

# Metadatenkonzepte zur Unterstützung der GIS-Bearbeitung im Monitoring bergbaulicher Umweltauswirkungen

HEIDRUN MATEJKA<sup>1</sup>, WOLFGANG BUSCH<sup>1</sup>, JULITA GORCZYK<sup>1</sup>, FRANK MAUERSBERGER<sup>1</sup>,  
STEFAN NICKEL<sup>1</sup>, TOBIAS RIEKEBERG<sup>1</sup>, PETER VOSEN<sup>2</sup>

*Der untertägige Steinkohlenbergbau ist mit Bodenbewegungen und hieraus folgenden Beeinträchtigungen der natürlichen und anthropogenen Umwelt verbunden. Die bergbaubedingten Auswirkungen sind in einem begleitenden Monitoringverfahren zu prognostizieren sowie über die Zeit zu beobachten, zu kontrollieren und zu steuern. Dabei ist der Bergbaubetreiber verpflichtet, entscheidungsrelevante Unterlagen für die Genehmigungsbehörden zu erbringen. Zur Durchführung dieser Aufgabe wird das Fachinformationssystem Monitoring (FISMon) aufgebaut, dessen Metadatenkonzepte es erlauben, die Dimension Zeit in Geographische Informationssysteme (GIS) zu integrieren, die Genese von Geodaten zu dokumentieren und damit das Monitoring langfristiger Abbauvorhaben EDV-technisch zu unterstützen.*

## 1 Monitoring bergbaubedingter Umwelteinwirkungen

Die Entnahme großer Mengen von Steinkohle in Teufen von über 1.000 m führt zu unterirdischen Hohlräumen, die sich nach dem Abbau unter dem Gebirgsdruck wieder schließen. Dies leitet einen Senkungsvorgang der nächst höheren Gesteinsschichten ein, der sich bis an die Erdoberfläche fortsetzt und aufgrund von Senkungen, Schiefungen und Verschiebungen Veränderungen an der Tagesoberfläche hervorrufen kann (KRATZSCH, 1997). Abbauvorhaben, welche derartige Senkungen der Erdoberfläche von 3 m und mehr verursachen, bedürfen gem. § 1 UVP-V Bergbau einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Nach § 52 Abs. 2a BBergG ist für deren Zulassung ein obligatorischer Rahmenbetriebsplan aufzustellen und hierfür ein Planfeststellungsverfahren nach Maßgabe der §§ 57a und 57b BBergG durchzuführen.

Die Laufzeiten dieser Rahmenbetriebspläne umfassen gegenwärtig etwa 25 Jahre. Da bei der Planung solcher langfristiger Vorhaben keine detaillierten Angaben zur Lagerstätte und somit zur Durchführung des Kohlenabbaus hinsichtlich der räumlich-zeitlichen Abfolge gemacht werden können, sind in dieser Phase auch senkungsbedingte Veränderungen der Umwelt nur unzureichend beschreibbar. Dies betrifft insbesondere die Auswirkungen auf das Grund- und Oberflächenwasser sowie auf die Arten- und Lebensgemeinschaften. Da zahlreiche wasser- und naturschutzrechtliche Entscheidungen somit zur Zeit der Rahmenbetriebsplanzulassung unmöglich sind, wird der Steinkohlenabbau in Nordrhein-Westfalen gegenwärtig durch ein System der räumlichen Beobachtung, Kontrolle und Steuerung der Umweltauswirkungen (Monitoring) begleitet.

Der Begriff Monitoring wird häufig mit dem Begriff der Dauerbeobachtung gleichgesetzt, beinhaltet aber im Rahmen eines Monitorings bergbaulicher Umweltveränderungen weitaus mehr.

---

<sup>1</sup> Dr. rer. nat. Heidrun Matejka, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Busch, Dipl.-Ing. Julita Gorczyk, Dipl.-Geoökol. Frank Mauersberger, Dipl.-Ing. Stefan Nickel, Dipl.-Wirt.-Inf. Tobias Riekeberg, Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, TU Clausthal, Erzstrasse 18, 38678 Clausthal Zellerfeld, mail to: [heidrun.matejka@tu-clausthal.de](mailto:heidrun.matejka@tu-clausthal.de)

<sup>2</sup> Dipl.-Ing. Peter Vosen, Deutsche Steinkohle AG, Abteilung BG G1 – Geoinformation, Shamrockring 1, 44623 Herne.

