

Beweissicherung im Rahmen innerstädtischer Tiefbauprojekte

Markscheider Dipl.-Ing. Jörg Fugmann, arguplan GmbH

(Erweiterte Manuskriptfassung eines Vortrages am 20.06.2000 im Rahmen der GDMB-Fachtagung in Clausthal-Zellerfeld, erschienen in: Wissenschaftliche Schriftenreihe im Markscheidewesen, Bd. 19)

1 Einführung

Kennzeichnend für Tiefbaumaßnahmen im innerstädtischen Raum ist das Bauen im Bestand und somit die unmittelbare Nähe zu bestehenden Bauwerken. Die eingesetzten Baumaschinen und die besonderen Eigenschaften des gewachsenen Bodens als Baugrund haben zur Folge, dass auch bei sorgfältiger Planung und Ausführung schädigende Auswirkungen auf die Nachbarschaft nicht vollständig ausgeschlossen werden können.

Treten Schäden auf, so zeigen sich diese überwiegend als Risse, z.B. an Fassaden oder in Innenräumen von Wohngebäuden (wie z.B. Abb. 1). Insbesondere in Altbauten sind Risschäden jedoch weit verbreitet – über das Schadenbild allein lässt sich ein Einfluss benachbarter Baumaßnahmen als Ursache oft weder bestätigen noch ausschließen.

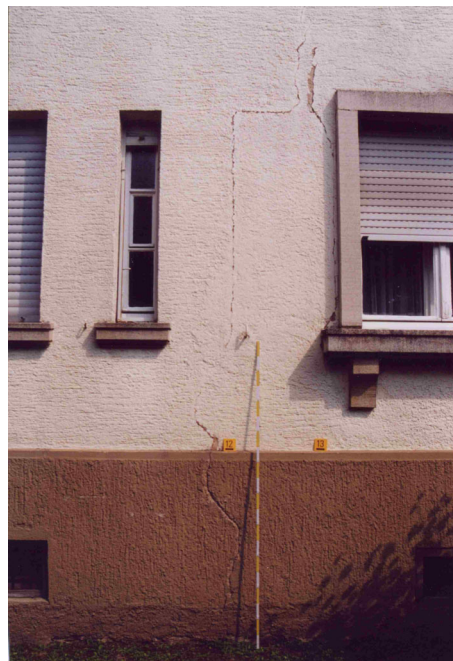


Abb. 1: Risschaden

Um im Einzelfall maßnahmebedingte Schäden – für die Schadenersatz geleistet werden muss - und die bereits vorhandenen Vorschädigungen unterscheiden zu können, werden daher durch die Bauträger bzw. die ausführenden Firmen vielfach Beweissicherungsverfahren veranlasst.

Im Folgenden sollen die typischen Methoden und Elemente der Gebäude- bzw. Objektbeweissicherung im Rahmen von Tiefbauprojekten dargestellt werden. Anhand der Beweissicherung für ein innerstädtische Tunnelbaugroßprojekt werden abschließend Aspekte der praktischen Umsetzung aufgezeigt.

2 Beweissicherungsverfahren

Der Begriff des *Beweissicherungsverfahrens* bzw. des *Selbständigen Beweisverfahrens* stammt aus der Zivilprozessordnung (ZPO) und bezeichnet eigentlich die beweiskräftige Feststellung eines Zustandes bzw. Befundes im Rahmen gerichtlicher Verfahren oder Prozesse. Ziel der Beweissicherung ist die Schaffung einer Datenbasis in Fällen, in denen sich die zu dokumentierenden Verhältnisse ändern können (beim Bau z.B. durch den Baufortschritt).

Auch unabhängig von gerichtlichen Auseinandersetzungen können Beweissicherungsmaßnahmen sinnvoll sein („private“ oder „freiwillige“ Beweissicherung). Ein typischer Einsatzbereich ist die Beweissicherung der Nachbarbebauung von Baumaßnahmen. Eine Beweissicherung zur Dokumentation des Ist-Zustandes potenziell gefährdeter Objekte vor Beginn der Baumaßnahmen stellt hier eine wesentliche Datengrundlage für die Abgrenzung und Bewertung von Schäden dar, die während oder nach der Bauzeit angezeigt werden.

