

## **Das Altbergbaugesfahrenabwehrkataster Sachsen-Anhalt - Konzept und erste Ausbaustufe für Halden und Restlöcher des Braunkohlebergbaus**

**Matthias Haase<sup>1</sup>, Matthias Kater<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Wisutec Umwelttechnik GmbH, Chemnitz

<sup>2</sup>HPC AG, Merseburg

### ZUSAMMENFASSUNG:

*Mit dem Betrieb des Informationssystems „Altbergbau-Gefahrenabwehr-Kataster Sachsen-Anhalt“ (AGK) für das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt soll das Ziel einer zentralen Datenhaltung für alle Altbergbauobjekte in Sachsen-Anhalt verwirklicht werden. Die jetzige Ausbaustufe ist für Objekte des Braunkohlebergbaus realisiert. Die wichtigste Aufgabe des AGK ist die Gefährdungsbeurteilung der Altbergbauobjekte. In der jetzigen Ausbaustufe werden die dazu implementierten Funktionalitäten nur auf die Objekte des über-tägigen Braunkohlebergbaus (Halden, Kippen und Restlöcher) angewandt. Eine Gefährdungsbeurteilung soll dabei keineswegs automatisiert erfolgen. Das AGK verwaltet die zur Gefährdungsbeurteilung notwendigen Daten und stellt sie dem Sachbearbeiter in geeigneter Form zur Verfügung. Die Gefährdungseinschätzung erfolgt auf der Basis eines Risikoansatzes, in welchen die Schätzungen der Eintrittswahrscheinlichkeit einer Böschungsrutschung und des daraus resultierenden Schadens eingehen. Die Gefährdungsbeurteilung erfolgt in einem 3-stufigen Verfahren. Die erste Stufe stellt die Ersteinschätzung auf Basis eines Minimaldatensatzes zu den Objekten dar. Die weiteren Stufen verlangen vom Nutzer umfangreicheres Wissen zu den Objekten. Im Ergebnis entsteht eine Prioritätenliste mit Objekten entsprechend des von ihnen ausgehenden Risikos. Die Lösung wurde als web-basiertes Softwaresystem realisiert. Objektgeometrien werden von der eingesetzten Datenbank gespeichert und ausgewertet. Dem Nutzer steht neben der formularbasierten Analyse auch ein umfangreiches Web-GIS zur Verfügung. Ein Modul zur Offline-Erfassung von Objektdaten ist ebenfalls verfügbar.*

### ABSTRACT:

*The information system „Risk Based Assessment of Abandoned Mining Objects“ ensures the central data management of data and information of mining objects (piles, open pits) in the responsibility of the State Authority for Geology and Mining in Saxony-Anhalt. It prepares a ranking list according to the risks rising from the possibility of landslides in the area of these objects. The ranking is carried-out in a step-by-step procedure according to the knowledge about the mining objects. The user is informed about lack of data for objects with high risk potential. The system is implemented as a web-based application including a web-GIS.*

## 1 Zielstellung und Inhalt des Altbergbaugesfahrenabwehrkatasters

Mit dem Betrieb des Informationssystems „Altbergbau-Gefahrenabwehr-Kataster Sachsen-Anhalt“ (AGK) für das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) soll das Ziel einer zentralen Datenhaltung für alle Altbergbauobjekte in Sachsen-Anhalt verwirklicht werden. Die Altbergbauobjekte gliedern sich in folgende Kategorien:

- Braunkohlenbergbaus
- Kali- und Steinsalzbergbaus
- Erz- und Spatbergbau
- Wasserlöseestollen
- Sonstiger Bergbau

Die wichtigste Aufgabe des AGK ist die Bereitstellung von Softwarewerkzeugen zur Gefährdungsbeurteilung der Altbergbauobjekte. In der jetzigen Ausbaustufe werden die dazu implementierten Funktionalitäten auf die Objekte des übertägigen Braunkohlenbergbaus (Halden, Kippen und Restlöcher) angewandt. Ziel der Nutzung des AGK ist die Erzeugung einer Objektliste mit Informationen zu möglichen Gefährdungen, welche von den betrachteten Objekten ausgehen. Mittels dieser Liste sollen Prioritäten bei der Reihenfolge der Bearbeitung der Objekte erstellbar sein.

