedener Länder, aber auch ganzer Kontinente bereits als Shapefile generiert zur Verfügung. Da jedoch die Straßendaten nicht in die einzelnen Typen von Straßen, wie z.B. Autobahnen oder Straßen erster Ordnung aufgespalten sind, sondern in einem gemeinsamen Layer dargestellt werden, müssen die verschiedenen Straßentypen extrahiert und separat in der File Geodatabase *Vektor.gdb* als Shapefile abgespeichert werden. Dies ist in ArcMap mit Hilfe des Tools *Select by Attributes* möglich. Da jede Straße in der OSM mit Attributen zu ihrer Ordnung innerhalb des Straßennetzes versehen ist, können somit Straßen gleicher Ordnung selektiert werden und als neues Shapefile in die *Vektor.gdb* exportiert werden. Mit dieser Methode wurden Autobahnen, Schnellstraßen, Straßen erster, zweiter und dritter Ordnung sowie Bahnlinien extrahiert und neu in der Pegelkataster eingelesen. Diese Shapefiles sind nun als Layer innerhalb eines Gruppenlayers „Verkehr“ ein- und ausblendbar.

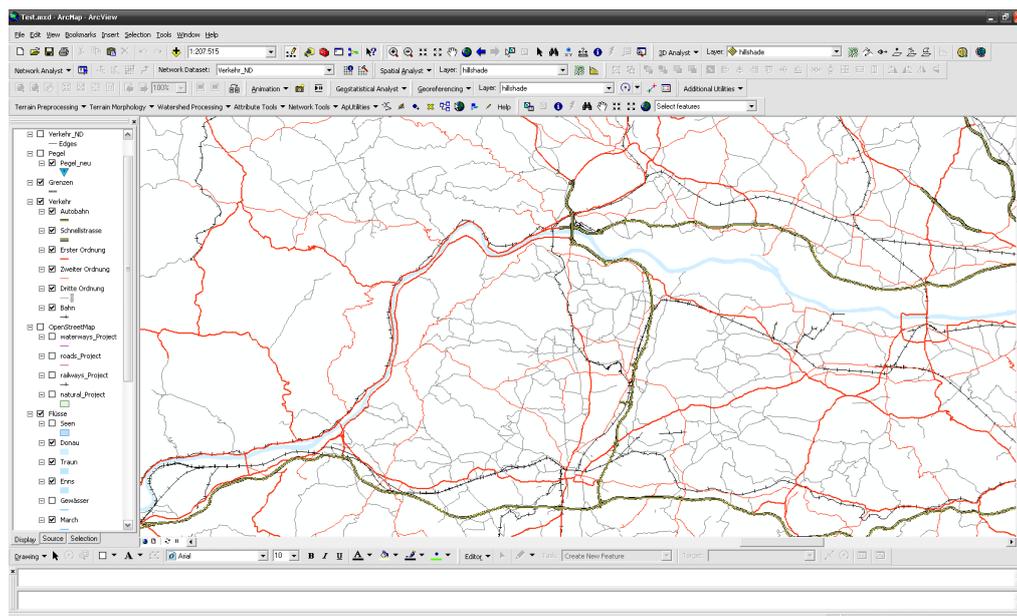


Abbildung 6.7: Open Street Map

Ebenso wurden die in der OSM vorhandenen Polygondaten im Shapefile „natural“ überprüft, die Polygone zu den Flüssen Donau, March, Enns und Traun extrahiert und in der File Geodatabase *Vektor.gdb* gespeichert.

Die eingeblendeten Layer zusammen mit dem ebenfalls aus der OSM extrahierten Polygon der Donau sind für den Raum Krems in der Abbildung 6.7 dargestellt.

6.2.3 Hydrologischer Atlas

Der Hydrologische Atlas Österreichs (HAÖ) stellt ein umfangreiches thematisches Kartenwerk zu Aspekten der Hydrologie dar. Der HAÖ wurde vom Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau (IWHW) der Universität für Bodenkultur erarbeitet. Auch an der Abteilung für Kartographie und Geoinformation des Instituts für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien wurden Karten für den HAÖ erstellt. So wurden Vogelschaubilder und eine Topologische Übersichtskarte im Maßstab 1:1 Mio. erstellt, die speziell auf den hydrologischen Anwendungsbereich des Atlas konzipiert wurde. Er ist sowohl in gedruckter als auch in digitaler Form erhältlich. Im Rahmen der digitalen Ausgabe des Atlas, abgekürzt digHAÖ bezeichnet, werden auch eine Reihe von Daten als Shapefiles mitgeliefert, die vom Nutzer frei in Geographischen Informationssystemen integriert und bearbeitet werden können.

Ein für das in dieser Arbeit zu erarbeitende Pegelkataster wichtiger Datensatz aus dem Hydrologischen Atlas ist das Gewässernetz. Daher wurde dieses auch als erstes in die Applikation integriert.

Gewässernetz

Der Digitale Hydrologische Atlas stellt ein umfangreiches mit Namensattributen versehenes Shapefile des Gewässernetzes über die Grenzen Österreichs hinaus zur Verfügung. Dieses Shapefile wurde umprojiziert und als neuer Layer der Anwendung zugefügt. In Abbildung 6.8 ist das Gewässernetz aus dem HAÖ für die Bundesländer Oberösterreich und Niederösterreich in ArcMap dargestellt. Besonders im Zusammenspiel mit dem Höhenmodell und der Schummerung entsteht auf diese Weise ein guter Überblick über die Topologie des betrachteten Gebietes (Abbildung 6.3).

Zusätzlich ergibt sich aus dem Aufbau des Gewässernetzes die Möglichkeit ein Netzwerk zu erstellen, da die Gewässer in einzelne Segmente zwischen Knotenpunkten unterteilt sind. Hier ergibt sich eine Vielzahl an zukünftigen Möglichkeiten, insbesondere bei Verwendung der freien Erweiterung ArcHydro, welche in Abschnitt 2.7.1 näher behandelt

6 Datenintegration in ArcGIS

wird. ArcHydro stellt für Netzwerkanalysen eigene hydrologische Klassen zur Verfügung. Dies bietet zusätzlich Möglichkeiten zu Netzwerkanalysen des Gewässernetzes.

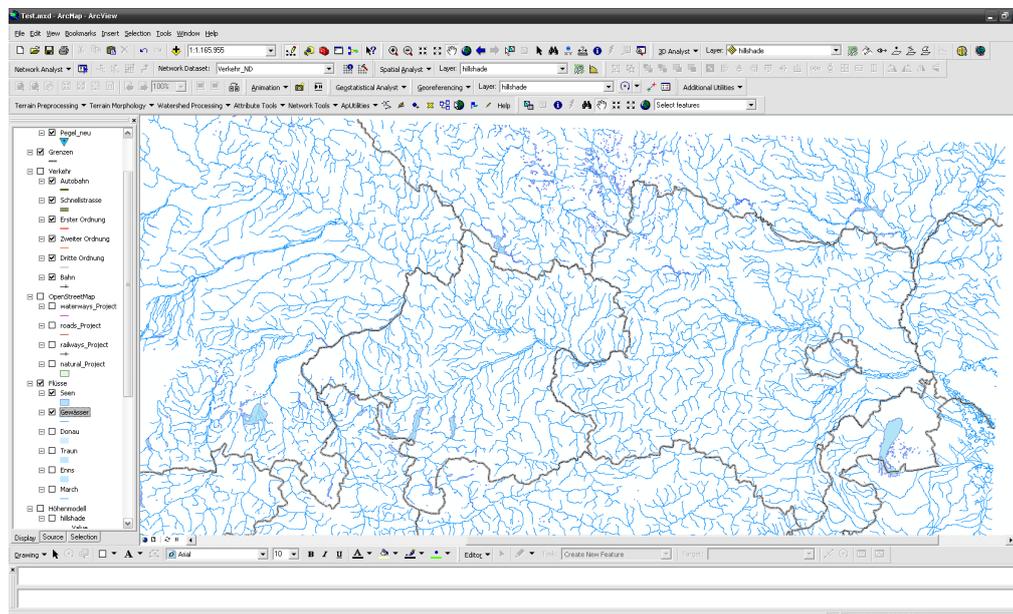


Abbildung 6.8: Gewässernetz

Bodenbedeckung

Die Bodenbedeckung spielt insbesondere bei der Beurteilung von Hochwasserereignissen in der Hydrologie eine große Rolle. Da die von der jeweiligen Bodenbedeckung abhängige Rauigkeit des Geländes dem Wasser unterschiedlichen Widerstand entgegenstellen kann, kann mit Hilfe einer Bodenbedeckungskarte eine erste Einschätzung des Gefährdungspotentials eines Hochwassers erfolgen. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit auch das Shapefile zur Bodenbedeckung aus dem digHAÖ übernommen.

In Abbildung 6.9 ist der Bereich Wachau um Krems zu sehen mit dem Layer der Bodenbedeckung, den wichtigsten Straßen und den Pegelmessstellen. Der Layer zur Bodenbedeckung wurde in ArcMap nach seinen Attributen neu eingefärbt, wobei auf gängige kartographische Konzeptionen und die einfache Lesbarkeit Rücksicht genommen wurde.

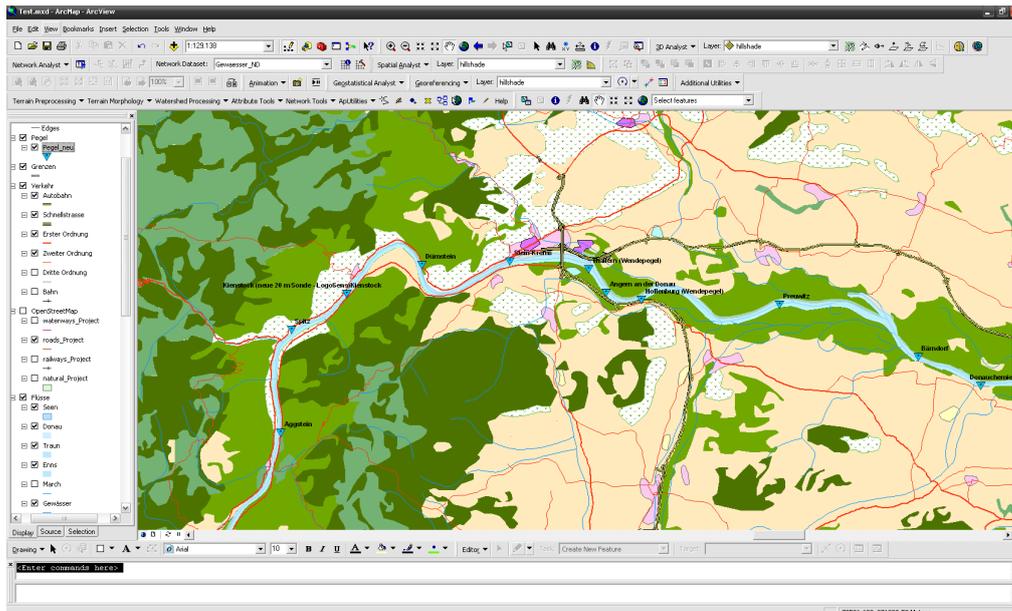


Abbildung 6.9: Bodenbedeckung im Bereich Wachau ohne Schummerung

Um einen besseren räumlichen Eindruck zu erhalten, kann die aus dem Höhenmodell generierte Schummerung halbtransparent hinzugefügt werden. Hierdurch wird zusätzlich die Bodenbedeckung mit einem plastischen Eindruck des Geländes kombiniert, was die Lesbarkeit noch verbessert, da die verschiedenen Formen der Bodennutzung, wie etwa Weingärten oder auch großflächige landwirtschaftliche Nutzflächen, im Zusammenwirken mit den Geländeformen deutlicher zu Tage treten. Dies wird in Abbildung 6.10 dargestellt.

