

# MELINDA - Ein multimediales Leit- und Informationssystem für Deponien und Altlasten

Joachim Benner, Klaus Leinemann, Arnold Ludwig und  
Angelika Weber<sup>1</sup>

## Abstract

The information system MELINDA is designed to process all types of data relevant for the management of contaminated sites and waste dumps. This comprises geographical information (vector data, raster images), geological, geochemical and hydrological data, CAD data, and measurement results. Different types of information are integrated into a consistent data model of the site. For this, MELINDA supports some important GIS and CAD interface formats. Interactive modelling tools (e.g. for generating geological strata from borehole data) are also provided. A fully three-dimensional visualisation of the MELINDA-model enables spatial access to the whole data-base and supports its interactive exploration for application specific interpretation and evaluation of the data. The paper describes concept and architecture of the information system and reports on the modules which have already been implemented.

## 1 Einleitung

Die Planung und Überwachung von Deponien (Schmid 1992) sowie die Erkundung, Beurteilung, Überwachung und Sanierung von Altlasten (Neumaier 1996, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 1995) stellt ein erhebliches technisches und wirtschaftliches Problem dar, dessen langfristige Lösung insbesondere auch eine Herausforderung für die moderne Informationstechnik ist. Beim Management von Deponien und Altlasten muß nämlich eine Vielzahl unterschiedlicher Daten berücksichtigt und ausgewertet werden. Wichtig sind vor allem Geodaten wie die Topographie des Geländes, geologische, hydrologische oder geochemische Daten des Untergrundes, sowie geographische Informationen über Bebauung, Verkehr oder Vegetation. Eine wichtige Rolle spielen vielfach auch Bilddaten (historische oder aktuelle Luftbilder, Karten), technische (CAD-) Daten über Gebäude, Betriebsanlagen, Sicherungseinrichtungen und Versorgungsleitungen, sowie Meßreihen von Überwachungssensoren.

---

<sup>1</sup> Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Angewandte Informatik, Postfach 3640, D-76021 Karlsruhe, email: benner@iai.fzk.de

Die Einzelergebnisse einer Standorterkundung oder die Einzeldaten einer Überwachung müssen zu einem Gesamtmodell der Deponie/Altlast zusammengefügt werden, um das Gesamtverhalten zu verstehen und zu beurteilen. Für dieses "Puzzelspiel" stehen informationstechnische Werkzeuge zur Verfügung, die die Arbeit erleichtern: CAD- und GIS-Systeme, spezielle Simulationssysteme, Datenbanken und Standard-Bürosysteme. Alle diese Systeme decken Einzelaspekte der Modellbildung ab. Das Gesamtmodell einer Deponie/Altlast existiert aber lediglich in den Köpfen der Bearbeiter bzw. als Ordnersammlung mit unterschiedlichsten Unterlagen. Um die verschiedenen Aspekte einer Modellbildung zu integrieren, sind verschiedentlich CAD- und GIS-Systeme gekoppelt worden. Wesentliche Probleme beim Einsatz von Standardsystemen ergeben sich aus der Komplexität ihrer Bedienung, dem Datentransfer (Schnittstellen-Problematik) und dem Fehlen der problem-spezifischen Objekte und problemtypischen Spezialfunktionen (z.B. Deponieabschnitt, Brunnen, 3D-Erfassung der geologischen Verhältnisse).

Es fehlt ein leicht bedienbares, kostengünstiges, integriertes System zur problemorientierten Bearbeitung, Visualisierung und Dokumentation der Daten einer Deponie/Altlast.

## 2 Zielsetzung

Um die Bearbeitung von Deponie/Altlast-Daten zu erleichtern und zu verbessern, wurde das multimediale Leit- und Informationssystem MELINDA konzipiert. Als typische Einsatzfelder von MELINDA sind vorgesehen:

1. Erfassung des Ist-Zustandes und seines Entstehens,
2. Unterstützung von Experten bei der Modellbildung und Bewertung,
3. Erstellung von multimedialen Erkundungsberichten, Jahresberichten, Nachweisen gegenüber Behörden, sowie Generierung von Eingabedatensätzen für Simulationsprogramme,
4. Beobachten und Überwachen von Veränderungen,
5. Deponieplanung, Sanierungsplanung und Genehmigung,
6. Visualisierung von Simulationsergebnissen, sowie
7. Information der Öffentlichkeit.

MELINDA integriert CAD- und GIS-Funktionen (Bill/Fritsch 1991, Bill 1996) und Funktionen der Datenverwaltung und Dokumentation. Die Beschränkung auf ein Anwendungsgebiet und der Modellimport erlauben, die Gesamtfunktionalität gegenüber Standardsystemen zu verringern, aber dafür problemgerechte neue Funktionen bereitzustellen, ohne das System zu überfrachten. Beispielsweise sollten eventuell erforderliche komplexe geometrische Teilmodelle auf einem geeigneten CAD-

System entwickelt werden, das dafür im allgemeinen eine breite Palette von interaktiven Werkzeugen bereitstellt.

