

EMPFEHLUNGEN ZUM MONITORING IM ALTBERGBAU

Deutscher Markscheider-Verein e.V.,
Arbeitskreis Monitoring im Altbergbau, Herne 2014
Stand: 10.09.2014
Ausgabe: 20.12.2014

*Veröffentlicht auf dem 14. Altbergbaukolloquium
(06.-08.11.2014) in Gelsenkirchen*

Copyright:
Deutscher Markscheider-Verein e.V.
Shamrockring 1
44623 Herne, GERMANY
Tel. +49 2323 15-4660
E-Mail: geschaeftsstelle@dmv-ev.de

Empfehlung

„Monitoring im Altbergbau“

Zusammenfassung

Monitoring im Altbergbau dient der Risikominderung hinsichtlich Schadensereignissen im Zusammenhang mit altbergbaulichen Objekten selbst, sowie vom Altbergbau beeinflussten Objekten und deren Umfeld. Unter dem Dach des DMV e. V. wurde, ausgehend von den bereits vorliegenden vier Empfehlungen des Arbeitskreises „Altbergbau“ der DGGT e. V., die in Kooperation mit dem DMV e. V. entstanden, eine Empfehlung zum Monitoring im Altbergbau erarbeitet. In der Empfehlung wurden Grundlagen des Monitoring, Monitoring-Parameter und –Verfahren, bewährte Methodiken des Monitoring sowie Formen der Ergebnisdokumentation zusammengestellt. Die vorliegende Empfehlung soll vor allem Ingenieurbüros und Fachfirmen aber auch Behörden bei der Auswahl, Planung, Durchführung und Dokumentation von Monitoring-Maßnahmen im Altbergbau unterstützen.

Vorbemerkung

Der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ der DGGT e. V. in Kooperation mit dem DMV e. V. erarbeitet zu verschiedenen Schwerpunkten des Altbergbaus Empfehlungen. Sie sind Anleitungen zum einheitlichen und effizienten ingenieur- und bergtechnischen Umgang mit den schadensrelevanten, altbergbaulichen Hinterlassenschaften.

Dabei sind die ingenieur- und bergtechnischen Maßnahmen insbesondere auf die sicherheitsrelevanten Zielstellungen ausgerichtet. Die Einbeziehung eines ziel- und zweckorientierten Monitorings ist dabei in allen Phasen der Bearbeitung altbergbaulicher Objekte zu prüfen.

Die vorliegende Empfehlung zum Monitoring im Altbergbau behandelt die in diesem Zusammenhang mit anfallenden differenzierten und vielschichtigen Aufgabenstellungen. Bei der Anwendung der vorliegenden Empfehlung bilden die bereits vorliegenden vier Empfehlungen eine wichtige Bezugsbasis.

1. Monitoring im Altbergbau – Aufgaben und Zielstellung

Monitoring im Altbergbau ist die geplante und wiederkehrende Überwachung von Objekten und deren Erscheinungsbildern mit dem Ziel, ihre Veränderungen zu kontrollieren und zu dokumentieren. Gegebenenfalls können daraus geeignete Maßnahmen zur Risikominderung abgeleitet werden. Unter dem Objektbegriff sind in diesem Zusammenhang altbergbauliche Objekte selbst, sowie auch vom Altbergbau beeinflusste Objekte und deren Umfeld zu verstehen (Quelle: 4. Empfehlung des AK 4.6).

Der Problembereich der Risikoanalyse und –bewertung wird in der 1. Empfehlung des AK 4.6 behandelt. Weiterhin wird in der 1. - 4. Empfehlung des AK 4.6 auf entsprechende Monitoringaufgaben für Altbergbauobjekte hingewiesen.

2. Wechselbeziehungen Risiko und Monitoring

Ist durch bergtechnische und/oder bautechnische Maßnahmen sowie auch Absperrungen das Risiko von Schadensereignissen an über- und untertägigen Altbergbauobjekten nicht im vertretbaren Umfang auszuschließen, kann in vielen Fällen durch Monitoring eine Minderung des Restrisikos erreicht werden.

Dabei ist auch zu beachten, dass sich durch zeitabhängige Änderungen von Einwirkungen und Beanspruchungen auch Unterschiede von Einwirkungsparametern verändern können. Beispielsweise können sich im Laufe der Zeit geodynamische Prozesse auswirken, sich die Wasserstände ändern oder aber auch Nutzungsänderungen für die Tagesoberfläche eintreten.