6 Datenintegration in ArcGIS

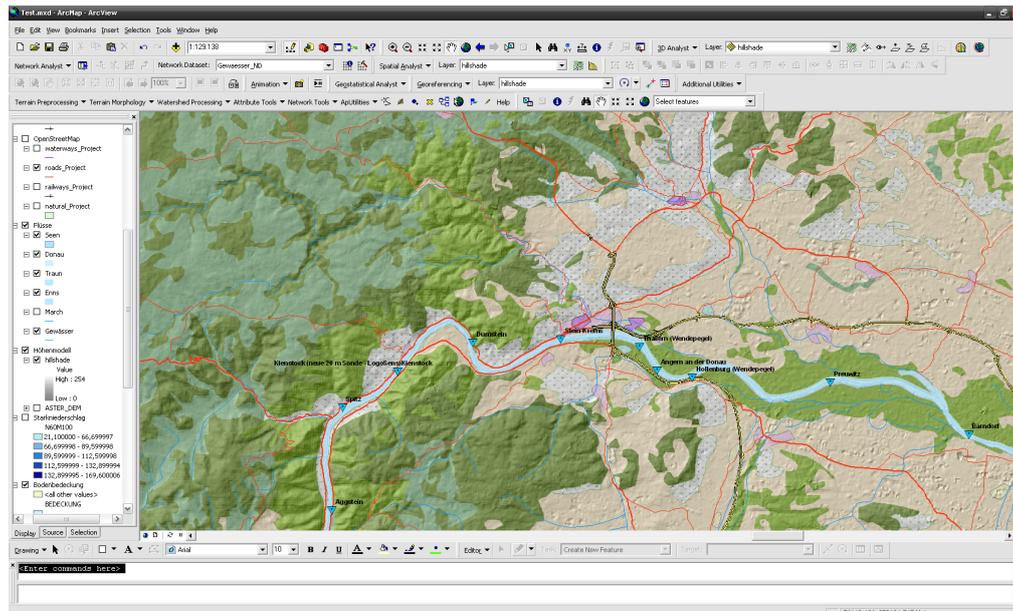


Abbildung 6.10: Bodenbedeckung mit Schummerung

Starkniederschläge

Die Kartenwerke des hydrologischen Atlas beinhalten natürlich auch Karten zur Verteilung von Starkniederschlagsereignissen in Österreich. Diese Informationen sind aus hydrologischer Sicht von großem Interesse, daher wurden diese Karten ebenfalls in den Pegelkataster mit aufgenommen.

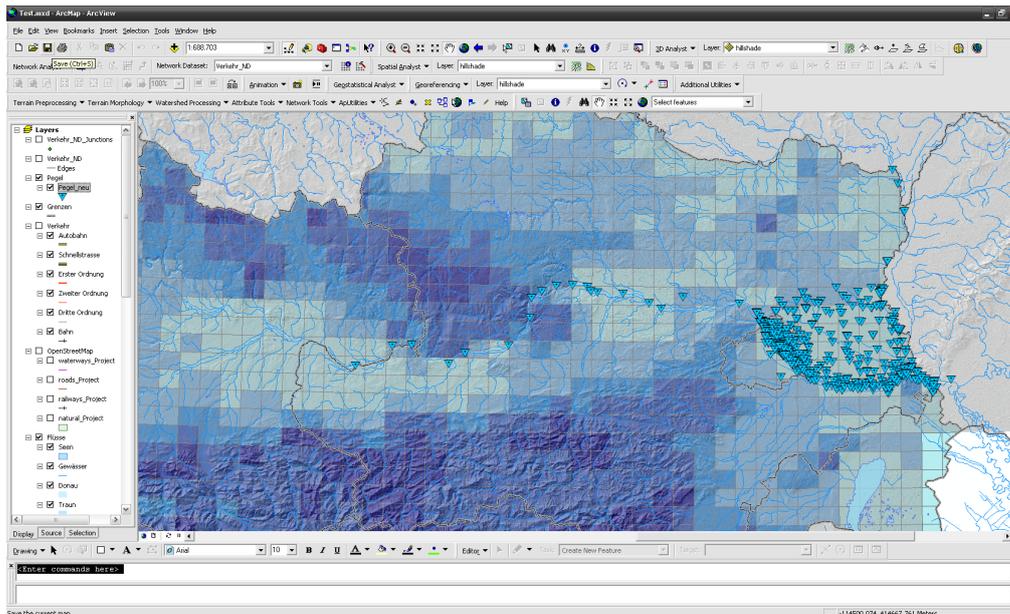


Abbildung 6.11: Starkniederschläge

Wie in Abbildung 6.11 zu sehen ist, wird in den Karten zum Starkniederschlag ein Raster über das Gebiet gelegt, dessen einzelne Zellen mit den Werten versehen sind. Diese Werte zur Häufigkeit von Starkniederschlägen können in ArcMap unter *Layer Properties > Symbology* zu Gruppen zusammengefasst und mit Farben visualisiert werden. Hier kann auch aus den vielen in der Attributtabelle zum Layer Starkniederschläge vorhanden Werte gewählt werden, die es zu visualisieren gilt.

Flusseinzugsgebiete

Eine Darstellung der Flusseinzugsgebiete ist zwar für ein Pegelkataster der Donau und March von geringerer Bedeutung, stellt jedoch im Besonderen im Zusammenspiel mit der Schummerung eine reizvolle Darstellung, wie in Abbildung 6.12 zu sehen ist, zur Verfügung.

6 Datenintegration in ArcGIS

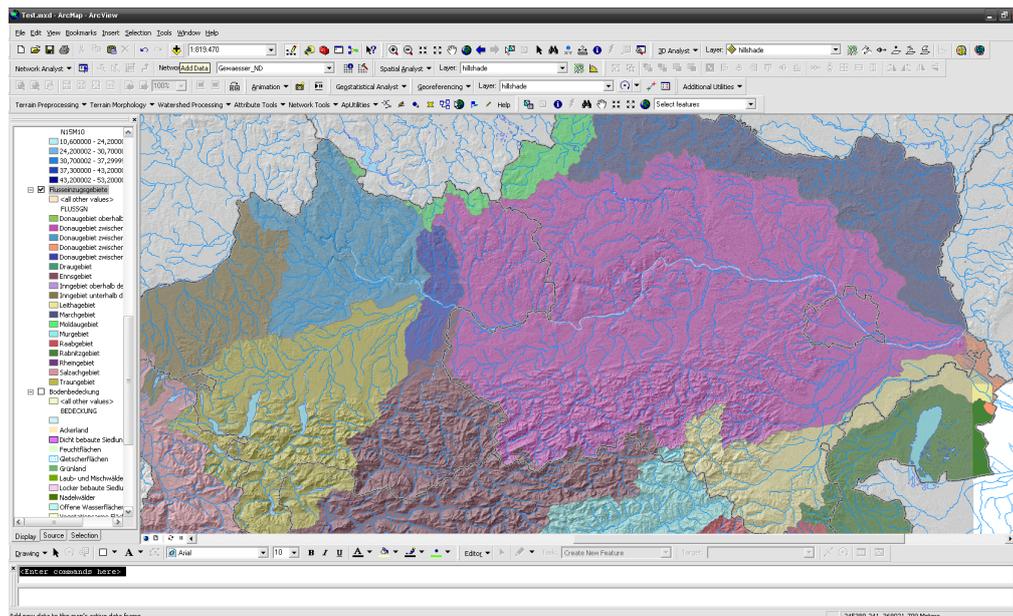


Abbildung 6.12: Flusseinzugsgebiete aus dem digHAÖ

Die Flusseinzugsgebiete sind durch den dreidimensionalen Eindruck, der durch die Schummernung gegeben wird, nicht nur flächig erfassbar, sondern können den zugrunde liegenden topographischen Elementen zugeordnet werden, was einen plastischen Eindruck ergibt. Daher wurde diese Karte aus dem Hydrologischen Atlas ebenfalls übernommen.

6.2.4 Stromsohlenkarten

Bei Stromsohlenkarten handelt es sich um Karten des Aufbaus der Sohle eines Gewässers. Diese entstehen durch die Visualisierung von Daten, welche durch Sohlengrunderhebungen von Gewässern erhoben werden. Die hierbei angewendete Vermessungsmethode ist meist das *Singlebeam-Echolot* Verfahren. Aber auch Multibeam und Flächenecholot kommen zur Datenaufnahme zum Einsatz.

Die so entstandenen Karten der Stromsohle sollen im weiteren Verlauf dieses Projekts in den Pegelkataster integriert werden und so ebenfalls schnell einzusehen und mit anderen naturräumlichen Gegebenheiten kombinierbar sein.

6.3 Integration der Pegeldaten

6.3.1 Erstellung des Pegellayers

Die Koordinaten der einzelnen Pegelmessstellen stehen als x- und y-Koordinaten in mehreren Systemen zur Verfügung. Diese sind im System Gauss-Krüger, als Kegelkoordinaten und im Bundesmeldenetz (BMN) vorhanden. In Abbildung 6.13 ist ein Teil der dbf-Tabelle aus den Stammdaten, aus der die Pegelstandorte generiert wurden abgebildet.

