

Herausgegeben von Ralf Ruhnau  
Begründet von Günter Zimmermann

Martin Achmus

# Schäden bei Baugrubensicherungen

Fraunhofer IRB  Verlag



Martin Achmus

## **Schäden bei Baugrubensicherungen**



# **Schadenfreies Bauen**

Herausgegeben von Dr.-Ing. Ralf Ruhnau

Begründet von Professor Günter Zimmermann

Band 44

## **Schäden bei Baugrubensicherungen**

Von

Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-8602-3

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9019-8

Redaktion: Manuela Wallißer

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Umschlagfoto: »Korrektor Berliner Verbau«. Loock Spezialtiefbau GmbH, Kleve

Layout: Martin Kjer

Herstellung: Dietmar Zimmermann

Satz: zazudesign, Fluorn-Winzeln

Druck: Ungeheuer + Ulmer, Ludwigsburg

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2012

Fraunhofer-Informationszentrum

Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-25 00

Telefax +49 711 970-25 08

E-Mail: [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

<http://www.baufachinformation.de>

## Fachbuchreihe Schadenfreies Bauen

Bücher über Bauschäden erfordern anders als klassische Baufachbücher eine spezielle Darstellung der Konstruktionen unter dem Gesichtspunkt der Bauschäden und ihrer Vermeidung. Solche Darstellungen sind für den Planer wichtige Hinweise, etwa vergleichbar mit Verkehrsschildern, die den Autofahrer vor Gefahrstellen im Straßenverkehr warnen.

Die Fachbuchreihe **SCHADENFREIES BAUEN** stellt in vielen Einzelbänden zu bestimmten Bauteilen oder Problemstellungen das gesamte Gebiet der Bauschäden dar. Erfahrene Bausachverständige beschreiben den Stand der Technik zum jeweiligen Thema, zeigen anhand von Schadensfällen typische Fehler auf, die bei der Planung und Ausführung auftreten können, und geben abschließend Hinweise zu deren Sanierung und Vermeidung.

Für die tägliche Arbeit bietet darüber hinaus die Volltextdatenbank **SCHADIS** die Möglichkeit, die gesamte Fachbuchreihe als elektronische Bibliothek auf DVD oder online zu nutzen. Die Suchfunktionen der Datenbank ermöglichen den raschen Zugriff auf relevante Buchkapitel und Abbildungen zu jeder Fragestellung ([www.irb.fraunhofer.de/schadis](http://www.irb.fraunhofer.de/schadis)).

### **Der Herausgeber der Reihe:**

Dr.-Ing. Ralf Ruhnau ist ö. b. u. v. Sachverständiger für Betontechnologie, insbesondere für Feuchteschäden und Korrosionsschutz. Als Partner der Ingenieurgemeinschaft CRP GmbH Berlin und in Fachvorträgen befasst er sich neben der Bauphysik und der Fassadenplanung vor allem mit Bausubstanzbeurteilungen. Er war mehrere Jahre als Mitherausgeber der Reihe aktiv und betreut sie seit 2008 alleinverantwortlich.

### **Der Begründer der Reihe:**

Professor Günter Zimmermann war von 1968 bis 1997 ö. b. u. v. Sachverständiger für Baumängel und Bauschäden im Hochbau. Er zeichnete 33 Jahre für die **BAUSCHÄDEN-SAMMLUNG** im Deutschen Architektenblatt verantwortlich. 1992 rief er mit dem Fraunhofer IRB Verlag die Reihe **SCHADENFREIES BAUEN** ins Leben, die er anschließend mehr als 15 Jahre als Herausgeber betreute. Er ist der Fachwelt durch seine Gutachten, Vortrags- und Seminartätigkeiten und durch viele Veröffentlichungen bekannt.

