

qualität der Hausbrunnen stehen in Einklang mit diesen Forschungen. Die Erstellung eines prototypischen Informationssystems zur projektbezogenen Erfassung, Archivierung, Bearbeitung und Präsentation von Geodaten ist dabei für den Untersuchungsraum erstmals erfolgt. Eine Mehrfachnutzung der im UIS erzeugten Daten, Methoden, Modelle und Applikationen bietet sich somit an. Darüber hinaus sind aber auch Anwendungen ausgewählter Themenbereiche des UIS in anderen Untersuchungsgebieten möglich.

2. Umweltinformationssystem Saidenbachtalsperre

Das generierte Umweltinformationssystem Saidenbachtalsperre dient als Grundlage für eine effektive Verwaltung der regional und lokal sehr heterogenen Geodaten einschließlich der Funktionalitäten und Methoden zu deren Analyse (Abb. 2-1). Es ist somit ein primäres Werkzeug für die Interpretation der Belastungssituation der Hausbrunnen. Folgende Definition von BILL & FRITSCH (1996) beschreiben den Begriff UIS im Sinne der vorliegenden Untersuchungen besonders treffend:

„Ein Umweltinformationssystem (UIS) ist ein erweitertes Geo-Informationssystem, das zur Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Präsentation von raum-, zeit und inhaltsbezogenen Daten zur Beschreibung des Zustandes der Umwelt hinsichtlich Belastungen und Gefährdungen dient und Grundlagen für Maßnahmen des Umweltschutzes bildet.“

In diesem Kapitel sollen die angewandten Konzeptionen, GIS-Techniken und Applikationen sowie Datengrundlagen andiskutiert werden, um die Notwendigkeit des Einsatzes des generierten Systems für die komplexen Fragestellungen der vorliegenden Arbeit zu verdeutlichen.

2.1 UIS- Konzeption

Die Verwaltung, Archivierung, Bearbeitung und Präsentation von GIS-Datenbeständen erfolgt an der Sektion Hydrogeologie projektbezogen. In die Gesamtkonfiguration sind die Softwarepakete ARC/INFO (1998) ARC/INFO (2000), ARCVIEW (1998), MAPOBJECTS (1998) / DELPHI (1998) sowie das Relationale-Datenbank-Management-System (RDBMS) ORACLE (1998) eingebunden. Im UIS Saidenbachtalsperre wird zusätzlich MICROSOFT ACCESS (1997) als RDBMS verwendet. Die genannte Standardsoftware wurde mittels integrierter Programmiersprachen (ARC MACRO LANGUAGE (AML) – ARC/INFO; AVENUE - ARCVIEW; DELPHI – MAPOBJECTS; VISUAL BASIC - MICROSOFT ACCESS) durch eigens für die Projektbearbeitungen gezielt entwickelte Benutzerapplikationen erweitert (Abb. 2-1; Abb. 2-4; Abb. 2-7).

Das Datenmanagement für das Untersuchungsgebiet im UIS Saidenbachtalsperre basiert auf dieser internen Lösung der Sektion Hydrogeologie zur GIS-gestützten Projektbearbeitung mit Anbindung einer relationalen Datenbank (WIESER, 2000) und wird umfangreich bei WIESER & THÜRKOW (1999) vorgestellt. Nachfolgende Anmerkungen sollen einen Überblick zur verwendeten Systemkonfiguration vermitteln.

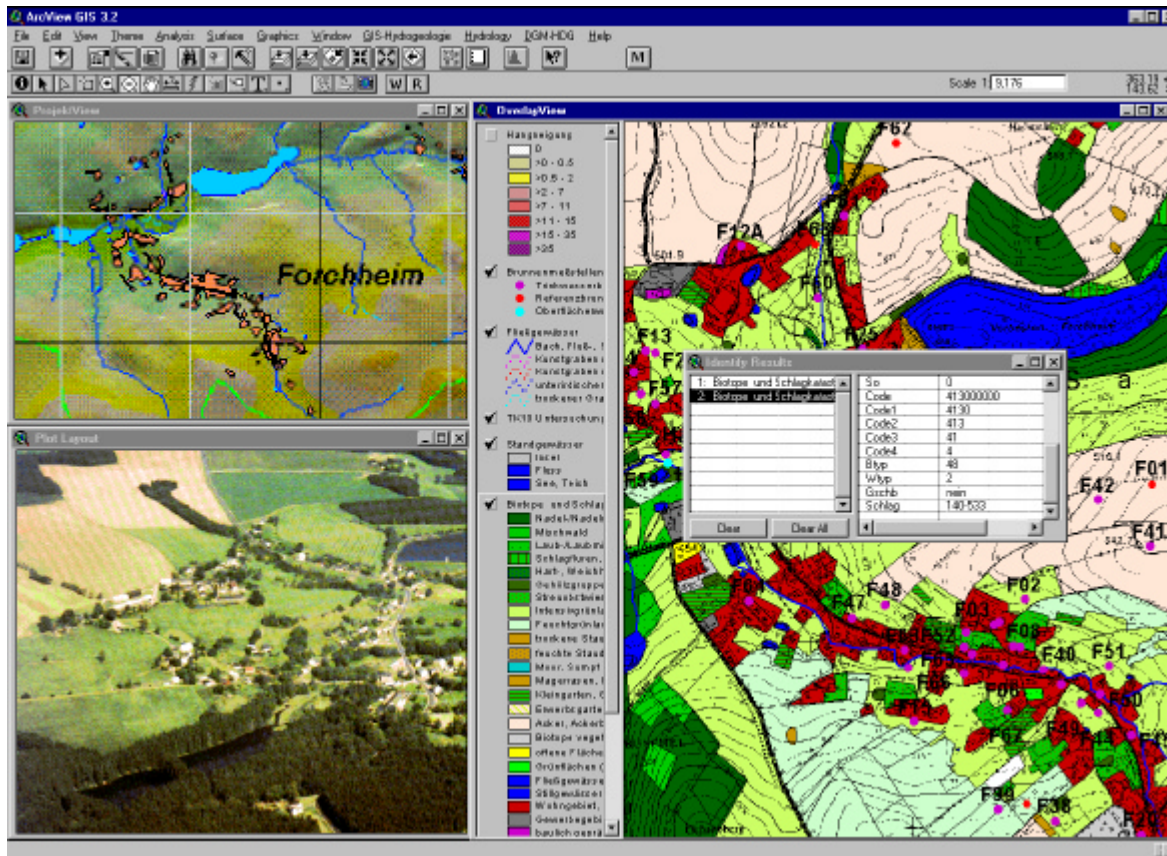


Abb. 2-1: Desktop- Oberfläche des UIS Siedenbachtalsperre – ArcView-Extensionen „GIS Hydrogeologie“ (WIESER, 2000) und „DGMHDG“ (THÜRKOW, 2000a)

Die breite Palette von bei der Projektbearbeitung generierten Dateien wird im UIS in festen Pfadhierarchien gespeichert, die Verwaltung der zugehörigen Metainformationen (z.B. Datenherkunft, Urheber, Qualitätsaussagen) einschließlich Pfadinformationen erfolgt in Datenbanktabellen. Durch diese Vorgehensweise werden beispielsweise Speicherredundanzen, schlechte Dokumentationen und Datenverluste vermieden.

Die hierarchische Speicherung sämtlicher Datentypen ist in Abbildung 2-2 schematisch dargestellt. Jedem Untersuchungsraum, so auch dem Einzugsgebiet der Siedenbachtalsperre, können beliebig viele Projekte zugeordnet werden. Das Projekt Trinkwasserbrunnen ist somit in der Speicherhierarchie dem Untersuchungsgebiet Siedenbachtalsperre untergeordnet. Dem Projekt sind Pfade für die unterschiedlichen Datentypenklassen Raster-, Vektor- und Plotdaten zugehörig. Sie stellen übergeordnete Objektklassen für die verschiedenen Datentypen (Objektunterklassen) dar. Neben den unterschiedlichen ESRI- Formaten (COVER, GRID, TIN, LATTICE oder SHAPE) werden auch andere Geodatenformate (z.B. DXF, geokodierte IMAGES) und Typenklassen zur Präsentation (z.B. Textdokumente, Folien, Fotos und Poster) verwaltet. Den Datentypen wiederum sind einzelne Datenfiles (Objekte) thematisch zugewiesen. Unter dem Datentyp IMAGE sind beispielsweise die rasterbasierten, geokodierten Dateien der topographischen-, Flur- und Schlagkarten sowie der CIR- Luftbilder für das Untersuchungsgebiet gespeichert.

