

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 105 (1987)  
**Heft:** 15

**Artikel:** Last-Verschiebeverhalten von Befestigungen auf Beton mit Schwerlastankern  
**Autor:** Candrian, Hansjörg  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-76563>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Literatur

- [1] Magnusson, S. E.; Thelandersson, S. Temperature-Time Curves of Complete Process of Fire Development. Acta Polytechnica Scandinavica Nr. 65, Stockholm 1970.
- [2] Schneider, U.; Haksever, A. Probleme der Wärmebilanzrechnung von natürlichen Bränden in Gebäuden. Bauphysik 1981, H. 1.
- [3] Babrauskas, V. COMPF2 - A Program for Calculating Post-Flashover Fire Temperatures. National Bureau of Standards. Technical Note 991. Washington 1979.
- [4] Bryl, S. BSBG-Anleitung zum Simulationsprogramm für die Berechnung von lokalen Bränden in grossen prismatischen Räumen mit horizontalen und vertikalen Ventilationsöffnungen unter Berücksichtigung von Brandbekämpfungsmassnahmen. Geilinger AG, Winterthur, 1986.
- [5] Bryl, S. BSBK-Anleitung zum Simulationsprogramm für die Berechnung von voll entwickelten Naturbränden in prismatischen Räumen mit Türen und Seitenfenstern unter Berücksichtigung von Brandbekämpfungsmassnahmen. Geilinger AG, Winterthur, 1986.
- [6] Bryl, S. BSBS-Anleitung zum Simulationsprogramm für voll entwickelte Modellbrände in beliebigen Räumen mit Türen, Seitenfenstern und Oberlichtern unter Berücksichtigung von Brandbekämpfungsmassnahmen. Geilinger AG, Winterthur, 1985.
- [7] Brandrisikobewertung, Berechnungsverfahren. SIA-Dokumentation Nr. 81. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürich, 1984.
- [8] Kruppa, J.; Lambole, G. Contribution à l'étude des incendies dans les bâtiments de grand volume réalisés en construction métallique. CTICM Centre technique industriel de la construction métallique. Puteau 1983.
- [9] Butcher, E. G.; Langdon, G. J.; Bredford, G. K. Fire and car-park building. Fire Note No 10. Ministry of Technology and Fire Offices' Committee Joint Fire Research Organization. London, 1968.
- [10] Bryl, S. Simulation der Brände in Parkhäusern. Geilinger AG, Winterthur, 1985.

Adressen der Verfasser: S. Bryl, dipl. Bauing. AGH/SIA, und Dr. T. Frangi, dipl. Bauing. ETH, Geilinger AG, Grüzfeldstrasse 47, CH-8401 Winterthur; Prof. Dr.-Ing. U. Schneider, Gesamthochschule Kassel, FB 14, Mönchebergstrasse 7, D-3500 Kassel.

## Last-Verschiebeverhalten von Befestigungen auf Beton mit Schwerlastankern

Von Hansjörg Candrian, Schaan

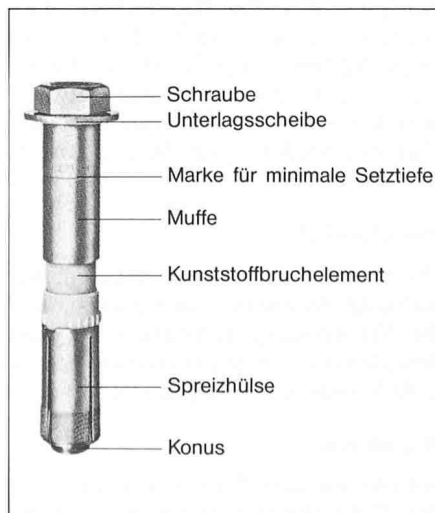
Bei fast jedem Bauwerk müssen Anschlüsse vom konstruktiven Beton zu irgendwelchen Metallstrukturen ausgeführt werden. Dies können z.B. bei der Mischbauweise Elemente des Stahlbaus sein: Stützen und Träger oder Einbauteile, Maschinen, Rohrleitungen oder Verkleidungen. Nebst der traditionellen Einlegemontage in Form von Armierungseisen, Kopfbolzen, Ankerplatten und Ankerschienen, hat die Bohrmontage, bei der Dübel in Bohrlöcher des fertigen Bauwerks gesetzt werden, eine weite Verbreitung gefunden.

