

T. WIESER

Das GeoInformationssystem Cospuden

UFZ Leipzig-Halle, Sektion Hydrogeologie, Theodor-Lieser-Straße 4, 06120 Halle

Kurzfassung

Das GeoInformationssystem (GIS) „Cospuden“ ist Teil der GIS-gekoppelten Datenbank der Sektion Hydrogeologie des UFZ. Das System ist in der Lage, alle mit dem Projekt verbundenen Daten aufzunehmen. Während die Eingabe der Daten über Masken erfolgt, ist das Abrufen der Daten direkt im GIS möglich. Problemlos können Diagramme in eine digitale Hintergrundkarte integriert werden. Neben der Unterstützung beim Langzeitmonitoring werden mit dem GIS auch methodische Fragestellungen verfolgt. Es wurden Algorithmen für den Entwurf von finiten Elementenetzen und zur Ableitung beschreibender statistischer Parameter (z.B. durchschnittlicher Rippenabstand in Förderbrückenkippen) aus digitalen Geländemodellen entwickelt.

Einleitung

Seit 1993 wird die Flutung des Restlochs „Cospuden“ durch Forschungsprojekte des UFZ begleitet. Eine der Forschungsaufgaben ist die Beobachtung des Aufsättigungsverhaltens des Kippenkörpers, der den aufgehenden Restsee südlich flankiert. Bei diesen Untersuchungen fallen erhebliche Datenmengen an, die vor allem aus analytischen Messungen an Kippenwässern stammen. Für die Vorhaltung, Aufbereitung und dauerhafte Archivierung dieser Daten bedarf es besonderer Werkzeuge. Mit Desktop-Programmen wie Excel oder Access gelangt man sehr schnell an technische Grenzen. So entschlossen wir uns auch im Hinblick auf die vielen anderen Projekte, die in der Sektion Hydrogeologie bearbeitet werden, ein Relationales Datenbank-Management-System (RDBMS) zu verwenden und dieses mit dem vorhandenen GIS zu koppeln.

Neben dem Datenmanagement wurden an das GIS weitere Anforderungen gestellt, die auch aus dem Bereich Modellierung kommen. So kann mit GIS-Methoden das Prä- und Postprozessing in der Grundwassermodellierung um viele Funktionalitäten erweitert werden. Dies wird an Hand von 2 Beispielen in Kapitel 3 diskutiert.

Datenmanagement und Monitoring

Struktur des GIS

Das hier vorgestellte GIS baut auf den Softwareprodukten ARCINFO (1998), ARCVIEW (1998), MAPOBJECTS (1998) / DELPHI (1998) und dem RDBMS ORACLE (1998) auf. Neben der direkten Aufnahme von Daten (z.B. Analysenergebnisse) ist es in der Lage, Metainformationen über Dateien (z.B. Geodaten) zu speichern. Die Dateien selbst werden in einem strukturierten Dateibaum abgelegt (vgl. Abb. 1). Die relationale Datenbank umfaßt mehr als 50 Tabellen und bildet unter anderem den gesamten Probenahmeablauf von der Planung bis zur Analyse im Labor ab. Somit werden nicht nur die eigentlichen Analysen gespeichert sondern auch notwendige Metainformationen wie Probenahmebedingungen, Analysemethoden und Analysefehler. Das GIS ist Client/Server orientiert und von jedem Computer im Netzwerk nutzbar. Der Zugriff ist über Netz-Login, Datenbank-Login und Projektzugehörigkeiten der jeweiligen Nutzer mehrfach gesichert. Ein unauthorisierter Zugriff kann ausgeschlossen werden.

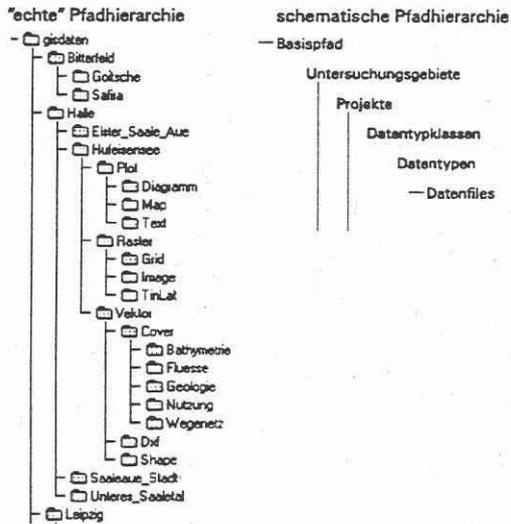


Abb. 1: Pfadhierarchie des GIS-Hydrogeologie

Datenzugriff

Die Eingabe aller Daten erfolgt über Masken (Vgl. Abb. 2). Analysen können direkt im Labor ins System eingegeben werden. Die Registrierung von Geodaten erfolgt über ArcView. Neben den üblichen ArcInfo-Formaten (Cover, Shape, Grid, Tin) werden auch zahlreiche Raster-Formate (z.B. TIFF, JPG), CAD-Formate (DXF) und Plot-Formate (z.B. EPS, WMF) unterstützt.