3 Potenzielle Auswirkungen von Tiefbauarbeiten auf Bauwerke

Viele Arbeiten im Zuge von Tiefbaumaßnahmen können zu Änderungen der Spannungsverhältnisse des Baugrundes im Umfeld der Baumaßnahme führen , z.B:

- Aushub von Baugruben
- Herstellung von Unterfangungen
- untertägige Auffahrungen - Microtunneling
- Grundwasserabsenkung

Im Einwirkungsbereich dieser Baumaßnahmen können - direkt oder über vielfältige Wechselwirkungen - Bodenbewegungen hervorgerufen werden, deren Auswirkungen im Schadenfall mit den aus Bergbaugebieten bekannten Bergschäden vergleichbar sind. Im Vergleich mit bergbaulichen Bodenbewegungen sind die Bewegungsbeträge meist jedoch wesentlich geringer (cm bis dm-Bereich). Die Einwirkungsbereiche sind in der Regel ebenfalls erheblich kleiner. Wie auch bei den Bergschäden sind nicht die absoluten Bewegungsbeträge, sondern die Bewegungsdifferenzen schadenrelevant.

Darüber hinaus kommt es bei zahlreichen Tiefbautätigkeiten zu einem Eintrag dynamischer Belastungen in Form von Erschütterungen:

- Rammarbeiten (z.B. Einbringen von Spundwänden)
- sonstige Verbauarbeiten (z.B. Bohrpfähle)
- Einsatz von Verdichtungsgeräten
- Sprengungen

Sichtbare Anzeichen einer erschütterungsbedingten Schädigung können ebenfalls Risse im Baukörper sein.

Hinsichtlich der Beweissicherung sind Erschütterungen von besonderer Bedeutung, da sie bereits deutlich unterhalb anzusetzender Grenzwerte spürbar sind und vielfach zu einer entsprechenden Sensibilisierung der Bewohner angrenzender Gebäude führen.

Neben den Bodenbewegungen und Erschütterungen können in besonders gelagerten Einzelfällen auch weitere Auswirkungen zum Tragen kommen, wie z.B. ungünstige Veränderungen der Grundwasserverhältnisse (Durchfeuchtung von Bauwerken) oder direkte Beschädigungen durch Baumaschineneinsatz.

Im Folgenden wird ausschließlich auf die Beweissicherung im Hinblick auf Schäden an baulichen Objekten eingegangen. Nicht betrachtet werden tiefbaubedingte Auswirkungen auf die Umwelt (z.B. Vegetation, Grundwasser oder Boden), für die ebenfalls beweissichernde Maßnahmen sinnvoll bzw. erforderlich sein können.

4 Bauwerksbeweissicherung für innerstädtische Tiefbauvorhaben

4.1 Beweissicherungskonzept

Von Bedeutung ist die Beweissicherung insbesondere innerhalb bebauter Ortslagen bzw. im innerstädtischen Bereich, da hier zahlreiche Bauwerke innerhalb des Einwirkungsbereiches liegen. Zu den potenziell betroffenen Objekten zählen u.a.:

- Wohngebäude
- Gewerbebetriebe/Industrieanlagen
- denkmalgeschützte historische Gebäude
- Verkehrsanlagen
- Ver- und Entsorgungsleitungen

Auf der Basis der technischen Planung und der vorliegenden Daten zum Untergrund (Baugrundgutachten, Hydrogeologische Gutachten) wird zunächst der zu erwartende Einwirkungsbereich der Baumaßnahmen ermittelt. Auf dieser Basis werden die in die Beweissicherung einzubeziehenden Objekte und Einrichtungen ermittelt. Für diese erfolgt - unmittelbar vor Baubeginn – als erster Schritt eine Zustandsdokumentation.

Je nach Gefährdungspotenzial werden ggf. zusätzliche Erfassungs- und Dokumentationsmethoden (s. 4.2) und deren Messintervalle festgelegt, wie z.B. geodätische oder geotechnische Messungen.

