

Grundsätzliche Überlegungen zum Thema Abstützen

Thomas Wellenhofer, Christoph Rühl & Holger Krinke

Vieles von dem, was wir in den alten, aber noch gültigen THW-Vorschriften lesen (DV 260, 261, aber auch neuere wie Basis I) fußt auf Erkenntnissen aus den Erfahrungen der Bombenangriffe des 2. Weltkrieges. Seitdem hat sich jedoch einiges geändert: Werkstoffe wie Stahlbeton haben das Bauwesen umgekrempelt, vorgebaute Elemente aller Art täuschen das Auge des oberflächlichen Betrachters, anstelle der geschätzten Statik durch erfahrene Baumeister traten DIN-Normen und exakte Berechnungen.

Senkrecht abstützen, Strebstützen und Sprengwerke bilden die Grundlage für die Methoden des THW bei der Sicherung angeschlagener Strukturen. Doch nur widerwillig lassen sich die verschiedenen Schadensszenarien in das Schema zwingen, für das unsere Methodenspektren geeignet sind. Neuere Schadenselemente wie umgekippte Häuser oder Zerstörungen in großen Höhen [Gehbauer, Hirschberger, Markus, 1999], aber auch Probleme der Bodenfestigkeit [Hohage 2005] erschweren die Auswahl und den Einsatz des jeweils optimalen Prinzips. Es gibt jedoch Überlegungen, wie man zumindest in einigen Teilbereichen dieser Probleme durch relativ einfache Methoden Lösungsansätze finden kann. Die im Folgenden dargestellten Überlegungen befassen sich mit den Bereichen Strebstützen, Korsettierung, senkrecht abstützen, Nutzung der Eigenstatik sowie der Kräfteabschätzung.

Strebstützen:

Das Grundprinzip der Strebstütze ist es, Horizontallasten geschädigter oder überlasteter Wandscheiben in den Untergrund abzuleiten.

Hierbei entstehen verschiedenen Kräfte:

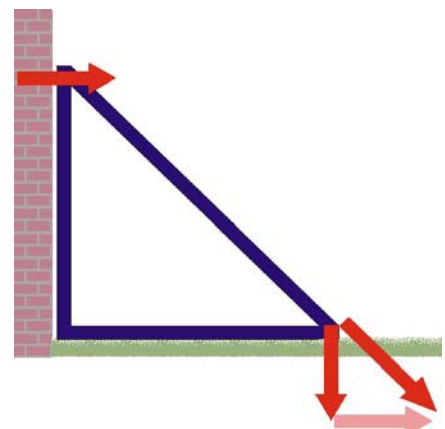
Sowohl senkrechte als auch waagrechte Kräfte - Bodenpressung und Abdrücken müssen von der Verankerung der Konstruktion in den Boden geleitet werden.

Die Aufnahmemöglichkeit dieser Kräfte durch den Boden ist schwer abzuschätzen. Erste Überlegungen [Hohage 2004/2005] beschäftigen sich mit der Größenabschätzung derartiger Kräfte und zeigen dabei auf, dass es mit den Methoden des THW erhebliche Probleme gibt, sie zu beherrschen. Das Problem als Ganzes ist jedoch mit der sicheren Fixierung der Strebstützenenden nicht behoben: Man schafft dabei einen Drehpunkt, wodurch die horizontale Schubkraft der gestützten Wandscheibe zum Teil in Aufgleitkräfte der Stützen an der Wand umgewandelt werden. Diese Aufgleitkräfte sind dabei abhängig von Stützwinkel und gehorchen näherungsweise der Gesetzmäßigkeit:

