

Das Flussgebietsinformationssystem Saale RIS

Klaus Bongartz, Helmut Staudenrausch, Peter Krause
Institut für Geographie, Lehrstuhl für Geoinformatik, Friedrich-Schiller Universität Jena
Löbdergraben 32, D-07743 Jena

1. Zusammenfassung

Der Lehrstuhl für Geoinformatik bearbeitet gemeinsam mit dem Umweltforschungszentrum Leipzig – Halle wird das Forschungsprojekts "Entwicklung einer integrierten Methodik zum nachhaltigen Management von Flusseinzugsgebieten - am Beispiel des Saalegebietes". Die Arbeiten des Lehrstuhl konzentrieren sich dabei auf die regionale hydrologische Modellierung des Saaleeinzugsgebietes unter Verwendung des skalenübergreifenden Regionalisierungskonzepts der Hydrological Response Units (HRU), die als Modellentitäten im GIS abgeleitet werden. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Bestimmung von Gebietseinheiten, in denen die Transportprozesse noch prozessorientiert beschrieben werden können. Im Speziellen sollen die lateralen Transportprozesse in die Modellierung eingehen, wobei entsprechend der gewählten Gebietskala eine Beschränkung auf ein unbedingt erforderliches Mindestmaß an Eingangsinformationen erfolgen soll. Hierdurch soll eine allgemeine Anwendbarkeit des Ansatzes entsprechend der Datenverfügbarkeit in meso- bis makroskaligen Einzugsgebieten gewährleistet werden. Der gewählte Ansatz soll zudem auch auf größere Flusseinzugsgebiete oder auf Einzugsgebiete mit ähnlicher naturräumlicher Ausstattung übertragbar sein. Diese Untersuchungen bilden einen Beitrag zu den von der EU-Wasserrahmenrichtlinie geforderten gesamtheitlichen Bewertungsansätzen in der Flussgebietsplanung. In dem mehrjährigen Forschungsprojekt werden hierzu folgende sieben Schwerpunktziele bearbeitet:

1. Aufbau einer repräsentativen hydro-meteorologischen Projektdatenbank
2. hydrologische Systemanalyse der im Einzugsgebiet beobachteten Niederschlags- und Abflussvariabilität
3. Landnutzungsklassifikation aus LandsatTM Szenen
4. Aufbau eines GIS-gestützten Informationssystems in Form einer Einzugsgebietsdatenbank zur Haltung der anwendungsrelevanten Daten
5. prozessorientierte HRU-Ableitung im GIS und Prüfung von landschaftsorientierten Flächenaggregationen
6. Regionale hydrologische Modellierung der Abflussbildung, mit besonderer Berücksichtigung der schnellen Abflusskomponenten mit verschiedenen Modellansätzen des Modellsystems PRMS/MMS unter Verwendung von miteinander verschachtelter repräsentativer Teileinzugsgebiete ("nested catchment approach") aufbauend auf den Ergebnissen repräsentativer Teileinzugsgebietsstudien und
7. das Erstellen einer Arbeitsanleitung mit Beispielen und Testdatensätzen, die eine methodische Integration von hydrologischer Systemanalyse, GIS und Fernerkundung in die regionale Flusseinzugsgebietsmodellierung und Prozessparametrisierung erlaubt

Die methodische Weiterentwicklung des HRU-Konzepts und seine Modellvalidierung sowie ein erweitertes, generisches Konzept zur Flächenaggregation werden im makroskaligen Einzugsgebiet der Saale (Ae: 23.719 km²) durchgeführt. Gegenstand der Untersuchungen ist zusätzlich die Analyse der distributiven HRUs, die im Hinblick auf ihre flussorientierte Verknüpfung, ihre Prozessdominanz und ihre Nachbarschaftsinteraktionen analysiert werden. Dabei wird neben der methodischen Integration von Werkzeugen der Geoinformatik auch Erfahrungspotenzial in Richtung Makroskala erschlossen. Im Folgenden soll lediglich auf die Entwicklung und Implementierung der hydro-meteorologischen Projektdatenbank eingegangen werden