Eine grosse Auswahl von Dübeln, welche für den jeweiligen Untergrund und die Einsatzbedingungen optimiert sind, steht im Installationsbereich für kleinere Lasten zur Verfügung. Der ingenieurmässige Einsatz von Dübeln konzentriert sich jedoch auf die Befestigungen im schweren Lastbereich, d.h. überall dort, wo Befestigungen nach einer statischen Berechnung ausgelegt werden und die Dimensionierung einem Sicherheitskonzept unterliegt. Nebst der Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit werden von einer Schwerlastbefestigung auch hohe Anforderungen an das Verhalten bei der Montage und im Gebrauchszustand gestellt.

Bild 1 zeigt einen Schwerlastanker, welcher den modernen Kriterien der Bautechnik entspricht. Die empfohlenen Gebrauchslasten werden üblicherweise mit dem Sicherheitsfaktor 3 gegen Bruch versehen. Sie reichen z. B. für eine M24 Ankerdimension, je nach Betonfestigkeit, in Zugrichtung bis etwa 40 kN.

Der Dübel verankert sich im Bohrloch mittels des Spreizmechanismus, bestehend aus Konus und Spreizhülse. Während dem Anziehen des Dübels verschiebt sich der Konus innerhalb der

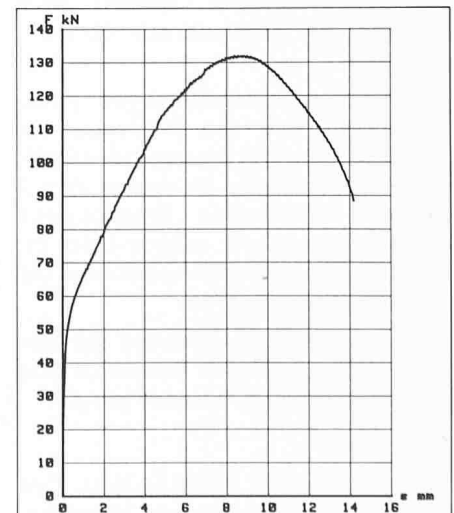
Bild 1. Schwerlastanker Hilti® HSL



Spreizhülse und presst diese gegen die Bohrlochwandung. Dabei behält die Spreizhülse ihre Lage gegenüber dem Bohrloch bei. In einer Kombination von Reib- und Formschluss können sodann Zugkräfte in den Beton eingeleitet werden. Bei Beanspruchung durch Querkräfte unterliegt der Dübel einer zusammengesetzten Beanspruchung bestehend aus Scherung, Biegung und Zug.

Einige Eigenschaften, durch die sich eine Schwerlastbefestigung auszeichnet, sind zuverlässige Funktion, definiertes Last- und Verschiebeverhalten sowie Handhabungsfreundlichkeit. Handhabungsfreundlichkeit bedeutet u. a., dass der Dübel während dem Anziehen nicht durchdreht, was beim HSL