Die Darstellung der Pegelkoordinaten erwies sich als schwierig, da nähere Angaben zu den Projektionssystemen der Gauss-Krüger Koordinaten und Kegelkoordinaten fehlten. Also fiel die Entscheidung auf die Koordinaten, die im Bundesmeldenetz liegen. Diese wurden in ArcMap als xy-Koordinaten eingelesen und umprojiziert. Nach der Korrektur des *false-easting*-Wertes um minus 750.000 Meter, wie im BMN für den Meridianstreifen M34 vorgegeben, lagen die Pegel richtig.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	DBMSNR	DATVON	YRKO	XHKO	MERIDIAN	GGLG	GGBR	XRKKO	YHKKO	EIGNER	BMNR	BMNH
2	3002098	01.09.1971	27095,15	5347412,44	34	164154	481554	649653,72	490429,22	13	777095,15	347412,44
3	3002099	01.03.1974	5539,52	5354917,40	34	162429	481959	627830,15	497095,67	13	755539,52	354917,40
4	3002259	01.10.1971	42307,64	5342656,03	34	165410	481317	665033,95	486263,59	13	792307,64	342656,03
5	3002263	29.03.1965	1091,79	5353030,85	34	162053	481858	623459,59	495039,38	13	751091,79	353030,85
6	3002284	14.11.1958	1771,88	5352073,60	34	162126	481827	624175,95	494109,32	13	751771,88	352073,60
7	3002285	27.11.1958	2142,91	5351641,35	34	162144	481813	624563,28	493691,81	13	752142,91	351641,35
8	3002286	14.11.1958	1504,20	5351455,84	34	162113	481807	623932,37	493481,84	13	751504,20	351455,84
9	3002287	14.11.1958	1504,11	5351795,57	34	162113	481818	623919,17	493821,23	13	751504,11	351795,57
10	3002288	14.11.1958	1071,45	5351671,93	34	162052	481814	623491,71	493681,02	13	751071,45	351671,93
11	3002289	14.11.1958	2699,21	5351703,36	34	162211	481815	625116,64	493775,22	13	752699,21	351703,36
12	3002410	07.01.1958	40905,20	5351139,33	34	165305	481752	663306,31	494684,26	13	790905,20	351139,33
13	3002411	11.04.1949	39950,98	5352028,24	34	165219	481821	662318,84	495535,54	13	789950,98	352028,24
14	3002412	15.10.1957	41096,54	5353179,17	34	165315	481858	663418,94	496729,42	13	791096,54	353179,17
15	3002413	21.02.1951	19470,48	5358005,64	34	163546	482138	641628,38	500718,08	13	769470,48	358005,64
16	3002414	11.06.1939	40393,00	5344896,79	34	165238	481430	663034,99	488428,34	13	790393,00	344896,79
17	3002415	02.06.1964	28060,86	5339726,84	34	164239	481145	650914,60	482788,62	13	778060,86	339726,84
18	3002416	03.07.1939	16857,13	5350862,91	34	163338	481747	639292,95	493481,65	13	766857,13	350862,91

Abbildung 6.13: Pegelkoordinaten in den Stammdaten

In Abbildung 6.14 sind die korrekt projizierten und verorteten Pegel, die im Raum Niederösterreich und Wien liegen, dargestellt. Es sind hierbei alle in den Stammdaten vorhandenen Pegelstandorte eingeblendet; zur besseren Übersicht ist es aber natürlich möglich, Pegel, die nicht in den Verantwortungsbereich der via donau fallen, mit Hilfe der Funktion *Select by Attributes* auszublenden. Insbesondere im Marchfeld und im Raum Wien sind ja viele Pegel zu finden, die von anderen Körperschaften betrieben werden.

6 Datenintegration in ArcGIS

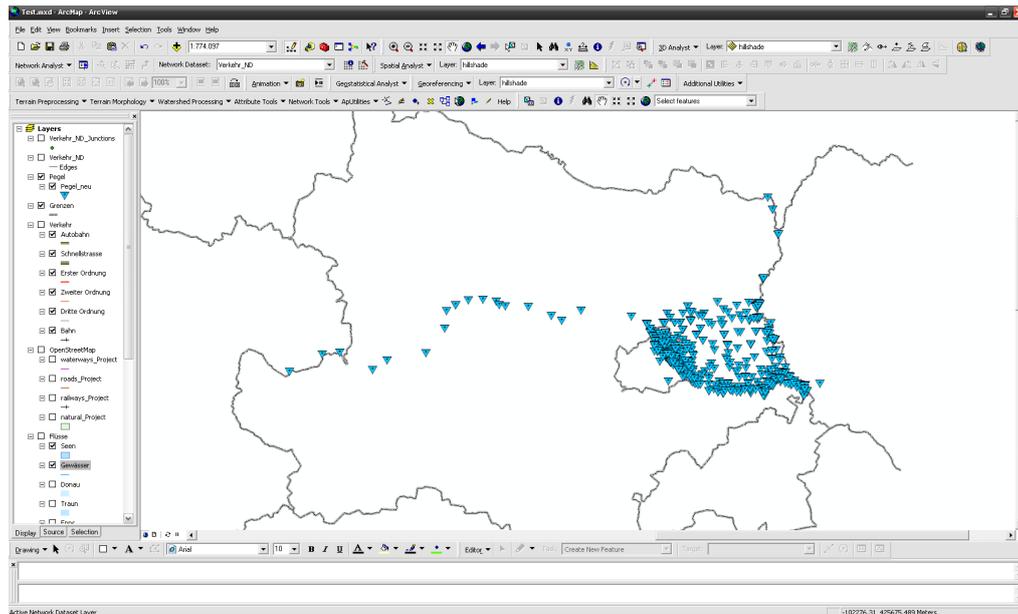


Abbildung 6.14: Pegelstandpunkte östlich von Ybbs

Die Häufung von Pegelmessstellen im Raum Wien und Marchfeld, die in Abbildung 6.14 zu erkennen ist, kann, wie bereits erwähnt, auf größere Anzahl an Betreibern von Pegelmessstellen in diesem Gebiet zurückgeführt werden. So sind hier Pegelmessstellen der Stadt Wien vorhanden, sowie vor allem auch zahlreiche Messstellen für den Grundwasserpegel im für die Agrarindustrie bedeutenden Marchfeld.

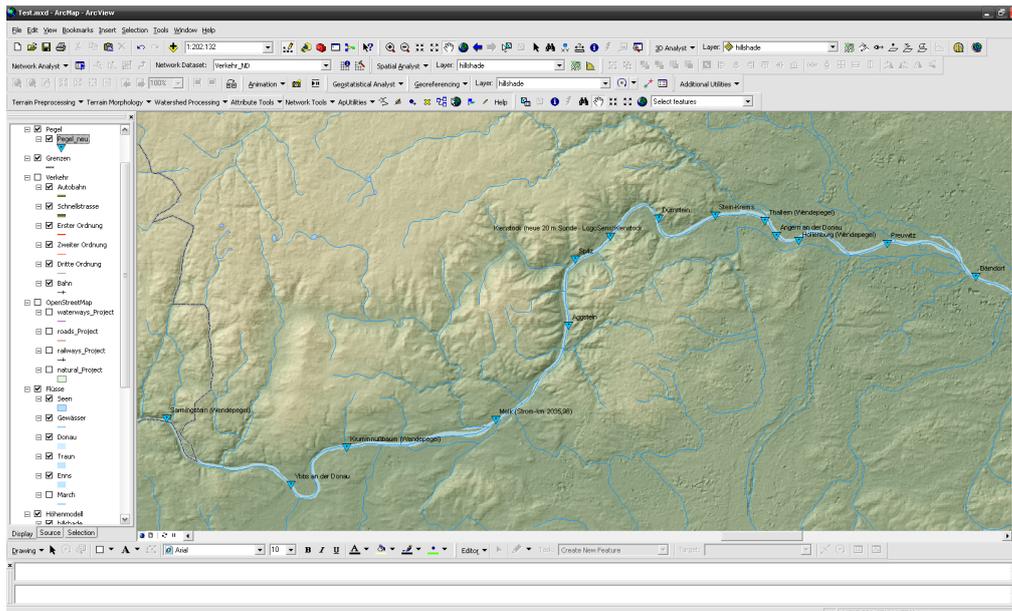


Abbildung 6.15: Pegelmessstellen im Bereich Wachau

6.4 Einbindung der Stammdaten

Die Stammdaten zu den Messstellen liegen in dem in Abschnitt 5.1.2 beschriebenen Format *dbf* vor. Die Einbindung dieser Stammdaten in die Applikation ist ein essentieller Schritt in der Erstellung eines Pegelkatasters, da in ihnen die Informationen gespeichert sind, die mit Hilfe des Katasters dargestellt werden sollen.

Als erster Schritt wurde eine Möglichkeit gesucht diejenigen Daten, die benötigt wurden aus den *DBF*-Tabellen auszulesen und in einer Tabelle neu anzuordnen, die in einem Format vorliegt, welches von ArcGIS leicht gelesen beziehungsweise importiert werden kann. Hier bot sich das *.mdb*-Format von Microsoft Access natürlich an, da die Personal Geodatabase, die in ArcGIS benutzt wird, ebenfalls dieses Format verwendet.

Um Daten aus den *dbf*-Tabellen auszulesen und in eine *mdb*-Datei zu schreiben musste nun eine Methode gefunden werden. Da ein manuelles Kopieren der Daten aufgrund des unterschiedlichen Layouts der *dbf*-Tabellen nicht in Frage kam, musste diese Aufgabe mit Hilfe eines VBA-Skripts bewältigt werden. Auf diese Weise konnten diejenigen Spalten, deren Informationen den Pegelmessstellen zugewiesen werden sollen, aus den Tabellen ausgelesen und neu in einer *mdb*-Datei eingetragen werden.

6.5 Signaturen und Symbole

Eine Signatur, auch Kartenzeichen oder Symbol genannt, ist in der Kartographie ein normiertes, verallgemeinerndes Zeichen zur Darstellung von Erscheinungen und anthropogenen Veränderungen beziehungsweise Bauten auf der Erdoberfläche. Signaturen werden durch mehr oder weniger abstrahierte Objektbilder oder auch konventionelle Zeichen, die aus einer oder zusammengesetzten geometrischen Formen, auch Primitiven genannt, gebildet werden, dargestellt. Sie stellen also eine kartographische Kurzschrift dar, die im Vergleich zur Kartenschrift weniger Platz benötigt und die Information somit komprimiert darbieten kann. Den Signaturen beiseite gestellt ist ein Signaturenschlüssel, der die benutzten Signaturen jeweils mit Hilfe eines Textes bezeichnet beziehungsweise kurz erklärt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Signaturen für die Pegelmessstellen teils übernommen, teils mit zusätzlichen Elementen ergänzt (siehe Abschnitt 6.5.1). Die Erstellung von neuen Signaturen ist ein notwendiger Schritt, da ArcMap, obwohl die Software eine große Anzahl an Signaturen für verschiedenste Thematiken mitbringt, keine Symbole für verschiedene Pegelmessstellen in den Signatur-Bibliotheken führt.