## Vorwort des Herausgebers

Im ›Zeitalter‹ des Bauens im Bestand steigen die Anforderungen an die Herstellung und Sicherung von Baugruben stetig an. Immer enger an vorhandener Bebauung, tiefer als deren Gründung und hinein ins Grundwasser heißt die Herausforderung an den Baugrubenplaner in innerstädtischen Gebieten. Neu- baumaßnahmen oder Bestandseingriffe, umringt von oftmals denkmalgeschützter Altbausubstanz zweifelhafter Standsicherheit, fordern weitgehend verformungsfreie Eingriffe in den Baugrund. Der Übergang von unvermeidbaren Risiken, trotz der Baugrubensicherung, zu vermeidbaren Schäden ist schmal und oft schwer zu definieren – »*hinterher ist man immer schlauer*«!

Ziel des vorliegenden Buches SCHÄDEN BEI BAUGRUBENSICHERUNGEN von Herrn Prof. Achmus ist es, den Planer und Gutachter schon vorher schlau genug zu machen, um den Bauherren und den Planungsbeteiligten Möglichkeiten und Risiken vorab aufzuzeigen. Damit werden nicht nur Schäden durch die richtige Wahl der Baugrubensicherungsmaßnahmen reduziert, sondern es wird auch einem Streit über auftretende nicht sicher vermeidbare Schäden vorgebeugt.

Mein Dank gilt Herrn Prof. Achmus dafür, dass er sich trotz der hohen beruflichen Belastung die Zeit genommen hat, dieses kompakte Werk als Leitfaden und Hilfestellung für eine wirtschaftliche und schadenfreie Planung von Baugrubensicherungen und zugleich als Kompendium für den Sachverständigen zu Papier zu bringen.

Berlin, im Januar 2012  
Ralf Ruhnau

## Vorwort des Autors

Von Herrn Dr.-Ing. Ruhnau war ich angesprochen worden, ob ich mir die Bearbeitung eines Buches zum Thema ›Baugrubensicherungen‹ im Rahmen der Fachbuchreihe SCHADENFREIES BAUEN vorstellen könnte. Diese Anregung habe ich sehr gern aufgenommen, da es nach meiner Erfahrung bei der Herstellung von Baugruben durchaus nicht selten zu Schäden kommt, und zwar nicht unbedingt an der Baugrubenkonstruktion selbst, sondern – und häufig viel schwerwiegender – an Nachbargebäuden bzw. -bauwerken.

Zu beachten ist, dass bei der Herstellung von Baugrubenwänden und beim anschließenden Baugrubenaushub unvermeidbare (verfahrensimmanente) Beeinflussungen des umgebenden Baugrunds und damit auch nahe liegender Bauwerke auftreten. Eine besondere Schwierigkeit bei der Bewertung von Schäden liegt dann oft darin, unvermeidbare Beeinflussungen bzw. Schäden von vermeidbaren, durch eine nicht fachgerechte Ausführung oder eine nicht ausreichende Bemessung der Wand zu trennen.

Das vorliegende Buch behandelt Planung und Herstellung von Baugrubensicherungen mit besonderem Blick auf mögliche Beeinflussungen bzw. eine Schädigung von Nachbarbauwerken. Ziel ist es, dem Leser die unvermeidbaren sowie auch die vermeidbaren Beeinflussungen vor Augen zu führen und Möglichkeiten zu ihrer Abschätzung und Minimierung darzustellen. Da in besonderen Fällen die Beobachtungsmethode, d. h. messtechnische Überwachung in Verbindung mit numerischen Prognosen von im Zuge des Aushubs auftretenden Baugrundverformungen einzusetzen ist, wurde auch ein Kapitel zur Ausführung von Verformungsprognosen integriert. Abschließend werden zur Veranschaulichung beispielhaft einige Schäden dargestellt.

Für die kritische Durchsicht des Manuskripts danke ich meinen Mitarbeitern an der Leibniz Universität Hannover. Besonderer Dank gebührt Frau Brigitte Joch für die Herstellung der Zeichnungen. Herrn Dr.-Ing. Ruhnau und dem Fraunhofer IRB Verlag sei schließlich für die gute Zusammenarbeit gedankt.