Rechliche Auflagen fordern insbesondere, für fest vorgeschrieben Zeitschnitte eingetretene Umweltauswirkungen zu erfassen und kurzfristige Veränderungen auf der Grundlage zeitnaher Abbauplanungen zu prognostizieren. Um frühzeitig Abweichungen von erwarteten Entwicklungen zu erkennen, sind zudem bestehende Auswirkungsprognosen durch den periodischen Vergleich mit Istzuständen zu überprüfen. Des Weiteren ist über die Einleitung von gegensteuernden und kompensatorischen Maßnahmen zu entscheiden sowie deren Wirksamkeit im Hinblick auf definierte Umweltqualitätsziele zu kontrollieren (vgl. BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG, 2002). Dem Bergbaubetreiber kommt dabei die Aufgabe zu, alle entscheidungsrelevanten Unterlagen im Sinne eines periodischen Nachtrags zum Rahmenbetriebsplan jährlich bzw. zweijährlich zu erbringen.

Das Monitoring bergbaulicher Auswirkungen kann unter der Berücksichtigung potentiell betroffener Umweltbereiche in unterschiedliche thematische Arbeitsbereiche untergliedert werden. Beispielsweise werden für das Gebiet *Kirchheller Heide / Hünxer Wald* - Bergwerk *Prosper-Haniel* der Deutschen Steinkohle AG (DSK) - folgende, inhaltlich miteinander verknüpfte Monitoringthemen unterschieden: Basis ist das *Senkungsmonitoring*, in dem geometrische Verformungen der Tagesoberfläche beobachtet und prognostiziert werden. Darauf aufbauend widmen sich das *Grundwassermonitoring* und das *Wasserwirtschaftliche Monitoring* den senkungsbedingten Veränderungen der Fließ- und Stillgewässer. Die Monitoringthemen *Ökologisches Fließ- und Stillgewässermonitoring*, *Biototypen-/Bodenmonitoring* und *Faunistisches Monitoring* handeln wiederum die resultierenden Auswirkungen auf Arten und Lebensgemeinschaften ab. Vor dem Hintergrund der interdisziplinären Aufgabenstellung sind mit der Durchführung des Monitorings externe Fachgutachter betraut, die themenspezifisch Zustandsdaten erheben, Auswirkungsprognosen erstellen und Umweltveränderungen bewerten. Diese Arbeiten werden von der DSK unterstützt, die alle relevanten Monitoringdaten intern vorhält und aufbereitet, GIS-basierte Veränderungsanalysen durchführt und den externen Gutachtern erforderliche Informationen zur Verfügung stellt.

## 2 Anforderungen an das Fachinformationssystem Monitoring

Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung und der enormen Datenmengen kann die Verwaltung und Aufbereitung der Monitoringdaten seitens der DSK nicht ohne den Einsatz eines geeigneten Informationssystems durchgeführt werden. Dieses muss die Grundfunktionalitäten Geographischer Informationssysteme (GIS) zur Verarbeitung raumbezogener Daten integrieren und zudem die fachübergreifenden Besonderheiten sowie die zeitliche Komponente des längerfristig zu begleitenden Abbauprozesses berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund wird derzeit am Beispiel des Bergwerkes *Prosper Haniel* am Institut für Geotechnik und Markscheidewesen (TU-Clausthal) in Zusammenarbeit mit dem Vorhabenträger das Fachinformationssystem Monitoring (FISMon) aufgebaut, an das folgende Anforderungen zu stellen sind:

- Abbildung aller Monitoring-Teilprogramme und dazwischen bestehender Abhängigkeiten,
- Erfassung, strukturierte Speicherung und Dokumentation der Monitoringdaten zu Ist- und Prognosezuständen sowie deren Zusammenführung über einen einheitlichen Raum- und Zeitbezug,

- Unterstützung der themenspezifischen GIS-Bearbeitungsschritte und Durchführung raumzeitlicher Analysen, insbesondere Veränderungsanalysen,
- Präsentation der Monitoringergebnisse als Grundlage für die Berichterstellung.