Wichtig ist eine Abstimmung des Beweissicherungskonzeptes zwischen Gutachter, Bauherrn und der ausführenden Baufirma, um den später erforderlichen andauernden Informationsfluss frühzeitig vorzubereiten.

4.2 Methoden

In einer standardisierten Vorgehensweise werden zunächst alle vorhandenen Schäden eines Objektes im Rahmen einer Begehung erfasst und protokollarisch bzw. fotografisch dokumentiert. Auch die Schadenfreiheit wird festgehalten. Für Gebäude bedeutet dies eine Dokumentation der

- Fassaden
- Treppenhäuser und Hausflure
- Wohnungen
- Keller, Garagen, Tiefgaragen
- Einfriedungsmauern

Immer wenn eine Quantifizierung möglich und sinnvoll ist, werden entsprechende Werte erfasst, wie z.B. eine Messung der Länge und Weiten von relevanten Rissen.

Erschütterungsmessungen werden parallel zu erschütterungsrelevanten Baumaßnahmen in/an ausgewählten Objekten durchgeführt. Im Zweifelsfall erfolgt vorab ein versuchsweiser Baubetrieb, anhand dessen die Spitzenbelastungen und die grundsätzliche Ausbreitung der Schwingungen im Baugrund vor Ort ermittelt werden können. Ist ein Schaden aufgetreten, so kann eine nachträgliche Messung unter Betrieb der relevanten Erschütterungsquellen sinnvoll sein.

Die Messung von Erschütterungen erfolgt mithilfe von Schwingungsmessern, die an definierten Punkten im und am Objekt platziert werden. Eine Steuereinheit (PC) übernimmt die Synchronisation, Auslesung, Zusammenführung und Vor-Auswertung der Messwerte.

Für die Messung und Beurteilung von Erschütterungen im Bauwesen sind verschiedene Normen des DIN erarbeitet worden. Als wesentliche Bewertungsgrundlage für die Gebäudebeweissicherung dient die DIN 4150, Teil 3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen). Die Beurteilung einer möglichen Beeinträchtigung des Wohlbefindens der Bewohner wird nach DIN 4150, Teil 2 (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) vorgenommen.

Die Messung von Bodenbewegungen erfolgt überwiegend an den betroffenen Objekten selbst durch geeignete geodätische oder geotechnische Messmethoden. Tiefbaubedingte schädigende Horizontalbewegungen ohne nennenswerte Vertikalkomponente sind meist offensichtlich, so dass sich kein Zweifel hinsichtlich der Verursachung ergibt. Als geodätische Messungen werden daher Höhenmessungen bevorzugt, die mit wesentlich geringerem Aufwand hochgenau durchgeführt werden können. Häufig ist die Vermarkung eines Höhenmesspunktfeldes zur Beobachtung mittels Präzisionsnivellement. Bei empfindlicheren Objekten können darüber hinaus stationäre geodätische oder geotechnische Messeinrichtungen installiert werden. Im Einzelfall geht die Beweissicherung hier in eine diskontinuierliche oder permanente Überwachung über, z.B. für bedeutende historische Bausubstanz.

In Sonderfällen kann auch die Messung weiterer Größen erforderlich werden, welche u.U. durch die Baumaßnahmen negativ beeinflusst werden (z.B. die Feuchte in Bauwerksteilen, in Kellern oder in Wohnräumen).

Bei vielen Messungen ist die Erfassung verschiedener Umweltparameter wichtig (meteorologische Daten, Grundwasserstände). Aufgrund der geringen Beträge der zu erwartenden Bewegungen könnten anderenfalls externe Einflüsse die Ergebnisse verfälschen.

4.3 Vorgehensweise im Schadenfall

Auch wenn mit einer gewissenhaften Konzeption der Beweissicherung eine Optimierung der Baumaßnahmen im Hinblick auf die Vermeidung von Schäden vielfach möglich ist, ist das primäre Ziel der Datengewinnung die Beurteilung von Schadenfällen.

