Qualitätssicherung/Qualitätsmanagement bei Sanierungsarbeiten im Altbergbau

Empfehlung des Arbeitskreises 4.6 Altbergbau · Stand: 12.09.2023 (Version E10)

Herausgeber	Der Arbeitskreis Altbergbau der DGGT e. V. (AK 4.6) und des DMV e. V.
Mitwirkende	Stephan Bachmann, Jörg Benndorf, Andreas Benthin, Matthias Bock, Danny Bodenstab, Geertje Buchwald, Tobias Friedrich, Alfred Geers, Peter Goerke-Mallet, Michael Heitfeld, Robin Hoffmann, Peter Hogrebe, Herbert Klapperich, Jens-Peter Lux, Tobias Rudolph, Peter Scharf, Emmerich Schuscha, Christina Seidel, Falk Seliger, Jan Starke, Tobias Steinert, Peter Steinmetz, Goetz-Wolfram Thauer, Ansgar Wehinger, Daniel Wehler, Roy Wings, Martin Zimmerman

Inhalt

1 Vorbemerkung 2

2 Begriffsbestimmung 2

3 Grundsätzliche Herangehensweise/Handlungsablauf 3

4 Aspekte der Qualitätssicherung bei einzelnen Handlungsschritten 4

4.1 Kriterien für die Auswahl eines geeigneten Ingenieurbüros 4

4.2 Anforderungen an die Recherche (u. a. Archivrecherche) 6

4.3 Anforderungen an die Zustandserfassung (Beurteilung Standsicherheit) und das Sanierungskonzept 9

4.4 Anforderungen an bauausführende Firmen und Anforderungen an die Durchführung von Sanierungsarbeiten 11

4.5 Anforderungen an Versatz- und Verfüllbaustoffe 13

4.6 Dokumentation und Monitoring 15

4.7 Anforderungen an den Abschlussbericht von Erkundungs- und Sanierungsarbeiten 18

5 Ausgewählte Quellen 19

Anhang I – MUSTER-Inhaltsverzeichnis Abschlussbericht 20

Anhang II – ZUSATZINFO zu Nachweisen 23

1 Vorbemerkung

Der Arbeitskreis 4.6 Altbergbau der DGGT und des DMV erarbeitet Empfehlungen zu verschiedenen Schwerpunkten des Altbergbaus. Beim Altbergbau handelt es sich um Gesamtheit aller bergmännisch hergestellten Hohlräume (Grubenbaue) einschließlich Bohrungen sowie Tagebaue, Halden, Kippen und Restlöcher, die bergbaulich nicht mehr genutzt werden (DGGT AK 4.6 2004).

Die Empfehlungen sind Anleitungen zum einheitlichen und effizienten ingenieur- und bergtechnischen Umgang mit altbergbaulichen, schadensrelevanten Hinterlassenschaften. Die differenzierten bergtechnischen Maßnahmen kommen zur Gewährleistung der Sicherheit insbesondere in Abhängigkeit von der Nutzung der Tagesoberfläche zum Einsatz.

Die vorliegende Empfehlung „Qualitätssicherung/Qualitätsmanagement bei Sanierungsarbeiten im Altbergbau“ behandelt Maßnahmen zur Absicherung von Mindeststandards bei der Durchführung der Erkundung, Bewertung und Sanierung sowie Monitoring von altbergbaulichen Hinterlassenschaften.

Ohne ein durchdachtes Qualitätsmanagement und eine darauf abgestimmte Qualitätssicherung ist nicht sichergestellt, dass alle Anforderungen beachtet werden. Bei einer Missachtung von Qualitätsstandards und Regeln im Umgang mit Altbergbau könnten notwendige Sanierungsmaßnahmen erschwert werden oder im schlimmsten Fall sogar scheitern. Risiken bestehen sowohl bezüglich fachlicher als auch wirtschaftlicher Anforderungen sowie des zeitlichen Aufwands. Ein Qualitätssicherungs- und -managementsystem (QS/QM) ist somit die Basis der durchzuführenden Überlegungen und Arbeiten. Eine integrierte Umsetzung der Fragen zum Altbergbau ermöglicht somit eine nachhaltige (ökonomische, ökologische und soziale) Bearbeitung und somit die Chance die Herausforderungen der Langzeit- und Ewigkeitsaufgaben zu lösen.

Die Empfehlung basiert auf dem Kenntnisstand der einschlägigen nationalen und internationalen Fachliteratur und Empfehlungen der DGGT, des DMV und der DGGV. Hierbei sind als Grundlage insbesondere die Empfehlungen des Arbeitskreises 4.6 – Altbergbau der DGGT (DGGT AK 4.6 2020) und die Empfehlungen des Arbeitskreises 2.10 – Geomesstechnik der DGGT (DGGT AK 2.10 2022) zu nennen. Auf die Nennung weiterer Quellen wird verzichtet und auf die vorgenannten Unterlagen verwiesen.

2 Begriffsbestimmung

Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement dienen dazu, sicherzustellen, dass Produkte, Dienstleistungen und Prozesse den festgelegten Qualitätsstandards entsprechen und den Anforderungen gerecht werden.

Qualitätssicherung

Qualitätssicherung ist ein systematischer Ansatz, um sicherzustellen, dass die festgelegten Qualitätsanforderungen erfüllt werden. Sie umfasst alle Maßnahmen, die ergriffen werden, um sicherzustellen, dass ein Produkt oder eine Dienstleistung den gewünschten Qualitätsstandards

entspricht. Die Qualitätssicherung beinhaltet oft die Überwachung und Prüfung von Produkten, Prozessen und Systemen, um sicherzustellen, dass sie die definierten Spezifikationen erfüllen. Sie beinhaltet auch die Implementierung von Methoden und Verfahren, um Fehler zu identifizieren, zu korrigieren und zukünftig zu vermeiden.

Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement bezieht sich auf die Gesamtheit der Aktivitäten, die zur Steuerung und Verbesserung der Qualität in einer Organisation durchgeführt werden. Es ist ein umfassender Ansatz, der alle Aspekte des Unternehmens umfasst und darauf abzielt, einen Prozess der kontinuierlichen Verbesserung zu schaffen. Das Qualitätsmanagement beinhaltet die Entwicklung und Implementierung von Qualitätsrichtlinien, -prozessen und -verfahren, um sicherzustellen, dass die Qualitätsziele erreicht werden (können). Es umfasst auch die Schulung der Mitarbeiter, die Förderung von Qualitätsbewusstsein und die Etablierung eines Qualitätsmanagementsystems, das regelmäßig überprüft und verbessert wird.

Dabei ist das Qualitätsmanagement von entscheidender Bedeutung, da es die Basis dafür legt, dass die Arbeiten und die Dokumentation den geforderten Standards und Regeln entsprechen. Dies beeinflusst unter anderem folgende Punkte:

- Risikominimierung
- Effizienz und damit Kostenreduktion
- Zufriedenheit der Auftraggeber, der zuständigen Behörden sowie aller Projektbeteiligten

Zur Reduktion der Sanierungsrisiken im Altbergbau müssen dabei unterschiedliche Themenbereiche durch das Qualitätsmanagement abgedeckt werden. Neben fachlichen Themen sind auch rechtliche und wirtschaftliche Randbedingungen zu beachten.

3 Grundsätzliche Herangehensweise/Handlungsablauf

Für eine erfolgreiche Sanierung von altbergbaulichen Hinterlassenschaften sind verschiedene Schritte notwendig. Dabei ist es je nach Projekt erforderlich, die Schwerpunkte unterschiedlich zu gestalten und die Bearbeitung der einzelnen Schritte der Situation vor Ort anzupassen.