Bild 2. Last-Verschiebungskurve Schwerlastanker HSL M16



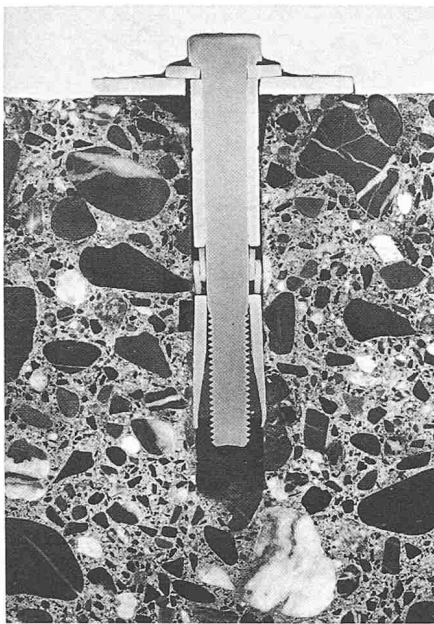


Bild 3. Dübel im Gebrauchszustand

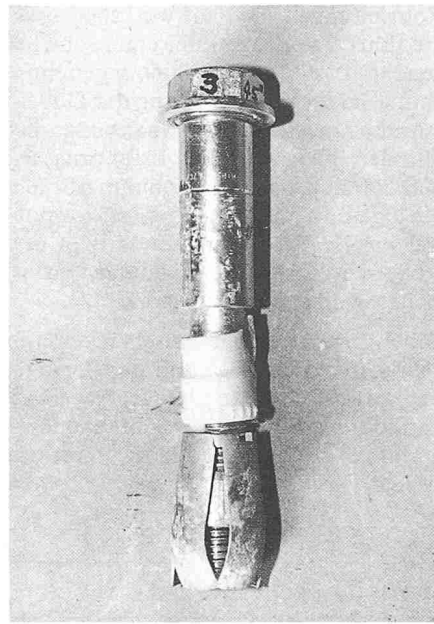


Bild 4. Dübel nach Auszugsversuch

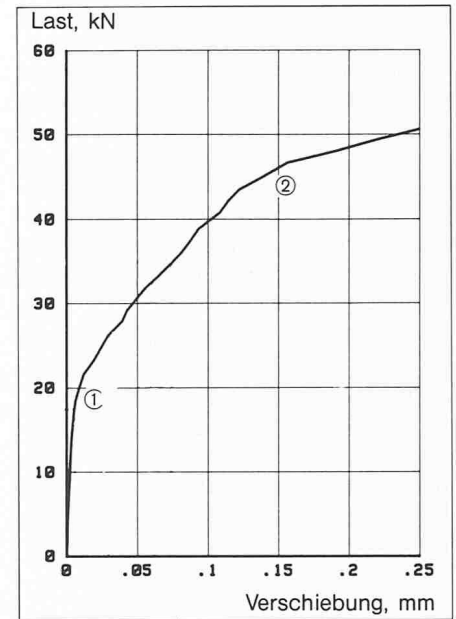


Bild 5. Last-Verschiebungskurve HSL M16, vergrößerter Ausschnitt

durch das Kunststoffbruchelement realisiert wird, welches als Verdrehsicherung wirkt. Eine weitere Eigenschaft in bezug auf den Setzkomfort ist die *Durchsteckmontage*; d. h. die Bohrlöcher werden durch die fertig gebohrte und richtig positionierte Anschlusskonstruktion gebohrt. Danach können die Dübel durch die Anschlusskonstruktion hindurch gesetzt und verankert werden.

### Verhalten bei Zuglast

Ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Qualität einer Befestigung ist das Last-Verschiebeverhalten. So soll sich die Befestigung bis zur maximalen Gebrauchslast elastisch verhalten. Damit werden bleibende Deformationen, die zu losen Verbindungen führen, ver-

mieden. Die Voraussetzung dafür muss bereits bei der Montage der Dübel durch Vorwegnahme der plastischen Deformationen während dem Anziehen der Dübel geschaffen werden. Wichtig ist, dass die aus dem Anzugsdrehmoment hervorgerufene Längskraft im Dübel nicht nur dazu verwendet wird, um den Verankerungsmechanismus zu aktivieren, sondern auch um das Bauteil kontrolliert gegen den Untergrund zu pressen. Dies ist eine weitere Funktion des Kunststoffbruchelements, welches in Dübellängsrichtung eine Sollbruchstelle aufweist und somit bei der Montage die Überbrückung von Hohllagen zwischen Bauteil und Betonoberfläche ermöglicht.