### 3 Aufbau und Komponenten von FISMon

Entsprechend der Softwareumgebung bei der DSK wird das FISMon auf der Basis des kommerziellen Geoinformationssystem ArcGIS der Firma ESRI in Kombination mit einer Oracle-Datenbank realisiert. Zur persistenten Speicherung der raumbezogenen Daten dient die FISMon-GeoDataBase (GDB), die zentral auf dem Datenbankserver abgelegt ist (vgl. Abb. 1). Diese baut auf dem ESRI-proprietären *Multiuser GeoDataBase-Modell* auf und nutzt das ArcGIS-spezifische Versionskonzept zur Speicherung unterschiedlicher Zustände von Geodaten in nutzerdefinierten "Snapshots" der GDB (vgl. ESRI, 2004). Darauf aufbauend werden im FISMon Daten unterschiedlicher Zeitschnitte, die im Rahmen der Berichterstellung für festgelegte Stichtage zu erheben bzw. zu prognostizieren sind, in unterschiedlichen Versionen der FISMon-GDB abgelegt. Kennzeichnend ist ein versionsübergreifend einheitliches Datenschema, das auf objektrelationalen Modellierungstechnologien basiert und die Klassen für die abzubildenden Geodaten sowie Beziehungen zwischen Layern und Geobjekten festlegt. Der clientseitige Zugriff auf diese Daten erfolgt mittels ArcSDE.

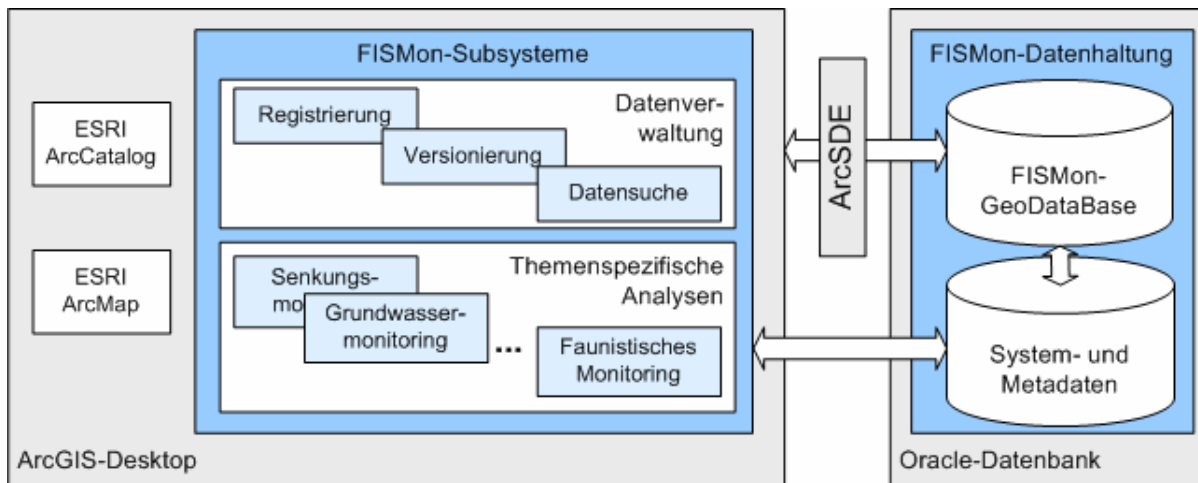


Abb. 1: Struktur des Fachinformationssystems Monitoring (FISMon)

Die FISMon-eigenen System- und Metadatentabellen stellen den zweiten Bestandteil der serverseitigen Datenhaltung dar. Diese dienen einerseits der Strukturierung und Hierarchisierung der zahlreichen Datenlayer im Monitoring. Andererseits werden dadurch für die GIS-Bearbeitung fach- und layerspezifische Zusatzinformationen bereitgestellt, deren Struktur und Inhalte in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert werden.

Die clientseitige GIS-Bearbeitung erfolgt über die ESRI-Komponenten ArcMap und ArcCatalog, die standardmäßig umfangreiche Möglichkeiten zur Analyse und Präsentation von Geodaten zur Verfügung stellen. Diese Applikationen werden durch FISMon-eigene Subsysteme ergänzt: Die

zentrale Stellung nehmen die Datenverwaltungstools ein, die der Registrierung von Geodaten im FISMon, der Erfassung und Verwaltung von Geo- und Metadaten, der strukturierten Datensuche sowie der Versionsverwaltung dienen. Zusätzlich verfügt das FISMon über themenspezifische Analysetools, die die von ArcGIS bereitgestellten Bearbeitungsmöglichkeiten entsprechend den Anforderungen der GIS-Bearbeitung im Monitoring erweitern.

