



GIS-gestütztes Managementsystem für Bodenbedarf und –lieferung im Rahmen eines Flächenrecyclings (MODELL)

Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. W. Busch

Bearbeiter: Dipl.-Ing. R. Roosmann

1 Einleitung

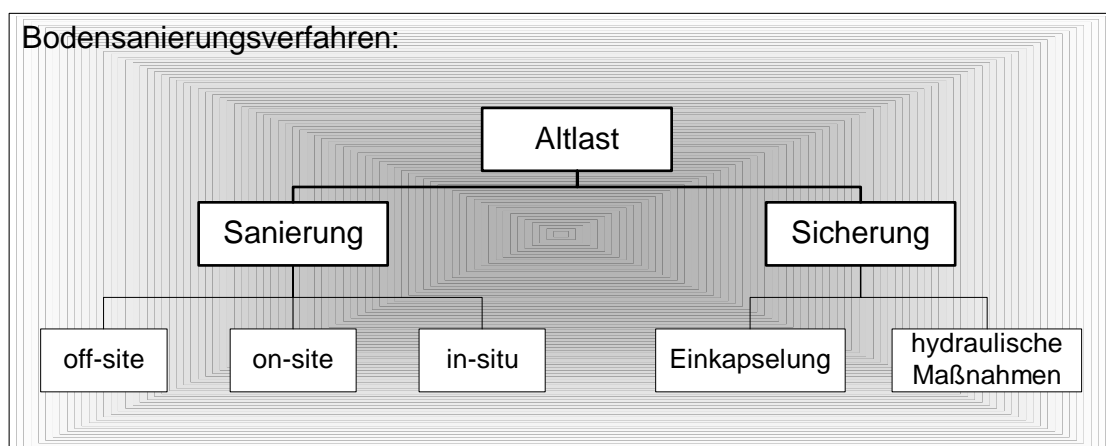
„Flächenrecycling ist die nutzungsbezogene Wiedereingliederung solcher Grundstücke in den Wirtschafts- und Naturkreislauf, die ihre bisherige Funktion und Nutzung verloren haben – wie stillgelegte Industrie- und Gewerbeflächen, Militärliegenschaften, Verkehrsflächen u.a. – mittels planungsrechtlicher, umwelttechnischer und betriebswirtschaftlicher Instrumente.“ [Brüggemann et. al., 2000]

Als wichtige Maßnahmen hierzu seien die Sanierung von Boden-, Bodenluft- und Grundwasserkontaminationen genannt.

Ziel dieser Maßnahmen ist es, effektiv und kostengünstig zu sein, mit:

- kleinem Restrisiko und hohem Dekontaminierungsgrad,
- geringem Aufwand an Zeit und Geld,
- maximaler Akzeptanz bei der Bevölkerung durch geringst mögliche Umweltbeeinflussungen,
- kürzest mögliche Zulassungsverfahren,
- Einhaltung der rechtlichen Forderungen,
- einer Technik, die entweder bereits vorhanden ist oder nur gering investitionsbedürftig ist. [Wille, 1993]

Da das Programm MODELL einen Teil der Bodensanierung unterstützt, werden kurz die unterschiedlichen Bodensanierungsverfahren dargestellt:



Teil der verschiedenen Bodensanierungsverfahren ist häufig ein Bodenaustausch oder / und die Bodenumlagerung (z.B. bei der Einkapselungsmethode).

Unter Bodenumlagerung soll sowohl die Bodenverschiebung auf der Sanierungsfläche selbst, als auch die Lieferung von Boden zur Sanierungsfläche verstanden werden.

MODELL wurde im Auftrag der Firma GPE mbH, Dortmund, entwickelt, um das Flächenrecycling großer Industrieflächen zu unterstützen. Bei diesen Industrieflächen handelt es sich größtenteils um Betriebe die aus der Bergaufsicht entlassen und einer sinnvollen Folgenutzung zugeführt werden sollen. Als Sanierungsverfahren wird hierbei hauptsächlich die Methode der Einkapselung durch Abdeckung verwendet.

Zur Abdeckung der kontaminierten Böden, aber auch zur Geländemodellierung wird „externer“ Boden (= nicht auf der Sanierungsfläche vorhandener Boden) benötigt. Hierbei handelt es sich um sehr große Bodenmengen, die auf sogenannten Lagerungsflächen auf der Sanierungsfläche zwischengelagert werden.

Diese Zwischenlagerung hat mehrere Gründe. Ein wichtiger Grund zur Einrichtung eines Zwischenlagers ist der wirtschaftliche Aspekt. Die Einrichtung eines Zwischenlagers hat den Vorteil, dass man den Boden kaufen kann, wenn dieser am Markt angeboten wird. Der Boden wird zwischengelagert und genutzt, wenn er benötigt wird. Es besteht also nicht die Notwendigkeit, zu einem bestimmten Zeitpunkt große Mengen Boden anzukaufen, was den Preis für den Boden extrem in die Höhe schnellen lassen würde.

