

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 117 (1999)  
**Heft:** 35

**Artikel:** Bauherrenrisiken und Schadenmanagement: die Rolle der vorsorglichen Beweissicherung  
**Autor:** Steiger, Andreas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79775>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Andreas Steiger, Buchrain

# Bauherrenrisiken und Schadenmanagement

## Die Rolle der vorsorglichen Beweissicherung

**Bauen ist mit Risiken verbunden. Diese müssen von den an einem Bauvorhaben Beteiligten – Bauherrschaft, ausführende Unternehmer, Planer usw. – getragen werden. Je nach Bedeutung ist für deren Beherrschung ein Risikomanagement erforderlich. Elemente des Risikomanagements können sein: Abdecken mit Versicherung, Ergreifen von Massnahmen zur Begrenzung und Steuerung der Einflüsse, Akzeptieren von tragbaren Restrisiken usw.**

Schadenwirkungen auf Nachbargrundstücke werden als Risiko oft unterschätzt. Sie können aber mit unangenehmen und kostspieligen Konsequenzen für die Bauherrschaft verbunden sein. Dieses Risiko lässt sich mit einfachen und kostengünstigen Massnahmen einschränken.

### Steigende Risiken

Die Problematik der Haftung für Schäden an Nachbarobjekten hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Direkte Ursachen sind eine zunehmend verdichtete Bauweise, Um- und Neubauten im überbauten Gebiet sowie ungünstige Baugrundverhältnisse. Indirekte Ursachen sind neue Verfahren für Baugruben und Fundationen. Letztere ermöglichen das Erstellen von Bauwerken an Lokalitäten in einem Umfang, wie es noch vor wenigen Jahren nicht möglich gewesen wäre. Große Eingriffe in die Bausubstanz finden zudem meist im städtischen Umfeld mit entsprechend hohem Schadenpotential statt. Zu erwähnen sind auch zunehmend empfindlichere Einrichtungen und Produktionsanlagen.

### Die Kausalhaftung

Das schweizerische Zivilgesetzbuch (ZGB) regelt unter dem Haupttitel Grundeigentum unter Anderem unter V. Verantwortlichkeit des Grundeigentümers, Art. 679, und III. Nachbarrecht, Graben und Bauen, Art. 685, dass ein Eigentümer keine Nach-

bargrundstücke durch Überschreiten seiner Eigentumsrechte, im Speziellen durch Graben und Bauen, schädigen darf. Als mögliche Schädigungen zählt das ZGB auf: Erdreich in Bewegung bringen oder gefährden sowie vorhandene Vorrichtungen beeinträchtigen. Bei einer Schädigung gilt die Kausalhaftung, d.h. lediglich ein kausaler Zusammenhang mit der Überschreitung des Eigentumsrechts, im Falle eines Baus also durch die Bautätigkeit, ist Haftungsvoraussetzung. Die Frage des Verschuldens ist irrelevant. Auch die Anwendung aller möglichen Vorsichtsmassnahmen enthebt nicht von diesem Haftungsgrundsatz. Die Beweispflicht, dass keine Haftung vorliegt, ist dem Verursacher überbunden.

Im Zusammenhang mit der Kausalhaftung für durch Bauen verursachte Schäden an Nachbargrundstücken ist wichtig:

- Auch unter dem Grundsatz der Eigentumsgarantie hat ein Eigentümer Einwirkungen aus der Nutzung eines Nachbargrundstücks zu dulden, solange diese nicht übermäßig sind.
- Vorbestehende Schäden sowie die Höhe der verursachten Emissionen und Immissionen können nach Eintreten eines möglicherweise schadenverursachenden Ereignisses oft nicht mehr rekonstruiert werden.
- Die Folgen eines Haftungseintritts können mit dem Abschluss einer Versicherung gedeckt werden.

### Zu duldende Einwirkungen

Ein Eigentümer hat Einwirkungen aus der Nutzung seines Grundstücks auf Nachbargrundstücke, die schädlich, nach Lage und Beschaffenheit oder nach Ortsgebrauch nicht gerechtfertigt sind, zu unterlassen (Art. 684 ZGB). Daraus ist abzuleiten, dass der Eigentümer des Nachbargrundstücks Einwirkungen zu dulden hat, solange die erwähnten Grenzen nicht überschritten werden. Als Einwirkungen sind im erwähnten Artikel ZGB namentlich aufgeführt: Rauch, Russ, lästige Dünste, Lärm oder Erschütterungen.

Angaben dazu, wo im konkreten Fall die Grenze zwischen mässiger und übermässiger Einwirkung zu ziehen ist, sind in zahlreichen eidgenössischen und kantonalen Gesetzen zu finden (u.a. Gesetze und

Verordnungen zum Gewässerschutz, zum Lärmschutz, generell zum Umweltschutz). Wo entsprechende Regelungen fehlen, kann ein Richter im Streitfall auch andere allgemein anerkannte und angewandte Normen und Richtlinien anwenden. Darunter fällt auch die SN 640 312 a «Erschütterungen, Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke» der VSS (Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute). Gemäss Bundesgerichtsentscheid können auch andere, ausländische Normen zur Beurteilung herbeigezogen werden.

