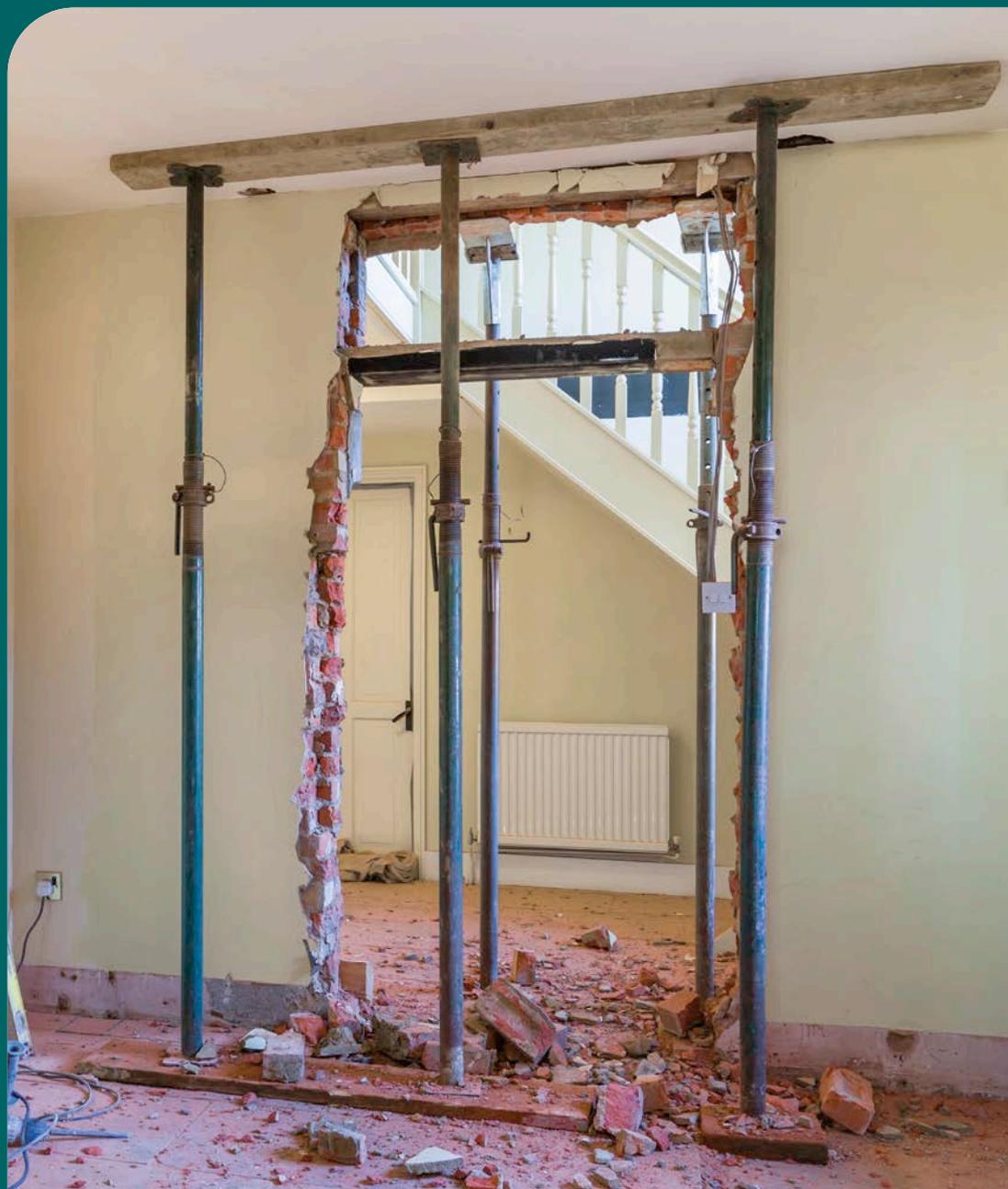


Themen-
ausgabe
**Stand-
sicherheit
in der
Bauphase**



Jan.-Feb.
2022

S. 11 Unterfangung von Fundamenten

S. 17 Beurteilung der Standsicherheit eines Rohbaus

S. 21 Ausführung von Mauerwerksöffnungen

Inhalt

WTB-Kontakt Januar-Februar 2022

 **04**

Welche Einwirkungen sind bei Sanierungen zu berücksichtigen?

 **06**

Baustellen sichern

 **08**

Graben? Ja, aber sicher!

 **11**

Unterfangung von Bestandsfundamenten durch Untermauerung

 **13**

Gründungen und erdberührte Bauteile: Vorbeugungsmaßnahmen

 **15**

Erstellung von tragendem Mauerwerk: Standsicherheit geht vor!

 **17**

Beurteilung der Standsicherheit eines Bestandsrohbaus

 **21**

Wie lassen sich Öffnungen in Bestandsmauerwerk ausführen?

 **26**

Deckendurchbruch und Deckenverstärkung: Was ist zu beachten?

 **29**

Technologie, die Leben retten kann ...

Standssicherheit in der Bauphase: unangenehme Überraschungen vermeiden



Standssicherheit ist eine der Grundanforderungen an Bauwerke. Die vorliegende Themenausgabe von WTB-Kontakt steht ganz im Zeichen dieses Themas. Dabei geht es weniger um die Berechnung von Konstruktionen als um die **Maßnahmen, die Bauunternehmer sowohl während der Arbeiten als auch auf längere Sicht treffen müssen, um die Standssicherheit eines Gebäudes zu gewährleisten.**

Die Hinzuziehung eines Architekten oder Planungsbüros ist zwar für alle Arbeiten, die einen Einfluss auf die Standssicherheit eines Gebäudes haben (z.B. bestimmte Sanierungsarbeiten) obligatorisch, aber die Maßnahmen für die Ausführung fallen häufig in den Verantwortungsbereich der Bauunternehmer. Denn diese müssen nicht nur unter anderem bei Mauerwerk und Decken im Bauzustand die Standssicherheit gewährleisten, sondern auch die Standssicherheit temporärer Konstruktionen wie beispielsweise Stützkonstruktionen.

In dieser Ausgabe konzentrieren wir uns auf kleine und mittelgroße Gebäude und auf Neubau und Sanierung. Selbst wenn Sanierungsarbeiten keinen direkten Einfluss auf die Standssicherheit eines Gebäudes haben, sind schließlich mit bestimmten Eingriffen neue Einwirkungen verbunden, die zu berücksichtigen sind. Dies ist beispielsweise **bei der Ausführung neuer Verkleidungen oder Beläge oder dem Austausch einer Dachhaut** der Fall.

Die **zu berücksichtigenden Einwirkungen** werden in der Norm NBN EN 1991-1-6 ‚Actions sur les structures. Actions en cours d'exécution‘ beschrieben. Diese Einwirkungen können in manchen Fällen während der Arbeiten größer sein als danach, da die Bauteile ihre Endfestigkeit noch nicht erreicht haben.

Außerdem kann die Standssicherheit bestimmter Elemente von anderen Elementen abhängig sein, die während der Ausführung nicht immer vorhanden sind. Zum Beispiel sind Decken unverzichtbare Auflager für Fassadenmauerwerk. Dieses Thema wird im Artikel auf S. 4 behandelt.

Auf den Seiten 8 bis 14 sind einige praktische Empfehlungen für die Ausführung von **Gründungsarbeiten** zu finden. In diesen Artikeln werden unter anderem Baugruben und Untermauerungen sowie die Standssicherheit von Kellerwänden bei Verfüllarbeiten behandelt.

Bauunternehmer müssen natürlich auch besonderes Augenmerk auf die **Standssicherheit von Mauerwerk** legen, und zwar nicht nur zur Vermeidung übermäßiger Verformungen, sondern auch zur Gewährleistung der Sicherheit der Beschäftigten. Auf dieses Thema wird auf S. 15 eingegangen. **Temporäre Elemente** wie beispielsweise Stützelemente werden auf S. 6 behandelt.

Wir konzentrieren uns auf kleine und mittelgroße Gebäude, sowohl Neubauten als auch Sanierungen.

Wir beschäftigen uns auch eingehender mit Sanierungsarbeiten, und zwar zunächst mit der **Untersuchung des Bestands**. Der Artikel auf S. 17 bietet einige praktische Hinweise und Leitlinien für die Entscheidung, ob eine Konstruktion verstärkt werden muss oder nicht. Der Trend geht heute in Richtung einer Verfeinerung der architektonischen Linien und einer Vergrößerung der Räume durch **die Entfernung von Wänden oder die Herstellung großer Öffnungen**. Neben einem direkten Einfluss auf die betroffene Wand kann dieser Eingriff negative Auswirkungen auf die Gesamtstandssicherheit des Gebäudes haben. Im Artikel auf S. 21 liegt der Schwerpunkt auf Besonderheiten dieser Arbeiten. Die in Bezug auf **Decken** zu beachtenden Punkte (z.B. Herstellung von Öffnungen und Aussparungen) werden auf S. 26 behandelt.

Wir hoffen, Sie werden diese Themenausgabe, die wir mit Enthusiasmus und Engagement vorbereitet haben, mit großem Interesse erkunden.

Noël Huybrechts,
Leiter der Abteilung ‚Geotechnik, Strukturen und Beton‘.

Welche Einwirkungen sind bei Sanierungen zu berücksichtigen?

Die bauliche Sanierung kleiner und mittelgroßer Gebäude bringt sowohl während der Abbruch- und Sanierungsarbeiten als auch bei der Nutzung des sanierten Gebäudes verschiedene Einwirkungen mit sich. Um welche Einwirkungen handelt es sich hierbei und welche Vorbeugungsmaßnahmen sind in diesem Zusammenhang zu treffen?

N. Depauw, Ing., Forscherin, Laboratorien ‚Geotechnik und Monitoring‘ und ‚Strukturen und Bausysteme‘, WTB
A. Skowron, Ir. Leiterin des Laboratoriums ‚Strukturen und Bausysteme‘, WTB

Bevor mit Arbeiten begonnen wird, die Auswirkungen auf das Tragwerk des Gebäudes haben, ist es wichtig:

- den Aufbau des Gebäudes zu kennen (z.B. Materialien, Querschnitt tragender Bauteile und Spannweite der Decken)
- sich zu vergewissern, dass das Gebäude die Einwirkungen aufnehmen kann.

Wenn diesbezüglich keine Unterlagen vorhanden sind (Pläne oder Bemessungsunterlagen) wird der Architekt vor Ort ein Aufmaß erstellen müssen.



- 1 Montage von Baustützen für die Herstellung einer Türöffnung.

Die Sanierungsarbeiten lassen sich in drei Phasen einteilen:

- **Abbruchphase**
- **Ausführungsphase** der Arbeiten
- **Nutzungsphase** des Gebäudes.

In jeder Phase muss das Planungsbüro die Standicherheit der tragenden Bauteile überwachen.

Die Einteilung der Arbeiten in Phasen ist entscheidend für die Planung der verschiedenen auszuführenden Tätigkeiten (z.B. die Montage von Baustützen, siehe Abbildung 1). In den verschiedenen Phasen sind Einwirkungen unterschiedlicher Art zu berücksichtigen, um die Standicherheit tragender Bauteile sicherzustellen und deren Verformung zu begrenzen.

Ständige Einwirkungen

Unter ‚ständigen Einwirkungen‘ versteht man das **Eigengewicht** von tragenden und nicht tragenden Bauteilen (z.B. Belägen und Verkleidungen, Leichtbauwänden und abgehängten Decken) und fest eingebauter Gebäudeausrüstung (z.B. Heizkesseln). Wenn im Rahmen der Sanierung neue Beläge, Verkleidungen oder Eindeckungen angebracht werden, muss die Tragkonstruktion unter Berücksichtigung dieser neuen Einwirkungen geprüft werden. Falls beispielsweise bei einem Schrägdach die Schieferdeckung durch eine Ziegeldeckung ersetzt wird, könnten sich die ständigen Einwirkungen durch diese neue Dacheindeckung verdoppeln.

Nutzlasten

Die Nutzlasten sind von der **künftigen Nutzung** der Decke oder des Dachs nach der Sanierung abhängig. Im Eurocode 1 werden die Lastwerte in Abhängigkeit von den Nutzungskategorien der einzelnen Bauteile angegeben. Wichtiger Hinweis: Das Eigengewicht von versetzbaren Wänden wird als eine auf die Fläche einwirkende Nutzlast betrachtet.

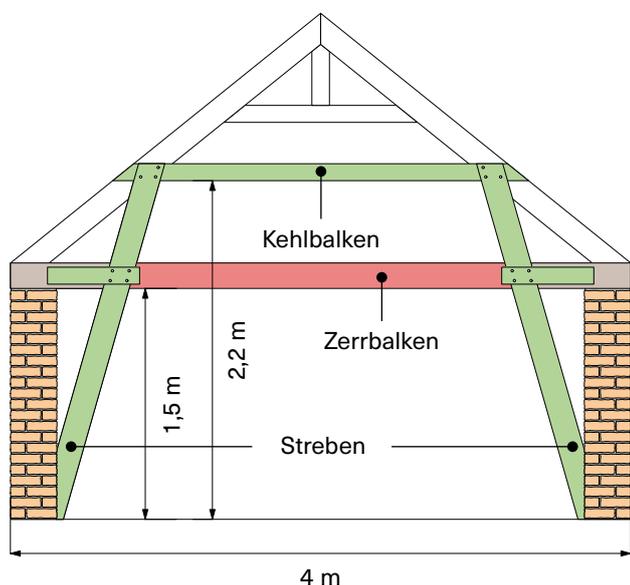


2 Schneeansammlung neben einer Dachgaube.

Manchmal ändert sich die Nutzung eines Gebäudes nach dessen Sanierung. Zum Beispiel können Wohnbauten in Bürogebäude umgenutzt werden. In diesem Fall erhöht sich der Wert für die Nutzlasten um 50 %.

Einwirkungen während der Ausführung

Während der Arbeiten werden Arbeitende, Werkzeug, schwere Maschinen und Abfälle als veränderliche Einwirkungen (vergleichbar mit Nutzlasten) betrachtet. In manchen Fällen können diese **größer sein als die Einwirkungen in der Nutzungsphase des Gebäudes**. Daher dürfen sie nicht außer Acht gelassen werden, insbesondere wenn Architekten und/oder Bauunternehmer Bedenken im Hinblick auf die Standsicherheit des Gebäudes oder eines tragenden Bauteils haben. In dieser Phase empfiehlt es sich, zur Begrenzung einer Verformung der Decke schwere Maschinen und eventuelle Abfälle (z.B. Stein- und Bauschutt und Gipskartonplatten) möglichst nah an den Deckenauf-



gern zu lagern. Wenn die Decke die Einwirkungen nicht aufnehmen kann, muss sie abgestützt werden.

Wind- und Schneelasten

Schneelasten sind Vertikallasten, die direkte Auswirkungen auf die Bemessung des Dachs haben. Im spezifischen Fall einer Erweiterung eines Bestandsgebäudes muss bei der Bemessung der Dachbauteile eine größere Schneeanammlung im unteren Dachbereich berücksichtigt werden. Wenn sich Schnee neben Dachgauben im unteren Dachbereich ansammelt (siehe Abbildung 2), kann die auf diese Stelle einwirkende Last mindestens doppelt so hoch sein wie auf dem übrigen Dach.

Windlasten sind Horizontallasten, die einerseits auf die Fassade einwirken und andererseits auf das Dachgebälk und die Decken.

Bei baulichen Veränderungen im Dachgebälk ist darauf zu achten, dass die veränderte Lastübertragung (d.h. die Art und Weise der Verteilung von Lasten über eine Konstruktion) nicht zu einer Überlastung bestimmter tragender Bauteile führt, die ursprünglich nicht dafür bemessen wurden. Wenn beispielsweise ein Dachboden als Wohnraum eingerichtet wird, könnte man geneigt sein, die ursprünglichen Zerrbalken von den Dachsparren zu demontieren (siehe Abbildung 3). In diesem Fall ist darauf zu achten, dass ein Ringanker vorhanden ist, der die horizontalen Schubkräfte aufnehmen kann. Ist dies nicht der Fall, muss sichergestellt werden, dass die Einwirkungen über neue tragende Bauteile übertragen werden, zum Beispiel Kehlbalken und/oder Streben.