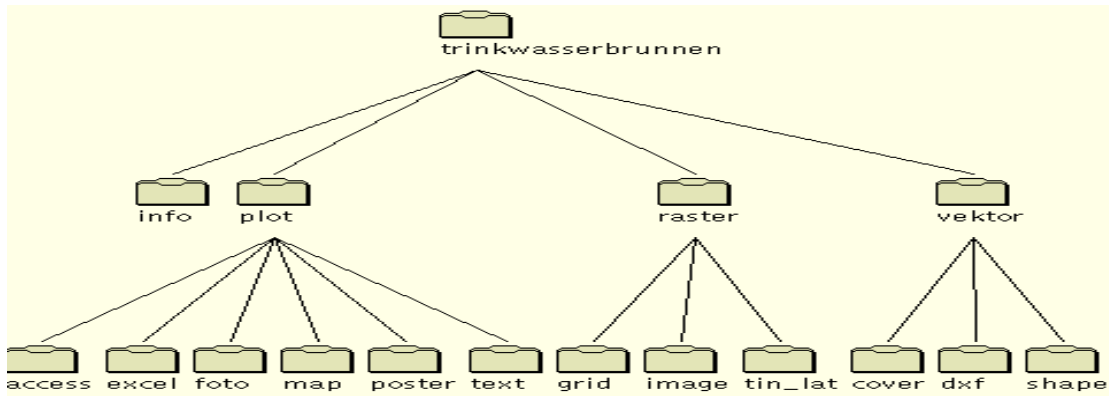


Abb. 2-2: Pfadhierarchie zur Speicherung dateigebundener Saldenbachprojektdaten nach WIESER (2000)

Die Organisation der Speicherhierarchie und die Registrierung sämtlicher Datentypen in der Datenbank erfolgt über ARCVIEW- Eingabemasken (Abb. 2-3), die im Rahmen der generierten ARCVIEW – Extension „GIS Hydrogeologie“ (WIESER, 2000) zur Verfügung stehen. Mit Hilfe dieser Benutzeroberflächen sind Möglichkeiten gegeben, dem Projekt (UIS) Objekte hinzuzufügen oder auch zu entfernen. Die Applikation ermöglicht weiter, unabhängig vom Datentyp beliebige Sichtungen und Überlagerungen geokodierter Datenfiles zur Geologie, Geomorphologie, Pedologie, Hydrologie, Flächennutzung, Topographie usw. vorzunehmen. Zudem ist eine umgehende Präsentation der Geodaten in thematischen Karten, basierend auf sogenannten LAYOUTS, möglich. Weitere Zusatzinformationen (u.a. Fotos, fertige Plots thematischer Karten, Excel- Tabellen oder auch Textdokumente) können ebenso direkt aus der Datenbank abgerufen und am Bildschirm visualisiert werden.

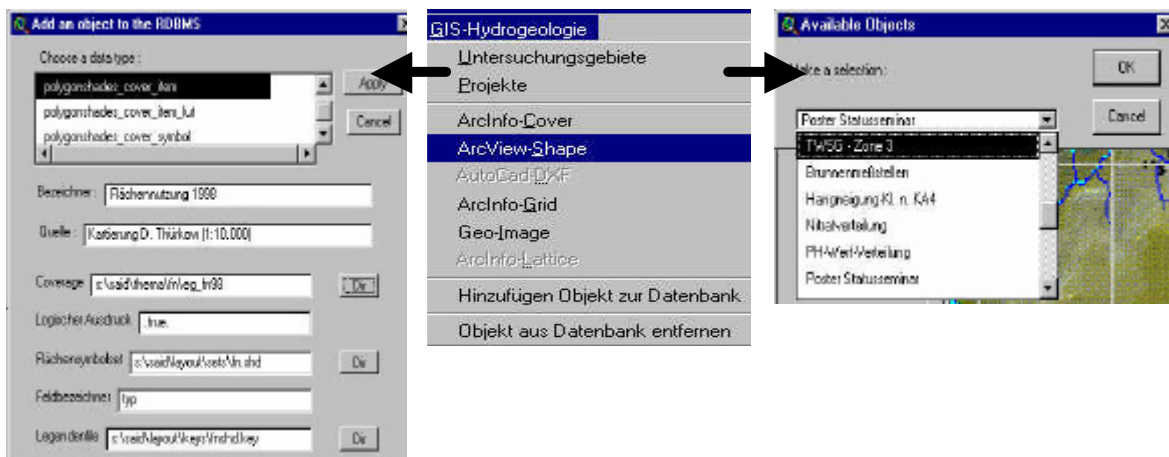


Abb. 2-3: ArcView-Eingabemasken zur Registrierung und Sichtung projektbezogener Daten (WIESER, 2000)

Sämtliche registrierte Geodaten sind über die Benutzeroberfläche auf schnellstem Wege für weitere GIS-basierte Bearbeitungen und Analysen zugänglich (Tab. 2-1). Ausführliche Erläuterungen zu GIS-Analyse-Werkzeugen finden sich z.B. bei LIEBIG (1999), der Dokumentation zu ARC/INFO (1998) und ESRI (1998).

Tab. 2-1: Beispiele für GIS-Techniken zur Geodatenanalyse

Typische GIS-Techniken (wahllos)		
Verschneidungen (CLIP, UNION, ERASE, DISSOLVE, IDENTITY, INTERSECT, SPLIT, UPDATE)	Vektorisierungen, Rasterisierungen; Vektor-Raster-, Rastervektor-konvertierungen	Logische-, Geometrische-, SQL- Abfragen
Generalisierungen	Transformationen	(Geo-)Statistiken
Pufferungen (BUFFERN)	Projektionen	Sachdateneditierungen
Klassifizierungen, Schwellenwertanalysen	Scannen, Geokodierungen	Geometriedateneditierungen, Digitalisierungen
Interpolationen (z.B. INVERSE DISTANCE WEIGHTED, KRIGING, AKIMA)	Mosaikierungen	Nachbarschaftsanalysen
3D-Darstellungen, Sichtbarkeitsanalysen, Themenüberlagerungen (OVERLAYING)	Modellierungen (u.a. Digitale Geländemodellierung)	Erstellen von LAYOUTS (Thematischen Karten) Datenimport-, export

Für den Zugriff auf das Datenarchiv der Geodaten wurden mehrere Applikationen erstellt. Neben der beschriebenen ARCVIEW-Extension „GIS Hydrogeologie“ ermöglicht ein AML-Programm (WIESER, 2000) die Sichtung, Überlagerung und Ausgabe der vorhandenen Geodaten im ARCINFO (Abb. 2-4).