## 4 Metadatenkonzepte des FISMon

Bei der Konzeption und Entwicklung des FISMon spielt neben der persistenten Speicherung und Verwaltung raumbezogener Daten die Integration von Metadaten eine wichtige Rolle. Unter Metadaten werden im Allgemeinen Daten verstanden, mit deren Hilfe eine Informationsressource näher beschrieben und besser auffindbar gemacht wird. Im FISMon kommen Metadaten zwei übergeordnete Aufgabenbereiche zu:

- Zum einen muss der strukturierte Zugriff auf Datenlayer der unterschiedlichen Monitoringthemen und Zeitschnitte durch ein geeignetes Metadatenschema sichergestellt werden, da ArcGIS nur unzureichende Möglichkeiten zur Hierarchisierung und Gruppierung von Geodaten in einer GDB aufweist. Nur so kann eine Unterstützung des Anwenders bei der Datensuche und Navigation im umfangreichen Datenbestand des FISMon gewährleistet werden.
- Zum anderen müssen auf unterschiedlichen Daten- und Bezugsebenen layer- und themenspezifische Zusatzinformationen bereitgestellt werden, die geeignet sind, den Sachbearbeiter bei der Identifikation relevanter Datenquellen und der Beurteilung der Eignung von Datensätzen für bestimmte Aufgaben zu unterstützen. Im Rahmen des Monitorings sind hierbei an erster Stelle die Verwaltung und der Zugriff auf die temporalen Gültigkeiten der zeitvarianten Geodaten zu nennen. Die Integration der Zeit wird bisher durch kommerzielle GIS nicht unterstützt, ist aber im Monitoring die Grundlage für die Analyse und Bewertung von umweltrelevanten Veränderungen. Ferner ist die Dokumentation der Entstehungsgeschichte einzelner Geodaten und der inhaltlichen Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Layern von besonderer Bedeutung. Insbesondere im Monitoring werden zahlreiche Layer - sowohl im Rahmen der Prognose als auch bei der Analyse und Bewertung von Umweltveränderungen - durch Transformations- und Analyseschritte aus anderen Geodaten abgeleitet. Das systemseitige Vorhalten und Aufzeigen dieser Beziehungen, die bisher in der individuellen Wissensbasis der jeweiligen Sachbearbeiter "abgespeichert" waren, unterstützt nicht nur den fachlich richtigen Umgang mit den Geodaten, sondern trägt auch zu einer erweiterten Bearbeiterunabhängigkeit und zur langfristigen Nutzbarkeit der Datenbasis bei.

Derzeitig werden zahlreiche Anstrengungen unternommen, Standards für die Beschreibung von Geodaten über Metadaten zu definieren und umzusetzen. Hierbei seien beispielsweise der **FGDC-Standard** in den USA ( FGDC, 1994) und die internationale Metadaten-Norm ISO/TC 211 19115 (ISO, 2003) genannt, die vorrangig den Austausch von Geodaten als Ziel verfolgen. Potentielle Nutzer sollen durch die Einsicht der Metadaten in einem Datenkatalog die Eignung von Geodaten für einen bestimmten Anwendungszweck beurteilen und die Bezugsmodalitäten wie auch sinnvolle Verarbeitungs- und Präsentationsmethoden feststellen können. Diese Zielsetzung wird von der Firma ESRI aufgegriffen: ArcGIS stellt Möglichkeiten zur Erfassung und

Verwaltung von Metadaten zur Verfügung, deren Inhalte sich an den oben genannten Standards orientieren. Dabei sind Metadaten im plattformübergreifend les- und austauschbaren XML-Format abgelegt, das allerdings - im Vergleich zu relationalen Speicherstrukturen - eine datenbankseitige Verknüpfung von Geo- und Metadaten sowie den effizienten Zugriff auf Metainformationen aus der eigentlichen GIS-Bearbeitung heraus erschwert. Zudem wird durch das ArcGIS-spezifische Versionskonzept die Verwaltung von Metadaten für versionierte Klassen innerhalb einer GDB nicht unterstützt. D.h. pro Klasse kann nur ein Metadatensatz abgelegt werden, so dass versionsspezifische Metainformationen für einzelner Datenlayer nicht ohne grundsätzliche Änderungen bzw. Anpassungen des ESRI-proprietären GDB-Modells verwaltet werden können.

Vor dem Hintergrund der Einschränkungen bzgl. des Metadatenmodells von ArcGIS sowie der Zielsetzung, Daten überwiegend für die DSK-interne GIS-Bearbeitung bereitzustellen, werden die Möglichkeiten von ArcGIS zur Erfassung, Speicherung und Nutzung von Metadaten im Rahmen von FISMon nicht aufgegriffen. Anstelle dessen werden Metainformationen in den System- und Metadatentabellen abgelegt und direkt mit den Geodaten verknüpft. Das Metadaten-schema ist dabei – aufbauend auf eine Anforderungsanalyse – eng an die Spezifika der abzuspeichernden Geodaten und an notwendige GIS-Bearbeitungsschritte im Monitoring angepasst.

