

1

Geomesstechnik

Die Geomesstechnik ist ein interdisziplinäres Fachgebiet von Geotechnik und Ingenieurgeodäsie. Sie hat zum Ziel, zur Beantwortung geotechnischer Fragestellungen mithilfe messtechnischer Methoden beizutragen. Sie umfasst die lösungsorientierte Entwicklung und Umsetzung von Messprogrammen z. B. zur Bestimmung des Ausgangszustandes für eine Beobachtungsmethode mit der Ermittlung von Kennwerten, zur Zustandsermittlung von Betriebs- oder Endzuständen sowie zur messtechnischen Erfassung von Zustandsänderungen. Dabei sind die Messergebnisse unter Einbeziehung von weiteren Beobachtungen und Informationen in geeigneter Weise zu analysieren und zu bewerten, sodass maßnahmenspezifische Sicherheiten bzw. Risiken eingeschätzt werden können und die Grundlagen für Entscheidungsprozesse zur Verfügung stehen.

Eine besondere Bedeutung der Geomesstechnik begründet sich durch die Etablierung der Beobachtungsmethode gemäß DIN EN 1997-1. Diese Methode beruht auf einer Verknüpfung von rechnerischer Prognose, messtechnischer Überwachung und hierauf aufbauenden Entscheidungsprozessen und Handlungen. Die hiermit einhergehende messtechnische Überwachung geotechnischer Objekte wird im Allgemeinen als „Geomonitoring“ bezeichnet. Die Beobachtungsmethode und damit auch die Geomesstechnik sind somit Instrumente für eine sichere und den Regeln der Technik entsprechende Entwurfs-, Bemessungs- und Ausführungspraxis, besonders bei komplexen Untergrundbedingungen und Bauwerken der Geotechnischen Kategorie 3. Darüber hinaus ermöglicht der Einsatz der Beobachtungsmethode während der Nutzung eines Bauwerks die Nachweisführung für dessen anhaltende Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit.

1.1 Ziele der Geomesstechnik

Die Geomesstechnik beinhaltet die messtechnische Zustandserfassung und Überwachung geologischer Körper sowie von Bauwerken im Erd-, Grund-, Fels-, Berg-, Ingenieur- und Deponiebau. Ihr kommt im Rahmen eines erhöhten Umweltbewusstseins, einer verstärkten Risikovorsorge vor Naturgefahren sowie erhöhter Ansprüche an die Kontrolle und Qualitätssicherung von Bauwerken und Bauverfahren eine besondere Bedeutung zu.

2 | 1 Geomesstechnik

Folgende Gesichtspunkte haben bei der Entscheidung über die Notwendigkeit dieser Empfehlungen des Arbeitskreises Geomesstechnik eine wesentliche Rolle gespielt:

1. Die Öffentlichkeit beansprucht im zunehmenden Maße, dass große Bauprojekte, einschließlich der Stadt- und Regionalplanung, mit Sensibilität und Transparenz geplant und durchgeführt werden.
2. Objektive, über die gesamte relevante Projektdauer erfasste geomesstechnische Daten sind eine wesentliche Voraussetzung für die gesellschaftliche Teilhabe und Akzeptanz.
3. Messtechnische Verfahren haben in den letzten Jahren hinsichtlich ihrer Methoden und Techniken eine intensive Weiterentwicklung erfahren. Dabei sind in der Baupraxis geotechnische und geodätische Überwachungsmessverfahren in vielfacher Weise zusammengewachsen. Diese Verfahren sind bislang noch nicht in einem umfassenden Dokument zusammengefasst und abgehandelt worden.
4. Im Rahmen einer einheitlichen Regulierung von Dienstleistungen in Europa ist in der grundlegenden geotechnischen Euronorm DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) die „Beobachtungsmethode“ zum Entwurf geotechnischer Bauwerke aufgeführt. Geotechnische Überwachungsmessungen sind eine wesentliche Voraussetzung für die fachgerechte Anwendung dieser Methode.
5. Geomesstechnik ist eine Ingenieuraufgabe, die durch eine ganzheitliche und systematische Vorgehensweise charakterisiert ist, vergleichbar der, wie sie im konstruktiven Ingenieurwesen üblich ist. Ein geomesstechnisches Projekt umfasst Inhalte und Abläufe zur Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation geotechnischer Messungen, was eine Koordinierung mit Planern und anderen am Bau Beteiligten erforderlich macht.
6. Das Risikobewusstsein der Fachleute und der Öffentlichkeit verlangt, dass potenzielle Gefährdungen aus Naturgefahren und Baumaßnahmen zuverlässig eingeschätzt und sinnvolle Maßnahmen getroffen werden. Geomesstechnik ist dabei ein notwendiger Bestandteil des Risikomanagements.

Dieser Leitfaden soll helfen, das notwendige Wissen zur Geomesstechnik bereitzustellen und für typische Aufgabenstellungen exemplarische Handlungsanweisungen für ein dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechendes Vorgehen zu geben.