2. Schwerpunktziel Hydrologische Projektdatenbank

Ziel dieses Arbeitspakets war es, eine geprüfte und vollständige Datenbasis für die Projektarbeiten, und hier im besonderen für die das ganze Saale-Einzugsgebiet abdeckende regionale Flussgebietsmodellierung zu schaffen. Die Arbeiten erfolgten in drei Arbeitsschritten:

Datenauswahl: In Abstimmung mit der Projektkoordination und den anderen Partnern vom UFZ wurde zunächst der anvisierte Untersuchungs- und Modellierungszeitschritt und -raum für alle Projektarbeiten auf tägliche Werte für die Periode 1960 bis 2000 festgelegt. Dies bedeutete für die Auswahl der hydro-meteorologischen Zeitreihen, dass in erster Linie Stationen in Frage kamen, die möglichst vollständige Messreihen über diesen Zeitraum zur Verfügung haben. Außerdem sollten die Stationen das Saalegebiet möglichst gleichmäßig bezüglich seiner Landschaftseinheiten abdecken. Meteorologische Messreihen wurden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) für insgesamt 441 Stationen beschafft (37 Klimastationen *KL* mit den Messvariablen (vgl. Tabelle 1). Die Beschaffung der Durchfluss- und Grundwasserpegeldaten gestaltete sich aufgrund der Kompetenzen in vier verschiedenen Bundesländern mit jeweils mehreren zuständigen Ämtern als sehr zeit- und arbeitsintensiv. Es wurden die Zeitreihen von insgesamt 161 Durchfluss- sowie z.Zt. 567 Grundwasserpegeln beschafft. Die Grundlage der Datenauswahl war auch hier die Vollständigkeit der Zeitreihen, wobei die Angaben der jeweiligen Ämter hierüber jedoch nicht in jedem Fall den gelieferten Daten entsprechen.

Tabelle 1: Beschaffte Stationsdaten

Stationsart	Anzahl	Messgrößen
Klimastationen	37	Niederschlag (bei 25 Stationen), Temperatur, Windstärke, relative Feuchte, Sonnenscheindauer, Schneehöhe, Wasseräquivalent und Art der Schneedecke, bei 6 Stationen zusätzlich Global/diffuse Strahlung
Niederschlagstationen	441	Niederschlag, sowie bei 105 Stationen zusätzlich Schneehöhe und Art der Schneedecke
Abflusspegel	161	Durchfluss
Grundwasserpegel	567	Grundwasserstand

Datenprüfung: Die Daten wurden nach dem Erhalt auf Konsistenz und Homogenität überprüft. Dies geschah durch eine vom Lehrstuhl Geoinformatik entwickelte Software, die die sehr heterogenen Daten zunächst in ein einheitliches Format umformatiert. Anschließend wurden fehlende Zeitmarken aufgefüllt, so dass sich lückenlose Zeitreihen ergeben. Für die Abflusspegeldaten wurden zusätzlich Doppelsummenanalysen und Verteilungstests und deskriptive Statistiken errechnet, um die Konsistenz und Plausibilität der Daten einschätzen zu können.

Projektdatenbank: Nach der Datenprüfung wurden die Daten zum Einlesen in eine Projektdatenbank vorbereitet. Bevor dies jedoch geschehen kann, musste zunächst ein Datenmodell, das alle vorhandenen Daten und Metainformationen abbildet, entwickelt und in einem relationalen Datenbank-Managementsystem (RDBMS) implementiert werden. Ein RDBMS eignet sich sehr gut zur sicheren und effizienten Verwaltung großer Datenmengen sowie zur Abbildung von Metainformationen und Zeitreihen, ist aber hinsichtlich der Datentypen und Funktionen meist beschränkt auf Standardtypen. Geodaten lassen sich hier nur unbefriedigend abbilden. Klassische Geographische Informationssysteme (GIS) hingegen wurden genau zu diesem Zweck entwickelt. Sie stellen die Beziehungen zwischen den Objekten implizit über die geographische Lage her; ihr Bezug zu thematischen Eigenschaften wird über explizite Relationen ausgedrückt. Für die effiziente Verwaltung von großen Zeitreihen sind sie allerdings meist nur begrenzt geeignet. Gerade im Kontext der räumlich distributiven und zeitlich

meist nur begrenzt geeignet. Gerade im Kontext der räumlich distributiven und zeitlich dynamischen hydrologischen Modellierung, bei der sowohl Zeitreihen als auch GIS-Daten eine wichtige Rolle spielen, ist es wünschenswert, dies auch in einer Datenbankarchitektur zu berücksichtigen.