2 Aufbau des Systems MODELL

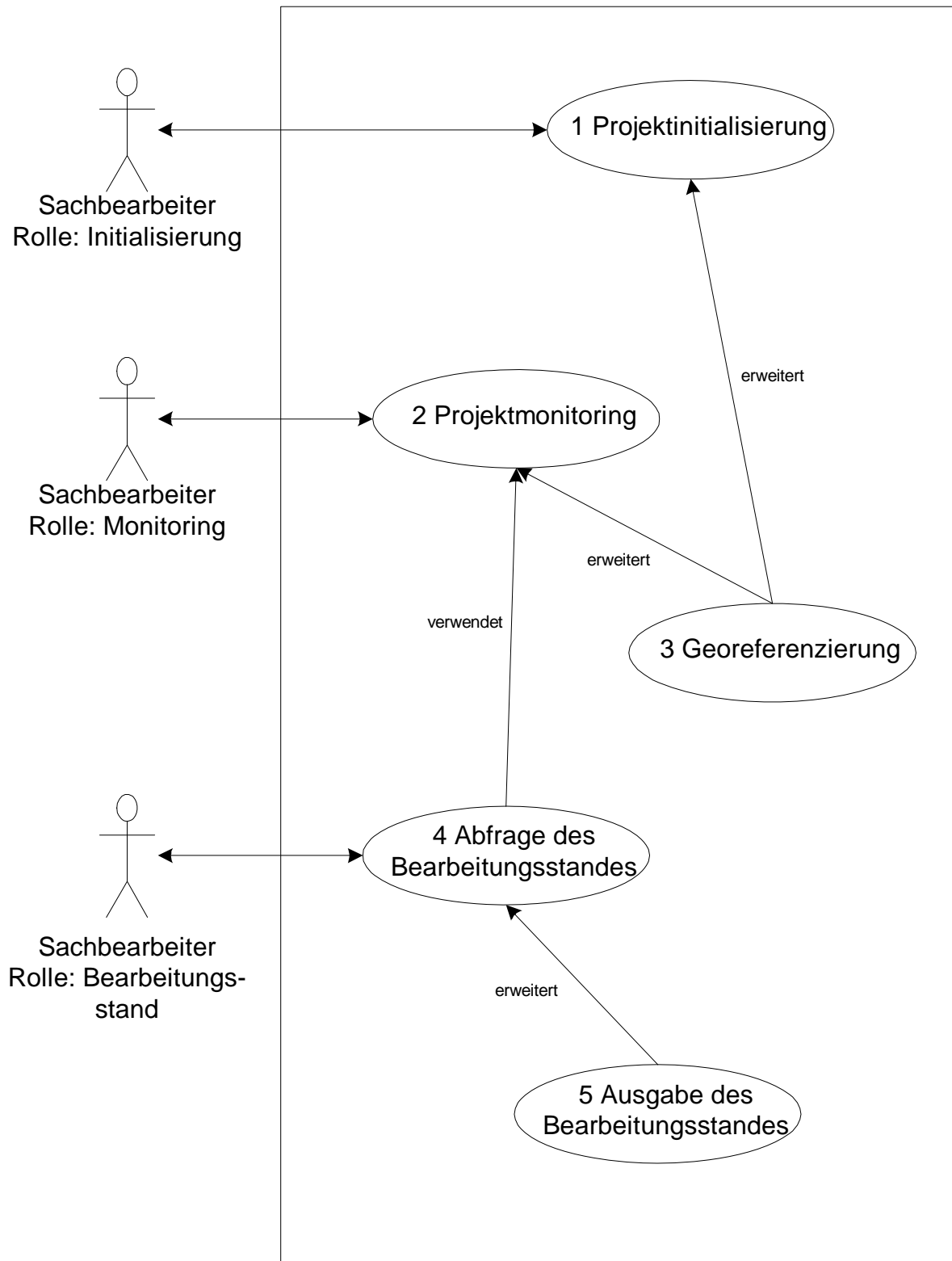
Das Ziel der GIS-Lösung MODELL ist einerseits die Visualisierung sämtlicher vorhandener Planungsunterlagen in einem System. Zum anderen sollen die Bodenbewegungen auf den Zwischenlagern erfaßt und dokumentiert werden.

Hierbei ist es wichtig, dass angelieferter Boden innerhalb der Grenzen des Zwischenlagers geschüttet werden und dass nur Boden auf der Sanierungsfläche vorhanden ist, der auch tatsächlich benötigt wird.

Die Schwerpunkte des Programms MODELL sind also:

- die Datenhaltung und –visualisierung des
 - Lageplan (Ist-Zustand und Orientierungsraster),
 - Bestandsplan (vorhandene Entwässerung mit Flurstücken),
 - Lageplan (Schadstoffausbreitung und Bodenmanagement),
 - Lageplan (Bodenaufbereitung und Rückbau),
 - Bestands- und Rodungsplan (Wald- und Grünflächen),
 - Baustelleneinrichtungsplan.
- die Dokumentation des angelieferten Bodens auf den Lagerungsflächen und daraus abgeleitet, die restliche Menge und Art des benötigten Bodens für das Flächenrecycling.