Hannover, im Januar 2012  
Martin Achmus



# Inhaltsverzeichnis

|       |                                                                  |    |
|-------|------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Einleitung                                                       | 13 |
| 2     | Konstruktionsformen von Baugrubensicherungen                     | 15 |
| 2.1   | Verbauwandtypen                                                  | 15 |
| 2.1.1 | Trägerbohlwand                                                   | 15 |
| 2.1.2 | Spundwand                                                        | 17 |
| 2.1.3 | Bohrpfahlwand                                                    | 19 |
| 2.1.4 | Schlitzwand                                                      | 21 |
| 2.1.5 | Misch- und Sonderformen                                          | 22 |
| 2.2   | Abstützungen                                                     | 24 |
| 2.3   | Baugruben im Grundwasser                                         | 28 |
| 3     | Planungsgrundlagen für Baugrubensicherungen                      | 31 |
| 3.1   | Baugrunderkundungen                                              | 31 |
| 3.1.1 | Allgemeines                                                      | 31 |
| 3.1.2 | Erkundungsverfahren                                              | 32 |
| 3.1.3 | Umfang der Erkundung für die Planung<br>von Baugrubensicherungen | 34 |
| 3.1.4 | Ergebnisse                                                       | 37 |
| 3.2   | Untersuchungen an Nachbarbauwerken                               | 39 |
| 4     | Herstellung von Baugrubenwänden                                  | 41 |
| 4.1   | Allgemeines                                                      | 41 |
| 4.2   | Trägerbohlwände                                                  | 41 |
| 4.3   | Spundwände                                                       | 44 |
| 4.3.1 | Allgemeines                                                      | 44 |
| 4.3.2 | Rammen, Rütteln und Ziehen von Spundbohlen                       | 47 |
| 4.3.3 | Einpressen von Spundbohlen                                       | 51 |
| 4.3.4 | Einfluss der Herstellung auf Nachbarbauwerke                     | 53 |

|          |                                                   |            |
|----------|---------------------------------------------------|------------|
| 4.4      | Bohrpfahlwände                                    | 57         |
| 4.4.1    | Allgemeines                                       | 57         |
| 4.4.2    | Bohren                                            | 59         |
| 4.4.3    | Bewehren und Betonieren                           | 62         |
| 4.4.4    | Einfluss der Herstellung auf Nachbarbauwerke      | 62         |
| 4.5      | Schlitzwände                                      | 64         |
| 4.5.1    | Allgemeines                                       | 64         |
| 4.5.2    | Leitwand                                          | 66         |
| 4.5.3    | Stützsuspension                                   | 67         |
| 4.5.4    | Aushub                                            | 70         |
| 4.5.5    | Bewehren und Betonieren                           | 71         |
| 4.5.6    | Einfluss der Herstellung auf Nachbarbauwerke      | 72         |
| 4.6      | Unterfangungen                                    | 73         |
| 4.6.1    | Allgemeines                                       | 73         |
| 4.6.2    | Herkömmliche Unterfangung                         | 76         |
| 4.6.3    | Unterfangung mittels Injektion                    | 80         |
| <b>5</b> | <b>Herstellung und Prüfung von Verpressankern</b> | <b>85</b>  |
| 5.1      | Allgemeines                                       | 85         |
| 5.2      | Herstelltechnik                                   | 87         |
| 5.3      | Vorbemessung der Ankertragfähigkeit               | 91         |
| 5.4      | Ankerprüfung                                      | 94         |
| 5.5      | Einfluss auf Nachbarbauwerke                      | 98         |
| <b>6</b> | <b>Sohlabdichtungen</b>                           | <b>101</b> |
| 6.1      | Allgemeines                                       | 101        |
| 6.2      | Natürliche Dichtsohlen                            | 104        |
| 6.3      | Unterwasserbetonsohle                             | 105        |
| 6.4      | Poreninjektion mit Zement oder Weichgel           | 107        |
| 6.5      | HDI-Dichtsohle                                    | 110        |