Bei allen angezeigten Schäden, bei denen eine Verursachung durch den Baubetrieb nicht offensichtlich ist, ist eine gutachterliche Bewertung erforderlich. Hierzu erfolgt zunächst eine Aufnahme aller angezeigten Schäden vor Ort und ein Vergleich mit der Zustandsdokumentation vor Baubeginn. Die aktuellen Werte der in der Nähe befindlichen Messeinrichtungen und die relevanten Umweltparameter werden ebenfalls erfasst. Vom Bauherrn bzw. von Seiten des ausführenden Unternehmens sind Daten zu Art und Umfang der Baumaßnahmen im relevanten Zeitabschnitt beizusteuern (z.B. Bautagebuch).

Auf Basis der aktuellen Daten und Informationen und dem Datenbestand des Beweissicherungsverfahrens erfolgt schließlich eine gutachterliche Bewertung, ob und ggf. in welchem Umfang die angezeigten Schäden auf die Baumaßnahme zurückzuführen sind.

5 Fallbeispiel Innerstädtischer Tunnelbau

Am Beispiel eines laufenden Großprojektes soll im Folgenden die praktische Umsetzung eines Beweissicherungsverfahrens kurz umrissen werden. Der Bau des Tunnelabschnittes der Bundesstraße 31 in Freiburg bietet sich hierfür an, da unterschiedliche Methoden der Beweissicherung bis hin zur Permanentüberwachung von Einzelobjekten zum Einsatz kommen.

5.1 Baumaßnahme

Die Bundesstraße 31 ist eine wichtige Ost-West-Verbindung zwischen dem südlichen Oberrhein und den südöstlichen Landesteilen von Baden-Württemberg. Im Einmündungsbereich des Dreisamtals quert die B 31 die Innenstadt von Freiburg. Hier kam es aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens im Ostteil der Stadt immer wieder zu Verkehrsproblemen. Zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse erfolgt daher südlich der alten Trasse ein Neubau der Bundesstraße bis zur Ortslage Kirchzarten östlich von Freiburg (s. Abb. 2).