In ArcMap können neue Symbole über den *Style Manager* erstellt werden. Dieser ist im Dropdown-Menü *Tools* unter dem Menüpunkt *Styles* zu finden.

Im *Style Manager* können verschiedene Typen von Symbolen erstellt werden. Wie in Abbildung 6.16 zu sehen, reichen diese von dreidimensionalen Symbolen über Pfeilsymbole zum Anzeigen von Richtungen in einer Karte bis zu zweidimensionalen Symbolen.

Symbole können aus bestehenden Bausteinen neu erstellt werden. Hierzu gibt es einfache Geometrische Primitiven wie Kreise, Rauten oder Quadrate, mit denen der Anwender arbeiten kann, wenn er den Typ *Simple Marker Symbol* wählt. Aber auch eine umfangreiche Bibliothek verschiedenster anderer Symbole steht zur Auswahl. Diese sind im Typ *Character Marker Symbol* zu finden. Neue Symbole werden nun aus verschiedenen vorhandenen Symbolen, die in Ebenen übereinandergelegt werden neu geschaffen. Für die Aufgabenstellung, die sich diese Arbeit vornimmt, ist diese Vorgehensweise jedoch nicht geeignet.

Die verschiedenen Symbole für die Pegelmessstellen müssen also in einer externen Software erstellt und anschließend in ArcMap importiert werden. Der Import in den *Style*

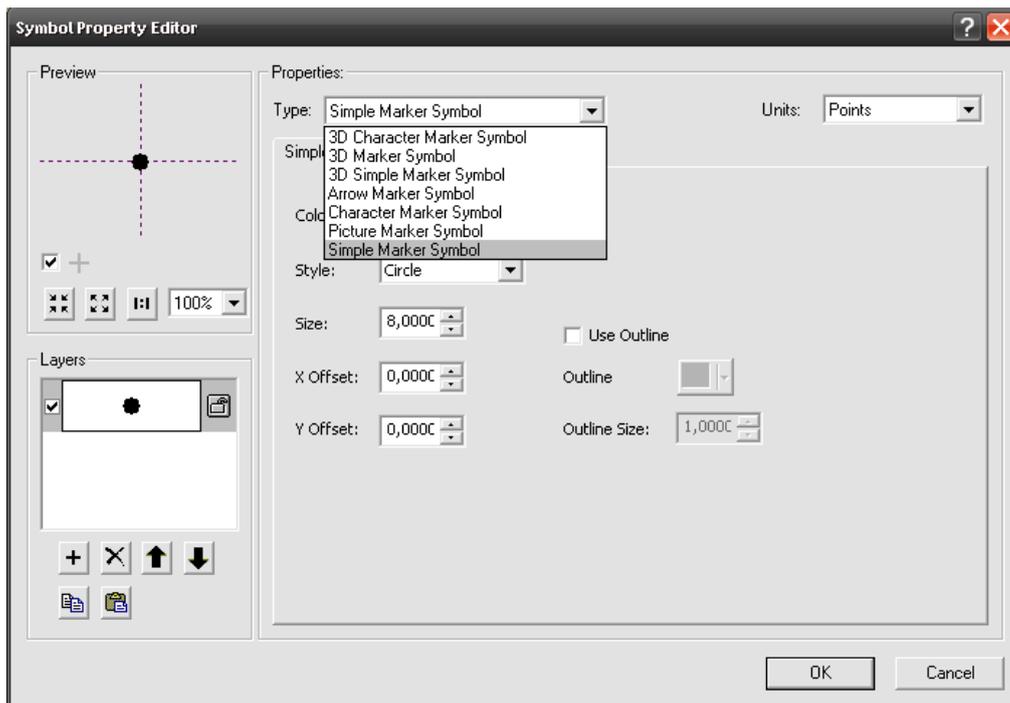


Abbildung 6.16: Style Manager in ArcMap

Manager geschieht hierbei über den Typ *Picture Marker Symbol*. Wählt man diesen Typ aus, erscheint automatisch ein Auswahlfenster, in dem die Symboldatei im Dateisystem des Rechners gewählt werden kann. Diese muss im *.bmp* oder *.emf* Format sein.

Die Dateierweiterung *.emf* steht hierbei für *Enhanced Metafile*. Dies ist das Nachfolgeformat des Windows Metafile - Grafikformates *WMF*. EMF ist wie das ältere WMF ein beliebig skalierbares Format für Vektorgraphiken und wird vorwiegend für den Austausch unter verschiedenen Büroanwendungen verwendet. Es kann im Gegensatz zum Vorgänger auch Bezierkurven darstellen, was komplexere Graphiken ermöglicht. EMF ist ein 32-Bit Format, während WMF noch 16-Bit war.

Die andere Möglichkeit, Symbole in den Style Manager von ArcMap zu importieren, ist das *BMP*-Format. BMP steht hierbei für Bitmap und wurde bereits zusammen mit Windows 3.0 als Rastergrafikformat eingeführt. BMP steht in mehreren Versionen zur Verfügung, wird jedoch fast ausschließlich in der Version 3 verwendet. Bitmaps können zwar auch 16-Bit oder gar 32-Bit darstellen (je nach Version), sind aber zumeist in 8-Bit.

Da *EMF* das modernere Format darstellt und auch die Software Adobe Illustrator, mit der die Symbole erstellt werden sollen, dieses Format unterstützt, wird im Rahmen dieser

Arbeit das Format *EMF* benutzt.

6.5.1 Symbolerstellung in Adobe Illustrator

Bei Adobe Illustrator handelt es sich um ein Programm für vektorbasiertes computerunterstütztes Zeichnen. Es wird seit 1987 von der Firma Adobe entwickelt und ist seit 2003 als integrierter Bestandteil der Adobe Creative Suite.

Im Rahmen dieser Arbeit wird diese Software zur Erstellung von Symbolen und Signaturen, die in ArcMap nicht enthalten sind, eingesetzt. Diese werden, wie in Abschnitt 6.5 erläutert, im Dateiformat *EMF* exportiert und mit der Importfunktion des *Style Managers* in ArcMap importiert.

Es gibt bereits vorgegebene Symbole für Pegelmessstellen. Diese bestehen aus einem auf der Spitze stehenden Dreieck, das leer oder gefüllt sein kann. Ein leeres Dreieck zeigt einen Lattenpegel an, ein gefülltes einen Schreibpegel. Beispiele für verschiedene Pegelsymbole sind in Abbildung 6.17 dargestellt.

Zusätzlich kann noch ein Kreis auf dem Dreieck aufgesetzt sein. Dieser symbolisiert eine zusätzliche Einrichtung zur Messung des Abflusses. Ein stilisiertes *T* ist ein weiteres Element, welches in der Symbolik zu Pegelmessstellen vorkommen kann. Es zeigt an, dass eine Messstelle über einen Temperaturfühler verfügt.

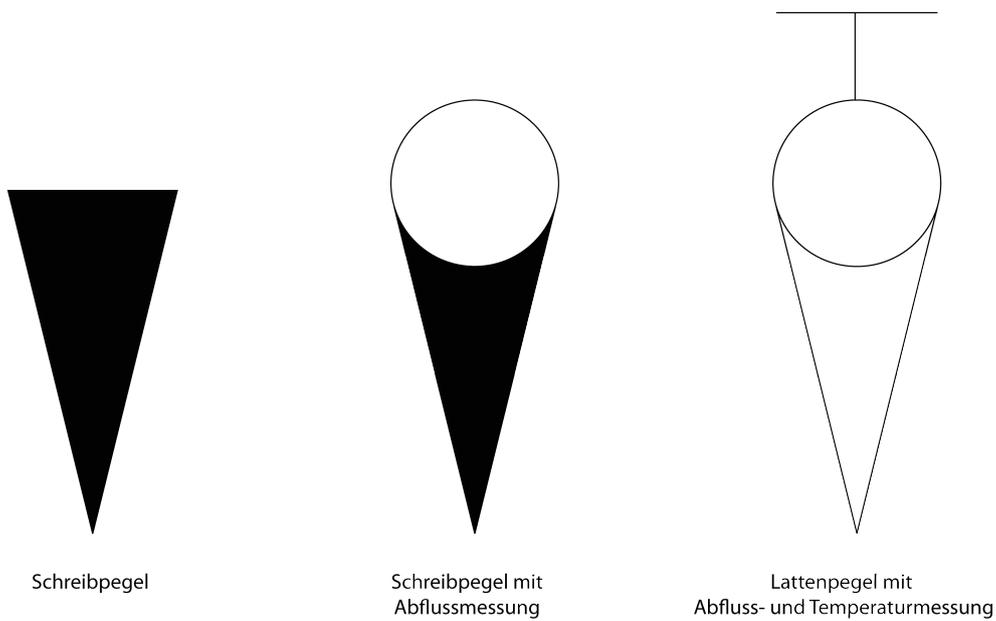


Abbildung 6.17: Beispiele für Pegelsignaturen

Neben den bereits genannten Eigenschaften, die die Signaturen darstellen sollen, ist noch eine weitere Anforderung hinzugekommen. Da immer mehr Messstellen über Einrichtungen zur Datenfernübertragung, zum Beispiel mittels eines GSM-Modems, verfügen, ist es nötig, auch dieses Merkmal in die Symbolik aufzunehmen. Hierzu muss den bereits vorgegebenen Symbolen ein zusätzliches Merkmal hinzugefügt werden. Es entstanden drei Versionen, die in Abbildung 6.18 zu sehen sind.

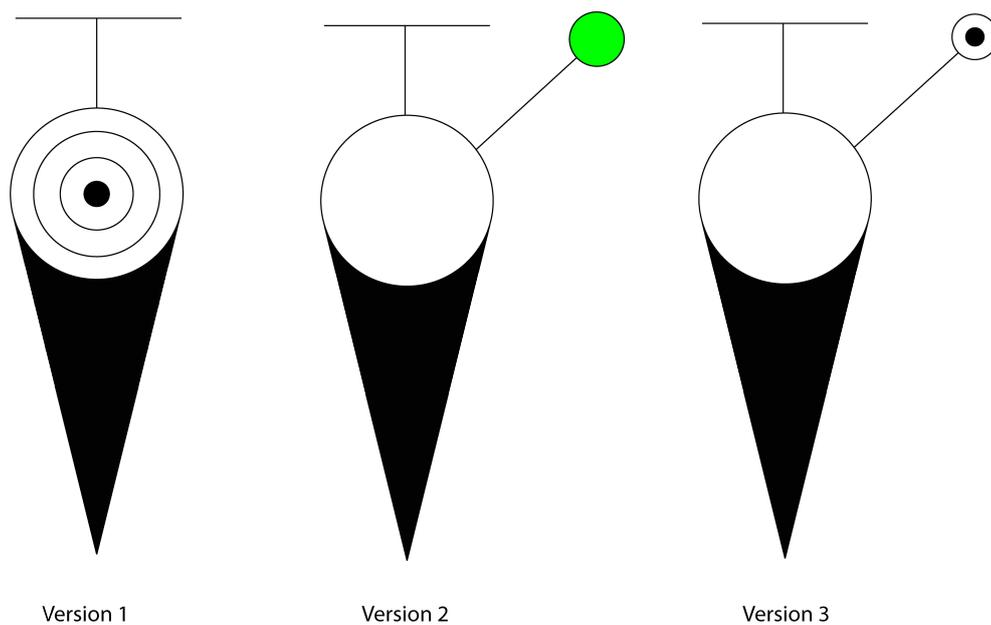


Abbildung 6.18: Drei Versionen für Messstellen mit Datenübertragung

Die Version 2 der in Abbildung 6.18 abgebildeten Pegelsignaturen bietet den Vorteil, dass durch die Farbgebung des angedeuteten Antennensymbols die Art der Datenübertragung angezeigt werden kann.