## **5 Metadatenkategorien im FISMon**

Im Folgenden werden drei Metadatenarten vorgestellt, denen vor dem Hintergrund der aufgeführten Anforderungen an die Metadatenhaltung besondere Bedeutung zukommt. Die vorgenommene Klassifizierung orientiert sich an den Arbeiten von BORNHÖVD (2001), der zwischen struktur- und semantikbeschreibenden Metadaten unterscheidet: Während die erstgenannte Kategorie den Aufbau und die strukturellen Beziehungen innerhalb einer Datenbasis beschreibt und somit überwiegend unabhängig vom konkreten Informationsgehalt der Daten ist, geben semantische Metadaten Auskunft über Inhalt, Qualität und Ursprung der eigentlichen Daten.

### **5.1 Strukturelle Metadaten**

Diese Metadatenkategorie hat die Aufgabe, Klassen und Versionen der FISMon-GDB nach fachthemenatischen und aufgaben-orientierten Gesichtspunkten zu strukturieren und zu hierarchisieren. Einerseits kann somit dem Anwender die Datensuche und der Datenzugriff nach inhaltlich-fachlichen Kriterien ermöglicht werden, andererseits bilden diese Strukturen die Grundlage für die Erfassung und Verwaltung klassen- und klassengruppenspezifischer Metadaten, die den fachlich richtigen Umgang mit den Geodaten gewährleisten sollen.

Klassenbezogen werden durch strukturelle Metadaten folgende Gruppierungen vorgenommen:

- Auf oberster Ebene werden die Klassen nach dem Monitoringthema untergliedert.
- Innerhalb der hierarchisch übergeordneten Themenbereiche werden Klassen nach der inhaltlichen Zusammengehörigkeit und der Abhängigkeit von anderen Klassen in Klassengruppen (Kategorien) zusammengefasst. Dieser Gruppierung basiert auf der Analyse notwendiger Da-

tenverarbeitungsschritte im Monitoring und schließt Aspekte der Datengenese mit ein (vgl. Kap. 5.3).

- Zudem werden Klassen entsprechend ihrer Thematik in folgende Gruppen unterteilt:
  - Klassen, die nur bei der Beschreibung von Istzuständen verwendet werden,
  - Klassen, die nur für die Beschreibung von Prognosezuständen relevant sind,
  - Klassen, die zur Beschreibung von Ist- und Prognosezuständen notwendig sind.

Diese Gruppierungen sind systemseitig vorgegeben, nicht durch den Anwender manipulierbar und unabhängig von den eigentlichen, zeitvarianten Geodaten.

Ergänzend dazu werden für Versionen der FISMon-GDB datensatzbezogene, strukturelle Metadaten vorgehalten. Für jede Version umfassen diese das Monitoringthema sowie einen Versionsstatus (Ist- oder Prognoseversion), die vom Anwender beim Erstellen der Version angegeben werden müssen. In Verbindung mit den klassenbezogenen Metadaten erlauben diese Informationen eine Differenzierung von Versionen nach thematischen und aufgabenbezogenen Gesichtspunkten sowie eine strukturierte Klassenzuweisung zu Versionen: Während nach dem Versionskonzept von ArcGIS auf alle Klassen innerhalb der GDB uneingeschränkt zugegriffen werden kann, können in FISMon-Versionen nur die Klassen bearbeitet werden, die dem ausgewählten Monitoringthema angehören und dem Versionsstatus entsprechen.

## 5.2 Temporale Metadaten

Im Monitoring spielt insbesondere die Welt- bzw. Gültigkeitszeit raumbezogener Daten eine entscheidende Rolle, die in das FISMon durch temporale Metadaten integriert ist. Diese Zeit beschreibt die Gültigkeit von Objekten in der modellierten Realität, d.h. also die Zeit, für die ein Datensatz den Zustand der (tatsächlichen oder prognostizierten) Realwelt abbildet (vgl. KAISER, 2000). Damit sind Gültigkeitszeiten den semantikbeschreibenden Metadaten zuzuordnen. Im FISMon werden Gültigkeitszeiten mit Hilfe von zwei diskreten Zeitfolgetypen modelliert: Während die Gültigkeitszeit von Objekten nach dem *zustandsstabilen Ansatz* durch ein Zeitintervall beschrieben wird, sind Objekte nach dem *ereignisorientierten Ansatz* nur für einen Zeitpunkt gültig.