### Vorbestehende Schäden, Immissionen

Für Schäden, die an einem Objekt bereits bestehen bevor eine Einwirkung eintritt, die unter die nachbarrechtliche Kausalhaftung fällt, ist der Nachbar selbstverständlich nicht verantwortlich und damit auch nicht haftbar. Problematisch sind vorbestehende Schäden allerdings unter dem Gesichtspunkt der Beweispflicht. Während Bauarbeiten können in der Regel übermässige Einwirkungen entstehen, wodurch einerseits die Kausalhaftung und andererseits die Beweispflicht des Verursachers gegeben sind. Der Zeitpunkt des Schadeneintritts an einem Bauwerk oder Grundstück kann in den meisten Fällen nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit bestimmt werden. Es besteht somit die Ge-

1  
Massive Risse in einer Gebäudefassade als Folge von Setzungen, verursacht durch eine Nachbarbaustelle



fahr, dass die Beweismittel im Laufe der Zeit verloren gehen.

Die erforderlichen Beweise über vorbestehende Schäden und das Einhalten von Emissions- und Immissionsgrenzwerten müssen mittels vorsorglicher Beweissicherungsmassnahmen erbracht werden. Die dazu erforderlichen Eingriffe in sein Eigentum hat der Nachbar zu dulden.

### Die Rolle der Versicherung

Die Versicherung spielt heute im Rahmen des Risikomanagements eine eminent wichtige Rolle. Für das Abdecken von Risiken stehen verschiedene Versicherungen, insbesondere die Bauherrenhaftpflicht- und die Bauwesenversicherung, zur Verfügung. Detaillierte Angaben zu diesen Versicherungsinstrumenten sind dem kürzlich vom SIA in Zusammenarbeit mit dem schweizerischen Versicherungsverband herausgegebenen Vademecum «Versicherungen im Baualltag, Risiko und Versicherung» [1] zu entnehmen.

Die Problematik des Beweisverlusts entfällt mit dem Abschluss einer Versicherung nicht. Im Rahmen des Risikomanagements wird die Versicherung entweder dem Versicherungsnehmer entsprechende Auflagen machen oder selber tätig werden.

### Verfahren der Beweissicherung

Die vorsorgliche Beweissicherung ist ein äusserst wichtiges Element des Risikomanagements. In vielen Fällen können später eingebrachte, unberechtigte Haftungsansprüche nur dank der vorsorglich erhobenen Beweismittel abgewehrt werden.

Die Beweissicherung kann entweder als aussergerichtliches oder gerichtliches Verfahren abgewickelt werden.

### Aussergerichtliche Beweissicherung

Bei der aussergerichtlichen Beweissicherung werden die erforderlichen Beweismittel ohne Einbezug einer gerichtli-

chen Instanz erhoben. Meist bestimmt die Bauherrschaft bzw. deren Vertreterin die mit der Beweisaufnahme betrauten Personen im Einvernehmen mit den betroffenen Parteien der Nachbarschaft. Die Ergebnisse der Beweisaufnahme sollten der Gelegenheitspartei zugestellt und von dieser eine - evtl. auch stillschweigende innert einer festgelegten Frist - Bestätigung verlangt werden. Für die aussergerichtliche Beweissicherung gibt es kein festgelegtes Verfahren.

### Gerichtliche Beweissicherung

Bei der gerichtlich angeordneten Beweissicherung muss die Bauherrschaft als beweispflichtige Partei einen Antrag auf Anordnung einer Beweisaufnahme an das zuständige Gericht stellen. Dieses ordnet die Beweisaufnahme an, bestimmt einen Experten und eröffnet den Entscheid den Parteien. Den Parteien steht die Möglichkeit offen, innert einer vom Gericht festgelegten Frist (in der Regel 10 Tage) Ein-

## 2

Übersicht und Entscheidungshilfe für die Wahl der zu beschaffenden Beweismittel; der Entscheid muss unter Berücksichtigung der spezifischen Verhältnisse des Objekts erfolgen