In die Funktionalitäten zur Gefährdungseinschätzung werden die folgenden Objektarten des Braunkohlenbergbaus einbezogen:

- Halden und ihre Böschungen
- Restlöcher (RL) und ihre Böschungen

Der Begriff Gefährdung bezieht sich hier auf die von einer Halde oder einem RL ausgehende potenzielle Möglichkeit des Auftretens von plötzlichen Massenbewegungen (Rutschungen) an den Böschungsflächen.

Eine Gefährdungsbeurteilung soll dabei keineswegs automatisiert erfolgen. Das AGK verwaltet die zur Gefährdungsbeurteilung notwendigen Daten und stellt sie dem Sachbearbeiter in geeigneter Form zur Verfügung.

Da zur Gefährdungsbeurteilung nicht nur geotechnische Daten und Informationen beitragen, sondern auch Informationen zum Umfeld der Bergbauobjekte, wie z.B. Nutzungen und Schutzgüter, Daten zur Geologie, zur Historie oder aber auch Angaben zu durchgeführten Maßnahmen oder Kontrollen, soll die Softwarelösung auch diese relevanten Inhalte dem Nutzer einfach und übersichtlich aufbereitet zugänglich machen. Das bedeutet, dass eine geeignete Kombination von Sachdatenrecherche, Dokumentenbereitstellung und GIS-Funktionen im AGK realisiert werden muss.

Um das zu erreichen, wurden verschiedene Informationskomplexe definiert und deren mögliche Verknüpfungen analysiert. Die folgende Tabelle listet diese Informationskomplexe und deren Zweck bei der Gefährdungsbeurteilung auf.

Tab. 1: Genutzte Informationskomplexe im AGK

<b>Datenkomplexe im bzw. für das AGK</b>	<b>Erläuterung</b>
Daten zu Altbergbauobjekten	Umfangreicher Sachdatenbestand, der die wichtigsten Eingangsgrößen für die Risikoanalyse bereitstellt.
GIS-Themen	Alle im LAGB im Intranet verfügbaren GIS-Themen sind in der Datenrecherche nutzbar. Dient im Wesentlichen zur Einschätzung des Umfeldes des Bergbauobjektes.
ATKIS-Daten	Datenbestand dient der Einschätzung des möglichen Schadensausmaßes bei Eintritt einer Böschungsrutschung.
Bilddaten	Fotobestände der LAGB-Bilddatenbank. Dienen der Dokumentation des jeweiligen Zustandes.
Dokumente	Werden aus dem bestehenden Dokumentenmanagementsystem bezogen und können einem Bergbauobjekt zugeordnet werden. Beispiele sind Standsicherheitsnachweise, Gutachten, Planungsunterlagen etc.
Bohrungen	Bohrungen der Landesbohrdatenbank. Diese können zur Beurteilung der Geologie des Umfeldes herangezogen werden.

Die folgende Abb. 1 zeigt die möglichen Verknüpfungen zwischen diesen Informationskomplexen. Für die Herstellung von Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen der verschiedenen Informationskomplexe werden jeweils spezielle Methoden genutzt:

- Relationale Verknüpfungen über vergebene IDs
- Beziehungen, welche über die Auswertung der Lagebeziehungen von Objekten hergestellt werden können.

Für die letzteren Funktionalitäten werden spezielle Datenbankkonstrukte, welche die verwendete MS SQL-Datenbank zum Speichern und Prozessieren von Geometrien bereitstellt, verwendet. Damit werden typische GIS-Funktionalitäten in Form von SQL-Anweisungen abgearbeitet, ohne dass der Nutzer diese explizit formulieren und aufrufen muss.