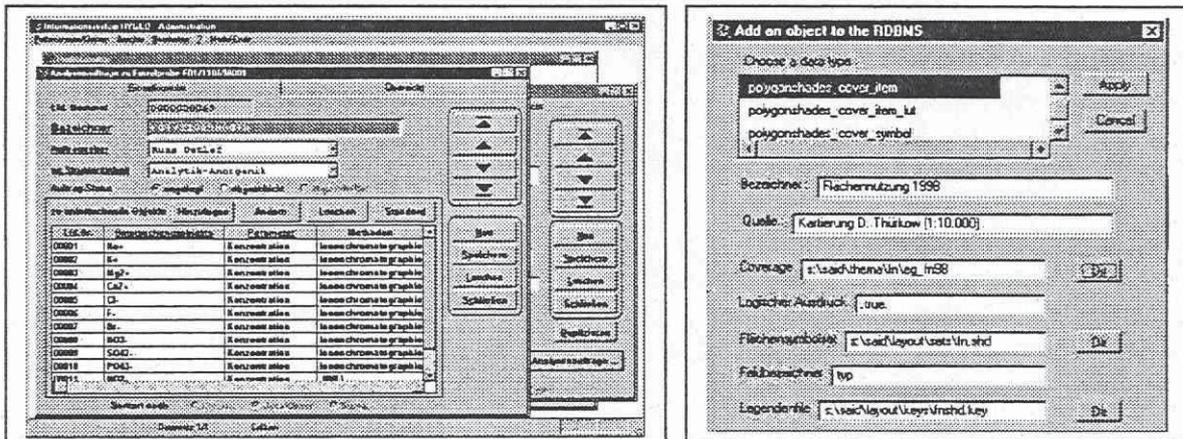


Abb. 2: Eingabemaske für Analysen- und Geodaten

Ein entscheidendes Kriterium für die Akzeptanz einer Datenbank ist die Möglichkeit des Ausladens von Daten zur Weiterverarbeitung (z.B. Erstellung von Exceldiagrammen).

Das hier vorgestellte System bietet dazu 2 Möglichkeiten (vgl. Abb. 3) :

- über ein einfaches Formular, können unter der Angabe von Auswahlkriterien Daten exportiert werden,
- über eine GIS-Applikation können in einer digitalen Karte konkrete Probenahmeorte ausgewählt und die Daten unter Angabe weiterer Kriterien exportiert werden.

Die Daten werden grundsätzlich im Dbase-Format ausgegeben und können somit von allen gängigen Desktop-Programmen weiterverarbeitet werden. Der Export von Geodaten erfolgt über das Shape-Format (vgl. ArcView, 1998), welches auch die direkte Kopplung mit Analysendaten erlaubt.

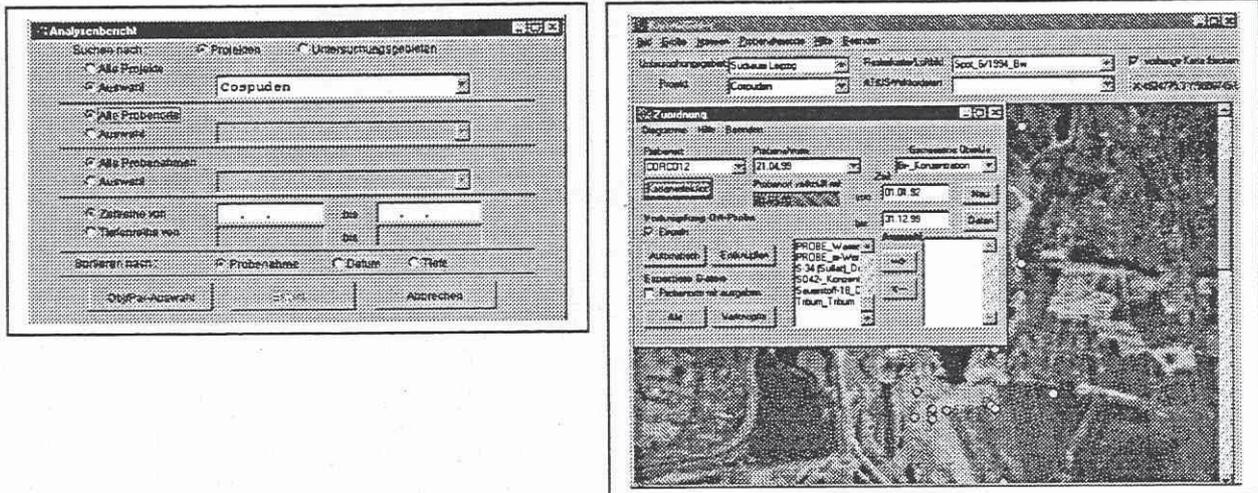


Abb. 3: Datenexport über Formular und GIS-Applikation „Gishdg“

Datenvisualisierung

Zur Visualisierung der gespeicherten Analysen und Geodaten bietet das GIS mehrere Möglichkeiten. Die erste erlaubt einen Zugriff auf digitale Karten mit ArcInfo. Ein kleines Makroprogramm (ArcInfo-AML) bietet dem Nutzer eine Menü-Oberfläche, die ein einfaches Overlaying ermöglicht. Eine Kopplung mit Analysen aus der Datenbank wie in Abb. 4 setzt allerdings tiefere Kenntnisse in ArcInfo und SQL voraus.