	<b>Rissprotokoll</b>	<b>Nivelllement</b>	<b>Verschiebungsmessung</b>	<b>Erschütterungsmessung</b>	<b>Grundwasserspiegelmessung</b>
Bemerkungen zum Verfahren	Visuelle Rissaufnahmen gemäss SN 640 312 a mit Protokoll	Höhenmessung ausgewählter Punkte in der Regel mit Präzisionsnivelllement	Lagemässige Kontrolle ausgewählter Punkte mit Vermessung (Theodolit), Bohrlochinstrumentierung (Inclinometer o.Ä.)	Messung der Erschütterungseinwirkungen mit Geofonen nach SN 640 312 a	Überwachung der Grundwasserspiegellage mit Piezometern
Zeitpunkt der Ersterhebung	Vor Baubeginn	Vor Baubeginn	vor ev. mit Baubeginn bzw. nach Installation der Überwachungselemente (z.B. Inclinometer in Schlitzwand)	Während relevanter Bauarbeiten (vor Baubeginn ev. Nullmessung der vorhandenen Erschütterungen aus anderen Quellen)	Vor Baubeginn bzw. vor Beginn Grundwassersenkung

Einsatz bei:

Abbrucharbeiten von geringem Umfang	+	0	0	+	0
mittlerem Umfang	++	0	0	++	0
Baugruben von geringer Tiefe	+	+	-	0	0
mittlerer Tiefe	++	++	+	0	0
grosser Tiefe	++	++	++	0	0
Rammarbeiten (Spundwände, Pfähle)	++	++	0	++	0
Sprengarbeiten	++	0	0	++	0
Verdichtungsarbeiten	+	+	0	+	0
Grundwassersenkungen	++	++	0	0	++
Ungünstiger Baugrund	++	++	+	0	0
Erschütterungsempfindliche Anlagen und Geräte im gefährdeten Bereich	-	-	-	++	0

++: dringend empfohlen, +: empfohlen, -: eher nicht erforderlich, 0: nicht relevant

sprache gegen die angeordnete Beweissicherung oder gegen den vom Gericht bestimmten Experten zu erheben. Nach unbenutztem Verstreichen der Einsprachefrist wird die Anordnung rechtsgültig, und der Experte muss die erforderlichen Schritte zur Erfüllung seines Auftrags einleiten.

Die Protokolle über seine Tätigkeit reicht der Experte dem Gericht ein, das diese den Parteien zustellt. Es besteht eine Einsprachemöglichkeit gegen die vorgelegten Beweismittel. Eine Einsprache hat durch die Parteien innert einer festgelegten Frist an das Gericht zu erfolgen. Nach ungenutzter Einsprachefrist erlangen die Beweismittel rechtliche Gültigkeit.

Das Verfahren der gerichtlichen Beweissicherung ist in der Schweiz kantonal geregelt. Die Grundsätze sind in den Zivilprozessordnungen der Kantone festgelegt. Für Bauvorhaben der Eidgenossenschaft, der Bahnen und weiterer eidgenössischer Organisationen ist die eidgenössische Schätzungscommission zuständig. Diese ist regional organisiert.

### Der Experte

Der Experte hat bei seiner Tätigkeit allfällige Instruktionen des Gerichts zu beachten. Er handelt in der Regel nach Auftragsrecht gemäss Obligationenrecht Art. 394 ff. und ist zu besonderer Sorgfalt und Neutralität bei der Erfüllung seiner Aufgabe verpflichtet. Hinweise zur Tätigkeit des Experten sind zudem in der Richtlinie SIA 155 zur Ausarbeitung von Gutachten zu finden. Bei der Wahl des Experten sind zu beachten:

- Der Experte soll über die erforderliche Erfahrung und eine angemessene Ausrüstung (entsprechend der heutigen Messtechnik) verfügen.
- Der Experte soll über die erforderlichen Kapazitäten in personeller (Stellvertretung) und gerätetechnischer Hinsicht verfügen, so dass Absenzen von Personen keinen Totalausfall verursachen und kurzfristige, unerwartete Bedürfnisse der Baustelle (z.B. zusätzliche Instrumentierung) abgedeckt werden können.
- Auch moderne Geräte können ausfallen oder beschädigt werden. Eine regelmässige Kontrolle der Überwachungsinstallation auf der Baustelle ist deshalb geboten. Dem Experten sollen dazu die Möglichkeiten (auch finanzieller Art) gegeben werden.
- Ein Experte muss sich durch Neutralität und Professionalität auszeichnen. Dazu gehören eine ausreichende Berufshaftpflichtversicherung, die periodische Wartung und Kalibrierung der Messgeräte sowie eine angemessene Weiterbildung des Personals.

Die Wahl des Experten trägt massgeblich dazu bei, ob im Streitfall die Beweismittel aussagekräftig sind und ausreichen, ungerechtfertigte Forderungen abzuweisen.

### Gerichtliche versus aussergerichtliche Beweissicherung

Bezüglich der Sicherheit der Beweismittel bietet eine gerichtliche Beweissicherung gewichtige Vorteile. Von Vorteil sind die gerichtliche Anordnung mit gesetzlich geregelter Einsprachemöglichkeit sowie die Eröffnung der Beweismittel mit Einsprachemöglichkeit. Nachteile der gerichtlichen Beweissicherung sind der Zeitbedarf sowie die zusätzlichen Kosten.

