

Probekapitel

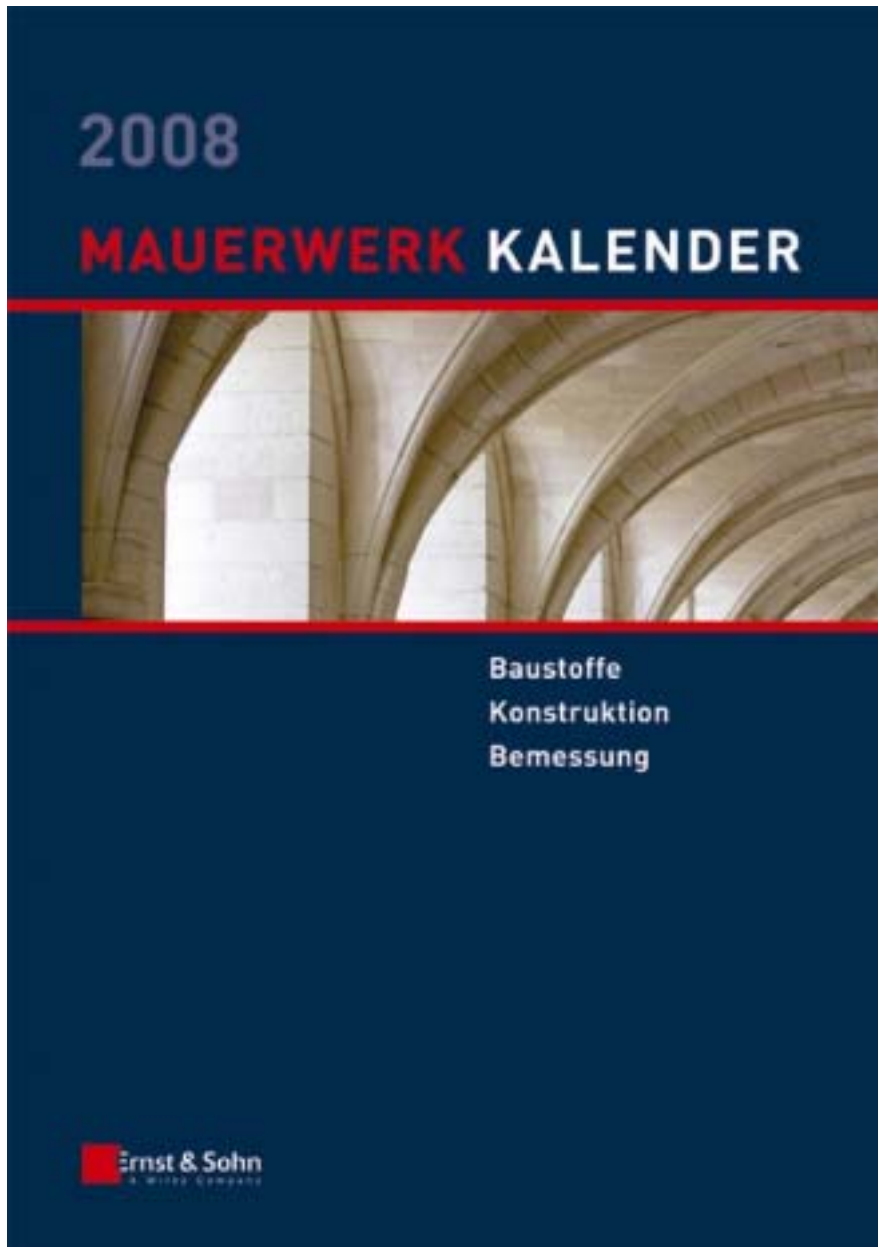
Mauerwerk-Kalender 2008

Schwerpunkte: Abdichtung und Instandsetzung, Lehmmauerwerk

Herausgeber: Wolfram Jäger

Copyright © 2007 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-01871-2



Wilhelm Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
Deutschland
www.ernst-und-sohn.de



derzeit für Stahlbetonbauteile (mindestens C12/15) sowie Ziegel- und Kalksandsteinmauerwerk mit bestimmter Mindestfestigkeit zugelassen. Sind die Drahtanker innerhalb eines vorhandenen zweischaligen Mauerwerks korrodiert, kann durch Verblendsanieranker bei geeigneten vorhandenen Wandbaustoffen unter Umständen auf Abbruch und Neubau der Verblendschale verzichtet werden. Das Dübelankersystem besteht aus einem nichtrostenden Drahtanker $d = 4 \text{ mm}$, der mit einem kunststoffmodifizierten Injektionsmörtel verpresst wird. Durch ein System aus Kartusche, integriertem Mischer und Dübelhülse wird der aufbereitete Mörtel auf die gewünschte Krafteintragungslänge begrenzt. Der erforderliche Bohrlochdurchmesser beträgt nur 8 mm. Das System ist auf die Abdeckung von Windkräften ausgelegt. Bei sehr geringen abzudeckenden Kräften ist ggf. auch eine konstruktive Verbesserung gerissener Mauerwerkschalen möglich. Der Einsatz in denkmalgeschützten Bauwerken ist insbesondere im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit gesondert zu bewerten.

Die Firma CINTEC International Ltd., Newport, UK vertreibt ein fertig konfektioniertes Ankersystem mit einer textilen Umhüllung, um den unkontrollierten Austritt von Injektionsgut zu verhindern. Der Vorteil des Systems ist, dass das Injektionsgut auf den Bereich der Textilhülle beschränkt bleibt, die beim Verpressen an die Bohrlochwand gedrückt wird. Das unerwünschte Verfüllen angrenzender Spalte oder Fugen wird hierbei verhindert. Nachteilig ist, dass das System in fester Länge bestellt werden muss, was die Flexibilität auf der Baustelle einschränkt. Außerdem ist ein mitgelieferter, kunststoffmodifizierter Mörtel zu verwenden, dessen Verträglichkeit bei denkmalgeschützten Bauwerken ggf. überprüft werden muss. Zugversuche haben gezeigt, dass in dichtem Stein die äußere Scherfuge zwischen Verpresskörper, Textilmaterial und Bohrlochwand bei diesem System eher zum Versagen neigt, als bei herkömmlichen Verpressankern ohne Textilhülle.

Alternativ zu nichtrostendem Stahl sind auch glasfaserverstärkte Kunststoffstäbe als profilierte Ankerstäbe verfügbar. Ein Vorteil ist in besonderen Fällen die geringe Wärmeleitfähigkeit des Materials. Ein Problem des Werkstoffes sind die Kunststoffrippen, die im Bruchzustand zum Abscheren neigen. Aufgrund der geringen Querdrukfestigkeit des Werkstoffes und seiner geringen Duktilität sind bei Anschlüssen spezielle Füge-techniken erforderlich.

4 Bemessung von Verpressankern

4.1 Stand der Wissenschaft

Zur Verbundfestigkeit von Verpressankern im Mauerwerk wurde im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke“ an der Universität Karlsruhe ein dreijähriges Versuchsprogramm durchgeführt ([8], Bild 3 a). Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zunächst im Teilprojekt „Weiterentwicklung ingenieurmäßiger Sicherungstechniken“ und später als eigenständiges Forschungsprojekt „Verbundfestigkeit von Verpressankern“ finanziell gefördert.

Das Ziel war eine systematische Untersuchung der maßgebenden Randbedingungen und die Erarbeitung eines Bemessungsvorschlags. Im Labor und an denkmalgeschützten Bauwerken wurden Zugversuche an über 500 Verpressankern durchgeführt. Zur Ermittlung von charakteristischen Werten der Verbundfestigkeit umfassten die Versuchsserien im Labor jeweils Serien aus fünf identisch hergestellten Verpressankern (Bilder 3 a und 8). Um möglichst praxisnahe Ergebnisse zu gewinnen, entsprachen die eingesetzten Baustoffe und die Methoden den derzeit bei der Instandsetzung von denkmalgeschützten Bauwerken üblicherweise angewendeten Materialien und Verfahren.

Bei Ankerzugversuchen im Labor sind ein belastetes und ein unbelastetes Ankerende zu unterscheiden (Bild 9). Das unbelastete Ankerende ist bei Versuchen an Bauwerken üblicherweise nicht



Bild 8. Ankerzugversuch im Labor: Ziegelmauerwerk aus *Schleswiger Domziegel*. Hinten ein Prüfkörper aus monolithischem Raumünzacher Granit. Hier werden jeweils drei Versuchsserien mit insgesamt 30 Verpressankern durchgeführt

zugänglich. Zur Prüfung der Verbundtragfähigkeit wurden die Anker 28 Tage nach ihrer Herstellung in einem Zugversuch zyklisch bis zum Bruch belastet. Hierbei wurden Prüfkraft und Verschiebung von Ankerstab und Verpresskörper am unbelasteten Ende sowie die mit Stahldehnungen behaftete Verschiebung des Ankerstabes am belasteten Ende kontinuierlich gemessen und bei einer Frequenz von 1 Hz elektronisch aufgezeichnet. Zur Messwertabfrage und -speicherung wurde eine selbst konfigurierte Datenerfassungseinheit in Verbindung mit einem PC verwendet. Die Auslegung der Messgeräte ermöglichte in Verbindung mit einer regelmäßigen Kalibrierung eine präzise Wegauflösung im μm -Bereich. Die Aufnahme der Verschiebungen erfolgt von einem unabhängigen Messwiderlager aus. Durch die kontinuierliche elektronische Messung von Prüfkraft und resultierenden Verschiebungen werden vollständige Bruchkurven aufgenommen. Bild 8 zeigt den Laborversuchsaufbau bei der Prüfung von Verpressankern im Ziegelmauerwerk und im monolithischen Granit. Das Ziegelmauerwerk wurde aus nicht stranggepressten Vollziegeln (VMz 8-2,0-NF) mit einem Mörtel aus einem Teil hochhydraulischem Kalk und 4,5 Teilen Sand hergestellt, entsprechend Mörtelgruppe I [18]. Mögliche Verschiebungen des Mauergefüges infolge der konzentrierten Krafteinleitung wurden durch eine zusätzliche analoge Wegmessung überwacht.