Das Programm ist modulhaft aufgebaut und gliedert sich in folgende Anwendungsfälle:



3 Realisierung

Zur Realisierung der genannten Anforderungen lässt sich optimal ein Geoinformationssystem (GIS) einsetzen.

Sämtliche darzustellenden Daten können über den einheitlichen Raumbezug miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Des Weiteren soll die Lage und die Bodenmenge, Bodenart etc. der Bodenschüttungen innerhalb des Zwischenlagers dokumentiert werden.

Die Realisierung des Systems BEPLIS erfolgte durch eine funktionale Erweiterung des Desktop-GIS ArcView in der Version 3.2.

Die Modellierung der GIS-Lösung wurde mit der Unified Modelling Language (UML) und die Programmierung mit Visual C++ und Avenue durchgeführt.

4 Die Module von MODELL

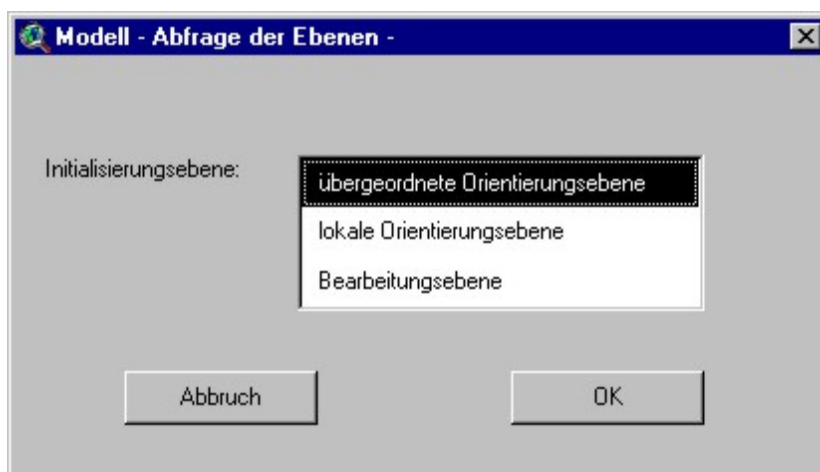
Die einzelnen Module des Programms MODELL ergeben sich aus den dargestellten Anwendungsfällen und sollen hier kurz dargestellt werden.

4.1 Projektinitialisierung

Die Projektinitialisierung kann in drei verschiedenen Maßstabsebenen erfolgen:

- Übergeordnete Orientierungsebene,
- Lokale Orientierungsebene,
- Bearbeitungsebene.

Beim Start der Initialisierung eines neues Projektes kann die jeweilige Ebene definiert werden:



4.1.1 Übergeordnete Orientierungsebene

Auf dieser Ebene werden sämtliche übergeordneten Informationen eines Projektes (= Sanierungsfläche) definiert:

The screenshot displays the ArcView GIS 3.2a interface with the 'Lage und Attribute' dialog box open. The dialog box is titled 'Lage und Attribute' and contains the following fields and controls:

- Projektname:** test1
- Größe der verfügbaren Fläche:** 3 [ha]
- Gesamtbedarf:** 100000 [m3]
- Bedarf an:**
 - Füllboden bis Z2: 20000 [m3]
 - Füllboden bis Z1.1: 20000 [m3]
 - Dichtungsboden bis Z1.2: 20000 [m3]
 - Reku-Boden bis Z1.1: 20000 [m3]
 - Waschberge: 20000 [m3]
- Flächenverfügbarkeit:**
 - ab: 01.01.2001
 - bis: 31.12.2001
- Ansprechpartner:** Hinzufügen
- Auftraggeber:** Roosmann [B]
- Auftragnehmer:** Busch [B]
- Gutachter:** Plast [B]
- Koordinator:** Pfahl [B]
- Bearbeitungs-**
 - start: 15.01.2001
 - ende: 1.12.2001
- Besonderheiten:** keine

At the bottom of the dialog box, there are four buttons: Abbruch, Lesen, Edit, and Neu. The background shows a map of the Bochum area with a blue flag indicating the project location.

Es besteht auf dieser Initialisierungsebene die Möglichkeit die Lage im Raum „grob“ festzulegen. Darüber hinaus werden die Informationen zur Sanierungsfläche (Größe, Flächenverfügbarkeit, Besonderheiten) und zum Bodenbedarf für das Flächenrecycling festgelegt.

Es wird der Gesamtbodenbedarf festgelegt und der Bedarf an Boden, differenziert nach Gefährdungspotential. Die Klassifizierung des Gefährdungspotentials der Böden erfolgt nach der LAGA-Richtlinie (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall).