Bei den Wänden ist der gleiche Ansatz zu verfolgen. Zum Beispiel muss man sich vergewissern, dass die Entfernung eines Teils der Wand oder die Herstellung einer Wandöffnung nicht zur Beeinträchtigung der Standsicherheit in Bezug auf Windlasten führt. Besonderes Augenmerk erfordert die Entfernung einer aussteifenden Wand. Im Allgemeinen sollte es vermieden werden, eine aussteifende Wand zu entfernen, die eine Wandfläche von mehr als 8 Metern Länge stützt, welche allein nicht windsteif genug ist, um die auf diese Fläche einwirkenden Windlasten aufzunehmen. ◆

Dieser Artikel wurde im Rahmen der Normen-Außenstelle ‚Konstruktive Eurocodes‘ verfasst. Neufassungen der Eurocodes sind derzeit in Vorbereitung. Die Endfassungen aller Eurocodes werden 2027 veröffentlicht und die aktuellen Fassungen 2028 zurückgezogen werden.

3 Demontage eines Zerrbalkens von einem Dachsparren und Verstärkung durch Einbau von Kehlbalken und Streben.

Baustellen sichern

Zur Gewährleistung der Sicherheit der auf der Baustelle Beschäftigten ist es vor allem bei Umbau- oder Sanierungsarbeiten häufig erforderlich, Vorkehrungen für die Standsicherheit im Bauzustand (Abstützung, Herstellung der Gesamtstandsicherheit) zu treffen und Schutzeinrichtungen (Geländer, Gerüste) zu errichten. In diesem Artikel werden einzelne aus den einschlägigen Normen hervorgehende Verpflichtungen beleuchtet und einige praktische Empfehlungen zu deren Anwendung erteilt.

J.-F. Rondeaux Dr. Ir.-Arch., Projektleiter, Laboratorium ‚Strukturen und Bausysteme‘, WTB

Eine Abstützung an bestimmten Stellen ist meist notwendig um:

- Decken oder andere tragende Bauteile vorübergehend zu entlasten und eine übermäßige Verformung (Durchbiegung) zu verhindern
- schwere Lasten abzutragen, die aus der Ausführung von Arbeiten oder der vorübergehenden Lagerung von Material hervorgehen
- an bestimmten Stellen Abbrucharbeiten zu ermöglichen, durch die sich die Lastübertragung im Bestandsmauerwerk und in vorhandenen Tragkonstruktionen ändert (siehe Artikel auf S. 21)

Bei einfachen Konstruktionen (*) muss eine Abstützung vorgenommen werden, die auf die abzutragenden Lasten abgestimmt ist (siehe Artikel auf S. 4). In der Regel handelt es sich um eine Stützkonstruktion aus **verstellbaren Teleskopstützen aus Stahl**, deren jeweilige Tragfähigkeit von ihrer maximalen Ausziehlänge abhängt (siehe Norm NBN EN 1065). Für eine 20 cm dicke Ortbetondecke können beispielsweise Reihen von Baustützen der Klasse A40 verwendet werden. Der Abstand zwischen den Reihen muss circa 1,5 m betragen und der Abstand zwischen den Baustützen innerhalb der einzelnen Reihen 1 m.

Besonderes Augenmerk ist auf die **Stabilität der Unterlage für die Baustützen** zu legen. Denn wenn die Unterlage aus sich überlappenden Brettern besteht, müssen diese von oben nach unten immer breiter werden und untrennbar miteinander verbunden sein, damit sie eine stabile Konstruktion bilden.

Es ist auch von wesentlicher Bedeutung, dass die von den Baustützen abgetragenen Lasten **korrekt auf die vorgesehenen Auflager** (spezielle Unterkonstruktion, nicht

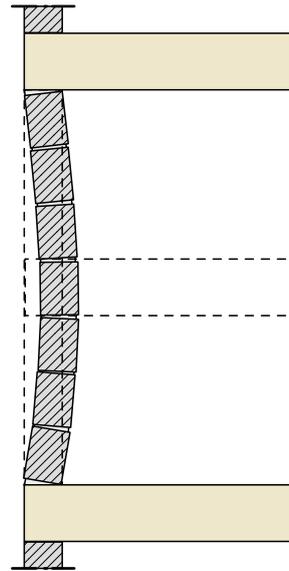
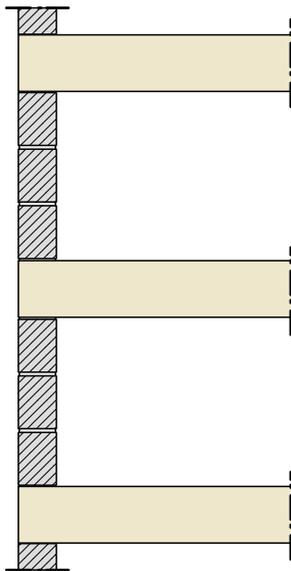
verformbarer Boden, Fundamente ...) **übertragen werden**. Daher müssen die Baustützen von Geschoss zu Geschoss übereinander aufgestellt werden, um eine Belastung der dazwischenliegenden Decken oder Deckenplatten zu vermeiden. Falls eine Baustützenreihe verschoben oder die Anzahl der Baustützen pro Reihe reduziert wird, können zur Umverteilung der Lasten Träger verwendet werden. Diese müssen starr genug sein (z.B. Stahlprofile), um ein Durchstanzen der Decke zu verhindern.

Die Abstützung wird komplett errichtet – auf allen Geschossen – und vor Beginn der Standsicherungs-, Austausch- oder Bauarbeiten justiert. Wenn die Arbeiten abgeschlossen sind und die Tragfähigkeit der Konstruktion sichergestellt ist, werden die Baustützen von oben nach unten abgebaut.

Für die Standsicherung größerer Bauwerke werden von spezialisierten Planungsbüros komplette statische Berechnungen durchgeführt.

Bei Abbruch- oder Umbauarbeiten ist **eine allgemeine Abstützung der zu erhaltenden Konstruktionen** – meist des Mauerwerks – häufig notwendig, um sicherzustellen, dass das gesamte Gebäude während der Arbeiten erhalten werden kann. Nach dem Abbruch bestimmter Gebäudeteile kann es vorkommen, dass (gegebenenfalls denkmalgeschützte) Fassaden oder gemeinschaftliche Wände vom Gebäude getrennt werden, wodurch diese infolge des Fehlens von trennenden Bauteilen möglicherweise zeitweilig nicht standsicher sind. Wenn beispielsweise eine Zwischendecke entfernt wird, verdoppelt sich die lichte Höhe (Höhe zwischen zwei aufeinanderfolgenden Geschossen) an einer Fassade oder einem Spitzgiebel (siehe Abbildung 1 auf S. 7). In diesem Fall ist die Wand circa viermal anfälliger für Ausknicken und bei Windbelastung etwa sechzehnmal

(*) Gebäude, die aus Massivdecken mit einer Dicke von weniger als 30 cm und Trägern mit einem Querschnitt von weniger als 0,5 x 1 m bestehen, deren Spannweite weniger als 6 m beträgt und die sich in einer Höhe von weniger als 3,5 m befinden.



1 Möglicher Verlust der Standsicherheit einer Fassade bei Entfernung einer Zwischendecke.



2 Standsicherung einer gemeinschaftlichen Wand mit in den angrenzenden Fassaden verankerten Metallprofilen.

stärker verformbar. Daher ist es erforderlich, diese Wände mit **Metallprofilen** (U-Profilen, Ankern; siehe Abbildung 2) zu stützen, die in Querwänden oder Bestandsdecken verankert werden, sofern diese hart genug sind. Wenn diese nicht vorhanden sind oder nicht als tragende Bauteile dienen können, sind andere Sonderlösungen möglich (gegebenenfalls mit Ballast versehene Dreieckskonstruktion, Dreiböcke aus Metall, Gerüsttürme ...). Aufgrund der materiellen Risiken und der Gefahr für Menschen ist es ratsam, vor umfangreichen Arbeiten ein Planungsbüro oder eine Spezialfirma einzuschalten.

Die Sicherheit von auf der Baustelle Beschäftigten wird auch durch die **korrekte Montage und Verwendung temporärer Gerüste und Geländer** sichergestellt. Diese Vorrichtungen sind nach der Allgemeinen Arbeitsschutzordnung obligatorisch, wenn Arbeiten in einer Höhe von mehr als 2 m stattfinden. Die Benutzung von Arbeitsmitteln für zeitweilige Arbeiten an hoch gelegenen Arbeitsplätzen ist im Königlichen Erlass vom 31. August 2005 geregelt.

Eine aktuelle Untersuchung des WTB ergab, dass die Anker, mit denen eine Ziegelsteinfassade am tragenden Mauerwerk befestigt war, besonders knickanfällig waren. Infolgedessen kann diese Fassade ihre Standsicherheit verlieren, wenn sie durch Gerüste oder Geländer belastet wird. Daher sollten Vorrichtungen dieser Art vorzugsweise direkt in tragenden Wänden oder Betonbauteilen verankert werden. Auch die Herstellerempfehlungen, insbesondere bezüglich der Verankerungstiefe im Mauerwerk, sind zu beachten. Zum Schluss ist noch zu erwähnen, dass die Aushärtungsbedingungen des Mörtels (Temperatur, Feuchtigkeit, Dauer) bedeutenden Einfluss auf die Standsicherheit des Mauerwerks haben. ◆

Graben? Ja, aber sicher!

Die Ausführung temporärer Baugruben und Gräben wird bei Wohnbauvorhaben oft fälschlicherweise als weniger wichtige Aufgabe betrachtet. Hierbei handelt es sich jedoch um sehr gängige Arbeiten, die zu Einstürzen und schweren Schäden und/oder Unfällen mit großen finanziellen Folgen führen können.

N. Denies, Dr. Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums ‚Geotechnik und Monitoring‘, WTB
N. Huybrechts, Ir., Leiter der Abteilung ‚Geotechnik, Strukturen und Beton‘, WTB

Die Ausführung von Baugruben umfasst Aushubarbeiten für die Realisierung von Fundamenten, Kellern, Garagen und Tiefgaragen oder für die Verlegung von Erdleitungen. Je nach Aushubtiefe und unmittelbarer Umgebung der Baustelle entscheidet man sich:

- entweder für **offene Baugruben mit Böschungen**
- oder für einen **senkrechten Verbau**.

In beiden Fällen müssen die Grundwasserspiegel kontrolliert und wenn nötig abgesenkt werden. Außerdem hat man sich auf der Website der CICC-KLIM (<https://klim-cicc.be>) zu

vergewissern, dass im Aushubbereich keine erdverlegten Leitungen oder Kabel vorhanden sind.

Minimale Böschungsneigungen

Wenn genug Platz vorhanden ist, wird für den Aushub häufig die Option offene Baugrube (siehe Abbildung 1) gewählt. In diesem Fall muss man sich auf die Prinzipien für die Ausführung von Baugruben stützen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2006/3.1](#)), insbesondere bezüglich der minimalen Neigungen von Böschungen, die abhängig von den Bodeneigenschaften vorzusehen sind. Dieses Dokument beschreibt **zwei Methoden für die Bestimmung der Neigung von Böschungen ohne Verbau**:

- Bei der ersten kommen mehrere empirische Regeln zur Anwendung, die sich zur direkten Ableitung der zulässigen Neigung auf Bodenart, Tiefe der Baugrube und Dauer des Aushubs stützen (siehe zum Beispiel Tabelle A auf S. 9)
- Die zweite beinhaltet eine Standsicherheitsberechnung der Böschung nach Eurocode 7.

Die erste Vorgehensweise wird hauptsächlich bei kleinen Baugruben angewandt, die nicht entlang bestehender Gründungen, (Garten-)Mauern und Wände oder im Einflussbereich liegender Gebäude verlaufen. Besonderes Augenmerk ist auf **die Sicherheit von in der Baugrube arbeitenden Personen** zu richten, indem gefährliche Situationen vermieden werden.

Präventionsmaßnahmen

Bei offenen Baugruben sind einige Präventionsmaßnahmen zu treffen, zum Beispiel muss man:

- sich sowohl zu Beginn als auch im Laufe der Aushubarbeiten vergewissern, dass der vorhandene Boden den Erwartungen entspricht
- die Böschungen vor Witterungseinflüssen schützen, zum Beispiel mit Kunststoffplanen (siehe Abbildung 1), denn der größte Feind von Böschungen ist Regen, da Wasser



- 1** Offene Baugrube: Abdecken einer Böschung zum Schutz vor Witterungseinflüssen.

A Minimale Böschungsneigungen in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften (empirische Regeln, gültig für Gräben mit einer Tiefe von weniger als 4 m) (Tabelle stammt aus [Les Dossiers du CSTC 2006/3.1](#)).

Bodenart	Eigenschaften	Minimale Neigungen	
		Ungestörter Boden, Aushub mit geringer Aushubtiefe und für einen kurzen Zeitraum	Leicht gestörter Boden, Aushub mit größerer Aushubtiefe und für einen längeren Zeitraum
Sand	<ul style="list-style-type: none"> • Trocknet schnell auf der Handfläche. • Wenn Sand zwischen den Fingern gerieben wird, fühlt er sich rau an und sind die einzelnen Körner deutlich erkennbar. • Aus Sandpartikeln bestehende Klumpen lassen sich mühelos zerbröckeln und lösen sich beim Eintauchen in Wasser sofort auf. 	Wenn kein Verbau vorhanden ist: Steigungsverhältnis 3/4 ($\approx 55^\circ$ zur Horizontale)	Wenn kein Verbau vorhanden ist: Steigungsverhältnis 4/4 ($\approx 45^\circ$ zur Horizontale)
		Bei senkrechten Wänden: unterbrechungsfreier gut abgestützter Verbau.	
Lehm	<ul style="list-style-type: none"> • Wird sehr langsam feucht und trocknet sehr langsam auf der Handfläche. • Wenn Lehm zwischen den Fingern gerieben wird, fühlt er sich weniger rau an und sind nur wenige Körner erkennbar. • Aus Lehmteilchen bestehende Klumpen lassen sich zwischen den Fingern zerbröckeln und lösen sich beim Eintauchen in Wasser langsam auf. 	Wenn kein Verbau vorhanden ist: Steigungsverhältnis 3/4 ($\approx 55^\circ$ zur Horizontale)	Wenn kein Verbau vorhanden ist: Steigungsverhältnis 4/4 ($\approx 45^\circ$ zur Horizontale)
		Bei senkrechten Wänden: Der Verbau darf unterbrochen werden.	
Dichter Ton	<ul style="list-style-type: none"> • Wird nicht feucht und trocknet nur sehr langsam. • Wenn Ton zwischen den Fingern gerieben wird, fühlt er sich weich und fettig an und sind einzelne Körner nicht erkennbar. • Aus Tonpartikeln bestehende Klumpen lassen sich schneiden, ohne zu zerbröckeln, und lösen sich beim Eintauchen in Wasser kaum auf. 	Wenn kein Verbau vorhanden ist: Steigungsverhältnis 2/4 ($\approx 65^\circ$ zur Horizontale)	Wenn kein Verbau vorhanden ist: Steigungsverhältnis 3/4 ($\approx 55^\circ$ zur Horizontale)
		Es kann ein senkrechter Verbau mit bestimmten Zwischenabständen eingesetzt werden.	
<ul style="list-style-type: none"> • Die angegebenen Werte gelten für ungestörte oder leicht gestörte Böden in Situationen, in denen der Bereich der Baugrube eine einheitliche Bodenart aufweist. Ist Wasser vorhanden, liegen Auflasten an den Kanten der Baugrube vor oder haben Gräben eine Tiefe von mehr als 4 m, muss eine zusätzliche Untersuchung durchgeführt werden. • Die scheinbare Kohäsion bei Sand wird für Neigungen mit einem Steigungsverhältnis von 4/4 oder steiler berücksichtigt. Dies gilt nur für temporäre Böschungen. • Bei steileren Neigungen ist zur Gewährleistung der Sicherheit von Personen, die in der Baugrube arbeiten, eine Mindestbreite für die Baugrube einzuhalten. 			