Bild 2 zeigt eine typische Last-Verschiebungskurve bei Zugbelastung eines Schwerlastankers HSL M16, aufgenommen während eines statischen Belastungsversuches bis zum Bruch. Die

mit einem servohydraulischen Prüfzylinder aufgebrauchte Belastung bewirkt bis über die Gebrauchslast des Dübels keine nennenswerten Verschiebungen. Das Bauteil ist ständig in Kontakt mit der Betonoberfläche. Erst mit weiter zunehmender Last wird der Punkt erreicht, wo das Bauteil vom Untergrund abhebt und der Spreizvorgang des Dübels sich fortsetzt. Dieses *Nachspreizen* bei Überlast stellt eine plastische Deformation dar und ist ein sichtbares Zeichen der Überlastung des Ankers (Bild 4).

Bis zur Höhe der Gebrauchslast erfolgt die Übertragung der Zugkräfte vorwiegend durch Reibschluss zwischen Dübel und Beton. Bis zum Erreichen der Maximallast erfolgt die komplette Aufspreizung des Verankerungsmechanismus, so dass in diesem Lastbereich die Zugkraft eher durch Formschluss übertragen wird.

Bild 6. Reduktion der Lastschwingbreite in der Dübelschraube durch Vorspannen

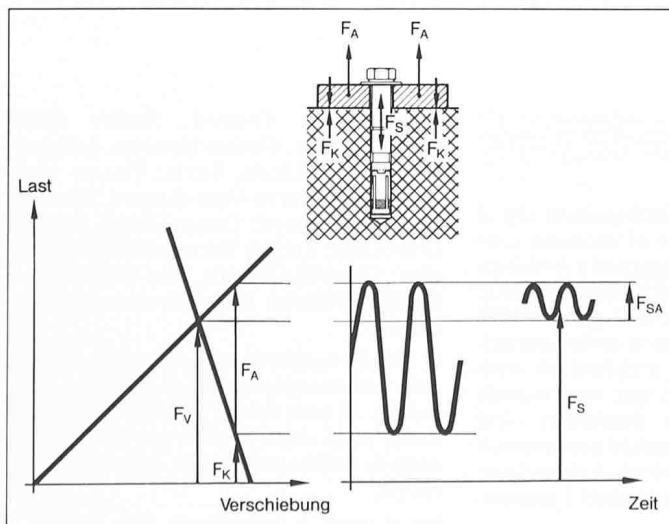
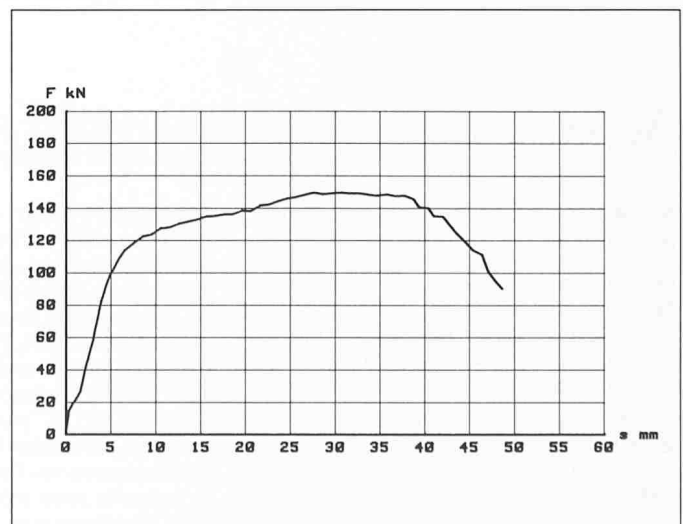


Bild 7. Last-Verschiebungskurve HSL M16 bei Querlast



Durch den Nachspreizvorgang wird ein sehr duktiler Bruchverhalten erzielt. Somit kann bei Mehrfachbefestigungen bei Überlastung eines Dübels eine Lastumlagerung auf benachbarte Dübel erfolgen. Insbesondere wird der gefürchtete «Reissverschlusseffekt» vermieden, bei dem sämtliche Befestigungselemente einer Mehrfachbefestigung plötzlich versagen, nachdem eines davon überlastet worden ist.