Der Zeitbedarf vom Antrag an das Gericht bis zum Vorliegen der rechtsgültigen Beweismittel einer vorsorglichen Rissaufnahme beträgt vier bis fünf Wochen (2 mal 10 Tage Einsprachefrist gegen Anordnung und Bestimmung des Experten sowie eröffnete Beweismittel; Bearbeitungszeit des Experten und der Gerichtsinstanzen, Zeit für Postversand). Weil die vorsorgliche Beweisaufnahme aus Kostengründen meist erst bei Vorliegen einer Baubewilligung eingeleitet wird, entsteht durch den Gerichtsweg eine zusätzliche Verzögerung von etwa 3 bis 4 Wochen. Diese Zeit kann mit einer aussergerichtlichen Beweissicherung eingespart werden.

Die Mehrkosten für das gerichtliche Verfahren von einigen Hundert Franken dürften nicht entscheidend sein.

Bei grösseren Bauvorhaben bzw. ab einem gewissen Schadenpotential ist eine gerichtliche Beweissicherung zu empfehlen. Diese sollte möglichst frühzeitig eingeleitet werden.

### Beweismittel

Die Frage, welche Beweismittel durch einen speziell beauftragten Experten vorsorglich erhoben werden sollen, muss im Einzelfall entschieden werden. Eine Hilfe kann dabei die Zusammenstellung in Bild 2 sein. Es liegt in der Natur des Bauens, dass nicht alle Details im voraus bekannt sind. Es empfiehlt sich deshalb, den Umfang der Beweissicherung grosszügig festzulegen.

Auf die bei einzelnen Beweismitteln zu beachtenden Details wird weiter unten noch eingegangen.

### Das Rissprotokoll

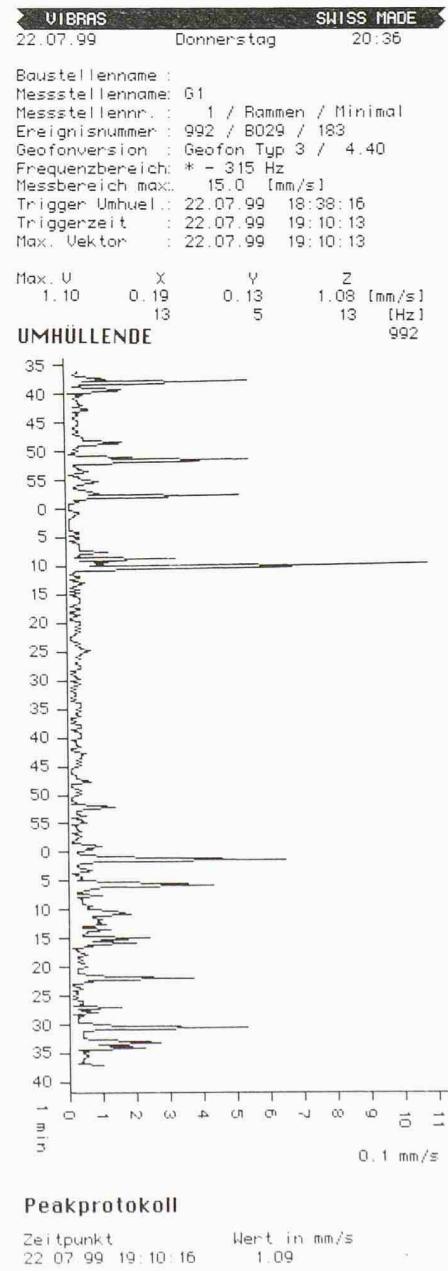
Das Rissprotokoll ist vor Beginn der Bauarbeiten durch einen erfahrenen Spezialisten aufzunehmen. Der Aufnahmeparameter ist von der Art des Bauvorhabens, den lokalen Verhältnissen (u.a. Baugrund) und dem vorhandenen Schadenpotential

abhängig. Treten während der Arbeiten Risschäden auf, kann gegebenenfalls eine Zwischenkontrolle zur Beobachtung der Schadenentwicklung veranlasst werden. Zwischenkontrollen können auch zweckmässig sein, wenn an den betroffenen Liegenschaften Renovations- oder Umbauarbeiten vorgenommen werden.

Grundsätze zum Rissprotokoll sind in SN 640 312 a, Erschütterungen unter Kapitel D «Risse und Rissprotokolle» festgehalten. Es werden nur Risse aufgenommen, die aus einem Meter Distanz von blossem Auge erkennbar sind, was einer Rissbreite von zirka 0,05 mm entspricht. Es ist zu unterscheiden zwischen Oberflächenrissen und durchgehenden Rissen.