Temporale Metadaten werden im FISMon auf der Ebene von Klassen und Versionen vorgehalten:

- Auf Klassenebene umfassen diese einen fest definierten Zeitfolgetyp, der von der Veränderlichkeit der Klasse in der Realwelt bzw. der abzubildenden Fachthematik abhängt. Digitalen Höhenmodellen (DHM) beispielsweise wird der Zeitfolgetyp *ereignisorientiert* zugeordnet, da diese aufgrund der kontinuierlichen Senkungen die Realität nur zu dem Zeitpunkt beschreiben, zu dem sie vermessen bzw. für den sie mit Hilfe von digitalen Senkungsmodellen (DSM) errechnet wurden. DSM hingegen, die die Senkungen für einen festgelegten Zeitraum beschreiben, werden *zustandsstabil* modelliert. Unter Berücksichtigung des klassenspezifischen Zeitfolgetyps werden die jeweiligen Gültigkeitszeiten, die vom Nutzer bei der Einstellung raumbezogener Daten in das FISMon angegeben werden müssen, in den System- und Metadatentabellen abgelegt, mit den eigentlichen Geodaten verknüpft und so für die GIS-Bearbeitung verfügbar gemacht.

- Ergänzend wird auf der Metadatenebene jeder Version der Stichtag des jeweiligen Zeitschnittes zugeordnet, den diese Version im FISMon abbilden soll. In diesem Zusammenhang stellen temporale Restriktionen sicher, dass einer Version nur solche Geodaten zugewiesen werden können, deren Weltzeit den Stichtag der Version mit einschließt.

Damit erlauben es temporale Metadaten, die Weltzeiten von Geodaten für die GIS-Bearbeitung bereitzustellen und die zahlreichen Datenlayer - neben einer fachthemen-inhaltlichen Untergliederung (vgl. Kap 5.1) - nach zeitlichen Aspekten zu gruppieren.

### 5.3 Genetische Metadaten

Zudem integriert das Metadatenkonzept von FISMon genetische Metadaten (vgl. STROBL 1995), deren Aufgabe es ist, layerspezifische Transformations- und Analyseschritte zu dokumentieren. Allgemeine Vorteile dieser, ebenfalls semantikbeschreibender Metadaten liegen in der langfristigen, bearbeiterunabhängigen Nachvollziehbarkeit von durchgeführten GIS-Bearbeitungen und von daraus resultierenden Abhängigkeiten sowie in den Vererbungsmöglichkeiten von Dateneigenschaften (z.B. temporale Gültigkeit oder Datenqualität) über mehrere Verarbeitungsschritte hinweg. Das Datenschema bzgl. genetischer Metainformationen setzt auf der Ausweisung von Klassengruppen auf (vgl. Kap. 5.1) und hält kategoriespezifische Strukturen vor, die für Geodaten unterschiedlicher Zeitschnitte das systemseitige Speichern kennzeichnender Transformations-schritte ermöglichen. Beispielsweise können für ein DHM, das durch das Absenken eines anderen DHM mit Hilfe eines DSM entstanden ist, sowohl das Ausgangs-DHM als auch das verwendete DSM in den genetischen Metadaten abgelegt werden.

Genetische Metadaten können optional vom Anwender in das FISMon eingestellt werden und sind direkt mit den Geodaten verknüpft. Die Integration dieser Zusatzinformationen in die themenspezifischen Analysetools des FISMon und die Festlegung fachlicher und logischer Restriktionen, die u.a. temporale Constraint bezüglich der Verrechnung einzelner Datenlayer umfassen, erlauben eine verbesserte Workflow-Unterstützung des Anwenders und tragen zur Sicherung einer konsistenten Datenbasis bei.