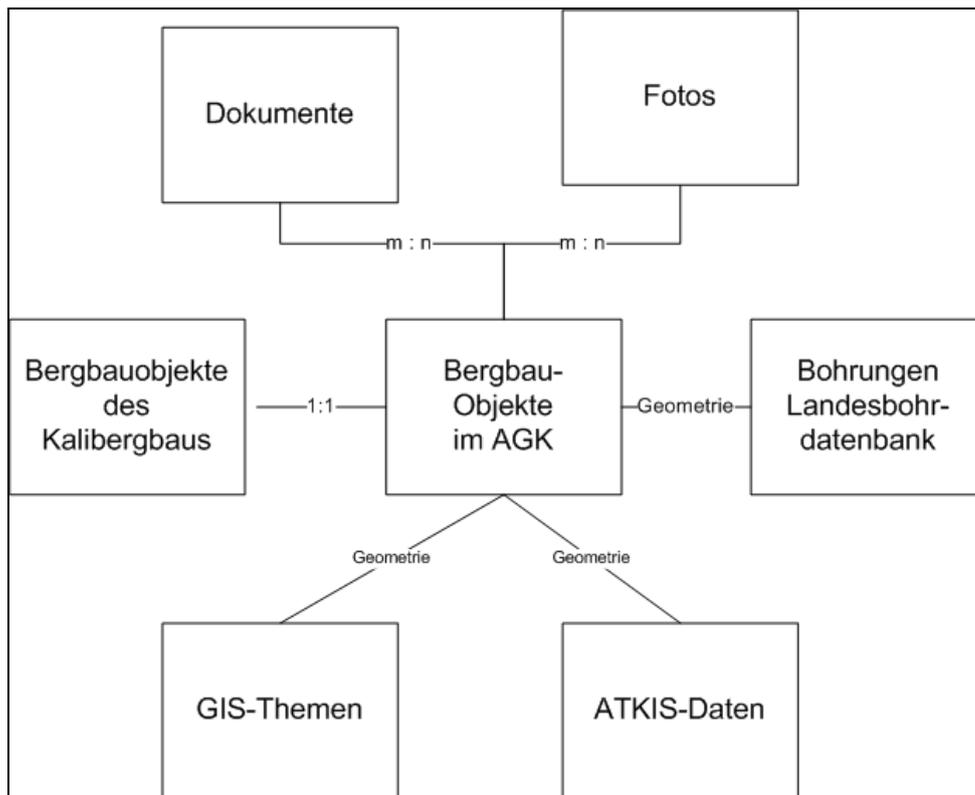


Abb. 1: Verknüpfungen zwischen den informationskomplexen im AGK.

Die Gefährdungseinschätzung der Objekte resultiert in einer Objektkategorisierung auf der Basis eines Risikoansatzes. Die Kategorisierung der Objekte geschieht in 3 Stufen. Diese entsprechen dem jeweiligen Wissensstand über das Objekt.

Prinzipiell sollen durch die Objektkategorisierungen für jedes Objekt die beiden Fragen beantwortet werden können:

1. Welche Daten werden für ein bestimmtes Objekt mindestens noch benötigt, um eine qualifizierte Gefährdungsbeurteilung vornehmen zu können?
2. Welche Priorität besitzt das jeweilige Objekt hinsichtlich der Realisierung von Gefahrenabwehrmaßnahmen oder sonstigen Sanierungsaktivitäten?

Zur Beantwortung der ersten Frage werden vom System Datendefizite am Bergbauobjekt entsprechend der vom Objekt ausgehenden, abgeschätzten Gefährdung angezeigt. Die Ermittlung der Bearbeitungspriorität geschieht über die Eingliederung des Objektes in Risikoklassen. Die Vorgehensweise wird in Kapitel 2 näher erläutert.

Die derzeit im LAGB Sachsen-Anhalt realisierte Softwarelösung basiert im Wesentlichen auf dem Konzept der Firma HPC [1]. Im Rahmen des Projektes übernahm die Firma ARCADIS die Projektkoordinierung. Wichtige inhaltliche Hinweise bei der praktischen Umsetzung kamen von den Mitarbeitern des LAGB. Allen Beteiligten sei an dieser Stelle ausdrücklich für ihre konstruktive Mitarbeit bei der Umsetzung des Konzeptes in ein Softwareprodukt gedankt.