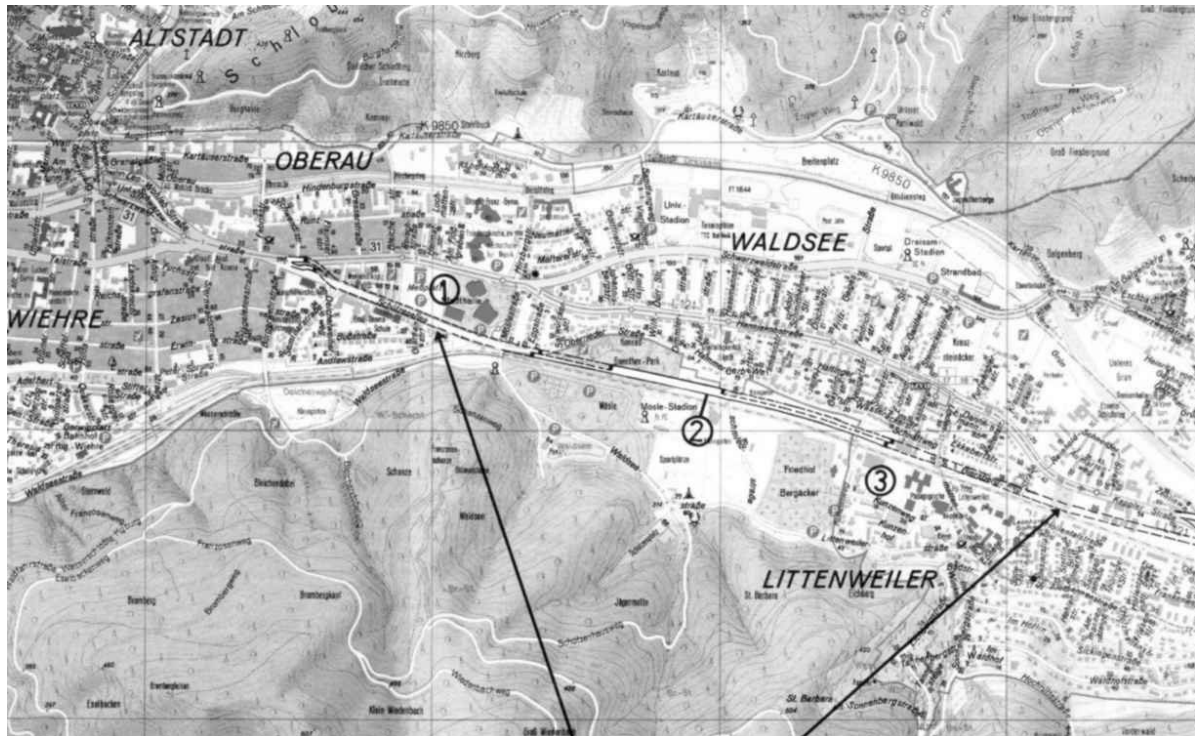


Abb. 2: Übersichtsplan

(1 - Schützenallee-Tunnel, 2 - Einschnitt, 3 - Kappler Tunnel, aus [1])

Die Bauarbeiten für den ersten Abschnitt bis zur Anschlussstelle Kappler Straße (s. Abb. 2) wurden Anfang 1997 aufgenommen. Dieser Bauabschnitt umfasst zwei Tunnel, wobei der Schützenallee-Tunnel in Deckelbauweise auf Bohrpfehlwänden, der Kappler Tunnel in offener Bauweise (Berliner Verbau, rückverankert) erstellt werden. Details zum Bauablauf des Schützenallee-Tunnels enthält die Abbildung 3. Zwischen beiden Tunneln verläuft die Straße in offener Tieflage.

Der Baugrund im Dreisamtal besteht aus bis zu 50 m mächtigen eiszeitlichen Schottern über dem Grundgebirge.