Zur Überwachung von Zustandsänderungen können u.a. folgende Monitoring-Parameter geeignet sein:

- Boden-, Böschungs- und Bauteilbewegungen
- Deformationen und Rissbildungen
- Drücke, Spannungen und Lasten
- Herdlagen und Energiestärken von seismischen Ereignissen bzw. von Erschütterungen
- Wasserdrücke und Pegelstände
- Gas- und Schadstoffkonzentrationen
- Temperaturen

Dem Monitoring ist ein Überwachungs- und Sicherheitskonzept zu Grunde zu legen, in dem Angaben zur Art, den zeitlichen Abständen und der Gesamtdauer der Überwachung sowie zu Maßnahmen beim Erkennen von kritischen Zuständen (z.B. Überschreitung von Schwell- bzw. Grenzwerten) enthalten sind.

3. Grundlagen des Monitorings

Da es bezüglich des Monitorings im Altbergbau wegen der Individualität der einzelnen Altbergbauobjekte bisher keine Rechtsvorschriften gibt, ist der Stand der Technik maßgebend, der sich z.B. aus den Empfehlungen des AK 4.6 ergibt.

Für Fälle, die noch der Bergaufsicht unterliegen, kann ein Monitoring im Zusammenhang mit dem entsprechenden Abschlussbetriebsplan für den Zeitraum bis zur Entlassung aus der Bergaufsicht verlangt werden, z.B. zur Überwachung der durchgeführten Sicherungsmaßnahme (so z.B. bei der Beobachtung von Wasseraustritten aus Grubenbauen nach deren Sanierung).

Bei Vorliegen einer konkreten Gefahr sind entsprechende Maßnahmen zu deren Abwehr vorzunehmen. Die Möglichkeit ein Monitoring anzuordnen, besteht in diesem Fall zur Überwachung der Sicherungsmaßnahme selbst. Nähere Informationen finden sich in den vier vorliegenden Empfehlungen des AK 4.6.

Bei der Umsetzung von Monitoring-Maßnahmen können beispielsweise die aufgeführten Normen herangezogen werden:

- DIN 1055-2: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen
- DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung
- DIN 4030-1: 2008-06 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
- DIN 4030-2: 2008-06 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben
- DIN 4107: Setzungsbeobachtungen an entstehenden und fertigen Bauwerken
- DIN 4107-1: Geotechnische Messungen – Teil 1: Grundlagen
- DIN 4107-2: Geotechnische Messungen – Teil 2: Extensometer- und Konvergenzmessungen
- DIN 4107-3: Geotechnische Messungen – Teil 3: Inklinometer- und Deflektometermessungen
- DIN 4107-4: Geotechnische Messungen – Teil 4: Druckkissenmessungen
- DIN 4107-5: Geotechnische Messungen – Teil 5: Kraftmessungen in geotechnischen Bauwerksteilen
- DIN 18126: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
- DIN 18130-1: Baugrund - Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts
- DIN 18710-4: Ingenieurvermessung – Teil 4: Überwachung
- DIN 19700: Stauanlagen/Talsperren (Abschn. 8: Bauwerksüberwachung)
- DIN EN ISO 22475-1: 2006 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probeentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
- DIN 45669-2: Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren

4. Monitoring - Verfahren und Sensoren

Ziel der Nutzung verschiedener Verfahren und Sensoren ist die systematische Erfassung und Speicherung derjenigen Parameterwerte des Monitoring-Objektes zum Zweck der nachgeschalteten Auswertung, welche für das Erreichen der definierten Monitoringziele benötigt werden. Der Fokus der nachfolgenden Betrachtungen liegt dabei auf der Erfassung.

Für die Erfassung der Monitoring-Parameter ist einerseits nach Monitoringverfahren und andererseits nach den dafür verwendeten Sensoren zu unterscheiden.

Grundsätzlich ist eine Trennung in

- manuelle Monitoringverfahren und
- automatisierte Monitoringverfahren

zur Objektüberwachung und Parametererfassung gegeben. Bei manuellen Verfahren erfolgt die Erfassung von Parametern durch den Beobachter, ggf. unter Nutzung von Messinstrumenten, von Hand (im Sinne der Bedeutung des Begriffes „manuell“). Im Gegensatz dazu ist bei automatisierten Verfahren nach der Einrichtung des Systems zur Objektüberwachung für die Erfassung von Parametern keine Aktion des Beobachters notwendig.

