

Monitoring bergbaulicher Umwelteinwirkungen

„Konzept zur integrierten Nutzung von klassischen, GIS- und Fernerkundungsmethoden für ein Monitoring bergbaulicher Umwelteinwirkungen“

Gefördertes F+E-Vorhaben der Deutschen Steinkohle AG

Laufzeit: 1.03.2002 – 31.08.2004

Ansprechpartner:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Busch,
Dr.-Ing. C. Fischer (Fernerkundung),
Dipl.-Ing. R. Roosmann (GIS + DB)

1. Einleitung

Die bei der untertägigen Gewinnung der Steinkohle durch Bodenbewegungen auftretenden Auswirkungen auf die natürliche Umwelt sind im Rahmen der Genehmigungsverfahren für zukünftige Abbaue zu prognostizieren (Rahmenbetriebsplanverfahren mit Umweltverträglichkeitsstudie und wasserwirtschaftlich-ökologischem Gutachten). Durch eine präventive, laufende Umweltüberwachung (Monitoring) im Einwirkungsbereich des Abbaus – und ggf. auch darüber hinaus - müssen die relevanten Veränderungen des Naturhaushaltes während und nach dem Abbaubetrieb beobachtet, erfaßt und analysiert werden.

Dieses Monitoring bergbaulicher Umwelteinwirkungen wird im Zusammenspiel zwischen TM (Steuerung, Organisation), DIG (EDV, GIS-Bearbeitung) und Gutachtern (Feldarbeit, inhaltliche Bearbeitung) durchgeführt und beinhaltet neben der Erfassung des realen Zustandes in festgelegten Zeitintervallen folgende Aufgaben:

- Die Bewertung des aktuellen Zustandes im Vergleich zur Bestandsanalyse und Prognose der UVS sowie bereits erfolgter Monitoringschritte, Ermittlung von Betroffenheitsgraden und Wirkungsanalysen (Beleg der bergbaulichen Verursachung).
- Die Aufstellung von Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung bergbaulicher Beeinträchtigungen der Umwelt (z.B. Bachvertiefung).
- Die Durchführung der Erfolgskontrollen durchgeführter Maßnahmen.

Durch die Auflagen der Behörden, aber auch zunehmend aufgrund der Sensibilisierung der Bevölkerung, besteht die Erfordernis, immer umfangreichere Daten zu erfassen und immer komplexere Analysen durchzuführen. Wie bei der Erstellung der Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) bedarf es hierzu bei der Bearbeitung des Monitorings einer optimalen EDV-technischen Unterstützung, die zur Zeit nicht gegeben ist.

Die Grundlage für diese EDV-technische Unterstützung bilden die Methoden und Daten zur Bearbeitung der UVS. Darüber hinaus stellt das Monitoring spezielle Anforderungen an die Erfassung, Haltung, Bearbeitung, Analyse und Ausgabe dynamischer, komplexer, raumbezogener Objekte unter Berücksichtigung der Zeit.

Hieraus ergeben sich folgende **Problemstellungen** mit starkem Handlungs- und Forschungsbedarf von Seiten der DSK:

1. Flächenhafte, multitemporale Daten für die Untersuchungsbereiche des bergbaulichen Eingriffs (UVS-Räume) werden benötigt, sind aber noch nicht vorhanden.
2. Zur fachgerechten Ermittlung zeitabhängiger Umweltveränderungen sind sowohl das vorhandene Datenmodell als auch die vorhandenen Analyse- und Ausgabefunktionen nicht ausreichend. Die Modellierung und Analyse des Objektverhaltens in dynamischen Prozessen aufgrund sich ändernder Parameter ist zur Zeit nicht möglich.
3. Methoden zur automatisierten bzw. teil-automatisierten Detektion, Bewertung und Klassifikation (bergbaubedingt oder nicht bergbaubedingt) von Veränderungen der Umwelt sind nicht vorhanden.
4. Methoden zur Unterstützung der Bewertung von Maßnahmen zur Regulierung der

bergbaubedingten Umwelteinflüsse fehlen ebenso.

5. Eine Visualisierung der dynamischen Prozesse als Teil der Bewertung und als Grundlage einer Entscheidungsunterstützung für das weitere Vorgehen sind aktuell nur eingeschränkt möglich.