6.5.2 Zuweisung der Signaturen

In ArcMAP können Objekten verschiedene Signaturen aufgrund qualitativer Unterschiede zugewiesen werden. Im Rahmen dieser Arbeit stellte sich hierbei das Problem, dass es innerhalb der Datenstruktur der Attributtabelle, welche die Pegelmessstellen beschreibt, keine Spalte gab, welche die Pegelmessstellen mit all ihren Eigenschaften beschreibt. Da die Signaturen über zumindest vier Eigenschaften einer Messstelle Auskunft geben sollen, musste also eine Möglichkeit gefunden werden, diese Eigenschaften in einer Spalte zu beschreiben.

Die Eigenschaften sind hierbei:

- Wasserstandsmessung

- Abflussmessung
- Temperaturmessung
- Datenübertragung

Um dieses Problem zu lösen wurde das in Abschnitt 6.4 erstellte VBA-Script erweitert, um eine weitere Spalte einzufügen. Diese enthält einen binären Code, der jede Messstelle mit ihren Eigenschaften beschreibt. Es wurden insgesamt elf Eigenschaften einer Messstelle abgefragt. Ist eine Eigenschaft an einer Messstelle erfüllt wird eine 1, wird sie nicht erfüllt eine 0 in den Code beschrieben. Auf diese Weise entsteht ein 11-stelliger Code, der jeden Messstellentyp abdeckt. Zum Beispiel verfügt eine Messstelle mit dem Code 10100000000 über Geräte zur Messung des Wasserstandes und der Wassertemperatur.

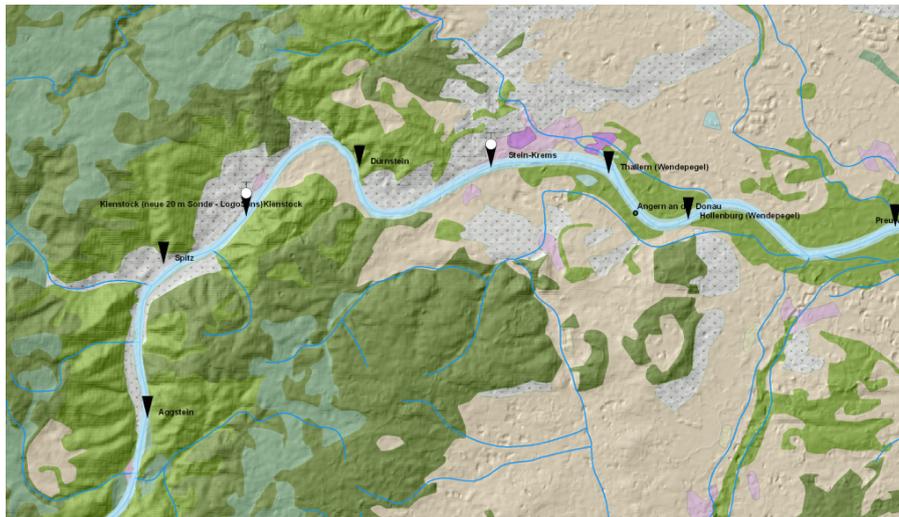


Abbildung 6.19: Verschiedene Pegelausstattungen in der Wachau

Auch wenn nicht alle elf Eigenschaften mittels einer Signatur dargestellt werden können, so wird durch dieses Verfahren eine schnelle Möglichkeit geschaffen, den Nutzer des Katasters über die Ausstattung einer Pegelmessstelle zu informieren. Anhand dieser Codes können nun den Messstellen die jeweils zugehörigen Signaturen zugewiesen werden. Zu sehen ist dies in Abbildung 6.19, hier noch zusätzlich mit dem Layer zur Bodenbedeckung. Hier kommen Pegel für die Wasserstandsmessung vor, aber auch solche mit Einrichtungen zur Messung von Abfluss und Temperatur.

6.6 Hyperlinks in ArcGIS

In ArcGIS können Dokumente und Adressen zu Inhalten im Internet mit Hilfe von Hyperlinks mit Objekten verknüpft werden. Hierzu gibt es ein Werkzeug in der Toolbar „Tools“ namens *Hyperlinks*.

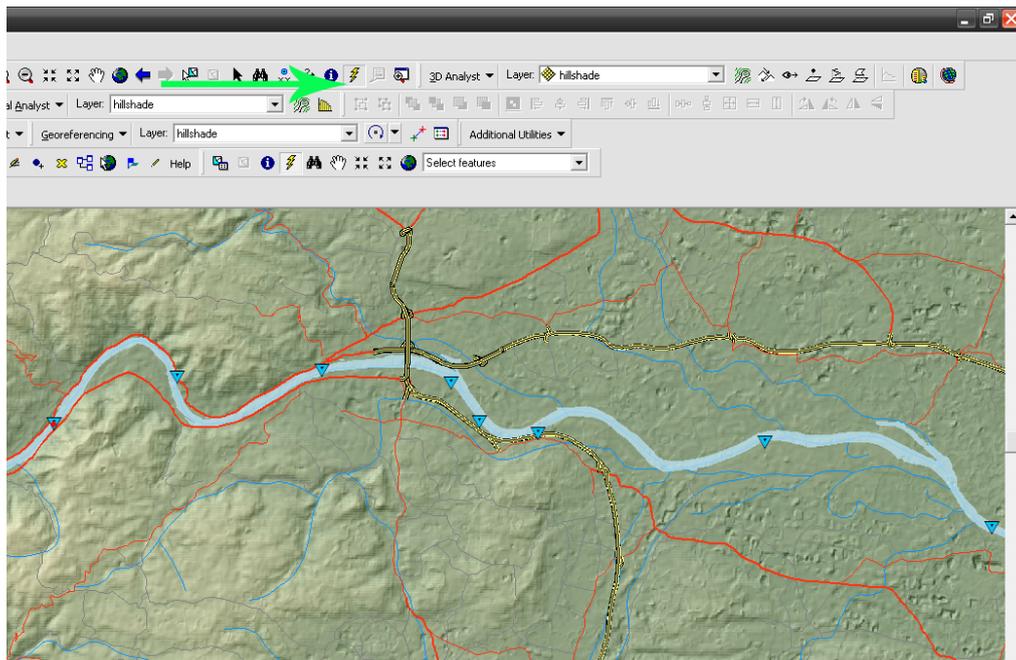


Abbildung 6.20: Button für Hyperlinks

In ArcMap kann dem Anwender einer Applikation Zugang zu erweiterten Informationen, die in von ArcGIS selbst nicht dargestellt werden können, gegeben werden. Dies ist durch *Hyperlinks* möglich, durch die zum Beispiel Webseiten, Bilder, Textdokumente oder Dokumente im *PDF*-Format bzw. anderen Formaten geöffnet werden können.

Hyperlinks werden als Feldbasierte Hyperlinks oder Dynamische Hyperlinks angelegt und starten aus ArcMap heraus externe Programme, um ihre Inhalte anzuzeigen. Durch Hyperlinks kann die Menge an Informationen, die ein Projekt in ArcMap zur Verfügung stellt, verbreitert und ausgebaut werden und auch um multimediale Inhalte erweitert werden.

6.6.1 Dynamische Hyperlinks

Dynamische Hyperlinks werden im Zusammenhang mit dem Identifizierungswerkzeug „*Identify*“ in ArcMap erstellt und verwaltet. Bei der Benutzung Dynamischer Hyperlinks werden keine Daten in der Tabelle des jeweiligen Elements der Karte abgelegt. Es werden hingegen die Pfade zu den Dateien und Internetadressen, die über die jeweiligen Hyperlinks aufgerufen werden, in der Karte selbst bzw. einer Layerdatei abgespeichert.

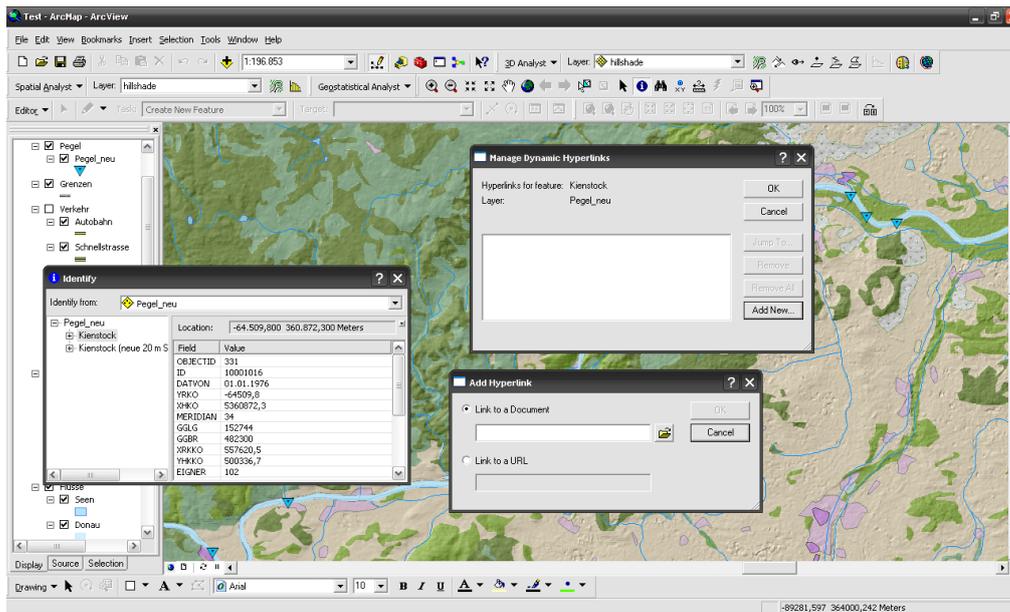


Abbildung 6.21: Dynamische Hyperlinks in ArcMap

Dynamische Hyperlinks können, wie bereits erwähnt, über das Werkzeug „*Identify*“ in ArcMap erstellt werden. Durch einen Rechtsklick auf die in diesem Fall mit Hyperlinks zu versehenen Messstelle kann man Hyperlinks entweder neu anlegen oder verwalten. Dies ist in Abbildung 6.21 dargestellt. Es können beliebig viele Hyperlinks für ein Element der Karte angelegt werden.