1.2 Sensibilität, Transparenz, Akzeptanz

Die Sicherung des Lebensraumes der modernen Gesellschaft ist verbunden mit der Errichtung und dem Betrieb von Einrichtungen und Maßnahmen gegen Naturgefahren (z. B. Hangrutschung, Hochwasser) sowie von aufwendigen Bauwerken und der Nutzung des Untergrundes (z. B. zur Rohstoff- und Energiegewinnung, Deponiebau). Im Vergleich zur Vergangenheit ist in den letzten Jahren eine erhöhte Sensibilität der Gesellschaft gegenüber diesen Projekten festzustellen, die insbesondere bei Eingriffen in die Natur, dramatischen Unfällen oder medienwirksamen

Katastrophen geweckt wird. Die Anforderung besteht, dass Gebäude, Brücken, Dämme, Verkehrsanlagen und alle anderen Bauwerke bedenkenlos genutzt werden können. Bei der Erstellung von Bauwerken wird die Einhaltung der technischen und wirtschaftlichen Planungsrandbedingungen und die angemessene Berücksichtigung der Schutzgüter (hier insbesondere Mensch, Boden und Wasser) erwartet.

Aus gesellschaftlicher Sicht wird eine angemessene Transparenz über sämtliche Phasen der Errichtung der Bauwerke und eine Dokumentation über evtl. sicherheitsrelevante Störungen gefordert. Die Geomesstechnik trägt dazu bei, diese Transparenz während sämtlicher Phasen sicherzustellen, von der Erkundung des Baugrundes, der Beweissicherung, der Baustelleneinrichtung, der eigentlichen Bauwerkserstellung, bis hin zu oft langen Betriebs- oder Nachbetriebsphasen. Sie liefert messtechnische Informationen zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken. Eine vergleichbar sorgfältige und zielgerichtete Überwachung wird ebenso für das Verhalten kritischer natürlicher Bereiche in der Umwelt gefordert.

Daneben kann in der heutigen Zeit eine breite Akzeptanz für größere Bauvorhaben nur erreicht werden, wenn – neben einer sorgfältigen Planung und einer Voranalyse – im Rahmen eines Risikomanagements eine baubegleitende messtechnische Erfassung und möglichst ohne Verzögerung eine Analyse der für eine umfassende Sicherheitsbeurteilung notwendigen Kenngrößen erfolgt.

Anmerkung: In den vorliegenden Empfehlungen des Arbeitskreises Geomesstechnik wird für das zu überwachende Messobjekt an vielen Stellen der Begriff „Baugrund“ verwendet. Die dort beschriebenen Messinstrumente oder Messverfahren sind jedoch meist ebenso zur Überwachung naturbedingter Gefährdungen, die beispielsweise durch Fließ-, Rutsch- oder Sturzbewegungen verursacht werden, geeignet.

1.3 Normative Regelung

DIN EN 1997 (Eurocode 7, abgekürzt auch bekannt als EC7) „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik“ ist die grundlegende europäische Norm im Bereich der Geotechnik. Sie legt die Anforderungen fest, die zur Sicherstellung von Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit geotechnischer Objekte erforderlich sind. Der aktuell bauaufsichtlich eingeführte Stand des EC7 ist dokumentiert im Handbuch Eurocode 7 (2015). Im allgemeinen Teil 1 dieser Norm (DIN EN 1997-1) wird die auf Peck (1969) zurückgehende „Beobachtungsmethode“ als eine von insgesamt vier möglichen Nachweismethoden aufgeführt (Abb. 1.1). Sie ist insbesondere bei schwierigen und komplexen Bauwerken der Geotechnischen Kategorie (GK) 3 angezeigt. Es ist das erste Mal, dass die Beobachtungsmethode in einem internationalen Regelwerk festgeschrieben ist.

Teil 1 des EC7 (DIN EN 1997-1:2009-09) gibt allgemeine Hinweise zur Anwendung der Beobachtungsmethode. Sie ist als eine Methode zu verstehen, bei der die üblichen geotechnischen Untersuchungen und Berechnungen (Prognosen) in systematischer Weise mit einer laufenden messtechnischen Kontrolle des Baugrundes und des Bauwerks kombiniert werden. Dabei können alle Bauwerksphasen betrof-