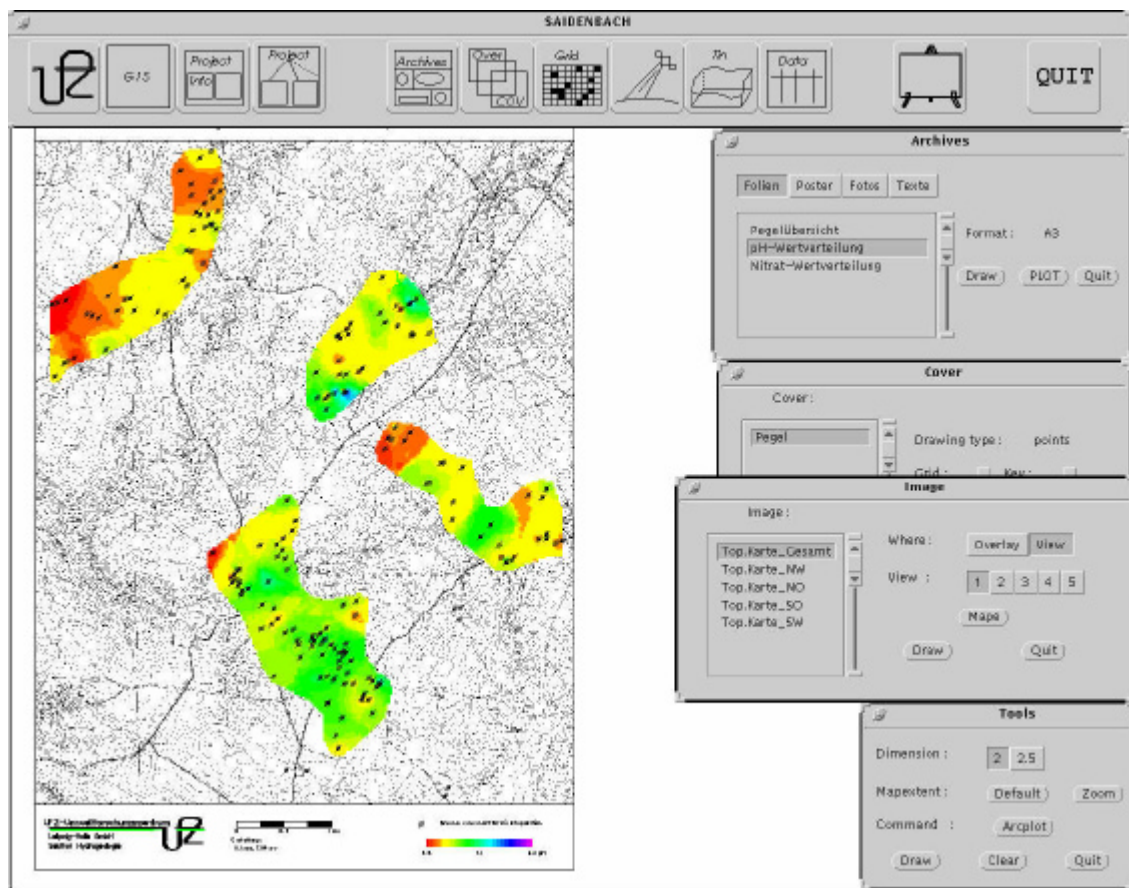


Abb. 2-4: AML-Applikation „GIS Hydrogeologie“ (WIESER, 2000) – Regionalisierung von Punktmessdaten zum pH-Wert durch IDW-Interpolation

Die in RDBMS gespeicherten Metadaten gehören ebenfalls sehr unterschiedlichen Datenkategorien an, deren Verwaltung im UIS durch verschiedene Datenbankapplikationen übernommen wird. Für die Speicherung folgend aufgeführter Metadaten wird an der Sektion Hydrogeologie das ORACLE-basierte Informationssystem „HYGEO“ (1997) benutzt. Die geplante Mehrfachnutzung der im UIS entwickelten Methoden und Modelle machte die zusätzliche Generierung der MICROSOFT ACCESS-Applikation „AMETADAT“ (HERRMANN & THÜRKOW, 2000) zum Metadatenmanagement notwendig (Abb. 2-5), weil Systemkonfigurationen unter Einbeziehung von ORACLE-Datenbanken aus Kostengründen nicht allorts voraussetzen sind. MICROSOFT ACCESS (1997) dagegen sollte für potentielle Nutzer im finanziellen Rahmen liegen bzw. gehört heute zur Standardausstattung eines PC-Arbeitsplatzes. Grundlegende Funktionalitäten zur Verwaltung, Archivierung und Präsentation von Eingangsdaten für „WRAP“ (Abschn. 5.2) können somit im externen Gebrauch des UIS auch durch die eigens erstellte ACCESS-Applikation übernommen werden.

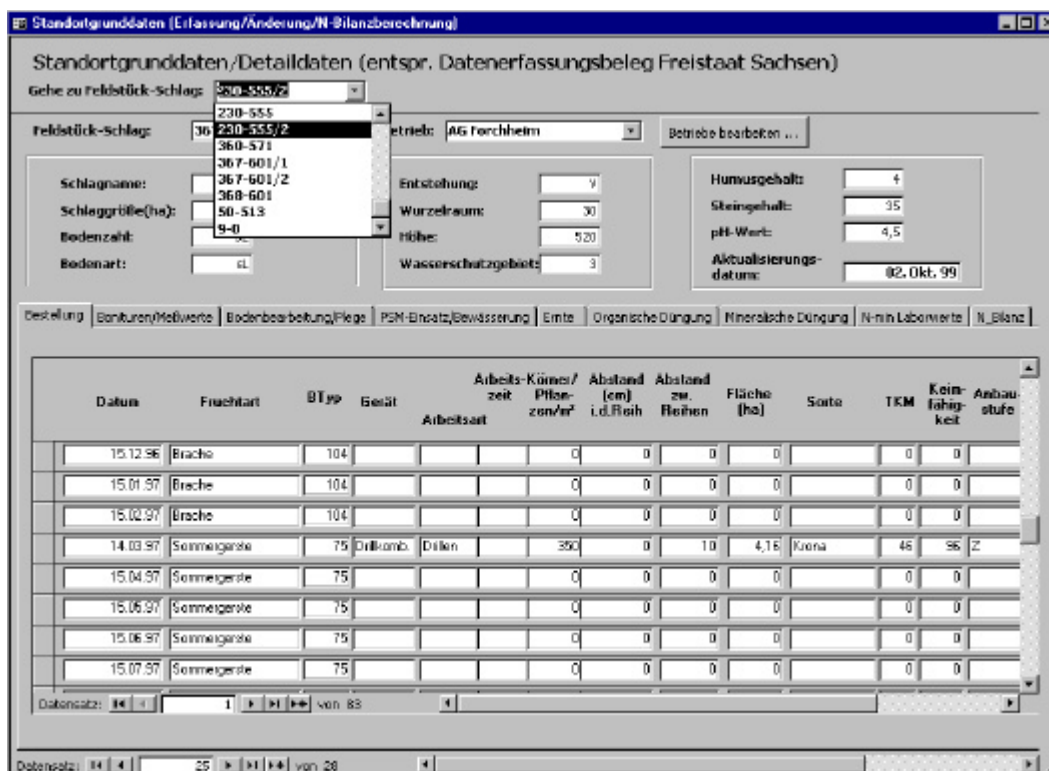


Abb. 2-5: ACCESS-Applikation „AMETADAT“ (HERRMANN & THÜRKOW, 2000) zur Speicherung flächenbezogener Bewirtschaftungsdaten aus der Sächsischen Schlagkarte

Im Informationssystem „HYGEO“ erfolgt die Erfassung und Archivierung der Beprobungsdaten zur Hydrochemie der Hausbrunnenwässer (Abb. 2-6). Neben den eigentlichen Analysenwerten werden wichtige Zusatzinformationen, wie z.B. Analysenmethodik und -fehler, Witterungsbedingungen während der Probenahme oder geodätische Informationen (Lage des Brunnens im Gradnetz, Höhe HN usw.) gespeichert. Der gesamte Ablauf der Probenahmen von der Organisation bis zur Freigabe der Analysenwerte im Labor ist in diesem Informationssystem standardisiert und wird durch entsprechende Benutzerapplikationen gestützt. Die Planung, Registrierung und Archivierung der Daten zur Belastungssituation der Brunnenwässer über

die Datenbank ist somit sehr effektiv. Mit Abschluss der Feldarbeiten im Dezember 2000 waren 12797 Analysen aus 1428 Einzelproben zur hydrochemischen Beschreibung der Brunnenwässer in der Datenbank „HYGEO“ gefasst, die als Eingangsdaten für sich anschließende umfangreiche statistische Auswertungen zur Belastungssituation dienen (u.a. Abschn. 6.3 ff).