Der generelle Ablauf kann wie folgt angegeben werden:

- altbergbaubezogenes Schadensereignis oder Risiko/Gefahr erkennen, melden, registrieren und dokumentieren. Dies geschieht in Abhängigkeit von den spezifischen Vorgaben in den einzelnen Bundesländern;
- Ersteinschätzung durch die zuständige Ordnungsbehörde bzw. Bergbauunternehmen; gegebenenfalls Durchführung von Sofortmaßnahmen;
- Bewertung des Schadensausmaßes nach den allgemeinen Regeln zum Stand der Technik;
- Prüfung der Zuständigkeit (Kostenträger) durch Bergbehörde bzw. zuständige Behörde;
- Einschaltung Sachverständiger;
- Bearbeitung Konzept/Planung zur Erkundung und Sanierung;

- Ausschreibung der Erkundungs- und Sanierungsarbeiten mit Leistungsbeschreibung, Leistungsverzeichnis und Vertragsbedingungen;
- Prüfung der Angebote, Vergabevorschlag mit Preisspiegel und Auftragserteilung;
- Ausführung und Bauüberwachung der Erkundungs- und Sanierungsarbeiten;
- Abschlussdokumentation sowie ggf. Empfehlungen zu Maßnahmen für ein mittel- bis langfristiges Monitoring;
- Durchführung des Monitorings, Dokumentation und Bewertung der Monitoringergebnisse.

4 Aspekte der Qualitätssicherung bei einzelnen Handlungsschritten

4.1 Kriterien für die Auswahl eines geeigneten Ingenieurbüros

Bei der Sanierung von Hinterlassenschaften des Altbergbaus sind neben der Durchführung der eigentlichen operativen Erkundungs-, Sicherungs- und/oder Verwahrungsmaßnahmen durch entsprechend qualifizierte Bergsicherungs-, Bohr- oder Tiefbaufirmen auch administrative Arbeiten zur Planung und Überwachung sowie gutachterliche Beurteilung der Maßnahmen durchzuführen.

Je nachdem, ob es sich um einen Tagesbruch, eine Präventivmaßnahme innerhalb eines Risikomanagements oder die Baugrundverbesserung im Rahmen geplanter Baumaßnahmen handelt, können alle oder aber nur Teile der in dieser Qualitätsempfehlung dargestellten Aufgaben und Tätigkeiten erforderlich werden.

Bei solchen Projekten sind sowohl die Komplexität als auch die Vielfalt der Fachgebiete zu beachten. Die Fachgebiete umfassen neben anderen Themen aus den Fachbereichen Bergbau, Markscheidewesen, Ingenieurgeologie, Hydrogeologie, Ausgasung, Arbeitsschutz, Organisation, Umwelttechnik auch allgemeine wirtschaftliche und rechtliche Themen. Daher ist die Vergabe dieser Tätigkeiten zumindest teilweise an ein – oder gegebenenfalls mehrere Ingenieurbüros – empfohlen. Bei einer getrennten Vergabe sind die Koordination und Abstimmung der Einzelarbeiten zwingend notwendig.

Die Kenntnisse und die Erfahrungen eines Ingenieurbüros werden den Erfolg der Maßnahmen in Bezug auf technische, sicherheitliche und wirtschaftliche Faktoren beeinflussen. Von daher ist es wichtig, dass sich der Auftraggeber vor der Auftragsvergabe von der personellen, technischen, aber auch der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Bewerber, bzw. der in Frage kommenden Ingenieurbüros, Kenntnis verschafft.

Grundsätzliche Anforderungen

Bei der Ausführung muss das zu beauftragende Ingenieurbüro die für die Arbeiten relevanten Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen, die sich auf vielerlei Gebiete beziehen, wie z. B. Baugrund, Arbeitsschutz, Statik, berücksichtigen. Insbesondere sind bei der Ausführung der Leistungen die altbergbaulichen Bestimmungen zu beachten und einzuhalten. Die Arbeiten im Altbergbau erfolgen in Abhängigkeit von landesspezifischen Regelungen oftmals

unter Bergaufsicht oder ordnungsbehördlicher Veranlassung – von daher sind Gesetze, Verordnungen usw. der jeweils zuständigen Behörde – anzuwenden. Die Kenntnis dieser Rechtsvorschriften und Normen ist somit für das ingenieurmäßige Arbeiten bei Maßnahmen im Altbergbau unverzichtbar. Einen Hinweis auf die anzuwendenden Vorschriften geben die weiteren Empfehlungen des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau“.

Je nach Aufgabenstellung besteht ein qualitativer Vorteil darin, wenn Mitarbeiter von zu beauftragenden Ingenieurbüros über den Nachweis der Bestellung zum öffentlich bestellten und vereidigten bzw. anerkannten Sachverständigen, bspw. für die verschiedenen Sachgebiete des Nachbergbaus verfügen. Liegt keine Anerkennung vor, sollte über einschlägige Erfahrung und Fachkunde sowie angemessene Referenzprojekte die Eignung zur Bearbeitung von Gutachter- und Planungsleistungen im Altbergbau nachgewiesen werden.

Beispielsweise ist die Gewinnung vieler Rohstoffe mit einer spezifischen Ausgasung verbunden, die auch nach dem Ende der Gewinnung, vielleicht in geringerem Maße, anhält, z. B. Ausgasung von Methan in der Kohle oder undichte Gasproduktionsbohrungen. Um die Risiken/Gefährdungen, die sich durch Ausgasungen während der Sanierungsmaßnahme ergeben, aber auch um eine spätere gefahrlose und wirtschaftliche Abführung der Gase über das Sanierungsbauwerk zu berücksichtigen und planen zu können, muss ein Ingenieurbüro über entsprechende Kenntnisse verfügen.

Des Weiteren muss das Ingenieurbüro insbesondere bei der Planung der Arbeitsabläufe und der einzusetzenden Betriebsmittel sowie bei der späteren Überwachung der Sanierungsmaßnahme Arbeits-, Gesundheits-, und Umweltschutzkenntnisse (AGU) in das Projekt einfließen lassen. Bzgl. dieser Themen ist neben der Planung und dem täglichen Betrieb auf der Baustelle auch das Handling von evtl. belasteten Boden- und/oder Aushubmassen im Zuge von Sanierungsmaßnahmen zu nennen.

Für die Erstellung ggf. erforderlicher Ausschreibungsunterlagen (Leistungsbeschreibung, Leistungsverzeichnis …) und/oder auch für die Mitarbeit bei der Auftragsvergabe (Sichten, Bewerten der Angebote) sind Kenntnisse im Vergaberecht erforderlich.

Sind mit der Sanierungsmaßnahme Eingriffe in die Natur verbunden, was zumeist der Fall ist, sind im Antragsverfahren und in der Ausführung der Maßnahme Gewässer-, Natur- und Artenschutz zuständigen Behörden einzubinden. Dies kann in Abhängigkeit von der Größe des Eingriffs zur Notwendigkeit von Ausgleichsmaßnahmen und damit einhergehend zur Erstellung landschaftspflegerischer Fachbeiträge oder Begleitpläne führen.

Neben den näher erläuterten ordnungsbehördlichen, bergbehördlichen oder weiteren Vorschriften ergibt sich somit die Notwendigkeit, dass das zu beauftragende Ingenieurbüro über Kenntnisse der Vorschriften in diesen genannten Fachbereichen verfügt.

Nachweise der wirtschaftlichen und finanziellen Leistungsfähigkeit

Es ist wichtig, dass sich der Auftraggeber vor der Auftragsvergabe ein Bild von der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Auftragnehmers macht, um zu verhindern, dass es während der Projektlaufzeit schlimmstenfalls zum Ausfall des Auftragnehmers kommt. Die in

„ZUSATZINFO zu Nachweisen“ (s. Anhang II) aufgeführten Belege tragen zu einem solchen Bild bei.

Nachweise der technischen und beruflichen Leistungsfähigkeit

Die im Informationsfeld „ZUSATZINFO zu Nachweisen“ (s. Anhang II) aufgeführten Belege sollen Hinweise dafür geben, inwieweit der Bewerber in der Lage ist aufgrund seiner Fachkenntnis, die technischen und organisatorischen Anforderungen des Projektes im Altbergbau zu erfüllen.