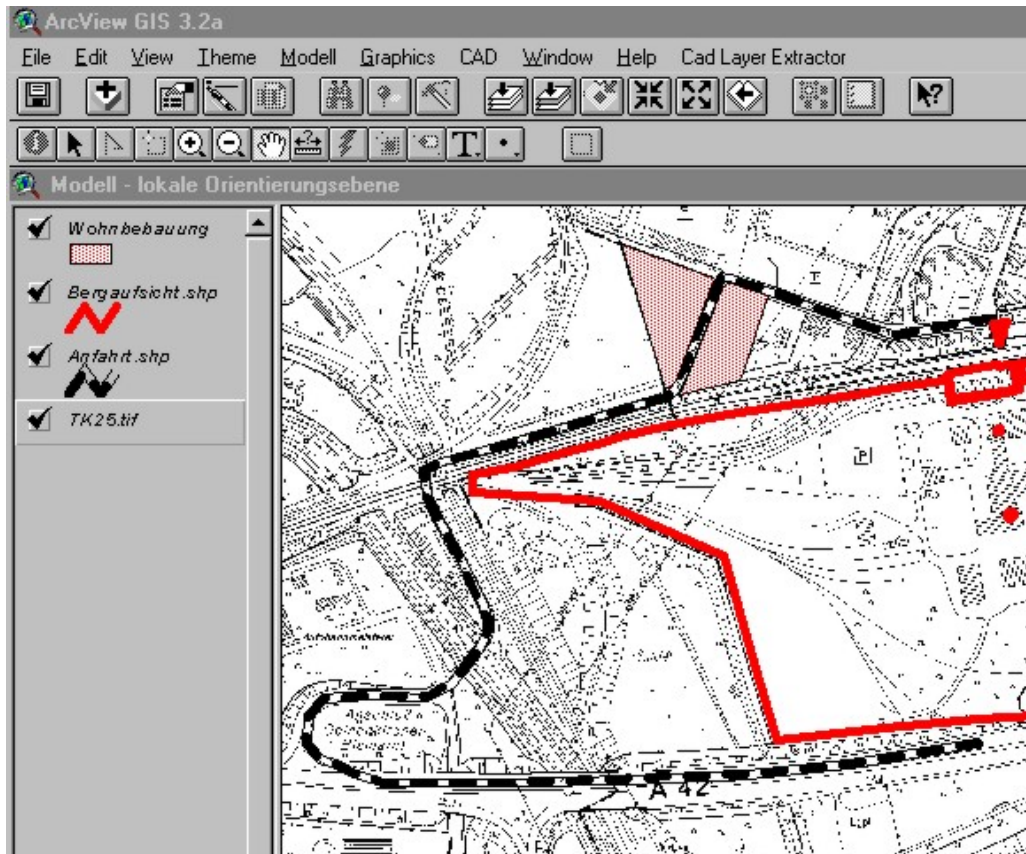
Zuordnungswerte und Einbauklassen (LAGA 1994) [Kowalewski, 1995]

Einbauklasse / Parameter	Z0		Z1				Z2	
	Boden	Eluat	Z1.1		Z1.2		Boden	Eluat
	Boden	Eluat	Boden	Eluat	Boden	Eluat	Boden	Eluat
pH-Wert	5,5-8	6,5-9	5,5-8	6,5-9	5-9	6-12	-	5,5-12
el. Leitfähigkeit [μS/cm]		500		500		1000		1500
EOX [mg/kg]	1		3		10		15	
Kohlenwasser- stoffe [mg/kg]	100		300		500		1000	
Phenolindex [mg/l]		< 0,01		0,01		0,05		0,1
Σ BTEX [mg/kg]	< 1		1		3		5	
Σ LHKW [mg/kg]	< 1		1		3		5	
Σ PAK n. EPA [mg/kg]	1		5		15		20	
Σ PCB nach DIN 51527 [mg/kg]	0,02		0,1		0,5		1	
Arsen	20 [mg/kg]	0,01 [mg/l]	30 [mg/kg]	0,01 [mg/l]	50 [mg/kg]	0,04 [mg/l]	150 [mg/kg]	0,06 [mg/l]
Blei	100 [mg/kg]	0,02 [mg/l]	200 [mg/kg]	0,04 [mg/l]	300 [mg/kg]	0,1 [mg/l]	1000 [mg/kg]	0,2 [mg/l]
Cadmium	0,6 [mg/kg]	0,002 [mg/l]	1 [mg/kg]	0,002 [mg/l]	3 [mg/kg]	0,005 [mg/l]	10 [mg/kg]	0,01 [mg/l]
Chrom (ges.)	50 [mg/kg]	0,015 [mg/l]	100 [mg/kg]	0,03 [mg/l]	200 [mg/kg]	0,075 [mg/l]	600 [mg/kg]	0,15 [mg/l]
Kupfer	40 [mg/kg]	0,05 [mg/l]	100 [mg/kg]	0,05 [mg/l]	200 [mg/kg]	0,15 [mg/l]	600 [mg/kg]	0,3 [mg/l]
Nickel	40 [mg/kg]	0,04 [mg/l]	100 [mg/kg]	0,05 [mg/l]	200 [mg/kg]	0,15 [mg/l]	600 [mg/kg]	0,2 [mg/l]
Quecksilber	0,3 [mg/kg]	0,0002 [mg/l]	1 [mg/kg]	0,0002 [mg/l]	3 [mg/kg]	0,001 [mg/l]	10 [mg/kg]	0,002 [mg/l]
Thallium	0,5 [mg/kg]	< 0,001 [mg/l]	1 [mg/kg]	0,001 [mg/l]	3 [mg/kg]	0,003 [mg/l]	10 [mg/kg]	0,005 [mg/l]
Zink	120 [mg/kg]	0,1 [mg/l]	300 [mg/kg]	0,1 [mg/l]	500 [mg/kg]	0,3 [mg/l]	1500 [mg/kg]	0,6 [mg/l]
Cyanide (ges.)	1 [mg/kg]	< 0,01 [mg/l]	10 [mg/kg]	0,01 [mg/l]	30 [mg/kg]	0,05 [mg/l]	100 [mg/kg]	0,1 [mg/l]
Chlorid [mg/l]		10		10		20		30
Sulfat [mg/l]		50		50		100		150

