



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

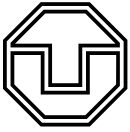
FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

Schriftenreihe
Konstruktiver Ingenieurbau Dresden
Heft 43



Manfred Curbach, Heinz Opitz,
Silke Scheerer, Torsten Hampel (Hrsg.)

**9. SYMPOSIUM
EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
VON BAUKONSTRUKTIONEN**



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

Manfred Curbach, Heinz Opitz,
Silke Scheerer, Torsten Hampel (Hrsg.)

**9. SYMPOSIUM
EXPERIMENTELLE
UNTERSUCHUNGEN
VON BAUKONSTRUKTIONEN**

Schriftenreihe
Konstruktiver Ingenieurbau Dresden
Heft 43

Herausgeber der Reihe

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
apl. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Graf
Prof. Dr.-Ing. Peer Haller
Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe
Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske
Prof. Dr.-Ing. Viktor Mechtcherine
Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller
Prof. Dr.-Ing. Bernd W. Zastra

Institut für Massivbau
Technische Universität Dresden

D - 01062 Dresden

Tel.: 49 351 / 4 63-3 65 68

Fax: 49 351 / 4 63-3 72 89

Redaktion: Silke Scheerer
Korrekturen: Angela Heller
Gestaltung: Ulrich van Stipriaan
Titelfoto: Sabine Wellner, bearbeitet von Sven Hofmann

Diese Publikation gibt es auch Open Access auf www.qucosa.de.

Redaktionsschluss: 31. August 2017

Druck: addprint AG · Am Spitzberg 8a · 01728 Bannewitz
Veröffentlicht: Dresden, 21. September 2017

ISSN 1613-6934

Inhalt

Vorwort <i>Silke Scheerer, Torsten Hampel</i>	5
Willy Gehler als Protagonist der experimentellen Bauwerksuntersuchung <i>Oliver Steinbock</i>	7
Das Potenzial thermo-mechanischer Messungen für die Werkstoffcharakterisierung <i>Volker Wetzka, Franziska Pannasch</i>	23
Detektierung von Betonschäden an schwer zugänglichen Bauwerken mittels Thermografie <i>Helena Eisenkrein-Kreksch, Florian Bavendiek</i>	39
Messtechnische Bewertung des Zustandes des spannungsrissskorrosionsgefährdeten Spannstahles des U-Bahnhofs Poccistraße in München <i>Hermann Weiher, Katrin Runtemund, Christian Glomp</i>	49
Baubegleitende Zustandsüberwachung von Brücken <i>Max Käding, Marc Wenner, Steffen Marx</i>	63
Messtechnische und teilweise fotooptische Erfassung von Formänderungen an ertüchtigtem und nicht ertüchtigtem Bruchsteinmauerwerk unter Labor- und Praxisbedingungen <i>Sabine Koch, Axel Dominik, Jessica Klinkner, Clara-Maria Nocker, Domenika Baronesse von Kruedener, Pascale Dominik</i>	75
Untersuchungen im Rahmen der geplanten Ertüchtigung zweier Pfeiler des St.-Marien-Doms Zwickau <i>Michael Kühn, Peter Schöps</i>	93
Bewertung der Restlebensdauer von Spannbetonbrücken durch Koppelfugenmonitoring an Praxisbeispielen <i>Dirk Sperling, Hauke Schmidt</i>	113
Ludwig-Erhard-Anlage Frankfurt a. M. – Belastungsversuche zum Nachweis der Tragfähigkeit historischer Rippendecken <i>Peter Braun, Gunter Hahn, Gerd Kappahn, Edyta Wünsch</i>	123
Durchführung von Belastungsversuchen an einbetonierten Ankerschienen in Spannbetonbindern <i>Marco Tschötschel, Bente Ebsen</i>	135
Der Löwenhof in Dortmund – Experimentelle Statik zum Erhalt historischer Eisenbetondecken <i>Martin Gersiek, Marc Gutermann, Friedhelm Löschmann, Marcus Patrias</i>	143

Sportstätten mit weitgespannten Hallendächern – Sicherstellung der Tragfähigkeit unter Schneelast durch bauwerksdiagnostische Untersuchungen, Nachrechnung, Belastungsuntersuchung und Monitoring <i>Robert Herold, Elke Reuschel, Peter Bauer</i>	157
Belastungsversuche an einer historischen Eisenbahn-Gewölbebrücke <i>Gregor Schacht, Jens Piehler, Erik Meichsner, Steffen Marx</i>	169
Erweiterte Strukturabbildung von Brücken mit adaptiven mathematischen Modellen zur Lösung aktueller noch ungelöster Probleme <i>Klaus Brandes, Petra Kubowitz, Werner Daum, Detlef Hofmann, Frank Basedau</i>	183
Messtechnische Bewertung der dynamischen Tragfähigkeitsreserven eines Probenbühnenbodens der Semperoper Dresden <i>Tino Kühn, Marcus Hering, Heiko Wachtel, Sabine Wellner</i>	189
Untersuchungen des Otto-Mohr-Laboratoriums an historischer Bausubstanz in und um Dresden <i>Sabine Wellner, Silke Scheerer, Torsten Hampel</i>	207
Übersicht KID-Hefte	215