Das Ziel der Entwicklung ist es, alle relevanten Daten einer Deponie in ihrem räumlichen Zusammenhang betrachten und auswerten zu können („Gläserne Deponie“, siehe Abb. 1), wobei die interaktive Exploration heterogener Datenmengen im Vordergrund steht. Die wesentlichen neuen Fähigkeiten des MELINDA-Systems sind:

1. eine durchgehende dreidimensionale Modellierung,
2. die problemgerechte, d.h. für Deponie/Altlast-typische Objektbildung und Objektbearbeitung,
3. die Modellierung der geologischen Verhältnisse,
4. die dreidimensionale Visualisierung aller Datenkombinationen in ihrem räumlichen Umfeld mit geeigneten Funktionen zur kreativen Erkundung der Daten, sowie
5. der Einbezug aller Arten von Informationen (Photos, Zeichnungen, Texte, Daten, Videos etc.) in das Gesamtmodell (Datenintegration).

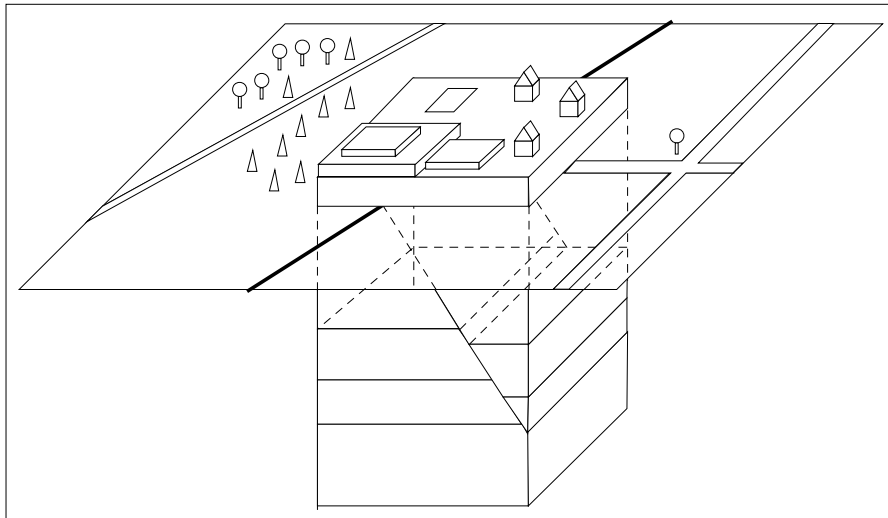


Abbildung 1  
Visualisierung einer Altlast/Deponie mit MELINDA (Vision)

Ein weiteres Ziel, das im Rahmen der MELINDA-Entwicklung verfolgt und unterstützt wird, ist die konsistente Dokumentation aller Altlast/Deponie-Daten in einem leicht und nachhaltig handhabbaren textuellen Format.

Die Entwicklung von MELINDA erfolgt in Abstimmung mit potentiellen Anwendern wie dem SFB 477 (Teilprojekt B5, chemisches Reaktionsmodell einer Hausmülldeponie) der Universität Braunschweig (SFB 477 1999), sowie mit den Projekten AROBIS (Erkundungssystem für Deponien und Altlasten, Haffner 1999) und AlfaWeb (WWW-gestütztes Altlasten-Informationssystem, AlfaWeb 1999) des Forschungszentrums Karlsruhe.

MELINDA wird unter Verwendung von Standard-Werkzeugen und für Standard-PC-Systeme entwickelt: MS-WINDOWS-NT, MS-Visual-C++ mit MFC und der C++-Standardbibliothek, OpenInventor (Wernecke 1995) als Standard-Graphik-Paket.

### 3 Systemarchitektur MELINDA

Den Datenfluß innerhalb des MELINDA-Systems zeigt Abb. 2. Das System kann sowohl geometrische Basisdaten (z.B. Geodaten oder CAD-Informationen) als auch anwendungsspezifische Daten aus Erkundungsmissionen, von Überwachungssensoren oder Simulationsprogrammen aufnehmen. Zur Datenübertragung werden viele verschiedene Datenformate unterstützt, wie ATKIS/EDBS (AdV 1989) oder ALK/BGRUND (LV-BW 1999) für geographische Daten, SEP (NLFB 1998) für Bohrlochinformationen, DXF für CAD-Daten, oder GIF für Rasterbilder.

Aus den übernommenen externen Daten kann das MELINDA-Datenmodell aufgebaut werden. Die Daten-Aufbereitung und Modellierung erfolgt dabei so weit wie möglich automatisch. Wo dies nicht möglich ist (z.B. bei der Generierung geologischer Schichtflächen aus Bohrlochdaten), wird der Benutzer mit interaktiven Werkzeugen zur Datenaufbereitung und Modellierung unterstützt.