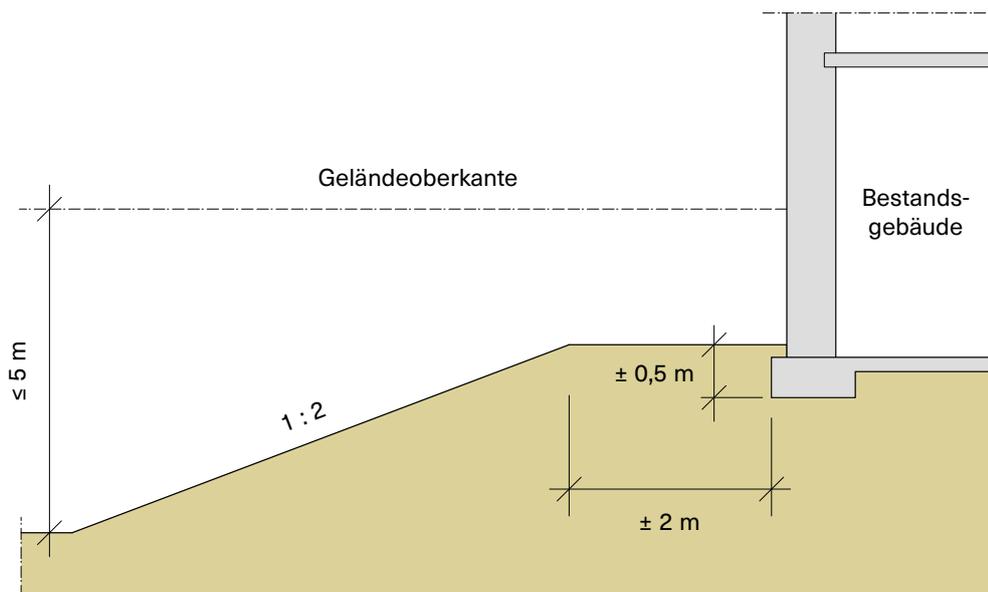
ihre Standsicherheit beeinträchtigt

- die Anstauung von Wasser am Fuße der Böschungen vermeiden, gegebenenfalls durch das Anlegen eines Drainagesystems, das bei Bedarf mit einem Pumpensystem ausgestattet wird
- Einwirkungen infolge des Vorhandenseins von Fahrzeugen, Ausrüstung, Material oder Aushub oberhalb der Böschung und am Rand des Aushubbereichs vermeiden
- das Befahren von in der Nähe der Baugrube liegenden Bereichen mit schweren Fahrzeugen vermeiden (Überlastung, Schwingungen ...)
- die Dauer des Aushubs begrenzen.

Im Allgemeinen sind stets die notwendigen Schutzmaßnahmen gegen das Eindringen von Wasser (einschließlich Grundwasser) zu ergreifen.

Auswirkungen der Aushubarbeiten auf Bestandsgebäude

Auch Auswirkungen der Aushubarbeiten auf die unmittelbare Umgebung der Baustelle sind zu prüfen. Zum Beispiel verringert der Aushub von Boden entlang bestehender Flachgründungen deren Tragfähigkeit erheblich und verursacht Setzungen. Für Gebäude mit höchstens drei Geschossen, die den heutigen Sicherheitsanforderungen entsprechen, darf davon ausgegangen werden, dass Boden neben einer bestehenden Gründung zeitweilig ausgehoben werden darf, vorausgesetzt es **verbleibt über dieser Gründungssohle stets 50 cm Boden** (siehe Abbildung 2 auf S. 10). Aushubarbeiten in der beige markierten Zone sind nur gestattet, wenn aus Standsicherheitsberechnungen



2 Die beige markierte Zone entspricht dem Bereich, in dem für die Ausführung von Aushubarbeiten eine geotechnische Untersuchung durchgeführt werden muss, um sich von der Standsicherheit der bestehenden Flachgründung zu vergewissern.

nungen hervorgeht, dass die Tragfähigkeit bestehender Gründungen nach normalen Sicherheitsanforderungen gewährleistet ist.

ben muss ab einer Gruben- oder Grabentiefe von mehr als 1,2 m eine Abstützung, ein Verbau oder eine Spundwand zum Einsatz kommen.

Senkrechter Verbau

In bestimmten Fällen wird ein senkrechter Verbau vorgesehen:

- wenn zu wenig Platz für Abböschungen vorhanden ist
- um die Menge an ausgehobenem und bewegtem Boden zu begrenzen
- um die Auswirkungen der Absenkung des Grundwasserspiegels zu reduzieren
- um Boden an Bestandsgebäuden entlang auszuheben.

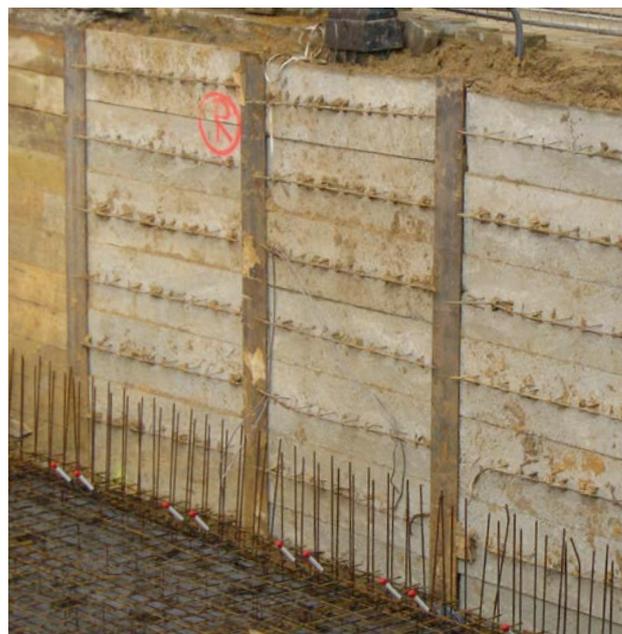
Manchmal wird ein Verbau auch als Außenschalung für eine Kellerwand verwendet (siehe Abbildung 3).

Bei Aushubarbeiten in der Nähe eines Bestandsgebäudes ist es häufig erforderlich, die Fundamente durch eine Unterfangung zu verstärken (siehe Artikel auf S. 11). ◆

Auswahl des Verfahrens

Beim Treffen einer Auswahl aus den zahlreichen Ausführungsverfahren (z.B. Berliner Verbau, Spundwände ...) stützt man sich auf **wirtschaftliche und technische Erwägungen** (z.B. Vorhandensein von Grundwasser, Dichtungsfunktion der Wand, zu erreichende Aushubtiefe, erforderliche Tragfähigkeit, Arbeiten entlang bestehender Gründungen und Arbeiten in der Nähe von schwingungsanfälligen Gebäuden). Das Verfahren des Berliner Verbaus ist beispielsweise in der Nähe einer Flachgründung eines Bestandsgebäudes nicht anwendbar.

Bei Anwendung des Prinzips senkrecht ausgehobener Grä-



3 Berliner Verbau wird häufig als Außenschalung für Kellerwände verwendet.

Unterfangung von Bestandsfundamenten durch Untermauerung

Die Untermauerung ist eine einfache und bezahlbare Methode für die Vertiefung von Bestandsfundamenten. Leider wird meist wenig Augenmerk auf die Bemessung der Untermauerung gelegt, was erhebliche Risiken für die Standsicherheit der Bestandskonstruktion und die Sicherheit der Beschäftigten mit sich bringt.

N. Denies, Dr. Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums ‚Geotechnik und Monitoring‘, WTB
N. Huybrechts, Ir., Leiter der Abteilung ‚Geotechnik, Strukturen und Beton‘, WTB

Eine Vertiefung von Bestandsfundamenten kann in verschiedenen Situationen erforderlich sein:

- **falls neben einem Bestandsfundament eine unterirdische Konstruktion errichtet wird**, wobei die Unterfangung zeitweilig und/oder dauerhaft die Standsicherheit des Fundaments gewährleisten soll, aber auch für das Erdreich unter den Bestandsfundamenten während der Ausführung der benachbarten unterirdischen Bauten als Verbau dienen muss
- bei Sanierungsvorhaben, **wenn das Gebäude** infolge von Problemen im Zusammenhang mit Bodenbewegungen (Setzung oder Hebung) **eine kritische Rissbildung aufweist**
- bei Erweiterungen, **wenn das Bestandsgebäude um ober- oder unterirdische Geschosse erweitert wird** (z.B. um neue Kellerräume zu schaffen oder bestehende Keller zu vertiefen) und infolgedessen die Tragfähigkeit der bestehenden Gründung erhöht werden muss.

Unterfangungsverfahren

Man unterscheidet in der Regel zwischen zwei klassischen Unterfangungsverfahren, und zwar:

- Untermauerung
- Einsatz von verbauten Gräben.

Die Anforderungen an diese Verfahren werden in den [Infomerklärungen 72.1](#) bzw. [72.2](#) beschrieben. Untermauerungen werden eingesetzt, wenn die Aushubtiefe auf eine Höhe von bis zu 1,2 m unter der Gründungssohle begrenzt ist. Sie werden in der Regel mit aus gewöhnlichen Betonsteinen bestehendem Mauerwerk realisiert. Wenn die Aushubtiefe mehr als 1,2 m beträgt, werden verbaute Gräben mit bewehrtem Beton eingesetzt. Es gibt weitere Verfahren: Verstärkung durch Harzinjektionen (z.B. vom Typ PU), vorgefertigte Schraubpfähle aus Stahl, Mikropfähle und Düsenstrahlverfahren.

All diese Lösungen haben ihre Vor- und Nachteile, die **im Vorfeld gemeinsam mit auf dieses Gebiet spezialisierten Fachleuten analysiert werden sollten**. Bei der Auswahl der Methode für die Unterfangung ist insbesondere der vorhandene Boden zu berücksichtigen. Dies erfolgt in erster Linie durch eine Analyse der Sondierungsergebnisse, aber auch das Ausheben einer (kleinen) Grube zu Beobachtungszwecken kann zusätzliche praktische Informationen über die Art des Bodens liefern. Je nachdem, ob es sich um Ton- oder Sandboden handelt, können bestimmte Verfahren gewählt oder ausgeschlossen werden. Damit eine Untermauerung



- 1 Unterfangung von Bestandsfundamenten durch Untermauerung.

möglich ist, muss zum Beispiel der Boden **für eine gewisse Zeit über ein Mindestmaß an Kohäsion verfügen**, damit ausgehoben werden kann, ohne dass sich der Boden entspannt oder über die Aushubhöhe einbricht. Wenn der Boden keinen inneren Zusammenhalt hat, ist es daher unbedingt erforderlich, einen Verbau zu errichten. Bei der Wahl der Methode für die Unterfangung wird die Bestandsituation berücksichtigt (Art, Tiefe und Zustand des Bestandsfundaments, Vorhandensein von Fenstern oder großen Öffnungen in der Wand für die ein Fundament zu errichten ist ...).

Bemessung der Untermauerung und zu beachtende Aspekte

Bei der Verstärkung von Hausfundamenten erfordert deren Untermauerung – trotz ihrer geringen Tiefe – meist eine geotechnische Bemessung. Die Tragfähigkeit neuer Fundamente wird über statische Sondierungen (Drucksondierungen (CPT)) kontrolliert. Falls die Ausführung von Drucksondierungen aus Gründen der Zugänglichkeit nicht möglich ist, kann auf eher qualitative, leichte dynamische Sondierungen (z.B. des Typs PANDA) zurückgegriffen werden.

Außerdem muss während der Unterfangung **eine Umverteilung der Lasten** in der Gründung und in den Wänden des Wohnhauses möglich sein.

Ferner ist der **Grundwasserstand** (oder sind gegebenenfalls mehrere Grundwasserstände) zu bestimmen. Denn unterhalb des Grundwasserspiegels ist eine Anwendung des Verfahrens der Untermauerung nicht möglich. Es kann nur angewandt werden, wenn der Grundwasserstand – gegebenenfalls nach Grundwasserabsenkung – mindestens 50 cm unter der Höhe der zu realisierenden Baugrubensohle liegt. Das Eindringen von Wasser in den

Graben könnte dramatische Folgen haben, sowohl für die Sicherheit der Beschäftigten (die in jeder Phase der Arbeiten gewährleistet sein muss) als auch für die Standicherheit der Bestandsfundamente.

Außerdem hat man sich auf der Website der CICC-KLIM (<https://klim-cicc.be>) zu vergewissern, dass im betreffenden Bereich **keine Versorgungsleitungen** (erdverlegte Leitungen oder Kabel) **vorhanden sind**.

Die Standicherheit des Bestandsgebäudes muss sowohl während als auch nach den Arbeiten gewährleistet sein. Wie im **Infomerklblatt 72.1** erläutert, erfolgt die Untermauerung in genau festgelegten Phasen, das heißt in Abschnitten mit begrenzter Breite und nicht in einem Arbeitsgang.

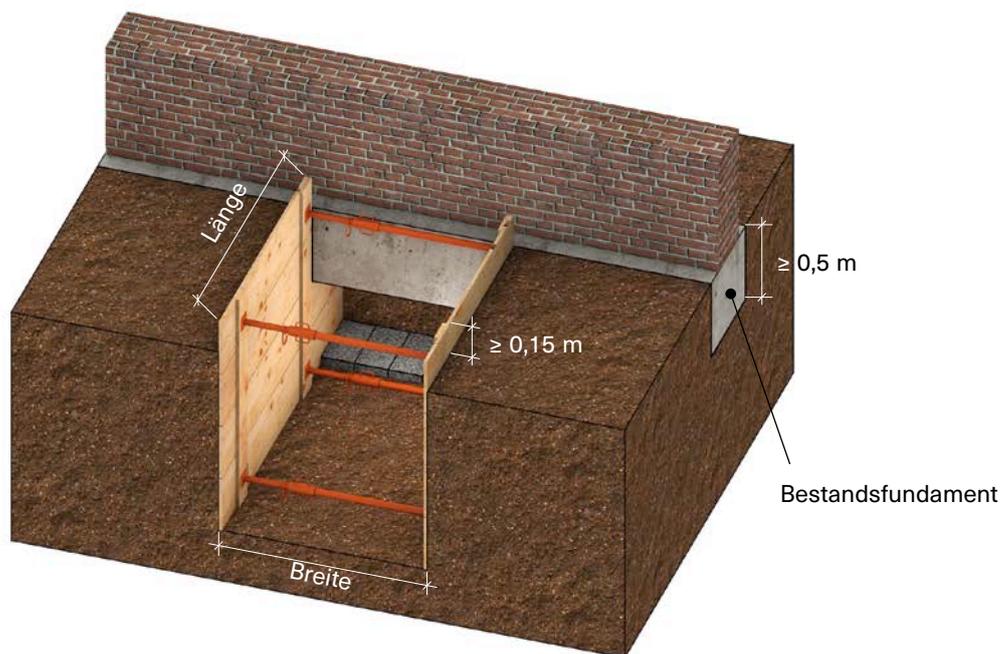
Die Untermauerung einer **gemeinschaftlichen Wand** erfordert besonderes Augenmerk und wirft einige Fragen auf:

- In welchem Zustand befindet sich die Wand?
- Sind bestimmte Punktbelastungen der Wand zu berücksichtigen?

Im Zweifelsfall ist oft der Einsatz von Verankerungen oder Abstützungen notwendig, um die Bestandswand standicher zu machen. Häufig ist dies der Fall, wenn sich in der Wand Fenster oder große Öffnungen befinden.

Die Risiken einer Untermauerung sind noch größer, wenn neben dem Bestandsfundament eine unterirdische Konstruktion errichtet wird (Drittchadensrisiko). In diesem Fall muss nicht nur die Tragfähigkeit der Wand und die Umverteilung der Lasten kontrolliert, sondern auch das Gleichgewicht der Horizontalkräfte überprüft und berechnet werden, wie weit die untermauerte Wand mindestens unter die künftige Aushubtiefe reichen muss. Hierfür können Planungsbüros, Statiker oder Geotechniker eingeschaltet werden. ◆

- 2 Ausführung einer Untermauerung: Ausheben eines Abschnitts.