4 | 1 Geomesstechnik

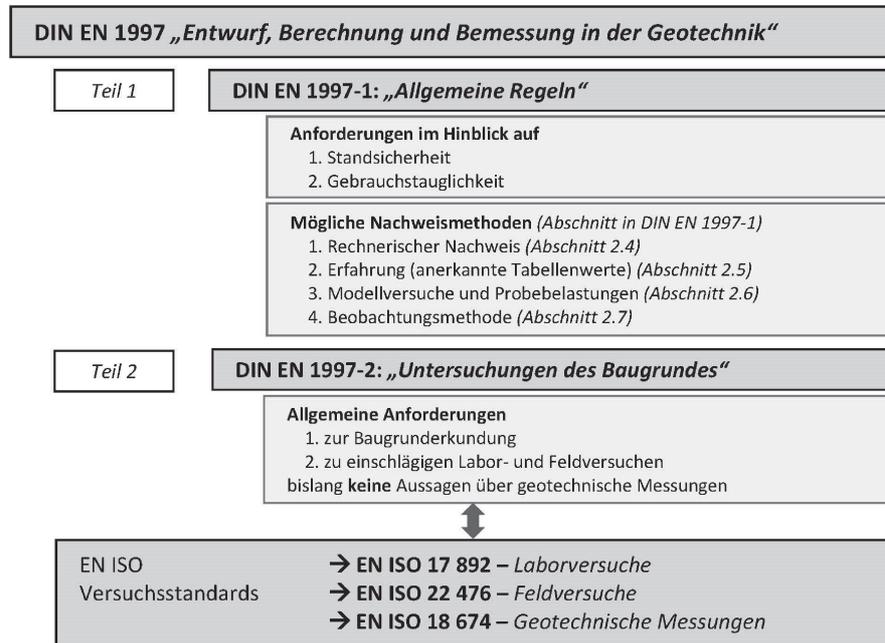


Abb. 1.1 Struktur der grundlegenden geotechnischen Euronorm DIN EN 1997 im Zusammenspiel mit EN ISO Versuchsstandards.

fen sein, vor und während der Herstellung des Bauwerks, aber auch während der Nutzung sowie in der Nachbetriebsphase. Bei der Beobachtungsmethode werden Entwurf, Berechnung und Bemessung im Zuge von Überwachungsmessungen laufend aktualisiert, wobei kritische Situationen durch die Anwendung geeigneter, vorab geplanter technischer Maßnahmen beherrschbar sein müssen. Geomesstechnik in Form von Überwachungsmessungen im Baugrund und an Bauwerken (Geomonitoring) ist somit ein unabdingbarer Bestandteil der Beobachtungsmethode. Im Abschn. 2.3 dieser Empfehlungen wird vertiefend auf die Beobachtungsmethode eingegangen.

Teil 2 des EC7 (DIN EN 1997-2:2010-10) behandelt die Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, wobei das Augenmerk auf Richtlinien zur Ermittlung von Boden- und Felskennwerten für geotechnische Berechnungen liegt.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Empfehlungen wird unter der Federführung der ISO (International Standardization Organisation) die ISO 18674 – Serie „Geotechnical investigation and testing – Geotechnical monitoring by field instrumentation“ erarbeitet (s. Abb. 1.1). Sie wird in der Endfassung voraussichtlich aus zehn Teilen bestehen:

- Part 1: General rules,
- Part 2: Measurement of displacements along a line: Extensometers,
- Part 3: Measurement of displacements across a line: Inclinoimeters,
- Part 4: Measurement of pore water pressure: Piezometers,
- Part 5: Stress change measurements by total pressure cells (TPC),

- Part 6: Hydraulic settlement systems,
- Part 7: Strain gauges,
- Part 8: Load cells,
- Part 9: Geodetic monitoring instruments,
- Part 10: Vibration monitoring instruments.

Die Teile 1–5 sind bereits in der deutschen Fassung DIN EN ISO 18764 veröffentlicht (Stand Frühjahr 2021). Die übrigen Teile sind in Bearbeitung und werden schrittweise eingeführt.

Entsprechend der Natur derartiger Regelwerke werden in ihnen konzeptuelle Zusammenhänge aufgezeigt und technische Anforderungen spezifiziert. Sie besagen jedoch in der Regel nichts über so wichtige Gesichtspunkte wie die Ausschreibung und Vergabe geotechnischer Messungen sowie die im Geomonitoring entscheidende Zusammenarbeit von Geotechnikingenieuren, konstruktiven Ingenieuren und Messingenieuren. In den Empfehlungen des Arbeitskreises Geomesstechnik werden unter Beachtung der in den Regelwerken niedergelegten technischen Anforderungen, auch diese Gesichtspunkte praxisgerecht abgehandelt.

1.4 Ganzheitliche Entwicklung und Umsetzung von Messprojekten

Eine dem Stand der Technik entsprechende Durchführung geotechnischer Messungen ist eine anspruchsvolle Ingenieuraufgabe (Dunnicliff 1993). Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein hohes Maß an interdisziplinären Fachkenntnissen und Erfahrungen erforderlich (z. B. Geotechnik, Messtechnik, Konstruktion), und zwar nicht nur zu den immer komplexer werdenden Messungen und Messeinrichtungen selbst, sondern auch zu den Fragestellungen, Problemlösungen und Bauabläufen, die Anlass dieser Messungen sind. Ein geotechnisches Messprojekt erfordert eine ganzheitliche und systematische Betrachtung analog zu der im Konstruktiven Ingenieurwesen üblichen Vorgehensweise (Abb. 1.2). Leistungen der Geomesstechnik bzw. des Geomonitorings sind in ihrer ganzen Bandbreite zu budgetieren und zu honorieren. Ein Messprojekt beginnt mit dem Erkennen der Notwendigkeit und der Definition der Ziele einer geotechnischen Messung und endet mit der Umsetzung und Einarbeitung der bewerteten Messergebnisse in den geotechnischen Planungs- und Bemessungsprozess. Dabei kann jeder einzelne Aspekt dieser vielschichtigen Aufgabenstellung maßgebend für den Erfolg oder den Misserfolg der Messaufgabe sein.