Zum Datenaustausch mit anderen Systemen oder zu Dokumentationszwecken kann das Datenmodell über eine Import/Export Schnittstelle auf eine ASCII-Datei geschrieben werden. Da es für die mit MELINDA bearbeiteten Daten noch kein geeignetes „Dokumentformat“ gibt, wurde im Rahmen des Projektes ein entsprechendes Format entwickelt. Weiterhin ist für die Zukunft vorgesehen, die MELINDA-Daten über eine Datenbank-Schnittstelle auf eine objektorientierte Datenbank abzubilden.

Eine zentrale Aufgabe des Informationssystems ist die dreidimensionale Visualisierung aller Daten. Entsprechend dem „Document-View“ Paradigma wird dazu der „MELINDA-Szenenbaum“ als Instanz einer Visualisierungsklasse generiert. Mit Hilfe von Standard-Software kann die Szene dargestellt oder der Szenenbaum in verschiedenen Formaten (z.B. VRML) extern gespeichert werden, so daß er mit fremden „Viewern“ präsentiert oder z.B. im Internet bereitgestellt werden kann. Die flexible Software erlaubt zusammen mit einer modernen PC-Hardware eine schnelle Veränderung der Perspektive, das Ein-/Ausblenden selektierter Einzelobjekte, die Umschaltung zwischen verschiedenen Detaillierungsgraden einzelner Objekte und

Animation von zeitlichen Entwicklungen, so daß durch freies Navigieren durch die Datenwelt Zusammenhänge leichter erkannt und verstanden werden können.

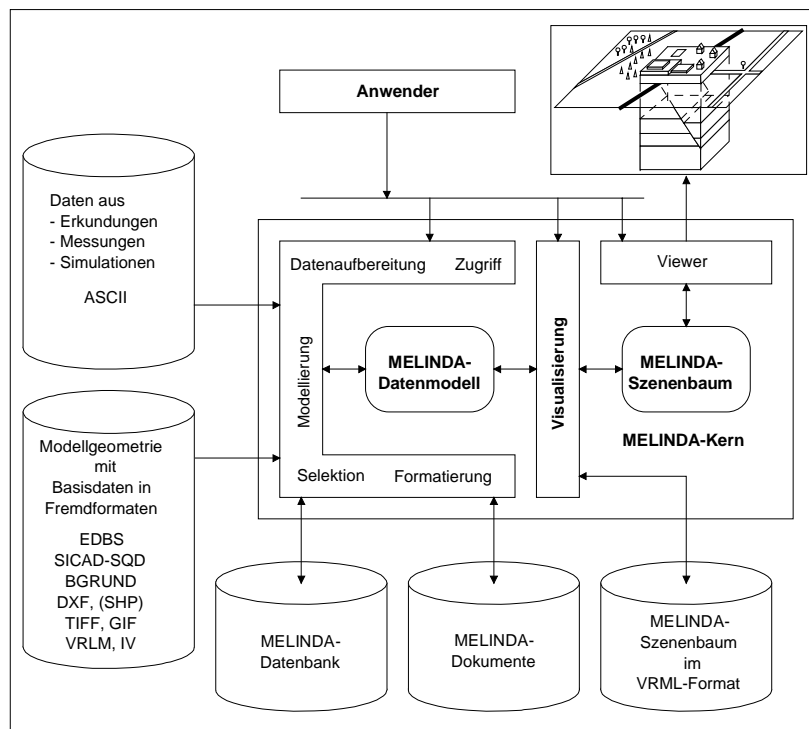


Abbildung 2  
Datenfluß im MELINDA-Informationssystem

### 3.1 Funktionale Gliederung

Funktional ist das MELINDA-System in mehrere Module gegliedert. Die Grobstruktur dieser Gliederung und die Objektbeziehungen der Module untereinander zeigt Abb. 3.

1. Der Modul „**Landschaft**“ modelliert geographischer Daten (siehe Kap. 3.2). Es können sowohl zweidimensionale geographische Objekte (z.B. aus ALK oder ATKIS-Datenbeständen) als auch dreidimensionale Modelle des Geländereiefs verarbeitet werden. Die Abbildung zweidimensionaler Geoobjekte auf das Geländereief ist möglich.

2. Das Modul „**Geologie**“ behandelt geologische Daten (siehe Kap. 3.3). Das System erlaubt die Speicherung geologischer Basisinformationen (Bohrlochdaten) und stellt Hilfsmittel bereit, aus diesen Basisinformationen dreidimensionale geologische Strukturen (Profilschnitte, Schichtflächen, Volumen, ..) zu erzeugen.