Gründungen und erdberührte Bauteile: Vorbeugungsmaßnahmen

Bei der Realisierung von Gründungen und erdberührten Bauteilen wie beispielsweise Kellerkonstruktionen dürfen einige wichtige Aspekte nicht außer Acht gelassen werden. Zum Beispiel ist darauf zu achten, dass die ungeschützten Fundamente nicht durch Frost angehoben werden (auffrieren), die Verfüllung des ausgehobenen Bereichs um erdberührte Bauteile mit der nötigen Sorgfalt ausgeführt wird und eine eventuell vorhandene Wasserhaltungsanlage nicht zu früh abgeschaltet wird. Für die bezüglich der Standsicherheit im ausgehobenen Bereich zu beachtenden Aspekte verweisen wir auf den Artikel über Baugruben auf S. 8.

N. Huybrechts, Ir., Leiter der Abteilung ‚Geotechnik, Strukturen und Beton‘, WTB

Vorsicht vor dem Auffrieren ungeschützter Fundamente

In Belgien wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass Fundamente in einer Tiefe von 70 bis 80 cm im frostfreien Bereich gegründet sind. Solange der ausgehobene Streifen um die Kellerkonstruktion nicht verfüllt ist und die Hohlplatten des Erdgeschosses nicht verlegt sind, wirken sich jedoch Temperaturschwankungen stärker auf den Boden in Höhe der Gründungssohle aus. Dies kann dazu führen, dass die Fundamente in Frostperioden auffrieren, selbst wenn sie in einer Tiefe von mehr als 70 bis 80 cm unter der ursprünglichen Geländeoberkante liegen.

Abbildung 1 zeigt einen Fall, bei dem Fundamente auf einer durchgehenden Gründungssohle in 1,20 m Tiefe unter der Geländeoberkante während einer etwa zehntägigen Frostperiode durch den Frost circa 1 bis 4 cm angehoben wurden, was zu Schäden am tragenden Mauerwerk und an der aus unbewehrtem Beton bestehenden Bodenplatte des Kriechkellers führte.

Daher empfiehlt es sich, wenn längere Frostperioden angekündigt sind, die nötigen Vorkehrungen gegen ein Auffrieren der Fundamente zu treffen. Dies ist beispielsweise durch eine **Änderung der Planung** möglich (sofern praktisch umsetzbar). Der in Abbildung 1 dargestellte Schadensfall hätte sich vielleicht verhindern lassen, wenn die Hohlplatten des Erdgeschosses vor oder zu Beginn der Frostperiode verlegt worden wären.

Sorgfältige Verfüllung und Verdichtung der Baugrube

Bei der Verfüllung der Baugrube um die Kellerkonstruktion



- 1 Schäden an tragendem Mauerwerk infolge des Auffrierens von Fundamenten während einer Frostperiode in der Bauphase.

ist es wichtig, dass **gut verdichtbares Material** (z.B. Sand) verwendet und **schichtweise** verfüllt und verdichtet wird. Damit lassen sich spätere Setzungen von Terrassenbelägen und/oder Einfahrten um das Wohnhaus vermeiden.

Wenn schlecht verdichtbarer Verfüllboden (z.B. Lehm oder Ton) verwendet wird, können in den darauffolgenden Jahren noch erhebliche Setzungen auftreten, selbst wenn schichtweise verfüllt und verdichtet wurde. Es kann zwar vor der Verlegung von Terrassenbelägen eine gewisse Wartezeit (mehrere Jahre) eingehalten werden, aber nachträgliche Setzungen sind nie ausgeschlossen.

Bei Verfüllarbeiten sollte man sich zudem der Tatsache bewusst sein, dass durch das Gewicht des Verfüllbodens und die Verdichtungsarbeiten (z.B. den Einsatz von schwerem Gerät) **beträchtliche Horizontalkräfte** auf die

Kellerwände ausgeübt werden, wodurch diese auf Biegung belastet werden. Falls die Biegefestigkeit dieser Wände überschritten wird, können erhebliche Schäden auftreten, zum Beispiel Rissbildung in der Kellerwand (und in der Folge Probleme bezüglich der Wasserdichtheit) oder schlimmstenfalls ein Versagen der Kellerwand.

Daher ist vor Beginn der Verfüllarbeiten darauf zu achten, dass die Kellerwände über eine **hinreichend hohe Biegefestigkeit** verfügen. Abgesehen davon, dass die Biegefestigkeit von bewehrtem Beton höher ist als die von unbewehrtem Mauerwerk, ist es auch wichtig zu wissen, dass mit der Erhöhung des Gewichts der darauf lastenden Konstruktion die Biegefestigkeit zunimmt. Kellerwände haben in der Regel eine hinreichende Biegefestigkeit, wenn eine konventionelle Konstruktion (Gewicht der oberirdischen Geschosse und Decken) darauf lastet, aber bei Holzkonstruktionen ist dies nicht unbedingt der Fall.

Das **Vorhandensein von Querwänden** im Keller hat ebenfalls eine bedeutende Stabilisierungswirkung.

Es empfiehlt sich, bei der Verdichtung des Bodens intensives Befahren des Verfüllbodens mit schweren Baggern in direkter Nähe der Konstruktion zu vermeiden.

Wasserhaltungsanlage nicht zu früh abschalten

Wenn für die Realisierung eines Untergeschosses eine Grundwasserabsenkung durchgeführt wurde, ist darauf zu achten, dass die Wasserhaltungsanlage nicht zu früh abgeschaltet wird. Denn das Gewicht der Konstruktion muss im Vergleich zu der nach oben wirkenden Kraft, die auf den unterhalb des Grundwasserspiegels liegenden

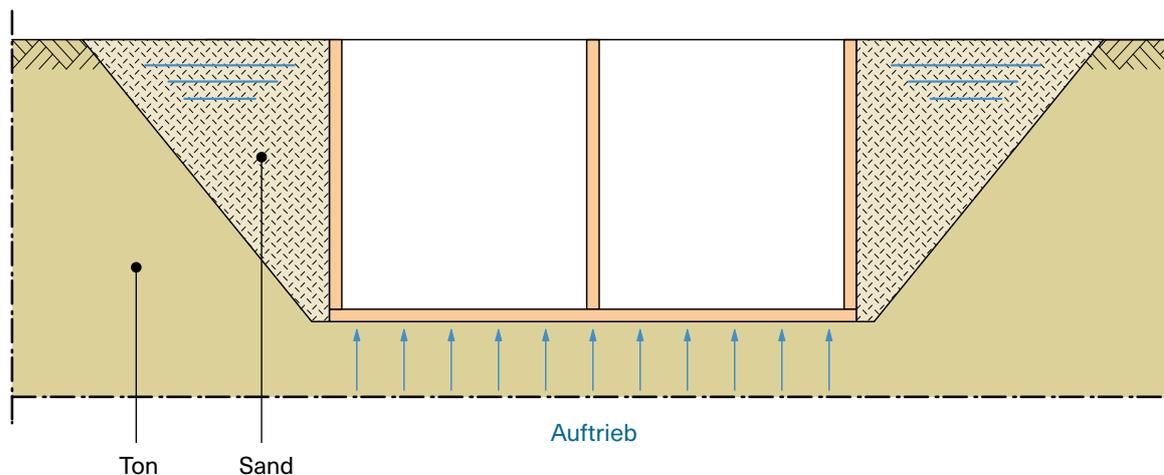
Teil des wasserundurchlässigen Verbaus vom Wasser ausgeübt wird, groß genug sein. Diese wird als **Auftriebskraft** bezeichnet.

Zum Beispiel wird auf einen Keller, der zum Teil 1 m unter dem Grundwasserspiegel liegt, eine nach oben wirkende Auftriebskraft von circa 10 kN/m^2 (1 t/m^2) ausgeübt. Bei einer Fläche von $10 \times 10 \text{ m}^2$ ergibt sich daraus eine absolute nach oben wirkende Kraft von circa 1.000 kN (100 t). Ist das Gewicht der Konstruktion in diesem Moment geringer, tritt ein **Aufschwimmen** des wasserundurchlässigen Verbaus auf, was in den meisten Fällen zu sehr schwerwiegenden und quasi irreparablen Schäden führt.

Zur Vermeidung dieser Probleme muss die Auftriebskraft vor dem Abschalten der Wasserhaltungsanlage kontrolliert werden. Wenn keine zuverlässigen Daten zum Grundwasserstand verfügbar sind, empfiehlt es sich, ihn bei dieser Kontrolle mit der Geländeoberkante gleichzusetzen.

Auch wenn keine Wasserhaltungsanlage vorhanden oder notwendig ist (z.B. bei Baugruben in Böden mit schlechter Wasserdurchlässigkeit wie beispielsweise Tonböden), ist darauf zu achten, dass sich um das Gebäude kein Wasser ansammelt. Vor allem bei Starkregen kann sich in der Verfüllzone rund um die Baugrube Wasser ansammeln und dadurch eine nach oben wirkende Auftriebskraft auf die unterirdische Konstruktion ausgeübt werden (siehe Abbildung 2).

Auch bei Fertiggellern unter Gebäudeteilen, die später vom Oberbau nicht oder nicht genug belastet werden, kann das Aufschwimmen der Baugrube zu erheblichen Schäden führen, und zwar nicht nur in der Bauphase, sondern auch in der Nutzungsphase. Dieses Phänomen kann auch viele Jahre nach dem Bau dadurch auftreten, dass Wasser sehr langsam in den verfüllten Bereich fließt. ◆



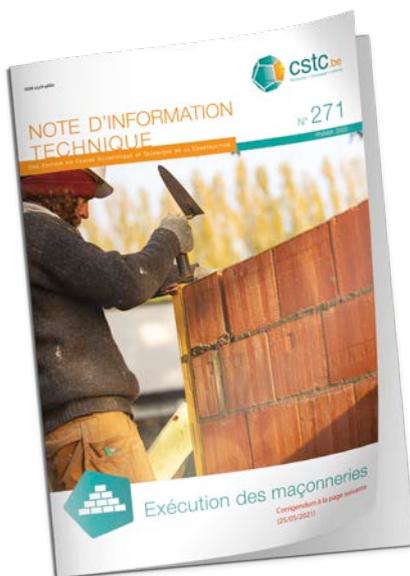
- 2 Ansammlung von Oberflächenwasser, das in den gut durchlässigen Verfüllboden um den Keller eingedrungen ist und eine Auftriebskraft auf die Baugrube ausübt.

Erstellung von tragendem Mauerwerk: Standsicherheit geht vor!

Damit das tragende Mauerwerk und das Gebäude den Anforderungen an Festigkeit und Standsicherheit entsprechen, müssen Bauunternehmer darauf achten, dass bestimmte Punkte sowohl vor und während als auch nach den Arbeiten eingehalten werden.

Y. Grégoire, Ir.-Arch, Verantwortlicher für Sektorpublikationen, Abteilung ‚Veröffentlichungen und Dokumentation‘, WTB

Tragendes Mauerwerk ist nach **Eurocode 6** zu planen und auszuführen. Der zweite Teil dieses Eurocodes ist insbesondere den Ausführungsregeln gewidmet, die einzuhalten sind, damit das Mauerwerk den in den übrigen Teilen des Eurocodes aufgeführten Bemessungsannahmen entspricht. Die **TI 271** wiederum fungiert als Leitfaden für eine gute fachliche Praxis bei der Ausführung von Mauerwerk.



Einhaltung der Vorschriften

Auftragnehmer von Mauerwerksarbeiten müssen sich stets **an die Vorschriften des Planers halten**, unabhängig

davon, ob das tragende Mauerwerk Gegenstand von Bemessungsunterlagen ⁽¹⁾ war oder in den Vertragsunterlagen (Leistungsbeschreibungen, Plänen, Bemessungsblättern) über Angaben zu der Art und Festigkeit der Materialien, der Wanddicke oder dem Ausführungsverfahren implizit bemessen ist. Denn diese Parameter haben einen Einfluss auf die Standsicherheit des tragenden Mauerwerks und damit auf die Gebäudestandsicherheit. Die Auftragnehmer dürfen stets Alternativen vorschlagen, aber diese müssen dem Planer zur Genehmigung vorgelegt werden.

Es wird dringend empfohlen, sich für Produkte zu entscheiden, die über eines der **freiwilligen Qualitätslabel** (z.B. BENOR und ATG) verfügen. Denn bei diesen hat sich im Bereich Mauerwerk bereits eine gute Entwicklung vollzogen. Diese Label garantieren nicht nur die Qualität der Produkte, sondern bieten auch günstigere Sicherheitsbeiwerte.

Das Mauern

Die erste Schicht Mauersteine muss zum Ausgleichen von Unebenheiten im Untergrund auf **eine 2 cm dicke Ausgleichsmörtelschicht** gesetzt werden. Dies gilt insbesondere bei dünnen Lagerfugen (0,5 bis 3 mm), da die Mauersteine optimal ausgerichtet sein müssen.

Bei Lagerfugen mit einer Nenndicke von weniger als 6 mm ist hinsichtlich der Fugendicke eine strengere Ausführungstoleranz zu beachten (2 mm statt 4 mm) und muss besonderes Augenmerk auf die Ausführung gelegt werden.

Zu berücksichtigen ist auch die Tatsache, dass ein Hybridmauerwerk ⁽²⁾ ein schlechteres mechanisches Leistungsverhalten hat.

⁽¹⁾ Planer müssen in den Vertragsunterlagen eindeutig angeben, dass – falls der Auftragnehmer für die Mauerwerksarbeiten selbst ein Planungsbüro einschalten soll – die Bemessung oder Standsicherheitsuntersuchung zu Lasten des Auftragnehmers geht.

⁽²⁾ Ein Hybridmauerwerk ist ein heterogenes Mauerwerk, in das spezielle Materialien eingebaut werden, zum Beispiel Dämmsteine im unteren Wandbereich oder Schalldämmstreifen.

A Zulässige geometrische Abweichungen im Hinblick auf die Standicherheit von Mauerwerk (mit Abweichungen bei Mauersteinen zu kombinieren).

Zu kontrollierende Eigenschaft		Maximal zulässige Abweichung
Lotreichtigkeit/Vertikalität	in jedem Geschoss	± 8 mm/Geschoss
	über die Gebäudehöhe	± 50 mm
Fluchten in vertikaler Richtung		± 20 mm
Ebenheit über eine Strecke von 2 m		± 8 mm/2 m
Wanddicke		± 5 mm oder ± 5 % der Dicke (wobei der jeweils höhere Wert gilt)

Bei Fassadenöffnungen geht die Auflagertiefe der Stürze (≥ 10 cm für Stürze, die der Norm NBN EN 845-2 entsprechen) aus den Vorschriften hervor, die auf Stand sicherheitsberechnungen und/oder Herstellerinformationen basieren. Diese **Fertigteilstürze** müssen auf eine Mörtelschicht gesetzt werden (gleichmäßige Lastverteilung und Erzeugung ausreichender Reibung), in die manchmal zur Erhöhung der Reibung ein beispielsweise aus Neopren bestehendes Profil eingelegt wird. Je nach der Größe dieser Lasten und der Art des Mauerwerks kann es notwendig sein, darauf abgestimmte Betonaufleger (kleine Stahlbetonträger im Auflagerbereich eines Trägers) einzubauen.

Höhenbegrenzung für die pro Tag gemauerten Abschnitte

Die Höhe der pro Tag gemauerten Abschnitte muss auf die Abbindegeschwindigkeit des Mörtels und auf das Gewicht der Mauersteine abgestimmt werden. Üblicherweise beträgt diese Höhe 1,2 m, außer bei großformatigen Steinen und geklebtem Mauerwerk, wobei die Höhe einer Geschosshöhe entspricht.

Ausführungstoleranzen

Damit den Annahmen in der Stand sicherheitsberechnung entsprochen werden kann, sind einige Höchstwerte für geometrische Abweichungen einzuhalten (siehe Tabelle A).

B Mindestanzahl vorzusehender Absteifungen für Mauerwerk bis 3 m Höhe.