Weitere in der Datenbank gespeicherte Metainformationen sind die Eingangsdaten für die Modellierung von wesentlichen Komponenten des Landschaftswasserhaushalts und Stoffeintrags in den Brunneneinzugsgebieten (Abschn. 5.2 ff), zu denen Klimaparameter und Bewirtschaftungsdaten der Agrarbetriebe zählen. Die Bewirtschaftungsdaten sind der Sächsischen Schlagkarte entnommen. Neben der Abbildung der Standortgrunddaten der Ackerschläge (u.a. Schlagname, Schlaggröße, Bodenart, Entstehung, Stein- und Humusgehalt) werden die zeitlichen und räumlichen Gegebenheiten der Ackerbestellung und Bewirtschaftung archiviert (Abb. 2-5). Darüber hinaus sind direkte Ableitungen von zeit- und gebietsbezogenen Salden des N-Haushalts mittels kleiner Programme möglich.

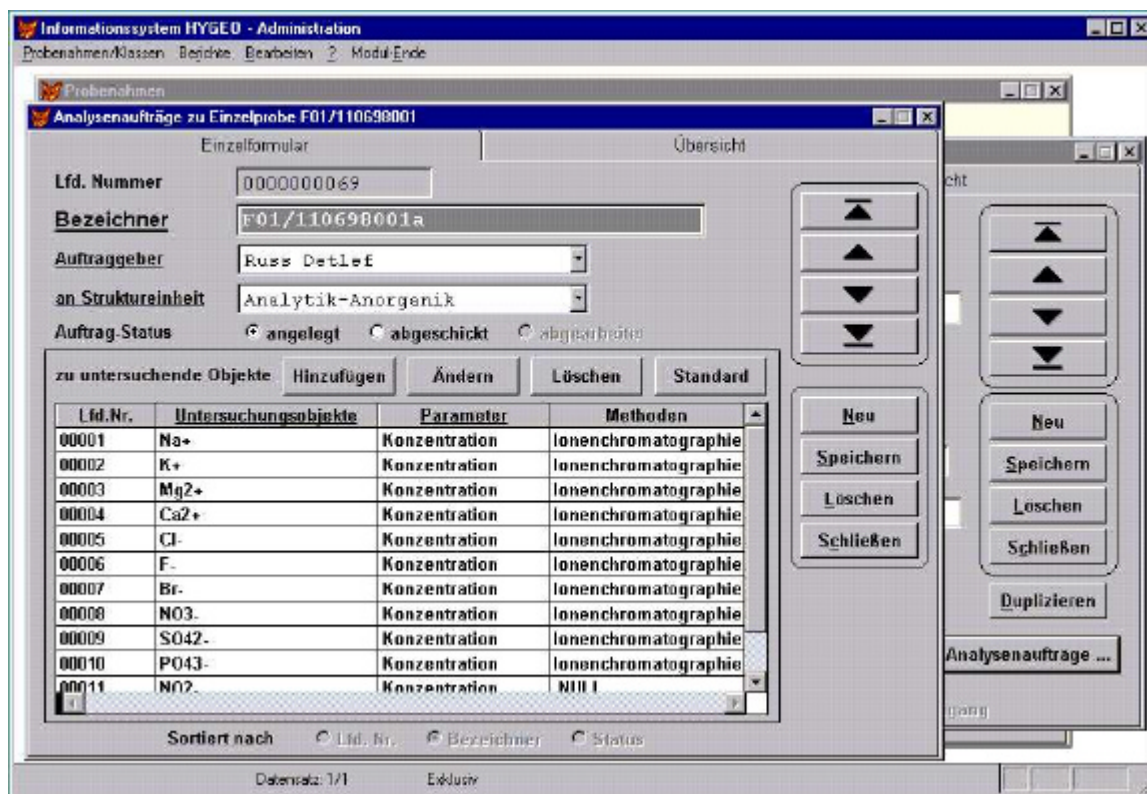


Abb. 2-6: Analyseauftrag in der Datenbank „HYGEO“

Ein Beispiel für eine effektive Datenanalyse und Präsentation ist durch die an der Sektion Hydrogeologie im Einsatz befindliche, mit DELPHI und MAPOBJECTS geschriebene Applikation „GISHDG“ (WIESER, 2000) gegeben. Hier sind Möglichkeiten des schnellen Zugriffs auf die relationale Datenbank „HYGEO“ bei gleichzeitiger Verknüpfung der Analyse- mit den Geodaten realisiert. In Abhängigkeit des vom Benutzer gewählten Kartenausschnittes werden die Probenahmeorte (Brunnen) des definierten Bereiches aus der Datenbank ausgelesen. Alle zugehörigen Beprobungsdaten lassen sich in kürzester Zeit anzeigen oder in dBase-Files exportieren. Einzeln mit Analysen verknüpfte Orte lassen das direkte Zeichnen von Diagram-

men (z.B. Säulen-, Torten-, Zeitreihendiagramme zur Entwicklung beliebig selektierter hydrochemischer Parameter eines Brunnens) in die Hintergrundkarte zu (Abb. 2-7). Neben einer schnellen Sichtung und Herstellung des Raumbezugs der Beprobungsdaten ist durch diese Applikation auch eine schnelle kartographische Aufarbeitung und deren Präsentation in Textdokumenten möglich.

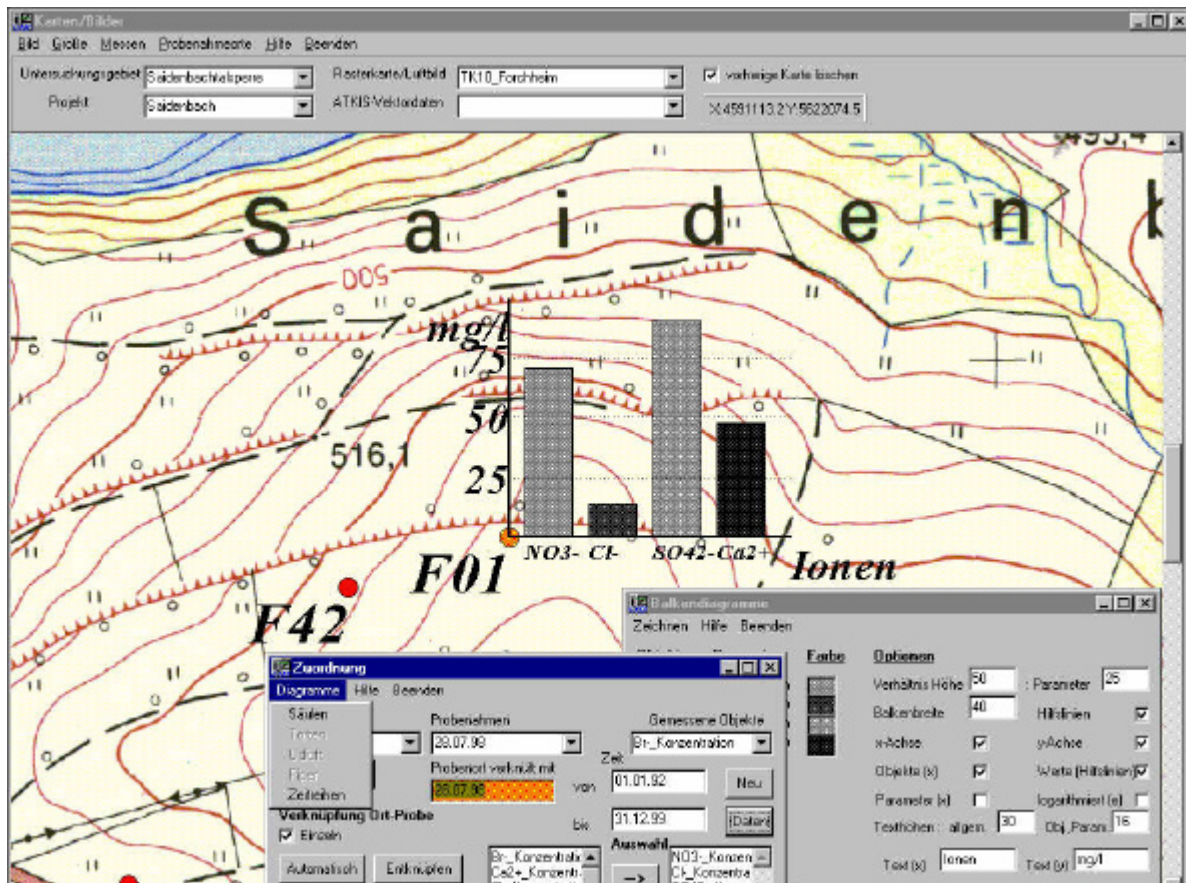


Abb. 2-7: MAP OBJECTS / DELPHI- Applikation „GISHDG“ (Wieser, 2000) für den Datenbankzugriff auf das Informationssystem „HYGEO“