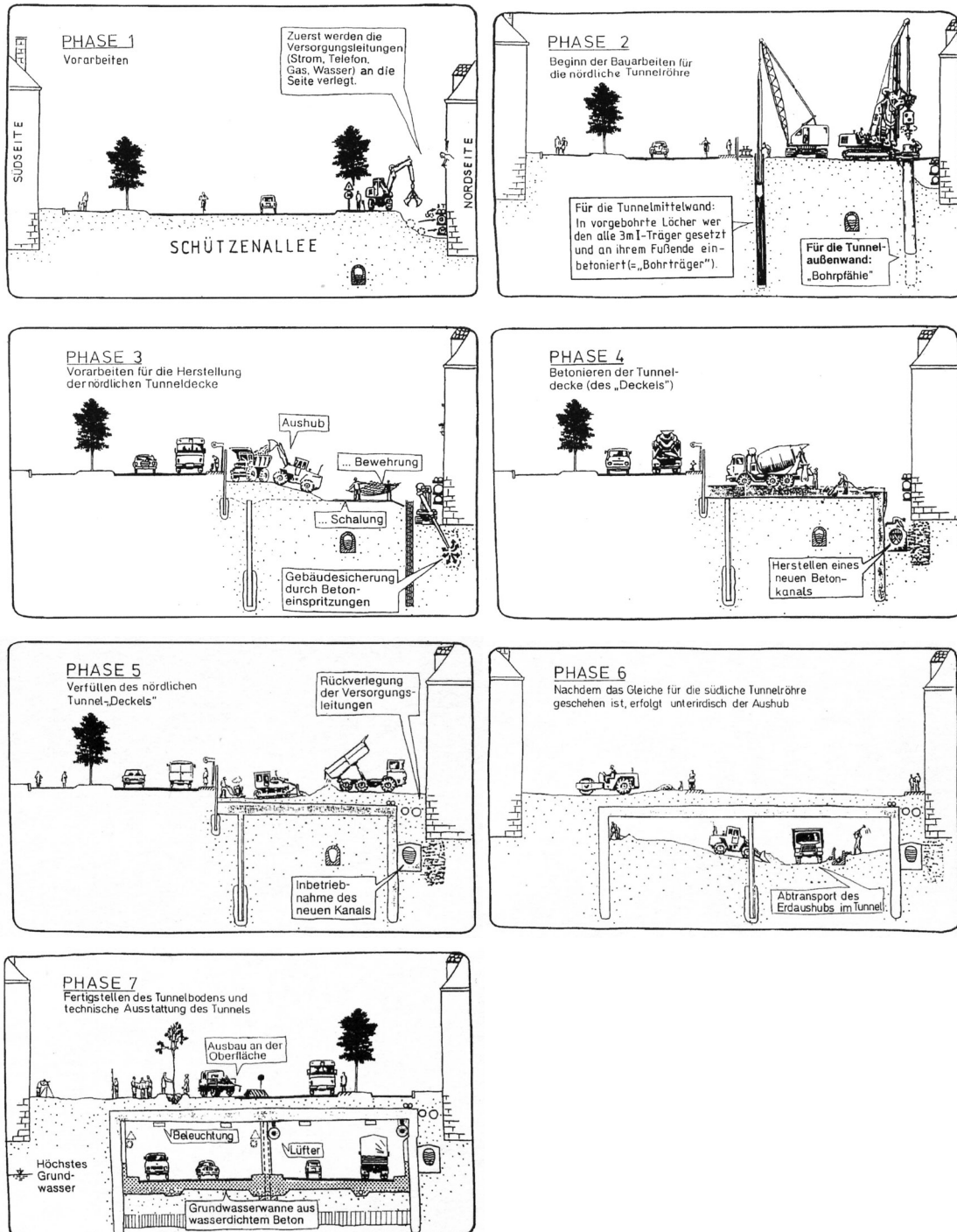


Abb. 3: Bauablauf des Schützenallee-Tunnels (aus [1])

Die umfangreichen Tiefbauarbeiten erfolgen innerhalb der geschlossenen Stadtbebauung. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse müssen dabei die Baumaßnahmen im Bereich der beiden geplanten Tunnelbauwerke zum Teil unmittelbar an den Gebäuden bzw. an deren Gründungen ansetzen (s. Abb. 3, Phasen 1 - 4).

Zu den wesentlichen potenziell schadenrelevanten Arbeiten zählen:

- Aushub von Baugruben (s. Abb. 3, Phase 1)
- Verbauarbeiten, wie z.B. die Einbringung zahlreicher Bohrpfähle (s. Abb. 3, Phase 2)
- Unterfangungen (s. Abb. 3, Phase 3)
- begleitende Kanalbauarbeiten (offene Bauweise, Rohrvortriebe)
- Grundwasserhaltungen

Aufgrund der mit dem Bau verbundenen Eingriffe waren der Umsetzung des Straßenbauvorhabens jahrelange Rechtsstreite vorausgegangen. In einem der außergerichtlichen Vergleiche zwischen dem Regierungspräsidium als Bauherrn sowie verschiedenen Klägern wurde unter anderem vereinbart, von einem unabhängigen Ingenieurbüro ein externes Beweissicherungsverfahren durchführen zu lassen.

5.2 Beweissicherungsmaßnahmen

Auf der Grundlage der Technischen Planung für die Tunneltrasse und für die begleitenden Erneuerungen von Ver- und Entsorgungsleitungen sowie anhand der geologisch-hydrogeologischen Gutachten wurde der Einwirkungsbereich festgelegt. Neben zahlreichen Wohngebäuden werden damit auch verschiedene historische Gebäude, Bahnanlagen und eine Messehalle in die Beweissicherung einbezogen.

Das Beweissicherungskonzept beinhaltet verschiedene Verfahren:

- Dokumentation bestehender Schäden bzw. der Schadenfreiheit
- Präzisionsnivellements
- Neigungsmessungen (Inklinometer)
- Tachymetermessungen
- weitere Sondermessungen

In die Zustandsdokumentation sind insgesamt rund 110 Gebäude mit ca. 450 Wohneinheiten dokumentiert worden. Die Anzahl der regelmäßig beobachteten Höhenmessbolzen an Gebäuden beträgt ca. 370 Stück.