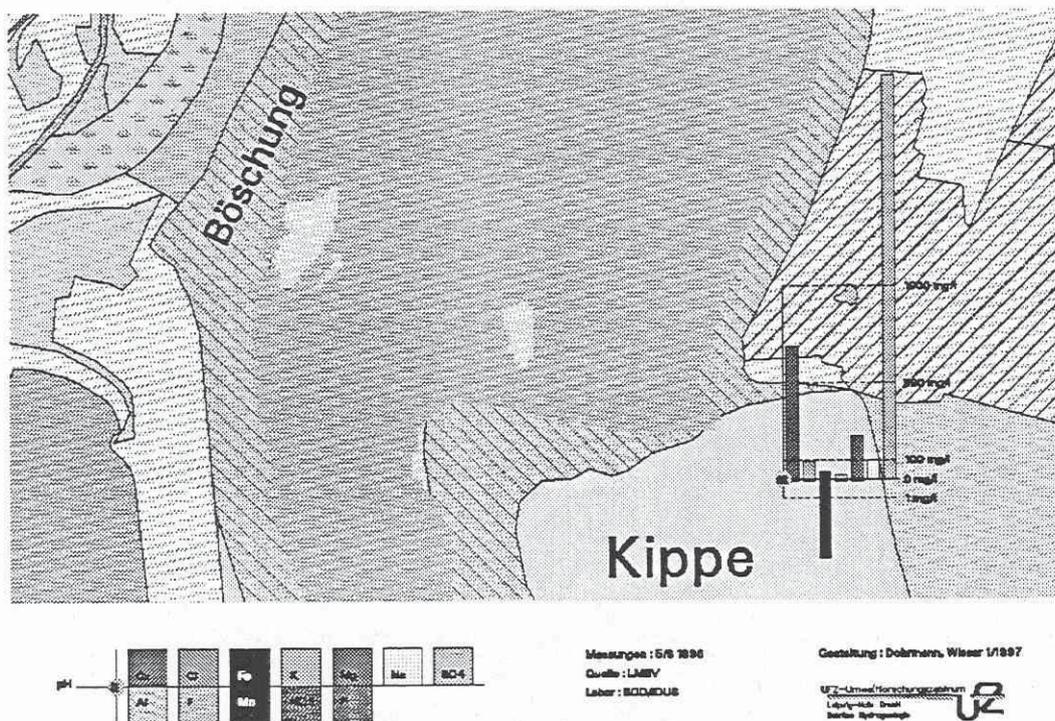


Abb. 4: Kombination von RDBMS-gespeicherten Geo- und Analysendaten mit ArcInfo

Die zweite Möglichkeit der Datenvisualisierung wurde mit ArcView realisiert. Dazu wurden in die Programmoberfläche zusätzliche Menüpunkte integriert (vgl. Abb. 5) und mit Avenue-Scripten (Programmiersprache in ArcView) unterlegt. Auch in diesem Programm wird „nur“ der komfortable Zugriff auf alle Rohdaten ermöglicht. Zur Gestaltung von Karten oder zur Datenregionalisierung muß der Anwender die Standardfunktionalitäten von ArcView nutzen.