Kennzeichnende Größe zur Definition des Bruchzustandes sind die Verschiebungen des Ankerstabes und des Verpresskörpers am unbelasteten Ankerende. Die dort ermittelten Prüfkraft-Verschiebungsdiagramme werden als Bruchkurven bezeichnet. Die Verbundfestigkeit wird nominell als mittlere Umfangsscherspannung bei einer Verschiebung des Ankerstabes am unbelasteten Ende von 0,1 mm definiert und auf die Mantelfläche des Ankerstabes bezogen. Maßgebend für die Berechnung der Mantelfläche ist der jeweilige Nenndurchmesser des Stabes. Die Ankerstabverschiebungen am unbelasteten Ende enthalten die Relativverschiebungen in beiden Scherfugen und sind daher kennzeichnend für den Bruchzustand. Bild 10 erläutert die möglichen Bruchzustände in Abhängigkeit von den Versagensformen in den beteiligten Kontaktflächen und zeigt schematisch den Verlauf der entsprechenden Prüfkraft-/Verschiebungskurven.

Die Ankerstabverschiebungen am belasteten Ende enthalten die elastischen Dehnungsanteile der freien Stablänge. Sie wurden im Labor mit zwei parallelen induktiven Wegaufnehmern gemessen, um eventuelle Verdrehungen des Ankerkopfes zu erfassen. Die elastischen Dehnungsanteile können rechnerisch auf Grundlage eines angenommenen E-Moduls ausgewertet werden. Aufgrund der enthaltenen elastischen Dehnungsanteile sind Verschiebungsmessungen am belasteten Ende nur ein indirektes Verfahren zur näher-

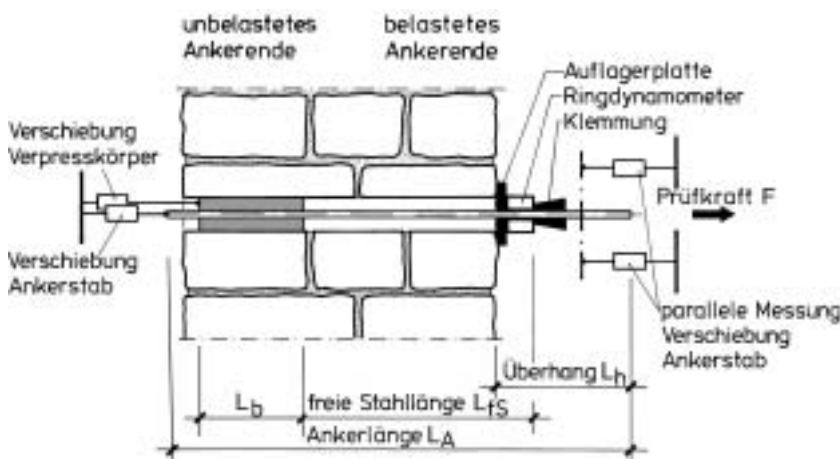


Bild 9. Ankerzugversuch im Labor: schematische Darstellung des Versuchsaufbaus. Am unbelasteten Ankerende werden die Verschiebungen des Ankerstabes und des Verpresskörpers mit induktiven Wegaufnehmern gemessen. Am belasteten Ende erfolgen die Messung der Prüfkraft mit einem Ringdynamometer und die Messung der Stabverschiebung mit zwei parallel angeordneten induktiven Wegaufnehmern

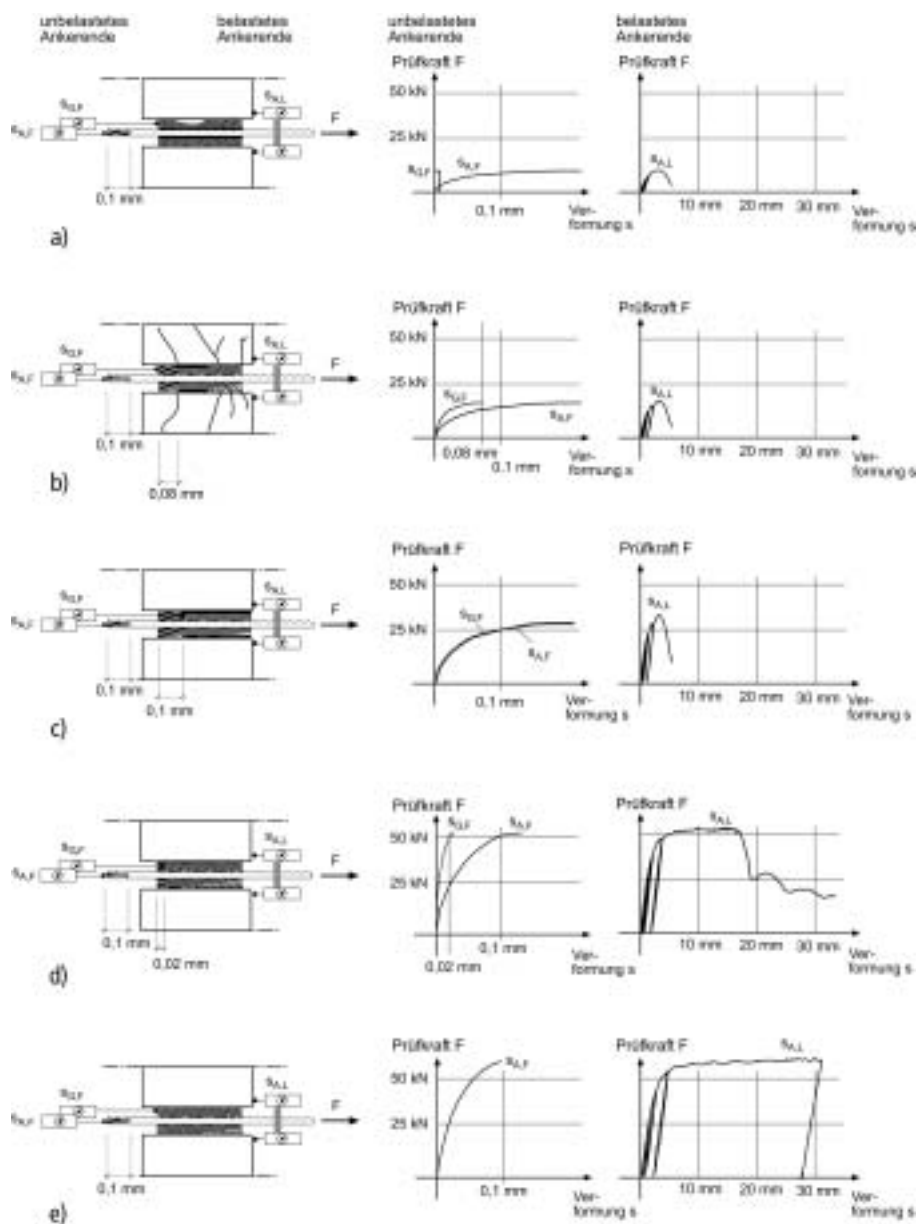


Bild 10. Bruchzustände von Verpressankern im Mauerwerk. Der Verlauf der Prüfkraft-Verschiebungsdiagramme ist schematisch dargestellt;

- unzureichende Festigkeit des Verpresskörpers (mangelhaftes Verpressergebnis),
- Überschreiten der Zugfestigkeit des umgebenden Steines bzw. Mauerwerks,
- Versagen der äußeren Scherfuge zwischen Verpresskörper und umgebendem Mauerwerk, tritt insbesondere bei dichtem Naturstein auf,
- Versagen der inneren Scherfuge zwischen Ankerstab und Verpresskörper,
- Versagen in beiden Scherfugen. Bei ausreichend großem Verschiebungswiderstand in der äußeren Scherfuge bilden sich im Verpresskörper räumliche Tragsegmente aus, die auf Druck und Abscheren beansprucht werden (vgl. Bild 12)

rungsweisen Bestimmung der Verbundfestigkeit. Durch Berechnung der tatsächlichen freien Stahllänge ermöglichen die gemessenen Verschiebungen jedoch einen zusätzlichen Aufschluss über den Bruchfortschritt. Es kann ein rechnerischer Auflagerpunkt bestimmt werden, der sich im Verlauf des Zugversuchs zum belasteten Ende hin verschiebt. Um eine entsprechende Auswertung zu ermöglichen, ist die Prüfkraft zyklisch aufzubringen (Bild 11). Zunächst wird eine Vorlast von 10% der angenommenen Gebrauchslast aufgebracht. Ausgehend von dieser Grundlaststufe, die zur Gewährleistung des Kraftschlusses erforderlich ist, wird die Prüfkraft stufenweise erhöht und nach Ablauf des jeweiligen Beobachtungsintervalls wieder bis zur Grundlast reduziert.

4.2 Versagensarten

Die abzudeckenden Zugkräfte werden durch Haftung und Reibung vom Mauerwerk in den

Verpresskörper übertragen. Maßgebend für das Bruchverhalten von Verpressankern im Mauerwerk ist die Verbundspannungs-/Verschiebungsbeziehung in der äußeren Scherfuge. Die innere Scherfuge weist durch die genormte Stahlprofilierung einen definierten und ausreichend hohen Verschiebungswiderstand auf. In der äußeren Scherfuge hängt dieser Widerstand von der Porenstruktur der Bohrlochwand und in geringem Maße auch vom gewählten Bohrfahren ab. Herstellungsbedingt entstehen bei Drehschlagbohrungen größere Unebenheiten als bei Kernbohrungen. Bei ausreichender Rauigkeit der Bohrlochwand treten zunächst keine Relativverschiebungen in der äußeren Scherfuge auf. Im Verpresskörper bilden sich dann hohlkegelförmige Traggewölbe zwischen der äußeren und der inneren Scherfuge aus (Bild 12). Diese Tragsegmente werden auf Druck und Abscheren beansprucht, ihre Wandstärke entspricht dem Rippenabstand des Ankerstabes (Bild 13 a). Die Neigung