### 3

Messwertausdruck auf Protokolldrucker zuhanden der Baustelle



Bezüglich ihrer Breite werden die Risse in fünf Klassen eingeteilt (feine Risse  $\leq 0,2$  mm bis klaffende Risse  $\geq 3$  mm). Die Risse werden im Rissprotokoll mit Länge und Lage beschrieben. Nur grössere oder speziell ausgeprägte Risse werden zusätzlich in Skizzen oder fotografisch festgehalten.

Je nach Bedeutung in Bezug auf Dauerhaftigkeit und Ästhetik werden gewisse Rissbreiten zugelassen. So gilt bei Innenbauteilen eine Rissbreite von 0,4 mm und bei nicht umweltbelasteten Aussenbauteilen eine solche von 0,2 mm als zulässig. Bei hohen ästhetischen Anforderungen beträgt die zulässige Rissbreite 0,1 mm.

### Schlusskontrolle und Schadensbewertung

Sind während der Bauzeit an einem Objekt Schäden aufgetreten, wird eine Schlusskontrolle angeordnet. Diese hat festzustellen, welche zusätzlichen Schäden im Vergleich zum Rissprotokoll der Erstaufnahme vorhanden sind. Sind keine Schäden festgestellt worden, wird meist auf eine Schlusskontrolle verzichtet.

Die Schlusskontrolle soll möglichst von der gleichen Person ausgeführt werden, die die Erstaufnahme erhab. Dies bietet am ehesten Gewähr für einen vergleichbaren Massstab bei der Aufnahme. Wegen der naheliegenden Versuchung der Einflussnahme bei der Schlussaufnahme durch die Eigentümer ist Unabhängigkeit und Durchsetzungsvermögen bei der Aufnahmeperson Voraussetzung.

Wichtig ist, beim Vergleich zwischen der Erstaufnahme und der Schlussaufnahme die natürliche Risszunahme zu berücksichtigen. Besonders ins Gewicht fällt diese bei länger dauernden Bauvorhaben. Speziell bei jüngeren Bauwerken kann die natürliche Rissbildung infolge Schwinden der Baumaterialien, Temperaturwechsel oder bei Materialwechseln bedeutend sein.

### Höhenkontrolle mit Nivellement

Die Höhenkontrolle mit Nivellement (in der Regel Präzisionsnivellierung) ist eine bewährte Methode zur Feststellung und Quantifizierung von Setzungen, die durch Bauarbeiten verursacht wurden. Die Nullmessung muss vor Beginn der Bauarbeiten und über den ganzen relevanten Perimeter ausgeführt werden. Mit Folgemessungen können mit relativ geringem Aufwand kritische Bauphasen überwacht und bei Anzeichen von unerwarteten Setzungen Gegenmassnahmen getroffen werden. Vorteilhafterweise sollte nach der Nullmessung vor Beginn umfangreicher Arbeiten eine Folgemessung zur Verifizierung der Nullmessung ausgeführt werden.

4

Mit der Erschütterungsüberwachung werden die Verursacher zum Masshalten motiviert, bei den Betroffenen wird Vertrauen geschaffen



### Lagekontrolle mit Verschiebungsmessungen

Besteht die Gefahr, dass horizontale Verschiebungen im Baugrund zu Schäden führen können, sind Lagekontrollen vorzusehen. Diese Gefahr droht insbesondere bei der Erstellung mittlerer bis tiefer Baugruben sowie in Hanglagen. Selbstverständlich sind die Baugrundverhältnisse zu berücksichtigen.

Als Messverfahren kommen trigonometrische Messverfahren bzw. in ein Bohrloch versetzte oder in eine Schlitzwand einbetonierte Inclinometer in Frage. Für Spezialfälle stehen auch andere Methoden, z.B. die Distometermessung oder elektromatische Distanzmessungen, beides Messverfahren mit hoher Genauigkeit, zur Verfügung. Die Wahl hat aufgrund der Zielsetzungen und unter Beachtung der lokalen Randbedingungen zu erfolgen.

### Erschütterungsmessungen

Erschütterungen sind häufig Ursache von Schäden an Nachbarobjekten, allerdings noch viel häufiger Anlass von Forderungen aus der Nachbarschaft. Dies ist auf die zahlreichen Erschütterungsquellen im Bauprozess einerseits und die leichte Feststellung der Erschütterungswirkungen durch den Menschen anderseits zu erklären.

Quellen und Schadenwirkungen von Erschütterungen

Erschütterungen entstehen bei Abbruch- und Sprengarbeiten (Felsauhub), Rammarbeiten für Pfähle und Spundwän-

de, Verdichtungsarbeiten (Vibrationswalzen) usw. Die meisten dieser Arbeiten sind auch mit einer intensiven Lärm- und Staubentwicklung verbunden, was das Empfinden des Menschen zusätzlich beeinflusst.