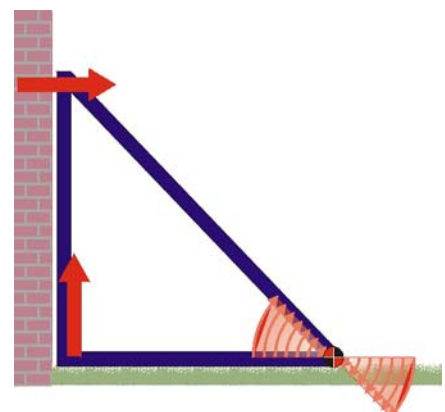
$$F_{(\text{Aufgleiten})} = (F_{(\text{Wanddruck})} \cdot \tan(\text{Stützwinkel } \alpha) - \text{Gewichtskraft}_{(\text{Strebstütze})}) / \sqrt{2}$$

Die entstehende, zu beachtende Kraft wird dabei noch durch das Eigengewicht der Stützkonstruktion gemindert. Der Faktor $1/\sqrt{2}$ bezieht sich dabei auf den Lageschwerpunkt in einer idealen rechtwinkligen dreieckigen Strebstütze.

Ein guter Reibschluss zwischen Stütze und Wand hilft, die Aufgleitkräfte zu kompensieren.



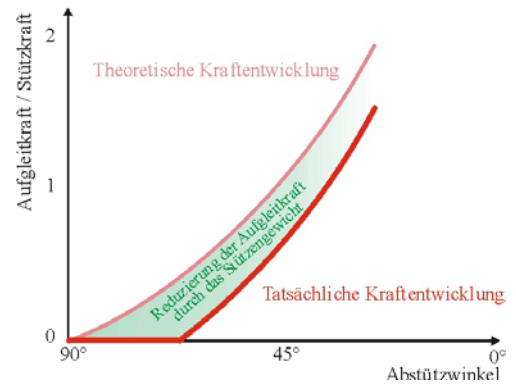
Offensichtliche Kraftwirkungen einer Strebstütze: Abschieben und Bodenpressung.



Aufgleiten durch Fixierung im Boden

Die Aufgleitkräfte können bei ungünstig gewähltem Stützwinkel die Stützkraft erheblich überschreiten.

Diese Aufgleitkräfte werden in keiner der THW-Ausbildungsunterlagen erwähnt. Erst das Handbuch EGS [Wellenhofer und Rühl, 2002] weist auf diese Problematik hin und gibt erste Lösungsansätze wie Ballastierung der Strebstützen oder die Verankerung der Strebstützen an der Wandscheibe, wie sie auch an anderer Stelle [Blockhaus, 2003] gefordert wird.



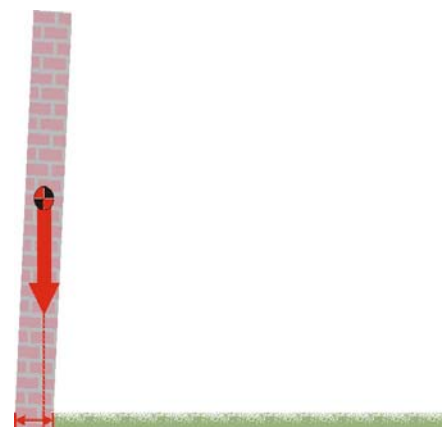
Eine mögliche Lösung beider Problembereiche (Bodenverankerung & Aufgleitkräfte) zeigt sich, wenn man die Umstände umgekehrt analysiert:

Es handelt sich bei der zu sichernden Wandscheibe ja um ein Konstrukt mit im Moment der Betrachtung labilen Gleichgewicht oder – schlimmstenfalls – einer nicht zu erkennenden Dynamik. Ziel der Sicherungsarbeiten ist es nun, die Wandscheibe im momentanen Status des labilen Gleichgewichts zu sichern und ggf. vorhandene Dynamiken zu unterbrechen.

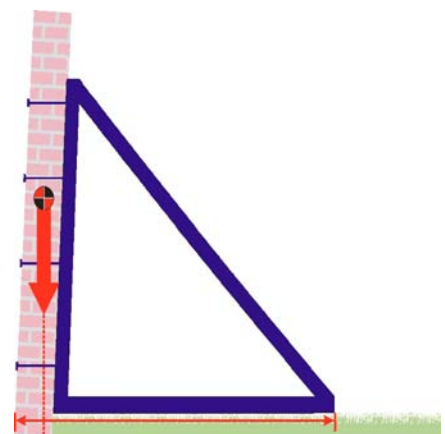
Wie kann dies geschehen?

