

Garage gekippt

Erschütterungen als Ursache für Setzungsschäden?

Nach einer Erneuerung des Straßenkanals zeigten Anlieger bei der zuständigen Tiefbaubehörde Schäden an, die im Zuge dieser Arbeiten durch erhebliche Erschütterungen aufgetreten seien. Dazu gehörten Rissbildungen an einer Garage und dem dazu gehörenden Einfamilienhaus. Ob die Erschütterungen tatsächlich die Setzungen verursacht haben, wurde mit einem Gutachten geklärt. ■

Im Rahmen eines Gutachtens war zu untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen den aufgetretenen Schäden an Wohnhaus und Garage und den Arbeiten zur Erneuerung des vor dem Grundstück verlaufenden Straßenkanals und der Schwarzdecke bestand. Beim ersten Orts-

termin wurden folgende Situation und Schäden vorgefunden:

Das zweigeschossige Wohnhaus und die Garage sind in Massivbauweise errichtet und mit Vormauerziegelsteinen verblendet. Das Wohnhaus ist inklusive der gartenseitigen Terrasse unterkellert. Die grenztändige Garage ist seitlich an den Giebel des Wohnhauses angebaut (Bild 1).

Gartenseitig ist die Garage durch eine vertikale Fuge vom Wohnhaus getrennt. Die Fuge ist unten, in Höhe des Terrassenbodens, unversehrt und ca. 20 mm breit. Nach oben hin nimmt die Fugenbreite kontinuierlich bis auf ca. 45 mm zu (Bild 2). Der elastische Dichtstoff ist dort wechsel-

gerissen. Die terrassenseitige Außenwand der Garage weist eine vom Wohnhaus weg gerichtete Lotabweichung von ca. 25 mm auf ca. 1,80 m Höhe auf (Bild 2).

An der Vorderseite der Garage fehlt die Fugenausbildung zum Wohnhaus. Die Verblendschale ist mit Verzahnung ausgeführt. Die Verblendschale ist vom Rahmen des angrenzenden Fensters nach oben hin zunehmend abgezogen (Bild 3). Die Versiegelung war von den Eigentümern bereits erneuert worden, um Feuchtigkeitseintritte zu verhindern. Im Bereich des linken Auflagers des Fenstersturzes zeigt sich ein vertikaler Ebenenversatz in der Verblendschale.

Die an der Nachbargrenze errichtete Garagenaußenwand weist eine zum Nachbar-



(1) Straßenansicht der Garage und des Wohnhauses



(2) Terrassenseitige Fuge zwischen Wohnhaus und Garage



(3) Anschluss der Garage an das Wohnhaus auf der Straßenseite: Die Verblendschale ist vom Rahmen abgezogen. Ein Ebenenversatz ist sichtbar.

grundstück gerichtete Lotabweichung von ca. 20 mm in 1,80 m Höhe auf.

Im Bereich der Garage ist die Ziegelverblendschale des Wohnhauses auf das Stahlbetondach der Garage aufgesetzt. Die Verblendschale weist dort ab ca. 1,50 m Höhe nach unten hin eine konvexe Krümmung auf. Im Aufstandsbereich der Verblendschale beträgt das Stichmaß der Winkelabweichung von der Lotrechten ca. 3 cm. Die Verblendschale ist an der hinteren Gebäudecke im Fugenverlauf abgerissen.

Die Garagendecke weist ober- und unterseitig eine Neigung in Richtung Nachbargrundstück auf. Erstaunlicherweise ließ sich das Garagentor einwandfrei öffnen und schließen. Am Wohnhaus lagen keine weiteren Schäden vor.

Setzung als Ursache der Schäden

Anhand der Planungsunterlagen war ersichtlich, dass die gebäudeseitige Garagenwand auf das Außenmauerwerk des Kellers des Wohnhauses aufgesetzt ist und die grenzständige Garagenwand auf einem Streifenfundament ruht. Wohnhaus und Garage wurden ca. sieben Jahre vor Beginn der Kanalbaumaßnahme errichtet. Bei der zwei Jahre vor Beginn der Kanalarbeiten durchgeführten Beweissicherung durch einen ö. b. u. v. Sachverständigen sind die bemängelten Schäden nicht festgestellt worden.

Dass es zu einer vom Wohnhaus weg gerichteten Kippbewegung der gesamten Garage gekommen ist, zeigen deutlich

- die nach oben hin zunehmende Fugenaufweitung an der Terrasse zwischen Garage und Wohnhaus an der Terrasse,
- die gleichgerichteten Lotabweichungen des Mauerwerks an beiden Seiten der Garage,
- die Abweichung der Garagendecke von der Waagerechten,
- die Horizontalverschiebung des Mauerwerks oberhalb der Garagendecke und
- die Verblendschale am Wohnzimmerfenster.