|          |                                                                         |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>7</b> | <b>Erdstatische Berechnung von Baugrubenwänden</b>                      | <b>115</b> |
| 7.1      | Allgemeines                                                             | 115        |
| 7.2      | Sicherheitskonzept                                                      | 119        |
| 7.3      | Lastansätze                                                             | 121        |
| 7.4      | Statische Systeme                                                       | 125        |
| 7.5      | Erforderliche Nachweise                                                 | 129        |
| 7.5.1    | Gleichgewicht der Vertikalkräfte                                        | 129        |
| 7.5.2    | Nachweis des Erdauflegers                                               | 130        |
| 7.5.3    | Nachweis der Abtragung von Vertikalkräften                              | 131        |
| 7.5.4    | Nachweis der Horizontalkräfte<br>für Trägerbohlwände                    | 132        |
| 7.5.5    | Nachweise für Verpressanker                                             | 133        |
| 7.5.6    | Auftriebsnachweis für Baugruben<br>mit Sohlabdichtung                   | 135        |
| 7.5.7    | Nachweis gegen hydraulischen Grundbruch<br>für umströmte Baugrubenwände | 137        |
| <b>8</b> | <b>Verformungsprognosen für Baugruben</b>                               | <b>139</b> |
| 8.1      | Allgemeines                                                             | 139        |
| 8.2      | Hinweise zu numerischen Verformungsprognosen                            | 141        |
| 8.2.1    | Stoffgesetze und Materialparameter                                      | 141        |
| 8.2.2    | Berechnungssystem und Modellierung der Bauteile                         | 142        |
| 8.2.3    | Berechnungsablauf und Auswertung                                        | 144        |
| <b>9</b> | <b>Schäden</b>                                                          | <b>147</b> |
| 9.1      | Allgemeines                                                             | 147        |
| 9.2      | Schadensbeispiele                                                       | 149        |
| 9.2.1    | Schaden infolge Grundbruchs am Verbauwandfuß                            | 149        |
| 9.2.2    | Setzungen und Risschäden an<br>einem Nachbargebäude                     | 150        |
| 9.2.3    | Schaden infolge einer Bauwerksunterfangung                              | 152        |
| 9.2.4    | Schaden im Zuge der Herstellung einer<br>Spundwandbaugrube              | 153        |
| 9.2.5    | Sohlaufbruch einer wasserdichten Baugrube                               | 155        |
| 9.2.6    | Schaden an einer HDI-Sohle                                              | 156        |

Literaturverzeichnis 159

Stichwortverzeichnis 165

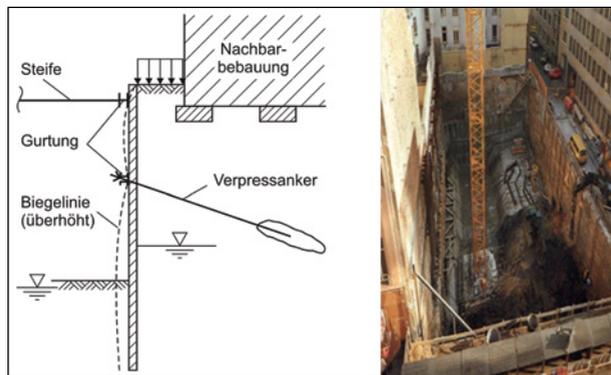
# 1 Einleitung

Unter einer Baugrube wird ein temporär im Bereich eines zu erstellenden Bauwerks oder Bauteils erforderlicher Aushubbereich verstanden. Die Herstellung einer Baugrube ist bei nahezu jeder Neubaumaßnahme erforderlich, z. B. für die Herstellung von Bauwerken mit (aber auch ohne) Untergeschoss, für die Herstellung von Tunneln in offener Bauweise oder die Verlegung unterirdischer Rohrleitungen und Kanäle.

Bei geringen Aushubtiefen kann auf eine Konstruktion zur Sicherung des entstehenden Geländesprungs meist verzichtet werden. Bis 1,25 m Tiefe darf ein vertikaler Geländesprung unverbaut ausgeführt werden, für größere Tiefen kann die Standsicherheit durch eine Böschung mit den anstehenden Bodenarten angepasster Neigung erreicht werden. Die Herstellung einer Böschung erfordert aber Platz außerhalb der Grundfläche des geplanten Bauwerks, der vor allem innerstädtisch meist nicht zur Verfügung steht. Bei größeren Aushubtiefen wird eine Böschung zudem wegen der erheblichen, im Zuge von Aushub und Wiederverfüllung zu bewegendenden Bodenmassen unwirtschaftlich. Es wird dann eine vertikale Ausführung der Baugrubenwand und damit die Herstellung einer Sicherungskonstruktion erforderlich.