Bezüglich der Schadenwirkung am Einwirkungsort sind zu unterscheiden: Die Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen und die Beeinträchtigung seines Wohlbefindens, die Einwirkung auf Maschinen, Geräte und Produktionsprozesse sowie die Einwirkung auf unter- und oberirdische Bauwerke.

Erschütterungseinwirkung auf den Menschen

Der Mensch kann bereits geringe Erschütterungen wahrnehmen. In Kombination mit Lärm und anderen unerwünschten Immissionen empfindet er schon leichte Erschütterungen als unangenehm und fühlt sich in seinem Wohlbefinden beeinträchtigt. Grenzwerte bezüglich der zulässigen Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen sind in der Schweiz noch nicht festgelegt. Eine Richtlinie ist momentan im Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) in Bearbeitung. Neben den von den SBB verwendeten Richtwerten finden die Grenzwerte der DIN-Normen Anwendung. Zur Beurteilung wird in der Regel der sogenannte KB-Wert herangezogen. Dieser wird mit einer unterschiedlichen Gewichtung der verschiedenen Frequenzanteile eines Erschütterungereignisses gebildet.

## Erschütterungseinwirkung auf Maschinen, Geräte und Produktionsprozesse

Zunehmend stehen heute erschütterungsempfindliche Maschinen, Geräte und Produktionsprozesse im Einsatz. Einige Beispiele: Computeranlagen aller Art, wobei speziell die beweglichen Speicherplatten (Harddisks) gefährdet sind, Röntgengeräte, optische Geräte, Hochregallager, hochpräzise Produktionsanlagen für Computerchips. Diese können durch Erschütterungen beeinträchtigt werden. Einheitliche Grenzwerte über zulässige Erschütterungseinwirkungen bestehen für diese Anlagen und Geräte nicht. Im Einzelfall können Grenzwerte aus den Anlagenspezifikationen oder aus den während dem üblichen Betrieb vorhandenen Erschütterungen abgeleitet werden. In Fällen mit hohen Risiken ist das Ausweichen auf weniger erschütterungsverursachende Baumethoden notwendig, oder die Anlagen müssen während der Erschütterungseinwirkung abgeschaltet werden. Alternativ ist es möglich empfindliche Geräte mit Dämpfungselementen zu lagern.

## Erschütterungseinwirkung auf Bauwerke

Die Schadenwirkung von Erschütterungen bei Bauwerken ist wesentlich von der Konstruktionsart abhängig. Die SN 640 312 a unterscheidet für Hoch- und Tiefbauten vier Bauwerksklassen: (1) wenig empfindlich bis (4) erhöht empfindlich. Die Schadenwirkung ist zudem von der Häufigkeit der Einwirkungen abhängig. Die Norm unterscheidet zwischen: gelegentlich (< 1000 Ereignisse), häufig und permanent (> 100 000 Ereignisse). Durch Erschütterungen, deren Frequenzen oft im Bereich von 5 bis 50 Hz liegen, können Bauwerke angeregt werden. Die Erschütterungen sind deshalb nicht an allen Stellen des Bauwerks gleich gross.

Erschütterungsgrenzwerte sind in der Norm frequenzabhängig mit Schwinggeschwindigkeiten (mm/s) festgelegt. Solange diese Grenzwerte nicht überschritten werden, ist die Wahrscheinlichkeit von Schäden an einem Bauwerk gering. Voraussetzung für die Anwendung dieser Grenzwerte ist eine fachgerechte Durchführung der Messungen.

## Messverfahren für Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke

Die zur Überwachung von Erschütterungseinwirkungen anzuwendenden Messverfahren sind in der erwähnten SN-Norm geregelt. Üblicherweise kommen Messaufnehmer mit Erfassung der Schwinggeschwindigkeit der drei Vektorkomponenten, sogenannte triaxiale Geofone mit Vektorbildung zum Einsatz. Bei der heute zur Verfügung stehenden Tech-

nik können mehrere Geofone an einem Messwertaufzeichnungsgerät angeschlossen werden. Damit die Überwachungsdaten bereits auf der Baustelle genutzt werden können, ist parallel zur Speicherung der Messdaten für die spätere Auswertung und Berichterstattung eine Ausgabe der Messdaten auf einem Drucker zweckmäßig. Die Erfahrung zeigt, dass Mitarbeiter der Bauleitung bzw. der ausführenden Unternehmung bereits nach einer kurzen Einführung mit den ausgedruckten Daten umgehen können. Sie werden so zusätzlich sensibilisiert, die Erschütterungsemisionen zu kontrollieren. Ein Ausdruck des Baustellendruckers ist in Bild 3 abgebildet.

Erschütterungsmessungen auf Baustellen werden immer wieder durch Fremdeinflüsse beeinträchtigt. Durch den Einsatz von mindestens zwei Geofonen werden Auswertung und Interpretation wesentlich vereinfacht und das Ausscheiden vieler Fremdeinflüsse (z.B. direkte Stöße gegen ein Geofon) erleichtert.