Der Drehpunkt der Kippbewegung befindet sich am unteren Fußpunkt der Garage

im Anschluss zum Wohnhaus. Das Abkippen der Garage sowie die horizontalen Verschiebungen des Verblendmauerwerks müssen die Folge einer Setzung des Baugrunds im Bereich des grenzständigen Garagenfundaments im Zusammenspiel mit der konstruktiven Anbindung der Garage an das Wohnhaus sein.

Gleichzeitig liegt eine Anbindung zwischen Garage und Wohnhaus vor, die gegeben ist durch

- das auf der Kelleraußenwand stehende terrassenseitige Garagenmauerwerk,
- die auf der Garagendecke stehende Verblendschale des Wohnhauses und
- die fehlende Dehnungsfuge der Verblendschale zwischen Garage und Wohnhaus an der vorderen Garagenseite.

Wegen dieser Anbindung konnte sich keine gleichmäßige Setzung einstellen. Die unter dem Streifenfundament eingetretene Setzung des Baugrunds hat deshalb zu einer Schiefstellung der Garage in Richtung Nachbargrundstück geführt.

Erschütterungen infolge von Tiefbauarbeiten

Bei Kanal- und Straßenbauarbeiten entstehen in der Regel dynamische Einwirkungen auf den Baugrund, z. B. durch Einbringen von Konstruktionselementen zum Schutz von Baugruben (Kanaldielen) mittels Schlag- und Vibrationsgeräten, durch Verdichten des Baugrunds und der Schwarzdecke mit Vibrationsverdichtungsgeräten (Walzen, Rüttelplatten). Die dabei entstehenden Erschütterungen breiten sich im Boden wellenartig aus und können zu direkten und indirekten Schäden an umliegenden baulichen Anlagen führen.

Direkte Schäden können entstehen, wenn bauliche Anlagen durch die Erschütterungen selbst zu Schwingungen angeregt werden und die daraus resultierenden dynamischen Spannungen in den Bauteilen die Festigkeitsgrenze der verwendeten Materialien überschreiten. Die Schäden, z. B. Rissbildungen, entstehen sofort, wenn die Eigenfestigkeit des Materials durch die Schwingungsbelastung überschritten wird.

Indirekte Schäden an baulichen Anlagen können entstehen, wenn Schwingungen im Baugrund unter bestimmten Voraussetzungen durch Umlagerung des Korngerüsts des Bodens zu einer Volumenverringerng des Bodens und damit zu Sackungen (= Setzungen) des Bodens und zu Fundamentverschiebungen oder -verdrehungen führen.

Die Voraussetzungen für das Entstehen von Sackungen im Boden infolge der durch Erschütterungen hervorgerufenen Bodenschwingungen sind in [1] und [3] allgemein angegeben:

1. Starke, dauerhaft lange und / oder häufig wiederkehrende Einwirkung der Schwingungen auf den Boden
2. Vorliegen eines sehr erschütterungsempfindlichen Bodens (locker gelagerte, nicht bindige Böden, gleichförmige Sande)
3. Belastung des Bodens durch entsprechend hohe Auflasten

Obwohl die örtlichen Gegebenheiten die Voraussetzungen nicht trafen, der Emissionsort ca. 15 m von der Garage entfernt war und keine Rammhären oder ähnliche Geräte eingesetzt worden waren, war die Einschätzung, dass Setzungen infolge von Erschütterungen auszuschließen waren, schwer vermittelbar und sollte näher begründet werden.

Prognose der Erschütterungseinwirkung

Prof. Dr.-Ing. Achmus, Institut für Grundbau der Universität Hannover, hat im Rahmen eines Forschungsprojekts Ergebnisse von Erschütterungsmessungen ausgewertet und Prognosegleichungen zur Abschätzung der Erschütterungsintensität abgeleitet, siehe [2].

Mithilfe der entwickelten Prognosegleichungen lässt sich überschläglich, aber mit hinreichender Genauigkeit rechnerisch prognostizieren, ob eine Sackung / Setzung des Bodens infolge oberflächennaher Bodenschwingungen als Schadensursache infrage kommt. Dabei wird die resultierende **Bodenbeschleunigung** a_R^{Boden} einem Grenzwert gegenübergestellt, unter dem mit Veränderungen des Korngerüsts und Sackungen nicht mehr zu rechnen ist. Aus

Erfahrung liegt der Grenzwert von nicht bindigen Böden bei ca. einem Drittel des Werts der Erdbeschleunigung (g).