Wandlänge	Mindestanzahl an Absteifungen
≤ 2 m	1
≤ 5 m	2
Je weitere 2 m Länge	+ 1

Absteifungen

Durch eine wohlüberlegte Auswahl der **aussteifenden Wände** (d.h. der Wände, die zur Stützung einer Wand dienen, deren Standicherheit sichergestellt werden muss) in der Planungsphase lässt sich das Risiko auf Einsturz durch Windeinwirkung in der Bauphase verringern und einem eventuellen Einsatz von Absteifungen vorbeugen.

Sind keine Aussteifungswände vorhanden, müssen frei stehende Wände wie beispielsweise Spitzgiebel auf geeignete Art und Weise abgesteift werden. Aktuelle Empfehlungen für diesen Bereich sind in Tabelle B aufgeführt.

Die Absteifungen müssen **sowohl Zug- als auch Druckkräfte** aufnehmen können. Können sie dies nicht, sind die Wände beidseitig abzustützen. Die Absteifungen werden üblicherweise in einem Winkel von 45° bis 60° zur Horizontale positioniert, wobei der Ansatzpunkt in ungefähr 2/3 der Wandhöhe liegt (für Wände bis 3 m Höhe). Außerdem sind auch Träger zur Verteilung der Lasten vorzusehen.

Schlitzte und Aussparungen

Der Einbau von Leitungen und die Ausführung von Aussparungen dürfen die Standicherheit der Wand oder deren andere Eigenschaften (insbesondere den Feuerwiderstand) nicht beeinträchtigen. Im Allgemeinen ist es nicht gestattet, durch Stürze oder andere tragende Bauteile führende Schlitzte oder Aussparungen auszuführen. Falls es sich um bewehrtes Mauerwerk handelt, muss ein Planungsbüro zurate gezogen werden.

Besonderes Augenmerk ist auf Schlitzte und Aussparungen zu legen, die nach der Ausführung des Mauerwerks hergestellt werden. Vertikale Schlitzte und Aussparungen (zulässig ohne vorherige Berechnung) dürfen höchstens 30 mm tief sein. Die maximal zulässige Breite wiederum ist von der Dicke des tragenden Mauerwerks abhängig. Horizontale oder schräg verlaufende Schlitzte und Aussparungen dürfen dagegen nicht ohne Stand sicherheitsberechnung ausgeführt werden. 

Beurteilung der Standsicherheit eines Bestandsrohbaus

Vor Beginn einer Sanierung muss der derzeitige Zustand des Bauwerks untersucht werden. Häufig sind die Verformung von Bauteilen und das Vorhandensein von Rissen gute Indikatoren für die Beurteilung der Standsicherheit kleiner und mittelgroßer Gebäude. Eventuelle Arbeiten, die Auswirkungen auf die Standsicherheit haben, sollten immer unter der Leitung eines Architektur- und/oder Planungsbüros ausgeführt werden.

L. Lassoie, Ing., Redaktionskoordinator und stellvertretender Koordinator der Technischen Komitees, WTB

Feuchtigkeitsprobleme können Folgen für die Standsicherheit von Bauteilen haben, werden aber in diesem Artikel nicht behandelt. Selbstverständlich müssen jedoch diese Probleme vor Beginn der Arbeiten behoben werden. Für weitere Informationen zu diesem Thema verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2021/6.1](#) und [TI 252](#).

Die Beurteilung der Standsicherheit beginnt stets mit einer Sichtprüfung und einer Einsichtnahme in die Geschichte des Gebäudes.

Bei der **Sichtprüfung** ist insbesondere Augenmerk auf die Parameter zu legen, die einen Einfluss auf die Standsicher-

heit des Bauwerks haben können, zum Beispiel:

- Tragwerksgeometrie
- Dicke und wenn möglich Aufbau der tragenden Bauteile
- Ausführungsmerkmale und Zustand der Anschlüsse zwischen Bauteilen
- Art und Zustand verwendeter Materialien und verbleibender wirksamer Querschnitt beschädigter Bauteile
- Länge, Öffnungsweite und Ausrichtung durchgehender Risse
- erhebliche Verformungen (z.B. Durchbiegung, Senkung und Schiefstand)
- Setzungen und Senkungen.

Die **Geschichte des zu sanierenden Bauwerks** wiederum sollte ein klareres Bild von den vorhandenen Materialien, den angewandten Verfahren und der Entwicklung bestimmter Phänomene vermitteln. Zu achten ist insbesondere auf Folgendes:

- Entwicklung von Verformungen im Zeitverlauf (z.B. Schiefstand und Risse)
- Vorhandensein eines fauligen Geruchs
- Vorhandensein von Bohrmehl auf den Böden
- Eventuelle frühere Instandsetzungen.

Standsicherheit von Decken- und Dachkonstruktionen aus Holz

Bei Decken- und Dachkonstruktionen aus Holz ist der erste Schritt bei der Beurteilung der Standsicherheit die Kontrolle des Zustands des Holzes, vor allem bei Auflagern und Verbindungen.

Da das Vorhandensein von Schimmeln oder Pilzfäden (siehe Abbildung 1) ein Hinweis darauf ist, dass der Befall noch aktiv ist, muss vor Beginn der Arbeiten immer ein Sachverständiger eine gründliche Diagnose stellen und eine geeignete und rasche Behandlung erfolgen (siehe [TI 180](#)).



1 Vorhandensein von Pilzfäden und Holzfäule.



2 Insektenbefall bei Holz.

Wenn die Holzoberfläche **verrottet** ist, bedeutet dies oft, dass sie von Schwämmen befallen ist. In diesem Fall muss das Ausmaß des Befalls untersucht werden, indem mit einem spitzen Gegenstand ins Holz gestochen wird. Falls der Gegenstand nicht mehr als 1 bis 1,5 cm (Balken 7/18 cm oder 8/23 cm) tief ins Holz eindringt, kann das Bauteil ohne Verstärkung erhalten bleiben.

Kleine runde oder ovale Löcher in der Holzoberfläche (siehe Abbildung 2) sind sehr häufig auf einen aktiven oder inaktiven Befall durch Insekten zurückzuführen. Wenn die Löcher einen Durchmesser von weniger als 3 mm haben, reicht es aus, mit einer Bürste ein Behandlungsmittel auf das Holz aufzutragen oder das Mittel direkt auf die zu behandelnde Oberfläche zu sprühen. Falls die Löcher größer sind, muss zur Evaluierung ihrer Auswirkungen auf die mechanische Festigkeit der Bauteile eine genaue Diagnose gestellt werden.

Wird der Zustand des Holzes als qualitativ hinreichend erachtet, geht man zur Beurteilung der Standicherheit

der Bauteile über. Eine erste Einschätzung kann anhand ihrer tatsächlichen Verformung getroffen werden. Wenn diese größer ist als 1/100 der Spannweite (auch als ‚L/100‘ angegeben), muss die Standicherheit in Frage gestellt werden.

Für diese Einschätzung können **Vorbemessungstabellen** verwendet werden (siehe [Les Dossiers du CSTC 2013/1.7](#) und [2011/4.6](#)). Wenn man die üblichen Verformungskriterien (L/350) und/oder Schwingungskriterien (bei Decken) betrachtet, stellt man oft fest, dass die Konstruktionen unterdimensioniert sind.

Im Zusammenhang mit Sanierungsarbeiten ist es üblich, ein weniger schönes Erscheinungsbild (Verformungen von mehr als L/350) und/oder weniger Komfort bei Böden (durch Begehen erzeugte Schwingungen) zu akzeptieren. Von wesentlicher Bedeutung ist jedoch die Prüfung der Standicherheit. Die Tabellen A, B und C geben einen Überblick über die maximalen Spannweiten (in Metern) der Decken eines Hauses (maximales Flächengewicht von Belägen/

A Maximale Spannweiten der Decken eines Hauses.

Mittenabstand	Balken 63 x 175 mm ²			Balken 75 x 225 mm ²		
	L/350	Schwingungskriterium	Standicherheit	L/350	Schwingungskriterium	Standicherheit
0,3 m	3,9 m	3,5 m	5,0 m	5,3 m	5,3 m	6,9 m
0,4 m	3,5 m	2,9 m	4,4 m	4,8 m	4,8 m	6,2 m
0,5 m	3,3 m	2,7 m	4,0 m	4,5 m	4,5 m	5,5 m
0,6 m	3,1 m	2,5 m	3,6 m	4,2 m	4,0 m	5,0 m

B Maximale Spannweiten zwischen den Auflagern der Pfetten eines Schrägdachs (40°).

Mittenabstand	Pfette 63 x 175 mm ²		Pfette 75 x 225 mm ²	
	L/350	Standsicherheit	L/350	Standsicherheit
1,0 m	3,9 m	5,0 m	5,3 m	7,0 m
1,2 m	3,7 m	4,6 m	5,0 m	6,4 m
1,4 m	3,5 m	4,2 m	4,8 m	5,9 m
1,6 m	3,3 m	4,0 m	4,6 m	5,5 m

C Maximale Spannweiten zwischen den Auflagern der Deckenbalken eines nicht zugänglichen Flachdachs.

Mittenabstand	Deckenbalken 63 x 150 mm ²		Deckenbalken 63 x 175 mm ²	
	L/350	Standsicherheit	L/350	Standsicherheit
0,3 m	5,4 m	6,4 m	6,3 m	7,5 m
0,4 m	4,9 m	5,6 m	5,7 m	6,5 m
0,5 m	4,5 m	5,0 m	5,3 m	5,8 m
0,6 m	4,3 m	4,6 m	5,0 m	5,3 m

Verkleidungen: 70 kg/m²) und die maximalen Spannweiten zwischen den Auflagern bei Schräg- und Flachdächern.

Standsicherheit des Mauerwerks

Da die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Schadensfälle die Standsicherheit von Mauerwerk gefährden können, müssen diese zuerst behandelt werden.

Angenommen der Zustand der Materialien, aus denen sich das Mauerwerk zusammensetzt (Ziegelsteine, Blocksteine, Mörtel ...), wird als qualitativ hinreichend betrachtet, so sind

die in Bezug auf die Standsicherheit des Mauerwerks zu kontrollierenden Hauptaspekte:

- erhebliche Verformungen in Bezug auf die **Ebenheit** (Schiefstand, Senkung ...)
- Tiefe, Öffnungsweite und Entwicklung eventueller **Risse** im Zeitverlauf.

Für die Beurteilung der Lotreichtigkeit und Ebenheit können die Kriterien aus dem Artikel auf S. 15 herangezogen werden.

Abweichungen, die über den darin angegebenen Grenzwerten liegen, können die Standsicherheit des Mauerwerks gefährden.



3 Erhebliche Frostschäden am Mauermörtel.



4 Frostschäden an Ziegelsteinen.



5

Rissbildung mit Versprung.

Risse können verschiedene Ursachen haben, die nicht immer mit der Standicherheit von Bauwerken im Zusammenhang stehen (z.B. thermisch bedingte Risse). Um zu ermitteln, ob ein Riss die Standicherheit eines Mauerwerks gefährden könnte, ist es von wesentlicher Bedeutung, sich bestimmte Fragen zu stellen.

Handelt es sich um einen durchgehenden Riss?

Nur die Risse, die von einer Seite der Wand bis zur anderen reichen, müssen als potenziell gefährlich betrachtet werden.

Wie groß ist die Öffnungsweite des Risses?

Im Allgemeinen stellen Risse mit einer begrenzten Öffnungsweite (< 3 mm) kein Risiko dar, sofern sich ihre Öffnungsweite nicht verändert und keine erheblichen Versprünge

festgestellt werden (siehe Abbildung 5). Ab 3 mm empfiehlt es sich die Entwicklung des Risses mindestens drei Monate lang (im Idealfall ein Jahr) mit einem Rissbreitenmesser zu verfolgen, außer in Fällen, in denen die Ursache der Rissbildung bekannt ist und die gesammelten Informationen auf eine Stabilisierung der Öffnungsweite hinweisen. Stabile Risse können mit gängigen Reparaturprodukten repariert werden. Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass leichte Bewegungen (insbesondere thermisch bedingte) zu Mikrorissen in den Reparaturbereichen führen können.

Bei instabilen Rissen muss vor anderen Eingriffen die Ursache der Rissbildung (z.B. unterschiedliches Setzungsverhalten der Fundamente) untersucht und behandelt werden.

Standicherheit von Betonkonstruktionen

Bei bestehenden Betonkonstruktionen ist die Beurteilung der Standicherheit schwieriger. Der Grund ist, dass die benötigten Informationen, zum Beispiel zu mechanischen Eigenschaften, Durchmesser und Anordnung der Bewehrung, meist fehlen. Vor Ort lassen sich zwar bestimmte Kontrollen (z.B. mit einem Betondeckungsmessgerät) ausführen und es kann die mechanische Festigkeit gemessen werden (siehe [Les Dossiers du CSTC 2021/3.1](#)), aber dies geschieht bei kleineren Bauwerken nur selten.

Wir raten jedoch zur Beantwortung der folgenden Fragen.

Liegen Schäden (z.B. Brüche oder Risse) durch Korrosion der Bewehrung vor?

Ist dies der Fall und sind Konstruktionen im Innenbereich von den Schäden betroffen, müssen diese mit speziell für diesen Zweck entwickelten Systemen repariert werden. Hierbei wird die korrodierte Bewehrung freigelegt, wie in [TI 231](#) beschrieben, und – gegebenenfalls nach einer Korrosionsschutzbeschichtung – ein Reparaturmörtel aufgetragen. Bei karbonatisierten Konstruktionen mit einer Betondeckung von weniger als 10 mm muss der Beton nach Anwendung des Reparaturmörtels mit einer Schutzbeschichtung versehen werden. Bei Konstruktionen im Außenbereich muss in der Regel eine gründlichere Diagnose erfolgen, um vor Beginn der Arbeiten die genauen Ursachen des Phänomens zu ermitteln. Denn die Schäden können auch auf andere Ursachen zurückzuführen sein (z.B. Alkali-Kieselsäure-Reaktion oder Frost).

Hält sich die Verformung des Bauteils in Grenzen?

Genau wie bei Holz ist auch bei Betonbauteilen (Platte oder Träger) die Verformung ein guter Indikator für ihre Standicherheit. Bei Verformungen, die einen Wert von $L/250$ überschreiten (wobei ‚L‘ für den Abstand zwischen zwei Auflagern steht), sollte die Standicherheit der Bauteile gründlicher untersucht werden. Dies gilt auch, wenn die Durchbiegung von Stützen oder Wänden den größten $h/300$ -Wert überschreitet (wobei ‚h‘ für die Bauteilhöhe steht) oder größer als 15 mm ist. Als Grundlage für die Kontrolle der Toleranzen von Betonkonstruktionen können die Normen NBN EN 13670 und NBN B 15-400 dienen. ◆

Wie lassen sich Öffnungen in Bestandsmauerwerk ausführen?

Zur Vergrößerung von Räumen oder Erhöhung des Tageslichteinfalls werden oft Mauerwerkswände entfernt oder durch die Herstellung neuer Wandöffnungen verändert. Bei den Arbeiten und danach muss die Standsicherheit stets gewährleistet sein. Hierfür müssen Bauunternehmer bestimmte Regeln einhalten und die Vorschriften von Architekten und Statikern beachten.

Y. Grégoire, Ir.-Arch, Verantwortlicher für Sektorpublikationen, Abteilung ‚Veröffentlichungen und Dokumentation‘, WTB

Zu berücksichtigende Einwirkungen

Sowohl bei der Auswahl des Ausführungsverfahrens als auch bei der Bemessung des künftigen Sturzes und der für den Bauzustand zu errichtenden Stützsysteme müssen die Einwirkungen auf das Mauerwerk berücksichtigt werden.

Wenn das Mauerwerk über einem Sturz hoch genug ist (d.h. höher als die Hälfte der Öffnungsbreite) bildet sich im Mauerwerk ein **Entlastungsbogen**. Die oberhalb dieses Bogens aufgebracht Lasten werden nicht vom Sturz, sondern vom benachbarten Mauerwerk abgetragen. Die Fläche zwischen Entlastungsbogen und Sturz lässt sich in Form eines Dreiecks darstellen (siehe Abbildung 1).