Dynamische Hyperlinks sind jedoch nur in lokal genutzten Arbeitsumgebungen sinnvoll, da sie in einem Umfeld mit mehreren Nutzern nicht praktikabel einzusetzen sind. Hierfür eignen sich die Feldbasierten Hyperlinks, die auch bei einer großen Anzahl an Hyperlinks für ein Element Vorteile in der Geschwindigkeit der Darstellung bieten

6.6.2 Feldbasierte Hyperlinks - Field-based Hyperlinks

Für diesen Typ von Hyperlink wird das jeweilige Dokument, die Webadresse oder, im Gegensatz zu den Dynamischen Hyperlinks, ein Pfad zu einem Macro, das gestartet werden soll, in einem neu anzulegenden Feld in der Tabelle für den bearbeiteten Layer spezifiziert. [ESRI 2009]

Feldbasierte Hyperlinks werden mit Hilfe von relativen Pfadangaben gesetzt. Hierbei gibt es zwei Möglichkeiten. Es können die Pfade zu den von den Hyperlinks designierten Dateien direkt in die Felder der Tabelle geschrieben werden. Die zweite Möglichkeit ist, zuvor eine sogenannte „*Hyperlink Base*“ zu definieren. Dies ist ein Ordner oder eine Webadresse, die als Basispfad fungiert. Hierdurch müssen in die Tabelle jeweils nur die nachfolgenden Teile des Pfades ergänzt werden. Die „*Hyperlink Base*“ kann in ArcMAP unter *File > Document Properties* spezifiziert werden.

Zusätzlich können Parameter gesetzt werden um zu definieren, welche Software zum Öffnen eines durch einen Hyperlink verknüpften Dokuments benutzt werden soll. Hierbei wird zuerst der Pfad zur Applikation gesetzt, mit der das Dokument geöffnet werden soll. Danach wird der Pfad zur Datei angegeben. Ein Parameter, der spezifisch für jede Applikation zu setzen ist, kann nun nach einem Separator, im Fall von ArcGIS ist dies „*/?A*“, hinzugefügt werden.

Als Beispiel hierfür soll ein PDF-Dokument auf Seite 6 geöffnet werden. Nach der Angabe des Pfades zur gewünschten Applikation, um PDF-Dateien zu lesen und dem Pfad zur Datei selbst wird also „*/?A*“ als Separator eingefügt und der z.B. für den Adobe Acrobat Reader spezifische Parameter angegeben:

```
../AcroRd32.exe ../example.pdf ?/A "Page=6=OpenActions"
```

So kann mit Hilfe des Hyperlinks angegeben werden, dass die Software *Adobe Acrobat Reader* das Dokument *example.pdf* auf Seite 6 öffnen soll.

6.7 Integration von Text-Files in ArcGIS

Von Seiten des Teams Hydrologie der via donau bestand der Wunsch für jeden der im Pegelkataster dargestellten Pegel, der unter der Verantwortung der via donau steht, die

Möglichkeit zu schaffen, ein Textdokument anzulegen und aus ArcGIS heraus aufrufen und bearbeiten zu können. Diese Textdokumente sollen die Möglichkeit bieten, Daten und Ereignisse, die in der Tabellenstruktur des Katasters nicht erfasst werden können, darzustellen und abzuspeichern.

Wichtig ist hier die Frage des Formats, in dem die Textdokumente erstellt und gespeichert werden sollen. Hier bieten sich natürlich vor allem weit verbreitete Textformate an. Zum einen sicherlich das *doc*-Format, das ,obwohl ursprünglich von Microsoft entwickelt und ausschließlich für Microsoft Office eingesetzt, sich zu einer Art von Standard entwickelt hat. Durch die Diskussion rund um die Offenlegung dieses Formats und angesichts der wachsenden Bedeutung offener Formate wie das von der Firma Sun Microsystems, die unter anderem die Entwicklung und Verbreitung der freien Bürosoftware *OpenOffice.org* vorantreibt, entwickelte *OpenDocument*-Format, erscheint jedoch die Zukunft des *doc*-Formats mehr als fraglich.

Auf europäischer Ebene und auf Regierungsebene einzelner Staaten ist ein Trend hin zu OpenDocument (ODF) zu beobachten. Dieses Format ist ein offenes auf XML basierendes Format. Es besteht aus einer oder mehrerer XML-Dateien, die zu einer komprimierten Datei zusammengefasst werden. Die Komprimierung erfolgt hierbei im ZIP-Format. Verschiedene Dateierendungen weisen den Verwendungszweck der der Datei aus, so etwa *.odt* für Text, *.ods* für Tabellen oder *.odp* für Präsentationen.

Aber auch von Microsoft gibt es ein neues standardisiertes Dateiformat für Bürosoftware, das Format *Office Open XML*. Auch hierbei handelt es sich um ein auf XML basierendes Dateiformat. Dieses ist das neue Standardformat in den Softwarepaketen Microsoft Office 2007 und 2008 sowie bei zukünftigen Produkten. Auch dieses Format wurde wie OpenDocument von der ISO zertifiziert, leider sind jedoch die Spezifikationen so umfangreich, dass es für andere Hersteller nur schwer möglich ist, dieses Format zu implementieren.

Soll man sich für eines dieser Formate entscheiden, wäre sicherlich das OpenDocument-Format die zukunftssichere Lösung, da dieses Format von beinahe allen Softwareprodukten unterstützt wird und in Zukunft sicherlich weiter Auftrieb erhalten wird.

Eine weitere Möglichkeit wäre das *Rich Text Format*, das sich als sehr einfach strukturiert erweist und daher schnell zu öffnen ist. Es ist von beinahe jedem Texteditor und jeder Bürosoftware schreib- und lesbar. Es wurde ursprünglich als Austauschformat für

6 Datenintegration in ArcGIS

Textdateien entwickelt. Leider ist dieses mittlerweile in die Jahre gekommen. Dennoch kann es gerade in diesem Fall zur Anwendung kommen.

Um sich also auf ein Format festzulegen, müssen einige Dinge bedacht werden und angesichts der Tatsache, dass dieses Kataster auch noch zukünftig genutzt und auch erweitert werden soll, ist wohl das OpenDocument Format vorzuziehen, auch aufgrund der Vorgabe, möglichst freie Software zu verwenden.

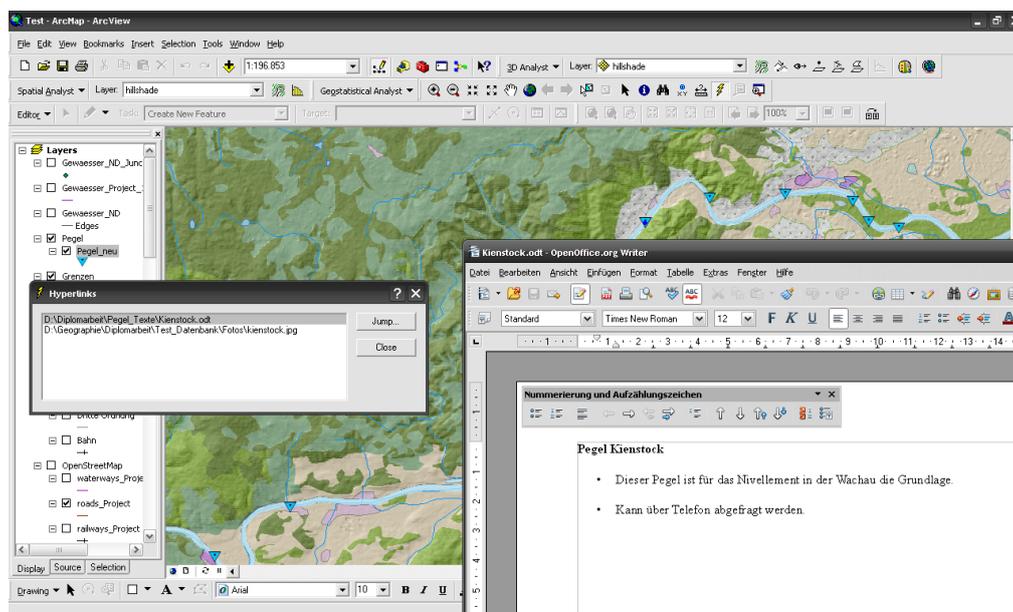


Abbildung 6.22: Einbindung von Textdokumenten

Nachdem nun das Format der Textdateien festgelegt ist, sollen diese in ArcGIS integriert werden. Dies ist mit feldbasierten Hyperlinks gelöst worden. Hierbei wird wie in Abschnitt 6.6.2 beschrieben vorgegangen. Auf diese Weise kann nun jedem Pegel ein Textdokument zugewiesen werden. Diese Lösung ist in Abbildung 6.22 als Screenshot dargestellt.

6.8 Integration von Zusatzinformationen in den Kataster

Neben der in Abschnitt 6.22 dargestellten Integration von Texten in den Pegelkataster sollen auch andere zu den einzelnen Messstellenstandorten relevanten zusätzlichen In-

formationen in den Pegelkataster integriert werden, bzw. soll der Pegelkataster die Möglichkeit bieten dies schnell zu realisieren.

Als Zusatzinformationen können zum Beispiel Dateien im *PDF*-Format mit den Messstellen verknüpft werden. Hierbei kann es sich um Verträge, Pläne oder andere Textdateien handeln. Um Dateien im *PDF*-Format zu öffnen, ist es jedoch nötig, dass auf dem jeweiligen Computer ein Programm zur Betrachtung von *PDF*-Dateien installiert ist. Da solche Softwareprodukte jedoch in großer Zahl und frei zur Verfügung stehen, bietet sich dieses Format an.

Auch Abbildungen und Fotos können mit den einzelnen Messstellen im Pegelkataster verknüpft werden. Diese sind zumeist in den Formaten *JPEG* oder *PNG* vorhanden und mit jeder Software zur Bildbetrachtung zu öffnen, die für jedes Betriebssystem in zahlreichen Formen vorhanden und zumeist frei erhältlich ist. Als Beispiele können hier IrfanView oder auch Picasa von Google genannt werden. Auch mit den Möglichkeiten des Betriebssystems sind solche Dateien zu öffnen.

Die Möglichkeiten, Informationen mit Elementen innerhalb von ArcGIS zu verbinden, sind also durch die Funktionalitäten von Feldbasierten und Dynamischen Hyperlinks groß und können je nach Einsatzgebiet angepasst werden.