Die aufgeführte Vielfalt an Anforderungen, die in jedem Projekt auch noch durch weitere spezifische Anforderungen erweitert werden, kann dazu führen, dass ein Ingenieurbüro diese in ihrer Gesamtheit nicht alleine erfüllen kann. In diesem Fall können Teile der Aufgaben, z. B. die natur- und artenschutzrechtlichen Aufgaben, an ein weiteres Ingenieurbüro als Nachauftragnehmer vergeben werden. Für die Weitergabe von Teilaufgaben an einen Nachauftragnehmer muss sich der Auftraggeber die Zustimmung vorbehalten und darauf achten, dass auch der Nachauftragnehmer die erforderlichen Anforderungen erfüllt.

4.2 Anforderungen an die Recherche (u. a. Archivrecherche)

Über den Altbergbau ist mitunter nur wenig bekannt. Alte Tagesöffnungen, Grubenbaue und untertägige Hohlräume müssen häufig erst erkundet werden. Für die zuständigen Behörden ist die Gefahren-/Risikoabwehr dieser Hinterlassenschaften des Altbergbaus zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ein Teil ihrer Amtspflicht. Für Eigentümer und Rechtsverantwortliche ist es ein Teil ihrer Sorgfaltspflicht.

Zur regulären Erfassung und Bewertung von altbergbaulichen Hinterlassenschaften sowie nach Schadensereignissen werden zuerst zur Verfügung stehende Quellen genutzt. Hierzu zählen vor allem die zeichnerische Darstellung der Grubenbaue in Risswerken und Grubenbildern. Aber auch die Dokumentationen in historischen Karten, wie Stollenkarten, Separationskarten, Gang- und Flözkarten, Flurkarten und Messtischblättern sowie geologische Karten etc. können wertvolle Hinweise zur Lage und dem Umfang der Grubengebäude enthalten.

In den entsprechenden Grubenakten, Betriebsplänen, Urkunden und Chroniken sind häufig weitere Details enthalten und beschrieben. Ergänzt werden können diese Unterlagen durch historische Fotobestände und Luftbilder.

Neben den Archiven der zuständigen Bergbehörden, sind vor allem die Staatsarchive der Länder, die Archive von Museen, Bibliotheken von Hochschulen und Sammlungen, Betriebsarchive sowie Archive von Kommunen und Bergbauvereinen wichtige Fundquellen. In einigen Bundesländern (u. a. Sachsen, Niedersachsen) bilden die jeweiligen Bergarchive als Außenstellen der Staatsarchive eine reichhaltige Quelle für Überlieferung und Zusammenfassung der Akten aus den verschiedenen Bergbauverwaltungen und Zeitepochen sowie von Bergbauunternehmen.

In den zuständigen Bergbehörden sind zumeist Unterlagen zum Altbergbau, wie Bergschadenkundliche Analysen (BSA), Bergbau-/Altbergbaukataster oder auch altbergbauliche bzw. geotechnisch-markscheiderische Bewertungen oder Verwahrungs-/Abschlussdokumentationen vorhanden, welche einen schnellen Überblick über die

Situation ermöglichen und gegebenenfalls erste Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ableiten lassen.

Die Bergbehörden haben stets darauf geachtet, dass Akten und Grubenrisse erhalten bleiben und archiviert werden. Diese bilden bis heute den Grundstein für die Bestände in den Staats- und Bergarchiven. Es muss jedoch darauf verwiesen werden, dass eine Vielzahl von Grubenbauen – vor der Pflicht zur Führung eines Grubenrisswerkes – angelegt wurden. Hier kann nur auf die Akten selbst zurückgegriffen werden. Der lagemäßige bzw. räumliche Bezug bleibt dabei jedoch sehr schwer und teils auch nicht mehr nachvollziehbar. Das gleiche gilt für den Bergbau in Kriegs- und Notzeiten, wobei hier oftmals jegliche Angaben über den Altbergbau fehlen. Hier kann vereinzelt noch auf Überlieferungen von Zeitzeugen und Heimatforschern zurückgegriffen werden.

Ein weiteres Problem ergibt sich aus fehlenden Akten und Rissen, welche durch Brände/Stadtbrände, Hochwasser und Kriegswirren usw. in Verlust geraten sind. Hierdurch können Angaben zu ganzen Bergrevieren und Bergbauepochen fehlen.

Ferner sollte auch bzgl. Altlast-, Kampfmittelverdachts- und Schutzgutbetroffenheiten bei den entsprechenden zuständigen Behörden recherchiert werden und die Grundlagen erfasst sowie dokumentiert werden.

Die Basis für die Grundlagenermittlung ist eine nachvollziehbare und umfassende Archivrecherche. Dabei kommt der Auswahl der Archive und Bestände eine besonders wichtige Bedeutung zu, da nur hierdurch die Vollständigkeit der verfügbaren Informationen gewährleistet werden kann. Der Zeitaufwand für die Archivrecherche ist erheblich und darf nicht unterschätzt werden. Für die Recherche einschließlich der Auswertung ist eine ausreichende Qualität (u. a. Dokumentenqualität, -auflösung aber auch inhaltliche Aussagefähigkeit bzw. Möglichkeit der Lage- und Höhenzuordnung) zu gewährleisten, da diese die Grundlage für weitere Schlussfolgerungen und Bewertungen sowie Planungsleistungen darstellt. Hieraus werden altbergbaulich bedingte Risiken/Gefährdungen, Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen wie auch Kostenschätzungen abgeleitet.

Die Fachkenntnisse in der Archivarbeit und Erfahrungen im Umgang mit den Archivalien sind Voraussetzung für die Recherchen im Rahmen der Grundlagenermittlung. Die Archivarbeit ist eine raum-zeitliche Analyse von historischen Datensätzen! Daher sollten für die Grundlagenermittlung bereits geographische Informationssysteme (GIS) genutzt werden. Die hier gelegten Grundlagen können dann im weiteren Projektverlauf Verwendung finden.

Der Archivrecherche ist eine strukturierte und wissenschaftliche Arbeitsweise sowie Organisation zugrunde zu legen. Ausgehend vom zeitlichen Kontext und der verwaltungsrechtlichen Zuordnung können die altbergbaulichen Unterlagen für ein Bergrevier verschiedenen Archiven zugeordnet und sogar in verschiedenen Bundesländern verteilt sein. Die räumliche und sachliche Zuständigkeit sowie staatsrechtlich-administrative Zugehörigkeit für das zu bewertende Bergbauobjekt/Bergrevier bilden die Grundlage für die Ermittlung der zuständigen Archive.

Innerhalb der Archive erfolgt die Aufteilung der Archivalien nach Beständen. Diese sind nach der Herkunft der Unterlagen gegliedert und zumeist mit einer Beschreibung des Inhaltes und der Laufzeit versehen, was einen ersten Überblick ermöglicht.

In den Beständen sind anhand von Findbüchern bzw. Datenbanken die relevanten Akten zu recherchieren und für die Einsichtnahme auszuwählen. Dabei ist darauf zu verweisen, dass noch nicht alle Bestände und Findhilfsmittel digitalisiert und auch nicht alle online verfügbar sind. Die digitale Online-Recherche ist zwar hilfreich, aber kein Ersatz für die Recherche in den Archiven vor Ort.

Nach der Auswahl und dem Ausheben der Archivalien sind diese nach Relevanz einzusehen, zu lesen und die Inhalte zur weiteren Verwendung verfügbar zu machen sowie zu dokumentieren. Die wesentlichen und für die Projektbearbeitung wichtigen Inhalte sind zu übernehmen. Da der Aufwand im Vorhinein nicht abgeschätzt werden kann, ist es empfehlenswert den Aufwand auf Nachweis kalkulieren zu lassen. So ist eine aufwandsbezogene und zuverlässige Qualitätssicherung möglich.

Für die Einsichtnahme sind Kenntnisse von historischen Schriftarten unabdingbar. Hierbei muss auf die sehr differenzierte Qualität der Handschriften verwiesen werden. Die Texte der Akten sind ggf. zu transkribieren, um diese für die Auswertung verfügbar zu machen.

Weiterhin sind bergbauliche/bergtechnische und markscheiderische Fachkenntnisse erforderlich, um den Inhalt der Archivalien bewerten und einordnen zu können.