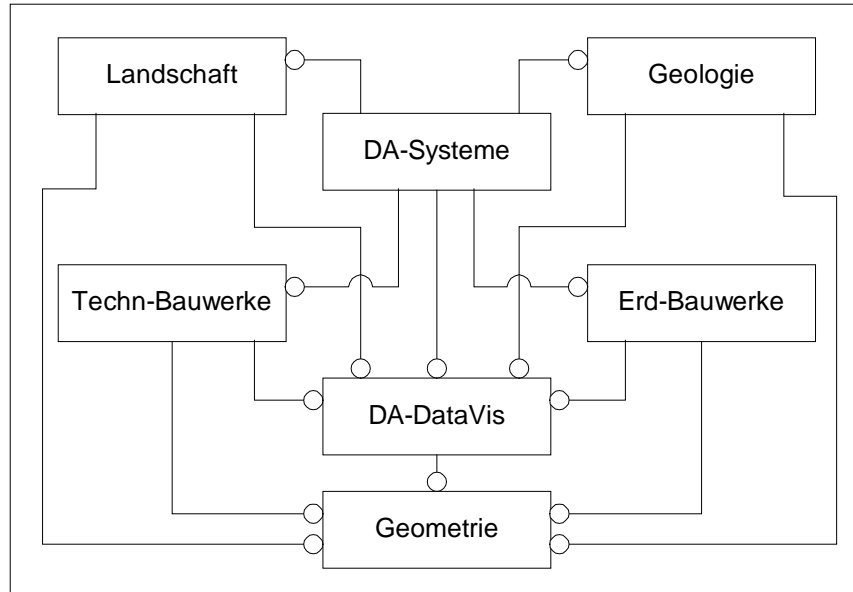


Abbildung 3  
Objektrelationen der zentralen MELINDA-Module

3. Der Modul „**Techn-Bauwerke**“ umfaßt alle Bauwerke, deren Geometrie durch wenige Parameter erfaßt werden kann, weil ihre Form einfach ist oder abstrahiert werden darf. Solche Bauwerke sind beispielsweise Gebäude, Bohrungen, Grundwasser-Meßstellen, Tunnel, Kabelkanäle, Spundwände, Schächte, oder Rohrleitungen. Neben den geometrischen Parametern werden den Bauwerks-Objekten auch die relevanten Sachdaten zugeordnet. Zur Visualisierung von Objekten mit komplexer geometrischer Form können Einzelmodelle über Standard-Formate (z.B. VRML) importiert werden, die direkt in den MELINDA-Szenenbaum (s. Abb. 2) eingehen. Die Form dieser Modelle kann mit MELINDA dann aber nicht mehr verändert werden.
4. Das Modul „**Erd-Bauwerke**“ dient zur Modellierung von Erdbauwerken. Typische Objekte dieser Klasse sind Deponiekörper, Deponiedichtungen, Gräben, Dämme oder Trassen. Im Gegensatz zu den technischen Bauwerken ist die geometrische Form hier unregelmäßig, die Modellierung erfolgt deshalb mit Hilfe

von Dreiecksflächen bzw. von Dreiecksflächen eingeschlossener Volumina. Für verschiedene Typen von Erdbauwerken gibt es spezielle Methoden zur Generierung dieser Dreiecksflächen. So werden z.B. Straßendämme, Gräben oder Trassen durch eine Folge von Querschnittsprofilen in der Landschaft beschrieben, die mit dem Geländere relief verschnitten werden. Das für den Anwendungsbereich von MELINDA wichtigste Erdbauwerk ist der Deponiekörper. Entsprechend der TA-Siedlungsabfall (Henseler-Ludwig 1993) wird er durch eine Anzahl von Deponieabschnitten modelliert, die ihrerseits wiederum aus in sich homogenen Elementarkörpern, den Einbauten, zusammengesetzt sind. Die Gestalt eines Deponieabschnittes wird in MELINDA mit „Schüttungs-Objekten“ modelliert, die durch eine (polygonale) Grundfläche, durch Schüttwinkel und eine Höhe beschrieben sind (s. Abb. 4a). Jedem Abschnitt sind weiterhin Dreiecksflächen zur Modellierung der Abdeckung und der Bodendichtung zugeordnet, sowie ein lokales (ev. schiefwinkliges) Raster-Koordinatensystem. Stoffwerte wie Abfallarten, Schadstoffkonzentrationen oder Temperaturen können mit Einbauten assoziiert werden. Geometrisch werden diese Einbauten im einfachsten Fall durch Quader beschrieben, die über das Raster-Koordinatensystem des Abschnittes indiziert werden (s. Abb. 4b).

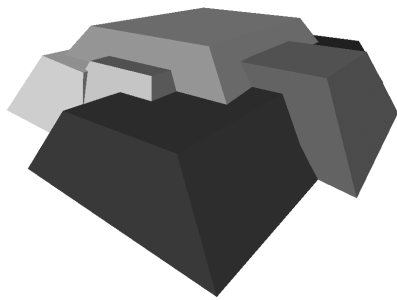


Abbildung 4a

Aufbau des Deponiekörpers aus Deponieabschnitten

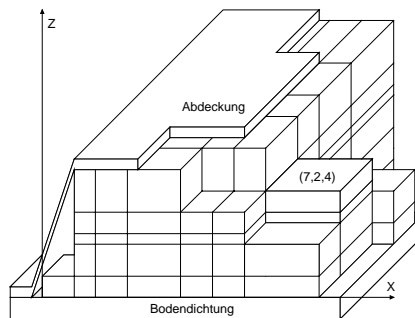


Abbildung 4b

Standardmodellierung eines Deponieabschnittes durch quaderförmige Einbauten.