Darüber hinaus ist eine weitere Unterteilung in

- quasikontinuierliche oder kontinuierliche Monitoringverfahren und
- nichtkontinuierliche Monitoringverfahren möglich. Unterscheidungskriterium ist hier die entweder ununterbrochene Funktion (d.h. Parametererfassung) oder die zeitlich diskrete Funktion des Systems zur Objektüberwachung. Die zeitlich diskrete Funktion von quasikontinuierlichen Verfahren, allerdings mit vernachlässigbar kleinem Intervall zwischen den Erfassungszeitpunkten, lässt die Zuordnung zur Kategorie der kontinuierlichen Verfahren zu.

Während automatisierte Monitoringverfahren sowohl (quasi-)kontinuierlich als auch nichtkontinuierlich genutzt werden können, ist für manuelle Monitoringverfahren üblicherweise nur eine nichtkontinuierliche Nutzung möglich.

In Abhängigkeit vom zu erfassenden Parameter und genutzten Sensor sind

- berührungslose Verfahren und
- taktile Verfahren (mit Kontakt zum Objekt)

anwendbar.

Neben einfachen Sichtkontrollen sind für das Monitoring im Allgemeinen Sensoren der geodätischen Vermessung, der Fernerkundung, der Geomechanik und der Geohydraulik sowie der Geophysik einsetzbar. Weiterhin können auch Sensoren zur Bestimmung z.B. von Massen (Mengen eingebrachten Versatzes) oder chemischen Parametern, z.B. der Atmosphäre oder von Wässern zum Einsatz kommen.

Im Bereich der geodätischen Vermessung sind dabei Instrumente der Winkel-, Strecken- und Höhenmessung (Totalstation, Nivellier) in Anwendung, welche optisch manuell genutzt oder mit elektrooptischen Sensoren automatisiert eingesetzt werden können. Weitere, für das manuelle Monitoring nutzbare Messmittel sind z.B. Messbänder oder fest angebrachte Messmarken. Darüber hinaus sind auch GPS-Sensoren für den manuellen sowie automatisierten Einsatz nutzbar. Während letztere auch für eine (quasi-)kontinuierliche Datenerfassung geeignet sind, kommen die übrigen genannten Sensoren und Messmittel üblicherweise für die nichtkontinuierliche Datenerfassung in Frage.

Im Bereich der Fernerkundung kommen terrestrisch stationäre oder in Fluggeräten bzw. Satelliten montierte Sensoren wie Messkameras, Laserscanner oder Radarsensoren zum Einsatz, welche das elektromagnetische Spektrum zu weiten Teilen abdecken. Erfasst werden hierbei Lageinformationen zu diskreten bzw. konkreten Objektpunkten im Raum, welche von den Sensoren entweder manuell (z.B. photogrammetrische Aufnahmen) oder automatisiert (z.B. satellitengestützter Scan) aufgezeichnet werden. Die Datenerfassung erfolgt dabei nichtkontinuierlich.

Im Bereich der Geomechanik sind Messwertaufnehmer für Drücke und mechanische Spannungen, Dehnungen und Wege, Setzung, Senkung und Hebung, Temperatur und weitere Messgrößen im Einsatz. Diese können bspw. in Bohrungen als fest installierte, automatisch betriebene Sensoren sowohl kontinuierlich als auch nichtkontinuierlich Daten aufzeichnen. Als mobile Sensoren können sie auch für die manuelle, nicht kontinuierliche Erfassung von Messwerten genutzt werden. Gleiches gilt für die Geohydraulik, wo Wasserdrücke und Pegelstände gemessen werden.

Im Bereich der Geophysik können neben seismologischen Sensoren auch Sensoren der Geoelektrik, der Geomagnetik oder der Gravimetrie zur Anwendung kommen.

Die drei letztgenannten Sensorfamilien werden nichtkontinuierlich eingesetzt und sind in erster Linie bei der Erkundung im Einsatz. Demgegenüber sind seismologische Sensoren für die kontinuierliche Datenerfassung im Rahmen eines Monitoring einsetzbar. Im weiteren Sinne sind hier auch die Sensoren zur kontinuierlichen Bestimmung von physikalischen oder chemischen Parametern der Atmosphäre sowie zur nichtkontinuierlichen Analyse von Luft- und Wasserproben zu nennen.

Im Bereich des Monitoring von Verwahrungsmaßnahmen kommen Sensoren zur Mengemessung, wie z.B. Waagen, zum Einsatz. Diese dienen bspw. der Ermittlung der eingebrachten Mengen von Versatzmaterial und können sowohl kontinuierlich als auch nichtkontinuierlich arbeiten.