Die Vorgehensweise und Ergebnisse der Archivrecherche sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Dabei sind alle recherchierten Archive, Bestände und Quellen auch mit Negativergebnissen aufzuführen und zu beschreiben. Der Inhalt und die Qualität der Quellen sind darzustellen.

Im Ergebnis der Archivrecherche sind die erhobenen Daten auszuwerten und als Grundlage für die weiteren ingenieurtechnischen Leistungen vorzubereiten. Die Risse und Pläne dienen zur visuellen Darstellung der Grubenbaue. Diese sind an ausreichend und geeigneten Passpunkten zu georeferenzieren. Die Rechercheergebnisse aus den Akten dienen der allgemeinen Beschreibung des Bergbaureviers sowie der Detailbeschreibung der altbergbaulichen Objekte. Die Objektbeschreibung muss dabei alle vorhandenen bergtechnischen Angaben, wie Querschnitt, Tiefe, Ausbau und Sicherung etc., enthalten.

Zusätzlich ist eine umfassende Recherche nach modernen Geodaten – auch als Webdiensten – durchzuführen, die die aktuelle geowissenschaftlich-technische Situation am Standort beschreibt (u. a. Hydrogeologische Karten, geologische Karten, Webportale zu nationalen und/oder internationalen Bodenbewegungsdiensten).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die integrierte Recherche die Grundlage für die Erfassung und Bewertung von altbergbaulichen Objekten darstellt. Sie ist für die Untersuchung, Bewertung und letztendlich Sanierung von Bergbauobjekten und das Monitoring unabdingbar. Durch fundierte Recherchen und die raum-zeitlichen Auswertungen der gewonnenen Ergebnisse lassen sich Erkundungs-, Sanierungs- und Monitoringdienstleistungen fachgerecht planen und

ausführen, was eine effektive Gefahren-/Risikountersuchung und -abwehr sowie letztendlich eine Kostenoptimierung ermöglicht.

4.3 Anforderungen an die Zustandserfassung (Beurteilung Standsicherheit) und das Sanierungskonzept

Zustandserfassung

Bei der Zustandserfassung ist eine fachmännische Bearbeitung und Baubegleitung zu gewährleisten. Hierbei ist neben der schriftlichen Dokumentation eine GIS-basierte Dokumentation der verfügbaren Geodaten empfehlenswert.

Für die Untersuchungen des Untergrundes und die Ermittlung geotechnischer Parameter im Allgemeinen sowie die Erkundung und Bewertung von Hinterlassenschaften des Altbergbaus im Speziellen sind die einschlägigen Baunormen, Regelwerke und Rechtsvorschriften zu beachten. Maßgebliche Bestandteile einer fachlich fundierten Untersuchung zur Zustandserfassung sind dabei:

- umfassende Recherchen, wie eine Grubenbildeinsichtnahme, historische Karten, Bergrevierbeschreibungen etc. zur Schaffung einer guten Planungsgrundlage für eine weitergehende Erkundung (s. Kapitel 4.2 Anforderungen an die Recherche (u. a. Archivrecherche));
- vermessungstechnische/markscheiderische Aufnahme und geotechnisch/altbergbauliche Dokumentation der Grubenbaue (z. B. Wasserlösungsstollen);
- auf die Standorte angepasste Erkundung und Kartierung der Tagesoberfläche, von Veränderungen der Vegetation (als indirekter Hinweisgeber zu Strukturen im Untergrund), der Entwässerungssituation (Hydrologie, Hydrogeologie) und des Untergrundaufbaus (Boden, Geologie, Tektonik);
- Zustandserfassung der bergbaulichen Hinterlassenschaften (u. a. Lage, Abmessungen) und Ermittlung der geotechnischen Parameter des umgebenden Untergrundes.

Im Rahmen der Untergrunderkundung ist vielfach eine an die Örtlichkeit angepasste schrittweise Vorgehensweise sinnvoll und ist in Kombination mit Fotobeweissicherungen (Datum, Ortsbezug) durchzuführen:

- Kartierung der Standorte hinsichtlich Nutzung, Schäden an baulichen Einrichtungen, Deformationen und Vegetationsveränderungen der Geländeoberfläche, Wasseraustritte u. ä.;
- vereinfachte Erkundungsmethoden mit Baggerschürfen, Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen, Geophysik usw.;
- bei Bedarf vertiefte Erkundung mit Maschinenbohrungen oder Schaffung eines befahrbaren Zugangs zur Hinterlassenschaft sowie Erkundung/Vermessung mittels Laserscan oder Bohrlochkamera;
- Anpassung des Erkundungsrasters an die Art, Lage und Abmessungen der zu erkundenden Objekte;

- laufende Anpassung des Erkundungsprogramms an zuvor erzielte Ergebnisse.

Das Ziel der Zustandserfassung ist die Ermittlung aller notwendigen Parameter zur Beurteilung der Standsicherheit und ggf. zur Ausarbeitung eines geeigneten Sicherungs- und Monitoringkonzeptes. Dazu gehören u. a. folgende Angaben:

- Karten/Risswerk mit Art und räumliche Anordnung der Grubenbaue (Ausbau, Überlagerung, Lage, Dimensionen) sowie deren Anbindung an umgebende Grubenbaue und Gebirge;
- standsicherheitsrelevante Merkmale (z. B. Verbrüche, Deformationen, Wasserführung, Versatz);
- Lagerstättenmodell (ggf. digitales 3D-Modell), geologisch-tektonische Verhältnisse und geotechnische Kennwerte.

Im Rahmen der Zustandserfassung ist auch der für die Geländeoberfläche relevante Einwirkungsbereich zu ermitteln bzw. festzulegen (ggf. über Webdienste zur Bodenbewegung).

Standsicherheitsbewertung

Grundsätzlich gelten die einschlägigen Baunormen, wie DIN EN 1997-1 und -2, DIN 4020 und DIN 1054. Darüber hinaus sind für die Bewertung der Standsicherheit der Tagesoberfläche zusätzlich die einschlägigen Regelwerke (insbesondere bei den Bergbehörden) sowie Veröffentlichungen (allgemeiner Stand der Technik und Entwicklung) zum Altbergbau zu beachten. Dies schließt ausdrücklich die bereits erschienenen Empfehlungen des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau“ ein.

Gerade bei Altbergbauproblematiken kann das tatsächliche Standsicherheitsniveau (oder ein Restrisiko) häufig aufgrund unzureichender Verfügbarkeit der erforderlichen Bewertungsparameter nicht sicher angegeben werden. Hier kann dann insbesondere das Prinzip des Monitorings angewandt werden bzw. es ist ein angepasstes Kontroll- und Monitoringprogramm und die Anwendung von Schwell- und Grenzwerten zu verwenden.

Sanierungskonzept

Das Sanierungskonzept muss so ausgerichtet sein, dass für den gefährdeten Bereich ein an die Nutzung der Geländeoberfläche angepasstes Sicherheitsniveau erreicht wird. Dabei sind nach Möglichkeit bereits im Rahmen der Zustandserfassung das für die Geländeoberfläche anzustrebende Sicherheitsniveau sowie die Art des Sanierungskonzeptes zu definieren.

Grundsätzlich kann die Sanierung durch eine Sicherung oder Verwahrung in Abhängigkeit vom angestrebten Sicherheitsniveau für die Geländeoberfläche erfolgen:

- Herstellung der dauerhaften Standsicherheit der Geländeoberfläche (z. B. bei Bebauung);
- Teilsicherung der Geländeoberfläche z. B. durch Geogitter zur Minimierung des Einwirkungspotenzials (z. B. bei Verkehrsflächen);
- Einzäunung des gefährdeten Bereichs zur Gewährleistung öffentlichen Sicherheit ohne Maßnahmen zur Sicherung der Tagesoberfläche.

Weiterhin sind folgende Arten von Sanierungskonzepten zu unterscheiden:

- Verwahrung der Grubenbaue (nachsorgefrei);
- Voll- oder Teilsicherungen;
- Bauliche Sicherungen nach dem Widerstands- oder Ausweichkonzept;
- Sicherungen am Bauwerk oder im Baugrund;
- erhaltende oder wiederherstellende Sicherungen.