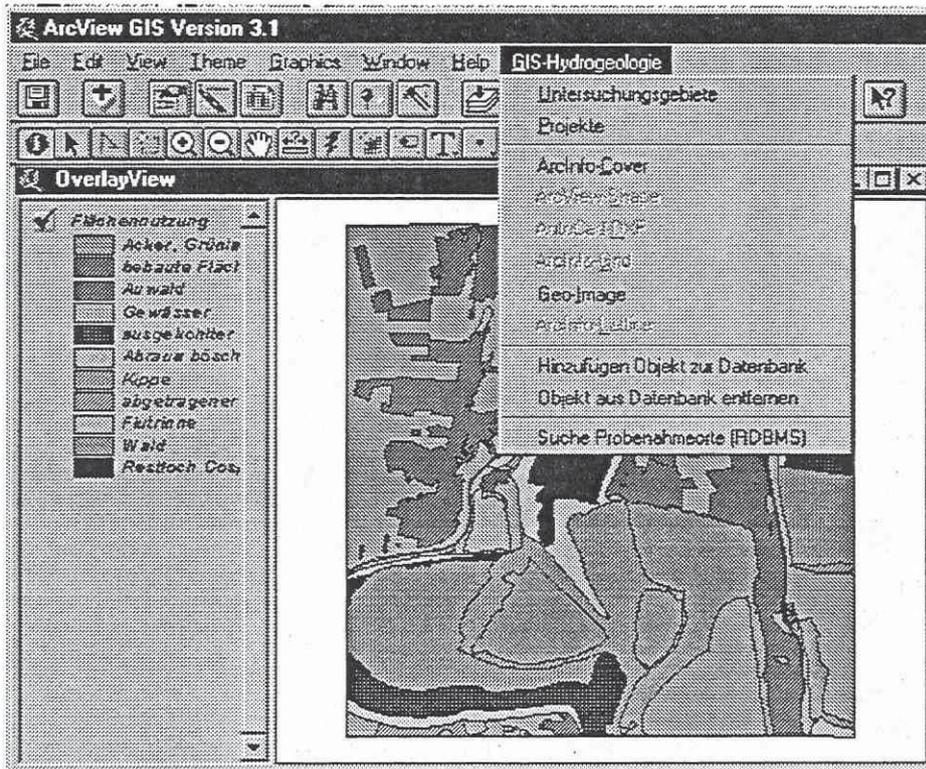


Abb. 5: Datenbankzugriff und Visualisierung mit ArcView

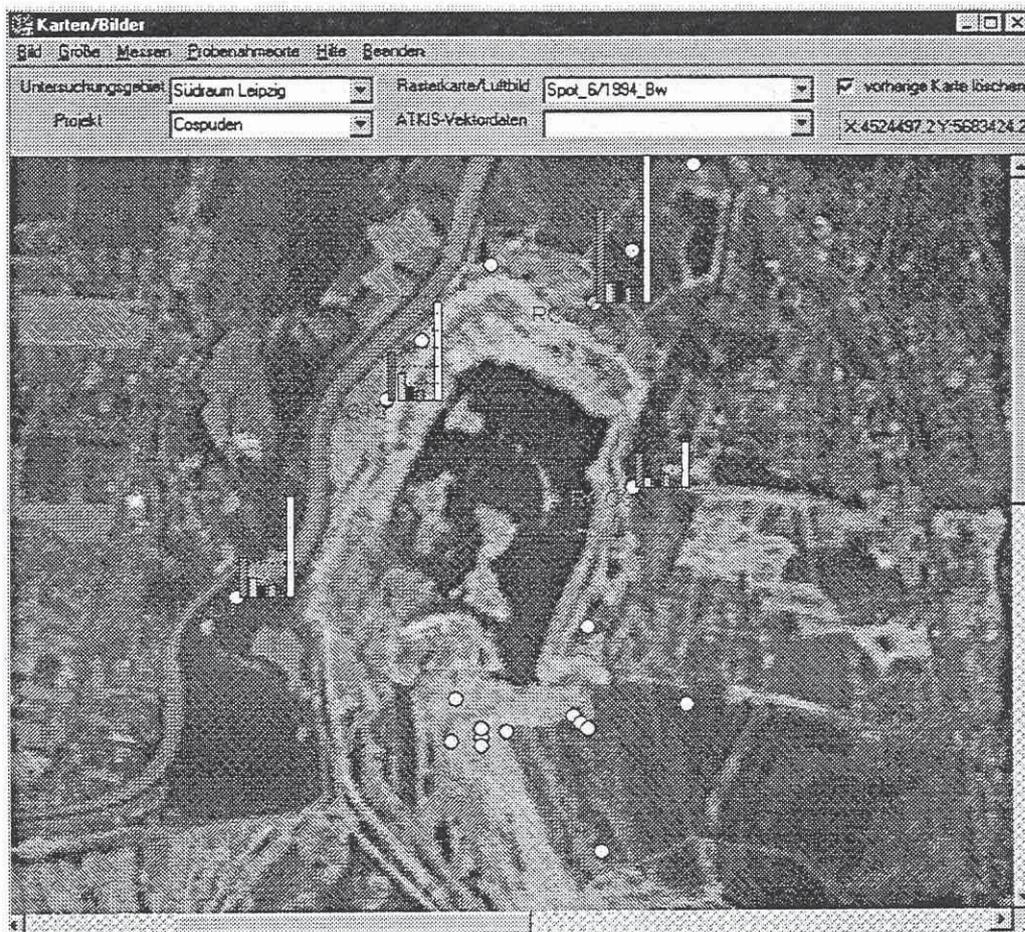


Abb. 6: Das MapObjects/Delphi-Programm „Gishdg“

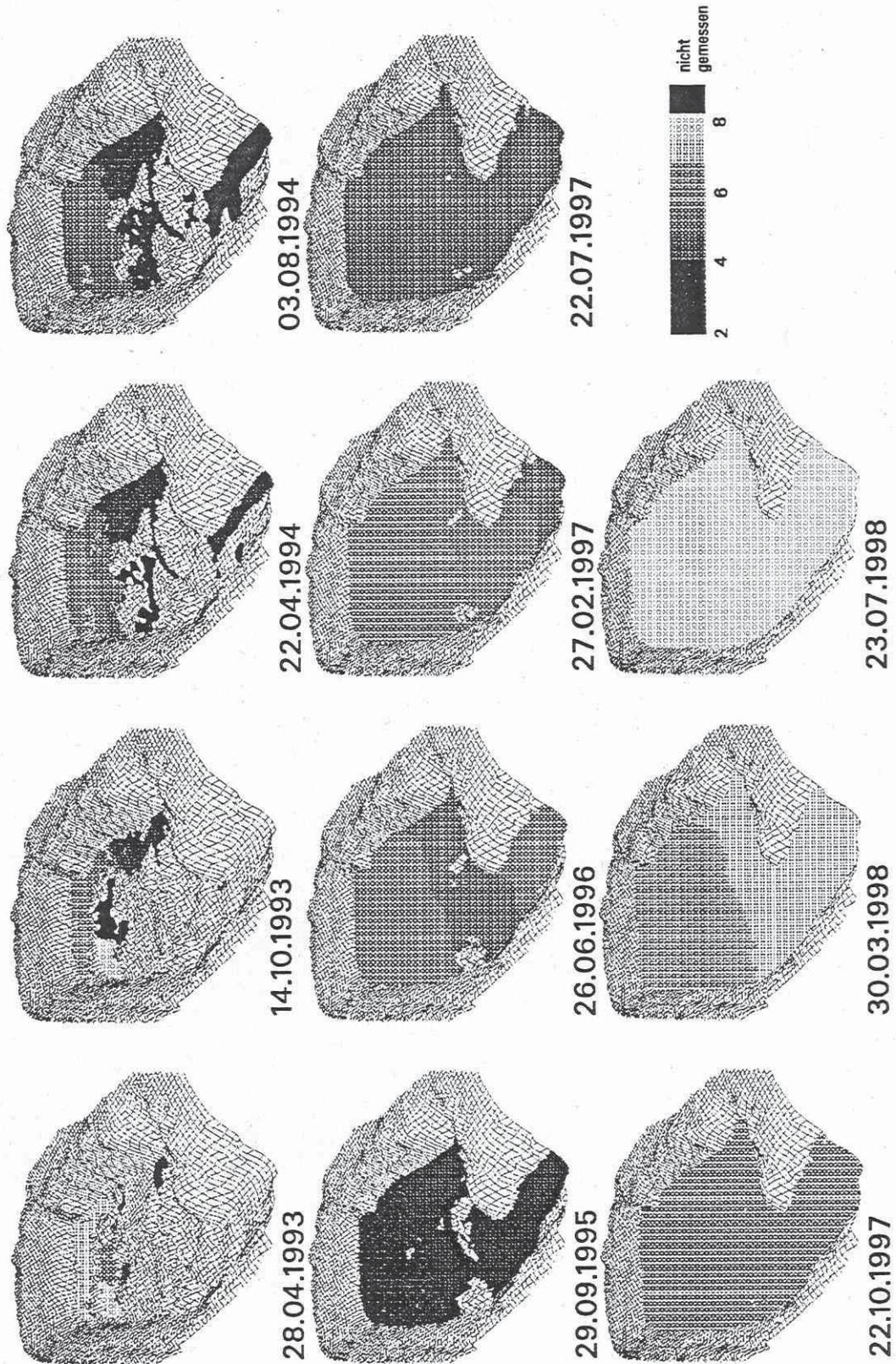


Abb. 7: pH-Wert-Entwicklung und Seewasseranstieg Restloch „Cospuden“

Die dritte und nutzerfreundlichste Visualisierungsmöglichkeit der Datenbestände ist ein MapObjects/Delphi-Programm (Gishdg), welches ständig weiterentwickelt wird. Hier wird ein vollständig menügeführter Zugriff auf die Analysendatenbank ermöglicht. Das Programm ist ausschließlich für den Datenbankzugriff entwickelt worden und enthält somit im Gegensatz zu ArcView nur Funktionen, die der Nutzer auch wirklich braucht. Nach der Wahl des Untersuchungsgebietes und des Projektes können alle im gewählten Kartenausschnitt vorhandenen Probenahmeorte mit einzelnen Probennahmen verknüpft und z.B. als Säulendiagramm zur Darstellung gebracht werden (vgl. Abb. 6). Die Darstellungsparameter können beliebig verändert werden und jede erstellte Karte kann über die Zwischenablage beispielsweise in ein Word-Dokument eingefügt werden. Als Hintergrundkarte können alle registrierten Geodaten (Raster oder Vektor) verwendet werden. Neben Säulendiagrammen sind auch Darstellungen