5. Monitoring-Methodik

5.1 Grundlagen

Als erster Schritt einer methodischen Überwachung kann die regelmäßige visuelle und auditive Kontrolle dienen. Im Weiteren können Überwachungsmessungen in Anbetracht des jeweiligen Risikos erforderlich sein, u.a. bei:

- Hängen, deren Standsicherheit nicht hinreichend beurteilt werden kann oder bereits als kritisch eingestuft werden muss und bei denen ein Versagen zu Personen- oder nennenswerten Sachschäden führen kann.
- Böschungen bzw. (Stütz-)Bauwerken, deren Standsicherheit bzw. Gebrauchstauglichkeit im Nutzungszeitraum mit Baugrunduntersuchungen und technischen Nachweisen allein nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit nachgewiesen werden kann und bei denen ein Versagen ebenfalls zu den genannten Schäden führen kann.
- Ehemaligen Tageszugängen und oberflächennahem Abbau, deren Standsicherheit nicht hinreichend beurteilt werden kann oder als unzureichend eingestuft werden muss und bei denen ein Versagen zu Personen- oder nennenswerten Sachschäden führen kann.
- Flutungsspiegeln, deren Niveauänderung Auswirkungen auf Gebirge und Hohlräume sowie Geländeformen haben kann, welche Schäden nach sich ziehen können.
- Deckgebirge, dessen Stabilität nicht hinreichend beurteilt werden kann bzw. bereits als kritisch eingestuft werden muss, und bei denen ein Versagen zu den genannten Schäden führen kann.
- Bruchtrichtern, -spalten, deren Standsicherheit nicht hinreichend beurteilt werden kann und bei denen es im Zuge eines andauernden oder reaktivierten Bruchgeschehens zu den genannten Schäden führen kann.
- Bergbaulich verursachten Austritten von Gasen, Wasser und Fliessanden die zu Beeinträchtigungen oder Schäden an Schutzgütern führen können.

Ziele der Messungen und/oder Beobachtungen sind somit:

- Verfolgen von Zustandsänderungen zur Risikoabschätzung, Erkennen von möglichen Gefahrenzuständen, so dass Sanierungsmaßnahmen rechtzeitig ergriffen werden können
- Verifizierung des geotechnischen Modells im Zusammenhang mit der Klärung von Bewegungsursachen – dies ggf. auch dort, wo keine direkte Gefährdung herrscht, aber Ergebnisse zu erwarten sind, die für andere, gefährdete Stellen eine Übertragbarkeit erwarten lassen
- Kontrolle und Beurteilung der Auswirkung von durchgeführten Sanierungsmaßnahmen

Die Auswahl des Verfahrens und die Konfiguration der Mess- und Überwachungssysteme setzen geotechnische Modellvorstellungen voraus.

5.2 Mess- bzw. Überwachungsprogramm

Ein Mess- bzw. Überwachungsprogramm sollte sich auf die folgenden wesentlichsten Punkte beziehen:

- a. Ziel der Messungen mit der Begründung der verwendeten Messmethoden und Messeinrichtungen; dabei sind der notwendige räumliche Mess- und Wertebereich sowie die erforderliche Messgenauigkeit darzulegen,
- b. Zugrunde gelegte geotechnische Modellvorstellungen: Annahme einer wahrscheinlichen Kinematik; Größenordnung und Richtung (horizontal/vertikal) der zu erwartenden Bewegungen; Berücksichtigung von weiteren geogenen und anthropogenen Einflüsse (z.B. Grundwasser, Seismizität) und damit verbundenen geodynamischen Prozessen,
- c. Mess-, Auswertungs- und Interpretations- bzw. Bewertungs-Rhythmus,
- d. Augenscheinliche Erfassung von Veränderungen,
- e. Einzuhaltende Schwellwerte bzw. Grenzwerte

Zur Interpretation der Messergebnisse von Überwachungssystemen ist nicht nur das jeweilige Messergebnis wichtig, sondern fallweise auch dessen Änderung zum Ausgangs- bzw. Bezugswert, besser noch dessen Änderungsrate zu den Vormessungen.

Die erreichte Messgenauigkeit muss eine eindeutige Interpretation zulassen. Die Beziehung zwischen zulässiger Toleranz der Mess- bzw. Bewegungsgrößen und der Messgenauigkeit muss bereits in der Planungsphase eindeutig geklärt sein. Dabei sind nicht nur die innere Genauigkeit des Messverfahrens, sondern auch die äußeren Einflüsse aus Anschluss- und Orientierungsmessungen zu berücksichtigen.

5.3 Zusammenstellung über Erfassungs-, Mess- und Überwachungssysteme

Zur Ermittlung von Veränderungen an zu beobachtenden Objekten kann eine Vielzahl von Erfassungs-, Mess- und Überwachungssystemen bzw. –verfahren eingesetzt werden.