- Das Modul „**DA-DataVis**“ dient der Sachdaten-Visualisierung, d.h. der graphischen Darstellung nicht-geometrischer Daten wie Meßdaten oder Simulationsergebnissen in ihrem räumlichen Umfeld. Die Daten (z.B. Schadstoffkonzentrationen, Temperaturverläufe, Grundwasserströme) werden dabei auf die zugehörigen geometrischen Strukturen (Punkte, Linien, Flächen, Volumina, Raster) abgebildet. Abhängig von Datenquelle und Bedeutung werden Datenobjekte mit

Objekten eines anderen Moduls assoziiert (z.B. die zeitlich veränderliche Schadstoffkonzentration in einem Brunnen mit dem technischen Bauwerk „Brunnen“). Insbesondere für die Visualisierung räumlich verteilter Daten (z.B. Temperatur- oder Feuchtefeld in einem Deponiekörper, Schadstoffkonzentration im Grundwasser, Müllarten in einem Deponieabschnitts-Raster) müssen geeignete Interpolationsverfahren (z.B. Kriging) und Konturierungsmethoden (z.B. Generierung von Isoflächen) integriert werden. Für die Darstellung zeitlich veränderlicher Daten bietet sich die Verwendung von Computer-Animationen an.

6. Das Modul „**DA-Systeme**“ faßt Objekte aus verschiedenen oben genannten Bereichen zu Systemen zusammen. In vielen Fällen können die Deponie/Altlast-Objekte nämlich nicht isoliert betrachtet werden, da sie im Zusammenspiel ein System bilden, dessen Zustand, Verhalten oder Struktur von Interesse ist. Das wichtigste System dieser Art ist das Grundwasser-System, das in MELINDA durch viele Einzel-Objekte erfaßt wird: Bohrungen zur Grundwassererkundung, die Grundwasseroberfläche bzw. verschiedene Grundwasser-Stockwerke, geologische Schichten, Grundwasser-Meßstellen und zugehörigen Meßdaten. Ein System wird aber nicht nur als die Summe seiner Komponenten modelliert, ihm können auch systemspezifische Attribute und Methoden zugeordnet werden. Im Fall des Grundwassersystems könnte man beispielsweise das von der LfU-BW erarbeitete Hydrologische Arbeitsmodell (LfU 1996) als Methode der Grundwassererkundung integrieren. Andere zu modellierende Systeme wären: Barriersystem, Entwässerungssystem, Abgassystem, Inspektionssystem.
7. Das Modul „**Geometrie**“ stellt geometrische Basisfunktionalität für alle anderen Bereiche bereit. Typische Geometrieobjekte sind Punkte, Kanten, Linienzüge, Dreiecksflächen oder Dreiecks-Volumina. Das Modul stellt eine reichhaltige Funktionalität zur Generierung und redundanzfreien Speicherung geometrischer Objekte, zur Durchführung geometrischer Operationen (Schnitte, Projektionen, Verschneidungen, Triangulation), sowie für geometrische Berechnungen (Umfang, Fläche, Volumen, ..) zur Verfügung. Geometrische Such- und Auswertungsoperationen werden durch räumliche Indizierung der Objekte über einen kd-Tree (Matsuyama 1984) unterstützt.

### 3.2 Modul „Landschaft“ - Geographische Objekte

Das Landschaftsmodell umfaßt die Objekte der Topographischen Karte und der Liegenschafts-Karte (ATKIS und ALK), sowie die dreidimensionale Geländestruktur, die im weiteren als Geländere relief bezeichnet wird. Das Relief wird durch eine Triangulationsfläche modelliert, die mit einer Delaunay-Triangulation (Garland 1995) aus beliebig verteilten digitalen Höhenpunkten erzeugt werden kann. Das Triangulationsverfahren erlaubt es, eine Maximalzahl von Dreiecken oder einen maximal



erlaubten Triangulationsfehler vorzugeben. Besondere Geländemerkmale wie Grate oder Bruchkanten können berücksichtigt werden.