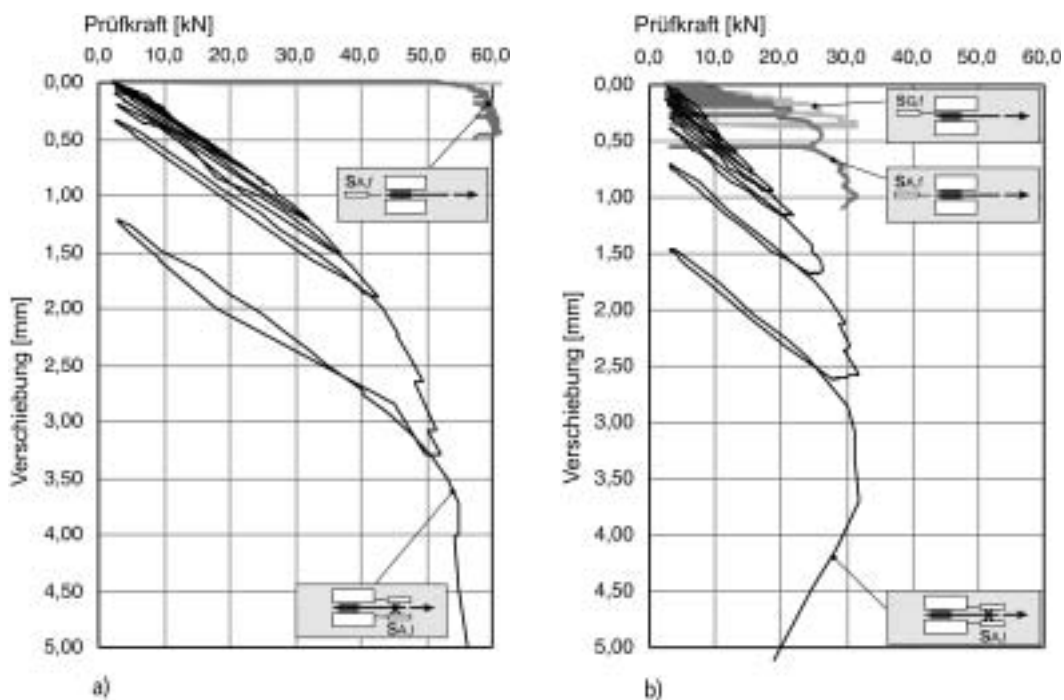


Bild 11. Prüfkraft-Verschiebungsdiagramme aus Laborversuchen [8]. Verpressanker aus rostfreiem Betonrippenstahl mit 10 mm Durchmesser, Bohrlochdurchmesser: 30 mm;
a) Kräfteintragungslänge 106 mm in monolithischem Postaer Sandstein. Verschiebungen in der äußeren Scherfuge sind nicht aufgetreten, Verschiebungen in der inneren Scherfuge erst im Fließbereich des Stahlzuggliedes bei Prüfkraften oberhalb 50 kN,
b) Kräfteintragungslänge 264 mm in monolithischem Kelheimer Kalkstein. Hier wurden Verschiebungen in beiden Scherfugen gemessen, die maximal erreichte Prüfkraft ist im Vergleich zu a) wesentlich geringer

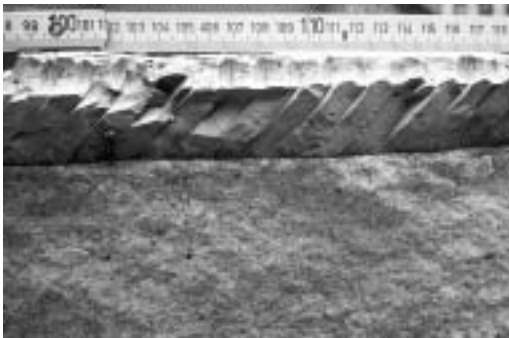


Bild 12. Verpressanker nach einem Zugversuch im monolithischen Postaer Sandstein. Verbundversagen in der inneren Scherfuge und Zugversagen des Prüfkörpers. Die Neigung der Risse bzw. der Tragsegmente zur Stabachse beträgt 45 bis 55°

der Tragsegmente hängt von der Rauigkeit bzw. Profilierung der lokalen Oberflächen und von den mechanischen Eigenschaften des Verpresskörpers ab. Durch theoretische Betrachtungen zum Kraftfluss in den Segmenten lässt sich die Verbundfestigkeit auf die Scherfestigkeit des Verpresskörpers zurückführen [8].

Infolge der Verbundkraftübertragung entsteht eine Wechselwirkung zwischen Ankersystem und umgebendem Mauerwerk. Die Tragsegmente

rufen eine radial wirkende Druckkomponente hervor, die das umgebende Mauerwerk auf Zug beansprucht. Die hierbei auftretenden Spannungen können unter Zugrundelegung der Elastizitätstheorie beschrieben werden (Bild 13 b). Die aufnehmbaren Ankerkräfte werden daher auch durch die Zugfestigkeit des umgebenden Mauerwerks begrenzt und sind in Fugenbereichen geringer als innerhalb von Steinquerschnitten.

Treten bei glatter Bohrlochoberfläche Verschiebungen zwischen umgebendem Mauerwerk und Verpresskörper auf, versagt der Verpresskörper durch Herausziehen (Bild 14). Die erreichbare Verbundfestigkeit ist dann insgesamt geringer.

4.3 Maßgebende Einflussfaktoren

4.3.1 Ankerstab

Im Versuchsprogramm wurde nichtrostender Betonrippenstahl BSt 500 NR verwendet. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die Nenn Durchmesser 10 und 16 mm. Der Einsatz nichtrostender Stahlsorten ist erforderlich, wenn der Bohrl Lochdurchmesser kleiner sein soll, als beim herkömmlichen Betonrippenstahl unter Einhaltung der erforderlichen Mindestüberdeckungen. Der gewählte Betonstahl mit der Handelsbezeichnung *Ripinox* (Verarbeiter: Horstmann GmbH,

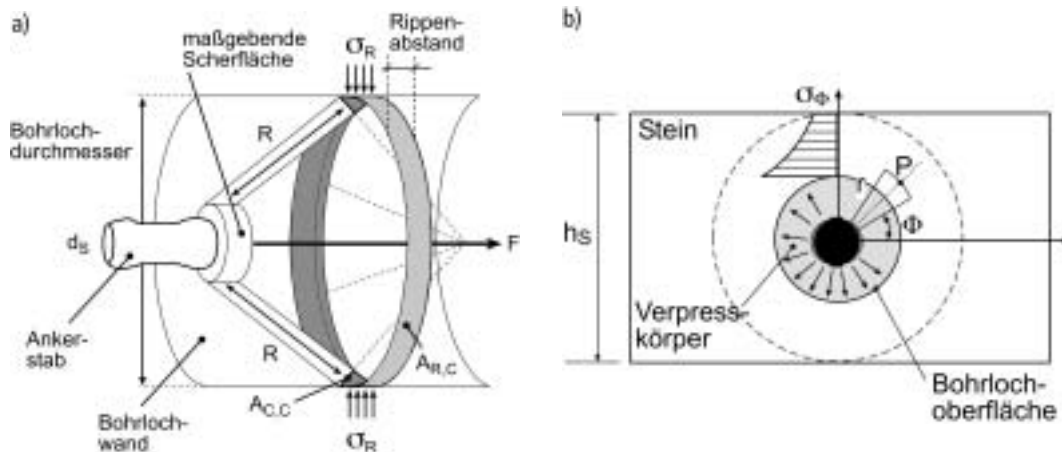


Bild 13. a) Im Tragmodell erfolgt die Verbundkraftübertragung zwischen Ankerstab und Bohrlochoberfläche durch resultierende Druckkräfte R in räumlichen hohlkegelförmigen Segmenten. Die Tragsegmente werden auf Druck und Abscheren beansprucht, ihre Wandstärke entspricht dem Rippenabstand des Ankerstabes c_s (vgl. Rissbild 12).

F : Zugkraft, σ_R : Radialspannung, c_s : Rippenabstand, $A_{C,C}$: Druckquerschnitt eines hohlkegelförmigen Segmentes im Bruchzustand, $A_{R,C}$: Querschnittsfläche der Bohrlochwand unter Einwirkung der Radialspannung σ_R ,

b) Zugbeanspruchung im Stein unter Zugrundelegung der Elastizitätstheorie. Die Tangentialspannung σ_ϕ am Punkt P ist abhängig von der Höhe der resultierenden Druckkräfte R und vom lokalen Radius r . Sie ist maximal am Rande des Bohrloches bei $r = d_b/2$ und nimmt zum Steinrand hin ab

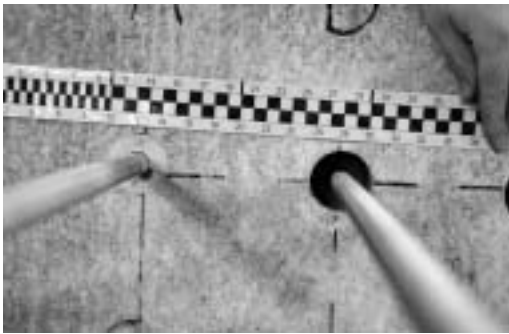


Bild 14. Versagen in der äußeren Scherfuge im monolithischen Raumünzacher Granit. Der linke Verpresskörper wurde während des Zugversuches um über 30 mm herausgezogen und schließt jetzt bündig mit der Prüfkörperoberfläche ab. Vor dem Zugversuch entsprach die Lage des Verpresskörpers dem rechten, noch ungeprüften Verpressanker

Klettgau) ist durch das Institut für Bautechnik, Berlin für Anwendungen nach DIN 1045 zugelassen und zurzeit in Durchmessern zwischen 6 und 14 mm lieferbar.

Zur Untersuchung des Verbundverhaltens in der inneren Scherfuge wurden Ankerserien aus nichtrostendem Gewindestahl M10 und M16 und aus

herkömmlichem Betonrippenstahl BSt 500/550 S geprüft. Weitere Untersuchungen erfolgten an Dywidag-Gewindestahl St 835/1030, Durchmesser 26,5 mm (DYWIDAG Systems International AG, 85609 Aschheim) mit durchgehend aufgewalztem Gewinde, der in der Baupraxis häufig zum Vorspannen von Mauerwerk verwendet wird.

Bild 15 zeigt Verbundfestigkeits-/Verschiebungsfunktionen in Abhängigkeit von der Oberflächengestalt des Ankerstabes [8]. In einem Prüfkörper aus monolithischem Maulbronner Sandstein wurden die Verbundeigenschaften von nichtrostendem Betonstahl, herkömmlichem Betonstahl und Gewindestäben miteinander verglichen. Die dargestellten Bruchkurven sind Mittelwerte aus jeweils fünf Versuchen. Die Anker wurden mit identischer Geometrie (Nenndurchmesser 16 mm, Bohrdurchmesser 56 mm, Verbundlänge 200 mm) aus der gleichen Verpresssuspension hergestellt. Es wurden drei Ankerserien mit Gewindestäben eingebaut, um die Wirkung zusätzlicher Endverankerungen aus aufgeschraubten Bundmuttern M16 zu untersuchen. Bei einer Serie wurde das Gewinde mit einer Trennschicht überdeckt, sodass die Krafteintragung nur über die Endverankerung und nicht durch Verbund erfolgte.