In Anlehnung an DIN EN ISO 18674-1:2015-09 müssen in einem Messprojekt sämtliche der in Abb. 1.2 aufgeführten Inhalte und Abläufe berücksichtigt werden. Dabei muss jedes Projekt auf zumindest einer spezifischen Frage beruhen, die es mithilfe der Messungen zu beantworten gilt. Die Frage muss zu Beginn eines jeden Messprojekts formuliert sein und als Leitfaden während der Durchführung der Messungen dienen. Umgekehrt muss mit jeder geotechnischen Messung zumindest eine Antwort zur Problemstellung verknüpft sein. Die Antwort erfolgt üblicherweise in einem Messbericht (siehe Rückkopplungsschleife in Abb. 1.2).

6 | 1 Geomesstechnik

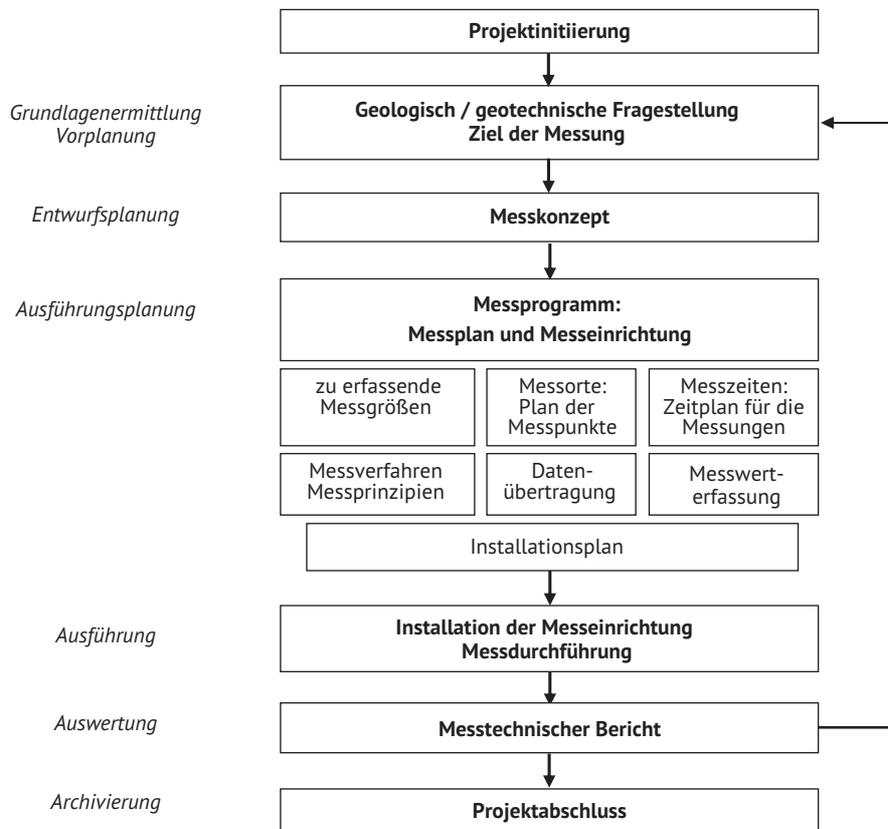


Abb. 1.2 Inhalt und Ablauf eines Geomonitoringprojekts (in Anlehnung an DIN EN ISO 18674-1:2015-09 und HOAI).

Im Einzelnen müssen bei der *Grundlagenermittlung und Vorplanung* geotechnischer Messungen, neben dem Bezug zur Problemstellung, die maßgebenden Messgrößen identifiziert und ihre zu erwartenden Größenordnungen abgeschätzt werden. Darunter werden die für die geotechnische Problemstellung indikativen Messgrößen verstanden. Die Genauigkeit und Messunsicherheit, mit der die Schlüsselparameter erfasst werden sollen, sowie deren geotechnisch tolerierbaren Grenzwerte müssen festgelegt werden.

Bei der *Entwurfsplanung* muss ein Messkonzept entwickelt werden, das geeignet ist, die maßgebenden Messgrößen messtechnisch zu erfassen. Das Konzept umfasst einen Plan der messtechnisch zu überwachenden Objektpunkte sowie die Festlegung der Häufigkeit und der zeitlichen Abfolge der Messungen. Dabei sollte das Konzept auch die voraussichtliche Lebensdauer der geplanten Messanlage berücksichtigen. Ferner sind die grundlegenden Anforderungen an die messtechnische Instrumentierung festzulegen (z. B. händische oder/und automatische Ablesung; Redundanz).

Bei der *Ausführungsplanung* müssen die einschlägigen technischen Details der Messeinrichtung festgelegt werden. Die Messeinrichtung umfasst alle Komponenten der Instrumentierung wie Sensoren, Messwerterfassungsanlagen, Datenübertragung sowie Hilfsgeräte. Es sind ferner Vorgaben über die anzuwendenden Messverfahren zur Erfassung der maßgebenden Messgrößen zu machen und das Messkonzept zu verfeinern. Im Messverfahren sind sowohl Messprinzipien als auch Messmethoden impliziert. Geotechnische Sensoren beruhen auf unterschiedlichsten Messprinzipien, die allesamt ihre spezifischen Anwendungsbereiche haben. Beispiele für geotechnische Sensoren mit unterschiedlichen Messprinzipien sind Schwingsaiten-, Stromschleifen-, induktive, kapazitive, Widerstands- und Lichtwellenleitersensoren.