Abbildung 5  
Geländeerelief mit  
überlagertem Luftbild und  
ATKIS-Daten (Straßen und  
Eisenbahnen)<sup>2</sup>

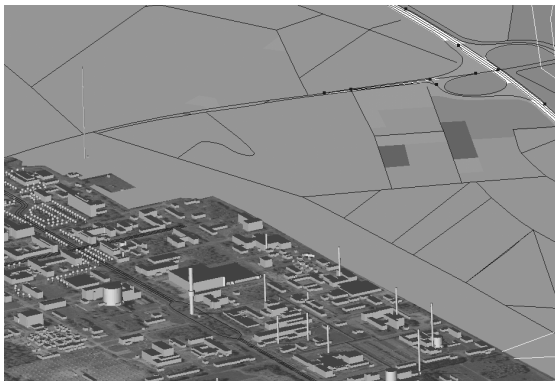


Abbildung 6  
Kombination von ALK und  
ATKIS-Daten ergänzt um 3D-  
Informationen<sup>2</sup>

Weiterhin beinhaltet das MELINDA-Landschaftsmodell die folgenden Klassen für geographische Objekte:

1. **Siedlung:** Ortslage, Wohnbaufläche, Abfalldeponie, Sportanlage, Halde, ... ;
2. **Verkehr:** Straße, Bahnstrecke, Flughafen, Hafenbecken, Bahnhof, ... ;
3. **Vegetation:** Acker, Wald, Moor, ... ;
4. **Gewässer:** Strom, Fluß, Bach, Kanal, Quelle, Talsperre, Schleuse, ... ;
5. **Gebiet:** Insel, Grenze, ... ;
6. **ALK-Objekte:** Gebäude, Flurstück, Nutzungsbereich, Grenzen, ....

<sup>2</sup> Darstellung auf der Grundlage des Digitalen Landschaftsmodelles (DLM 25/1), des Digitalen Höhenmodelles, der Digitalen Orthobildern und der Rasterdaten der Topographischen Karten des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg, mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg vom 2.7.1997 unter Az.: 4.3/295.

Das zugehörige interne Datenmodell umfaßt die Attribute aus dem ALK und ATKIS-Bereich. Es erlaubt darüber hinaus die Ergänzung der dritten Raumdimension (z.B. durch Projektion auf ein Geländere relief, siehe Abb. 5) und weiterer geometrischer (z.B. Gebäudehöhen, Dachformen, Abb. 6) und nicht-geometrischer Parameter (z.B. Meß- oder Erkundungsdaten), die einem Geoobjekt zugeordnet sind. In Verbindung mit den Vektordaten und dem Geländere relief werden auch Rasterdaten (Karten, Orthophotos) in die Modellierung einbezogen und gemeinsam mit ihnen im dreidimensionalen Raum visualisiert.

Ein generelles Problem ist, daß es im Bereich der Vektordaten noch kein allgemein akzeptiertes Datenmodell oder Austauschformat gibt, wie es z.B. im CAD-Bereich mit dem STEP-Format der Fall ist. Stattdessen werden von den einzelnen Datenlieferanten unterschiedliche, proprietäre Datenmodelle und Austauschformate benutzt (ALK/ATKIS-EDBS, DXF, SICAD-SQD, BGRUND). Im MELINDA-Vorhaben wurden deshalb Prozessoren entwickelt, um zumindest die am häufigsten benutzten Formate verarbeiten zu können.

### 3.3 Modul Geologie - Geologische Objekte

Das zentrale Umweltproblem im Zusammenhang mit Deponien und Altlasten ist eine mögliche Verunreinigung des Grundwassers durch den Austritt von Schadstoffen. Der Untergrund als "geologische Barriere" hat damit eine entscheidende Bedeutung für das gesamte Gefahrenpotential des Standortes. Für die geologische Bewertung dieser Barriere stehen meist nur wenige und ungenaue Daten aus geologischen Karten, Bohrungen oder seismischen Untersuchungen zur Verfügung.

Das MELINDA-Informationssystem stellt verschiedene Funktionen zur Modellierung und Visualisierung der geologischen Gegebenheiten in der Umgebung einer Deponie zur Verfügung. Entsprechend dem objektorientierten Ansatz wurde dazu eine Anzahl geologischer Objekte modelliert und Methoden zur Generierung, Bearbeitung und Visualisierung dieser Objekte entwickelt. Die nachfolgende Liste zählt einige wichtige Objekte auf.

1. Objekt „**Bohrloch**“: Modelliert ausgewertete Bohrlochdaten. Objekt-Attribute sind die geometrischen Parameter der Bohrung (Lage, Ansatzhöhe, Teufe) und die Stratigraphie der Schichtfolge. Es stehen Methoden zur Verfügung, digitale Bohrlochinformationen einzulesen, einzelne Bohrlöcher oder ganze Bohrlochfelder zu visualisieren und interaktiv zu bearbeiten (s. Abb. 7a).