Im Rahmen dieser Arbeit wurden eine ganze Reihe von ARCVIEW (AVENUE) und ARCINFO (AML)-basierten Programmen und Benutzeroberflächen generiert, die auf der vorhandenen Konfiguration der Sektion Hydrogeologie aufsetzen und zu einer effektiveren Auswertung der Belastungssituationen in den Hausbrunnen beitragen. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Erstellung von GIS-Applikationen zur effizienten Erarbeitung von Untersuchungsergebnissen morphologischer Standortfaktoren („DGMHDG“ - THÜRKOW, 2000a) und der einzugsgebiets-spezifischen Abbildung des Wasser- und Stoffhaushalts („WRAP“ - THÜRKOW, 2000b). Diese Programme dienen der detaillierten Bewertung des Landschaftshaushalts in Bezug auf die Brunnenwasserqualität und werden umfangreich in den Kapiteln 5.1 und 5.2 vorgestellt.

Das UIS eignet sich sehr gut als Schnittstelle zu deterministischen Modellen. Die Eingangsparameter für diese Modelle lassen sich ebenso effizient im UIS archivieren und bewerten wie die mit ihrer Hilfe generierten Untersuchungsergebnisse. Als Beispiele sollen hier die Modelle „MINERVA“ (BEBLIK, KERSEBAUM & RICHTER, 1997) und „CANDY“ (FRANKO,

ÖLSCHLÄGEL & SCHENK, 1997) zur Simulation der Stickstoffdynamik in der ungesättigten Zone bzw. „EROSION3D“ (WERNER, MICHAEL & SCHMIDT, 1993) zur Simulation von Erosionsereignissen genannt sein. Für „MINERVA“ und „EROSION3D“ erfolgten im Untersuchungsraum umfangreiche Modellkalibrierungen durch die Autoren. Durch die Anwendung dieser Modelle können die Untersuchungsergebnisse aus dem UIS gezielt erweitert werden.

Fazit: In der Abbildung 2-8 ist die eben erläuterte Gesamtkonzeption des UIS Saidenbachtalsperre schematisch dargestellt. Neben der Komplexität des generierten UIS wird hier auch die Schwierigkeit angedeutet, standardisierte und entwickelte GIS-Techniken zielgerichtet und sinnvoll anzuwenden. Andererseits geht jedoch auch hervor, dass durch die Nutzung der aufgeführten Konfiguration eine projektbezogene Arbeit wesentlich vereinfacht wird und zur effektiven Erstellung von Untersuchungsergebnissen beiträgt. In kürzester Zeit können durch die komplexe Auswertung der Standortfaktoren in den Brunneneinzugsgebieten Gefährdungsabschätzungen und Konfliktpotentiale für die Brunnenwässer abgeleitet und in Form von Thematischen Karten, Tabellen, Diagrammen und Textdateien am Bildschirm und im Plot ausgegeben werden. Folglich sind die GIS-gestützten Analysen im UIS wesentliche Grundlage für eine verbesserte, qualitätsorientierte Grundwasserbewirtschaftung im Brunnenanstrom.

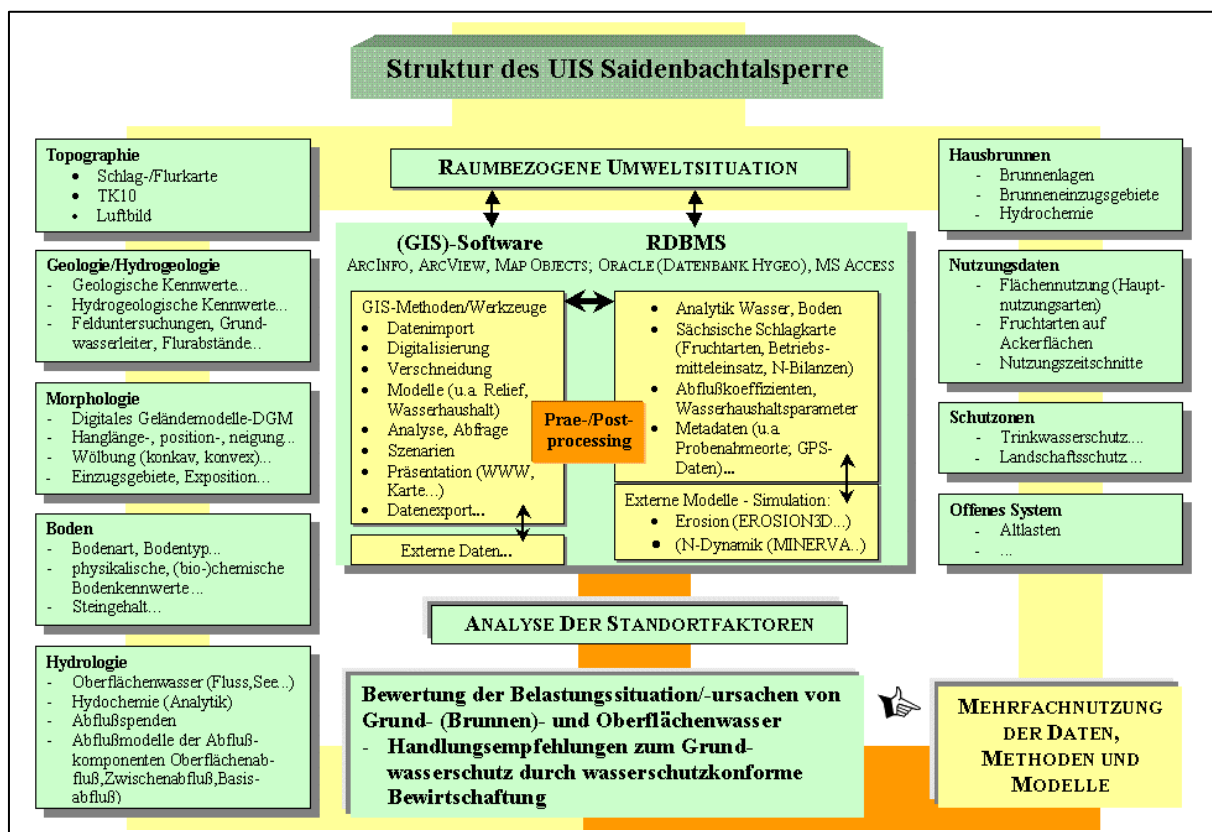


Abb. 2-8: Schema zur Strukturierung des UIS Saidenbachtalsperre

2.2 UIS- Datengrundlage und Datenqualität

Mit Hilfe von GIS-Applikationen erstellte, ungenügend kommentierte Analysen und Präsentationen von Geodaten erwecken häufig den Eindruck des verwendeten „perfekten Systems“. Dagegen birgt die Erfassung, Eingabe, Verwaltung, Analyse und Ausgabe der Daten mittels GIS neben den genannten Vorteilen (Abschn. 2.1) auch eine Vielzahl von potentiellen Fehlermöglichkeiten in sich (LIEBIG, 1999), die einer kritischen Auseinandersetzung bedürfen.

Die Datendichte und das enthaltene Fehlerpotential der UIS-Eingangsdaten bestimmen die Qualität der Untersuchungsergebnisse. Im Einzelnen sollen in diesem Kapitel die wesentlichen Daten- und Fehlerquellen im Rahmen der GIS-basierten Untersuchungen erläutert werden.