$$a_R^{\text{Boden}} \leq 1/3 g = 3,3 \text{ m/s}^2$$

Die zu erwartende Verdichtung des Bodens infolge des oben genannten Beschleunigungsgrenzwerts ist erfahrungsgemäß äußerst gering. Die resultierende Bodenbeschleunigung ergibt sich nach [2] aus:

$$a_R^{\text{Boden}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot v_R^{\text{Boden}}$$

mit:

- π = Kreiskonstante 3,1415
- f = Arbeitsfrequenz in Hz
- $v_R^{\text{Boden}} = K \cdot \sqrt{E} / r$ = resultierende Bodenschwinggeschwindigkeit für Vibrationswalzen/Vibrationsplatten

mit:

- r = Entfernung zw. Erschütterungsquelle und Schadenort
- $K = 100$
- $E = W/f$

mit:

- W = Leistung Arbeitsgerät in kW
- f = Arbeitsfrequenz Arbeitsgerät in Hz

Im vorliegenden Fall wurden für die Leistungsverlegungen Grabenverbaugeräte eingesetzt, die keine Erschütterungen er-

zeugen. Verbaudielen wurden nur punktuell an Kreuzungsbauwerken oder Abzweigen eingebracht. Dazu wurden keine Rammhären oder ähnliche Geräte eingesetzt. Sie wurden mithilfe von Baggern eingeschlagen. Die maximale Erschütterungseinwirkung wurde erzeugt durch die beim Schwarzdeckeneinbau eingesetzte Schwarzdeckenwalze, dessen Typ anhand der Baustellenfotos der Beschwerdeführer identifiziert werden konnte. Das eingesetzte Gerät hat eine Leistung von 74 kW bei einer Arbeitsfrequenz von 45 Hz.

Daraus ergibt sich:

$$E = 74/45 = 1,64 \text{ kNm}$$

$r = \text{ca. } 15 \text{ m}$ (Entfernung zwischen Erschütterungsquelle und Garage)

$$v_R^{\text{Boden}} = 100 \cdot \sqrt{1,64} / 15 = 8,54 \text{ mm/s} = 0,00854 \text{ m/s}$$

$$a_R^{\text{Boden}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot v_R^{\text{Boden}} = 2 \cdot \pi \cdot 45 \cdot 0,00854 = 2,41 \text{ m/s}^2 < 3,3 \text{ m/s}^2$$

Der Wert der resultierenden Bodenbeschleunigung ist **kleiner** als der Grenzwert.

Ein Zusammenhang zwischen den durchgeführten Kanal- und Straßenbauarbeiten und den Schäden an Garage und Wohnhaus ist auszuschließen.

Fehlerhafte Gründung als Ursache der Setzung

Abschließend wurde die Garagründung an zwei Stellen überprüft, um Aufschluss über den Baugrund zu erhalten. Das grenzständige Fundament wurde punktuell am vorderen und am hinteren Ende der Wand bis zur Gründungssohle freigelegt. Der seitlich vom Fundament ausgehobene Boden besteht aus einem angefüllten Kies-Sand-Gemisch. Ab der Unterkante des Fundaments liegt ein feinkörniger Boden mit weicher Konsistenz vor. Der unterhalb der Fundamentsohle entnommene Boden ließ sich in der Hand leicht zu Röllchen kneten. Beim Glatstreichen dieses ausgehobenen Bodens trat nach einiger Zeit ein Feuchtefilm auf der Oberfläche aus (Bilder 4 und 5).

Der Boden ist in die Bodengruppe Ton und Schluff einzustufen. Es handelt sich um einen bindigen Boden.

Die Fundamenttiefe, gemessen ab Oberkante Gelände, beträgt am vorderen Ende der Garage ca. 60 cm und am hinteren Ende ca. 40 cm. Das Fundament ist nicht frostfrei gegründet. Die frostfreie Gründungstiefe beträgt in unseren Breiten 80 cm.

Die Tragfähigkeit von Tonen und Schluffen wird stark beeinflusst von ihrem Wassergehalt. Sie reagieren empfindlich auf Vernässungen, die durch kapillare Saugkräfte des bindigen Bodens und durch absickerndes Oberflächenwasser entstehen können. Die Vernässungen führen infolge der schlechten Wasserdurchlässigkeit bindiger Böden zu weicherer Konsistenz (Aufweichung) und Herabsetzung der Tragfähigkeit und zur Bildung von Setzungen.

Wenn bindige Böden als Baugrund nicht vermeidbar sind, so ist der Sohlbereich vor Vernässungen zu schützen (z. B. durch Dränungen, kapillarbrechende Schichten unterhalb der Gründungssohle). Derartige Maßnahmen sind nicht vorhanden.