2. Zielsetzung des Vorhabens

Das primäre Ziel dieses Forschungs- und Entwicklungsvorhabens ist es, eine effizientere Bearbeitung des Monitorings durch Lösung der vorgenannten Probleme zu gewährleisten. Dies soll durch Einsatz fernerkundlicher Datenerfassung und –auswertung sowie durch die Entwicklung von Methoden und Modellen, als Erweiterung des bei der DSK eingeführten ArcGIS 8.1 ermöglicht werden.

Dabei werden die Ergebnisse relevanter von der DSK durchgeführter F&E-Vorhaben (z.B. 0996 MINEO, 0364 Ruhrgebiet, 0637 Halden-GIS) einfließen. Des Weiteren berücksichtigt dieses Vorhaben die vorhandenen EDV-technischen Strukturen (z.B. GDZB) und Methoden (z.B. UVS-Konzepte). Als fachliche Grundlagen dienen u.a. das „Musteranforderungsprofil Monitoring“ und die behördlichen Nebenbestimmungen und Auflagen im Zuge der Rahmenbetriebsplangenehmigungen.

Im Einzelnen ergeben sich hierzu folgende konkrete **Zielsetzungen**:

- **Mit dem Einsatz der Fernerkundung** wird das Ziel verfolgt, die gutachterlichen, großmaßstäbigen, kleinflächigen Daten und Informationen durch flächenhafte multitemporale Informationen zu ergänzen und somit die **Qualität der Datenbasis** zu **steigern**.
- Das bisher vorhandene klassische GIS-Datenmodell (z.B. Coverages, Shapes) soll durch ein objektorientiertes Modell (erweiterte Geodatabase) ergänzt werden, um die **Datenhaltung und Analyse raumbezogener Objekte unter Berücksichtigung der Zeit als vierte Dimension** zu ermöglichen.
- **Tatsächlich vorhandene Veränderungen der Objekte** sollen aus der erweiterten Datenbasis (gutachterliche Felderhebungen und fernerkundliche Informationen) über den Beobachtungszeitraum automatisiert bzw. teil-automatisiert **detektiert, bewertet und zu klassifiziert** (Abgrenzung der Bergschäden von Pseudo-Bergschäden) werden.
- Des Weiteren sollen **Methoden zur Bewertung von Maßnahmen** untersucht werden. Ziel ist es zu überprüfen, ob durchgeführte bzw. geplante Maßnahmen zur Verringerung des negativen Einflusses des Bergbaus auf die Umwelt hinreichend beitragen.
- Zur Unterstützung der Sachbearbeiter aber auch der Entscheidungsträger sollen die dynamischen Prozesse und Veränderungen anschaulich visualisiert werden.
Zur Darstellung dreidimensionaler Objekte haben sich bestimmte Methoden als Standard herausgestellt (z.B. VRML, Java3D). Diese Methoden sollen in das GIS integriert und für eine **Visualisierung vierdimensionaler Objekte** untersucht werden.
- Die Objekte (Daten und Methoden) des Monitorings sollen in einer **objekt-relationalen Datenbank** gespeichert werden. Eine Integration in die bei der DSK vorhandene GDZB ist angestrebt.
- Ein fachlicher Schwerpunkt bei der Durchführung des Monitorings bergbaubedingter Umwelteinflüsse ist die Beobachtung und Analyse des Schutzgutes Wasser. Die durch den Abbau hervorgerufenen Bodenbewegungen haben primär Einfluß auf die Oberflächengewässer und das Grundwasser - mit Folge- und Wechselwirkungen für alle anderen Schutzgüter (insbesondere für die Biotope als Lebensraum von Pflanzen und Tieren). Ziel dieses Vorhabens ist es, sich auf diese fachlichen Schwerpunkte zu konzentrieren.