## 6 Unterstützung des GIS-Bearbeitung durch Metadaten

Im Weiteren sollen exemplarisch die vorgestellten Metadatenkonzepte sowie Möglichkeiten für die Unterstützung von GIS-Bearbeitungsschritten im Monitoring anhand einer Aufgabenstellung aus dem *Wasserwirtschaftlichen Monitoring* aufgezeigt werden. Im Rahmen dieses Monitoringthemas ist insbesondere die Geometrie von Fließgewässern zu überwachen und für vordefinierte Zeitschnitte zu prognostizieren, um potentielle Beeinträchtigungen der Vorfluterfunktion frühzeitig erkennen und durch gegensteuernde Maßnahmen abwehren zu können. Hierzu werden so genannte Längenschnitte erstellt, in denen u.a. die Höhen von Gewässersohlen und Uferlinien in Abhängigkeit der Lauflänge des Fließgewässers für unterschiedliche Zeitschnitte dargestellt und senkungsbedingte Änderungen aufgezeigt werden.

Zur Unterstützung dieser Aufgabe stellt FISMon das Analysetool *Längenschnitte plotten* bereit. Dieses greift auf die zeitvarianten Geodaten zum Fließgewässer und die damit verknüpften Metadaten zu, deren Aufbau und Inhalt zunächst näher beschrieben werden soll:

- In der FISMon-GDB werden zur persistenten Speicherung des Gewässernetzes Klassen vorgehalten, in denen u.a. der Sohlenverlauf und die Uferlinien für unterschiedliche Zeitschnitte abgelegt werden können.
- Diese Klassen sind in der Kategorie *Gewässernetz* zusammengefasst und durch folgende GIS-Bearbeitungsschritte gekennzeichnet: Die Geometrie- und Höhenwerte von Gewässernetzdaten werden im Regelfall aus einem detaillierten DHM (TIN-Format) des jeweiligen Zeitschnittes entnommen. Das zugrunde liegende DHM kann entweder direkt aus Vermessungsdaten generiert oder aber durch die Absenkung der Geländehöhen eines vermessenen DHM berechnet worden sein. Sind für Prognosezeitschnitte zusätzlich gewässerbauliche Maßnahmen (z.B. Verlegung eines Gewässerabschnittes) vorgesehen, werden diese in die Gewässernetzdaten des jeweiligen Zeitschnittes eingearbeitet. Damit können auf Teilabschnitten Abweichungen zwischen den Geometrien des zugrunde liegenden DHM und der Gewässernetzdaten und auftreten.
- Vor dem Hintergrund dieser charakteristischen Bearbeitungsschritte werden für das Gewässernetz in unterschiedlichen Zeitschnitten genetische Metadaten verwaltet, die für jede Version Referenzen auf das zugrunde liegende DHM sowie auf eingebaute Maßnahmen umfassen.
- Temporale Metadaten und systemseitige Integritätsprüfungen stellen sicher, dass bei der Metadatenzuweisung die Gültigkeitszeitpunkte der Gewässernetzdaten und des zugeordneten DHM übereinstimmen.