Während die Zustandsdokumentation unmittelbar vor Beginn der Bauarbeiten durchgeführt wurde, begann die Erstellung des Höhenmesspunktnetzes deutlich früher. Die erwartete Abhängigkeit der Nivellementsergebnisse von jahreszeitlich veränderlichen Grundwasserständen sollte hiermit quantifizierbar gemacht werden. In der Tat ergaben sich Einflüsse, die deutlich oberhalb der Messgenauigkeit lagen (Differenzen bis zu 4,5 mm).

Im Bereich der ca. 2,5 km langen Parallelführung der Straßentrasse mit der Höllentalbahn werden in regelmäßigen Abständen Höhenprofile über den Gleiskörper gemessen. Die Messintervalle sind dabei abhängig vom Baufortschritt. Der Anschluss sämtlicher Höhenbeobachtungen erfolgt an einen Festpunkt südlich des Talrandes.

Während der Dauer von Unterfangungsarbeiten von Gebäuden wurden fortwährende Höhenbeobachtungen durchgeführt, um auf induzierte Bewegungen von Gebäudeteilen sofort reagieren zu können.

Während der Durchführung erschütterungsrelevanter Arbeiten (Herstellung der Bohrpfähle) erfolgen Erschütterungsmessungen zur Beurteilung der Auswirkungen auf die Gebäudesubstanz mit mehreren Schwingungsaufnehmern, welche in unterschiedlichen Abständen von der Erschütterungsquelle und in ausgewählten Objekten installiert werden. Aus den Ergebnissen wurde das Erschütterungsabnahmeverhalten im lokalen Baugrund ermittelt, so dass auf Messungen in jedem einzelnen Objekt verzichtet werden konnte. In besonders gelagerten Einzelfällen (wie z.B. die erschütterungsbedingte Störung des Betriebes empfindlicher Messgeräte) erfolgen zusätzliche Messungen.

In die Beweissicherung werden auch regelmäßige tachymetrische Beobachtungen des Verbaus einbezogen, um ggf. auftretende Bewegungen bereits vor einer möglichen Schädigung angrenzender Objekte feststellen zu können.

In einer Reihe von Wohngebäuden, bei denen eine relevante Änderung der Grundwasserhältnisse durch die Verbauarbeiten und das spätere Tunnelbauwerk möglich ist, werden Feuchtemessungen in den Untergeschossen/Kellerräumen durchgeführt.

Über die genannten Beweissicherungsmaßnahmen hinaus erhielten vier Gebäude mit erhöhter Empfindlichkeit eine zusätzliche Instrumentierung mit geotechnischen Messgeräten bzw. Messsystemen. So wurden in drei historischen Gebäuden (Lycée Turenne, Mariahilfkirche und Mariahilfkapelle) Inklinometer installiert, welche insbesondere potenzielle Bewegungen der Türme aufzeichnen sollen (monatliche Messung).

Die Stadthalle 2, eine nördlich des Schützenallee-Tunnels gelegene Messehalle, sollte während der gesamten Bauzeit genutzt werden können. Aufgrund statischer Besonderheiten der Dachkonstruktion und der unmittelbaren Trassennähe (ca. 15 m) wurde beschlossen, ein

über die Beweissicherung hinausgehendes Überwachungskonzept umzusetzen, welches die fortwährende Überwachung während der Baumaßnahmen ermöglicht.

Im Einzelnen sind folgende Messeinrichtungen installiert:

- Inklinometer an der Halle sowie in zwei Bohrlöchern im Vorfeld
- Dehnungsmessstreifen auf den Spannstählen
- meteorologische Messstation (Temperatur, Windstärke und -richtung)
- Schwingungsaufnehmer am Fundament

Die Messwerte werden mit Ausnahme der Schwingungen stündlich bzw. 10-minütig (meteorol. Parameter) übermittelt. Für die Erschütterungen wurde ein Schwellenwert festgelegt, bei welchen eine kontinuierliche Erfassung beginnt (0,5mm/s). Sollten weitere festgelegte Grenzen überschritten werden (1 mm/s, 2 mm/s) werden Alarmer ausgelöst. Die Grenzen wurden dabei bewusst niedrig gewählt (deutlich unterhalb den Werten der DIN 4150, Teil 3), um entsprechende Erschütterungsquellen rechtzeitig vor einer möglichen Gefährdung feststellen zu können.