Geotechnische Sensoren sind im besonders hohen Maße Wechselwirkungen mit den sie umgebenden Medien (z. B. Boden, Fels, Grundwasser, Gasen) ausgesetzt. Eine fachgerechte Installation hat sich wiederholt als entscheidend für den Erfolg eines Messprojekts herausgestellt.

Mit der *Ausführung* geotechnischer Messungen sollte ausschließlich qualifiziertes Personal betraut werden. Vorab sind entsprechende Eignungsnachweise anzufordern. Es sind die Zeit- und Personaleinsatzplanung festzulegen sowie Regelungen über den Transfer, Zugriff und Archivierung der Messdaten zu treffen.

Bei der *Auswertung und Bewertung* der Messdaten ist eine mögliche Überlagerung von Instrumentierungs-, Umwelt- und Umgebungseinflüssen zu berücksichtigen. Plausibilitätsprüfungen sind regelmäßig durchzuführen. In die Prüfung sind sowohl messtechnische als auch geologische, geotechnische und bautechnische Aspekte einzubeziehen. Dabei ist auch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass das dem Messkonzept zugrunde liegende geologische/geotechnische Modell unzutreffend sein könnte.

Basierend auf der Aus- und Bewertung der Messdaten ist die technische Reaktion abzuleiten. Bedenkliche Messwertänderungen müssen im Sinne des Risikomanagements (Abschn. 1.5) in die Entscheidung über wirksame technische Gegenmaßnahmen einfließen. Gegebenenfalls muss auch der Umfang und Inhalt des bisher verwendeten Messprogramms überdacht werden, um die Datendichte an das technische Risiko anzupassen.

1.5 Risikomanagement

1.5.1 Projektübergreifendes Risikomanagement

Risiko wird im hier betrachteten Kontext nach DIN ISO 31000:2018-10 als „Auswirkung der Unsicherheit für die Erreichung von Zielen“ definiert und ist wie folgt gekennzeichnet:

- Bei einem Risiko handelt es sich um ein unerwünschtes Ereignis.
- Ein Risiko hat eine oder mehrere Ursachen.
- Ein Risiko tritt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit ein.
- Ein Risiko hat Folgen.

8 | 1 Geomesstechnik

- Ein Risiko ändert sich im Projektverlauf dynamisch (Wahrscheinlichkeit oder Folgen verändern sich).

Projektrisiken in Bau- und Infrastrukturprojekten können in folgenden Bereichen negative Wirkung entfalten:

- Arbeitssicherheit, Gesundheit,
- Umwelt, Schutzgüter,
- Zeitaufwand für Entwurf und Planung,
- Kosten für Entwurf und Planung,
- Art der Bauausführung,
- Bauzeit,
- Baukosten,
- Folgekosten für den Unterhalt/Betrieb,
- bei Dritten oder Einrichtungen Dritter,
- Reputation der Beteiligten.

Das Risikomanagement umfasst den (a) bewussten, (b) strukturierten, (c) kommunizierten und (d) ständigen Umgang mit Risiken zur erfolgreichen Umsetzung von Projekten bzw. der Erreichung der Projektziele (van Staveren 2016, S. 20). Erfolgreiches Risikomanagement basiert auf der Erkenntnis, dass Risiken existieren und deren Identifikation und Kommunikation die Voraussetzungen für eine effektive Steuerung sind. Dabei handelt es sich um einen kontinuierlichen PDCA-Prozess (Plan-Do-Check-Act), der die Anpassung an den aktuellen Projektstand erfordert. Allgemeine Aussagen zum Risikomanagement für Organisationen sind in DIN ISO 31000:2018-10 enthalten (Abb. 1.3). Die Kapitelnummern in der Abb. 1.3 beziehen sich auf die Gliederungen der DIN ISO 31000:2018-10.

Für die Risikobehandlung nennt die Norm DIN ISO 31000:2018-10 folgende Optionen:

- Vermeidung (einen anderen Weg gehen),
- Transfer (Übertragung auf Dritte),
- Verminderung (Ergreifung von Maßnahmen zur Reduktion der Eintrittswahrscheinlichkeit oder des Schadensausmaßes),
- Akzeptanz (Restrisiko).

Für das Georisikomanagement sind diese Optionen meist in dieser allgemeinen Form nicht handhabbar bzw. müssen in den Projektkontext übertragen werden. So schützt der Risikotransfer zwar möglicherweise eine der Parteien vor wirtschaftlichem Schaden, trägt aber nicht zum Projekterfolg bei.