Folgende Anforderungen an die Projektdatenbank konnten somit aufgrund der Projektziele, der Datenmengen/-strukturen sowie der zu erwartenden Anwendungen formuliert und wurden entsprechend umgesetzt werden:

- **Es soll eine Datenbank aufgebaut werden, die die Basis für alle späteren Analysen, Modelle, Präsentation usw. bilden kann:** Dies wurde dadurch erreicht, dass eine Mehrschicht-Architektur (s. Abbildung 1) gewählt wurde, die die Datenverwaltung und –speicherung strikt von den Anwendungen trennt. Über die Verwendung von Standardschnittstellen (SQL, OpenGIS, XML), die zwischen Datenbank und Anwendungen implementiert werden, wird die Kommunikation und flexible Anbindung von Anwendungen sichergestellt.
- **Die Datenbank soll netzfähig sein:** Da die Projektpartner räumlich verteilt sind, ist es von großem Vorteil, wenn die Datenbank über Internet abzufragen ist. Dies machte den Betrieb eines Web- und Applikationsservers als Zwischenschicht zwischen Datenbankmanagement- und Anwendungsebene notwendig. Abbildung 1 stellt das Konzept dieser Architektur dar.
- **Die Integration aller relevanten Datentypen (hier v.a. Zeitreihen und GIS-Daten) soll innerhalb eines Datenmodells möglich sein:** Die Verwendung von nutzerdefinierten Datentypen und Funktionen erlaubt es, auch OpenGIS-konforme Geodatentypen in gewöhnlichen RDBMS, in diesem Fall IBM DB2® zu verarbeiten. Hierzu wurde die Software g.server® (www.geotask.ch) verwendet. Sie implementiert die OpenGIS-Typen und Funktionen (OGC 1999) und übernimmt die Metadatenverwaltung der GIS-Daten innerhalb der Datenbank. Der Im-/Export der Geodaten aus/in ein proprietäres GIS erfolgt über die bidirektionale universelle Schnittstelle FME® (<http://www.safe.com>).
- **Flexible Erweiterbarkeit und Übertragbarkeit soll gewährleistet werden:** Durch eine tiefgehende Normalisierung des Datenmodells für die Saaleprojekt-Datenbank konnten Redundanzen weitgehend vermieden werden. Prinzipiell wurden nur primäre Messdaten gespeichert. Die Beschreibung ihrer Eigenschaften (Herkunft, Erhebung, Verarbeitungsmethoden, etc.) wurde in relational verknüpften Metadatentabellen abgelegt. Sekundäre Daten, wie etwa zeitlich aggregierte Messwerte (z.B. Jahresniederschlag usw.) oder räumliche Ausschnitte von GIS-Daten, wurden teilweise als Sichten (*Views*) abgelegt oder sie werden während der Abfrage erzeugt. Einige abgeleitete Daten (v.a. Statistikwerte wie Mittelwerte oder Extrema) werden jedoch aus Performancegründen als materialisierte *Views* durch gespeicherte Prozeduren in der Datenbank in regelmäßigen Abständen erzeugt, damit die Aktualität auch hier erhalten bleibt. Die Definition neuer Daten, die eventuell in der Projektlaufzeit hinzukommen, können so problemlos in das Datenmodell integriert werden. Das Datenmodell stützt sich auf verschiedenen Standardisierungsvorschläge für Metadaten (FGDC 1994, ISO/TC211, CEN; in CEO 1997) und hat sich in mehreren ähnlich gelagerten Forschungsprojekten des Lehrstuhls Geoinformatik bewährt.
- **Wenig Wartungsaufwand, Anwenderfreundlichkeit und eine lange Lebensdauer sind anzustreben:** Da langfristige Projektfortführungen besonders im akademischen Umfeld häufig einen Mitarbeiterwechsel erfahren, ist besonders darauf zu achten, dass die Nachhaltigkeit der Datenbank durch detaillierte Beschreibungen sowie angepasste Schnittstellen und Wartungswerkzeuge gewährleistet wird. Die geschieht, neben der umfassenden Beschreibung der Daten in den Metainformationstabellen, durch Tools