Die konkreten Maßnahmen eines Sanierungskonzeptes sind an die örtlichen Verhältnisse anzupassen und mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

Bei der Aufstellung von Sanierungskonzepten muss immer auch der mögliche Einfluss auf die Wasserführung im Grubengebäude berücksichtigt werden. Ein im Grubengebäude vorhandenes funktionsfähiges Entwässerungssystem sollte möglichst nicht verändert werden. Sind Änderungen notwendig, sind die Einflüsse zu untersuchen, zu bewerten und zu monitoren.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Zustandserfassung kann das Sicherheitsniveau, gegebenenfalls auch z. B. aus Gründen der Verhältnismäßigkeit, angepasst werden. Es ist daher wichtig, dass der beauftragte Gutachter mögliche technische Varianten einer Sanierung aufzeigt und wirtschaftlich bewertet.

Bei der Planung von Eingriffen in ein Grubengebäude im Zuge der Zustandserfassung oder auch der Sanierung ist frühzeitig abzuklären, ob noch Eigentumsrechte an dem betroffenen Bergwerk verliehen sind. Dies geschieht am sichersten über die Bergbehörden, hier liegen die Berggrundbücher mit den notwendigen Informationen vor.

4.4 Anforderungen an bauausführende Firmen und Anforderungen an die Durchführung von Sanierungsarbeiten

Im Rahmen von nachbergbaulichen Untersuchungs-, Erkundungs- und Sanierungsarbeiten werden über Grundlagenrecherchen, Planungen und Leistungsbeschreibungen für die Ausschreibungsphase und die Randbedingungen für die Ausführung derartiger Arbeiten definiert. In der Ausschreibung wird die Rangfolge der zu Grunde liegenden vertraglichen Bedingungen für die Ausführung der Leistungen festgelegt. Bestandteil der Vertragsbedingungen sind in der Regel neben dem Leistungsverzeichnis weitere Dokumente, Gesetze und Regelwerke, wie das BGB, die VOB oder individuelle Einkaufsbedingungen bzw. Eigenerklärungen. Der vertragliche Inhalt wird zwischen den Parteien (Auftraggeber/Auftragnehmer) vor der Auftragsvergabe festgelegt. In den Vertragsbedingungen werden in der Regel bereits allgemeine Vorgaben an die bauausführenden Firmen in Bezug auf Compliance, Informationspflichten, Verantwortlichkeiten usw. formuliert.

Die konkreten technischen Anforderungen bezogen auf die Baumaßnahme werden in den einzelnen Punkten der Leistungsbeschreibung adressiert.

Allgemeine Baubeschreibung und Hinweise

- Aufgabenstellung;
- Beschreibung der Geologie und Tektonik/Untergrundverhältnisse/Grundwasserverhältnisse/Altlasten/Gasproblematik;

- Beschreibung der bergbaulichen Verhältnisse (bereits vorliegende Informationen über vorhandenen Altbergbau)/Darlegung möglicher anzutreffender Hohlräume/Rissunterlagen;
- Anforderungen zur Baustelleneinrichtung/Eigentümerermittlung/Betretungserlaubnis/Kampfmittelstellungnahme/Baustelleninfrastruktur (Wasser, Abwasser etc.);
- Anforderungen der Sorgfaltspflichten;
- Anforderungen der Beweissicherung;
- Anforderungen an die baubegleitende Vermessung/Schlussvermessung;
- Beschreibung der Versorgungs- und Entsorgungsleitungen;
- Einholen von Aufgraberlaubnissen/Schachtscheinen;
- Anzeigen der Arbeiten bei den zuständigen Behörden;
- Anforderungen an den Geräteeinsatz;
- Anforderungen an die zu verwendenden Baustoffe (Eignungsnachweise);
- Entsorgungshinweise.

Hinweise zur technischen Ausführung

Unabhängig von der Art der Aufwältigung, wie vertikal (Schacht) oder horizontal (Strecke/Stollen) Auffahrungen sind verschiedene Randbedingungen und Aufgaben zu beachten:

- Ermittlung der Möglichkeiten der vor-Ort Zwischenlagerung und Entsorgungswege;
- Probenahme und Laboruntersuchung der Aushubmassen sowie der zutretenden Wässer;
- Gebirgsmechanische Verhältnisse/Standsicherheit:
  - Streckenquerschnitt/Querschnittserweiterungen erforderlich (Nachriss),
  - Bewetterung,
  - Gasaustritt z. B. Erdgas/Grubengas, Schwefelwasserstoff, Kohlenstoffdioxid und die messtechnische Überwachung,
  - Radon (regelmäßige Messungen/Personendosimetrie);
- Festlegung des Erkundungsverfahrens (Bohrerkundung/Schürfe etc.);
- Festlegung der Erkundungstechnologie/technischen Parameter (Bohrdurchmesser/Neigung der Bohrung/Schurftiefe etc.);
- Dokumentation der Erkundungsergebnisse.

Aufwältigungstechnologie

- bei der Ausführung der technischen Anlagen ist ggf. die TAS (technische Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen) zu beachten; bis 50 m Teufe gilt die Vorschachtrichtlinie;
- bei Erfordernis Festlegung der Ausbauart (i. d. R. rückverankerter, bewehrter Spritzbeton);
- Sicherung untertägiger Hohlräume (z. B. Anker, konstruktive Abstützung):

  - temporäre Sicherung für die Dauer der Bauausführung,
  - Sicherung zur Gewährleistung einer langfristigen Stabilität;
- Sonderbewetterung;
- Einbautechnologie Versatz (hydraulisch, pneumatisch);
- Sicherung/Verwahrung der Zugänge.

Sicherungs- und Verwahrarbeiten

- Verfüll- und Injektionsleistungen einschließlich der Festlegung der Verfüll-/Injektionstechnik (Drucklos/Niederdruck/Injektion);
- Messtechnische Überwachung insbesondere die Überwachung der Infrastruktur, Gebäude etc.;
- Verwahrung der Hohlräume:
  - Festlegung der Verwahrtechnologie,
  - Festlegung des Verwahrhorizontes,
  - Festlegung zur Gestaltung der Widerlager/Verwahrkörper;
- Verschließen ohne vollständige Verwahrung:
  - Errichten eines Dammbauwerkes,
  - Wasserwege/Beachtung der Einleitgenehmigungen.

Arbeitssicherheit und Umweltschutz

- Einhaltung gesetzlicher Vorgaben wie z. B. Arbeitsschutz gemäß ArbStättV/DGUV Vorschriften und Regeln, Immissionsschutz gemäß BImSchV, Naturschutz (NatSchG) etc.;
- Arbeiten in Bereichen mit Ausgasungen nach TRGS 900 (z. B. Radon, Kohlendioxid), Explosionsschutz (z. B. Methan, Wasserstoff) Betrachtung durch Sachverständigen;
- Arbeiten in kontaminierten Bereichen (z. B. TRGS 524, TRGS 402);
- Anzeige der Arbeiten bei der zuständigen Überwachungsbehörde.

Allgemeine Bedingungen

Das Leistungsverzeichnis und das abgefragte Mengengerüst bilden die kalkulatorische und planerische Grundlage für die Angebotserstellung. Zusätzlich können weitere Nachweise/Dokumente für die Eignungsbewertung der Firma gefordert werden. Hinweise zu möglichen Nachweisen liefert die im Anhang II zusammengestellten „ZUSATZINFO zu Nachweisen“.

4.5 Anforderungen an Versatz- und Verfüllbaustoffe

Entscheidend für das Erreichen des Sanierungsziels und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ist neben der Wahl des geeigneten Versatzmaterials auch die Einbautechnologie.

4.5.1 Anforderungskriterien/Genehmigungsfähigkeit

Vor dem Einbau von Versatz- und Verfüllbaustoffen werden die Anforderungskriterien in Abhängigkeit des vorgesehenen Sanierungsziels unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten festgelegt. Die Genehmigungsfähigkeit ist vor dem Hintergrund von Schutzgütern zu bewerten (Wasser, Naturschutz, Denkmalschutz etc.).