Aus den dargestellten Zuordnungswerten ergeben sich die jeweiligen Einbaumöglichkeiten auf der Sanierungsfläche.

4.1.2 Lokale Orientierungsebene

Die lokale Orientierungsebene stellt Informationen auf der Maßstabsebene 1:5000 bis 1:25000 bereit. Diese Informationen dienen z.B. als Anfahrtsskizze für die Bodentransporte.

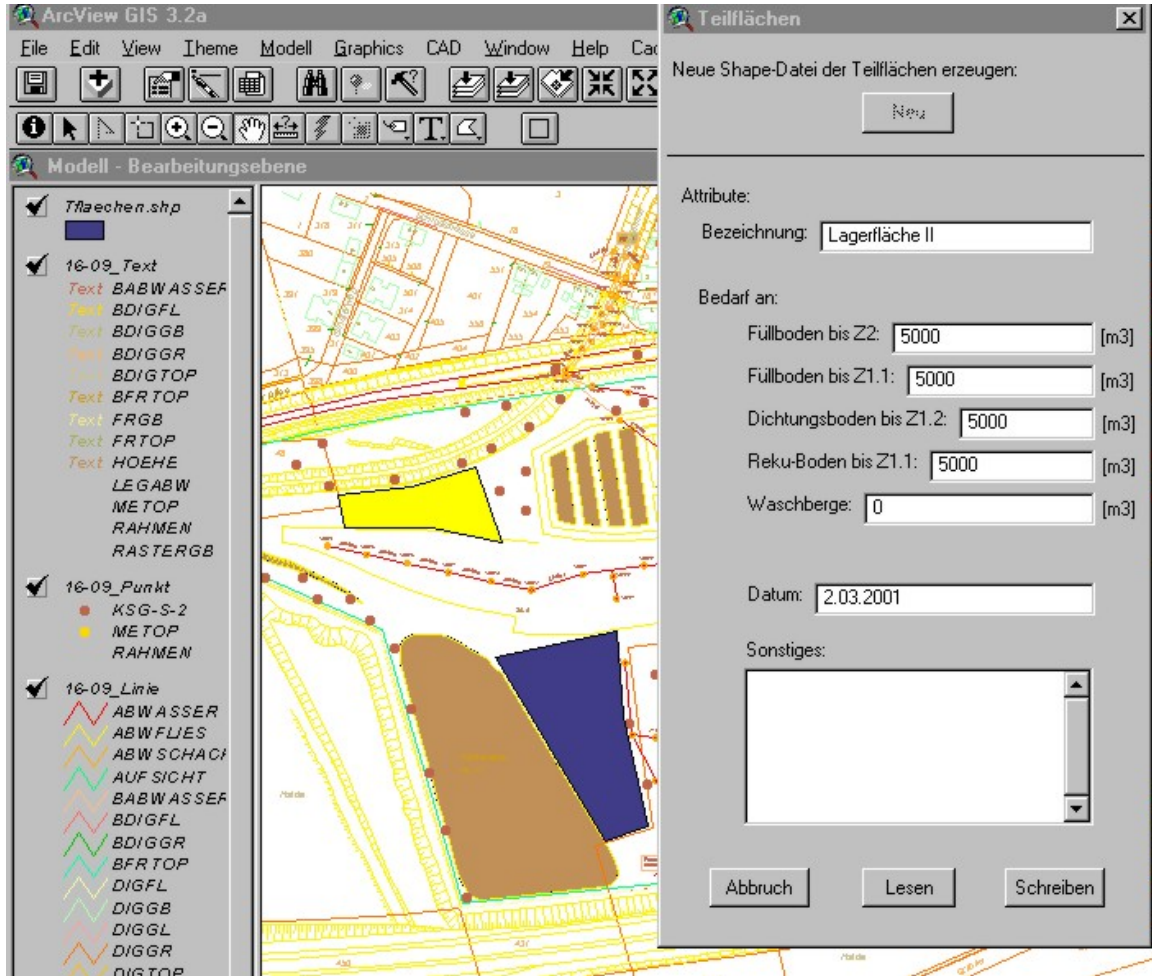


Wichtig sind hier die zusätzlichen Informationen, die der Spediteur bei der Routen- aber auch bei der Kostenplanung nutzen kann.