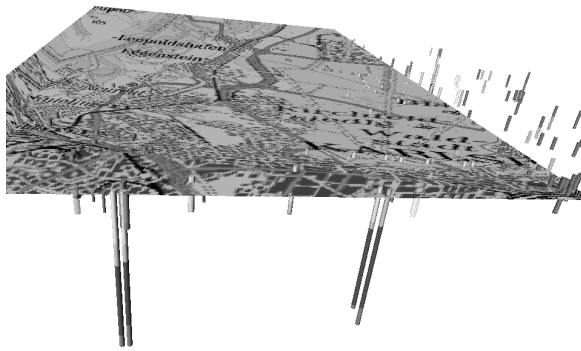


Abbildung 7a  
Visualisierung von  
Bohrlochobjekten<sup>2,3</sup>



Abbildung 7b  
Dreidimensionale  
Profilschnitte<sup>2,3</sup>

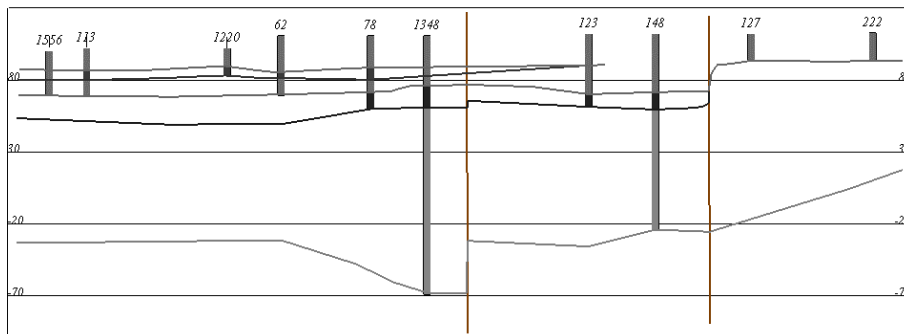


Abbildung 7c  
Generierung von Schnittpolygonen in der zweidimensionalen Abwicklung der  
Profilschnittebene

<sup>3</sup> Unter Verwendung von Daten der hydrogeologischen Kartierung Karlsruhe-Speyer (Arbeitsgruppe Hydrogeologische Kartierung 1988) des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg.

2. Objekt „**Störung**“: Modelliert den geographischen Verlauf von geologischen Störungen oder Verwerfungen. MELINDA ermöglicht das Einlesen gespeicherter Störungslinien sowie die interaktive Konstruktion von Störungen.
3. Objekt „**Schichtfläche**“: Modelliert die Trennfläche zwischen zwei geologischen Schichten mit Hilfe einer Triangulationsfläche. Es wurden Methoden entwickelt, Schichtflächen direkt aus Feldern von Bohrlöchern durch Triangulation zu erzeugen, was bei geringer Datenmenge oder komplexer Schichtstruktur aber nur unbefriedigende Resultate liefert. Die Erzeugung von Schichtflächen aus Profilschnittpolygonen (s.u.) sowie die Berücksichtigung geologischer Störungen bei der Flächengenerierung ist in der Entwicklung. Weiterhin stellt MELINDA Werkzeuge bereit, automatisch erzeugte Schichtflächen interaktiv nachbearbeiten und auszuwerten zu können.
4. Objekt „**Profilschnitt**“: Modelliert geologische Profilschnitte. Geometrisch besteht ein Profilschnitt aus einer Reihe stückweise ebener, senkrecht zur Erdoberfläche ausgerichteter Flächenstücke (siehe Abb. 7b). Die geometrische Spezifikation eines Profilschnittes erfolgt durch eine Reihe von Bohrlöchern, wobei je zwei benachbarte Bohrlöcher ein Flächenstück des Schnittes aufspannen. Jedem Profilschnitt ist eine Reihe von Profilschnittpolygonen zugeordnet. Sie modellieren die Schnittlinien zwischen den horizontalen Schichtflächen und der vertikalen Schnittebene. Abb. 7c zeigt derartige Schnittpolygone in einer zweidimensionalen Abwicklung des Profilschnittes. Die Erzeugung der Profilschnittpolygone geschieht in dieser Abwicklungsebene auf der Basis von Bohrlochinformationen. MELINDA stellt zu diesem Zweck einen komfortablen Editor zur Verfügung.

### 3.4 MELINDA-Dokumente

Bei der Systemanalyse zu MELINDA wurde deutlich, daß für die Arbeit mit Depo- nien und Altlasten neben der dreidimensionalen Visualisierung aller Komponenten und Sachverhalte die Dokumentation eine besondere Rolle spielt, da eine Fülle von Informationen aus unterschiedlichen Quellen für unterschiedliche Nutzer zusammengestellt werden muß. Bei den Informationen handelt es sich um Daten der verschiedensten Arten, erzeugt und weiterbearbeitet durch eine Vielzahl von Standard- systemen: Meßdaten, geographische Daten (Vektorkarten, Rasterkarten, Orthophoto- tos), Photos, Filme, technische Zeichnungen, Berichte etc.. Die aktuelle Dokumenta- tion dieser Daten erfolgt bisher in Form von Berichten, ergänzt durch Dateien in den jeweiligen proprietären Formaten der zur Bearbeitung verwendeten Systeme. Diese Vorgehensweise hat Schwächen, wenn Daten weiterverarbeitet werden sollen oder wenn Systeme veraltet sind und nicht mehr zur Verfügung stehen.