Die Anforderungskriterien beinhalten die Festlegung der mechanischen Eigenschaften (bei hydraulisch abbindendem Versatz: Eigenschaften im nichtabgebundenen und im abgebundenen Zustand) wie Verdichtungsgrad, Druckfestigkeit, Fließverhalten, sowie die chemischen Eigenschaften wie Temperaturentwicklung, Widerstand gegen aggressive Wässer des Versatzes. Weiterhin werden die einzuhaltenden Anforderungen bzgl. der Umweltverträglichkeit formuliert.

4.5.2 Eignungsnachweis/Qualitätssicherungsplan

Eignungsnachweis

Der Eignungsnachweis ist der Nachweis der Einhaltung der Anforderungskriterien für den vorgesehenen Versatzstoff.

Der Eignungsnachweis wird vor Baubeginn durch den Ausführenden vorgelegt und durch den Planer geprüft und bestätigt. Ggf. werden weitere Eignungsversuche an dem Versatzmaterial durchgeführt.

Qualitätssicherungsplan

Der Qualitätssicherungsplan umfasst die Festlegung aller Maßnahmen, die für die Überwachung der Einhaltung der vorgegebenen Anforderungen an den Versatz und des Einbaus notwendig sind.

Festlegung für die Güteüberwachung während der Einbauphase:

- Anforderungen an die Eigenüberwachung mit Benennung der Prüfverfahren und des Prüfumfanges;
- Anforderungen an die Fremdüberwachung mit Benennung der Prüfverfahren und des Prüfumfangs;
- Beschreibung der Überwachung der Stoffströme;
- Festlegung des Umfanges von Rückstellproben einschließlich Lagerungsdauer und -ort;
- Beschreibung der aus dem Bauablauf erforderlichen Überwachung (z. B. Verfüllgeschwindigkeit, Überwachung Verfüllgrad, Suspensionsdichtemessungen, magnetisch-induktive Durchflussmessungen).

4.5.3 Überwachung – Monitoring

Zur Sicherstellung einer zweckmäßigen Erkundungs- und Sanierungsdurchführung (z. B. Versatz, Aufwältigung, gezielte Ableitung von Grubenwässern) ist ein Bauablaufplan – unter Berücksichtigung von Randbedingungen zur Leistungs- und Terminkontrolle – zu erstellen. Der

Bauablaufplan wird gemäß dem Erfüllungsstand und dem Bauablauf sowie den Erkenntniszuwächsen angepasst und fortgeschrieben. Er ist Gegenstand der Bauberatungen:

- Kontrolle der Sanierungsarbeiten, Qualitätssicherungsprogramm;
- Einhaltung der Arbeitsschutzrichtlinien;
- Kontrolle des Sicherheits- und Gesundheitsplanes des ausführenden Betriebes;
- Einhaltung der Sanierungstechnologien (z. B. Bohr- und Versatzverfahren);
- Einhaltung der vorgegebenen Örtlichkeiten (z. B. Versatz- und Bohransatzpunkte);
- Nivellement, Messmarken an Gebäuden, Rissmonitore für das Senkungsmonitoring u. a. während der Bohr- und Injektionsarbeiten;
- Kontrolle von Versatzaustritten (inkl. Dokumentation und Mengenerfassung);
- Ermittlung des Versatzgrades (theoretischer (rechnerische) Versatzgrad in %);
- Probenahme, Felduntersuchungen und Dokumentation:
  - Materialproben Herstellung Versatz,
  - Wiegescheine/Lieferscheine/Aufmaße,
  - Massenströme je Zeit (magnetisch-induktive Durchflussmessungen),
  - Druckverläufe (bei hydraulischem Versatz), Lotungen,
  - Geotechnische Untersuchungen Versatz (bei Zugänglichkeit, z. B. Lastplattenversuche),
  - Kontrollbohrungen für organoleptische Ansprache und ggf. für Probenahme und Laboruntersuchungen,
  - Nivellement, Risskontrollen;
- Laboruntersuchungen:
  - Chemische Untersuchungen (z. B. Deklarationsanalytik Versatzmaterial, Grubenwasseranalytik),
  - Geotechnische Untersuchungen (z. B. bodenmechanische Kennwerte).

4.6 Dokumentation und Monitoring

Das Markscheiderisch-Geotechnische Monitoring kann in allen Phasen eines Sanierungsprojektes von der Projektvorbereitung über die Ausführungsphase bis hin zur Nachsorge erforderlich sein.

4.6.1 Notwendigkeit des Monitorings

Mögliche Veranlassungen sind:

- Veränderungen an der Tagesoberfläche und im Untergrund, Gefährdungen und Umweltbeeinflussungen;
- Chancen-Risiken-Management;
- Qualitätssicherung von Baumaßnahmen und die Steuerung des Bauprozesses;
- Beweissicherung (ggf. in Verbindung mit einer Nullmessung/Status-Quo-Messung);

- Kommunikation mit und Beteiligung von Betroffenen und Behörden;
- Dokumentation des Betriebszustandes von Flächen und Bauwerken;
- Beobachtung des Stilllegungs- und Nachbetriebszustandes.

Ein Monitoringkonzept ist aufgabenspezifisch zu entwerfen und beinhaltet die folgenden Komponenten (Rudolph, Yin & Goerke-Mallet 2023):

- Definition des Ziels des Monitorings in Übereinstimmung mit übergeordneten Zielen (z. B. behördliche Vorgaben und gesetzliche Regelungen);
- Festlegung der notwendigen Monitoringroutinen, -zeiträume (Regelmäßigkeit und Dauer), der Flächengröße und des Minimums der räumlichen Auflösung, unter Berücksichtigung der räumlich-zeitlichen Variation des Monitoringziels;
- Auswahl geeigneter Monitoringverfahren, d. h. der Kombination aus Messungen und statistischen Auswerteverfahren, unter Berücksichtigung von behördlichen Vorgaben, unternehmerischen Standards, Richtlinien und (Handlungs-)Empfehlungen;
- Definition von Warn- und Alarmwerten zur Bewertung der Ergebnisse;
- Definition von Aktions- und Reaktionsprozessen zur Rückkopplung in der Bereitstellung von Georessourcen (z. B. zeitliche Verzögerung in der Grundwassersümpfung von Tagebauen zur Verhinderung weiterer Bodenbewegungen).

4.6.2 Notwendige Design-Informationen

Zur Erstellung von Monitoringkonzepten sind Anforderungen zu spezifizieren. Diese beinhalten vor allem:

- räumliche Ausdehnung des Objektes, dessen Geometrie und dessen Einwirkungsbereich (räumliche Auflösung und Abdeckung);
- zeitlicher Horizont des Projektes (zeitliche Auflösung und Abdeckung);
- Zielgrößen und Zielparameter (Messauflösung und -bereich);
- Qualitätsanforderungen der Erfassung der Zielparameter hinsichtlich Genauigkeit (Präzision), Zuverlässigkeit und Irrtumswahrscheinlichkeit.

Der Einwirkungsbereich bezieht sich auf den Bereich, der durch das zu sanierende Objekt in seinen Eigenschaften oder seiner Funktionalität negativ beeinflusst werden kann. Eine raum-zeitliche Abgrenzung ist zu Beginn des Projekts nicht immer möglich. Daher sind mehrere Phasen des Monitorings zu berücksichtigen und hierbei die Monitoringverfahren und Parameter anzupassen:

- Erkundungsphase, mit der Anwendung des initial festgelegten Monitorings über kurz- bis mittelfristige Zeiträume (Nullmessung);
- Erschließungsphase, mit der Auswertung der Ergebnisse der initialen Monitoringverfahren und Anpassung und/oder Erweiterung des Monitorings/der Monitoringparameter über mittelfristige Zeiträume;
- Produktionsphase, mit der optimalen Anwendung und Integration des Monitorings über mittel- bis langfristige Zeiträume;

- Abschlussphase, ggf. mit Reduktion des Monitorings auf ein notwendiges (genehmigungs-)rechtliches und technisches Minimum über langfristige Zeiträume und die finale Beendigung des Monitorings.