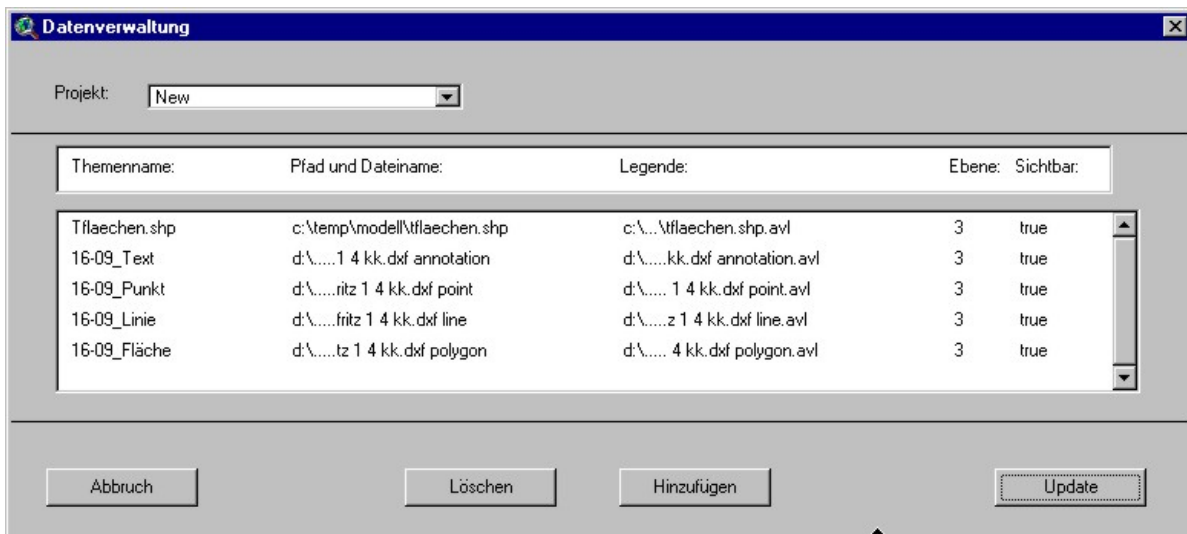
In einer zu entwickelnden Erweiterung der GIS-Lösung MODELL ist die Integration des NetworkAnalyst zur Durchführung von Routing-Abfragen angedacht.

4.1.3 Bearbeitungsebene

Auf dieser Ebene werden sämtliche vorhandenen raumbezogenen Informationen zur Sanierungsfläche eingestellt. Des Weiteren werden in dieser Bearbeitungsphase die Lage, Ausdehnung und thematischen Informationen der Zwischenlager erzeugt.