Tone und Schluffe werden gemäß ZTVE-StB 94, Fassung 1997 [4] als sehr frostempfindlich (Gruppe F3) eingestuft. In der Praxis bedeutet Frostempfindlichkeit, dass das im bindigen Boden gehaltene Wasser sich beim Gefrieren in Form von Eislinsen ab-



Bild: © Rainer Buntin

(4) Bindiger Boden lässt sich rollen.



Bild: © Rainer Buntin

(5) Vernässter Boden aus dem Bereich unter der Gründungssohle

setzt. Es kann zu Hebungen kommen, Nach dem Auftauen stellt sich bei diesen Böden durch die örtlichen Wasseransammlungen eine weichere Konsistenz ein, die auch zur Herabsetzung der Tragfähigkeit und zu Setzungen führen kann. Die Gründungssohle ist nicht vor Frosteinwirkung geschützt.

Die Ursache für die Setzungen im Bereich des Streifenfundaments ist die fehlerhafte Gründungsmaßnahme.

Der anstehende Baugrund ist nicht vor Vernässungen und nicht vor Frosteinwirkung geschützt.

Das Vorliegen eines bindigen Bodens untermauert das Ergebnis der Prognoseberechnung dahingehend, dass die Sicherheit vor erschütterungsbedingten Setzungen höher ist als angenommen. Die Annahme des Grenzwerts für die resultierende Bodenbeschleunigung von 1/3 g gilt für nicht bindige Böden.

Zusammenfassung

Wegen der zeitlichen Übereinstimmung zwischen den bei der Tiefbaumaßnahme entstandenen Erschütterungen und dem Einsetzen der Schäden an Wohnhaus und Garage haben die Eigentümer vermutet, dass die aufgetretenen Erschütterungen schadensursächlich sind. Die Vermutung hat sich nachweislich nicht bestätigt.

Aufgrund der Entfernung der Garage vom Emissionsort der Erschütterungen, der relativ geringen Emissionen und aufgrund des anstehenden bindigen Bodens ist aus-

zuschließen, dass die bei der Kanal- und Straßenbaumaßnahme entstandenen Erschütterungen ursächlich für die Setzungsschäden sind.

Die Setzungen des Bodens unter dem grenzständigen Garagenfundament sind durch die konstruktiven Fehler bei der Fundamentierung der Garage begründet. Die Gründungssohle ist nicht vor Vernässung und nicht vor Frosteinwirkung geschützt.

Die Setzung hat zur Schiefstellung der Garage geführt, weil die Garage am Gebäude auf dem Kellermauerwerk des Wohnhauses aufliegt. Die Schäden an der Ziegelverblendschale sind wegen unzureichender Trennung zwischen Garage und Verblendschale des Wohnhauses entstanden. Die Verblendschale steht auf der Garagendecke auf und konnte die Verdrehung nicht aufnehmen.

Setzungen laufen in Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit als langsame Prozesse ab, deren Auswirkungen (Schäden) ebenfalls nicht schlagartig sichtbar werden, sondern mit der Zeit zunehmen und daher zunächst oft gar nicht wahrgenommen werden. Eine Setzung entsteht durch das Zusammendrücken der Hohlräume in einem Boden infolge einer Auflast. Bei bindigen Böden, z. B. feinkörnigen Lehmböden, sind die Hohlräume zwischen den einzelnen Bodenkörnern durch einen Wasserfilm (Porenwasser) getrennt. Das Porenwasser wird bei bindigen Böden durch den hohen Feinstkornanteil und die engen Poren unter Belastung nur sehr langsam verdrängt. Die

Setzungen bindiger Böden können sich über viele Jahre hinweg erstrecken. ■

Literatur

[1] Haupt, W., in: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau, Bl. Nr. 72, 1995

[2] Achmus, M.: Gebäudeschäden infolge Erschütterungseinwirkungen aus Tiefbauarbeiten, in: Tagungsband Frankfurter Bautage 2006, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006

[3] DIN 4150-3:1999-02 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen

[4] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTVE-StB 94, Fassung 1997

Zur Person

Rainer Buntin
Dipl.-Ing. Beratender Ingenieur

Von der IHK zu Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden, staatlich anerkannter Sachverständiger für Schall- und Wärmeschutz

Tätigkeitsschwerpunkte von Rainer Buntin sind gerichtliche und private Gutachten und baubegleitendes Qualitätsmanagement.

Kontakt

Internet: www.sv-buntin.de
E-Mail: buntin@sv-buntin.de

Sie suchen weitere Infos zum Thema?

Geben Sie einfach unter www.bauschadensportal.de folgende Schlagworte in die Suche ein:

- Setzungsschäden
- Absenkung
- Baugrundverformung