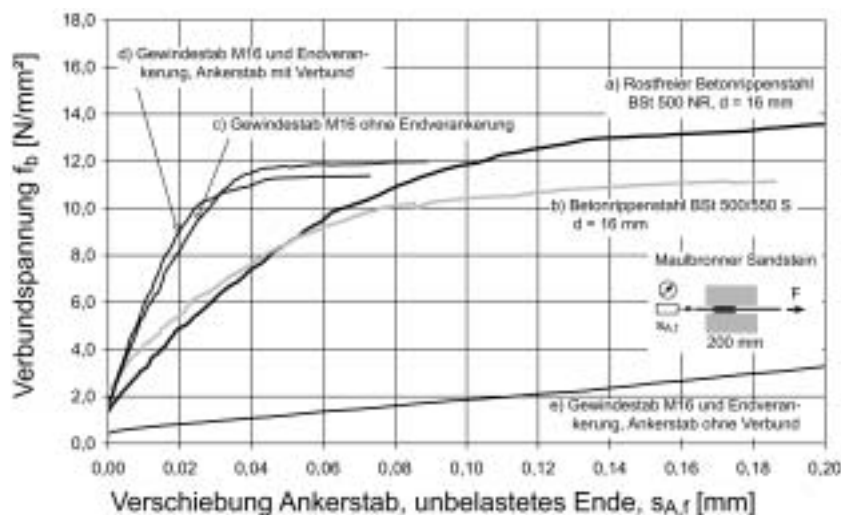


Bild 15. Einfluss der Oberflächengestalt des Ankerstabes auf die Verbundfestigkeit: Verbundfestigkeit als Funktion der Verschiebung des Ankerstabes am unbelasteten Ankerende. Die Kurven sind Mittelwerte aus jeweils fünf geprüften Ankern [8]. Die Anker wurden mit gleicher Verpresssuspension und gleicher Verbundlänge (200 mm) im Maulbronner Sandstein hergestellt. Der Ankerstab e) wurde mit einer Trennschicht umhüllt, sodass nur die Endverankerung (geknotete Bundmutter) wirksam war. Das Diagramm belegt den geringen Anteil der Endverankerung an der Verbundtragfähigkeit, der auch durch den Vergleich der Kurven c) und d) bestätigt wird

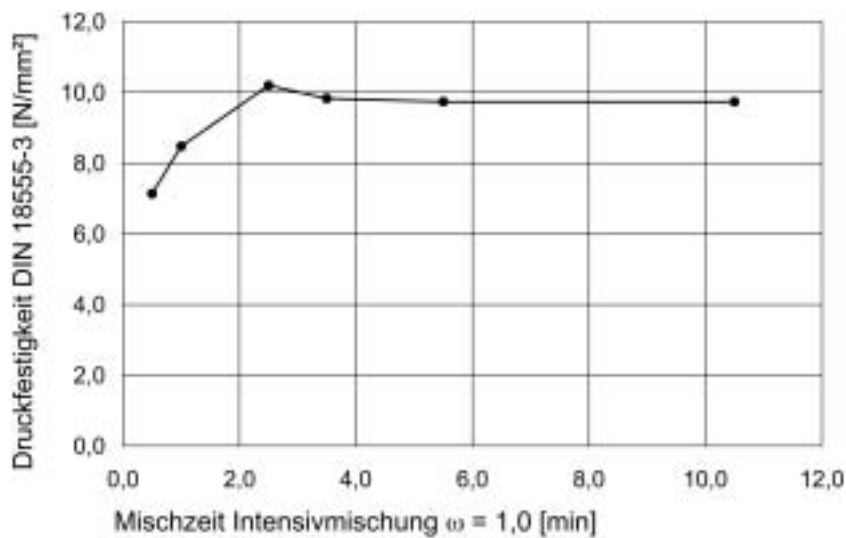


Bild 16. Druckfestigkeit des Verpresskörpers nach DIN 18555-3 in Abhängigkeit von der Mischzeit bei Intensivmischung. Bereits 2,5 Minuten Intensivmischung führen zu einer optimalen Druckfestigkeit

Die Betonstähle (Bild 15, Kurve a und b) und die Gewindestäbe (Bild 15, Kurve c und d) weisen ein annähernd ähnliches Verbundtragverhalten auf, wobei die Gewindestäbe bei gleicher Verbundfestigkeit etwas geringere Bruchverschiebungen zurücklegen. Die Unterschiede sind nur bei Verschiebungen unterhalb von 100 μm zu beobachten. Ursache ist die bessere Verzahnung zwischen dem Verpresskörper und dem Gewindestab, da die Gewindegänge einen geringeren Abstand aufweisen, als die Rippen der Betonstähle. Bei den Betonstählen ermöglichen die sich ausbildenden Tragelemente Lastumlagerungen, die Verbindung ist damit etwas duktiler. Der Unterschied im Verbundtragverhalten zwischen rostfreiem und nicht-rostendem Betonstahl ist sehr gering. Der mit Flugrost überzogene herkömmliche Betonstahl (Kurve a) hat eine etwas rauere Oberfläche, was am leicht höheren Verschiebungswiderstand unterhalb von 50 μm erkennbar ist. Der nichtrostende Betonstahl (Kurve b) erreicht im Bruchzustand aufgrund seiner größeren Zugfestigkeit nominell eine entsprechend höhere Verbundfestigkeit.

Die aufgeschraubten Endverankerungen bei den Gewindestäben erwiesen sich als wirkungslos. Der Schlupf in der Schraubverbindung ist größer als die Verschiebungen zwischen Ankerstab und Verpresskörper. Außerdem wird unterhalb der Bundmutter die Druckfestigkeit des Verpresskörpers überschritten. Die Funktion in Bild 15, Kurve e, beschreibt das Eindringen der Bundmutter in den Verpresskörper.

4.3.2 Eigenschaften der Verpresssuspension

Im Labor wurden Trasszementsuspensionen als Verpressgut verwendet. Bindemittel war ein Portlandpuzzolanzement CEM II/B-P 32,5 mit einem Anteil von etwa 30 % an Bayerischem Trass (*Suevit*). Wie in der Praxis lagen die massebezogenen Wasserbindemittelwerte der Suspensionen zwischen $\omega = 0,5$ und $\omega = 1,0$. Zusatzstoffe oder Zusatzmittel wurden nicht beigefügt. Die Suspensionen wurden in Chargen mit konstant 10 kg Bindemittel hergestellt, in der Reihenfolge Wasser und Bindemittel in das Mischgefäß eingefüllt und mit einem handelsüblichen Kolloidalmischer bei einer Leerlaufdrehzahl von 11000 U/min intensiv durchmischt. Eigene Vorversuche haben gezeigt, dass eine Mischdauer von 2,5 Minuten, in der eine Zugabezeit von 30 Sekunden enthalten ist, zu einer optimalen Druckfestigkeit des Verpressgutes führt (Bild 16).

Die angemachten Suspensionen wurden mit einem Rührholz in Bewegung gehalten und innerhalb von einer Stunde verarbeitet. Der Trasszement wurde in 25-kg-Säcken angeliefert, in der Versuchshalle ohne weitere Vorkehrungen auf Paletten gelagert und innerhalb von drei Monaten verbraucht. Zum Vergleich der Verpressseigenschaften und der Verbundfestigkeit wurde in einzelnen Versuchsserien Trasskalk [19] als Bindemittel eingesetzt.

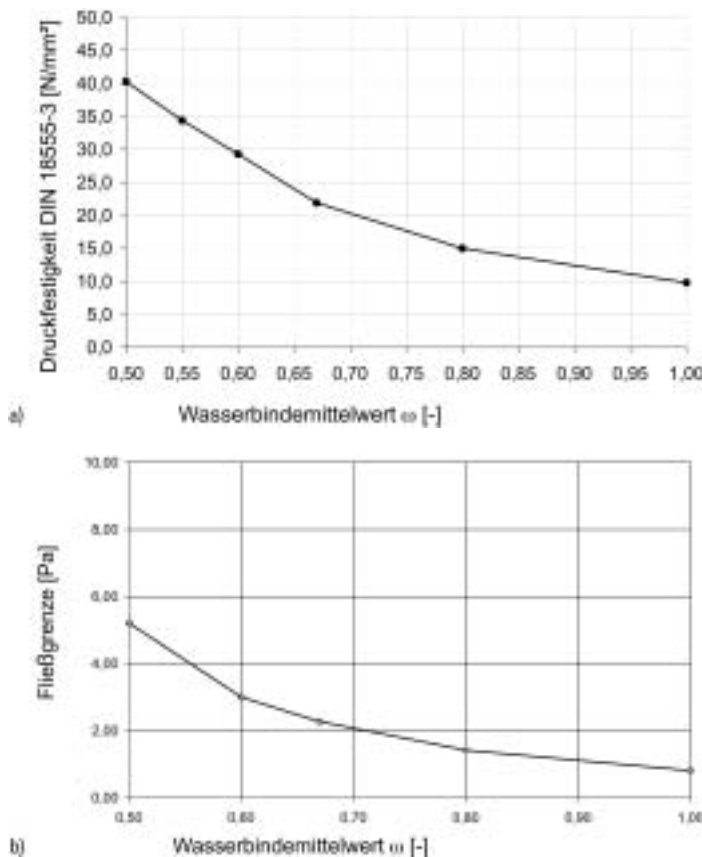


Bild 17. a) Druckfestigkeit des Injektionsguts (Prüfung nach DIN 18555-3) in Abhängigkeit vom Wasserbindemittelwert ω bei konstanter Mischzeit (Intensivmischung) von 2,5 Minuten, b) Fließgrenze der verwendeten Trasszementsuspensionen, näherungsweise bestimmt mit dem Kasumeter [9]

Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit, Trocken- und Suspensionsrohddichte des Verpressgutes wurden im Rahmen einer permanenten Überwachung an jeder hergestellten Charge überprüft. Das Diagramm in Bild 17 a zeigt den Zusammenhang zwischen ω -Wert und Druckfestigkeit nach DIN 18555-3 [21] für die verwendeten Trasszementsuspensionen. Dem Diagramm liegen insgesamt 115 ermittelte Druckfestigkeiten zugrunde. Der große Einfluss von ω auf die Druckfestigkeit ist zu erkennen: Eine Reduzierung des Wasseranteils um die Hälfte von $\omega = 1,0$ auf $\omega = 0,5$ führt zu einer vierfach höheren Druckfestigkeit. Die Druckfestigkeit der verwendeten Trasszementsuspensionen kann innerhalb des untersuchten Bereiches zwischen $\omega = 0,5$ und $1,0$ näherungsweise beschrieben werden durch:

$$f_{G,c} = \frac{10}{\omega^2} \quad (1)$$

mit

$f_{G,c}$ Druckfestigkeit des Verpresskörpers nach DIN 18555-3

ω massebezogener Wasserbindemittelwert der Verpresssuspension

Die Fließfähigkeit der Suspensionen (Bild 17 b) wurde als Anhaltswert mit dem Kasumeter [9] bestimmt. Angaben zu den Rohdichten der Trasszementsuspensionen, zur Rohdichte der erhärteten Prismen, zur Trockenrohddichte, zur Biegezugfestigkeit sowie zu E-Modul und Querdehnzahl sind in [8] aufgeführt.