Die Umsturzgefährdung einer Wandscheibe wird dabei im Wesentlichen über ihre Schwerpunktlage bewertet. Je weiter die Projektion des Schwerpunkts an den Rand der Standfläche gelangt, desto umsturzgefährdeter ist die Wand. Ein Zurückdrücken von Teilen angeschlagener Gebäude kann jedoch verheerende Folgen auf die Gesamtstatische Restfunktion des Gesamtgebäudes haben. Folglich bleibt als logische **Konsequenz nur die Vergrößerung der Standfläche der Wandscheibe**. Dies kann mit den im THW üblichen Strebstützen geschehen, jedoch ist die Kernforderung an die gemäß dieser Überlegung zu errichtende Stütze eine form- und kraftschlüssige Verbindung mit der zu stützenden Wand.

Hierfür eignet sich beispielsweise der Bausatz Ankerstab aus dem Handbuch EGS [Wellenhofer und Rühl 2006]. Je spielfreier & steifer dabei die eingesetzte Form der Strebstütze ist, desto effektiver wird die Abstützung ihrer Funktion gerecht. Auf eine Bodenverankerung kann damit komplett verzichtet werden. Die Bodenpressung [Hohage 2005] ist jedoch auch hier zu beachten. Der Einbau von Ausgleichshölzern sorgt damit für ausreichende Kraftverteilung in den Boden.



Angeschlagene Wand mit auf die Grundfläche projiziertem Schwerpunktvektor.



Gesicherte angeschlagene Wand mit durch form- und kraftschlüssige Verbindung mit der Strebstütze verbreiterter Grundfläche.

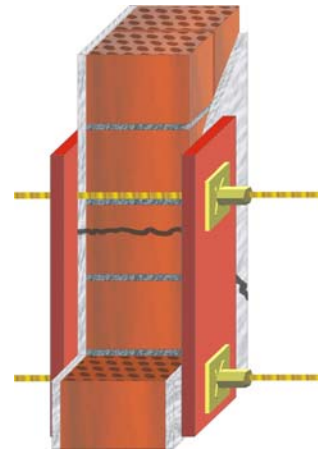


Korsettierung:

Angeschlagene Wandkonstruktionen aus Mauerwerk sind auf Scherung, Zugkräfte, seitlichen Druck und Knickbelastung anfällig.

Durch Ausbilden eines Korsetts (parallel zur Wandscheibe und rechtwinklig zu den Mörtelfugen) mit Form und Kraftschluss wird die Eigenstabilität dieser Wandelemente deutlich erhöht. Dieses Prinzip ist auch in größerer Gebäudehöhe noch einsetzbar. Geeignet zur Umsetzung im Einsatzfall ist auch hier der Bausatz Ankerstab des EGS [Wellenhofer und Rühl 2005].

Daneben sollte man auch an andere Schalungssysteme, die in der freien Wirtschaft im Einsatzfall anforderbar sind, denken.



Durch Holzkorsett mit Ankerstäben gesichertes angeschlagenes Wandelement.



Vertikalabstützungen:

Vertikalabstützungen werden bei angeschlagenen Konstruktionen mit unterschiedlicher Gefahrensystematik eingesetzt und müssen daher auch differenziert betrachtet werden. Sinnvoll erscheint es dazu, zu Beginn die Situationen zu klassifizieren.

Fall 1: Im klassischen Fall soll die Überladung einer Deckenstruktur durch Trümmerschutt oder auch Löschwasser kompensiert und abgeleitet werden. Die Gefahr einer Scherung steht nicht im Vordergrund.