Für das Risikomanagement speziell in Bau- und Infrastrukturprojekten existieren in Deutschland keine branchenbezogenen normativen Regelungen (ISSMGE 2013, Teil 2). In der gleichen Literatur werden einige typische Hemmnisse für die zögerliche Anwendung eines umfassenden Risikomanagements in Bauprojekten in Deutschland genannt. Die Autoren dieser Empfehlungen Geomesstechnik sind sich bewusst, dass die im Folgenden nach ISSMGE (2013, Teil 2, S. 39) zitierten Feststellungen in der Absolutheit ihrer Aussage sicher unzutreffend, zumindest übertrieben

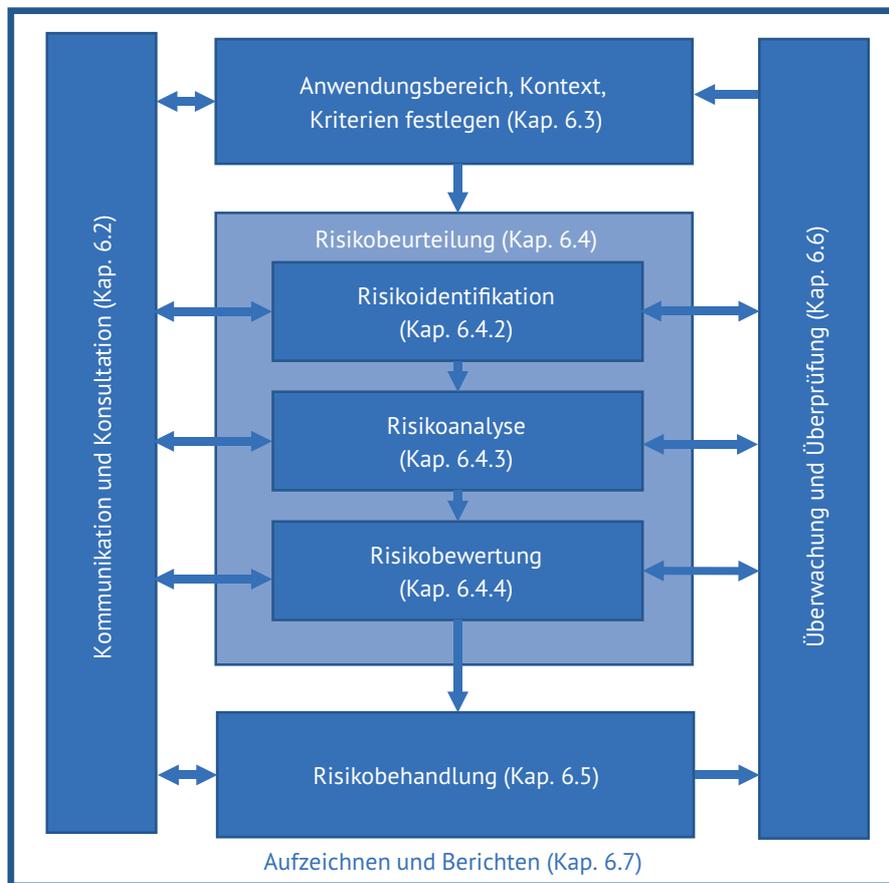


Abb. 1.3 Prozess des Risikomanagements (nach DIN ISO 31000:2018-10).

sind. Die zugrunde liegenden Kritikpunkte sind es jedoch wert, hier genannt und bei zukünftigen Projekten kritisch bedacht zu werden:

- Vorhandensein einer allgemeinen Risikovermeidungskultur, welche den Schwerpunkt auf Sicherheit und Zuverlässigkeit legt und deshalb das Zugestehen und Kommunizieren von potenziellen Risiken nicht erlaubt.
- Risiken werden immer im vertraglichen Kontext gesehen. Risikomanagement ist deshalb eine Frage der Verteilung der Risiken und Verantwortlichkeiten und nicht der systematischen Kommunikation und Steuerung der Risiken.
- Es existiert ein hohes Vertrauen in Normierung und Standardisierung mit dem Glauben, dass bei Ausführung in Übereinstimmung mit den gültigen Normen und Standards nichts schief gehen kann.
- Öffentliche Auftraggeber haben kein großes Interesse, potenzielle Risiken einzugestehen und zu kommunizieren.

10 | 1 *Geomesstechnik*

- Mangelnde Kommunikation während der Planung und beim Management von Bauprojekten verbunden mit der Tendenz, potenzielle Risiken und Probleme zu verbergen, anstatt sie gegenüber anderen beteiligten Parteien zu kommunizieren.
- Die Zuständigkeiten bei Bauprojekten in Deutschland werden häufig verteilt (Trennung zwischen Design und Bauausführung). Die Verantwortlichkeiten sind deshalb auf verschiedene Parteien verteilt. Kommunikation und Kooperation leiden, wenn kein definierter Verantwortlicher oder Koordinator vorhanden ist.

Neben den Gefahren für das jeweilige Projekt erschwert diese Herangehensweise die positive Aufarbeitung von Problemen nach Projektabschluss und reduziert den Erkenntnisgewinn für zukünftige ähnliche Projekte.

1.5.2 Georisikomanagement

Georisikomanagement ist ein Teil des projektübergreifenden Risikomanagements, in dem u. a. folgende Risiken betrachtet werden:

- geotechnische/geologische Risiken,
- hydrogeologische Risiken (z. B. gespanntes Grundwasser),
- meteorologische Risiken,
- umweltgeologische Risiken (z. B. belasteter Boden),
- seismische Risiken,
- künstliche, d. h. vom Menschen verursachte Risiken im Untergrund (Kabel, Leitungen).