4.3.3 Druckfestigkeit des Verpresskörpers

Die Druckfestigkeit des Verpresskörpers hat einen grundsätzlichen Einfluss auf die Verbundfestigkeit des Ankers. Die beschriebenen Tragsegmente, die sich zwischen der inneren und der äußeren Scherfuge ausbilden, übertragen bei höherer Festigkeit größere Kraftanteile. Im Bruchzustand tritt ein Scherversagen der Tragsegmente ein, das auf Grundlage der Druckfestigkeit nach DIN 18555-3 [21] beschrieben werden kann. Eigene Versuche an ausgeklinkten Prismen haben

gezeigt, dass bei der Bestimmung der Scherfestigkeit im Vergleich zur Druckfestigkeit höhere Streuungen auftreten [8]. Damit ist die Scherfestigkeit als Kennwert für die Güteüberwachung bei der Herstellung von Verpressankern weniger geeignet.

Die Druckfestigkeit des Verpresskörpers entspricht nur dann der Druckfestigkeit nach DIN 18555-3, wenn der Wasserbindemittelwert der Verpresssuspension bei der Ankerherstellung nicht durch saugfähiges Steinmaterial verändert wird. In den Laborversuchen erfolgte die Untersuchung des Einflusses der Verpresskörperfestigkeit daher in nichtsaugendem, monolithischen Granit, Kalk und Travertin. Bild 18 zeigt mittlere Verbundspannungs-Verschiebungsdiagramme aus vier Versuchsserien mit insgesamt 20 geprüften Ankern im monolithischen Raumünzacher Granit. Die Ankerstäbe bestanden aus nichtrostendem Betonrippenstahl \varnothing 16 mm bei Verbundlängen von 430 mm und Bohrdurchmessern von 48 mm. Zur Beschreibung der Abhängigkeit zwischen Druckfestigkeit nach DIN 18555-3 und Verbundfestigkeit wird die in Abschnitt 5.4 beschriebene Potenzfunktion eingeführt.

4.3.4 Umgebendes Steinmaterial

Die Eigenschaften des umgebenden Steinmaterials (Bohrlochwand) sind wesentlich für die Ver-

bundfestigkeit von Verpressankern im Mauerwerk. Es sind zwei unterschiedliche Parameter zu berücksichtigen: die Mikroverzahnung und die Wasserabsorption [8].

Da beim Bohren keine definierte Profilierung der Bohrlochwand hergestellt werden kann, ist die äußere Scherfuge zwischen Verpresskörper und umgebendem Steinmaterial grundsätzlich als relativ glatt anzusehen. Herstellungsbedingte Ungenauigkeiten, z. B. Riefen durch unregelmäßigen Bohrvorschub, üben nur einen geringen Einfluss aus. Nur wenn kapillarporenreiche Oberflächen für die Verpresssuspension zugänglich sind, entsteht eine Mikroverzahnung zwischen Verpresskörper und Stein. Der Widerstand gegen Verschiebungen zwischen Bohrlochwand und Verpresskörper ist dann im Vergleich zur glatten Bohrlochwand größer.

Die Wasserabsorption des umgebenden Steinmaterials führt während des Verpressens zu einem Wasserentzug über die benetzte Bohrlochoberfläche. Bild 19 a bis d zeigt einen Anschauungsversuch zur Wasserabsorption. Ein 48 mm Bohrloch in einem Quader aus Postaer Sandstein (Varietät *Mühlleite*) wurde mit einer Plexiglasscheibe abgedichtet (Bild 19 a) und einer Trasszementsuspension $\omega = 1,0$ verfüllt. Das Einfüllen (Bild 19 b und c) erfolgte mit einer Laborflasche und einem Expansionspacker an der Quader-Rückseite. Zur vollständigen Verfüllung des vorhandenen Bohr-

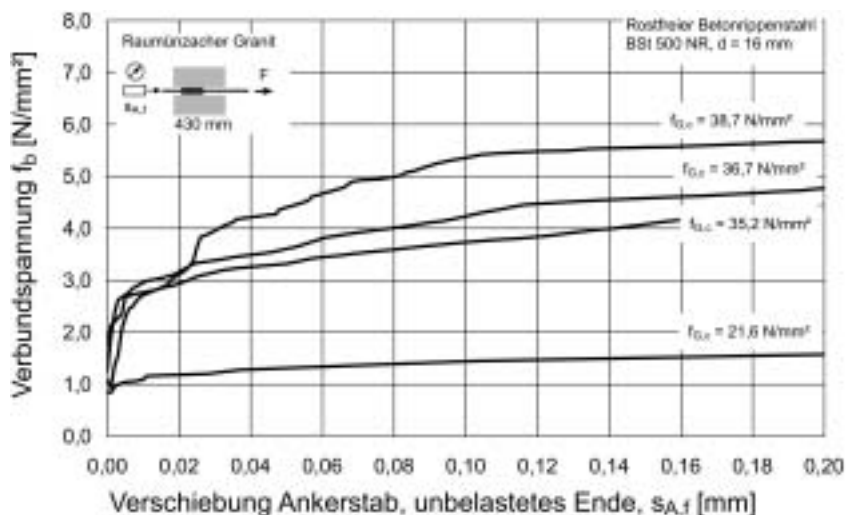


Bild 18. Einfluss der Druckfestigkeit des Verpresskörpers auf die Verbundfestigkeit: Verbundfestigkeit als Funktion der Ankerstabverschiebung am unbelasteten Ankerende. Versuchsserien in nicht saugfähigem monolithischen Stein (Raumünzacher Granit). Die Kurven sind Mittelwerte aus jeweils fünf geprüften Ankern. Mit zunehmender Festigkeit des Verpresskörpers steigt auch die Verbundfestigkeit

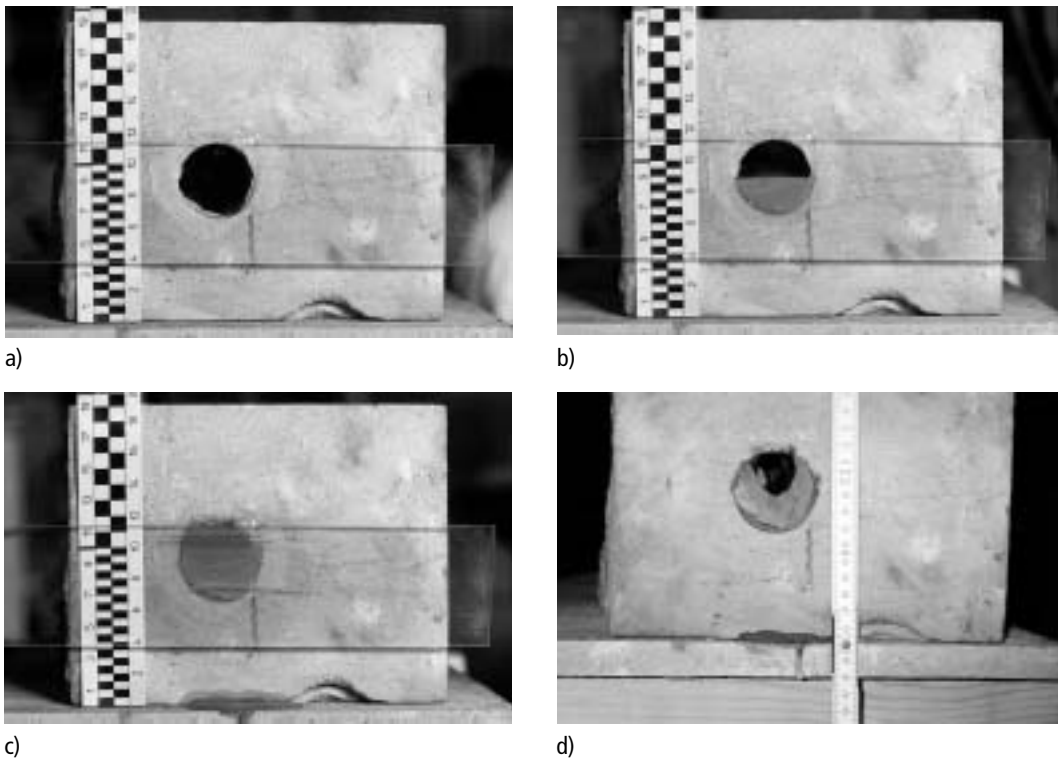


Bild 19. Anschauungsversuch zum Einfluss von saugfähigem Steinmaterial (Postaer Sandstein). Zur vollständigen Verfüllung eines Bohrlochvolumens von 850 ml in saugfähigem Stein sind hier insgesamt 1500 ml Verpresssuspension erforderlich (a bis c). Durch die Wasserabsorption zwischen vollständiger Verfüllung und Abbinden entsteht vor dem Abbinden ein großer Hohlraum: nur ca. 75% des Bohrloches bleiben verfüllt (d)

lochvolumens von 850 ml waren 1500 ml Suspension erforderlich. Durch die Wasserabsorption zwischen vollständiger Verfüllung und Abbin-

den ist ein großer Hohlraum entstanden. Nur ca. 75% des Bohrloches sind noch verfüllt (Bild 19 d). Bei Einhaltung der erforderlichen Mindestabpresszeit wird das entzogene Wasser kontinuierlich durch neues Verpressgut ersetzt. Hohlräume wie im Anschauungsversuch oder ein „Verdursten“ des Verpresskörpers, wie bei Fugenmörtel zwischen stark saugenden Steinen, sind dann nicht zu befürchten. Infolge des Wasserentzugs sinkt der mittlere Wasserbindemittelwert im Bohrloch ab und die Festigkeit des Verpresskörpers steigt entsprechend an (Bild 20, rechte Seite). Eine hohe Wasserabsorption ist daher eine günstige Materialeigenschaft, solange