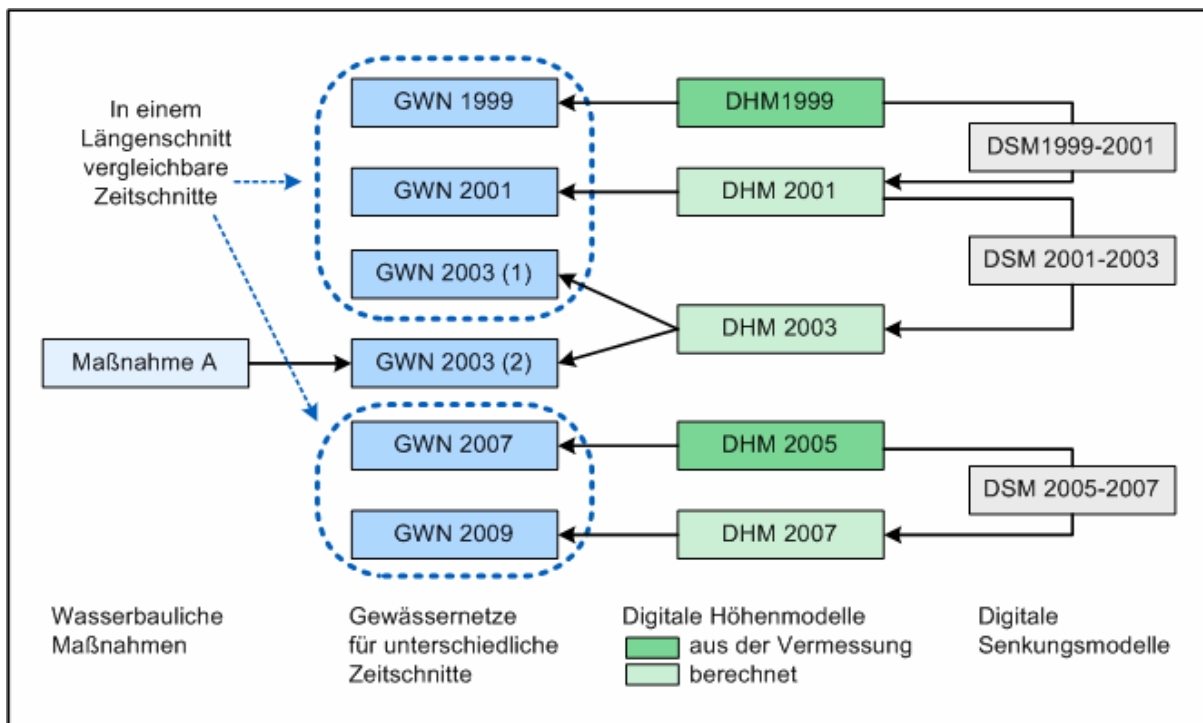


Abb. 2: Datengenerierung und Vergleichbarkeit von Fließgewässern in Längenschnitten

Das Analysetool *Längenschnitte plotten* wertet nun die genetischen Metadaten zum Gewässernetz für alle Zeitschnitte aus, wobei auch Daten zur Genese zugeordneter DHM miteinbezogen werden (vgl. Abb. 2). Darauf aufbauend wird der Anwender bei der Auswahl vergleichbarer Zeitschnitte unterstützt: Durch das Tool werden für die Längenschnitterstellung standardmäßig nur solche Ist- bzw. Prognosezeitschnitte angeboten, die auf das gleiche DHM aus Vermessungsdaten zurückzuführen sind und die sich zudem nicht durch den Einbau gewässerbaulicher Maßnahmen unterscheiden. Diese Einschränkungen garantieren die Übereinstimmung der 2D-Verläufe zeitvarianter Fließgewässer, die Voraussetzung für eine vergleichende, laulängenabhängige Darstellung in einem Längenschnitt ist. Der Nutzer kann allerdings die systemseitige Vorauswahl erweitern, beispielsweise um Zeitschnitte anzuzeigen, für die vom Anwender Metadaten nicht oder nur unvollständig angegeben wurden.

## 7 Schlussfolgerung

Wie u.a. das vorgestellte Beispiel exemplarisch aufzeigt, ermöglichen es strukturelle, temporale und genetische Metadaten

- die im Monitoring anfallenden raum- und zeitvarianten Daten strukturiert abzulegen,
- Gültigkeitszeiten und bestehende Abhängigkeiten zwischen Geodaten zu dokumentieren und dem Anwender verfügbar zu machen,
- erweiterte Konsistenzprüfungen auf der Basis temporaler Gültigkeiten und fachthematischer Zusammenhänge in die GIS-Bearbeitung zu integrieren und so den Anwender bei der Durchführung fachspezifischer Aufgabenstellungen zu unterstützen.

Die vorgestellten Metadatenkonzepte erlauben es damit, die Grundfunktionalitäten von ArcGIS zur Verarbeitung räumlicher Daten entsprechend den EDV-technischen und fachlichen Anforderungen an ein Informationssystem zur Begleitung langfristiger Abbauvorhaben auszubauen und FISMon zur Unterstützung des begleitendes Monitoringverfahrens einzusetzen.

### Literaturverzeichnis

- BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG, 2002: Entwurf eines Monitoringkonzeptes zur Erfassung der bergbaulichen Einwirkungen im Bereich Kirzheller Heide/Hünxer Wald für den Zeitraum bis 2019. – Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie.
- BORNHÖVD, C., 2001: Semantikbeschreibende Metadaten zur Integration heterogener Daten aus dem Internet. – Shaker Verlag, Aachen.
- ESRI, 2004: Versioning - An ESRI ® Technical Paper.
- FGDC, 1998: Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM) - Version 2. <http://www.fgdc.gov/metadata/metadata.html>.
- ISO, 2003: Geographic information – Metadata (ISO/TC 211 19115).Genf.
- KAISER, A., 2000: Die Modellierung zeitbezogener Daten. - Peter Lang Verlag, Frankfurt.
- KRATZSCH, H., 1997: Bergschadenkunde. - Deutscher Markscheider-Verein e.V., Bochum.
- STROBL, J., 1995: Grundzüge der Metadatenorganisation für GIS. - Salzburger Geographische Materialien: Beiträge zur Geographischen Informationswissenschaft (Proceedings AGIT 1995), (22), S. 275-286.