als Tortendiagramm oder Zeitreihen möglich. An der Darstellung als Udluft- oder Piperdiagramm wird gearbeitet. Weiterhin wird an der Implementierung von Interpolationsmethoden zur Regionalisierung von Analysenparametern gearbeitet.

Da die Datenbank beliebig viele Analysen aufnehmen kann, ist sie gerade für Langzeit-Monitoring geeignet. Mit der Hilfe der GIS-Applikationen können Entwicklungstrends im räumlichen Zusammenhang visualisiert und analysiert werden. Ein Beispiel dafür ist in Abb.7 zu sehen.

Eine ausführlichere Beschreibung der Datenbank ist in Wieser und Thürkow (1999) zu finden.

Unterstützung von Grundwassermodellierungen

Digitale Kippenrekonstruktion

Eine wichtige Voraussetzung für die Modellierung des Stofftransportes ist die digitale Aufbereitung von Schichtgrenzen. Während heute für die Erstellung digitaler Geländemodelle (DGM) der Erdoberfläche Methoden der Photogrammetrie (digitale Auswertung von Stereoluftbildpaaren) zum Einsatz kommen, müssen für unterirdische Schichtgrenzen traditionelle Methoden wie z.B. die Interpolation von Schichtenverzeichnissen verwendet werden. Im vorliegenden Fall standen für die digitale Erfassung der Schichtgrenze Förderbrückenkippe/Absetzerkippe alte Tagebaurisse zur Verfügung (vgl. Abb. 8).