## 2 Der Ansatz zur Risikobewertung der Altbergbauobjekte

### 2.1 Das verwendete Risikokonzept

Um ein Maß für die Gefährdung zu finden, welches von einer Halde oder einem RL des Braunkohlenaltbergbaus ausgeht, wurde in [1] ein Risikokonzept entwickelt, welches im AGK zum Ansatz kommt. Es basiert auf folgenden Annahmen:

1. Jede betrachtete Halde oder jedes RL muss für eine Gefährdungsbeurteilung einen Mindestbestand relevanter Daten für eine Böschung aufweisen.
2. Als unerwünschtes Ereignis, welches einen Schaden hervorruft, wird im Konzept und in der Umsetzung des AGK eine Böschungsrutschung angesehen.
3. Für das mögliche Rutschungsereignis werden eine Eintrittswahrscheinlichkeit und ein Schadensausmaß abgeschätzt.
4. Beide Größen (Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß) werden in der Größe Risiko zusammengefasst. Das Objekt wird mittels dieser Größe Risiko einer Risikoklasse I bis IV zugeteilt [2].
5. Entsprechend dieser Klassen resultieren für das Objekt unterschiedliche Maßnahmen, weitere Datenanforderungen und Kontrollrhythmen, die dem Nutzer präsentiert werden.

Der Begriff Risiko wird in den Ingenieurwissenschaften gebildet als Produkt der Größen Eintrittswahrscheinlichkeit (EWK) eines Ereignisses und Schadensausmaß dieses Ereignisses. Indem man sowohl die Eintrittswahrscheinlichkeit als auch den Schaden quantifizierbar macht, soll auch das Risiko selbst kalkulierbar werden. Auf Grund der Komplexität der hier betrachteten Systeme gelingt es allerdings nur mit zu hohem Aufwand (Erstellung von Stand sicherheitsnachweisen durch Sachverständige für Böschungen), die beiden Größen Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß zu quantifizieren. Aufgrund der Vielzahl der Objekte und des (zumindest anfänglich) geringen Kenntnisstandes zu den Objekten, mussten vereinfachte Verfahren zu einer vorläufigen Abschätzung des Risikopotenzials gefunden werden. Deshalb werden Schätzungen auf der Basis plausibel erscheinender Ansätze durchgeführt.

Der Begriff Eintrittswahrscheinlichkeit bezeichnet den statistischen Erwartungswert oder die geschätzte Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines bestimmten Ereignisses in einem bestimmten Zeitraum in der Zukunft.

Da statistische Angaben zu den betrachteten Ereignissen (Böschungsrutschungen) in aller Regel nicht vorliegen, wird in [1] die Methode der Schätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit angewandt.

Die Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit einer Böschungsrutschung geschieht über folgenden Algorithmus:

Es erfolgt eine Einteilung der Objekte in

1. RL ohne Innenkippe und wassergefüllt (ja/nein)
2. RL mit Innenkippe und wassergefüllt (ja/nein)
3. Halde.

Die an diesen Objekten existierenden Böschungen müssen mit Angaben zu Böschungsneigungen und Böschungshöhen für jede einzelne Böschung versehen werden. Mittels dieser Anga-

ben wird in Nachschlagetabellen eine Einteilung der EWK in folgende nicht quantifizierbare Kategorien vorgenommen:

- Sehr wahrscheinlich
- Wahrscheinlich
- Wenig wahrscheinlich.

Die folgende Tabelle zeigt den verwendeten Parametersatz für die Schätzung der EWK einer Böschung an einer Halde. Für die RL existieren ähnliche Nachschlagetabellen.