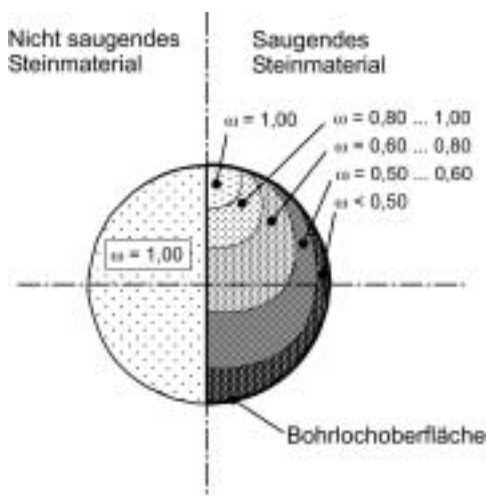


Bild 20. Idealisierte Darstellung einer verpressten Zementsuspension mit einem Wasserbindemittelwert $\omega = 1,00$ in nicht saugendem Stein (links) und in saugfähigem Stein (rechts). Bei saugfähigem Steinmaterial wird der ω -Wert im Bohrloch durch Wasserabsorption reduziert, vgl. Bild 19 d)

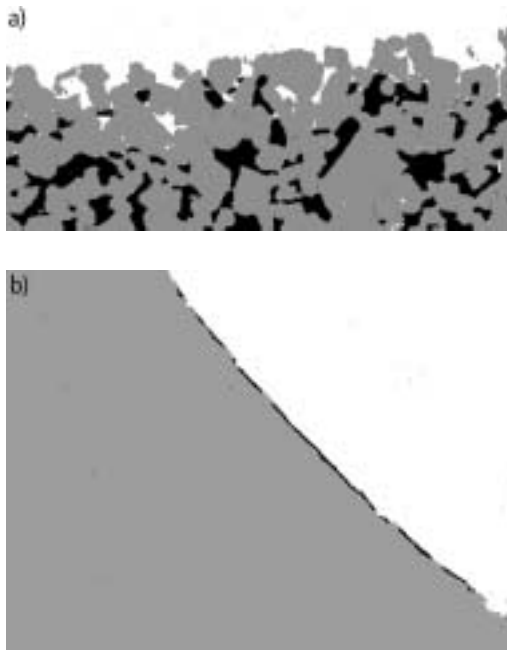


Bild 21. Einfluss des Steinmaterials auf die Verbundfestigkeit: lichtmikroskopische Untersuchung an Dünnschliffen von überbohrten Verpressankern. Bildausschnitt: $4,83 \text{ mm} \times 3,62 \text{ mm}$. Die dargestellte äußere Scherfuge wurde hier digital nachbearbeitet: schwarz: Kapillarporen, grau: Prüfkörpermaterial, weiß: Verpresskörper.

a) Postaer Sandstein, Verpresskörper: CEM II/B-P 32,5, $\omega = 1,00$,

b) Raumünzacher Granit, Verpresskörper: CEM II/B-P 32,5, $\omega = 0,67$

ausreichend Suspension nachgeliefert wird, um das entzogene Wasser zu ersetzen.

Der Verschiebungswiderstand in der äußeren Scherfuge und der Wasseraufnahmekoeffizient hängen von der Kapillarporosität der vorhande-

nen Steine ab. Die Porenstruktur überbohrter Verpresskörper wurde durch lichtmikroskopische Untersuchungen an Dünnschliffen und durch Bestimmung von Rohdichten untersucht (Bild 21). Links die äußere Scherfuge im Postaer Sandstein,

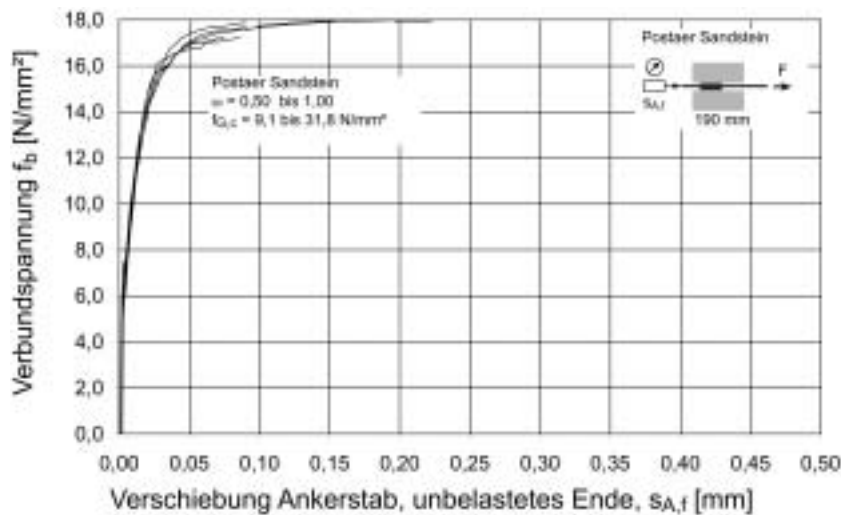


Bild 22. Einfluss des Steinmaterials auf die Verbundfestigkeit: Verbundfestigkeit als Funktion der Ankerstabverschiebung am unbelasteten Ankerende. Versuchsserien in saugfähigem Stein (Postaer Sandstein). Die Kurven sind Mittelwerte aus jeweils fünf geprüften Ankern. Unabhängig von den unterschiedlichen Wasserbindemittelwerten ω von 0,50 bis 1,00 ist die erreichte Verbundfestigkeit nach hohem Wasserentzug über die Bohrlochwand konstant hoch

einem sehr saugfähigen Material; rechts die äußere Scherfuge im Raumünzacher Granit, einem dichten Stein. Der gewählte Bildausschnitt beträgt $4,83 \text{ mm} \times 3,62 \text{ mm}$. Die vorhandenen Kapillarporen sind schwarz dargestellt, das Prüfkörpermaterial erscheint grau und der Verpresskörper weiß. Während der Postaer Sandstein eine zusammenhängende Kapillarporenstruktur aufweist, sind im Granit keine Kapillarporen erkennbar. In der äußeren Kontaktfläche ist beim Postaer Sandstein eine Mikroverzahnung sichtbar, beim Granit erscheint sie glatt.

Die Versuchsergebnisse [8] zeigen, dass bei saugfähigem Stein eine erhebliche Verbundfestigkeitssteigerung entstehen kann. In Bild 22 sind mittlere Verbundspannungs-Verschiebungsdiagramme aus fünf Versuchsserien mit insgesamt 25 geprüften Ankern aus rostfreiem Betonrippenstahl $\varnothing 16 \text{ mm}$ im monolithischen Postaer Sandstein dargestellt. Bei konstanter Verbundlänge von 190 mm wurden die Wasserbindemittelwerte der Verpresssuspensionen zwischen 0,5 und 1,0 variiert. Die vorhandene Verbundfestigkeit ist außerordentlich hoch und unabhängig vom ω -Wert der Verpresssuspension konstant.

Anhand von Rohdichteuntersuchungen an überbohrten Verpresskörpern wurde gezeigt, dass der Wasserbindemittelwert im Bohrloch durch den Wasserentzug auf ω -Werte $< 0,40$ absinkt [8]. Die tatsächliche Druckfestigkeit des Verpresskörpers erreicht damit nach der näherungsweise Korrelation Gl. (1) Werte von über 60 N/mm^2 . Trasszementsuspensionen mit ω -Werten $< 0,50$ lassen sich jedoch ohne Zusatzmittel nicht einwandfrei verpressen. Durch die Rohdichteuntersuchungen wird der Zusammenhang zwischen Verpresskörper-Druckfestigkeit und Verbundfestigkeit für Festigkeitsbereiche bestätigt, die in ihrer Größenordnung ohne Zusatzmittel in dichtem Stein nicht hergestellt werden konnten.

Das Wasseraufnahmevermögen von Naturstein ist sehr unterschiedlich und kann bei gleichem Vorkommen zwischen verschiedenen Gewinnungsorten schwanken. Eine unmittelbare Korrelation zwischen dem Wasseraufnahmekoeffizienten und der Festigkeit des Verpresskörpers wird daher auf Grundlage der ermittelten Werte als nicht sinnvoll angesehen. Die Beschreibung der Verbundfestigkeitssteigerung in saugfähigem Stein erfolgt im Bemessungsvorschlag durch einen globalen, empirischen Ausdruck auf Grundlage der flächenbezogenen Wasseraufnahme nach DIN EN 1925 [22]. Damit werden im Bemessungsvorschlag dichte und saugfähige Steinarten gleichermaßen erfasst. Der Zusammenhang

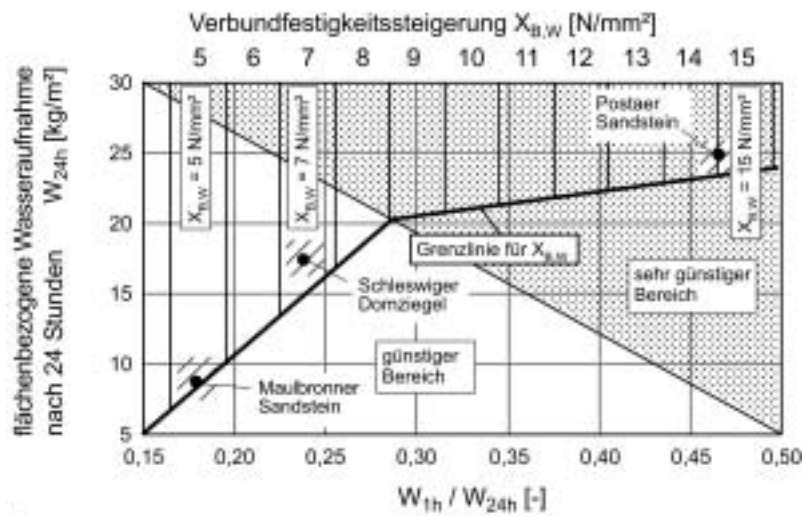
zwischen Festigkeit und Wasserabsorption wird für Verpressanker erstmals quantifiziert. Eine ausführliche Betrachtung der Auswirkung des Saugverhaltens der untersuchten Steine findet sich in [8]. Die Absorption während des Verpressens lässt sich baupraktisch durch ein Vornässen des Bohrloches mit dem Wasserschlauch nur unwesentlich reduzieren.