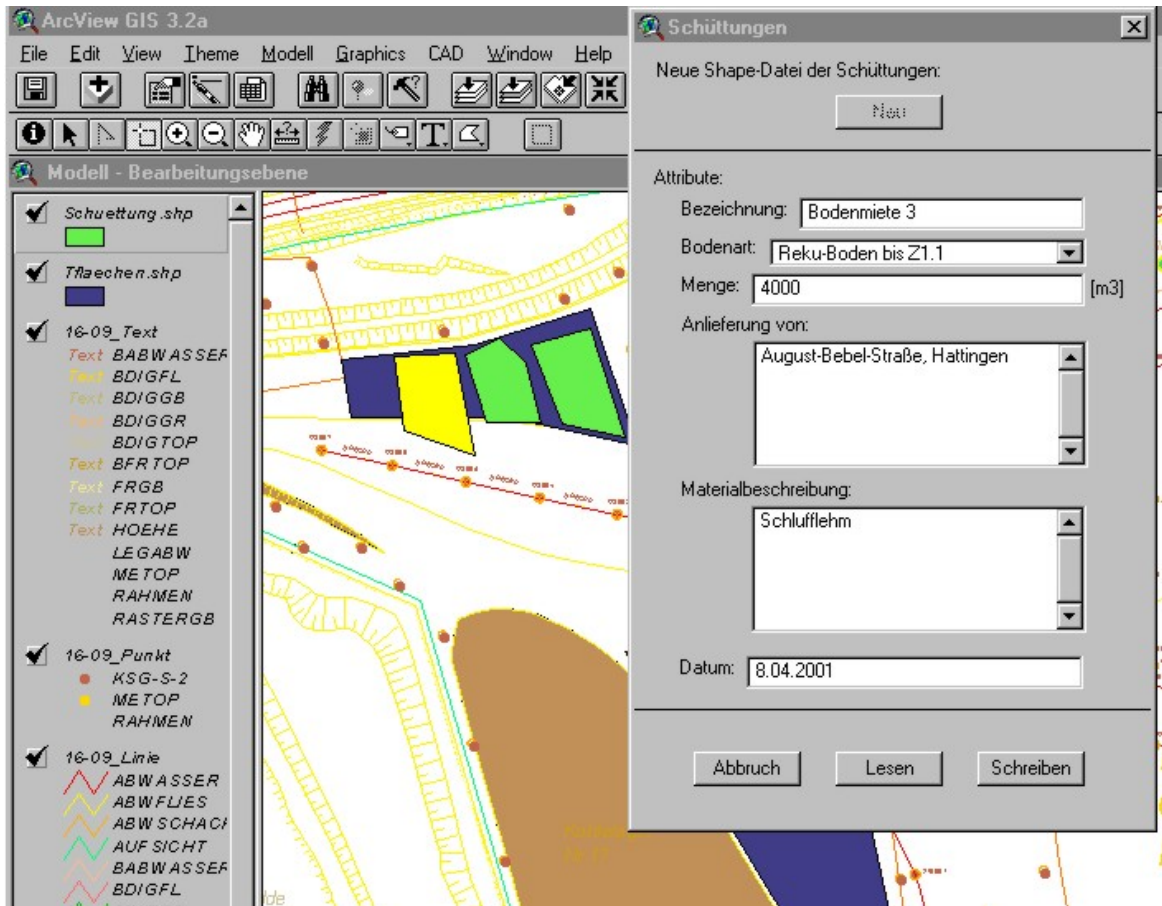


Die auf den einzelnen Bearbeitungsebenen dem System hinzugefügten Daten können über die Datenverwaltung einem Projekt und einer Ebene zugeordnet werden:



4.2 Projektmonitoring

Die Anlieferung der „externen“ Böden ist angelaufen und mit dieser Ebene wird die Schüttungen der Bodenmieten dokumentiert. Hierzu werden Handskizzen eines Gutachters mit Informationen zur Lage, Bodenart und Bodenmenge digitalisiert bzw. eingegeben. Ziel soll es in einer späteren Phase sein, die Daten Online abgleichen zu können. Dies ist zurzeit noch nicht möglich.



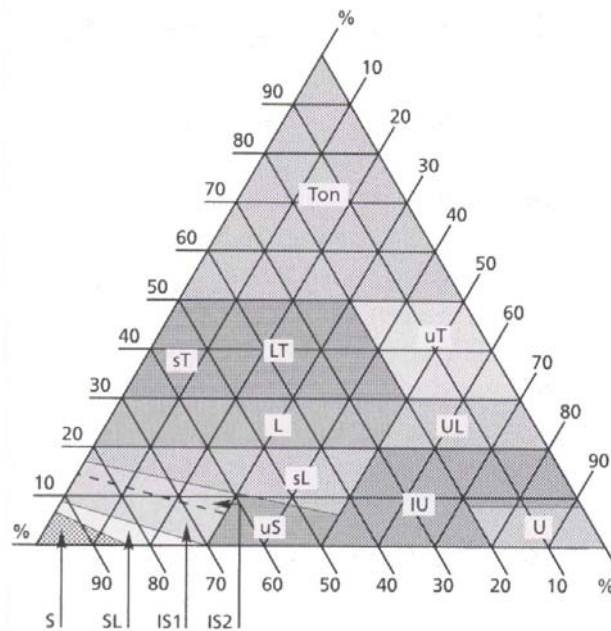
Die Materialbeschreibung kann sich z.B. aus dem mineralischen Anteil des Bodens ergeben. „Die verschiedenen Bodenarten werden häufig nach den Korngrößenanteilen ihrer mineralischen Anteile unterschieden:

- Tone: < 0,002 [mm] (schwere Böden),
- Schluff: 0,002 bis 0,063 [mm] (mittlere Böden),
- Sand: 0,063 bis 2 [mm].

Häufig liegen die drei Grundbodenarten nicht in reiner Form vor“, so dass sich Mischphasen ergeben:

LT	Lehmiger Ton	sT	sandiger Ton
uT	schluffiger Ton	L	Lehm
UL	Schlufflehm	sL	sandiger Lehm
IU	lehmiger Schluff	IS1	stark lehmiger Sand
IS2	schwach lehmiger Sand	SL	anlehmiger Sand
IU	anlehmiger Schluff	U	Schluff
S	Sand		

Mischphasen der drei Grundbodenarten:



4.3 Georeferenzierung

Die Georeferenzierung von Rasterdaten, wie z.B. die digitale Topografische Karte 1:25000 oder die Handzettel der Gutachter in das übergeordnete Gauß-Krüger-System erfolgt über das Programm WGeo in der Version 2.1 der Firma WASY.

Mit diesem Programm können Rasterdaten über Geobjekte im ArcView-Shape-Format georeferenziert werden.

Weitere Informationen zu diesem Produkt finden Sie unter: <http://www.wasy.de>

4.4 Abfrage des Bearbeitungsstandes

Auf der Initialisierungsebene wird der Bodenbedarf (der Gesamtbedarf und der Bedarf differenziert nach Zuordnungswerten) für die gesamte Sanierungsfläche und für die einzelnen Teilflächen festgelegt (=> Soll-Werte).

Teil der Ebene Monitoring ist die Definition der Lage, Bodenart und –menge der auf den Flächen der Zwischenlager tatsächlich vorhandenen Bodenschüttungen (=> Ist-Werte).

Der Bearbeitungsstand ermittelt durch Differenzbildung (Soll - Ist) die noch benötigten Bodenarten und –mengen. Dies wiederum für die gesamte Sanierungsfläche oder für die Zwischenlager.