Tab. 2: Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten für Böschungsversagen an einer Halde. (BN-Böschungsneigung, BH-Böschungshöhe) im Zuge der Erstkategorisierung

Eintrittswahrscheinlichkeit		max. BH [m]	max. BN [°]	max. BH [m]	max. BN [°]	max. BH [m]	max. BN [°]
	sehr wahrscheinlich	<5	>45	5-10	>34	>10	>26
	wahrscheinlich		30-45		26-34		18-26
	wenig wahrscheinlich		<30		<26		<18

Die Beurteilung des zu erwartenden Schadensausmaßes im Falle des Eintritts eines unerwünschten Ereignisses kann anhand der Nutzung des Altbergbauobjektes und seines Umfeldes sowie anhand der Schutzgüter, die durch das unerwünschte Ereignis betroffen sein können, erfolgen.

Zur Abschätzung des Schadensausmaßes ist deshalb die Kenntnis der Nutzung des Objektes und seines Umfeldes notwendig. Die entsprechenden Daten liegen jedoch anfangs der Bearbeitung nicht ausreichend detailliert vor.

Deshalb wird in einem ersten Schritt (Erstkategorisierung I) angenommen, dass je größer das betroffene Gebiet einer Rutschung ist, desto größer auch das potenzielle Schadensausmaß sein kann. Das Gebiet umfasst dabei die Fläche des gesamten Objektes. Auf der Basis der folgenden Mindestangaben erfolgt eine relative Einteilung des möglichen Schadens in klein, hoch und sehr hoch:

- Fläche der Halde oder des RL
- größte am Objekt vorgefundene Böschungsneigung
- größte am Objekt vorgefundene Böschungshöhe

Diese Einteilung geschieht über Nachschlagetabellen, in welchen Beziehungen zwischen diesen Größen und dem Schadensausmaß vereinbart sind.

In einem zweiten Schritt (Erstkategorisierung II) stellen vom Objekt berührte/betroffene Nutzungsareale und Schutzgutareale die wesentlichen Grundlagen der Schätzung des Schadensausmaßes dar. Hierzu werden die gespeicherten Objektgeometrien mit einem Sicherheitsstreifen versehen, welcher von der Höhe der Böschung und der Objektart abhängt. Diese so erzeugten und gepufferten Objektgeometrien werden mit den in der Datenbank gespeicherten Geometrien bestimmter relevanter ATKIS-Themen verschnitten. Wird z.B. eine Berührung einer so erzeugten Fläche eines RL mit einem als Naherholung charakterisierten ATKIS-Themen festgestellt, wird dem Bergbauobjekt ein hohes potentielles Schadensausmaß zugeordnet, welches über eine Böschungsrutschung hervorgerufen werden kann. Diese Zuordnungen sind in Nachschlagetabellen gespeichert.

Im Ergebnis der Ermittlung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schaden wird jedes Objekt einer sogenannten Risikoklasse zugewiesen. Diese reicht von I (höchstes Risiko) bis IV (geringstes Risiko). Die Zuweisung der Risikoklasse erfolgt entsprechend des Wissensstandes über das Objekt in verschiedenen Bearbeitungsstufen. Hierbei kommen sowohl automatische Algorithmen als auch gutachterliche Einschätzungen zur Anwendung.

Die folgende Abbildung zeigt die Bewertungsmatrix, mit deren Hilfe eine Zuordnung von Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit zu den Risikoklassen vorgenommen wird.

Eintrittswahrscheinlichkeit	sehr wahrscheinlich	III**	II	I
	wahrscheinlich	IV	III*	II
	wenig wahrscheinlich	IV	IV*	III
		klein	hoch	sehr hoch
	Schadensausmaß			

Abb. 2: Bewertungsmatrix zur Ermittlung der Risikoklasse (aus [1])

## 2.2 Methoden der Objektkategorisierung und resultierender Workflow

Im Rahmen der Objektkategorisierung wird für jede Halde und jedes Restloch eine Risikoklasse auf Basis der jeweils verfügbaren Daten ermittelt. Da die Datenbasis nach der Aufnahme des Bergbauobjektes meist nicht ausreichend ist, um eine fundierte Gefährdungseinschätzung vornehmen zu können, wird in 3 Stufen die Kategorisierung vorgenommen. In den ersten beiden Stufen erfolgt die Kategorisierung auf der Basis von implementierten Bewertungsalgorithmen.