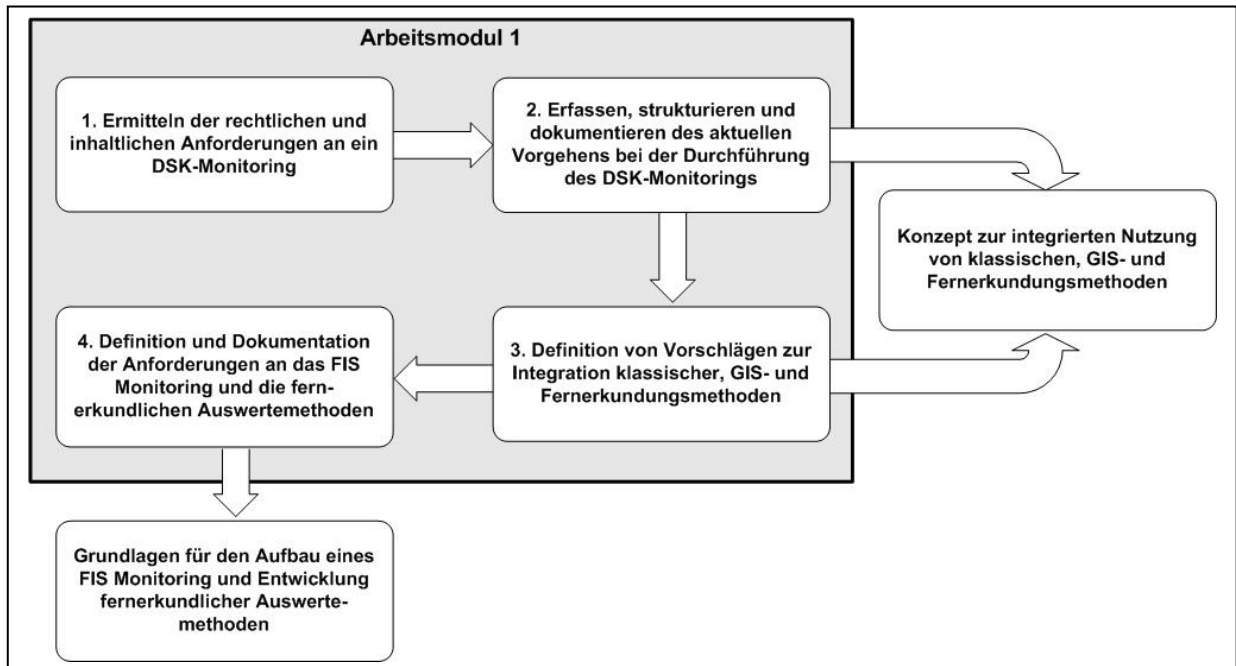
3. Durchführung

Die Bearbeitung des F+E-Vorhabens wurde aus verschiedenen Gründen in sechs Arbeitsmodule unterteilt.

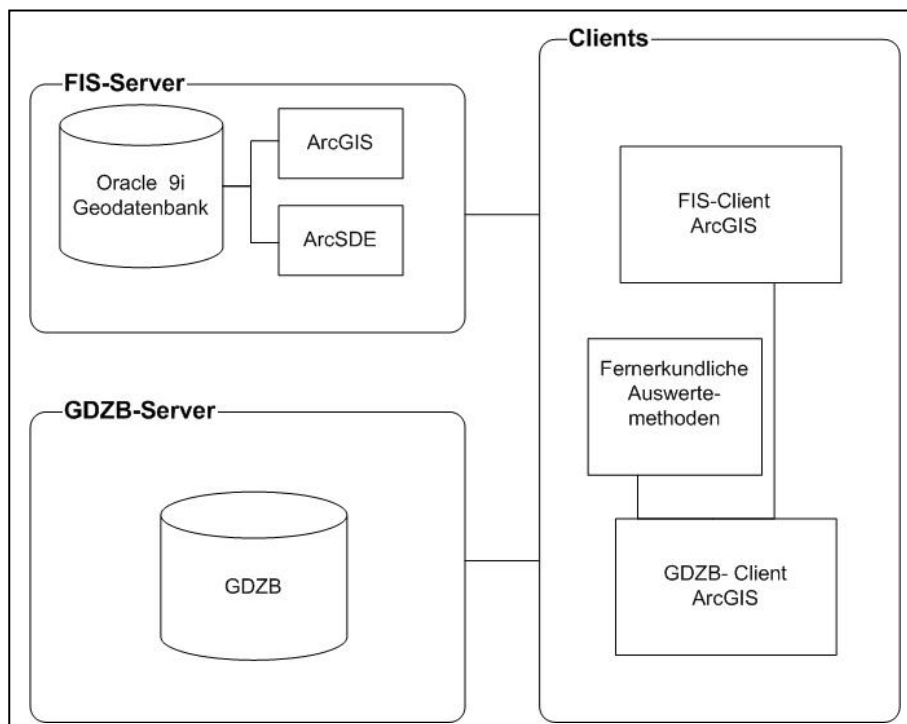
Zurzeit ist die Bearbeitung von Arbeitsmodul I und II abgeschlossen.