Für den Fall großer seitlicher Erschütterungen – etwa bei einem Nachbeben - können natürlich dennoch Scherkräfte wirksam werden (vgl. Fall 3)

(Bild: Frenzel, Münchener Rück 1986)



Fall 2: Stützenschädigung:

Die Abstützung hat das Ziel, die Funktion einer ausgefallenen Stütze zu übernehmen. Auch hier ist – soweit nicht ganze Reihen von Stützen betroffen sind - in erster Linie mit rein vertikalen Lasten zu rechnen.

(Bild: Hirschberger, Uni Karlsruhe)



Fall 3: Angeschlagene Gebäude, soft storey:

Hier geht die größte Gefahr von einer seitlichen Verschiebung der Decke gegenüber der Bodenscheibe aus.

(Bild: Gloor, SHK)

Generell gilt diese Schergefahr als Hauptproblem, sobald eine angeschlagene Konstruktion ganz oder teilweise die Rechtwinkligkeit ihrer Vertikalen Elemente in Bezug auf die Bodenebenen verloren hat.



Fall 4: Umgekipptes Gebäude:

In Abhängigkeit vom Kippwinkel steht auch hier die Schergefährdung im Vordergrund.
(Bild Gerold, THW GSt Homburg)



In den Fällen 1+2 geht es darum, meist rein vertikale und zum Teil erhebliche Lasten mit Behelfskonstruktionen auszugleichen. Dies kann gut mit herkömmlichen Methoden wie mit Baustützen oder mit der Kreuzstapelmethode [Murnane et al., 2003; Blockhaus 2003, EGS 2006] erreicht werden.

Völlig anders hingegen stellen sich die Fälle 3+4 dar. Obwohl auch hier von vertikalen Lasten auszugehen ist, steht die Gefährdung durch den scherenden Mechanismus eines möglichen Kollapses im Vordergrund. Zur Sicherung derartiger Situationen sind dreidimensional wirkende Konstruktionen nötig. Neben den im Handbuch EGS beschriebenen Stütztürmen könnten als Ergänzung auch diagonale Zugverankerungen mit Ankerstäben (s.u.) eine Rolle spielen.

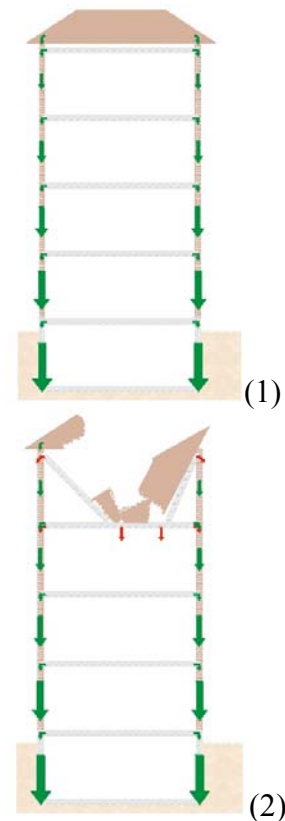
Nutzung der Eigenstatik

Viele Entwürfe von Stütz- und Sicherungstechniken betrachten die Kraftdimensionen angeschlagener Strukturen als Gesamtheit. Sinnvoller erscheint eine Aufsplittung der Lasten in

- vom Objekt selbst noch ableitbare Kräfte und
- von Hilfskonstruktionen zu Sicherungszwecken abzufangende Kräfte.

Letztlich ist jede angeschlagene Struktur ursprünglich zur Aufnahme der Gesamtheit ihres Eigengewichtes und sämtlicher Verkehrslasten konstruiert worden. Diese Aufnahmefähigkeit ist bei allen nicht völlig zerstörten Objekten zumindest teilweise noch vorhanden und damit auch nutzbar (grüne Pfeile). Das Beispiel-Bild verdeutlicht dies am vereinfachten Kraftverlauf in einem Gebäude ohne (1) und mit Teilzerstörung (2).