Es befasst sich u. a. mit folgenden Aspekten des Gesamtprojekts:

- mit der angemessenen Beachtung der Schutzgüter Boden, Wasser, Klima/Luft, Pflanzen/Tiere, Landschaft, Kultur-/Sachgüter und Mensch im Zusammenhang mit einer Umweltprüfung oder Umweltverträglichkeitsprüfung,
- mit dem Arbeitsschutz basierend auf einer Gefährdungsbeurteilung und abgeleiteten Arbeitsschutzmaßnahmen,
- mit dem Immissionsschutz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen, Geräusche, Luft-, Wasser- und Bodenverunreinigungen, Licht und andere Emissionen,
- mit dem Umgang mit Georisiken wie Hangrutschungen, Überflutungen, Erdfällen, Erdbeben,
- mit der Gefahrenabwehr bei akuten oder möglichen technischen Fehlfunktionen,
- mit der Vermeidung von Schäden und den sich daraus ergebenden Schadensersatzansprüchen.

Ein angemessenes Georisikomanagement besteht aus den in Tab. 1.1 genannten Schritten, die in einem zyklischen Prozess in jeder Projektphase mindestens einmal durchlaufen werden. Der gesamte Prozess ist zu dokumentieren (dokumentierte Information nach DIN EN ISO 9001:2015-11); die Ergebnisse sind den interessierten Parteien zu kommunizieren.

Tab. 1.1 Prozessschritte beim Georisikomanagement (je Projektphase).

Schritt 1	Sammeln von Informationen	Anforderungen, Istzustand, räumliche/zeitliche Abgrenzung
Schritt 2	Identifizieren geotechnischer Risiken	Erfassen aller für das Projekt relevanten geotechnischen Risiken
Schritt 3	Analyse geotechnischer Risiken	Betrachtung von Unsicherheiten, Risikoursachen, Wahrscheinlichkeit sowie Erfassung der Auswirkungen (Beschreibung des Schadenspotenzials für Menschen, Sachgüter und andere Schutzgüter in der räumlichen und zeitlichen Relation zu der erkannten Gefährdung und unter Berücksichtigung direkter Schäden und Folgeschäden)
Schritt 4	Bewertung geotechnischer Risiken	Bewertung der Risiken unter Einbeziehung der Ergebnisse der Risikoanalyse bezogen auf die Auswirkungen/Folgen
Schritt 5	Risikobehandlung	Festlegen und Umsetzen von Maßnahmen zur Beherrschung des Risikos
Schritt 6	Überwachung und Überprüfung	Auswertung der Wirksamkeit der getroffenen geotechnischen Maßnahmen zur Beherrschung des Risikos
Schritt 7	Kommunikation, Verbesserung	Übertragen aller geotechnischen Informationen zu Risiken in die nächste Projektphase (Beitrag zu Schritt 1 der nächsten Projektphase)
Beginn der nächsten Projektphase		

Maßnahmen zur Risikobehandlung (Schritt 5) unterteilen sich in präventive Maßnahmen (Versuch der Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Risiken oder Schäden) und korrektive Maßnahmen (Begrenzung der Folgen). Darüber hinaus können die wirtschaftlichen Auswirkungen für die Projektbeteiligten durch Versicherungen abgemildert werden, die jedoch keinen direkten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Schäden haben. Indirekt ist dieser Einfluss durchaus gegeben, indem die Versicherungen durch ihre Versicherungsbedingungen Einfluss auf den Risikomanagementprozess nehmen.

Typische, nach aufsteigendem Grad der Intervention geordnete Handlungskonzepte sind:

- a) Duldung und Beobachtung (präventiv und korrektiv),
- b) Vermeidungskonzepte durch alternative Vorgehensweisen (präventiv),
- c) Konzepte zur Verminderung der Gefährdung, des Schadenspotenzials oder der Eintrittswahrscheinlichkeit durch geeignete Maßnahmen (korrektiv),
- d) Risiko-Response-Konzepte mit Schwellen-, Eingreif- und Alarmschwellen nach Abschn. 5.7 (unterschiedliche Eskalationsstufen), Informations- und Kommunikationsplänen, Maßnahmen zum Arbeitsschutz und Nachbarschaftsschutz, Schutz von Sach- und Vermögenswerten (präventiv und korrektiv),

12 | 1 Geomestechnik

- e) Sicherungskonzepte für den akuten Schadensfall mit entsprechenden technischen und organisatorischen Vorkehrungen (korrektiv),
- f) Redundanzsysteme bei Versagen des primären Sicherungssystems,
- g) Schadensausgleich im Hinblick auf Sanierung, Entschädigung oder Ersatzausgleich (Versicherung).

Bei einer Auswertung von Problemfällen an Baugruben in van Staveren (2016, S. 13) wurde festgestellt, dass in der überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Fälle die Ursache nicht darin lag, dass die technischen Kenntnisse und Erfahrungen nicht vorhanden gewesen wären. Das Problem besteht vielmehr darin, dass das Wissen und die Erfahrung gar nicht, falsch, unvollständig oder nicht rechtzeitig eingebracht wurden. Es handelte sich also eher um organisatorische als um technische Probleme.