Zur Verbesserung der Situation sollte ein universelles, leicht handhabbares Do- kumentations-Format eingesetzt werden. Für eine umfassende, nachhaltige Doku-

mentation ist ein ASCII-Format zu empfehlen, in dem mit Hilfe einfacher Markierung die Bedeutung der Daten gekennzeichnet ist. Der Einsatz von XML (Goldfarb 1998) als selbstbeschreibendem Format wäre eine zweckmäßige Lösung des Problems, die für MELINDA vorgesehen ist. Beim augenblicklichen Stand der MELINDA-Entwicklung wird zur Dokumentation und zum Austausch der von MELINDA erfaßten Daten einer Deponie/Altlast ein spezielles objektorientiertes ASCII-Format definiert und verwendet, das aber leicht auf XML umgestellt werden kann. Die Verwendung eines lesbaren ASCII-Formates garantiert die langfristige Dokumentation und Nutzung der Daten, da sie leicht zu interpretieren und zu bearbeiten sind. Lediglich multimediale Daten wie Rasterbilder, Videos oder Audiodaten werden ausgenommen, da für sie allgemein akzeptierte Standards existieren und Standard-Werkzeuge bereitstehen. Die Gesamtstruktur einer Altlast/Deponie-Dokumentation wird durch einen Standard-Dateibaum beschrieben, in den die Einzeldokumente eingefügt sind.

#### **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Im Artikel wurde das neue Informationssystem MELINDA zum Management von Altlasten- und Deponie-Daten vorgestellt. Das Ziel der Systementwicklung ist es, Daten aus unterschiedlichen Bereichen in einem konsistenten Modell zu integrieren, eine problemangepaßte Bearbeitung und Auswertung der Daten auf Basis einer dreidimensionalen Visualisierung zu ermöglichen, sowie ein anwendungsbezogenes Datenformat für Dokumentations- und Austauschzwecke zu definieren. Die bisherige Entwicklung konzentrierte sich auf die Konzeption des Gesamtsystems, die Bereitstellung der geometrischen Basisfunktionalität, sowie die Implementierung der Module zur Verarbeitung geographischer und geologischer Daten. In diesem Zusammenhang wurde auch eine Reihe von Schnittstellen-Prozessoren für gängige GIS- und CAD-Datenformate entwickelt.

Die Weiterentwicklung konzentriert sich einerseits auf die Verbesserung schon existierender Module (z.B. die Erzeugung von geologischer Schichtflächen aus Profilschnitten), und andererseits auf die prototypische Implementierung der noch fehlender Module für technische Bauwerke, Erdbauwerke und nicht-geometrische Daten. Vor allem bei der Modellierung des Deponiekörpers (einschließlich der zugehörigen physikalischen, biologischen und chemischen Parameter) wird es notwendig sein, eng mit Deponiebetreibern oder Aufsichtsbehörden zusammenzuarbeiten.

## Literaturverzeichnis

- AdV (1989): Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV): Gesamtdokumentation ATKIS, Landesvermessungsamt NRW, Bonn
- AlfaWeb (1999): Altlasten - Fachinformationen im World-Wide Web,  
<http://www.uis-extern.um.bwl.de/lfu/abt5/altlasten/index.html>
- Arbeitsgruppe Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe-Speyer (1988): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe-Speyer, Analyse des Ist-Zustandes, Aufbau eines mathematischen Grundwassermodells.
- Bill, R., Fritsch, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 1: Hardware, Software und Daten, Heidelberg
- Bill, R. (1996): Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 2: Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen, Heidelberg
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1995): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, Berlin et al.
- Garland, M., Heckbert, P.S. (1995): Fast Polygonal Approximations of Terrains and Height Fields, Carnegie Mellon University, School of Computer Science, CMU-CS-95-181
- Goldfarb, C.F. , Prescod, P. (1998): The XML Handbook, München et al.
- Haffner, H., Isele, J. (1999): Probenahme unter Deponien und Altlasten beim Bohrvorgang und mit Hilfe telemanipulierter Roboterfahrzeuge, Freiburger Forschungsforum, 16.-18. Juni 1999
- Henseler-Ludwig, R. (Bearb.) (1993): TA-Siedlungsabfall, Bundesanzeiger
- LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (1996): Leitfaden Erkundungsstrategie Grundwasser, Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle Nr. 19
- Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (LV-BW) (1999): Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK), <http://www.lv-bw.de>
- Matsuyama, T., Hao, L.V., Nagao, M. (1984): A File organization for Geographic Information Systems Based on Spatial Proximity, in: Computer Vision, Graphics, and Image Processing, No. 26, pp. 303-318
- Neumaier, H., Weber, H.H. (Hrsg.) (1996): Altlasten Erkennen, Bewerten, Sanieren, Berlin et al.
- Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFb) (1998): SEPWin - Schichten Erfassung Programm, User Manual, <http://www.bgr.de/n403/sepwin.htm>
- Schmid, G. (1992): Deponietechnik, Würzburg
- SFB 477 (1999): <http://www.sfb477.tu-bs.de/>
- Wernecke, J. (1995): The Inventor Mentor, Reading/MA