zur Pflege und Wartung des Datenbestands, die in Anwendungen wie MS-Access® oder als Webformulare entwickelt werden. So existiert mittlerweile beispielsweise eine im Internet betriebene Anwendung, die es erlaubt, auf der Basis von thematischen oder räumlichen Attributen die vorhandenen Zeitreihen der Datenbank abzufragen und zu visualisieren. Als Ergebnis erhält der Benutzer, etwa ein Projektpartner, der für seine Anwendung in der Projektdatenbank recherchieren will, oder aber die interessierte Öffentlichkeit, einerseits umfassende Metainformation über die Messstellen (Stammdaten, Statistiken, etc.), andererseits lassen sich die tatsächlichen Messdaten als Diagramme oder Tabellen in benutzerdefinierten Zeitfenstern und Aggregationsstufen darstellen und abspeichern.

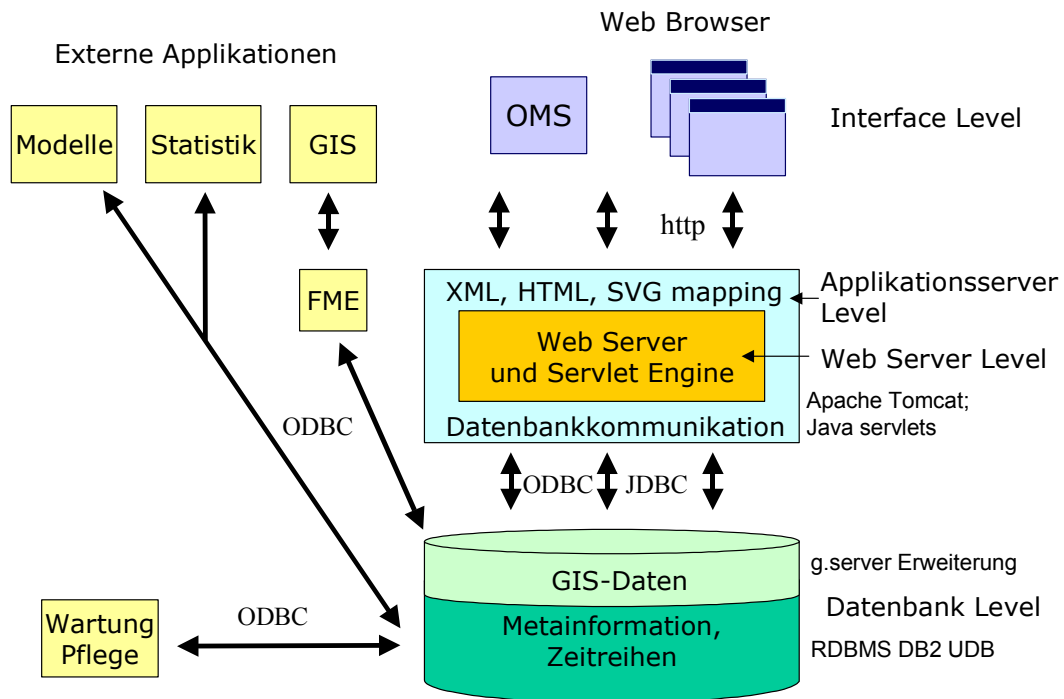


Abbildung 1: Architektur der Projekt-Datenbank und Kommunikation mit anderen Anwendungen