Lediglich den veränderten Richtungen und Angriffspunkten der Eigenlasten (rote Pfeile) sowie geschwächten Bauteilen und gegebenenfalls erhöhten Verkehrslasten (Löschwasser, Schnee, Trümmer von [anderen] Gebäuden) muss letztlich entgegengewirkt werden.



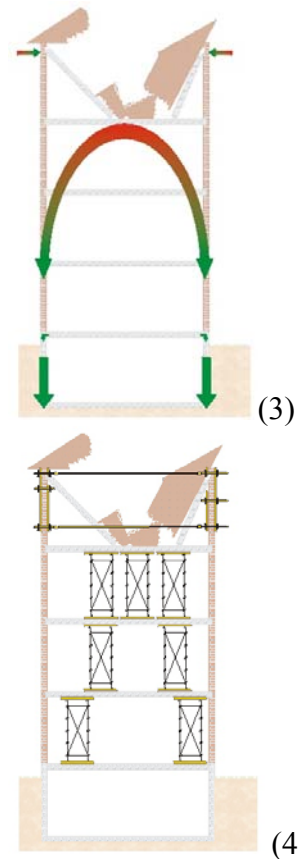
Das logische Ziel sollte daher die möglichst weitgehende Kompensation dieser veränderten Kraftflüsse durch die Anbindung an intakte Bauteile sein.

In unserem Beispiel-Bild also...

- die Einleitung der Überlast auf der OG2-Decke in die Hauswände, die für diese Last erbaut wurden (3);
- die gegenseitige Sicherung der Giebelwände aneinander (3);
- die Verstärkung der für eine horizontale Belastung nicht ausgelegten Giebelwandabschnitte (z.B. durch Korsettierung)(4).

Konkret bedeutet dies, dass – in Abweichung von der bisherigen THW-Lehrmeinung NICHT im untersten Geschoss mit der Abstützung begonnen werden muss. Für eine Ableitung der umgelagerten Eigenlast des Gebäudes sollten je nach Situation Vertikalabstützungen über zwei bis vier Geschosse ausreichen, wobei diese nach unten auch schwächer dimensioniert sein können (nur Teillast-Ableitung nötig) (4).

Natürlich muss in diesem Zusammenhang auch der teilweise erheblichen Zusatzlast durch die Abstütz-Materialien selbst Rechnung getragen werden.



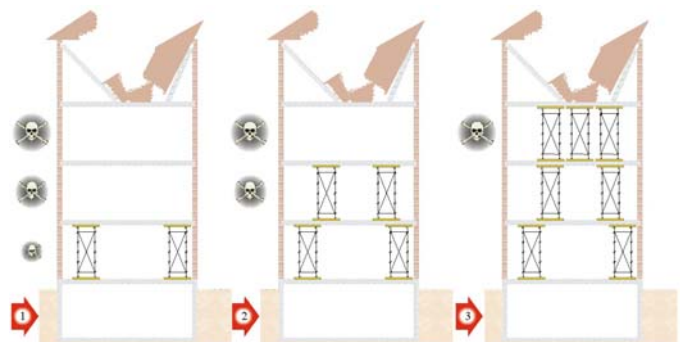
Abfolge Vertikalabstützung

Die bisherige THW-Lehrmeinung [u.a. KatS-LA 261] schreibt bei einer Abstützmaßnahme über mehrere Geschosse ein Sichern von unten nach oben vor; mit der Begründung, dass vom Sicherem ins Unsichere zu arbeiten sei.