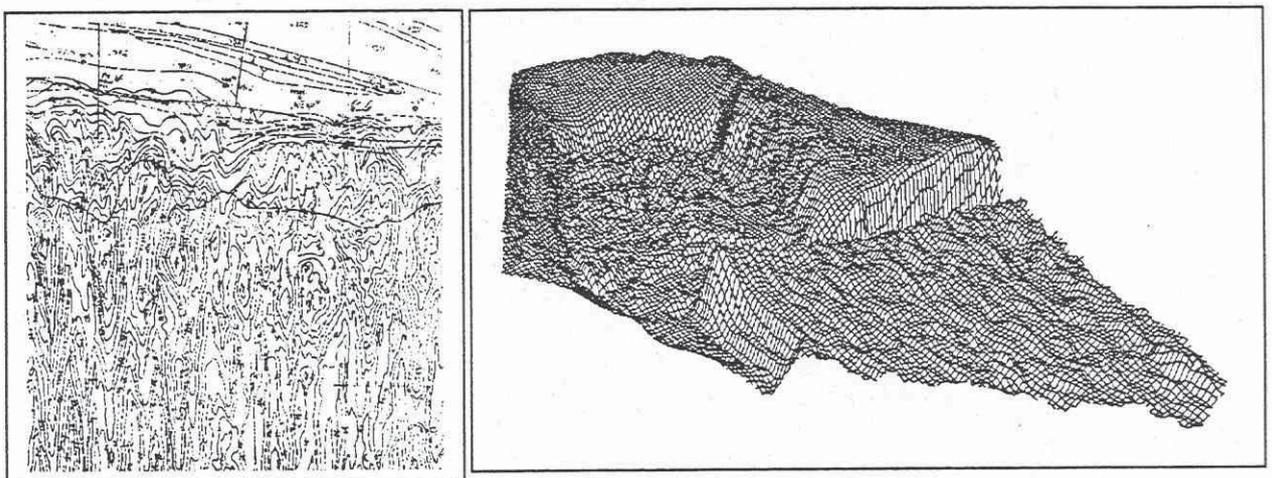


Abb. 8: Ausschnitt Tagebauriß Cospuden und abgeleitetes DGM

Diese Risse wurden mit ArcInfo digitalisiert und attribuiert (Höhenzuweisung). Für die Generierung des DGM wurde eine Dreiecksvermaschung mit anschließender Polynomialinterpolation gewählt.

Aus dem DGM sollten nun allgemeine statistische Parameter (z.B. Rippenabstand, Schüttwinkel) abgeleitet werden. Für die Realisierung wurden verschiedene Extraktionsmethoden geprüft, die in folgender Kombination die besten Ergebnisse lieferte: Zunächst wurde das Modell mit einem LowPass-Filter von kleinen Unebenheiten befreit und anschließend die Wasserscheiden berechnet (vgl. Abb. 9). Um neben den Kippenrippen auch die Kippentäler zu ermitteln, wurden alle Berechnungsschritte auch auf das inverse Höhenmodell angewendet. Allen Teillinien des Wasserscheidenmodells wurden über den Vergleich von Anfangs- und Endpunkt Expositionsrichtungen zugeordnet. Diese Zuordnung ermöglicht es, alle Linien mit ähnlicher Ausrichtung zu selektieren. In Abb. 9 ist das Ergebnis einer Nord-Süd-Filterung zu sehen, was der Hauptstreichrichtung der Kippenrippen entspricht.