Der Erfassung der Ausprägung von Raum- und Sachinformationen im UIS liegen unterschiedliche Datenquellen verschiedenen Alters und Maßstabs zu Grunde (Abb. 2-8; Tab. 2-2). Analysen zur Qualität dieser Daten sind teilweise nicht oder nur begrenzt möglich, da der konkrete Weg zur Abbildung ihrer enthaltenen raumbezogenen Informationen z.B. in einer analogen Karte kaum noch nachvollziehbar ist. Die Datenqualität für einen geraumen Teil der UIS-Eingangsdaten bleibt demzufolge weitestgehend unklar und das gegebene Fehlerpotential muss in den meisten Fällen ungeprüft übernommen werden.

Zu dieser Kategorie von Daten gehören z.B. die im UIS als topographische Basisdaten fungierenden, 1993 neu aufgelegten, topographischen Karten (6 Kartenblätter, Maßstab 1:10.000).

- Lengefeld – 5245-SW
- Forchheim – 5245-SO
- Dörnthal – 5246-SW
- Borstendorf – 5245-NW
- Großhartmannsdorf – 5245-NO
- Zethau – 5246-NW

Nach dem Einscannen, Geokodieren und Mosaikieren bildeten sie die Grundlage für die Generierung verschiedener Informationsebenen im UIS (Tab. 2-2). Zudem werden die TK10, verknüpft mit beliebigen Themenlayern, als Hintergrundinformationen in Arbeitskarten, bei der Bildschirmarbeit sowie bei der Kartenausgabe und Präsentation benutzt und dienen dem Anwender zur Analyse räumlicher Zusammenhänge bzw. zur Orientierung im Untersuchungsraum. Auf Grundlage der mosaikierten TK10 wird jegliche Geoinformation im UIS blattschnittfrei verwaltet.

Auf die Nutzung von Informationen aus dem Digitalen Landschaftsmodell (DLM) des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) des Landesvermessungsamtes Sachsen wurde weitestgehend verzichtet, weil erhebliche Fehler, insbesondere in der Attributierung der Geometriedaten, festgestellt wurden.

Die Qualität der Daten ist erheblich von der Genauigkeit bei ihrer Erfassung abhängig. Beim Digitalisieren entstehen die meisten Fehler, da hier der menschliche Einfluss am größten ist

(LIEBIG, 1999). Die Generierung der Rauminformationen zur Geologie, Geomorphologie, Hydrologie, Hydrogeologie, Flächennutzung (teilweise) und zur Lage der Brunnen basiert auf eigenen Digitalisierungen. Bodendaten, Daten zu Altlastverdachtsflächen sowie Schutzgebieten des Trinkwasser- und Naturschutzes waren für das Untersuchungsgebiet digital als zu meist unaufbereitete Rohdaten erhältlich (Tab. 2-2). Genannte selbst digitalisierte UIS-Eingangsdaten unterlagen umfangreichen Fehleranalysen- und Korrekturen und gingen somit fehlerreduziert in das GIS ein. Wie aber ist die Qualität der Geometrien und Attribute der „fremddigitalisierten“ Daten zu bewerten? Diese Frage konnte oftmals nicht oder nur ungenügend beantwortet werden.

Verschiedene Generierungsmaßstäbe der Thematischen Karten sind ebenso problematisch, da die unterschiedliche Ausprägung von Genauigkeit, Datendichte und Generalisierungsgrad der Kartenobjekte beim OVERLAYING oder beim Verschneiden zu geometrischen und inhaltlichen Fehlern führt. Beispiele sind Überlappungen (Mehrfachbelegungen) oder auch „Löcher“ (Flächen ohne Informationsgehalt) in der ausgegebenen Geoinformation (Abb. 2-9).

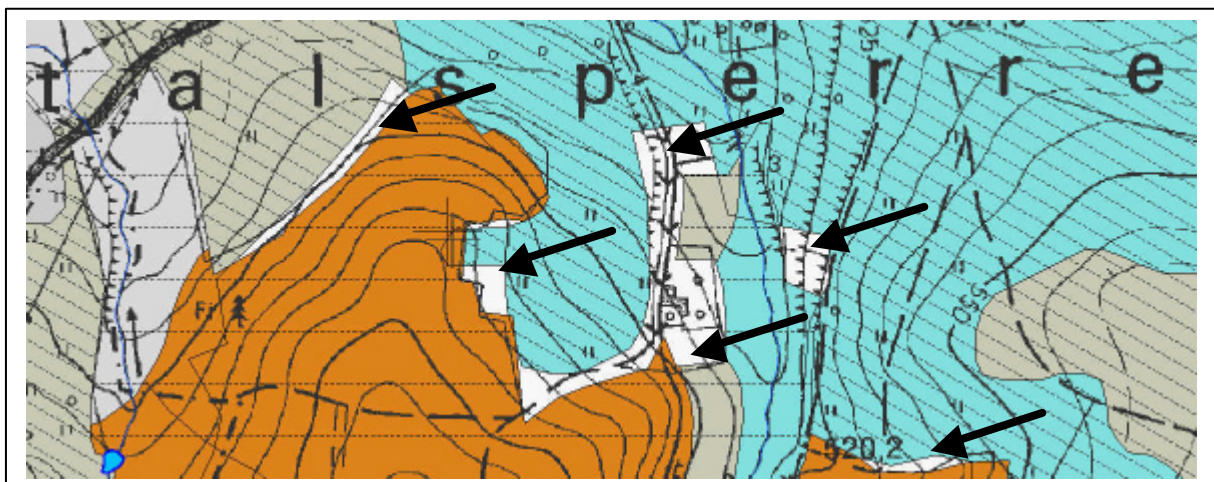


Abb. 2-9: Fehlerhafte Darstellung von Bodeninformationen auf Grund unterschiedlicher Maßstabsebenen der Eingangsdaten MMK und FSK

Die räumliche Ausprägung von Bodeneigenschaften (Bodenkennwerten), Nutzungstypen und Bewirtschaftungsweisen, Reliefparametern und geologischen Verhältnissen wirkt in Abhängigkeit von der klimatischen Situation in ihrer Gesamtheit entscheidend auf die Belastungssituation der Brunnenwässer. Deshalb soll der Eingang dieser Datenebenen in das UIS im Folgenden etwas umfangreicher erläutert werden.

Die digital übernommenen **Bodendaten** der Landesämter stellen für die Blattschnittbereiche des Untersuchungsraums in Hinsicht auf die räumliche Verteilung der Bodenarten, Bodenhorizonte und Zuweisung von Attributen weitestgehend ungeprüfte Rohdaten dar und verdeutlichen die dargelegten Probleme sehr anschaulich. Unterschiedliche Codierungen und Maßstäbe der verwendeten Bodendatenebenen (FSK und MMK) erschwerten die Verschneidung zu einem flächendeckenden Themenlayer Boden. Da Bodeninformationen für die Bereiche der

Brunnendörfer gänzlich fehlten, wurden diese über Inverse Distance Weighted (IDW-) Interpolationen aus den vorhandenen Bodendaten hergeleitet (Karte UIS-1). Folgernd basieren Teilbereiche der in die Wasserhaushaltsmodellierungen eingehenden Bodenparameter auf interpolierten Ausprägungen der Bodenarten und sind somit potentiell fehlerhaft. Eine Verbesserung der Datenbasis durch aufwendige Bodenuntersuchungen und Kartierungen in den Referenzbrunneneinzugsgebieten war notwendig, um hier Modell- und Parameterfehler bei der Modellierung des Bodenwasserhaushalts (Grundwasserneubildung) einzuschränken und die Repräsentanz der Untersuchungsergebnisse zu verbessern.