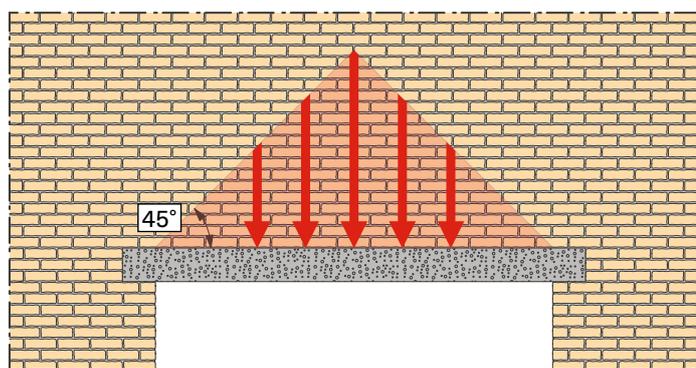
Wenn unterhalb der Spitze dieses Dreiecks keine zusätzlichen Lasten auftreten (z.B. durch Träger oder Decke), trägt der Sturz nur sein Eigengewicht und das Gewicht des Dreiecks. Andernfalls (was häufig vorkommt), sind auch alle Punktlasten oder verteilten Einwirkungen zu berücksichtigen.

Durch die Herstellung von Öffnungen und die Entfernung von tragendem Mauerwerk verringert sich die **Gesamtfestigkeit des Gebäudes**, insbesondere in Bezug auf Horizontallasten (z.B. Wind und Erdbeben). Je nach Größe dieser möglichen Einwirkungen wird das Planungsbüro Beschränkungen hinsichtlich der Anzahl und der Maße der Öffnungen auferlegen, um die Aufrechterhaltung der Gesamtstandsicherheit des Gebäudes sicherzustellen, oder an bestimmten Stellen Verstärkungsmaßnahmen vorsehen.

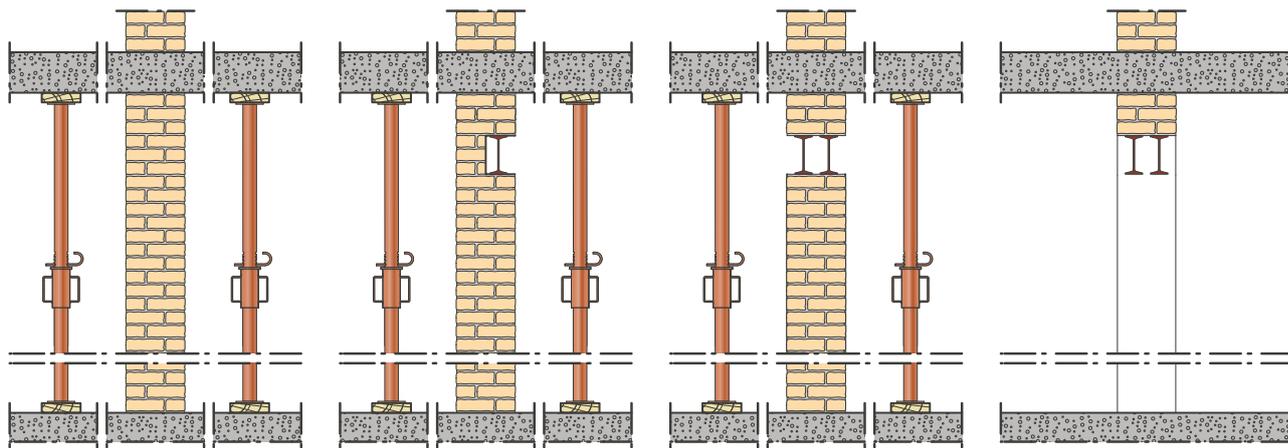
Verfahren für die Herstellung von Öffnungen

Im Allgemeinen müssen bei der Herstellung von Öffnungen keine besonderen Maßnahmen getroffen werden (z.B. Abstützungen), falls folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Länge der Öffnungen beträgt höchstens 1 m (z.B. Türöffnung)
- Das Mauerwerk ist massiv und in einem guten Zustand (kohäsiv und rissfrei)



- 1 Dreieck, begrenzt durch Entlastungsbogen und Sturz.



2 Methode des Einbaus von zwei Halbstützen nebeneinander.

- Das Mauerwerk ist hoch genug, um einen Entlastungsbogen zu bilden (siehe vorherigen Abschnitt) und es liegen keine zusätzlichen Lasten unter der Spitze des Dreiecks vor (siehe Abbildung 1 auf S. 21).

Der neue Sturz hält das Entlastungsdreieck langfristig an Ort und Stelle.

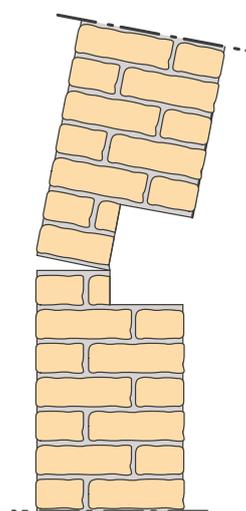
In Fällen, in denen die genannten Voraussetzungen nicht erfüllt sind, haben die wichtigsten Verfahren für die Herstellung von Öffnungen, die im Folgenden kurz beschrieben und dargestellt werden, miteinander gemein, **dass sie eine vorübergehende Stützung während der Arbeiten und eine dauerhafte Stützung des Bauwerks im fertiggestellten Zustand bewirken.**

Die meisten dieser Methoden erfordern einen wesentlichen Eingriff: eine **geeignete Verfüllung**, das heißt eine optimale Abdichtung, der Hohlräume (zwischen dem neuen Sturz und dem Mauerwerk) mit einem schwundfreien Füllmörtel. Bei Bedarf kann der Sturz verkleidet werden (z.B. wegen des Feuerwiderstands).

Methode des Einbaus von zwei Halbstützen nebeneinander

Diese Methode beinhaltet, dass über die Hälfte der Wanddicke hinweg eine erste horizontale Aussparung erstellt wird, in die der erste Halbsturz mit Verfüllung eingebaut wird (siehe Abbildung 2). Anschließend geht man für die andere Hälfte der Wanddicke nach dem gleichen Verfahren vor. Danach wird das Mauerwerk unter den beiden Halbstützen entfernt.

Bei Anwendung dieser Methode ist auf die Standicherheit der Wand im geschwächten Wandbereich zu achten, da dort eine hohes Risiko bezüglich Ausknicken (siehe Abbildung 3) und Einsturz besteht. Daher sollte die Anwendung dieser Methode vor allem bei großen Spannweiten vermieden



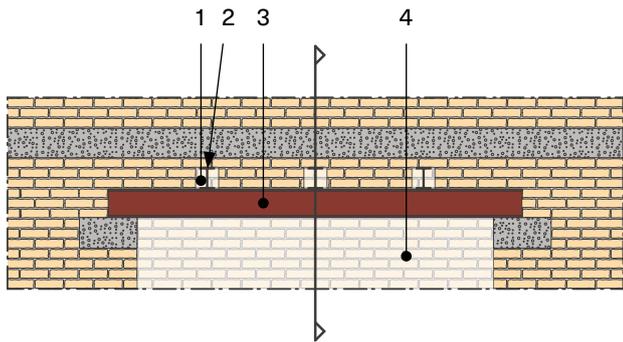
3 Risiko des Ausknickens bei einer bis zur Hälfte der Wanddicke reichenden Aussparung.

werden. Eine sicherere Alternative ist, die Aussparungen auf ein Drittel der Wanddicke zu begrenzen und schmalere Stütze zu verwenden.

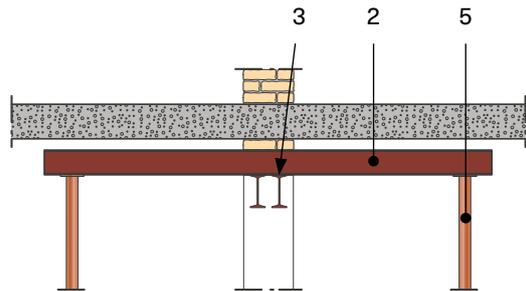
Methode der Stützung und Abfangung

Bei dicken Wänden und/oder Deckenkonstruktionen, die zu beiden Seiten des Mauerwerks unterbrochen sind, ist die Methode der Stützung und Abfangung vorzuziehen (siehe Abbildung 4 auf S. 23 und Abbildung 7 auf S. 24). Sie beinhaltet Folgendes:

- Zuerst werden oberhalb der zukünftigen Öffnung an einigen Stellen Durchbrüche im Abstand von einigen Dutzend Zentimetern (nicht mehr als 1 m) hergestellt
- Anschließend werden im rechten Winkel zur Wand Trägerprofile mit Verfüllung eingebaut. Diese liegen auf an ihren Enden angebrachten Baustützen auf



- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Durchbrüche an einzelnen Stellen | 3. Sturz |
| 2. Temporäre Trägerprofile | 4. Abzubrechendes Mauerwerk |



5. Baustütze

4 Methode der Stützung und Abfangung (Vorderansicht und Schnitt).

- Danach wird die Öffnung hergestellt, indem das darunterliegende Mauerwerk abgebrochen wird
- Zum Schluss wird der endgültige (gegebenenfalls aus mehreren Elementen aufgebaute) Sturz mit Verfüllung eingebaut. Danach werden die Baustützen und die Trägerprofile entfernt.

- Dann wird eine geeignete Bewehrung verlegt und danach der Träger betoniert, in den die Stützelemente eingebettet sind
- Sobald der Beton ausgehärtet ist, wird zum Schluss die Öffnung hergestellt.

Methode mit Stützelementen

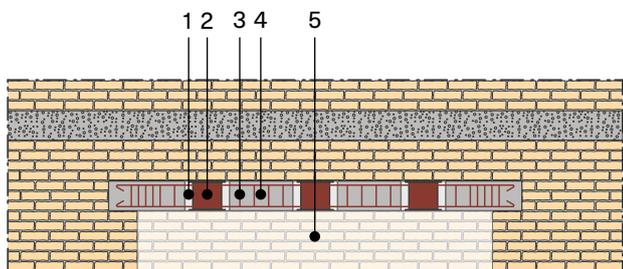
Die Methode mit Stützelementen (siehe Abbildung 5) wird hauptsächlich angewandt, wenn Fertigteile schwer erhältlich sind. Hierbei geht man wie folgt vor:

- Als Erstes werden in Höhe des zukünftigen Sturzes an einigen Stellen Durchbrüche in Abständen von einigen Dutzend Zentimetern (nicht mehr als 1 m) hergestellt
- Als Zweites werden die Stützelemente mit Verfüllung eingebaut (siehe Abbildung 6). Anschließend wird das Mauerwerk zwischen den Stützelementen abgebrochen

Sinnvolle Verwendung von Baustützen

Die Baustützen und die Stützsysteme dürfen den **Zugang zum Arbeitsbereich** nicht behindern. Daher sollten sie in einem Abstand von circa 1 m zum abzubrechenden Mauerwerk stehen.

Die eventuell vorhandenen Baustützen sollen **vorübergehend die einwirkenden Lasten aufnehmen** und auf die Tragkonstruktion übertragen. Damit gewährleistet ist, dass die Baustützen im betreffenden Geschoss richtig wirken, kann es notwendig sein, auch im darunterliegenden

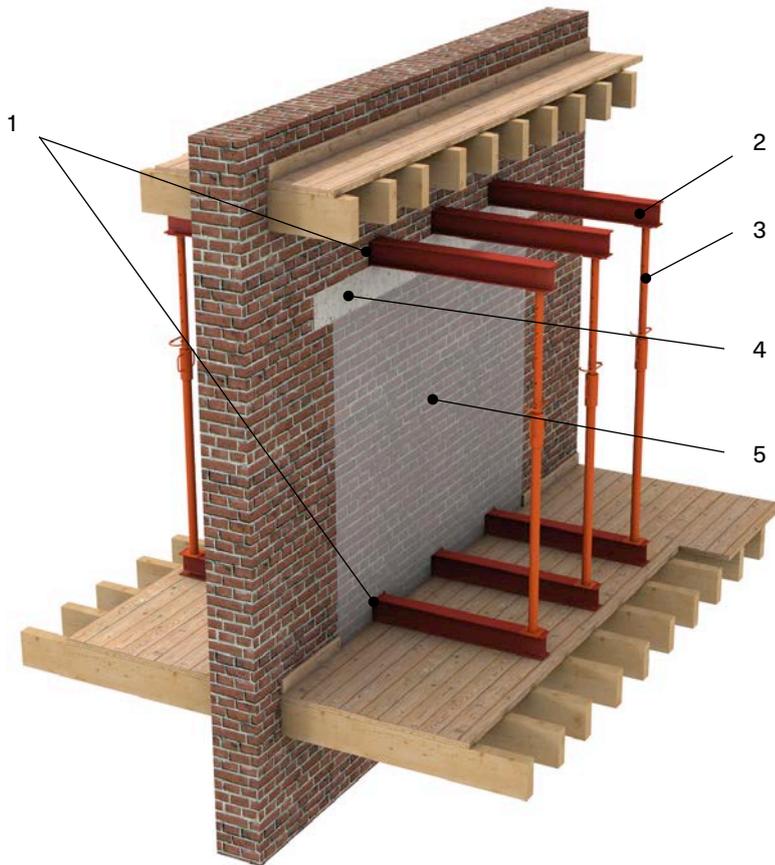


- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. Durchbrüche an einzelnen Stellen | 3. Bewehrung |
| 2. Mit Verfüllung eingebautes Stützelement | 4. Beton |
| | 5. Abzubrechendes Mauerwerk |

5 Methode mit Stützelementen.



6 Beispiele für Stützelemente.



1. Durchbrüche an einzelnen Stellen
2. Temporäres Trägerprofil
3. Baustütze
4. Sturz
5. Abzubrechendes Mauerwerk

7 Methode der Stützung und Abfangung: Auflagerung der Baustützen auf temporären Trägerprofilen, die auf der tragenden Innenwand aufliegen.

Geschoss Baustützen zu montieren, um die Lasten auf die Fundamente zu übertragen, oder das untere Ende der Baustützen auf in Querrichtung zur tragenden Wand angebrachten Balken aufliegen zu lassen (siehe Abbildung 7).

Auswahl des Sturzes

Stürze bestehen manchmal aus einem Metallprofil oder häufiger aus mehreren nebeneinander angeordneten Metallprofilen, die zusammen einen Sturz bilden. Es gibt auch andere Lösungen, zum Beispiel aus Betonfertigteilelementen, Ortbeton, Holzbalken oder Naturstein.

Eines der Auswahlkriterien ist die **Einfachheit der Handhabung**. Daher wird vor allem auf das Gewicht des Sturzes und die Möglichkeiten des Transports von Fertigteilen auf die Baustelle geachtet.

Der Sturz für die geplante Öffnung muss **so bemessen werden, dass er die Lasten sicher aufnehmen kann** und sich nur begrenzt verformt (höchstens um 1/500 oder sogar 1/1.000 der Spannweite, wenn sich in der darüberliegenden Wand Öffnungen befinden; diesbezüglich verweisen wir auf die Norm NBN B 03-003).

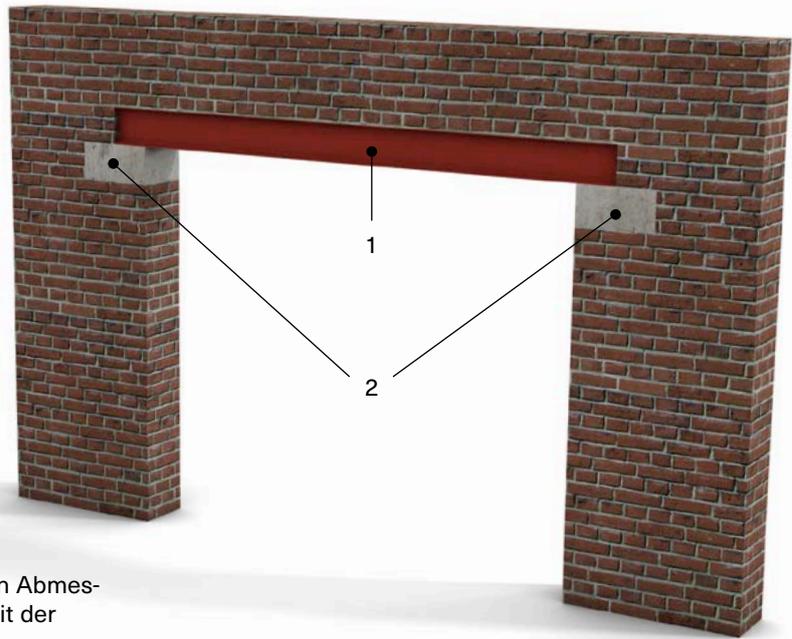
Auflager des geplanten Sturzes

Die Auflagertiefe der Stürze muss anhand von Standstabilitätsberechnungen ermittelt werden. Sie sollte **vorzugsweise 20 cm oder mehr** betragen und darf 10 cm keinesfalls unterschreiten.