Arbeitsmodul I

Bearbeitungsschwerpunkte von Arbeitsmodul I waren:



Das Monitoring bergbaulicher Umwelteinwirkungen der DSK AG soll durch ein Fachinformationssystem Monitoring (FISMon) unterstützt werden. Hierzu soll folgende Systemarchitektur genutzt werden:



Zur Erstellung des FISMon sollen Methoden der objektorientierten Softwareentwicklung eingesetzt werden. Die Unified Modeling Language wird als Notation eingesetzt. Vorgehensmodelle dienen als abstrakte Vorgaben für ein methodisches Vorgehen bei der Softwareentwicklung. Ein konkretes Vorgehensmodell basierend auf dem Object Engineering Process (OEP) wurde für die Erstellung von GIS-Applications aufgestellt, dass im Laufe des Projektes verfeinert werden soll.

In Arbeitsmodul I wurden die Geschäftsprozesse des Monitorings bergbaulicher Umwelteinwirkungen auf der Grundlage von Interviews mit Fachexperten und –gutachtern erfasst. Die Dokumentation erfolgte über Anwendungsfälle (textliche Beschreibung) und Anwendungsfall-Diagramme (grafische Beschreibung).

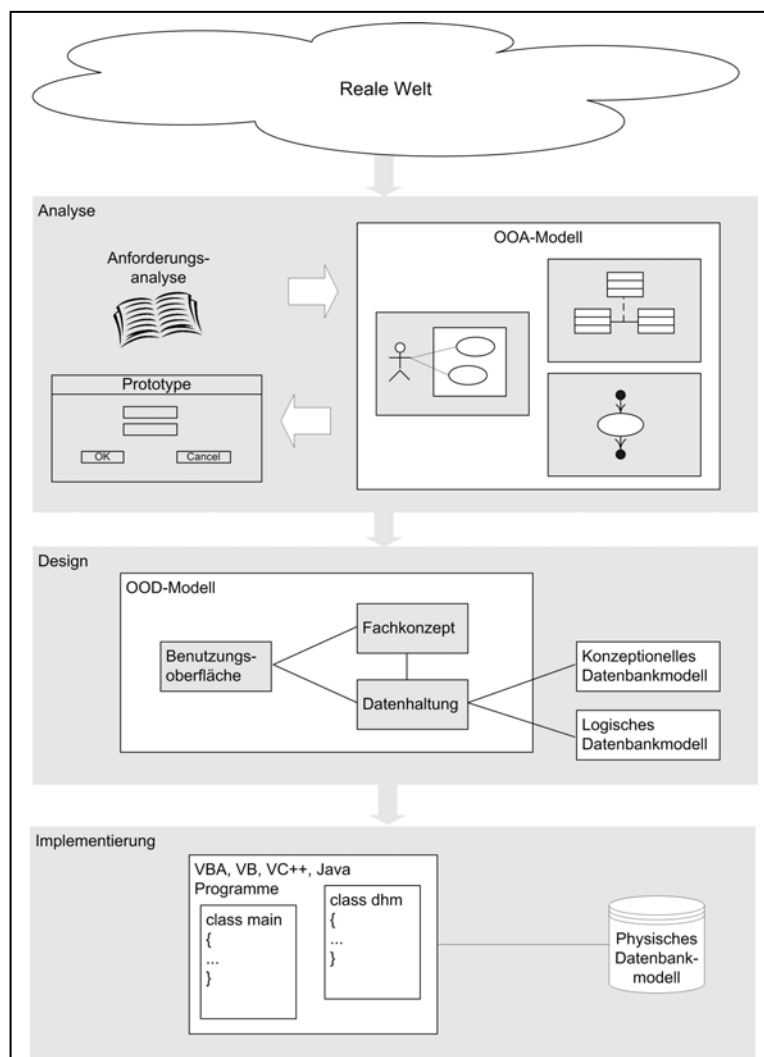
Es wurden Vorschläge zur verbesserten Integration von GIS- und fernerkundlichen Auswertemethoden erarbeitet und mit Fachexperten, -gutachtern und dem Auftraggeber durchgesprochen.