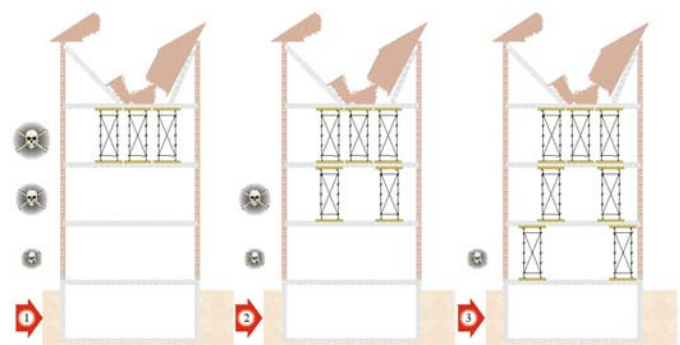
Bei genauer Betrachtung und der Berücksichtigung der oben dargestellten Resttragfähigkeiten angeschlagener Gebäude wird klar, dass diese Vorschrift überdenkenswert ist:

Stützt man von unten nach oben ab, muss jedes Geschoss bei gleich bleibender Gesamtgefährdung stets „neu erobert“ werden. Die Sicherung der Ebene unterhalb bringt für die darüber arbeitenden Einsatzkräfte keinerlei zusätzliche Sicherheit. Auch für die Gebäudestatik selbst haben die unteren Sicherungsebenen vor der Fertigstellung der letzten (obersten) Sicherung keinerlei Funktion.

Stützt man bei mehrgeschossigen Absicherungen hingegen von oben nach unten hin ab, reduziert sich mit jeder Etage auch das Risiko für die Einsatzkräfte, da jede Abstützungsebene einen Teil der Überlast in die tragfähigen Bereiche des Gebäudes ableiten kann.



Bau von unten nach oben: Das Risiko bleibt bis zum Schluss erheblich.



Bau von oben nach unten: Das Risiko reduziert sich kontinuierlich.



Innere Abstützung

Als logische Schlussfolgerung aus den eben dargestellten Prinzipien der Nutzung der Eigenstatik ist der Stellenwert der verschiedenen Abstützmaßnahmen neu zu überdenken.

Der im THW mit Vorliebe zu findenden Strebstütze wird bisher sehr große Bedeutung beigemessen - nicht zuletzt aufgrund der optischen Wirkung dieser Konstruktionen. Frank Blockhaus [2003a] weist jedoch bereits auf die Wichtigkeit zusätzlicher innerer Abstützmaßnahmen hin und beziffert deren Anteil am erfolgreichen Sichern eines Objektes auf etwa 70%. Die Begründung dieser Aussage liegt wie oben dargestellt in der Nutzung der Eigenstatik eines Bauwerks.

Vorbilder einer solchen Nutzung finden wir außerhalb des Katastrophenschutzes seit Jahrzehnten etwa im Bereich der Altbausanierung und des Denkmalschutzes. Als Beispiel ist eine mögliche Vorgehensweise gemäß dieser Überlegungen anhand einer EGS-Gebäude-Sicherung schematisch dargestellt. Natürlich ist dies analog mit ASH oder jeder anderen Stütztechnik umsetzbar.

In (1) ist die klassisch gelehrt Außenabstützung dargestellt und wie oben gefordert mit Kraft- und Formschluss mit der betreffenden Wand versehen.