Bild 23 gibt Anhaltswerte für die Verbundfestigkeitssteigerung in saugfähigem Steinmaterial. Das Diagramm (Bild 23 a) beschreibt die Verbundfestigkeitssteigerung in Abhängigkeit von der nach 24 Stunden aufgenommenen Wassermenge W_{24h} und dem Verhältnis der nach einer und nach 24 Stunden aufgenommenen Wassermenge W_{1h}/W_{24h} . Hier liegt der Ansatz zugrunde, dass rasches Wassersaugen (höherer Wert für W_{1h}/W_{24h}) günstiger für den Verpresserfolg ist, als länger dauerndes Saugen, welches zu einem Wasserentzug nach Beendigung der Abpresszeit führt. Die Grenzlinie für $X_{b,w}$ darf in dieser Grafik nicht unterschritten werden. Das Diagramm (Bild 23 b) beschreibt die Verbundfestigkeitssteigerung nur in Abhängigkeit von der nach einer Stunde aufgenommenen Wassermenge W_{1h} und enthält auch einen Wert für Beton C20/25 und wurde bis zum Ursprung verlängert. Die obere Grenzlinie für $X_{b,w}$ darf bei dieser Darstellung nicht überschritten werden. Zum Vergleich sind die in Versuchen ermittelten Werte angegeben. Die Einschätzung der Verbundfestigkeitssteigerung durch Wasserabsorption ist Gegenstand laufender Forschung.

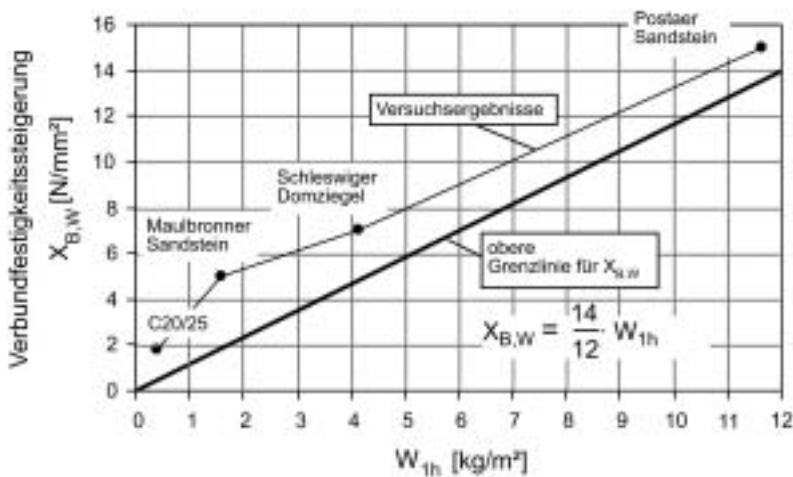
4.3.5 Auflasten

Die ermittelten Quantilwerte beinhalten nicht den Einfluss vertikaler Druckspannungen im Mauerwerk. Liegt der Verpressanker im Fugenbereich, erhöhen vertikale Druckspannungen die Verbundfestigkeit. Beim Herstellen der Bohrung wird das Mauerwerk zunächst lokal entspannt. Druckspannungen in der Umgebung des Verpresskörpers stellen sich durch zeitabhängige Lastumlagerungen erneut ein, wenn der Verpresskörper kraftschlüssig verpresst wurde.

Zur Untersuchung dieses Einflusses wurden drei Versuchsreihen in einem Prüfkörper aus Ziegelmauerwerk mit *Schleswiger Domziegeln* (VMz 8-2,0-NF/MG I) durchgeführt. Die drei Versuchsreihen bestanden aus insgesamt 15 Ankern, die gleichzeitig mit einem Portlandzement CEM I 32,5 R, Wasser-Bindemittelwert $\omega = 0,67$ und Verbundlänge von ca. 170 mm hergestellt wurden. Die Bohrl Lochdurchmesser betragen 30 mm,



a)



b)

Bild 23. a) Anhaltswerte für die Verbundfestigkeitssteigerung $X_{B,W}$ in saugfähigem Steinmaterial in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Wasseraufnahme nach 24 Stunden W_{24h} sowie vom Verhältnis der flächenbezogenen Wasseraufnahme nach einer Stunde und nach 24 Stunden W_{1h}/W_{24h} ; b) Anhaltswerte für die Verbundfestigkeitssteigerung $X_{B,W}$ in saugfähigem Steinmaterial in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Wasseraufnahme nach einer Stunde W_{1h}

die Ankerstäbe bestanden aus nichtrostendem Betonrippenstahl BSt 500 NR, Durchmesser 10 mm und wurden ausschließlich in den Schnittpunkten von Stoß- und Lagerfugen angeordnet. Auf den Prüfkörper wurde nach dem Aushärten der Verpresskörper – während des Zugversuchs – eine vertikale Druckspannung aufgebracht und mit einer Kraftmessdose überwacht. Die drei Zugver-

suchsserien wurden unter einer mittleren Druckspannung von jeweils 0,0 N/mm², 0,3 N/mm² bzw. 0,4 N/mm² durchgeführt. Die mittleren Bruchkurven aus jeweils 5 Versuchen in Bild 24 belegen den grundsätzlich günstigen Einfluss der vertikalen Druckspannung. Da zu diesem Einfluss bislang nur wenige Versuchsreihen vorliegen und in der Baupraxis die nach dem Ankereinbau lokal

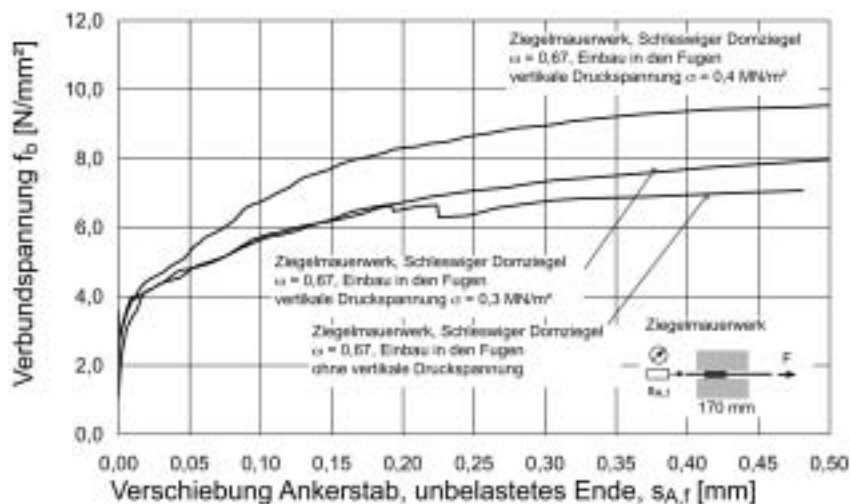


Bild 24. Einfluss von Auflasten: Verbundfestigkeit als Funktion der Ankerstabverschiebung am unbelasteten Ankerende. Versuchsserien in Ziegelmauerwerk (Schleswiger Domziegel). Die Kurven sind Mittelwerte aus jeweils fünf geprüften Ankern. Die Verpressanker wurden mit identischer Verpressuspension im Bereich von Fugen eingebaut. Mit zunehmender äußerer Auflast steigt die Verbundtragfähigkeit an. Da dieser Parameter in der Praxis schwierig einzugrenzen ist, wird er in der Bemessungsempfehlung nicht berücksichtigt.

vorhandenen Druckspannungen kaum zuverlässig eingeschätzt werden können, wird auf die Einbeziehung dieses Einflusses derzeit verzichtet.

4.4 Bemessungswerte der Verbundfestigkeit

Die Wahl der Bruchverschiebung von 0,1 mm zur Definition der nominellen mittleren Verbundspannung erfolgt unter Berücksichtigung des Versagensverlaufs, der aus den Ankerbruchkurven bekannt ist. Mit weiter zunehmender Bruchverschiebung nähert sich die Bruchkurve einer horizontalen Asymptote, eine weitere Laststeigerung ist nicht möglich. Obwohl im Mauerwerk in Abhängigkeit vom vorhandenen Gefüge möglicherweise auch größere Verschiebungswerte als 0,1 mm toleriert werden können, wird die oberhalb der gewählten Bruchverschiebung noch vorhandene Tragreserve bei der Bemessung nicht ausgenutzt, sondern als Sicherheit gegen eine zeitabhängige Verschiebungszunahme durch Verbundkriechen angesetzt. Bei der gewählten Bruchverschiebung werden die zu erwartenden Verformungen im Gebrauchszustand als verträglich angesehen.

Als charakteristischer Wert der Verbundfestigkeit wird der Quantilwert für ein 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes der Versuchs-

serien auf Grundlage der t-Verteilung bei einseitig begrenzter Intervallschätzung gewählt (5%-Quantilwerte). Zur statistischen Auswertung steht i. Allg. ein Stichprobenumfang von 5 Versuchen je Versuchsserie zur Verfügung. Alle geprüften Anker sind grundsätzlich in der Auswertung enthalten. Versuchsergebnisse werden nur dann als Ausreißer angesehen, wenn durch visuelle Inspektion beim Überbohren oder Abbrechen der Prüfkörper eindeutig ein Ausführungsmangel – wie Hohlräume oder große Lunker im Verpresskörper – nachgewiesen wurde. Die empirische Funktion (Gl. 2) beschreibt den Zusammenhang zwischen der Verpresskörperdruckfestigkeit nach DIN 18555-3 und den Quantilwerten der Verbundfestigkeit. Der Funktion liegt die ungünstigste im Versuchsprogramm beobachtete Verbundfestigkeit im Kelheimer Kalkstein zugrunde.

$$f_{A,d} = \frac{f_{G,c}^2}{500} \quad (2)$$

mit

$f_{A,d}$ 5%-Quantilwert der Verbundfestigkeit
 $f_{G,c}$ Druckfestigkeit des Verpresskörpers nach DIN 18555-3

Da sich im Bereich von Hohlräumen keine Verbundtragwirkung im Verpresskörper einstellt, sind entstandene Fehlstellen von der vorhandenen Verbundlänge abzuziehen. In der Praxis kann die

Entstehung und Ausdehnung von Hohlräumen durch mangelhaftes Verpressen weder vorhergesagt noch kontrolliert werden. Dementsprechend lässt sich dieser Fall nicht durch Sicherheitsbeiwerte abdecken und wird im Bemessungsvorschlag nicht berücksichtigt. Die nach Gl. (2) ermittelten charakteristischen Werte gelten daher ausdrücklich nur unter Voraussetzung eines einwandfreien Verpressergebnisses. Zur Qualitätssicherung ist die Überprüfung der Tragfähigkeit ausgewählter Anker durch Probelastung in einem Zugversuch erforderlich (vgl. Abschn. 6).