Auf dieser Basis wurden die Anforderungen an das FISMon und die fernerkundlichen Auswertemethoden definiert und wiederum über Anwendungsfälle und Anwendungsfalldiagramme beschrieben und dokumentiert.

Zur Integration fernerkundlicher Methoden wurde mit einer Untersuchung vorhandener Medien verschiedener fernerkundlicher Sensoren begonnen, diese Bearbeitung wird in Arbeitsmodul II fortgeführt und letztendlich in Arbeitsmodul auf konzeptioneller Ebene abgeschlossen sein.

Arbeitsmodul II

Im Folgenden werden kurz die einzelnen Abstraktionsebenen der objektorientierten Softwareentwicklung dargestellt.



In Arbeitsmodul II soll die objektorientierte Analyse (OOA) als Teil der objektorientierten Softwareentwicklung für den Arbeitsprozess Senkungsmonitoring durchgeführt werden.

Zunächst wurden raumzeitliche Elementarklassen als Grundlage für die OOA auf der Grundlage der ISO Draft Standards Spatial Schema und Temporal Schema erstellt. Da diese Standards sich auf die Beschreibung der vektorialen Geometrie einerseits und die temporalen Aspekte andererseits reduzieren, konnten diese Standards nur eine Grundlage bilden, die erweitert werden musste.

Neben der Erstellung der raumzeitlichen Elementarklassen wurde die das UML Metamodell um spezielle raumzeitliche Klassen, Assoziationen, Assoziationsklassen usw. erweitert und somit den Anforderungen an der Erstellung eines GIS bzw. FIS angepasst.

Mit den erstellten raumzeitlichen Elementarklassen wurde für das Senkungsmonitoring die OOA durchgeführt.

Die Modelle der OOA sollen und sind unabhängig von Programmiersprachen und später einzusetzender Software und repräsentieren das zu erstellende Softwaresystem auf einer abstrakten Ebene.

Die Modelle der OOA müssen in einem nächsten Schritt auf die Ebene des objektorientierten Designs (OOD) transformiert werden. Dies erfolgt manuell und nicht automatisch. Eine automatisierte Transformation zur Vermeidung von Informationsverlusten wird gemeinhin als nicht sinnvoll angesehen. Speziell bei der Erstellung von GIS bzw. FIS könnte eine solche Automatisierung durchaus Sinn machen, da viele GIS off-the-shelf die Elementarklassen mit ihren Attributen und Methoden ebenso implementieren, wie Methoden zur Definition und Analyse räumlicher Beziehungen. Leider kann dies für die zeitlichen Aspekte der Objekte nicht behauptet werden.

In diesem Projekt soll das GIS ArcGIS der Firma ESRI in Verbindung mit Oracle9i eingesetzt werden. Mit der Version von ArcGIS 8.0 wurde ein Paradigmenwechsel eingeleitet. Die proprietären und eher monolithischen Systeme Arc/Info und ArcView wurden ersetzt durch das offene, skalierbare System ArcGIS. Es besteht die Möglichkeit die objektorientierte Notation über ein Case-Tool zu nutzen, um ein Code-Gerüst als Grundlage für eine Weiterentwicklung oder Anpassung von ArcGIS zu erstellen und direkt, mit einigen Einschränkungen, das Schema einer Geodatabase zu modellieren und automatisiert auf die Ebene der OOD bzw. des logischen Datenbankmodells zu überführen.

In diesem Arbeitsmodul wurde das konzeptionelle Datenbankschema für das Senkungsmonitoring mit Visio und UML Klassen modelliert und automatisiert auf die logische Ebene transformiert. Probleme bereitete hier die Integration der zeitlichen Komponenten.

Eine Optimierung dieses Schemas auf der physischen Datenbankebene soll in den folgenden Arbeitsmodulen erarbeitet werden.

Des Weiteren wurden mit dem CodeWizzard der Firma ESRI für das Senkungsmonitoring beispielhaft Code-Gerüste erstellt und für das Senkungsmonitoring ausprogrammiert.