Die Technik bietet heute zahlreiche Komfortverbesserungen für die Messung. So können die Messdaten bei entsprechender Instrumentierung vom Büro aus über ein Mobiltelefon abgerufen werden, oder es kann automatisch eine optische oder akustische Alarmierung bei Überschreitung von Grenzwerten aktiviert werden.

Die Erfahrungen bestätigen hingegen, dass ein gut informiertes und instruiertes Team auf der Baustelle, dem praktische Hilfsmittel (z.B. Messwertausdruck auf einem zentralen Messwertaufzeichnungsgerät) zur Verfügung stehen, die beste Garantie für minimale Schäden ist. Die Kosten für eine etwas aufwendigere Installation (sämtliche Geofone an den verschiedensten Standorten müssen an das Messwertaufzeichnungsgerät angeschlossen werden) sind deshalb gut investiertes Geld.

## Grundwasserspiegelbeobachtung

Sind im Zusammenhang mit Bauvorhaben Eingriffe im Grundwasser vorgesehen, sollte unbedingt eine entsprechende Überwachung angeordnet werden. Spezielle Vorsicht ist bei gespannten Grundwasserverhältnissen oder verschiedenen Grundwasserstockwerken geboten. Von vorrangiger Wichtigkeit ist die Setzungsempfindlichkeit des Baugrunds.

Die Installation der Piezometer soll frühzeitig (bei schwierigen Verhältnissen möglichst 1 bis 2 Jahre im Voraus) und durch Fachleute erfolgen. Eine genügende Abdichtung gegen Oberflächenwasser ist zu beachten. Der manuellen Ablesung steht heute die automatische Ablesung mit Abspicherung der Messdaten (Datenlogger) gegenüber. Die automatische Auf-

zeichnung kann mit einer Alarmierung und/oder Fernübertragung gekoppelt werden.

## Weitere Beweismittel

Neben den erwähnten Beweismitteln haben verschiedene weitere Merkmale eine gewisse Bedeutung. Dazu gehören unter anderen:

- Überwachung ausgewählter Parameter (z.B. pH-Wert) des in die Kanalisation abgeleiteten Baustellenabwassers.
- Lärmemissionen von Baustellen.
- Überwachung von Klimaparametern wie Lufttemperatur und -feuchtigkeit für Qualitätsüberwachung, -steuerung und -nachweis der Baustelle.

Die Entwicklung der Elektronik und Messtechnik wird bezüglich der Erfassung weiterer Messparameter in den kommenden Jahren neue Möglichkeiten öffnen. In nicht allzu ferner Zukunft ist der Einsatz von Systemen zur Überwachung einzelner Bauteile oder ganzer Bauwerke bezüglich der Tragwirkung absehbar.

## Umfassendes Schadenmanagement

Bei Baustellen mit langer Bauzeit oder besonderen Risiken ist heute ein umfassendes Schadenmanagement eine Notwendigkeit. Zwei Beispiele aus der Praxis mögen dies veranschaulichen.

## Bourbaki-Panorama Luzern

Seit 1997 wird das Panorama mit dem berühmten Rundbild von E. Castres erneuert und erweitert. Das unersetzbare, teilweise brüchige Rundbild muss unbedingt vor Schaden bewahrt werden. Zur Lösung dieser Aufgabe ist während der gesamten Bauzeit eine speziell konzipierte Erschütterungsüberwachung eingerichtet. Für die Überwachung der Leinwand musste ein Geofon umgebaut werden. Die anzuwendenden Grenzwerte erforderten eine intensive Recherche sowie eine sukzessive Analyse der Messwerte während der Arbeiten.

## Erweiterungsbauten A2, Luzern-Horw

Die Erweiterungsarbeiten an der A2 finden mitten im Siedlungsgebiet statt und dauern beinahe 10 Jahre. Der Baugrund ist teilweise sehr setzungsempfindlich. Für diese Baustelle wurde ein umfassendes Schadenmanagementkonzept erarbeitet und umgesetzt. Dieses umfasst beinahe die gesamte Palette der Beweissicherungsmaßnahmen wie: Rissprotokolle, Nivellierungen, Erschütterungsmessungen, Grundwasserspiegelmessungen. An die beauf-

tragten Experten stellt die Baustelle höchste Anforderungen bezüglich Flexibilität und Kapazität. So können kurzfristig neue Rissaufnahmen oder Erschütterungsüberwachungen mit mehreren Messgeräten notwendig sein. Der Beurteilung von Rissbildung ist wegen der langen Bauzeit und der Eigenrissbildung spezielle Beachtung zu schenken. Die langjährigen Setzungsmessungen im betroffenen Gebiet werden dabei eine grosse Hilfe sein.