5 Entwurf und Berechnung

5.1 Voruntersuchungen

Die ingenieurmäßige Mauerwerkinstandsetzung durch Verpressanker setzt eine genaue Kenntnis des zu reparierenden Bauwerks und der konstruktiven Anforderungen an die Anker voraus. Als Planungsgrundlage ist eine sorgfältige Bestands- und Zustandserkundung erforderlich. Ziel der Erkundung ist die Ermittlung des Gefüge- und Erhaltungszustandes des alten Mauerwerks, damit dessen Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit zuverlässig beurteilt werden kann. Von besonderer Bedeutung sind dabei Art und Umfang sowie Ursache und zeitliche Entwicklung der Schwächen und Schäden am Mauerwerk [10].

Im Zuge der Bestandserkundung sollte durch Archivalienstudium in der Geschichte des Bauwerks nach möglichen Schadensursachen gesucht werden, z. B. nach Bauzeiten und Umbauphasen oder früheren Schäden und Reparaturen. Archivquellen wie Bauzeichnungen, Rechnungen, Gutachten und Briefe können wesentlich zur Einschätzung des vorhandenen Bauzustandes beitragen. Hinreichender Aufschluss muss zu den Abmessungen und Verformungen des Bauwerks, zum Gefüge und zu den vorhandenen Materialien vorliegen. Hierzu sind ggf. Bauaufnahmen und Bestandspläne erforderlich. Die Schadensaufnahme sollte der für die Verpressanker verantwortliche Planer bzw. die verantwortliche Planerin in jedem Falle selbst anfertigen. Hierbei sind Verformungen, Risse, Absplitterungen und schalenförmige Ablösungen, Schwach- und Fehlstellen zu dokumentieren. Auch ist durch Beobachtungen festzustellen, ob der Schaden sich weiterentwickelt oder zur Ruhe gekommen ist. Davon hängen Art und Umfang der erforderlichen Reparaturmaßnahmen ganz wesentlich ab. Bei denkmalgeschützten Bauwerken ist eine enge Zu-

sammenarbeit zwischen Tragwerksplanung, Architektur, Bauforschung, Mineralogie und Denkmalpflege erforderlich [10].

Durch den Einbau von Verpressankern entstehen im Mauerwerk lokale Zonen mit höherer Steifigkeit. Der vorhandene Lastabtrag ist daher zutreffend zu erfassen, um Folgeschäden durch Lastumlagerungen auszuschließen. Werden die Verpressanker beispielsweise zu kurz ausgelegt, entstehen möglicherweise am Ankerende neue Risse. Können dynamische Einwirkungen nicht ausgeschlossen werden, sollten die Verpressanker im Bauwerksgrundriss möglichst symmetrisch angeordnet werden, das gilt insbesondere bei seismischen Einwirkungen.

Zur Entwurfsplanung von Verpressankern werden Bau- und Schadensaufmaße der instand zu setzenden Bereiche und Informationen über die vorhandenen Steine und Mörtel, das Mauergefüge und den Zustand des Mauerwerks benötigt. Die Erkundung des Gefüges umfasst den inneren Aufbau des Mauerwerks, seinen Zustand, Steinabmessungen, Verbände, Mehrschaligkeit, Schalenablösungen, Hohlräume und Einlagerungen, wie alte Anker oder Holzteile [10]. Zur Erkundung können stichprobenartig Freilegungen, Bohrungen oder Endoskopuntersuchungen durchgeführt werden. In besonderen Fällen lassen sich auch zerstörungsarme, flächendeckende Verfahren wie Radaruntersuchungen oder der Einsatz mechanischer Wellen anwenden.

Die Tragfähigkeitsermittlung erfolgt durch unterschiedliche Verfahren (siehe hierzu [2] u. [10]). Häufig sind Materialeigenschaften wie Mauerwerkdruckfestigkeit oder E-Modul mit geeigneten Methoden zu bestimmen. Im Zuge der statischen Berechnung bereitet oftmals die Einschätzung der Verformungseigenschaften von vorhandenem Mauerwerk Schwierigkeiten. In solchen Fällen sollten an einem geeigneten mechanischen Modell Grenzbetrachtungen mit unterschiedlichem E-Modul durchgeführt werden.

Die Ausführungsplanung von Verpressankern setzt detaillierte Kenntnisse zum Gefügebau im Bereich der vorgesehenen Verbundlänge, zur Steingeometrie und zur Druck- bzw. Zugfestigkeit der Steine voraus. Nach Möglichkeit ist auch der Wasseraufnahmekoeffizient der Steine nach DIN EN 1925 [22] zu bestimmen.

5.2 Voraussetzungen für die Anwendung von Verpressankern

Die instand zu setzenden Mauerwerkbereiche müssen für Bohrungen zugänglich sein. Weitere



Jäger, W. (Hrsg.)

Jetzt auch mit Fortsetzungspreis!

Mauerwerk-Kalender 2008

Der Vielseitigkeit von Mauerwerk als Tragstrukturelement, Wandbaustoff mit bauphysikalischen und ästhetischen Funktionen, als Träger von Innovationen in der Fertigteilbauweise und für energiesparendes Bauen wird das Taschenbuch im 33. Jahrgang mit einem ausgewogenen Verhältnis von aktuellen und überarbeiteten Beiträgen gerecht. Sämtliche zulassungsbedürftige Neuentwicklungen werden mit der Aktualität eines Jahrbuches vorgestellt. Zahlreiche Kommentare zu DIN 1053-1 NEU, zur Ö-Norm und zum Eurocode 6 aktuell und aus erster Hand geben Sicherheit in der Planung. Die Beitragsreihe über die Mauerwerkskonstruktionen wird mit Abdichtungsregeln und Ausführungsbeispielen fortgesetzt. In der Reihe Instandsetzung und Ertüchtigung wird das Vernageln und Verankern dargestellt. (856 Seiten. 464 Abb. 235 Tab. Gebunden)

Aus dem Inhalt:

§ **A BAUSTOFFE - BAUPRODUKTE**

- I Eigenschaftswerte von Mauerwerk, Mauersteinen, Mauermörtel und Putzen (Peter Schubert)
- II Neu- und Weiterentwicklungen im Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung
- III Prüfverfahren zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften von Mauerwerk (Wolfgang Brameshuber, Ulf Schmidt, Markus Graubohm, Ingo Beer)
- IV Wärmedämmstoffe und Wärmedämmstoffsysteme mit Zulassung (Otto Fechner)
- V Injektionsmörtel (Jochen Kratzsch)
- VI Injektionsschaummörtel (Jochen Stark, Ingo Mielke)

§ **B KONSTRUKTION - BAUAUSFÜHRUNG - BAUWERKSERHALTUNG**

- I Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 5: Vernadeln - Verankern (Berechnung) (Birger Gigla)
- II Verpressen und Injizieren von Mauerwerk (Mohammad Nodoushani)
- III Konstruktionsregeln für Mauerwerk, Teil 3: Ausführungsbeispiele (Florian Schneider)
- IV Konstruktionsregeln für Mauerwerk, Teil 4: Abdichtung von erdberührtem Mauerwerk (Rainer Oswald)
- V Zur baustatischen Analyse gewölbter Steinkonstruktionen (Karl-Eugen Kurrer, Santiago Huerta)
- VI Lehmmauerwerk zur Ausfachung von Fachwerkbauten (Manfred Gerner, Bernhard Gaul)

VII Befestigungsmittel für den Mauerwerksbau, Teil 2: Anker, Konsolen, Schienen (Georg Feistel, Eckehard Scheller)

§ **C BEMESSUNG**

- I Kommentierte Technische Regeln DIN EN 1996-1-1: Kommentare und Erläuterungen, Normtext Bewehrtes Mauerwerk (Wolfram Jäger, Carola Hauschild)
- II Festlegung von Teilsicherheitsbeiwerten für Material (Song Ha Nguyen)

§ **D BAUPHYSIK - BRANDSCHUTZ**

- I Salze (Werner Klemm)
- II Überarbeitung von DIN 4102-4: Brandschutz (Christiane Hahn)

§ **E TECHNISCHES REGELWERK**

- I Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau - Deutsche und Europäische Normen (Joachim Kopacek)
- II Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Roland Hirsch)

§ **F FORSCHUNG**

- I Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau (Anke Eis, Todor Vassilev)
- II ESECMaSE - Übersicht (Caballero Gonzales, Udo Meyer)
- III Experimente im Mauerwerksbau (Detleff Schermer, Wolfgang Scheufler)

Ö **Link Online-Bestellung**

Ö **per Fax bestellen +49(0)30 47031 240**

Anzahl	Bestell-Nr.	Titel	ca. Einzelpreis
	978-3-433-01871-2	Mauerwerk-Kalender 2008	Ÿ € 125,- / sFr 198,- (Einmalbezugspreis) Ÿ € 115,- / sFr 182,- (Liefen Sie den Mauerwerk-Kalender jährlich nach Erscheinen zum Fortsetzungsbezugspreis*)
	904574	Gesamtverzeichnis Verlag Ernst & Sohn	kostenlos
	2116	Zeitschrift Mauerwerk (Probeheft)	Kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift: Ÿ privat Ÿ geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner			Telefon
UST-ID Nr./VAT-ID No.			Fax
Straße/Nr.			E-Mail
Land	-	PLZ	Ort

Wilhelm Ernst & Sohn
 Verlag für Architektur und
 technische Wissenschaften
 GmbH & Co. KG
 Rotherstraße 21, 10245 Berlin
 Deutschland
 www.ernst-und-sohn.de



C

Datum/Unterschrift

*Fortsetzungsbezug: Sie sparen € 10,- / sFr 16,-. Beim Fortsetzungsbezug erhalten Sie die jährliche Ausgabe direkt nach Erscheinen (Dezember) zum günstigeren Fortsetzungspreis zugesandt. Die automatische Belieferung können Sie jederzeit jährlich bis zum 30. September für die folgende Ausgabe stoppen.
 *€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten. Stand: 14.12.07 (homepage_Leseprobe)