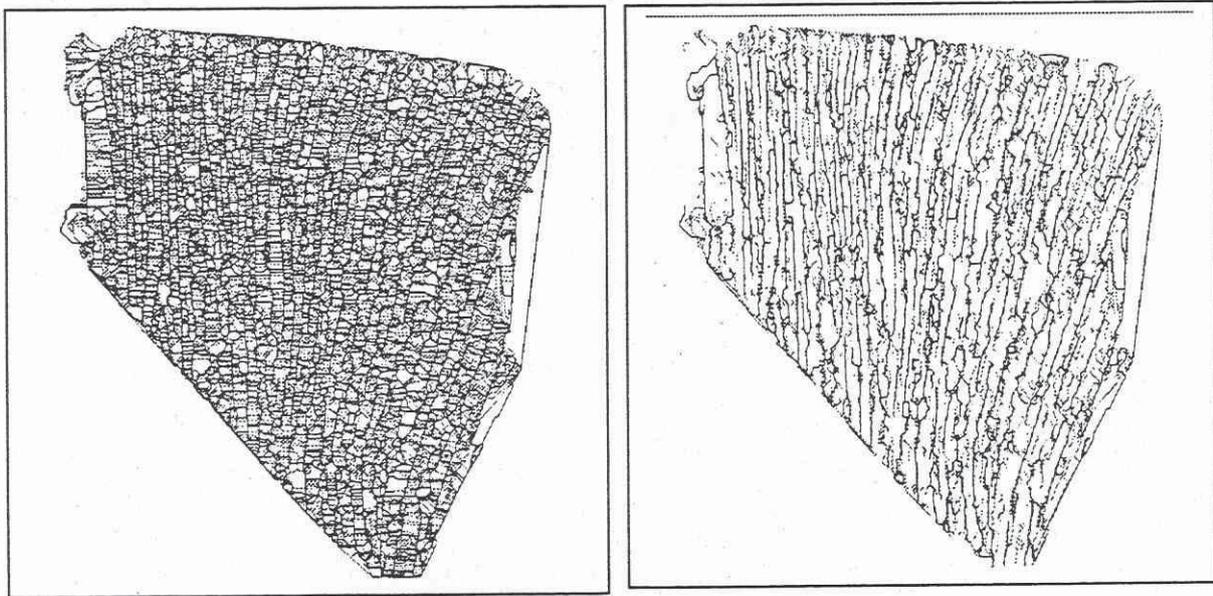


Abb. 9: Berechnete Wasserscheiden und Ergebnis der Richtungsfilterung

Zu beachten ist, daß alle extrahierten Linien zu diesem Zeitpunkt noch Lagetreue besitzen, welche bei den anschließenden Generalisierungsschritten verlorengeht. Deshalb macht es sich erforderlich, jedem Teilpunkt der Linien die entsprechenden Höhen des DGM zuzuweisen. Da diese Zuweisung systembedingt nicht direkt erfolgen kann, wurde es über eine abgeleitete Punktkarte mit entsprechenden Schlüsselfeldern für die spätere Zuordnung realisiert. Durch die Generalisierungsbefehle von ArcInfo (z.B. „generalize“) können die Linien nun beliebig geglättet, zusammengefaßt oder eliminiert werden. Das Ergebnis der Generalisierung für die Kippe „Cospuden“ ist in Abb. 10 dargestellt. Über das ArcInfo Kommando „near“ können nun die Entfernungen zwischen den Rippen bzw. zwischen Rippen und Tälern bestimmt werden. Durch die Rückübertragung der Höhenwerte ist es dann möglich Höhendifferenzen und Schüttwinkel zu bestimmen. Über normale Mittelwertbildungen kommt man zu durchschnittlichen Parametern, die für die Generierung einer virtuellen Kippe verwendet werden können. Diese vereinfachte Kippe kann als eine vereinfachte Grundlage für die hydrodynamische Modellierung dienen. Inwieweit sich der „Output“ der virtuellen Kippe vom Original unterscheidet, bleibt noch zu prüfen.

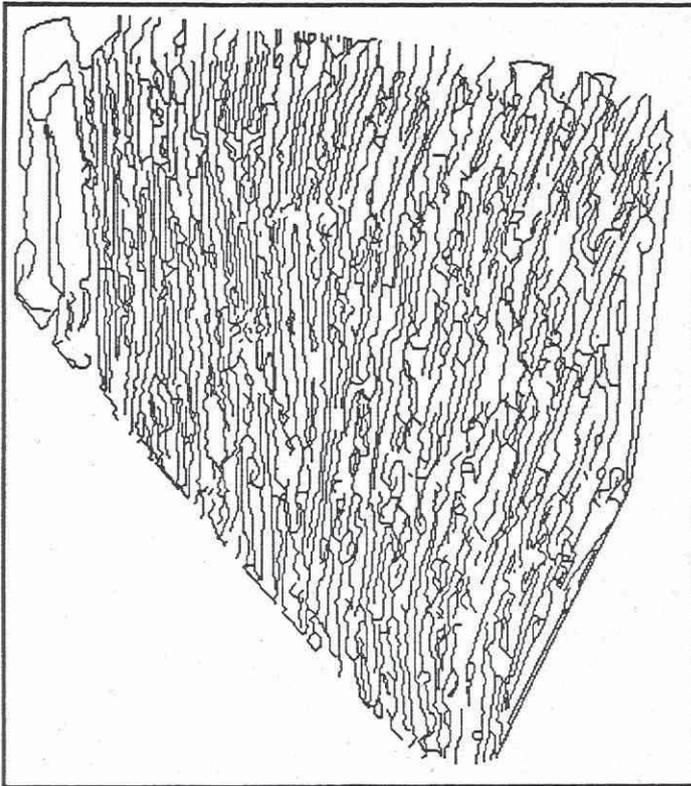


Abb.10: Generalisierte Kippenstrukturlinien

Entwurf finiter Elementenetze

Bei der Modellierung des Grundwasserflusses im Umfeld von Tagebaurestlöchern mit finiten Elementemethoden kann es bei großmaschigen Elementenetzen zu Problemen mit der numerischen Stabilität kommen, die durch einen sehr großen Gradienten (Druckhöhen, Konzentrationen) entlang der Tagebaugrenze verursacht werden. Für dieses Problem wurde ein Algorithmus entwickelt, der ein finite Elementenetz entwirft, das unterschiedlich fein diskretisiert, aber numerisch stabil ist. Die Anzahl der Elemente insgesamt kann dadurch optimiert und unnötige Rechenzeit eingespart werden. Der Algorithmus basiert auf der Kombination der Buffer-Funktion und der Dreiecksvermaschung von ArcInfo. Ein für die Flutungssimulation optimiertes finite Elementenetz ist in Abb. 11 zu sehen.