Als Baugrubensicherungen werden vorwiegend auf Biegung beanspruchte, relativ schlanke Tragwerke eingesetzt, die meist (Ausnahmen z. B. bei Sicherungen von Rohrleitungsgräben) bis deutlich unter die Baugrubensohle in den Baugrund einbinden (Bild 1, links). Der Blick in eine tiefe Baugrube (Bild 1, rechts) macht deutlich, dass es sich bei Entwurf, Berechnung und Ausführung um eine anspruchsvolle Ingenieuraufgabe handelt. Eine Unterbemessung oder

**Bild 1** ■ Schemaskizze eines Baugrubenverbau (links) und Blick in eine tiefe Baugrube (rechts)



eine nicht fachgerechte Ausführung kann erhebliche, unter Umständen auch katastrophale Folgen für die Neubaumaßnahme selbst sowie für die angrenzende Bebauung haben.

Grundsätzlich gilt, dass auch bei fachgerechter Bemessung und Ausführung Einflüsse auf die unmittelbar an die Baugrube angrenzende Bebauung nicht vollständig vermeidbar sind. Zum einen kommt es bei der Herstellung der Verbauwand mittels Bohren, Rütteln oder Rammen bereits vor dem Bodenaushub zu Beeinflussungen, zum anderen kommt es im Zuge des Aushubs zu horizontalen Wandverformungen, die zu Setzungen angrenzender Bauwerke führen können. Infolge der Aushubentlastung treten auch Hebungen der Baugrubensohle und der Nachbarbauwerke auf, wobei Letztere meist vernachlässigt werden können.

Gerade bei unmittelbar an die Baugrube angrenzender Nachbarbebauung treten geringe Schäden aber nahezu zwangsläufig auf und sollten bereits im Planungsprozess durch Einkalkulieren von Sanierungskosten berücksichtigt werden. Viele Rechtsstreitigkeiten könnten durch einen ›professionellen‹ Umgang mit unvermeidbaren Beeinflussungen zum Vorteil aller Beteiligten vermieden werden.

Aufgabe des entwerfenden und bemessenden Ingenieurs ist es aber selbstverständlich, mögliche Schäden soweit wie möglich zu minimieren. Dies bedingt die Auswahl eines geeigneten Verbausystems, die fachgerechte erdstatische Berechnung sowie die fachgerechte Ausführung einer Baugrubensicherung. Hierauf zielt das vorliegende Buch ab. Die Anforderungen an den Umfang von Baugrunderkundungen, welche die Planungsgrundlage darstellen, werden dargestellt. Es werden die Verfahren zur Baugrubensicherung und ihre Anwendungsbereiche insbesondere mit Blick auf mögliche schadensrelevante Beeinflussungen von Nachbarbauwerken beschrieben. Auf die Herstellungsanforderungen für Wandsysteme sowie auch für Aussteifungen, Verankerungen und Sohlabdichtungen wird ebenso eingegangen wie auf die erdstatische Berechnung der Sicherungssysteme. Damit soll das erforderliche Wissen für eine im Sinne von Wirtschaftlichkeit und Schadenfreiheit optimale Planung und Ausführung von Baugrubensicherungen in relativ komprimierter Form zusammengestellt werden.

Das vorliegende Buch behandelt dagegen nicht einfache Grabenverbausicherungen und geböschte Baugruben sowie auch nicht sehr spezielle und entsprechend selten zum Einsatz kommende Sicherungsverfahren wie z. B. durch Vereisung verfestigte Erdwände. Auch auf Planung und Ausführung von Grundwasserhaltungsmaßnahmen, wie sie im Zusammenhang mit einer Baugrubenherstellung häufig erforderlich sind, kann aus Platzgründen nicht detailliert eingegangen werden.