Tabelle 2-2: Datenquellen und Qualität wesentlicher UIS-Eingangsdaten

Informationsebene / Auflage, Jahr	Maßstab	Informationsgehalt	Quellen ^Q	
			Daten	Digitale- lisierung
Naturräumliche Ausstattung				
Geologische Spezialkarte (1931) Blatt Sayda, Blatt Lengefeld	1:25.000	Verbreitung der geologischen Gesteinskomplexe, Störungen	C	E
Digitales Geländemodell (DGM), DGM-Ableitungen extrahiert aus den TK10 (1993)	1:10.000	Ausprägung des Reliefs - u.a. Höhenschichtung, Exposition, Hangneigung, Schummerung, Wölbung, Hanglänge, Fließrichtung, Fließakkumulation, Abflussbahnen, Abflussordnung	C	E
Hydrogeologische Grundkarte (1983) HK50 1308-3/4	1:50.000	Verbreitung und Charakteristik hydrogeologischer Gesteinskomplexe; Parameter der Grundwasserführung; Störungen, Quellen, Schüttungsmengen	C	E
Hydrogeologische Kennwerte (1983) HKK50 1308-3/4	1:50.000	Verbreitung und Parameter der Grundwasserführung hydrogeologischer Gesteinskomplexe	C	E
Grundwassergefährdung 1308-3/4	1:50.000	Geschütztheitsgrad des Grundwassers	C	E
Gewässernetz extrahiert aus den TK10 (1993)	1:10.000	Fluss, Teich, See, Stausee, Bach, Kunstgraben (unter- und oberirdisch), unterirdischer Bach, trockener Graben/periodischer Bach	C	E
Forstwirtschaftliche Standortkartierung (FSK); Bearbeitungsstand 1998	1:10.000	Bodenarten, Bodentypen, Substrattypen, Bodenkennwerte usw.	B	B E
Mittelmaßstäbige Standortkartierung (MMK 25, Blatt 5245, Blatt 5246); Bearbeitungsstand 1998	1:25.000	Bodenarten, Bodentypen, Substrattypen, Bodenkennwerte usw.	A	A E
Nutzungszeitschnitte				
CIR-Biotypen- und Landnutzungskartierung Sachsen (1993)	1:10.000	Biotypen nach Kartiereinheitenschlüssel Sachsen	A	Ä E
ATKIS-DLM 25/1 (1993)	1:25.000	Siedlung, Verkehr, bodenwirtschaftliche Nutzung, Gewässer, administrative Grenzen	C	C

^Q Quellen: [A]-Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie; [B]-Sächsische Landesanstalt für Forsten Graupa; [C]-Landesvermessungsamt Sachsen; [D]-Landratsamt Mittlerer Erzgebirgskreis; [E]-eigene Datenerfassung, Bearbeitung von vorliegender Rohdaten; [F]- Sächsische Schlagkarte im Rahmen der SächSchAVO – Programm Umweltgerechte Landwirtschaft (UL) - Agrargenossenschaften Forchheim, Dörnthal-Haselbach; [G]-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Hydrogeologie; [H]-Diplomarbeit von SAUERMAN (1995) [I]-Talsperrenverwaltung Saldenbachtasperre der Landestalsperrenverwaltung Sachsen; [J]-Versuchsstation der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Forchheim; [K]-TU Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie; [L]-Ökologisches Laboratorium Neunzehnhain der TU Dresden

Fortsetzung Tab. 2-2				
Nutzungszeitschnitt 1994	1:10.000	Hauptnutzungstypen	H, C	E
Nutzungszeitschnitt 1998	1:10.000	Hauptnutzungstypen	E, C	E
01/1993-12/2000 in monatlicher Auflösung - CIR-Biototypen- und Landnutzungskartierung Sachsen; Sächsische Schlagkarte	1:10.000	Biototypen (1993) ergänzt durch erntejahrspezifische Bewirtschaftungsdaten der landwirtschaftlich genutzten Flächen für Referenzbrunneneinzugsgebiete	A E F	A E
Eingangsdaten zur hydrologischen Prozessmodellierung				
Klimadaten Reifland Zeitreihe 1975 bis 1999	1:10.000	Niederschlag, Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Bodentemperatur, Schneehöhe usw. (stündlich, täglich)	I	I, E
Klimadaten Forchheim Zeitreihe 1996 bis 2000	1:10.000	Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Sonnenscheindauer usw. (stündlich, täglich – 1996 bis 2000)	J	J, E
Abflussdaten Vorfluter 1996 bis 2000	1:10.000	Gesamtabflussmengen und Wasserqualität in Vorflutern des Untersuchungsraums (täglich; monatlich, jährlich)	I, L	I, L, E
Klimadaten Messstationen Dörnthal, Eppendorf, Forchheim, Großhartmannsdorf, Grünhainichen, Mittelsaida, Olbernhau, Pockau, Reifland, Sayda, Zöblitz (Zeitreihe 1983 bis 1992)	1:10.000	Sommerhalbjahresmessungen Niederschlag (stündlich)	K	K E
Brunnenwasserqualität				
Hydrochemische Daten; Brunnendaten (1996-2000)	1:10.000	Milieuparameter, Anorganik, Spurenelemente, Organik, Isotope, Brunnenlage, Brunnentiefe, Betreiber, Brunnenausbau, Schadstoffquellen im Anstrom usw.	G E	G E
Schutzgebiete				
Schutzgebietsdaten (1998)	1:10.000	Flächen Naturschutz, TWSG 1-3	D	D, E
Altlasten				
Altlastverdachtsflächen (1998)	1:10.000	Räumliche Ausprägung und Art der Altlastverdachtsfläche	D	D E

Insgesamt stellen die Bodendaten durch die genannten potentiell relativ hohen Fehlerquoten die größte „Schwachstelle“ im Gesamtsystem dar, weil Bodenkennwerte neben Nutzungs- und Bewirtschaftungsdaten den Wasser- und Stickstoffhaushalt primär determinieren. Eine deutliche Verbesserung der Datenbasis, wie sie kleinräumig für die Referenzbrunneneinzugsgebiete vorgenommen wurde, kann großflächig nur von amtlicher Seite oder im Rahmen von weiteren Forschungsprojekten erfolgen.

Zur Generierung zeitlich detaillierter Abbildungen der **Flächennutzung** in Nutzungszeitschnitten bedurfte es ebenso verschiedener Basisdaten, die gleichermaßen unterschiedliche Datenqualitäten aufwiesen (Tab. 2-2). Zunächst erfolgte eine Erfassung der Geometrien der Hauptnutzungsarten (Acker, Grünland, Nadelwald, Laubwald, Mischwald, Bebauung, Grün-

flächen, Verkehr, Oberflächengewässer) mittels Digitalisierung der TK10, ergänzt durch Nutzungskartierungen (SAUERMAN, 1995 sowie eigene) und Luftbilddauswertungen.

Eine Berücksichtigung der spezifischen Ackerflächenbewirtschaftungen und Anbaukulturen einschließlich Grün- und Schwarzbrache in den Nutzungszeitschnitten war zwingend. Landwirtschaftliche Nutzflächen stellen etwa 68 % der Gesamtfläche des Untersuchungsraums (Abschn. 3.8). Die Hausbrunneneinzugsgebiete befinden sich zu etwa einem Drittel unter Ackerflächen. Unterschiedliche Formen der Ackerbewirtschaftung (u.a. Fruchtarten, Bodenbearbeitung, Betriebsmitteleinsatz) steuern maßgebend Gebietswasserhaushaltsgrößen und Prozesse der Nährstoffauswaschung.

Deshalb erfolgte eine Erfassung der im Rahmen des Förderprogramms „Umweltgerechte Landwirtschaft“ (UL) nach der SächSchAVO (Abschn. 3.9) vorliegenden schlagbezogenen Daten zur Ackerbewirtschaftung bei den Agrargenossenschaften des Untersuchungsraums und deren Speicherung in den RDBMS (Abschn. 2.1). Über die Schlagnummern der Ackerflächen werden die zugehörigen Bewirtschaftungsdaten aus der Datenbank (Abb. 2-8) ausgelesen. Die Erzeugung von Nutzungszeitschnitten im GIS kann folglich für die Jahre 1993 – 2000 dynamisch und in monatlicher Auflösung erfolgen. Da die CIR- Biototypen- und Nutzungsklassifizierung Sachsens hinsichtlich Genauigkeit und Datenumfang zu guten Ergebnissen führt, dient sie als Datenbasis für die Integration der zeitschnittbezogenen Daten landwirtschaftlicher Nutzung (Karte UIS-2). Die Generalisierung der nach Kartiereinheitenschlüssel Sachsen detailliert erfassten Biototypen zu in Tabelle 3-2 zusammengefassten Nutzungstypen übernahm ein kleines AML- Programm.