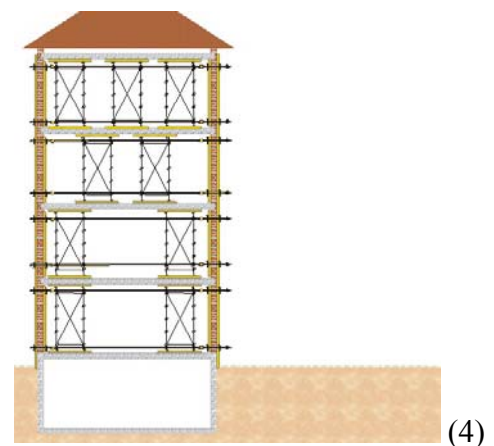
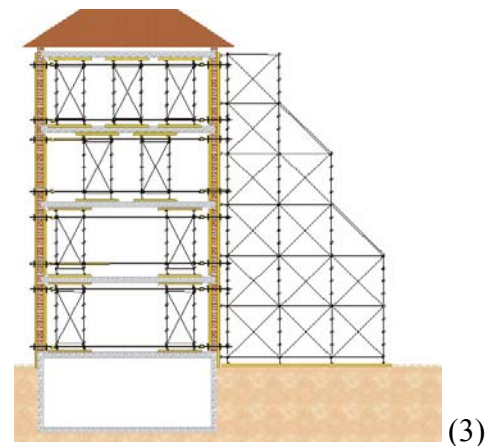
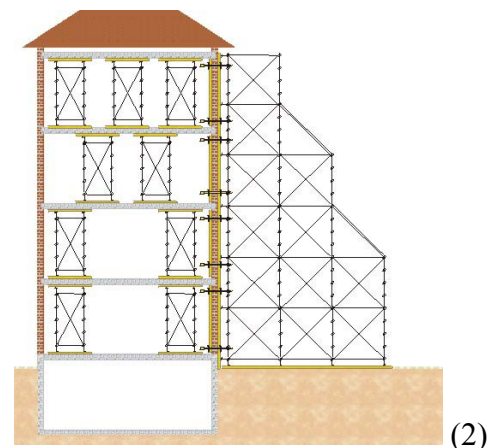
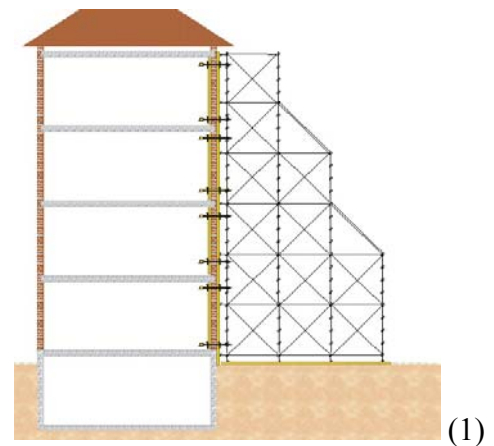
Meist (s.o.) erfordert die Situation parallel zur Wandabstützung stabilisierende Maßnahmen innerhalb des Gebäudes, hier der Vertikalstütztürme (2). Man beachte die abnehmende Zahl der Stütztürme in Richtung Keller, die sich mit der Resttragfähigkeit jedes Gebäudes (s.o.) begründen lässt. Ein intaktes Fundament kann bei sachgemäßem Bau in jedem Fall die Gewichtskraft des vorher von ihm getragenen Gebäudes aufnehmen.

Abbildung (3) zeigt eine zusätzliche innere Stabilisierung mit Hilfe von Ankerstäben. Über Korsettierung kann die gefährdete Wandscheibe in sich stabilisiert und mit den als Zuganker fungierenden Ankerstäben an intakten Bauwerksbereichen gesichert werden.

So können die ursprünglichen statischen Eigenschaften des Gebäudes weitestgehend für Sicherungszwecke ausgenutzt werden.

Erfolgt diese Sicherungstechnik mehrdimensional, so kann die Funktion der zu Beginn errichteten Wandabstützung in vielen Fällen von der Innen-Abstützung mit übernommen werden.

Die Wandabstützung wird daher wieder entfernt (4).



Warum sollte die Wandabstützung dann noch errichtet werden?

Wie in jedem Einsatzfall gilt ganz besonders bei Abstützmaßnahmen der Eigenschutz als oberstes Gebot. Das Gefährdungspotential der Stützarbeiten im Gebäude-Inneren kann mit Hilfe der Außenabstützung erheblich reduziert werden, gemäß dem Lehrsatz „vom Sicherem aus das Unsichere abstützen“.