Die Darstellung der benötigten und vorhandenen Bodenmengen und -arten erfolgt in folgendem Fenster:

"Modell" - Bearbeitungsstand

Thema der Teilfläche: Tflaechen.shp
Thema der Schüttung: Schuettung.shp

Projektebene Bearbeitungsebene

Bezeichnung: New; TF: Lagerfläche II

Mengenangaben in [m3]:

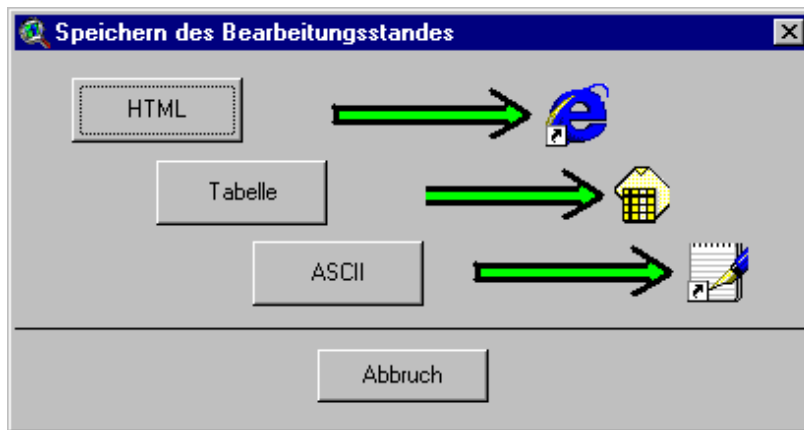
Soll (Gesamt):	20000	Ist (Gesamt):	8500	Soll-Ist (Gesamt):	11500
Soll (FüllZ2):	5000	Ist (FüllZ2):	1000	Soll-Ist (FüllZ2):	4000
Soll (FüllZ1.2):	5000	Ist (FüllZ1.2):	0	Soll-Ist (FüllZ1.2):	5000
Soll (Dicht):	5000	Ist (Dicht):	3500	Soll-Ist (Dicht):	1500
Soll (Reku):	5000	Ist (Reku):	4000	Soll-Ist (Reku):	1000
Soll (Wasch):	0	Ist (Wasch):	0	Soll-Ist (Wasch):	0

Verfügbarkeit ab: 1.01.2001
Verfügbarkeit bis: 31.12.2001
Bearbeitungsdatum: 8.03.2001

Abbruch Berechnen Speichern

4.5 Ausgabe des Bearbeitungsstandes

Es besteht die Möglichkeit, die Berechnungen des aktuellen Bearbeitungsstandes in verschiedenen Formaten zu speichern und ggf. Dritten zur Information weiterzugeben:



- Ausgabe als HTML-Dokument:

Das aktuelle View mit den Daten des aktuellen Bearbeitungsstandes werden in einem HTML-Dokument auf der Festplatte gespeichert. Diese Daten wiederum können Dritten z.B. über das WWW zur Verfügung gestellt werden.

- Ausgabe als Tabelle:

Die Berechnungen des aktuellen Bearbeitungsstandes werden als DBF-Tabelle abgespeichert und können dem Bearbeitungsprojekt zur kartographischen Ausgabe hinzugefügt werden.

- Ausgabe als ASCII-Datei:

Die Berechnungen des aktuellen Bearbeitungsstandes werden als ASCII-Datei abgespeichert, also als Report des Zustandes zu einem bestimmten Zeitpunkt.

4.6 Sonstige genutzte Module

Des Weiteren wurden folgende Module in das Programm MODELL integriert:

- MetaSys: ein Programm entwickelt vom Institut für Geotechnik und Markscheidewesen zur Verwaltung von Metadaten für raumbezogene Daten.
- Kartenassistent: eine Erweiterung für ArcView 3.2 zur Unterstützung der Erstellung kartographischer Ausgaben.

5 Schlussworte

Die Möglichkeiten des Einsatzes eines Geoinformationssystems (GIS) zur Unterstützung bei der Durchführung eines Flächenrecyclings, speziell bei großen Industrieflächen, ist immens. Das Programm MODELL stellt nur einen sehr kleinen, aber wirtschaftlich extrem wichtigen Ausschnitt dieser Möglichkeiten dar.

Eine Weiterentwicklung des vorhandenen Systems um:

- die Online-Datenerfassung und –abgleich durch einen Gutachter und
- die Einführung eines Routingsystems zur Ermittlung der „Besten-Wege“ und als Werkzeug für die Transporteure zur Lösung des sogenannten „Travelling-Salesman-Problems“

ist angestrebt.

Des Weiteren sollten andere Bearbeitungsteile im Rahmen des Flächenrecyclings, für die sich der Einsatz eines GIS geradezu anbietet mit in die Weiterentwicklung einbezogen werden.

Interessenten sind herzlich eingeladen nähere Informationen zu MODELL und dem Einsatz eines GIS im Rahmen eines Flächenrecyclings beim Autor zu erfragen.