- Im ersten Schritt (Erst kategorisierung I) wird auf der Grundlage eines minimal verfügbaren Datensatzes die Ermittlung der Risikoklasse vorgenommen. Dazu werden die EWK und das Schadensausmaß geschätzt. Die EWK wird für jede Böschung einzeln geschätzt. Anschließend wird die höchste an der Halde oder am RL geschätzte EWK einer Böschungsrutschung sowie das geschätzte Schadensausmaß zur Bestimmung der Risikoklasse unter Nutzung der Tabelle in Abbildung 2 herangezogen.
- In einem zweiten Schritt (Erst kategorisierung II) stellen vom Objekt berührte/betroffene Nutzungsareale und Schutzgutareale die wesentlichen Grundlagen der Schätzung des Schadensausmaßes dar. Die Ermittlung der EWK bleibt gegenüber der Erst kategorisierung I unverändert.
- Nach Abschluss der Erst kategorisierung II kann das Objekt einer Gutachterlichen Kategorisierung (GK) zugeführt werden. Hierbei werden keine automatischen Routinen mehr verwendet. Der Anwender entscheidet auf der Grundlage der verfügbaren Daten selbst über die Kategorisierung. Das System macht nur Vorschläge.

Die folgende Abbildung zeigt den daraus resultierenden Workflow.

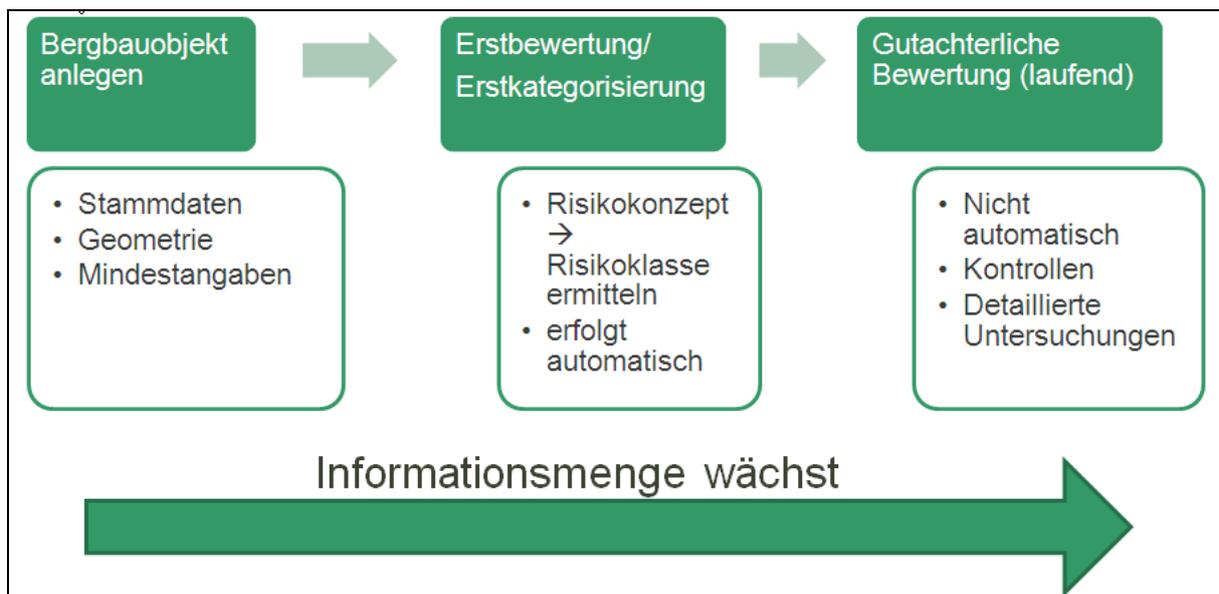


Abb. 3: Workflow zur Verfeinerung der Objektkategorisierung im AGK

Die Gutachterliche Kategorisierung wird nach Abschluss der Erst kategorisierung II an den Objekten der Objektarten Halde und Restloch durchgeführt. Während die Prozeduren der EK I und II eine nahezu vollständige automatische Kategorisierung nach den beschriebenen Algorithmen vornehmen, wird in der GK vom Sachbearbeiter auf der Grundlage der vorliegenden Dokumente und Sachdaten eine Kategorisierung in die Risikoklassen vorgenommen.