Im Normalfall werden die Dübel jedoch nur bis zur maximalen, vom Hersteller empfohlenen Last beansprucht. Das Last-Verschiebverhalten im Gebrauchszustand kann bei der vorgepannten Schwerlastbefestigung erst bei einer wesentlich höheren Auflösung sichtbar gemacht werden (Bild 5).

### Einfluss der Vorspannkraft

Unter der Vorspannkraft des Dübels wird das Bauteil gegen die Betonoberfläche gepresst. Dies hat zur Folge, dass der druckbelastete Beton und die zugbelastete Schraube des Dübels zusammenwirken und ein sehr steifes System ergeben. Eine angreifende Last bewirkt demzufolge nur sehr kleine Verschiebungen (siehe Bereich 1, Bild 5). Wenn das Bauteil von der Betonoberfläche abgehoben hat (Bereich 2), entspricht die Steigung der Kurve der Steifigkeit der Dübelschraube. Sie muss jetzt jede weitere Laststeigerung voll übernehmen. Wird die beim Anziehen des Dübels aufgebrauchte Vorspannung überschritten, setzt sich der Spreizvorgang bis zum Bruch des Betons oder des Dübels fort, je nach Festigkeitsverhältnis Beton/Stahl.

Speziell wichtig ist die erwähnte hohe Steifigkeit im Gebrauchszustand für Befestigungen, welche einer dynamischen Beanspruchung unterliegen wie z. B. bei Maschinenfundamenten, Kranbahnen sowie bei Ventilen und

Rohrleitungen im Kraftwerksbau usw. Sie führt dazu, dass unter einer schwingenden Last die Verschiebungen und damit die für die Ermüdung der Dübelschraube massgebenden Spannungsamplituden klein bleiben. Erfahrungsgemäss stellt sich der Ermüdungsbruch bei dynamischer Belastung im Normalfall nie im Beton ein, sondern in der Dübelschraube und zwar zumeist im ersten tragenden Gewindegang.

Die Zusammenhänge zwischen der aufgebrauchten Last ( $F_A$ ) und dem Anteil, den die Dübelschraube erhält ( $F_{SA}$ ) können anhand des Schraubendiagramms veranschaulicht werden (Bild 6).

### Verhalten bei Querlast

Viele Befestigungen werden in der Praxis nicht durch reinen Zug, sondern unter einem beliebigen Lastangriffswinkel beansprucht. Die resultierende Last setzt sich zusammen aus der Zugkomponente und der Querkomponente. Die Querkomponente wird durch die Anschlusskonstruktion auf den Dübel übertragen. Dieser leitet die Querkräfte in Form von Druckspannungen weiter auf die Bohrlochwandung (Bild 7).

Bei kleiner Last kann eine Übertragung durch Reibung zwischen Anschlusskonstruktion und Betonoberfläche erfolgen. Dazu ist eine Anpresskraft nötig, die aus der Reaktion zur Vorspannkraft des Dübels entstehen kann oder auch infolge eines in der Anschlusskonstruktion vorhandenen Biegemomentes (Bild 8). Sobald die Reibungskraft überwunden wird, verschiebt sich die Anschlusskonstruktion je nach Toleranz in der Durchgangsbohrung und der aktuellen Lage in bezug auf die Lastrichtung, bis zum Formschluss. Der Schwerlastanker HSL überträgt aufgrund der mittragenden Hülse sehr grosse Querlasten. Im Belastungsver-