Über die mehrere Monate vor Beginn der Baumaßnahmen in der Nähe der Halle begonnenen Überwachung konnten die externen meteorologischen Einflüsse ermittelt werden. Auf dieser Basis wurden Schwellenwerte für die Deformation der Spannstähle sowie für die Neigungsänderungen festgelegt.

Die Instrumentierung zweier Bohrlöcher ermöglicht die frühzeitige Erkennung von Bodenbewegungen im Vorfeld der Messehalle. Ein Bohrloch ist für die unabhängige Kontrolle der in den Bohrlöchern eingebauten Inklinometer zum Einsatz einer Inklinometersonde vorgerichtet worden.

Die Daten der verschiedenen geotechnischen Messsysteme am Gebäude selbst sowie in einem Bohrloch zwischen Baumaßnahme und Trasse werden in einem PC erfasst und stehen über DFÜ permanent zur Verfügung. Eine regelmäßige tägliche Auslesung hat sich bewährt.

6 **Ausblick**

Tiefbaumaßnahmen im innerstädtischen Umfeld sind immer mit dem Risiko einer Schädigung benachbarter Bauwerke verbunden. Die aufgetretenen bzw. angezeigten Schadenbilder lassen es oftmals nicht zu, die vorgenommenen Bauarbeiten als Ursache auszuschließen.

In vielen Fällen ist zur Beweissicherung bereits eine einfache Zustandsdokumentation der Bauwerke im Einwirkungsbereich ausreichend. Bei Großvorhaben oder für besonders empfindliche Objekte können aufwendigere Messmethoden bis hin zur Permanentüberwachung sinnvoll sein. Die Beweissicherung ist dabei immer auch im Hinblick auf das bestehende Konfliktpotenzial des Vorhabens abzustimmen. Zwischen dem Bauherrn und den möglichen Betroffenen bestehen in der Regel keine Rechtsbeziehungen. So ist zwischen beiden das Einvernehmen hinsichtlich des zu beauftragenden Gutachters einerseits und hinsichtlich der Vorgehensweise andererseits erforderlich.

Bereits bei der Erstellung des Beweissicherungskonzeptes ist zu berücksichtigen, dass sich der Erfassungs- und Dokumentationsaufwand in einem vernünftigen Verhältnis zu den möglicherweise eintretenden Schäden bewegt. Aufgrund der notwendigen Eingrenzung ist es daher nicht zu vermeiden, dass auch Schäden an Objekten angezeigt werden, welche nicht in die Beweissicherung einbezogen wurden.

Eine umfassende und rechtzeitig durchgeführte Beweissicherung führt jedoch zur Schaffung oder zur erheblichen Erweiterung der benötigten Datengrundlagen für die Bewertung angezeigter Schäden im Zusammenhang mit Tiefbaumaßnahmen und ermöglicht eine fundierte Beurteilung der weitaus überwiegenden Schadenfälle.

- [1] Regierungspräsidium Freiburg: Bundesstraße 31 Freiburg-Kirchzarten. Bürger-Information zum Baubeginn am 17. März 1994.
- [2] Bayerlein, Walter (Hg.): Praxishandbuch Sachverständigenrecht, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, München: C.H. Beck, 1996.
- [3] Knoll, Peter et. al: Moderne Verfahren der Beweissicherungsmessungen, dargestellt am Beispiel der Bauwerkssicherung bei der Tunnelverlegung der B31 im Innenstadtbereich von Freiburg/Breisgau. VDI-Berichte 1436, 1999, S. 269 - 287

Anschrift des Autors:

Markscheider Dipl.-Ing. Jörg Fugmann
arguplan GmbH
Karlstr. 123
76137 Karlsruhe
0721/16 11 00
fugmann@arguplan.de