Um diesen Bewertungsprozess zu unterstützen werden die folgenden Bewertungshilfen vom System bereit gestellt:

1. Für jede Objektart und jede Risikoklasse ist ein Satz von sogenannten bedingten Pflichtfeldern definiert. Diese sind im System fest hinterlegt. Bedingte Pflichtfelder sind Eigenschaftsfelder, welche bei der Eingruppierung eines Objektes in eine bestimmte Risikoklasse einen Eintrag enthalten sollten. Ein fehlender Eintrag führt zur Anzeige eines Datendefizits am Objekt.
2. Für jede Objektart und jede Risikoklasse sind ein Kontrollrhythmus sowie ein Maßnahmenumfang festgelegt. Die Einhaltung des Kontrollrhythmus wird vom AGK überwacht und bei Verletzung wird das betroffene Objekt gekennzeichnet.

Anhand der Datenlage am Objekt kann der Bearbeiter selbst entscheiden, in welche Schadensklasse er das Objekt eingruppiert und welche Eintrittswahrscheinlichkeit er für die Böschungen wählt. Entsprechend der Bewertungsvorschrift wird das Objekt mit einer entsprechenden Risikoklasse versehen, eine Neubewertung des Satzes der bedingten Pflichtfelder vorgenommen, Datendefizite angezeigt und ein Vorschlag zum Kontrollrhythmus und Kontrollmaßnahmen unterbreitet. Nach Bestätigung durch den Bearbeiter wird die GK festgesetzt. Ein Abschließen der GK gibt es nicht, da es sich um einen laufenden Prozess handelt.

### 3 Die Umsetzung des Konzepts als Softwareprodukt

Das AGK wurde als web-basierte Softwarelösung mit folgenden grundsätzlichen Funktionalitäten konzipiert und umgesetzt:

- Es stellt die erforderlichen Daten (Sach- und Geodaten) zentral auf einem Datenbankserver (MS SQL Server) bereit.
- Es basiert auf der Web-Technologie. Der Nutzer benötigt nur den MS Internet Explorer als Software auf seinem Rechner.
- Das AGK ermöglicht die Erfassung neuer bzw. Ergänzung/Korrektur bestehender Datenbestände sowie die Historisierung von Objektdatenbeständen.
- Das AGK verfügt über web-GIS-Komponenten zur räumlichen Datenanalyse und zur Visualisierung mittels Karten. Die Erfassung bzw. Modifikation von Objektgeometrien über einen Geo-Editor ist möglich.
- Das AGK stellt eine effektive Nutzerverwaltung mit entsprechenden Rechtevergaben bereit.
- Es integriert bestehende Fachanwendungen (Dokumentenmanagementsystem, Fotodatenbank, Landesbohrdatenbank).

Das Informationssystem AGK beruht auf folgenden Hauptkomponenten:

- einer MS SQL-Datenbank zur Speicherung aller Daten inklusive der Geometriedaten,
- dem System cardo (Version 3) der Firma IDU mbH [3] zur Nutzerverwaltung und der Bereitstellung eines webbasierten Mapviewers mit vielfältigen GIS-Funktionen,
- der Fachanwendung AL.VIS/Objekte [4] zum Anlegen von Objektarten mit verschiedenen Eigenschaften, zur Pflege und Recherche von Sachdaten, Referenztabellen, Raumdaten und verschiedenen Dokumenten.
- Einer Fachanwendung zur Offline-Datenerfassung einschließlich integrierter Routinen zur Qualitätssicherung der erfassten Objektdaten.