Ein ähnliches numerisches Problem stellen Schichtgrenzen dar, wenn der Durchlässigkeitsbeiwert um Größenordnungen differiert (z.B. Grenze Förderbrückenkippe/ Absetzerkippe). Zur Bewältigung dieser Fragestellung soll der Algorithmus weiter ausgebaut werden. Ein erster Entwurf für einen Vertikalschnitt der Cospudener Kippe ist in Abb. 12 dargestellt.

Es ist generell möglich, das Post- und Präprozessing von Modellierungen mit finiten Elemente- oder Differenzenmethoden in einem GIS durchzuführen. Eine umfangreiche Erläuterung dieser Problematik findet man bei WIESER, GLÄBER und FRIND (1996).



Abb.11: Finites Elementenetz für die Flutungssimulation

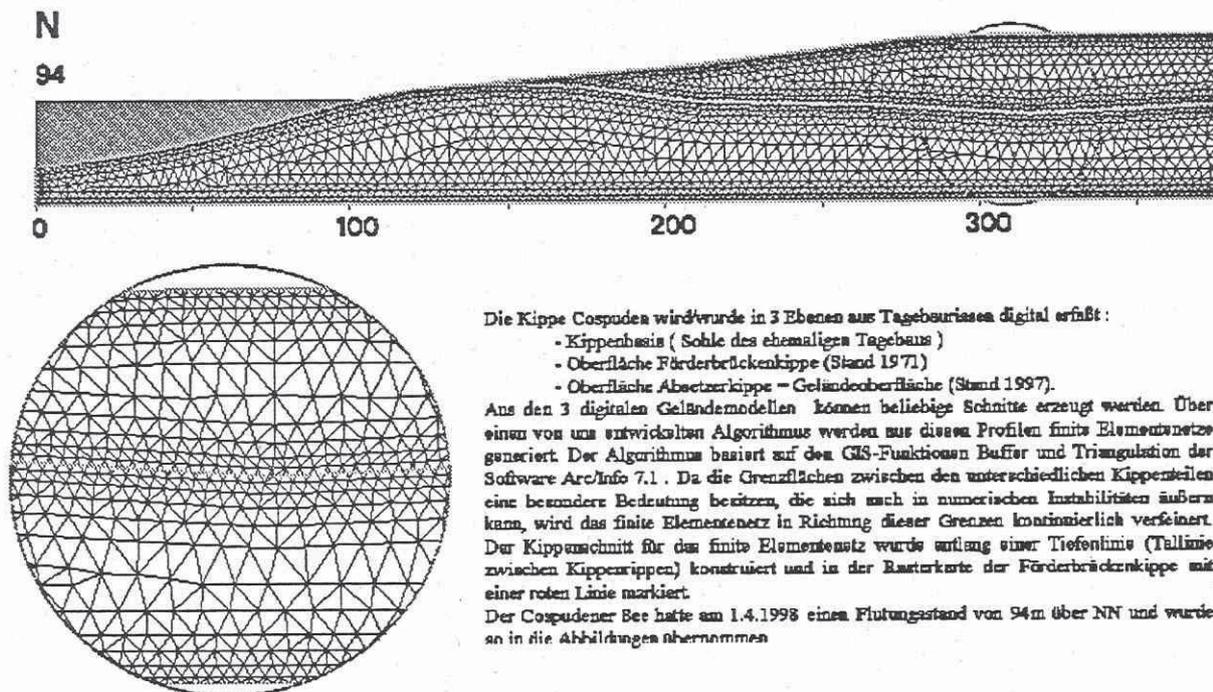


Abb.12: Optimiertes finite Elementenetz zur Modellierung eines Kippenschnittes

Literatur

- ARCINFO 7.2 (1998): GIS-Software. ESRI - Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, California
- ARCVIEW 3.1 (1998): GIS-Software. ESRI - Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, California
- DELPHI 4 (1998): Borland-Pascal-Compiler, - Visuelles Windows-Entwicklungstool, Inprise Corporation, ScottsValley, California
- HYGEO (1997): RDBMS-basiertes Informationssystem. Noell Umweltdienste, Niederlassung Leipzig der BISANTECH GmbH.
- MAPOBJECTS 1.2 (1998): GIS-Softwarekomponenten. -ActiveX control (OCX), ESRI - Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, California
- ORACLE 8.0.4 (1998): RDBMS-Software. Oracle Corporation, Redwood Shores, California
- WIESER, T., GLÄBER W., & E.O. FRIND (1996): Unterstützung von Flutungsszenarien durch GIS. -Proceedings der 4. Dresdener Grundwassertage, Coswig 25.-26.10.1995
- WIESER, T., & D. THÜRKOW (1999): Projektbezogenes Datenmanagement unter Verwendung einer relationalen Datenbank. - In : Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI, Editoren: Strobl, J., & T. Blaschke, Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999, Wichmann Verlag, S.563-570

Beiträge zum Workshop

**Prozesse und Stoffströme in
Kippensedimenten – Tagebaue
Zwenkau, Cospuden und Espenhain**

am 3. und 4. Juni 1999

Walter Gläßer, Gerhard Strauch, Peter Schreck und Elke Bozau
Sektion Hydrogeologie