Die möglichen Zielgrößen umfassen für markscheiderisch-geotechnische Fragestellungen vor allem die Geometrie, Kinematik, Mechanik/Hydraulik, Geologie/Hydrogeologie, Metrologie, Geophysik, Umweltparameter und weitere anthropogene Einflussgrößen (z. B. andere Gewinnungsbetriebe, Grundwasserbewirtschaftung).

Als Zielparameter eignen sich in der Regel statistische Kennzahlen, z. B. der Mittelwert, die Varianz oder die Wahrscheinlichkeit der Über- oder Unterschreitung kritischer Grenzwerte.

Die Qualitätsanforderungen umfassen Genauigkeiten, Vertrauensintervalle oder Irrtumswahrscheinlichkeiten (Fehler 1. und 2. Art) im Fall des Änderungsmonitorings.

4.6.3 Messverfahren im Monitoring

Für Monitoring unterschiedliche Zielgrößen und Parameter stehen unterschiedliche Verfahren zu Verfügung:

Zielgröße (Parameter)	Auswahl möglicher Messverfahren im Monitoring
Geometrie (z. B. Abstand, Länge, Distanz, Koordinaten und deren Änderungen, Höhenunterschiede, Neigung)	Tachymetrie, GNSS, Laserscanning, Radarinterferometrie, Fotogrammmetrie, Geometrisches Nivellement, Messpegel, Hydrostatische Setzungsmessungen, Extensiometer, Fissurometer, Konvergenzmessgeräte, Lote, Inklinometer, Dehnungsmessstreifen, faseroptische Systeme
Mechanik (z. B. Dehnung, Kraft, Spannung und Druck, Volumenstrom)	Kraftmessdosen, Messanker, Dehnungsmesssysteme, hydraulische Spannungsgeber, Spannungsdruckgeber, faseroptische Systeme
Metrologie (z. B. Niederschlag, Temperatur, Luftdruck, Volumenströme)	Verschiedene Messsysteme zur Erfassung der Wasser-, Boden-, Bauwerkstemperaturen, Bodenfeuchte, magnetisch-induktive Durchflussmessung, Ultraschalldurchflussmessgeräte, Beprobungen, Klimastationen
Geophysik (z. B. elektrischer Widerstand, Schwereanomalien)	(Mikro-)Seismik, Geoelektrik, Elektromagnetik, Georadar, Gravimetrie, Magnetik
Grund-/Bergwasser	Wasserstandsmessungen, Durchflussmessungen, Analysen der Wasserchemie

4.6.4 Auswerteverfahren im Monitoring

Die Qualitätsbeurteilung der Monitoringverfahren erfolgt in der Regel hinsichtlich der Kriterien der raum-zeitlichen Auflösung, der Genauigkeit, Richtigkeit und Präzision.

Die Auflösung beschreibt dabei den kleinsten Zählbereich des Messverfahrens. Die Präzision ist ein Maß für die Streuung der Messwerte (zufälliges Messrauschen) um einen Mittelwert und die Richtigkeit ein Maß für die systematische Abweichung der Messwerte von einem wahren Wert. Die Genauigkeit betrachtet das Zusammenspiel zwischen zufälliger und systematischer Messunsicherheit.

Grundlage des mess- und auswertemethodischen Ansatzes des Monitoringkonzeptes bildet die Präzisions- und Richtigkeitsindizes der eingesetzten Monitoringverfahren. Unter Nutzung dieser und der statistischen Verfahren zur Messunsicherheitsanalyse nach GUM (JCGM 2008) können:

- im Sinne eines Voranschlages verschiedene Monitoringkonzepte verglichen und optimiert werden und
- nach der Messung die Messungsergebnisse statistisch analysiert werden.

Dieser Prozess beinhaltet im Wesentlichen wahrscheinlichkeitstheoretische und statistische Betrachtungen. Auf die Darstellung von Details wird hier verzichtet und auf die angegebenen Quellen verwiesen (JCGM 2008, DGGT AK 2.10 2022).

4.6.5 Dokumentation

Die im Rahmen von Monitoringprojekten erhobenen Daten, Berechnungs- und Ergebnisprotokolle sollten nach den Grundsätzen der Nachvollziehbarkeit, Transparenz, Richtigkeit und Eindeutigkeit archiviert und notwendigen Sachverständigen erstellt und ggf. der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Es empfiehlt sich eine Zusammenstellung der Daten in einem (webbasierten) GIS, welches als Informations- und Austauschplattform dient (ggf. auch für einen öffentlichen Beteiligungsprozess). Der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ schlägt folgende Mustergliederung eines Monitoringberichtes vor:

- Veranlassung;
- Zielsetzung;
- Ausgangssituation (inkl. Nullmessung, Status-Quo-Messung) und historische Situation sowie verfügbare, relevante offene Geodaten;
- Anforderungen an das Monitoring;
- Darstellung des Monitoringkonzeptes und der Zeitdauer;
- Beschreibung des Monitoringverfahrens und der Messmethodik/des Messverfahrens;
- Beschreibung der Datenerfassung, -speicherung und -weiterverarbeitungsverfahren und Auswerteverfahren, Darstellung der Methode der zusammenfassenden Bewertung;
- Darstellung der einzelnen Monitoringergebnisse über die Zeit und ggf. Vergleich mit Prognosewerten sowie Darstellung und Interpretation von Veränderungen;
- Erläuterungen zu Optimierungen des Monitoringkonzeptes;
- zusammenfassende Bewertung der Objekt- und Flächenveränderungen;
- Schlussfolgerungen.

4.7 Anforderungen an den Abschlussbericht von Erkundungs- und Sanierungsarbeiten

Die Abschlussdokumentation bildet den Nachweis von durchgeführten Erkundungs- und Sanierungsarbeiten sowie die Grundlage für zukünftige Abschätzungen von Auswirkungen auf die Tagesoberfläche sowie von Risiko- und Gefahrenbewertungen. Auch werden mit der Abschlussdokumentation die erlangten Kenntnisse zu den altbergbaulichen Anlagen

dokumentiert, archiviert sowie langfristig bewahrt und verfügbar gehalten. Hauptbestandteil der Abschlussdokumentation ist neben der Beschreibung und grafischen Darstellung die gutachterliche Bewertung der ausgeführten Maßnahme.

Eine Abschlussdokumentation ist grundsätzlich bei allen Maßnahmen an stillgelegten Grubenbauen bzw. unterirdischen Hohlräumen sowie Halden und Restlöchern anzufertigen und der zuständigen Behörde zu übergeben.

Bei einfachen Arbeiten, die keinen signifikanten Einfluss auf die altbergbauliche Situation haben, kann in Abstimmung mit der Bergbehörde die Abschlussdokumentation auf eine vereinfachte Form der Ergebnisdarstellung reduziert werden.

Die Anforderungen zur Erarbeitung des Abschlussberichtes ergeben sich aus der Mustergliederung (s. Anhang I). Die Stichpunkte der Aufzählung sind Merkpositionen, die anhand der konkreten Maßnahmendurchführung zu verifizieren und dann textlich zu untersetzen sind. Notwendige Risswerknachtragungen sind durch einen Markscheider zu prüfen und zu bestätigen. Die im Anhang I unterbreitete Mustergliederung ist nicht abschließend und kann bezüglich des jeweiligen Vorgangs ergänzt oder angepasst werden.

5 Ausgewählte Quellen

DGGT AK 4.6 (2004): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ – Veröffentlichung 4. Altbergbaukolloquium 04. bis 06.11.2004 in Leoben, Anhang, S. 1–23, Verlag Glückauf Essen.