Die Speicherung und Verarbeitung der Objektgeometrien geschieht in der MS SQL-Datenbank im Datenbankschema, welches von der AGK-Anwendung bereitgestellt wird. Das hier zur Anwendung kommende AGK-Modul basiert auf einem Datenbankmodell, welches sehr flexibel verschiedene Objekte und deren Eigenschaften verwalten kann. Das Hinzufügen neuer Objektarten oder auch neuer Eigenschaften zieht keine Änderung am Datenmodell nach sich. Diese Erweiterungen des Datenkatalogs können vom berechtigten Nutzer selbst vorgenommen werden. Datenbankkenntnisse sind dazu nicht erforderlich.

Um durchgehend eine einheitliche und konsistente Datenhaltung zu verwirklichen, ist die Verwendung von zentral bereitgestellten Referenztabellen realisiert.

Zur zusätzlichen Qualitätssicherung der eingetragenen Daten verfügt das AGK über ein Kommentarsystem, mit welchem sich jeder Datensatz durch die Nutzer öffentlich kommentieren lässt. Die Kommentare können von verantwortlichen Administratoren ausgewertet, beantwortet und auch wieder gelöscht werden.

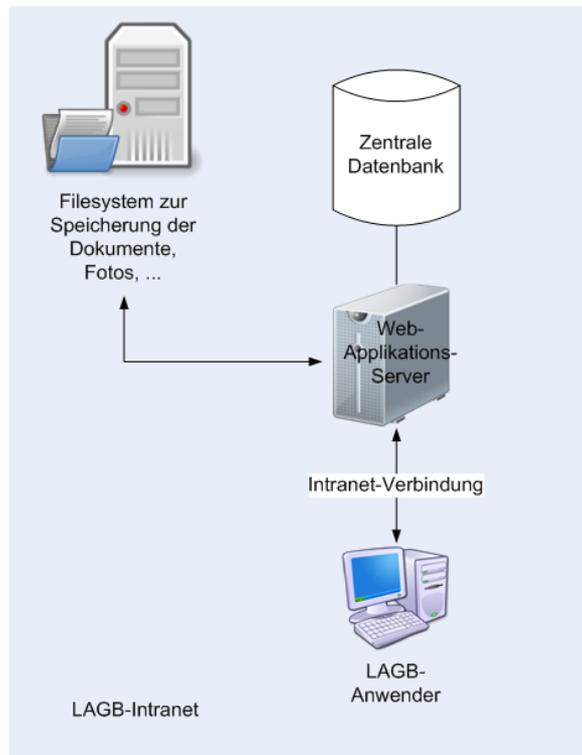


Abb. 4: Systemarchitektur des AGK

## 4 Ausblick

Durch die Modulbauweise des AGK ist es leicht durch neue Funktionen erweiterbar. Das verwendete Objektmodell und dessen Realisierung im Datenmodell erlaubt darüber hinaus eine einfache Erweiterung der zu speichernden Inhalte.

Ein Ausbau des AGK ist in folgende Richtungen denkbar:

- Erweiterung um ein Modul zur Erfassung von beobachteten Schäden an den Bergbauobjekten, welche durch Externe gemeldet werden.
- Genauere Beschreibung der Böschungsgeometrien und damit der von der Böschung beeinflussten Umgebungsareale, um eine bessere Abschätzung eines möglichen Schadens vornehmen zu können.
- Implementierung von Routinen zur Speicherung und Verarbeitung der 3-d-Objektgeometrien.

## 5 Literatur

- [1] Firma HPC, „Altbergbau-Gefahrenabwehr-Kataster Sachsen-Anhalt - Entwicklung eines Fachkonzepts als Grundlage der Umsetzung in einer GIS-gestützten Datenbank“, 2011
- [2] Empfehlung "Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus". Arbeitskreis 4.6 "Altbergbau" der Fachsektion Ingenieurgeologie in der DGGT e.V., DGGT e.V u. DMV e.V., Essen/Herne 2009
- [3] <http://www.cardogis.com>
- [4] <http://portale.wisutec.de/de-de/unternehmensbereiche/geoinformatik/informationssystemalvis.aspx>