7 Möglichkeiten der Weiterentwicklung des Katasters

7.1 Bing Maps

„Bing Maps“ ist der Internet-Kartendienst von Microsoft. Ähnlich wie beim Konkurrenten *Google Maps* können hierbei verschiedene raumbezogene Daten betrachtet werden. Weiters können Dienste mit raumbezogenen Inhalten, wie zum Beispiel Ortssuche oder Routenplanung genutzt werden. *Bing Maps* entstand 2009 aus dem Vorgänger *Virtual Earth* und ist auch integrierter Bestandteil der Suchmaschine *Bing*.

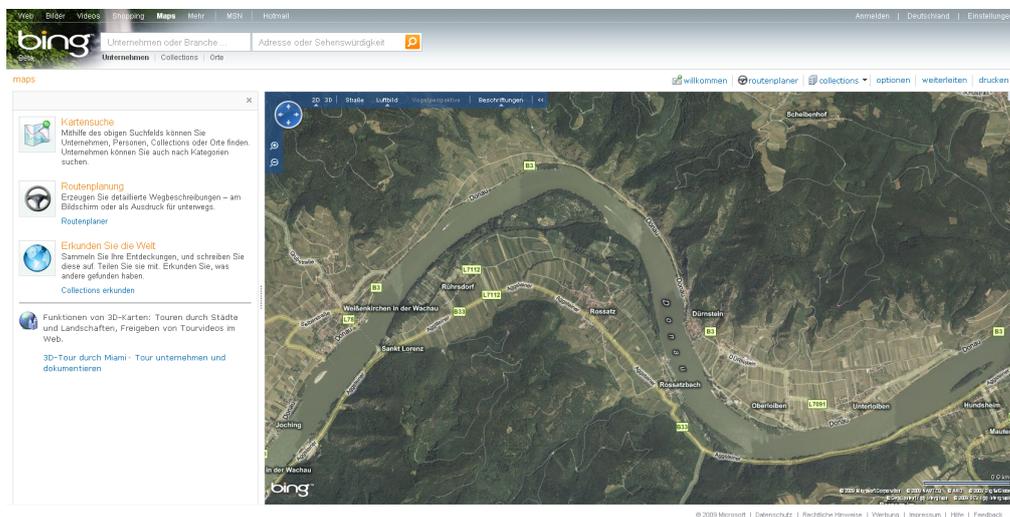


Abbildung 7.1: Wachau in Bing Maps (aus Bing Maps by Microsoft)

Mit der neuen Version ArcGIS 9.3.1 wird ESRI die Möglichkeit anbieten, Daten aus *Bing Maps* in einem ArcGIS-Projekt zu integrieren. Hierdurch können in ArcGIS 9.3.1 sowohl

die Straßenkarten, die Luftbilder als auch die Hybridkarte aus diesen beiden angezeigt werden.

Für das im Rahmen dieser Arbeit erstellte Pegelkataster ergeben sich aus dieser neuen Eigenschaft von ArcGIS vielfältige Möglichkeiten. So können Luftbilder aus *Bing Maps*, die, wie in Abbildung 7.1 zu sehen ist, auch bereits für die Wachau vorhanden sind, in die Applikation integriert werden. Auch die Straßenkarte von Bing Maps sowie die Hybridkarte soll integrierbar sein. Der Grad der Interoperabilität von GIS-Systemen und Anbietern von Web-basierten Kartendiensten ist zum Zeitpunkt dieser Arbeit noch nicht ersichtlich, jedoch erscheinen die Möglichkeiten, die diese bietet, und der Ausblick auf weitere Entwicklungen in diesem Bereich durchaus interessant zu sein.

7.2 Online Publikation

Die Verfügbarkeit von Geodaten im Internet nimmt durch neue Softwareentwicklungen in diesem Bereich beständig zu. Durch Internet-Kartendienste wie Google Maps, Google Earth oder Bing Maps (siehe hierzu Abschnitt 7.1) hat sich der Umgang mit Geodaten und vor allem die Zugänglichkeit zu diesen grundlegend gewandelt.

7.2.1 ArcGIS Server

ArcGIS Server ist ein Teil von ArcGIS von ESRI. Seit Version 9.2 von ArcGIS beinhaltet ArcGIS Server auch ArcSDE (Spatial Database Engine). ArcSDE ist ein relationales, räumliches Datenbankmanagementsystem, das mit zahlreichen Datenbanken, sowohl kommerziellen wie Oracle als auch freie wie PostgreSQL, umgehen kann.

ArcGIS Server bietet zahlreiche Möglichkeiten Karten und Geoinformation im Internet zu veröffentlichen. Hierzu stellt es APIs zur Verfügung, um auf deren Basis Anwendungen zu entwickeln. So stehen APIs für *JavaScript* oder das *Adobe Flex Framework* bereit. *Flex* ist eine Entwicklungsumgebung für *Rich Internet Applications (RIAs)*. Flex stellt mit Flex Builder ein Entwicklungstool zur Verfügung, mit dem zum Beispiel intuitive Bedienoberflächen gestaltet werden können. [ESRI 2009]

Zusätzlich stehen bereits fertige Applikationen zur Verfügung um Geoinformationen online zu publizieren. Es können Analysefunktionen integriert werden und Daten zu einzelnen Features eingeblendet werden. So könnten in einer Onlineversion des Pegelkatasters alle relevanten Daten zu den einzelnen anwählbaren Pegelmessstellen angezeigt werden oder die IDs der Pegelmessstellen in einem definierbaren Abstand zu einer Messstelle gesucht werden.

Weiters stellt ArcGIS Server Funktionen zur Verfügung um mit ArcGIS Mobile zu interagieren. Mehr hierzu ist in Abschnitt 7.3.2 nachzulesen.

7.2.2 UMN MapServer

UMN MapServer ist eine Open Source Plattform, um Karten und räumliche Informationen im Internet darzustellen, und wird im Rahmen der *OSGeo* (Open Source Geospatial Foundation) entwickelt. Unter dem Dach der OSGeo werden auch Softwarepakete wie Mapbender oder das Open Source GIS GrassGIS entwickelt.

UMN MapServer kann mit einer Reihe von Programmiersprachen umgehen (z.B. PHP, Python, Java). Als grundlegende Konfigurationsmethode fungiert ein *Mapfile*. Dieses hat die Dateierdung *.map*. In diesem Mapfile werden Parameter zum Output von MapServer festgelegt, etwa die Größe des Kartenausschnitts, der im Browser erscheinen soll, oder die geographische Ausdehnung des Bereichs auf der Erdoberfläche, der von den verwendeten Geodaten abgedeckt wird. Weiters werden Objekte, wie etwa Layer, Symbole oder Vektordaten spezifiziert, die zur Kartengenerierung verwendet werden.

UMN MapServer empfängt Anfragen von einem Nutzer, stellt die entsprechenden Kartenlayer zusammen und visualisiert diese innerhalb eines Webbrowsers. Hierzu verfügt UMN MapServer über ein Interface, über das ein Nutzer Karteninhalte hinzufügen beziehungsweise ausblenden kann. Auch die Vergrößerungsstufe kann verändert und die Karte frei bewegt werden.

Systemarchitektur von MapServer

Das System besteht aus mehreren Komponenten, um einem Nutzer Geodaten innerhalb eines Webbrowsers zur Verfügung zu stellen [KATZLBERGER 2003].

7 Möglichkeiten der Weiterentwicklung des Katasters

- Auf einem **Server** liegen die Geodaten, die zur Verfügung stehen. Diese können sowohl Rasterdaten als auch Vektordaten sein, diese werden als einfache Dateien abgelegt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Daten in Geodatenbanken zu speichern und über eine Schnittstelle zwischen MapServer und Geodatenbank auf diese zuzugreifen.
- Der **MapServer** nimmt die Anfragen der Nutzer entgegen und stellt die unterschiedlichen Geodaten zur Verfügung. Diese werden alsdann übereinandergelegt und in einem vordefinierten Format ausgegeben. Dies kann ein Bildformat wie JPEG oder PNG sein, aber auch PDF oder SVG (Scalable Vector Graphics).
- Ein **Webserver**, zum Beispiel Apache, stellt die Daten nun dem Nutzer, der die Anfrage gestellt hat, im Internet zur Verfügung.
- Die Geodaten werden im Browser, der auf einem **Client** ausgeführt wird, für den Nutzer visualisiert.

7.3 Mobiles GIS

Geographische Informationssysteme werden zunehmend auch in der „Feldarbeit“, also der Erkundung und Vermessung eines Untersuchungsgebietes eingesetzt. Hierzu wurden mobile Varianten von GIS entwickelt. Mit diesen mobilen GIS können Informationen sowohl mitgenommen, als auch neue Daten im Feld aufgenommen werden. In diesem Abschnitt soll auf diesen Bereich eingegangen und mögliche Anwendungen eines Pegelkatasters im Rahmen eines mobilen GIS erläutert werden.

7.3.1 ArcPad

Die Software ArcPad stellt eine der zwei Softwareschienen von ESRI für mobile Geräte dar. Es ist momentan in der Version 8 erhältlich und wartet ebenfalls wie ArcGIS Mobile mit einer Anbindung an ArcGIS Server auf. Hierbei werden Daten mit einer Datenbank auf einem Server synchronisiert, sodass mit ArcPad aufgenommene Features über eine Internetverbindung zeitgleich in der Geodatenbank von ArcGIS Server erscheinen.

7.3.2 ArcGIS Mobile

ArcGIS Mobile ist Bestandteil von ArcGIS Server. Es stellt zum einen ein SDK zur Erstellung von Anwendungen für mobiles GIS zur Verfügung (SDK steht hierbei für *Software Development Kit*), zum anderen ist es eine Applikation um GIS auf mobilen Geräten einzusetzen. Mit ArcGIS Mobile können Anwendungen von einem Desktoprechner bzw. einer GIS-Workstation auf ein mobiles Gerät übertragen werden. Es gibt aber auch die Möglichkeit Daten, die im Feld mit Hilfe eines mobilen Gerätes mit GPS erhoben werden, direkt z.B. über ein GSM-Netz an ArcGIS Server zu übertragen. [ESRI 2009]



Abbildung 7.2: ArcGIS Mobile auf verschiedenen mobilen Geräten (Abbildung übernommen von ESRI)

ArcGIS Mobile kann auf einer Vielzahl mobiler Endgeräte installiert werden. Haupteinsatzgebiet sind Geräte mit GPS-Empfänger, die zur Aufnahme von Daten genutzt werden.

Insbesondere ArcGIS Mobile bietet eine Reihe an Funktionen, welche die Funktionalitäten des Pegelkatasters erweitern würden. So können ausgewählte Layer auf einem portablen Gerät ins Feld mitgenommen werden und der Datenbestand ergänzungsweise überprüft werden.