Aus Sicht der Versicherungswirtschaft, die ein immanentes wirtschaftliches Interesse an einem wirkungsvollen Risikomanagement hat, wird in ITIG (2006) für Tunnelprojekte Folgendes gefordert:

- Gefahrenerkundung und Risikomanagement sollen höchsten Stellenwert haben (d. h. in der obersten Leitung bzw. Projektleitung verankert sein).
- Die Verantwortung für das Risikomanagement soll ausdrücklich auf alle am Projekt beteiligten Parteien übertragen werden.
- Erkennen, Bewertung und Zuweisung von Risiken sind formal zu dokumentieren.

Diese Herangehensweise zwingt alle Projektbeteiligten dazu, Informationen auszutauschen, sich mit den Risiken auseinanderzusetzen und dazu verbindlich Stellung zu beziehen.

1.5.3 Aufgaben der Geomestechnik im Rahmen des Georisikomanagements

Die Geomestechnik trägt durch die Bereitstellung von Informationen auf Basis eines Messprogramms wesentlich zum Gelingen des Georisikomanagements bei. Betrachtet man die im Kap. 2 dieser Empfehlungen benannten Aufgaben der Geomestechnik, so betrifft dies insbesondere folgende Aufgabenbereiche:

Erkundungsphase

Schritt 1 des Georisikomanagementzyklus beinhaltet das Sammeln von Informationen. Ein wesentlicher Bestandteil dazu sind die Informationen zum Baugrund, welche in der Erkundungsphase gewonnen und dokumentiert werden. Sie sind in angemessenem Umfang den Projektbeteiligten zugänglich zu machen.

Beobachtungsmethode, Beobachtung naturbedingter Gefährdungen und Frühwarnung

Die im Rahmen dieser geotechnischen Aufgabenstellungen gewonnenen Messergebnisse und deren Bewertung dienen im Rahmen des Georisikomanagements der fortlaufenden Auswertung der Wirksamkeit der getroffenen geotechnischen Maßnahmen zur Beherrschung des Risikos (Schritt 6 des Georisikomanagementzyklus). Entscheidend ist die angemessen zeitnahe Bereitstellung der Ergebnisse und

das Durchsetzen technischer und organisatorischer Regelungen zur Bewertung der Ergebnisse und zur Reaktion bei Auffälligkeiten. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem risikogesteuerten geotechnischen Monitoring. Darunter ist ein auf Grundlage einer Risikoanalyse erstelltes Messprogramm zu verstehen, welches Eingreif- und Alarmwerte enthält, Handlungsanweisungen gibt und Verantwortlichkeiten benennt.

Bei der Anwendung der Beobachtungsmethode und der Beobachtung naturbedingter Gefährdungen handelt es sich meist um ein präventives Konzept, die rechtzeitige Information bei tatsächlichen Schadensfällen (Frühwarnung) hat korrektive Auswirkungen.

Qualitätssicherung von Baumaßnahmen, Steuerung von Bauprozessen

Durch Messungen zur Qualitätssicherung von Baumaßnahmen lässt sich das Risiko von Abweichungen gegenüber dem genehmigten oder geplanten Zustand beherrschen. Gleiches gilt für Messungen zur Steuerung von Bauprozessen. Die Messungen sind ein direkter Beitrag zur Risikobeherrschung und somit von Schritt 5 des Georisikomanagementzyklus. Dabei handelt es sich stets um präventive Maßnahmen.

Beweissicherung

Messungen zur Beweissicherung können dem Risikomanagement im weiteren Sinne dienen, indem sie die Datengrundlage für Auseinandersetzungen mit Dritten bereitstellen und der Minimierung des wirtschaftlichen Risikos dienen. Zur Steuerung des eigentlichen geotechnischen Risikos tragen sie in der Regel wenig bei.

Literatur

- DIN ISO 31000:2018-10 (2018). Risikomanagement – Leitlinien (ISO 31000:2018). Berlin: Beuth.
- DIN EN 1997-1:2009-09 (2009). Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009. Berlin: Beuth.
- DIN EN 1997-2:2010-10 (2010). Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 18674-1:2015-09 (2015). Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Geotechnische Messungen – Teil 1: Allgemeine Regeln. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 9001:2015-11 (2015). Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen. Berlin: Beuth.
- Dunnicliff, J. (1993). *Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance*. New York u. a.: Wiley Interscience, unveränderte Ausgabe von 1988, ISBN: 0-471-00546-0.
- Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Bd. 1: Allgemeine Regeln, 2. Aufl. 2015, Hrsg: DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, ISBN 978-3-410-25835-3.

14 | 1 Geomesstechnik

- ISSMGE (2013). ISSMGE TC304-TF3. International State of the Art Report on Integration of Geotechnical Risk Management and Project Risk Management, Part1 – Report, Version 2, November 2013, Part 2 – Country Reports, Version 2, Oktober 2013.
- ITIG (2006). Richtlinien zum Risikomanagement von Tunnelprojekten. International Tunnelling Insurance Group (ITIG).
- Peck, R.B. (1969). Advantages und limitations of the observational method in applied soil mechanics. *Geotechnique* 19.2: 171–187.
- van Staveren, M. (2016). *Geotechnik im Umbruch: Praxisführer für Geo-Risikomanagement*. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau: Eigenverlag. ISBN: 978-3-939230-52-6, URL: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105058> (abgerufen am 30.03.2021).