Kräfteabschätzung:

In den zurückliegenden Jahrzehnten war es durchaus unüblich, zu stützende Lasten zu berechnen oder qualifiziert zu schätzen. Stattdessen waren große Dimensionen der Behelfskonstruktionen gepaart mit gesundem Selbstvertrauen die Regel. Dies gehört mittlerweile der Vergangenheit an. Mehr und mehr treten Tabellenwerke und Bewertungsprogramme in den Vordergrund. Dies sowohl im Bereich der angeschlagenen Strukturen [Gehbauer, 1999, Markus 2003, Hohage 2005] als auch im Bereich der Lastabschätzung von Hilfskonstruktionen [Handbuch EGS 2002, Blockhaus, 2003a, Hohage 2005]. Ausgehend von exakten statischen Berechnungen für die verschiedensten Lastfälle werden dabei für den Einsatzgebrauch sinnvolle und einfach anzuwendende Regelwerke erstellt. Eine Expertenrunde ausgebildeter Baufachberater um Kai Pietsch (BUS Hoya) hat es sich unter anderem zur Aufgabe gemacht, valide Schätzwerkzeuge in digitaler und Papierform zu sammeln, auszuarbeiten und zu standardisieren, um in Zukunft in dem ehemals rein qualitativ zu bewertenden Schadensszenario auch quantitativ erfassbare Zielelemente erkennen zu lassen. Nicht zuletzt werden dabei auch die den DIN-Normen entsprechenden Sicherheiten (sowohl der maximalen Kraftaufnahmefähigkeiten einzelner Strukturen im Bauwerk als auch die Bewertung der jeweils anzusetzenden Verkehrslasten) eine wichtige Rolle spielen. Darüber hinaus ist es damit auch das Ziel, die bei der Planung eines geschädigten Gebäudes ursprünglich vorhandene Eigenstatik zur Absicherung der angeschlagenen Teilstrukturen zu nutzen.

Zusammenfassung

Einsatzszenarien mit Gebäudeschäden stellen die Rettungskräfte immer wieder vor besondere Herausforderungen. Von wesentlicher Bedeutung ist dabei meist die zielgerichtete Absicherung angeschlagener Strukturen.

Bei dieser Aufgabe erweist es sich als hilfreich, von den im THW bisher meist verwendeten Überlegungen der Gewichtskraft-Kompensation abzuweichen und stattdessen von der in den Bauteilen erhaltenen Reststatik ausgehend diese zu

- erkennen
- erhalten
- verstärken.

Zusätzlich zu den bekannten Methoden im THW können zu Sicherungszwecken

- Standflächenvergrößerungen
- Korsettierungen
- Innere Verspannungen

eingesetzt werden, um das Ziel einer gesicherten Einsatzstelle schnell und effektiv erreichen zu können.

Vertikalabstützungen über mehrere Etagen sollten aus Sicherheitsgründen stets von oben nach unten eingebaut werden.

Neben der qualitativen Schadensklassifizierung wird zukünftig auch die quantitative Abschätzung abzufangender Lasten eine zunehmende Rolle spielen.

Quellen:

Blockhaus F.:

Praxishandbuch Gebäudeabstütztechnik, 2003, unter: www.thw-hueckelhoven.de

Blockhaus F.:

Gebäudeabstütztechnik in der BA THW, Lehrgang Baufachberater, Uni Karlsruhe, 2003a

Gehbauer F., Hirschberger S., Markus M.:

Methoden der Bergung Verschütteter aus zerstörten Gebäuden; Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb; Karlsruhe; 1999

Hohage H.:

Erdnagelberechnungsblatt, Witten, 2005-02-18

Hohage H.:

Lastannahmen, Lehrgang Baufachberater, Hoya, 2005

Markus M.:

Rettungseinsätze; Lehrgang Baufachberater, Uni Karlsruhe, 2003

Murnane L., Fortney J., Connell T.:

Technical Rescue for Structural Collapse, IFSTA, Oklahoma State University, 2003

THW:

Handbuch EGS, Bonn 2002

THW:

Handbuch EGS: Zweite erweiterte Auflage; Bonn; 2006

Wellenhofer T., Rühl C.:

EGS: Hintergründe und Prinzipien; Fachtagung Abstützen und Gerüstbau; CD-ROM; BA THW; Bonn; 2002

Wellenhofer T., Rühl C.:

Was ist eigentlich der Bausatz Ankerstab?; THW-Journal Bayern; I 2005: S. 27-29; München; 2005