### Schlussfolgerungen

Durch Bauarbeiten können an Nachbargrundstücken und -bauten erhebliche Schäden verursacht werden. Für diese Schäden ist meist der Bauherr haftbar. Das Haftungsrisiko kann mit relativ einfachen Massnahmen eingegrenzt werden. Diese dienen drei Zielen:

- Ungerechtfertigte Ansprüche sollen abgewehrt werden können.

- Mit einer zweckmässigen Überwachung sollen schadenverursachende Immissionen möglichst vermieden werden.
- Im Schadenfall soll der Verursacher eruierbar sein.

Vorsorgliche Beweissicherungsmassnahmen in Form von Zustandsaufnahmen (Rissprotokolle, Höhenaufnahmen usw.) vor Baubeginn sowie als Überwachungsmassnahmen während der Bauarbeiten (Erschütterungs-, Lärmessungen usw.) dienen der Risikoeingrenzung für die Bauherrschaft.

Die Wahl der zweckmässigen Mittel für die vorsorgliche Beweissicherung muss von Fall zu Fall unter Berücksichtigung der Randbedingungen in Zusammenarbeit mit den Beteiligten erfolgen.

Spezielle Beachtung erfordert die Wahl des Experten für die Durchführung der Aufnahmen bzw. der Überwachung. Er soll über eingehende Erfahrung sowie genügende personelle und gerätetechni-

### Literatur

[1]

Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Winterthurversicherungs-Gesellschaft, Schweizerischer Versicherungsverband: *Vademecum, Versicherung im Baualltag, Risiko und Versicherung*. SIA-Dokumentation D 0157, Zürich, März 1999

sche Ressourcen verfügen, um den Bedürfnissen der Baustelle auch bei Überraschungen gerecht zu werden. Der Experte muss unabhängig von den beteiligten Parteien sein. Damit er die notwendigen Abklärungen vornehmen kann, müssen ihm die erforderlichen finanziellen Mittel zur Verfügung gestellt werden.

Adresse des Verfassers:

*Andreas Steiger, dipl. Bauing. ETH SIA USIC; Steiger Baucontrol AG, Bauimmissionsüberwachung, Hofmattweg 1, 6033 Buchrain (vormals Dr. H. Bendel und Vibrotest AG)*

Nina Rappaport, New York

## Cecil Balmond

### Profile of an engineer working in the «informal»

**Most engineers, when given a structural problem for a building often find the direct and pragmatic solution, engineer, Cecil Balmond, one of fifteen directors of Ove Arup & Partners and head of the European office, approaches problems directly but also relies on the «informal» and an internal rigor, of a form which is non traditional. To him routine engineering concerns itself with Cartesian frameworks, which he continues to use, but he moves beyond the orthogonal to an evolution of forms based on geometry and algorithms which organize structures by means of an internal rigor.**

op structural solutions for complex designs and shapes that they would otherwise not be able to build.

Balmond has also lectured widely and teaches engineering in the School of Architecture at Yale University. Last year he wrote a book, called Number 9: «The Search for the Sigma Code» (Prestel, Munich 1998) and he is working on a new book that describes many of his projects that will be published by Prestel next Spring.

In many building design situations there is an immense gap between the architect and the engineer, often because engineers are involved in a project at the later stage of a design, but Balmond, often involved in a building from the beginning, creates a collaborative process between himself and architects. One of his approaches is to develop an internal mathematical rigor in a project especially when the architect has created a design that is not a Cartesian box, and therefore not a more obvious grid structure. Balmond said, «I encourage free shape but there has to be a rigorous principle that would create a bet-

ter solution. I work from an inside process outward. The forms are not whimsical but are mathematically figured out through algorithms based on simple systems and rules. These algorithms get repeated with a mathematical rigor that dictates the structural system. As a simple geometrical algorithm you can start with the number one and add one to it, and it makes all the numbers.» Because his system is numerical he can translate it to structural analysis so it is geometric and therefore architectural in three dimensions but the link which the architects never see is the actual engineering.

Another philosophy that Balmond employs is that which he calls the «informal.» To him the «informal» is the advocating of more relaxed thinking in structure. «I don't have to do a structural cage with the column and the beam in a regular skeleton, each time I work on a project», he said. «There is nothing wrong with that but there is nothing new with it either; it is a basic starting point. But I then ask: Why does a column always have to be straight? Why can't it lean? Why not jump a space and column? Why not skip a beat and create a staccato support system as in jazz with a rhythmic idea to lead to architecture? When I work with Libeskind or Koolhaas we have a dialogue in which we can create a new idea. The theory of the informal is

Balmond, originally from Sri Lanka, has found himself a niche in the London office of Ove Arup, an international firm with 5,800 staff people. He has been involved in the structural engineering of buildings by avant garde architects such as Rem Koolhaas, Daniel Libeskind, Ben Van Berkel, and Alvaro Siza who rely on him to devel-