Die Erstellung des DGM und die Ableitung morphologischer und hydrologischer **Reliefparameter** sowie Aussagen zu deren Datenqualität sind umfangreich im Kapitel 5.1 beschrieben.

Für die **Geologie** fungiert die Geologische Spezialkarte (REINISCH, 1931) als Datenbasis. Die digitale Einarbeitung neuerer Arbeiten zur Geologie des erweiterten Untersuchungsgebiets (KEMNITZ, 1988) scheiterte an der großen Verzerrung der verfügbaren Digitalisiervorlage, war aber für die Fragestellungen der vorliegenden Arbeit auch nicht zwingend notwendig. Der geologische Untergrund des Talsperreneinzugsgebiets wird überwiegend von basenarmen Gesteinen mit geringen Säurepufferkapazitäten gebildet, die eine weitgehend gleiche Beeinflussung der Hydrochemie der Brunnenwässer zur Folge haben (Abschn. 6.3.4).

Generell mussten auf Grund der unterschiedlichen Datenqualität der UIS- Eingangsdaten zeitaufwendige Anpassungen an Geometrien und Inhalten einzelner Kartenblätter bzw. an durch Verschneidung unterschiedlicher Themenlayer entstandenen Geodaten erfolgen. Dabei durchgeführte Editierungen und Plausibilitätstests obliegen in vielen Fällen dem Interpretationsspielraum des Bearbeiters bzw. der verwendeten Methode.

Die zur Auswertung und Analyse der Geodaten verwendeten GIS-Techniken (Tab. 2-1) können weitere, umfangreiche Fehlerquellen nach sich ziehen. Entscheidend für eine effektive

Fehlerreduzierung ist die richtige Wahl der GIS-Funktion beziehungsweise bestmögliche Parameterisierung der Randbedingungen innerhalb der verwendeten Methode. Stellvertretend für zahlreich durchgeführte Anwendungen im GIS folgend ein Beispiel:

Für die Abbildung des Wasserhaushalts in den Brunneneinzugsgebieten (Abschn. 5.2) wurden Sommerhalbjahresmessungen von Niederschlag und Niederschlagsintensität in stündlicher Auflösung von 12 Messstationen berücksichtigt (Tab. 2-2). Die räumliche Lage der Wetterstationen wurde im UIS durch Digitalisierung der in die TK10 eingetragenen Standorte erfasst. Um Aufschlüsse über das Niederschlagsgeschehen in den Brunneneinzugsgebieten zu erhalten, mussten die Punktmessdaten regionalisiert werden. Da sich zunächst angewendete GIS-Techniken (IDW- bzw. Kriginginterpolationsalgorithmen) trotz der Erprobung unterschiedlicher Randbedingungen (z.B. Barrieren, Interpolationsradius, Mindestanzahl zu berücksichtigender Stationen usw.) aufgrund der zu geringen Messpunktdichte als wenig geeignet herausstellten, wurde die Regionalisierung letztlich durch das klassische Verfahren der THIESSEN- Polygonmethode durchgeführt. Die generierten THIESSENPOLYGONE spiegeln die Niederschlagsverteilung im Untersuchungsraum zwar stark generalisiert wider, führen jedoch bei der verfügbaren Datenbasis noch zu den besten Ergebnissen.

Die hydrochemischen Daten wurden gleichermaßen umfangreich auf ihre Qualität geprüft und unterlagen umfassenden Fehleranalysen und Plausibilitätstests.

Die Strukturierung der Datenbank „HYGEO“ erzwingt einen Ablauf der Probenahmen, der von vornherein zu einer Fehlerreduzierung der Beprobungsdaten führt. Jede Probenahme wurde in allen Einzelheiten über das Informationssystem geplant und vorbereitet. Im Feld wurden die gemessenen Milieuparameter (Abschn. 6.3.1) in über das System vorgefertigte Probenahmeprotokolle eingetragen und anschließend in die Datenbank überführt. Eventuell aufgetretene Übertragungsfehler unterlagen durch mehrfache Überprüfungen umfassenden Korrekturen. Die Messung der übrigen Parameter erfolgte in den zuständigen Laboratorien der Sektion Hydrogeologie (Anorganik, Spurenelemente, Organik, Isotope). Die vom Probennehmer in der Datenbank in Auftrag gegebenen Analysenaufträge wurden durch die Laboranten direkt mit den gemessenen Werten gefüllt, mit Anmerkungen zu ihrer Plausibilität versehen und erst dann durch den jeweiligen Laborleiter für eine weitere Bearbeitung im UIS freigegeben. Außerdem erfolgte eine Speicherung, Verwaltung und Prüfung sämtlicher Datensätze im MICROSOFT EXCEL, da das Informationssystem „HYGEO“ zum Beginn der Projektlaufzeit noch nicht vorhanden bzw. später in der Erprobungsphase war. Plausibilitätstests in Form von Ionenbilanzen nach den Empfehlungen der DVWK (1992) sowie Leitfähigkeitsberechnungen nach MAIER & GROHMANN (1977) sowie ROSSUM (1975) führten zur Beurteilung der Datenbasis. Auf die Datenqualität der hydrochemischen Messdaten der Brunnen wird in Abschn. 6.3.2 weiter eingegangen.

Auch die hydrochemischen Daten unterlagen benannten Fehlerpotentialen bei der räumlichen Analyse und Darstellung im GIS. Beispiele sind in der Regionalisierung der Brunnenmessdaten (mediangemittelte pH- und Nitratwerte) durch IDW- Interpolationsalgorithmen gegeben (Abb. 2-4, Karte UIS-10). Die flächenhafte Darstellung der pH- und Nitratbelastungssituation in Bereichen des Untersuchungsgebietes mit ausreichender Brunnendichte basiert auf der ex-

perimentell gefundenen, vermeintlich besten Definition verschiedener Randbedingungen innerhalb der verwendeten Methode.

Zur Qualität der digital übernommenen Klimarohdaten (Tab. 2-2) von verschiedenen Messstationen sind über allgemein angenommene Messfehler hinaus (Abschn. 5.2.2.1) keine Einschränkungen bekannt.

Auf die Datenausgabe zurückzuführende Fehler sind bei dem technologischen Stand der verwendeten Ausgabegeräte so minimal, dass sie vernachlässigt werden können.

Fazit: Eine Quantifizierung der die Datenqualität beeinflussenden Fehler ist sehr schwierig. Die Eingangsdaten sollten, so weit möglich, umfangreichen Fehleranalysen, Plausibilitätstests und Korrekturen unterliegen. Das Kosten–Nutzen–Verhältnis muss dabei jedoch gewahrt bleiben. Große Datendichten verbessern zumeist die Datenqualität, sind jedoch auch mit erhöhten finanziellen und zeitlichen Aufwendungen verbunden. Der Anwender steht in der Verantwortung, die zur Verfügung stehenden GIS-Techniken und Statistikprogramme sinnvoll zur Analyse und Auswertung der UIS-Daten zu nutzen und auf eventuelle Mängel aufmerksam zu machen.

3. Untersuchungsgebiet

3.1 Lage und Administration



Abb. 3-1: Lage des Untersuchungsraums

Das Einzugsgebiet der Saidenbachtalsperre befindet sich im Mittleren Erzgebirge, etwa 25 km südlich der Bergstadt Freiberg, 30 km östlich von Chemnitz und 40 km südwestlich von Dresden. Die Talsperre ist Bestandteil des Sächsischen Talsperrenverbundes und dient der Trinkwasserversorgung des Erzgebirgsvorlandes, insbesondere von Chemnitz. Das Einzugsgebiet weist eine Ausdehnung von 60,69 km² auf. In den im Einzugsgebiet befindlichen „Brunnendörfern“ Forchheim, Niedersaida, Lippersdorf und Dörnthal-Haselbach lebten 1991 insgesamt 3258 Einwohner. Unter Berücksichtigung des jährlichen Bevölkerungsrückgangs um etwa 1% liegt die Einwohnerzahl heute etwa bei 3000 (EURES/LBB, 1994). Die Dörfer sind dem Mittleren Erzgebirgskreis im Regierungsbezirk Chemnitz zugehörig, dessen Kreisstadt Marienberg ist.