7.4 Zusammenfassung und Ausblick

Geographische Informationssysteme halten vermehrt Einzug in viele Bereiche der Wirtschaft und der Verwaltung. Sie erweisen sich in ihrem Aufbau als sehr flexibel und erweiterbar. Auch in dieser Arbeit hat sich gezeigt, dass GIS eine wichtige Rolle spielt und einer Vielzahl von Aufgaben gewachsen ist.

Das in dieser Arbeit konzipierte Pegelkataster für die Flüsse Donau und March stellt einen ersten Schritt dar. Geographische Informationssysteme sind offen aufgebaut. Es können also weitere Informationen und Daten hinzugefügt werden, das System also einfach ausgebaut werden.

Geographische Informationssysteme werden in der Hydrologie und Hydrographie bereits seit längerem als Werkzeuge eingesetzt. Sie ergänzen sich hierbei mit hydrologischer Spezialsoftware wie das HEC-Paket beziehungsweise sind Erweiterungen verfügbar, die klassische GIS-Software wie etwa ArcGIS um eine hydrologisch relevante Komponente erweitern (z.B. das frei erhältliche ArcHydro).

Hinsichtlich einer Erweiterung des Systems hin zu einer zusätzlichen Online-Applikation bieten sich verschiedene Möglichkeiten an. Einerseits gibt es die kostengünstigen Variante mit MapServer, die jedoch einen größeren Arbeitsaufwand darstellt, da hier vorkonfigurierte Anwendungen fehlen und die Applikation von Grund auf neu aufgebaut werden muss. Auf der anderen Seite steht ArcGIS Server, das einfacher zu handhaben ist und bereits fertige Werkzeuge zur Verfügung stellt, um Inhalte über das Internet zu kommunizieren.

Im Zusammenspiel mit einem mobilen Geoinformationssystem, wie etwa ArcGIS Mobile, ergeben sich für eine Anwendung wie den hier vorgestellten Pegelkataster weitere Einsatzmöglichkeiten. So können Daten im Rahmen der Arbeit im Feld ergänzt oder auch neu aufgenommen werden. Diese Ergänzungen würden hernach mit den Daten im Pegelkataster abgeglichen und somit auf einen aktuellen Stand gebracht.

Das konzipierte Pegelkataster kann also zukünftig um weitere Komponenten erweitert und neuen Anforderungen angepasst werden. Die Entwicklung bei Geoinformationssystemen ist noch lange nicht abgeschlossen, sondern bringt immer neue Möglichkeiten, Geodaten aufzubereiten und zu präsentieren. So ist die Implementierung von Orthophotos, Satellitenaufnahmen und Strassenlayern aus Online-Kartendiensten eine neue und interessante Möglichkeit.

8 Verwendete Literatur

ACKERMAN C. T.: HEC-RAS 4 User Manual. US Army Corps of Engineers, 2009

ALBRECHT J.: Key Concepts and Techniques in GIS. SAGE Publications, 2007

ARCTUR D./ZEILER M.: Designing Geodatabases Case Studies in GIS Data Modeling. ESRI Press, 2004

BEDFORD, M.: GIS for Water Management in Europe. ESRI Press, 2004

BILL, R.: Grundlagen der Geoinformationssysteme 1. Wichmann Verlag, 1999

BILL/SEUß/SCHILCHER (Hrsg.): Kommunale Geoinformationssysteme. Wichmann Verlag, 2002

ERLENKÖTTER, H.: XML Extensible Markup Language von Anfang an. Rowohlt Taschenbuch Verlag, 2001

ESRI (Environmental Systems an Research Institute): im WWW unter www.esri.com, 2009

ESRI-GERMANY: im WWW unter: <http://www.esri-germany.de>, 2009

FAHRNER R.: Entwurfsmethoden von Geodatenbanken. Diplomarbeit, Universität Wien, 2007

FOWLER M.: UML konzentriert: Eine kompakte Einführung in die Standard-Objektmodellierungssprache, Pearson Education, 2004

FÜRST, J.: GIS in Hydrologie und Wasserwirtschaft. Wichmann Verlag, 2004

FÜRST, J.: Gewässerkunde und Hydrometrie, Skriptum zur Vorlesung und Übung Gewässerkunde und Hydrometrie. Universität für Bodenkultur Wien, Sommersemester 2008

8 Verwendete Literatur

- HAKE, G./GRÜNREICH D./MENG L.: Kartographie. de Gruyter Verlag, 2002
- Hydrographisches Zentralbüro: im WWW unter: <http://iwhw.boku.ac.at/oegh/hzbhome.html>, 2002
- JOHNSON, L.E.: Geographic Information Systems in Water Resources Engineering. CRC Press, 2009
- KAINZ, W.: Geographic Information Science, Technology, and Infrastructure. Skriptum zum Proseminar Geoinformationssysteme, Universität Wien, 2006
- KAINZ, W.: Geodatenbanken, Skriptum zum Proseminar Geodatenbanken, Universität Wien, 2007
- KATZLBERGER, G.: Interoperable Webmapserver zur Visualisierung von Geodaten. Diplomarbeit, Universität Wien, 2003
- MAPSERVER: im WWW unter <http://www.mapserver.org/documentation.html>
- MAIDMENT, D.: Arc Hydro GIS for Water Resources. ESRI Press, 2002
- MITCHELL, T.: Web Mapping mit Open Source-GIS-Tools. O'Reilly, 2008
- NASA: im WWW unter <http://asterweb.jpl.nasa.gov>, 2009
- US Army Corps of Engineers: im WWW unter: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/index.html>, 2009
- US Army Corps of Engineers: Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Applications Guide, 2009 im WWW unter: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS-Applications-Guide-March2008.pdf>
- VIA DONAU: im WWW unter <http://www.via-donau.org>, 2009
- VOSSEN, G.: Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2008
- ZEILER, M.: Modeling Our World. ESRI Press, 1999
- ZITEK, A.: Arc Hydro von ESRI und das Management von Fischpopulationen hinsichtlich der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Fachhochschule Köln UNIGIS 2006

9 Anhang

9.1 Abkürzungen

DEM	Digital Elevation Model
ESRI	Environmental Systems an Research Institute
FIS	Fachinformationssystem
GIS	Geographisches Informationssystem
HyDaMS	Hydrographisches Datenmanagement System
JPEG	Joint Photographic Interchange Group
ODF	Open Document Format
OLE DB	Object Linking and Embedding; Database
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
PDF	Portable Document Format
PNG	Portable Network Graphics
TIN	Triangulated Irregular Network
WWW	World Wide Web

9.1.1 Aufbau der Datenbank

In folgender Graphik ist der Aufbau der Ebenen, die zur Darstellung der Anwendung in ArcGIS verwendet werden, schematisch dargestellt.

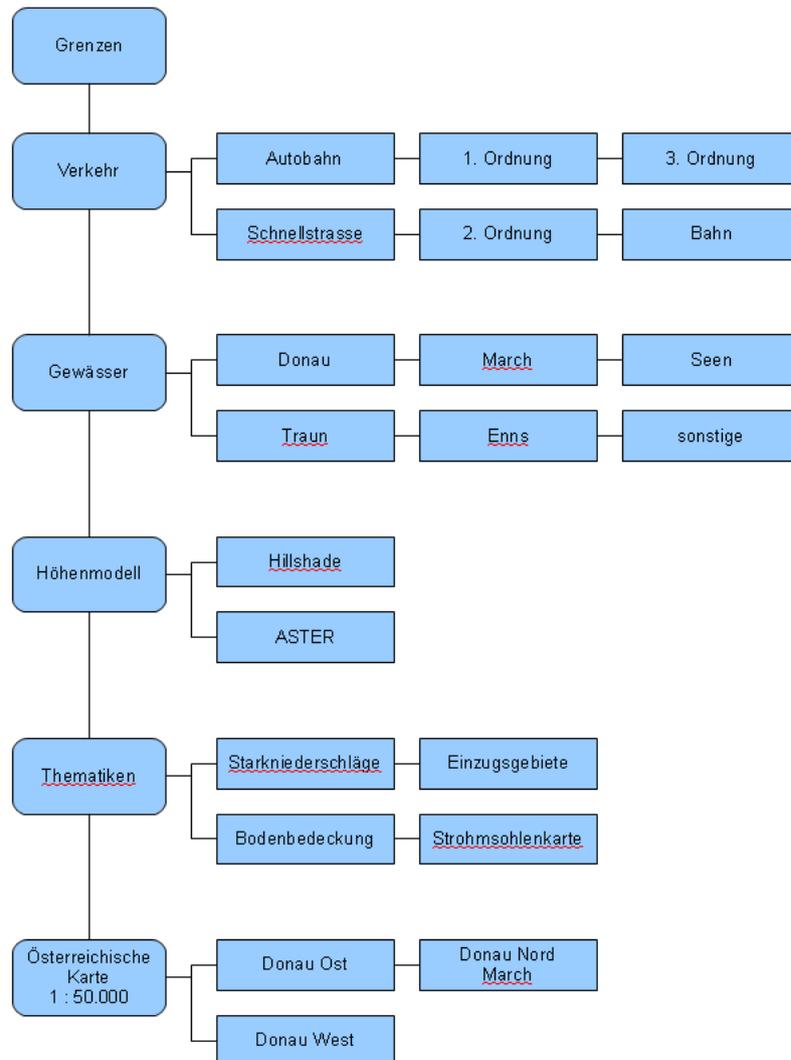


Abbildung 9.1: Aufbau der Anwendung

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Clemens Naderer

Geburtsdatum: 6.7.1974

Geburtsort: Linz

Staatsangehörigkeit: Österreich

Ausbildung

1985-1993: Realgymnasium Fadingerstraße, Linz

1993-1998: Architekturstudium an der TU Wien

1999-2009: Umstieg auf das Studium der Geographie, Studienzweig Kartographie, an der Universität Wien

Berufliche Laufbahn

1997-2000: Tätigkeit am Flughafen Wien in der Gepäcklogistik

2000-2001: Mitarbeit bei Meinungsumfragen und Mystery Shopping bei der Firma C. Kocher Marktforschung GmbH

1999-2008: Tätigkeit bei Wagner Sicherheitsdienste GmbH als Leiter und Koordinator im Eingangsbereich bei zahlreichen Musikgroßveranstaltungen

2003-2009: Tätigkeit als Fachberater im Bereich Drucker und Digitalkameras bei den Firmen Per4mens-Group und Canon

2006-2008: Ferialpraktika beim Team Hydrographie der Firma viadonau GmbH

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbst verfasst und nur die angegebene Literatur verwendet habe.

Wien, am

Clemens Naderer