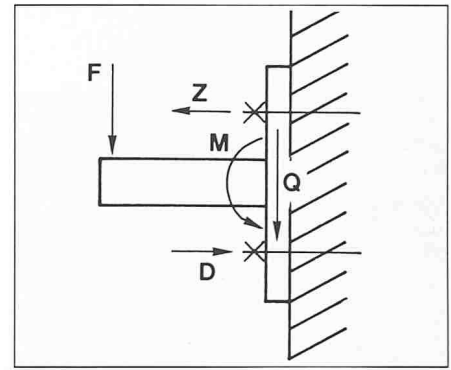


Bild 8. Druckbelastung  $D$  zwischen Anschlusskonstruktion und Untergrund

such wird die Tragfähigkeit des Untergrunds auch bei Querlast ausgeschöpft. Unter der Druckbelastung in Richtung der Querkraft wird der Beton zerstört. Es erfolgt eine Umlagerung auf eine Biegezugbeanspruchung des Dübels, mit der Folge, dass bis zu einer Würfeldruckfestigkeit von etwa  $35 \text{ N/mm}^2$  immer noch Betonbruch für das Versagen massgebend sein kann.

### Zusammenfassung

Moderne Schwerlastanker sind komfortabel in der Anwendung und gewährleisten die vom Ingenieur geforderte Sicherheit. Der Anwendungsbereich umfasst die Dimensionen von M8 bis M24. Die Anker weisen ein definiertes, auf die Bedürfnisse der Praxis abgestimmtes, Last-Verschiebverhalten auf. Im Gebrauchszustand, bis zu der vom Hersteller empfohlenen Last, treten kaum nennenswerte Verschiebungen auf, was speziell bei dynamischer Belastung ein gutes Langzeitverhalten erwarten lässt. Bei Überlast ist das Verhalten unter allen Lastrichtungen sehr duktil; d. h. es liegt ein «gutmütiges» Bruchverhalten vor.

Adresse des Verfassers: H.J. Candrian, c/o Hilti (Schweiz) AG, Soodstrasse 61, 8134 Adliswil.

## Wettbewerbe

### Area della stazione FFS a Lugano, concorso in due fasi

Ente banditore del concorso sono le FFS, le PTT e la Città di Lugano, in collaborazione con il Cantone Ticino quale consulente - osservatore. La Città di Lugano si è assunta il compito organizzativo e di coordinamento.

Si tratta di un concorso pubblico in due fasi secondo l'art. 7 del Regolamento dei concorsi SIA no. 152. Come specificato al paragrafo 2.53 sono inoltre invitati 13 studi di architettura.

Il concorso è aperto ai professionisti che al momento dell'iscrizione al concorso sono iscritti all'Ordine degli Ingegneri e Architetti del Cantone Ticino (OTIA), ramo architettura, con domicilio fiscale dal 1° gennaio 1986 nel Cantone Ticino. Possono inoltre partecipare al concorso quegli architetti attinenti del Cantone Ticino che, pur non essendo iscritti all'OTIA perchè domiciliati fuori Cantone, possiedono i requisiti professionali che ne permettono l'iscrizione. A partecipare al concorso sono inoltre invitati i seguenti studi di architettura:

Brera-Böcklin, Ginevra; Atelier COOPLAN, Bienne; Gachet-Mestelan, Losanna; Jean Gérard Giorla, Sierre; Vincent Mangeat, Nyon; Pierre-Alain Renaud, Ginevra; Büro ARB, Berna; Diener-Diener, Basilea; Ernst Gisel, Zurigo; Herzog-de Meuron, Basilea; Quarella-Quarella, San Gallo; Pierre Zoelly, Zollikon; Peter Zumthor, Haldenstein.

E' lasciata facoltà ai concorrenti di avvalersi della collaborazione di specialisti ai sensi dell'art. 29 delle norme SIA 152. L'Ente banditore potrà imporre nella 2. a fase del concorso la collaborazione con determinati specialisti.

Viene messa a disposizione della Giuria la