Den markscheiderisch/geodätischen Verfahren (im Folgenden nur noch als geodätische Verfahren bezeichnet) eigen ist die Bestimmung von einsehbaren Messpunkten nach Lage und Höhe. Dies kann durch die Messungen mit den klassischen Verfahren der Lage- und Höhenbestimmung, mit photogrammetrischen Verfahren, Laserscanning-Verfahren oder durch satellitengeodätische Verfahren erfolgen. Einige Verfahren lassen sich auch weitgehend kontinuierlich bzw. quasikontinuierlich realisieren, z.B. durch automatische Messstationen.

Die Einsehbarkeit, Erreichbarkeit und Zuverlässigkeit der Messpunkte stellt eine systembedingte und grundlegende Einschränkung der geodätischen Verfahren dar.

Neben den geodätischen Verfahren werden die geotechnischen Verfahren eingesetzt. Unter die geotechnischen Verfahren sind all jene Überwachungen einzureihen, welche mit Hilfe mechanischer oder elektronischer Messwertgeber Änderungen der Länge oder bestimmter Positionswinkel der Verbindungsgeraden zweier Messpunkte erfassen. Ebenfalls in diese Gruppe gehören Spannungsmessungen. Als Hauptvorteile der geotechnischen Messungen können aufgeführt werden:

- sehr hohe Genauigkeit (1/100 bis 1/10 mm),
- Bewegungen im Untergrund erfassbar,
- kontinuierliche Überwachung möglich.

Als Nachteile der geotechnischen Messverfahren gelten:

- fast immer nur relative Änderungen bestimmbar,
- häufige Kalibrierungen zur Erfassung des Ganges nötig,
- starke Abhängigkeit von äußeren Einflüssen.

Ergänzend zu den geodätischen und geotechnischen Verfahren finden geophysikalische Verfahren unter Nutzung von Sensoren zur Erfassung seismischer Ereignisse oder physikalischer bzw. chemischer Parameter von z.B. Wasser oder Luft Anwendung. Vorteile der geophysikalischen Verfahren sind:

- Flächenhafter Einsatz möglich,
- Quasikontinuierliche Überwachung möglich.

Als Nachteil der geophysikalischen Verfahren ist anzusehen:

- Ggf. weitere Verfahren zur Verifizierung bzw. Interpretation des Messergebnisses nötig.

6. Ergebnisdokumentation / Protokolle

Die im Rahmen von Monitoringprojekten erhobenen Informationen und Dokumentationen bzw. erfassten Ergebnisse audiovisueller Kontrollen sowie Messergebnisse und Ergebnisberichte sollten mit geeigneten GIS-Softwarelösungen aufbereitet werden und einen auf das Monitoring-Projekt zugeschnittenen Daten- und Informationsaustausch für die Erarbeitung von Berichten, Tabellen, Grafiken, Auswertungsblätter oder Objektdatenblätter ermöglichen. Die vorliegende Mustergliederung ist für die jeweilige Aufgabenstellungen anzupassen.

Mustergliederung für einen Monitoringbericht

- Veranlassung
- Zielstellung
- Ausgangssituation
- Anforderungen an das Monitoring (unter Berücksichtigung der zugrunde gelegten geotechnischen Modellvorstellungen)
- Darstellung des gewählten Überwachungskonzeptes und der Zeitdauer
- Beschreibung der Beobachtungs- und Messmethoden und Messverfahren
- Beschreibung der Datenerfassung, -speicherung sowie der Datenauswerteverfahren
- Darstellung der einzelnen Beobachtungsergebnisse über die Zeit und ggf. Vergleich mit Prognosewerten
- Methodik und Erläuterung einer zusammenfassenden Bewertung der Objektveränderungen
- Schlussfolgerungen (einschließlich Empfehlungen, Festlegungen, etc.)

Liste der Autoren der Empfehlung:

Dipl.-Ing. C. Ackermann
Prof. Dr.-Ing. W. Busch
Dr.-Ing. U. Groß
Dr.-Ing. H.-W. Jakobs
Dipl.-Ing. S. Kläß
Dr.-Ing. K.-H. Löbel
Dipl.-Ing. S. Paul
Dipl.-Ing. A. Rohrbacher
Dipl.-Ing. K. Rose
Dipl.-Ing. M. Schade
Dipl.-Ing. H.-G. Schramm
Dipl.-Ing. B. Schrott
Dipl.-Ing. E. Schuscha
Dipl.-Ing. C. Wedekind
Dipl.-Ing. F. Wollnik