DGGT AK 4.6 (2020): Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung, Bewertung und Sanierung von altbergbaulichen Anlagen – Empfehlungen des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau“

DGGT AK 2.10 (2022): Empfehlungen des Arbeitskreises 2.10 – Geomesstechnik der DGGT

TAS: Technische Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen – Stand: Dez. 2005

BVOS – Bergverordnungen für Schacht- und Schrägförderanlagen der Länder. Z. B. Stand: 04.12.2033 (NRW), 15.10.2003 (Niedersachsen)

DIN 1054 – Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Stand: Dez. 2010

DIN 4020 – Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Stand: Dez. 2010

DIN 4118: Fördergerüste und Fördertürme für den Bergbau – Einwirkungen, Berechnungs- und Konstruktionsgrundlagen – Stand: Dez. 2018

DIN EN ISO 9001 (2015) – Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen

DIN EN 1997 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik; Teil 1: Allgemeine Regeln und Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds – Stand: 2010

Anhang I – MUSTER-Inhaltsverzeichnis Abschlussbericht

I. Inhaltsverzeichnis

1. **Veranlassung und Ziel der Maßnahme**
   - Anlass des Tätigwerdens
   - Kurzbeschreibung des Vorgangs
   - Träger der Maßnahme und Beteiligte
2. **Ausgangssituation/Grundlagenkapitel**
   - Darstellung der Lage und Morphologie des Bearbeitungsbereichs sowie Ortsangaben
   - Darstellung der Regionalgeologie, der Beschreibung der geographischen Gegebenheiten
   - Beschreibung der geologischen Gegebenheiten
   - Deckgebirgs- und Nebengesteinsverhältnisse, der Lagerstätte, der Hydrogeologie sowie der Tektonik (Störungen)
   - Beschreibung der geotechnischen und hydraulischen Gegebenheiten
   - Darstellung der Deckgebirgsbeschaffenheit, der geotechnischen und hydraulischen Verhältnisse
   - Beschreibung der bergbaulichen und -schadenkundlichen Gegebenheiten mit Darstellung:
     - bergbauhistorischer Abriss,
     - Berechtsamsverhältnisse,
     - Auffahrungs-, Ausbau- und ggf. Versatzverhältnisse,
     - Zustand des Objektes sowie der ggf. dazugehörigen bergbaulichen Tagesöffnung vor der Maßnahmendurchführung und der vorläufigen Risiko-/Gefährdungsbeurteilung
   - Beschreibung der verwendeten Unterlagen:
     - Archivalien,
     - Grubenbilder,
     - Berechtsamsakten,
     - historischen Unterlagen etc.
3. **Erkundungs- und Sanierungskonzept**
   - Beschreibung des vorgesehenen Programms der Risiko-/Gefahrenerforschung oder der geplanten Maßnahme zur Risiko-/Gefahrenabwehr
   - Zielstellung und Vorgehen zur Zielerreichung
4. **Dokumentation der durchgeführten Erkundungs- u./od. Sanierungsarbeiten**
   - bauzeitlicher Maßnahmenüberblick und -ablauf
   - Beweissicherung
   - Art und Umfang der Erkundungsarbeiten

- Art und Umfang der Aufwältigungsarbeiten
- Art und Umfang der Sanierungsarbeiten
- Darstellung und Auswertung von Massenbilanzen
- Abweichungen von der vorgesehenen Maßnahmendurchführung
- Wiederherstellung der Tagesoberfläche
- Besonderheiten (z. B. Versatzaustritte, Tagesbrüche etc.)

5. **Qualitätsüberwachung und -sicherung**
   - Kontroll- bzw. Nachweisbohrungen
   - verwendete Baustoffe
   - Baustoffprüfungen
6. **Vermessungstechnische Aufnahme und Überwachungsprogramm**
   - Lage- bzw. Höhenmessungen oder Rissmonitoring
   - gutachterliche Überprüfung
7. **Geotechnisch-markscheiderische Einschätzung zur Nachnutzung des sanierten Bereiches**
   - Ergebnis der Maßnahme
   - Markscheiderische Dokumentation (verwendete Festpunkte, Bezugssysteme (Lage, Höhe), Interpretation der Ergebnisse inkl. Einschätzung Genauigkeit des Risswerkes (Fehlbohrrate, Ursachen))
   - Berechnung des Versatzfaktors
   - Bewertung der dauerhaften Standsicherheit der Tagesoberfläche
   - Abgrenzung Sanierungsumfang
   - ggf. Angaben über den Verschluss von Tagesöffnungen
   - Hinweise zur Folgenutzung (ggf. Nutzungseinschränkungen) und
   - Risikoneubewertung inkl. Bewertung des Restrisikos
   - Kontroll- und Wartungsregime
8. **Zusammenfassung**

II. Abbildungsverzeichnis

III. Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Topografische Übersichtskarte

Anlage 2: Lagepläne entsprechend Blattschnitt (mit graphischer Darstellung des betroffenen Einwirkungsbereichs u. ggf. Risikobereiche)

Anlage 3: Detaillagepläne/Darstellung im Risswerk: Versatz, Risikobereich inkl. Risikoklasse nach der Maßnahme; Katastersituation und Besonderheiten

Anlage 4: Schnitte mit Darstellung der technischen Maßnahmen

Anlage 5: Fotodokumentation zur Maßnahme (objektbezogen) zur Beweissicherung (Ist-Situation Flächen, Besonderheiten (z. B. geotechn. Ereignisse, Versatzaustritte, ggf. Risse an Gebäuden infolge Sanierungsmaßnahme, End-Zustand Flächen))

Anlage 6: Standsicherheitsnachweis oder statische Berechnungen bzw. Bohr- und Sondierverzeichnisse (inkl. Nachweis ordnungsgemäße Rückbau von Ausbauten und Bohrlochrückverfüllung)

Anlage 7: Prüfberichte, Qualitätsnachweise, Produktdatenblätter sowie Probenahme- und Laborprotokolle

Anlage 8: Abnahmeniederschrift

Anlage 9: Vermessungsprotokolle einschließlich Skizzen

IV. Literaturverzeichnis/verwendete Unterlagen

V. Abkürzungen

Anhang II – ZUSATZINFO zu Nachweisen

Hinweis: Die Vorschläge sind projektbezogen anzupassen.

Nachweise der wirtschaftlichen und finanziellen Leistungsfähigkeit

- Auszug aus dem Berufs- oder Handelsregister, nicht älter als 6 Monate;
- aktuelle Darstellung der Unternehmensstruktur sowie der gesellschaftsrechtlichen Verflechtungen und Beteiligungen;
- Bescheinigung der Anmeldung bei der zuständigen Berufsgenossenschaft;
- Erklärungen über (Nicht-)Vorhandensein von Insolvenz- oder ähnlichen Verfahren;
- Erklärungen über (Nicht-)Vorhandensein von Einträgen im Gewerbezentralregister;
- Zahlungsplan;
- Zertifikate z. B. Qualitätsmanagement (ISO 9001), Arbeitsschutz (ISO 45001, SCC-Zertifizierung), Umweltschutz (ISO 14001).

Weitere Erklärungen, dass das Ingenieurbüro seinen unternehmerischen Verpflichtungen nachkommt, z. B. Zahlung von Sozialbeiträgen, Zahlung von Steuern, Gesamtumsatz des Unternehmens, Bankauskunft, Betriebshaftpflicht, können eingefordert werden.

Nachweise der technischen und beruflichen Leistungsfähigkeit

- Referenzen aus der jüngeren Vergangenheit, z. B. der zurückliegenden 3 Jahre, mit vergleichbarer Größenordnung und Aufgabenstellung mit Kurzbeschreibung der erbrachten und abgeschlossenen Leistungen des Bewerbers; Erfolgs-/Pressemeldungen des Auftraggebers (z. B. Webseite, öffentliche Medien);
- Zusicherung des Bewerbers, dass er die geforderten Leistungen erbringen kann; Angabe der im Vergabefall am Projekt mitarbeitenden Personen des Bewerbers mit Stellung im Projekt: Name, Lebenslauf und Referenzen:
  - Nachweis der Personalkapazität,
  - Schulungsnachweise Personal (z. B. Weiterbildungszertifikate, Bohrgeräteschulung);
- Nachweise der vorgesehenen Geräte und Maschinen;
- Eignungsnachweise Baustoffe (Umweltverträglichkeit, mechanische Eigenschaften, Verfügbarkeit), ggf. Umgangsgenehmigung für radioaktive Stoffe;
- Eine Eigenerklärung, dass der Bewerber über ein Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO 9001 oder gleichwertig verfügt, kann möglicherweise auch gefordert werden;
- Bauablaufplan/Zeitplan.