Je nach Größe der einwirkenden Lasten und der Festigkeit des Mauerwerks kann es nötig sein, die Auflagerreaktionen an beiden Seiten der hergestellten Öffnung zu verteilen, indem **Auflager aus bewehrtem Beton** eingebaut werden (siehe Abbildung 8 auf S. 25) oder die Auflagerreaktionen über **Metallstützen** auf die darunterliegende Konstruktion übertragen werden (siehe Abbildung 9 auf S. 25). Letztere muss folglich die erzeugten Punktlasten aufnehmen können.

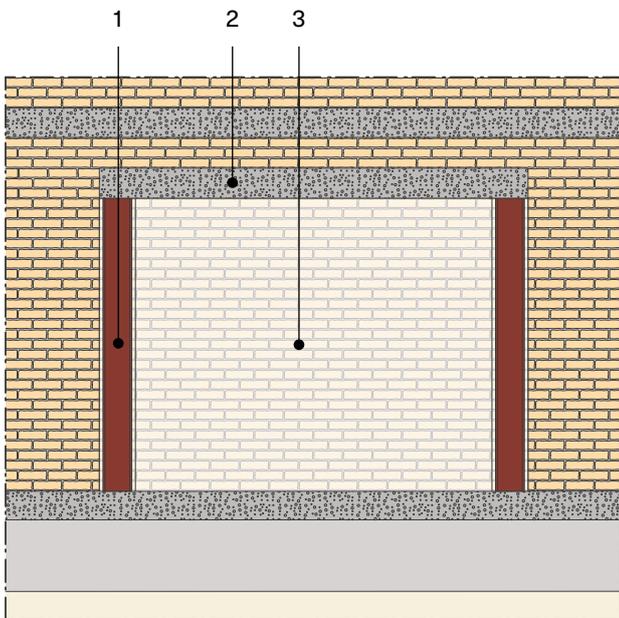
Schutz von Bauwerken

Während der Ausführung der Arbeiten müssen Auftragnehmer die nötigen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Schäden an nicht betroffenen Bauwerken ergreifen. Falls Leitungsnetze vorhanden sind (z.B. Strom, Wasser, Gas oder Heizung) müssen diese umgeleitet oder außer Betrieb genommen werden.



1. Sturz
2. Betonaufleger

8 Einbau von Betonauflägern mit gängigen Abmessungen (40 cm lang, 20 cm hoch und mit der gleichen Dicke wie das Mauerwerk).



1. In eine vertikale Aussparung eingebaute Metallstütze
2. Sturz
3. Abzubrechendes Mauerwerk

9 Verwendung von Metallstützen, die den neuen Sturz tragen.

Umgang mit Abbruchmaterial

Es wird empfohlen, eine der Möglichkeiten zur **Wiederverwendung von Abbruchmaterial** in Erwägung zu ziehen. Zum Beispiel können massive Ziegelsteine (wenn davon genügend vorhanden sind) beim selben Vorhaben oder über Baustoffhändler bei anderen wiederverwendet werden. Eine weitere Möglichkeit ist das Recycling der Ziegelsteine in Form von Granulaten über Recyclingzentren. 

Warnhinweis

Selbst wenn die Arbeiten gemäß den Empfehlungen in diesem Artikel ausgeführt werden, führt die Herstellung von Öffnungen in tragendem Mauerwerk unvermeidlich zu einem neuen Lastverlauf. Dadurch ändert sich das Antwortverhalten der Struktur des Mauerwerks und kommt es zu einer Neuverteilung der Spannungen und Verformungen. Dies kann in begrenztem Umfang zu Rissen führen, manchmal sogar in den obersten Geschossen, ohne jedoch die Standsicherheit zu gefährden.

Deckendurchbruch und Deckenverstärkung: Was ist zu beachten?

Eine Deckensanierung muss genau vorbereitet werden, insbesondere wenn Durchbrüche hergestellt werden sollen. In diesem Artikel werden die wichtigsten Regeln der guten fachlichen Praxis für die einzelnen Deckenarten dargelegt. Auch die Verstärkung von Holzbalkendecken wird behandelt.

A. Skowron, Ir. Leiterin des Laboratoriums ‚Strukturen und Bausysteme‘, WTB

Bevor eine Decke saniert wird oder konstruktive Veränderungen an ihr vorgenommen werden, muss untersucht werden, in welchem Zustand sich die Decke befindet und ob sie **den erwarteten Nutzlasten standhalten kann** (siehe Artikel auf S. 4). Für Informationen zu den zu kontrollierenden Bauteilen siehe auch den Artikel auf S. 17.

Falls eine Deckenverstärkung aufgrund von Deckendurchbrüchen erforderlich wird, sorgt der Bauunternehmer zur **Begrenzung der Auswirkungen dieser Durchbrüche auf**

die Standicherheit für eine ausreichende Abstützung. Für weitere Informationen verweisen wir auf den Artikel auf S. 6.

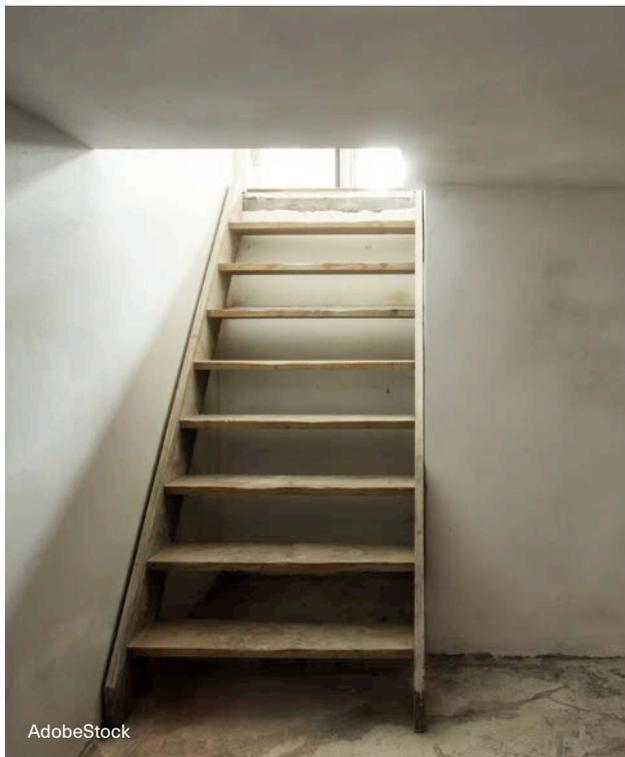
Kernbohrungen und Durchbrüche für Durchführungen im Bereich Haustechnik

Kleine vertikale Durchbrüche und Kernbohrungen in der Decke ermöglichen Durchführungen für Haustechnik (Wasser, Strom, Lüftung ...). Die Durchmesser der Aussparungen reichen von wenigen Millimetern bis circa 30 cm.

Vor der Herstellung eines Durchbruchs oder einer Kernbohrung ist sicherzustellen, dass sich an der betreffenden Stelle **keine aktiven Stromkreise oder Leitungen** mehr befinden. Zur Lokalisierung von Leitungen und Bewehrungen können verschiedene Instrumente für die Betonprüfung (zum Beispiel Ortungsgeräte) verwendet werden (siehe [Les Dossiers du CSTC 2021/3.1](#)).

Besonderes Augenmerk ist auf die **Luftdichtheit** zu legen (wenn die thermische Hülle durchbohrt wird) und auch auf die angestrebten akustischen Eigenschaften. Für weitere Informationen zur Luftdichtheit von Gebäuden verweisen wir auf [TI 255](#) und zu den akustischen Aspekten auf [Les Dossiers du CSTC 2017/4.14](#).

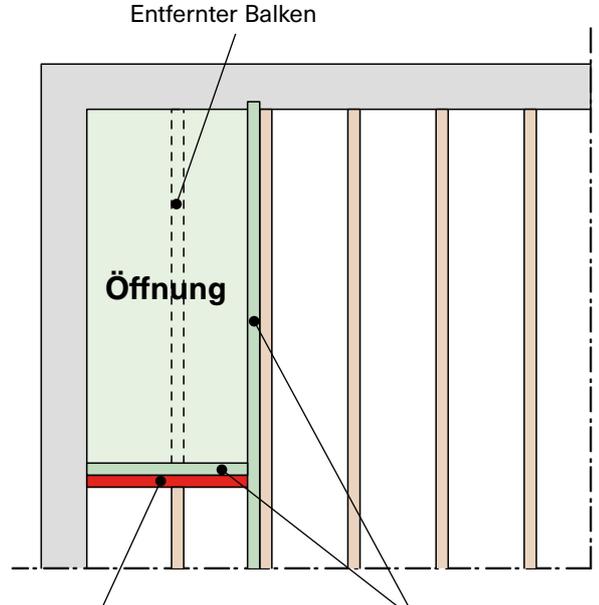
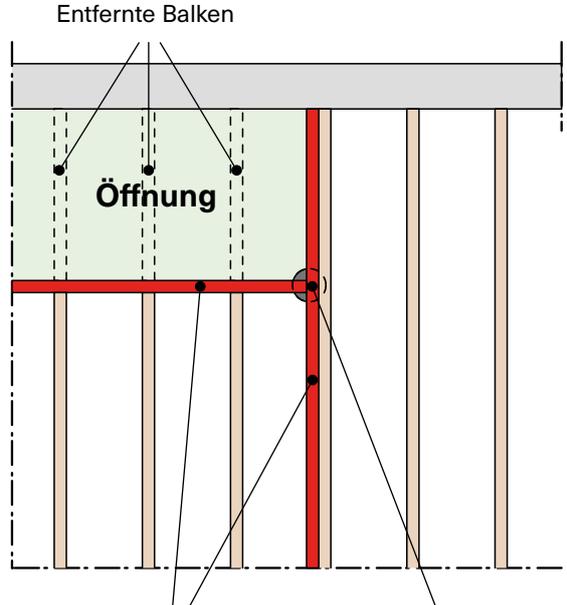
Für rechteckige Durchbrüche in Stahlbeton-Hohlplatten stellen einige Hersteller Tabellen mit den einzuhaltenden Höchstmaßen von Aussparungen bereit. Diese betragen meist 1 m in der Länge und 40 cm in der Breite. Außerdem muss die Decke mit einem Wechsel aus Stahl oder Stahlbeton verstärkt werden (siehe S. 27).



AdobeStock

1 Eine Treppe, die nach Herstellung einer großen Deckenaussparung eingebaut wurde.

A Parallel oder im rechten Winkel zu den Deckenbalken verlaufende Öffnungen.

Öffnung parallel zu Balken/Hohlplatten	Öffnung im rechten Winkel zu den Balken
 <p>Entfernter Balken</p> <p>Öffnung</p> <p>Verstärkungsbalken</p> <p>Zusätzliche Verstärkungsbalken bei Holzbalkendecken</p>	 <p>Entfernte Balken</p> <p>Öffnung</p> <p>Verstärkungsbalken</p> <p>Eventuelle Stütze</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Die Hauptachse der Öffnung folgt der Tragrichtung der Decke. • Diese Ausrichtung ermöglicht es, ohne viel Aufwand einen steifen Rahmen herzustellen. • Wenn es sich um eine Holzkonstruktion handelt, müssen die um die Öffnung verlaufenden Balken aufgedoppelt werden (zusätzliche Balken in der Zeichnung grün markiert). • Handelt es sich um eine Betondecke, kann der Verstärkungsbalken aus Stahl oder Stahlbeton bestehen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Hauptachse der Öffnung verläuft im rechten Winkel zur Tragrichtung der Decke. • Aufgrund der Ausrichtung der Öffnung muss mehr als ein Deckenbalken durchgesägt werden. • Zur Gewährleistung der strukturellen Tragfähigkeit der Konstruktion ist es erforderlich, Balken mit einem größeren Querschnitt und gegebenenfalls im Schnittpunkt der Verstärkungsbalken eine Stütze anzubringen. Dies ist der Fall, wenn die bestehende Decke die auf sie einwirkenden Lasten sogar in verstärkter Form nicht aufnehmen kann. • In diesem Fall wird dringend empfohlen, einen Statiker einzuschalten, der die geplanten Verstärkungsbalken genau bemisst.

Herstellung großer Aussparungen

Bei der Herstellung einer Deckenöffnung (z.B. für eine Treppe; siehe Abbildung 1 auf S. 26) wird empfohlen, vor der Entfernung eines Teils der Deckenkonstruktion **Baustützen** im betreffenden Geschoss zu montieren. Die Baustützen müssen zwischen Holzbalken rund um die geplante Öffnung befestigt werden, und zwar möglichst nah an deren Rand.

Es kann sich um verschiedene Deckenarten handeln: eine Holzskelett- oder Metallkonstruktion, bewehrten Ortbeton,

Hohlplatten aus Stahlbeton oder vorgespanntem Beton ... Die Herstellung einer Öffnung in einer Decke oder Deckenplatte erfordert genaue Beobachtung und Einblick in die **Konstruktionsart der Decke**.

In allen Fällen bedeutet die Herstellung einer Öffnung, dass ein relativ großer Teil der Tragkonstruktion der Decke zersägt und die übrige Konstruktion verstärkt wird. Welche Art von Verstärkung vorgenommen werden muss, hängt von der Größe der Öffnung und ihrer Position in der Decke ab (siehe Tabelle A). Falls mehr als ein tragendes Bauteil der Decke durchgesägt wird, muss in der Regel für eine

genaue Bemessung der geplanten Verstärkung ein Statiker eingeschaltet werden.

Versteifung und Verstärkung einer Holzbalkendecke

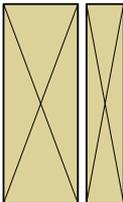
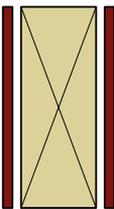
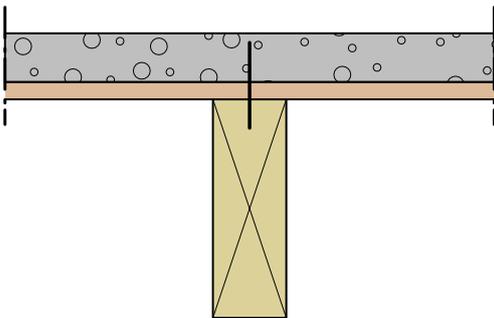
Im Vergleich zu einer Decke aus Beton oder Stahl ist eine Holzbalkendecke empfindlicher gegenüber Verformungen und Schwingungen (z.B. durch Begehen). Bei der Sanierung von Holzbalkendecken muss ermittelt werden, welches **Maß an Verformbarkeit** und Schwingungskomfort für die Nutzer akzeptabel ist. Anschließend kann ein geeigneter Aufbau der Deckenkonstruktion ausgewählt werden. Siehe den Artikel auf S. 17, in dem abhängig vom gewünschten Komfortkriterium (Verformung oder Schwingungskomfort) die maximalen Spannweiten für zwei Balkenquerschnitte (7/18 cm und 8/23 cm) angegeben sind.

Vor der Ausführung von Verstärkungsarbeiten muss zur Gewährleistung der Standicherheit während der Arbeiten und zur Vermeidung inakzeptabler dauerhafter Verformungen die Decke abgestützt werden. Die Regeln der guten fachlichen Praxis für die Abstützung werden im Artikel auf S. 6 behandelt.

Es gibt verschiedene Methoden zur Verstärkung einer Holzbalkendecke. Die Auswahl der Art der Verstärkung hängt von den erforderlichen mechanischen Eigenschaften und Schwingungseigenschaften sowie der verfügbaren lichten Höhe unter der Decke ab. Auch andere Erwägungen wie beispielsweise akustischer Komfort und Brandschutz können die Auswahl beeinflussen.

In der Tabelle B sind drei Beispiele für Verstärkungen und deren Einfluss auf die Steifigkeit einer Holzbalkendecke aus Balken mit einem Querschnitt von 7,5/22,5 cm aufgeführt. ◆

B Beispiele für die Verstärkung einer Deckenkonstruktion aus Holz.

Aufdopplung der Balken durch Nebenträger aus Holz, deren Enden jeweils auf einem Auflager aufliegen	
	<ul style="list-style-type: none"> • 1,5-fache Steifigkeit (bei Aufdopplung mit 3,5/22,5 cm) • 2-fache Steifigkeit (bei Aufdopplung mit 7,5/22,5 cm)
Verstärkung mit Flachstählen über die gesamte Balkenlänge hinweg und M12-Schrauben alle 50 cm	
	<p>5-fache Steifigkeit (mit einem Flachstahl 180 x 8 mm an beiden Seiten des zu verstärkenden Nebenträgers)</p>
Einbau einer Holz-Beton-Verbunddecke (siehe Les Dossiers du CSTC 2009/4.6)	
	<p>Circa 8-fache Steifigkeit (mit einer 50 mm dicken Betonplatte, mit der über Metallanker eine Verbindung hergestellt wird)</p>

Technologie, die Leben retten kann ...

Zahlreiche Innovationen im Bereich digitaler Technologien leisten einen erheblichen Beitrag zur Begrenzung oder Überwachung von Risiken im Zusammenhang mit der Standsicherheit kleiner Gebäude, und zwar nicht nur in der Planungsphase, sondern auch in der Ausführungs- und sogar in der Nutzungsphase.

B. Parmentier, Ir., Koordinator ‚Strategie und Innovation‘, WTB
N. Huybrechts, Ir., Leiter der Abteilung ‚Geotechnik, Strukturen und Beton‘, WTB

In den letzten Jahren führte das Aufkommen digitaler Technologien im Bausektor zu **Produktivitätssteigerungen und mehr Qualität und Sicherheit**. Diese digitale Revolution basiert auf effizienteren Kommunikationsnetzwerken und Computern, Tablets und Smartphones mit immer höherer Rechenleistung. Für weitere Informationen verweisen wir auf das ganz im Zeichen dieser neuen Tools stehende Magazin [WTB-Kontakt 2021/1](#).

Wenn die Standsicherheit gefährdet ist, sind sie vor allem hilfreich, um Prognosen zu erstellen, Messungen und Kontrollen durchzuführen, zu kommunizieren und (schnell) Entscheidungen zu treffen. Denn bestimmte Instabilitätsphänomene treten manchmal ganz plötzlich auf und können dramatische Folgen für auf der Baustelle anwesende Beschäftigte oder für Bewohner von Gebäuden haben.

Praxisbeispiele

Bei der **Beurteilung der Bestandssituation** kommen oft digitale Technologien zum Einsatz. Auf kleinen Baustellen lassen sich bestimmte Maße ganz leicht in 2D oder 3D messen, zum Beispiel mit einem halbautomatischen Entfernungsmesser (oder Distometer), einem Smartphone mit *Augmented-Reality*-Anwendung (z.B. der App ‚Measures‘ für iOS) oder sogar einem mit LiDAR-Scanner (*) ausgestatteten Tablet der neuesten Generation.

Bei der Technologie ‚*Motion Measuring*‘ (siehe Abbildung 1) werden interne oder gegebenenfalls externe Sensoren eingesetzt, um die Position des Geräts zu ermitteln. Diese Methode ermöglicht die Bestimmung von 3D-Koordinaten und die Messung von Abständen im Raum. Auch andere Aspekte wie beispielsweise Winkel und Ebenheit können kontrolliert werden.

Mit Photogrammetrie wird es immer einfacher, in kürzester Zeit anhand einer Reihe von Fotos 3D-Aufmaße zu erstellen.

All diese Technologien können nützlich sein, um sehr schnell Angebote oder Aufmaße für die Rechnungsstellung zu erstellen.

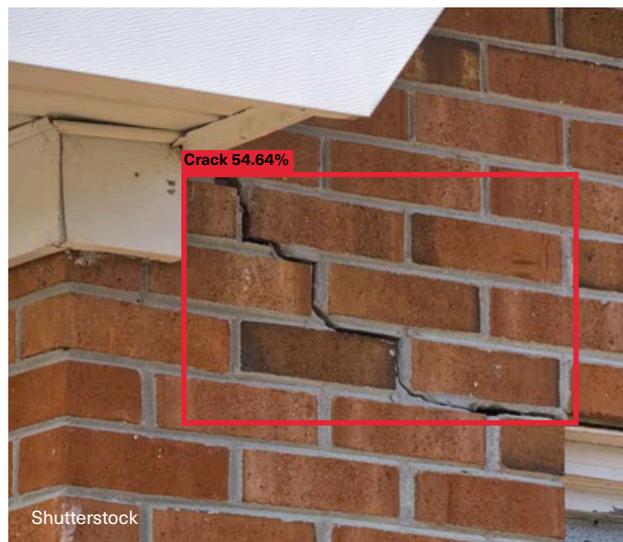
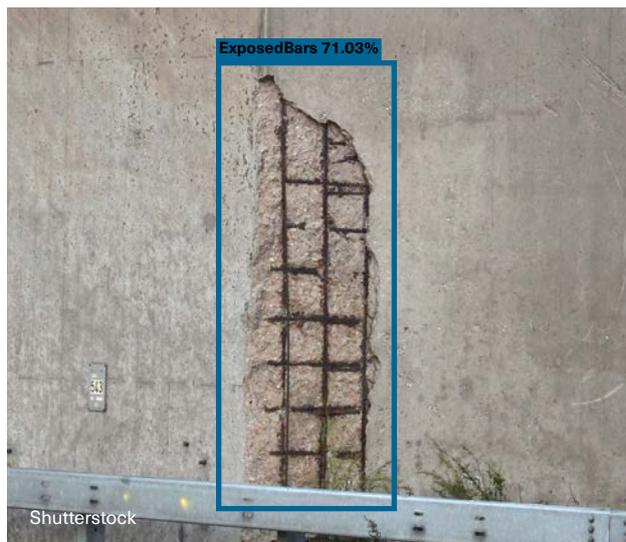
Die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit und Steifigkeit) lassen sich anhand zerstörungsfreier Methoden beurteilen, die direkt an der Konstruktion oder einer Probe angewandt werden. Diese Methoden basieren auf Radartechnologie, dem Impact-Echo-Verfahren, Ultraschall ... Bewehrung zu orten, ohne in Betonkonstruktionen bohren zu müssen, ist auch mit Scannern, Betondeckungsmessgeräten und anderen Radargeräten möglich.

Auch in der **Ausführungsphase** stellen diese Technologien ihren Nutzen unter Beweis. Daher werden heute auf Baustellen auch zahlreiche Technologien zur Überwachung möglicher Standsicherheitsrisiken während der Arbeiten eingesetzt, damit diese frühzeitig berücksichtigt werden können. Es werden beispielsweise Kompletstationen, Neigungsmesser und Scanner eingesetzt, um schnell zu kontrollieren, ob Toleranzen oder Positionen, zum Beispiel



- 1 Messungen in 2D und 3D, erstellt über *Motion Measuring* mit der Anwendung ‚Moasure‘.

(*) Dieses Akronym steht für ‚*Light Detection and Ranging*‘ oder ‚*Laser Imaging, Detection and Ranging*‘.



- 2 Veranschaulichung des Konzepts der automatischen Erkennung einer Symptomatik (abgeplatzter Beton und Risse).

von Konstruktionselementen oder Bewehrungen, eingehalten werden. Geotechnische Arbeiten in unmittelbarer Nähe oder unter einem Bestandsgebäude werden oft unter ständiger Überwachung von Verformungen ausgeführt. Bei dieser Überwachung vergleicht man die durchgeführten Messungen mit den in der Planungsphase verwendeten Prognosemodellen.

In manchen Fällen, vor allem wenn sehr große Risse, ungewöhnliche Verformungen oder Brüche vorgefunden werden, ist es ratsam, die Standicherheit des Gebäudes auch in der **Nutzungsphase** zu überwachen. Manchmal ist sogar eine ständige Aufsicht notwendig, um frühzeitig auf eine eventuelle Einsturzgefahr reagieren zu können. Hierfür ist eine Vielzahl vernetzter Messinstrumente erhältlich. So können Rissbreitenmesser ihre Daten nun online speichern (z.B. in einer *Cloud*) und Meldungen generieren, sobald bestimmte Schwellenwerte überschritten werden. Da diese Systeme mittlerweile sehr energieeffizient sind, haben sie zudem eine Batterielebensdauer von mehreren Jahren, sofern nicht zu häufig gemessen wird. Zum Schluss ist noch zu erwähnen, dass Sensoren in aus Holz bestehenden Trennwänden angebracht werden, um ungewöhnliche Feuchtigkeitsgehalte zu lokalisieren, die zu einer Schwächung der Konstruktion führen könnten.

Zukünftige Anwendungen

Technologien aus dem **Bereich *Machine Learning*** (Maschinelles Lernen mithilfe künstlicher Intelligenz) haben es in den letzten Jahren ermöglicht, eventuelle Schäden anhand einer Reihe von Fotos der Konstruktion (z.B. der Wände eines Gebäudes) automatisch zu erkennen (siehe Abbildung 2). Sie bieten zudem die Möglichkeit einer Geolokalisierung dieser Mängel, die es gestattet, die zunehmende Schä-

www.digitalconstruction.be

Damit Sie sich einen Eindruck von den vielen neuen digitalen Technologien und Möglichkeiten verschaffen können, die Bauunternehmern zur Verfügung stehen, bieten wir Ihnen zahlreiche Demos auf unserer Website www.digitalconstruction.be.

digung zu erfassen und deren Entwicklung zu verfolgen. Eine automatisierte Erkennung kann auch während der Ausführung eingesetzt werden, um die automatische Kontrolle zu beschleunigen, Probleme in einem möglichst frühen Stadium zu beheben und auf diese Weise die damit verbundenen Kosten zu begrenzen. Eine derzeit vom WTB durchgeführte Studie bestätigt dieses Potenzial.

Fazit

Das zu erreichende Ziel sollte klar definiert werden, damit ermittelt werden kann, welche Technologie sich am besten für die Kontrolle der Standicherheit eines Gebäudes eignet. Es gibt ein breites Spektrum an Tools: von sehr einfachen bis hin zu sehr umfassenden. Berücksichtigt werden sollten bei der Auswahl eines Messsystems die Größe der zu erfassenden Datenmengen, die Qualität der Messungen, die Strukturierung der erfassten Daten sowie die Schnittstelle für die Abfrage der Messdaten und die Möglichkeiten für automatische Meldungen. Heute gibt es viele zuverlässige und leicht anzuwendende Tools, zum Beispiel für das Auslesen von Sensoren und die Fernvisualisierung. Zum Schluss ist noch zu erwähnen, dass aktuelle und bezahlbare Innovationen eine schnelle Entscheidungsfindung ermöglichen. ◆



Normen-Außenstellen und Projekte

Normen-Außenstellen

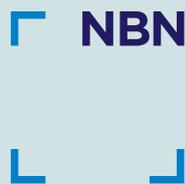
Die Normen-Außenstellen sind eine Initiative des WTB und werden vom FÖD Wirtschaft bezuschusst. Ihr Ziel ist es, den Bausektor über Normen und Rechtsvorschriften in Bezug auf spezifische Bereiche zu informieren. Die folgenden drei Normen-Außenstellen bieten wertvolle Informationen über bestimmte Themen, die in dieser Themenausgabe behandelt werden:

- Geotechnik
- Konstruktive Eurocodes
- Beton, Mörtel und Granulate.

Pränormative Studien

Beim WTB sind in Zusammenarbeit mit dem FÖD Wirtschaft und dem Normungsamt NBN zwei pränormative Studien zum Thema temporäre Konstruktionen angelaufen: **Stepwise I und II**.

Wenn Sie weitere Informationen wünschen, können Sie uns jederzeit unter info@bbri.be erreichen.



Firmensitz

Rue du Lombard 42 • B-1000 Brüssel
Tel.: 02/502 66 90 • Fax: 02/502 81 80
E-Mail: info@bbri.be
www.wtb.be

Büros

Lozenberg 7 • B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
Tel.: 02/716 42 11 • Fax: 02/725 32 12

- Technische Gutachten – Publikationen
- Verwaltung – Qualität – Informationstechniken
- Entwicklung – Valorisierung
- Technische Zulassungen – Normierung

Versuchsgelände

Avenue Pierre Holoffe 21 • B-1342 Limelette
Tel.: 02/655 77 11 • Fax: 02/653 07 29

- Forschung und Innovation
- Bildung
- Bibliothek

Brussels Greenbizz

Rue Dieudonné Lefèvre 17 • B-1020 Brüssel
Tel.: 02/233 81 00

Impressum

WTB-Kontakt ist eine Veröffentlichung des Wissenschaftlichen und Technischen Bauzentrums, eines in Anwendung der Rechtsverordnung vom 30. Januar 1947 anerkannten Instituts.

Verantwortlicher Herausgeber:

Olivier Vandoooren, WTB, Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel

Dies ist eine Zeitschrift mit allgemein informativer Ausrichtung. Sie soll dazu beitragen, die Ergebnisse der Bauforschung aus dem In- und Ausland zu verbreiten.

Das Übernehmen oder Übersetzen von Texten dieser Zeitschrift, auch wenn es nur teilweise erfolgt, ist nur bei Vorliegen eines schriftlichen Einverständnisses des verantwortlichen Herausgebers zulässig.

Übersetzung: Communicationwise

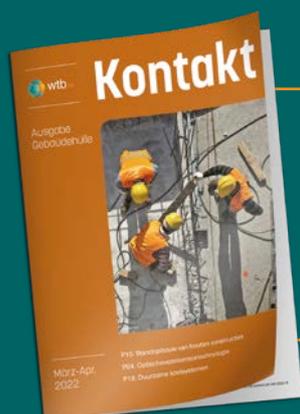
Layout: J. Beauclercq, J. D'Heygere und D. Van de Velde

Illustrationen: G. Depret, R. Hermans und Q. van Grieken

Fotos WTB: M. Sohie et al.

WTB-Kontakt wird noch interessanter für Sie!

Zum Jahresauftakt 2022 erscheint WTB-Kontakt in neuer Form und mit neuem Konzept. Künftig erhalten Sie ein Magazin, das ausschließlich für Ihren Bauberuf nützliche Informationen enthält. Denn ab sofort erscheint WTB-Kontakt in drei verschiedenen Ausgaben und passt eine davon perfekt zu Ihrer Haupttätigkeit.



Ausgabe ‚Gebäudehülle‘

Erscheint im April und Oktober und wird exklusiv versandt an:

- Generalunternehmer
- Schreiner und Glaser
- Rohbauunternehmer
- Im Bereich Abdichtungs- und Dacharbeiten tätige Bauunternehmer.

Ausgabe ‚Beläge und Oberflächenbehandlung‘

Erscheint im Juni und Dezember und wird exklusiv versandt an:

- Parkett- und Fliesenleger
- Maler und im Bereich elastische Bodenbeläge tätige Bodenleger
- Natursteinunternehmen
- Innenputzer und Stuckateure.

Auch Generalunternehmer und Schreiner erhalten diese Ausgabe.



Ausgabe ‚Technische Anlagen‘

Erscheint im August und wird exklusiv versandt an:

- Heizungs-, Klima- und Lüftungsinstallateure
- Sanitärinstallateure.



Möchten Sie neben den Ausgaben für Ihren Bauberuf weitere Ausgaben erhalten? Das ist möglich! Bitte scannen Sie diesen QR-Code und füllen Sie das Onlineformular aus. Über diesen QR-Code können Sie sich auch für unseren digitalen Newsletter anmelden.