Durchführung von Belastungsversuchen an einbetonierten Ankerschienen in Spannbetonbindern

Marco Tschötschel¹, Bente Ebsen²

Zusammenfassung: Bei einer mehrschiffigen Lagerhalle eines Logistikunternehmens im Frachtzentrum des Frankfurter Flughafens (Fraport Gebäude 455) sollten die Oberlichter aus dem Baujahr 1978 ersetzt werden. Für die geplante Sanierung war es erforderlich, unterhalb der Oberlichter Arbeitsbühnen zu montieren. Die Stahlträger der Arbeitsbühnen sollten dafür mit Schrauben an den vorhandenen Ankerschienen, die in den Obergurten der seitlich verlaufenden Spannbetonbinder einbetoniert sind, befestigt werden. Für die Halfenschienen vom Typ HSB existiert jedoch keine gültige allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, so dass diese demnach nur für die Befestigung von nichttragenden Konstruktionen zulässig sind. Ziel der Belastungsversuche war der Nachweis, dass die vorhandenen Halfenschienen eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen, um die erforderliche Last aus den Arbeitsbühnen aufnehmen zu können.

Summary: Load tests on bracing bars in prestressed concrete beams. *At a storage depot, having multiple aisles, of a logistics company in the cargo centre of Frankfurt International Airport (Fraport building 455), the skylights completed in 1978 had to be replaced. For the planned renovation it was necessary to install work platforms beneath the skylights. Therefore, the steel girders of the work platform had to be fixed with screws at anchor channels, which are embedded in the top chord of the neighbouring prestressed concrete roof girders. However for embedded anchor channels type Halfen HSB no valid general technical approval exists. According to this, the anchor channels are only permissible for fastening of non-bearing constructions. Aim of the loading tests was the proof that the existing anchor channels have a sufficient load-bearing capacity to support the required load from the work platforms.*

1 Anlass und Aufgabenstellung



Die Ingenieurgesellschaft Lehmann – Block & Partner, Frankfurt/Main, beauftragte die HOCHTIEF Engineering GmbH, Consult Materials, mit der Durchführung von Belastungsversuchen an Halfenschienen im Fraport Gebäude 455 des Flughafens Frankfurts.

Bild 1: Dachtragkonstruktion an den Oberlichtern mit Anordnung der Halfenschienen für die geplante Arbeitsbühne Foto: HOCHTIEF

1 Dr.-Ing., HOCHTIEF Engineering GmbH, Consult Materials, Mörfelden-Walldorf
2 Dipl.-Ing., HOCHTIEF Engineering GmbH, Consult Materials, Mörfelden-Walldorf

Anlass der Anfrage war, dass im Gebäude 455 für eine geplante Sanierung der Oberlichter Arbeitsbühnen notwendig werden. Die Stahlträger der Arbeitsbühnen sollten mit Schrauben an den vorhandenen Halfenschienen, die an den Obergurten der Spannbetonbinder einbetoniert sind, befestigt werden (Bild 1). Ziel der Belastungsversuche war der Nachweis, dass die vorhandenen Ankerschienen eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen, um die erforderliche Last von 6 kN aus den Arbeitsbühnen aufnehmen zu können.

2 Beschreibung der Dachtragkonstruktion

Das Gebäude 455 des Flughafens Frankfurt ist eine mehrschiffige Lagerhalle (Bild 2) im Frachtzentrum, welche 1977/1978 geplant und errichtet wurde. Die Dachtragkonstruktion bilden Spannbetonbinder mit einer Spannweite von ca. 24 m, die als Einfeldträger auf Querträgern bzw. Stützen aufliegen und als Fertigteile im Spannbett hergestellt wurden.

Am 15 cm hohen Obergurt der Dachbinder sind beidseitig Halfenschienen HSB 36/20 einbetoniert. Die Halfenschienen sind 62,5 cm lang und in einem Abstand von 62,5 cm angeordnet (Bild 3), so dass je Obergurt und Binderseite insgesamt 19 Halfenschienen vorhanden sind.

Nach Aussage des Herstellers existiert für diese Halfenschienen keine gültige allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Technische Daten, wie z. B. Ausführung, Abmessungen und Hinweise zur Tragfähigkeit, konnten dem Halfeneisen-Katalog B80 [1] entnommen werden. Die 36 mm breiten und 20 mm hohen Ankerschienen mit einer Wandstärke von 2,3 mm sind mit Halfenschrauben M10 bis M16 vom Typ 38/17 zu verwenden. Laut [1] sind die Halfenschienen vom Typ HSB nur für die Befestigung von nichttragenden Konstruktionen zulässig.

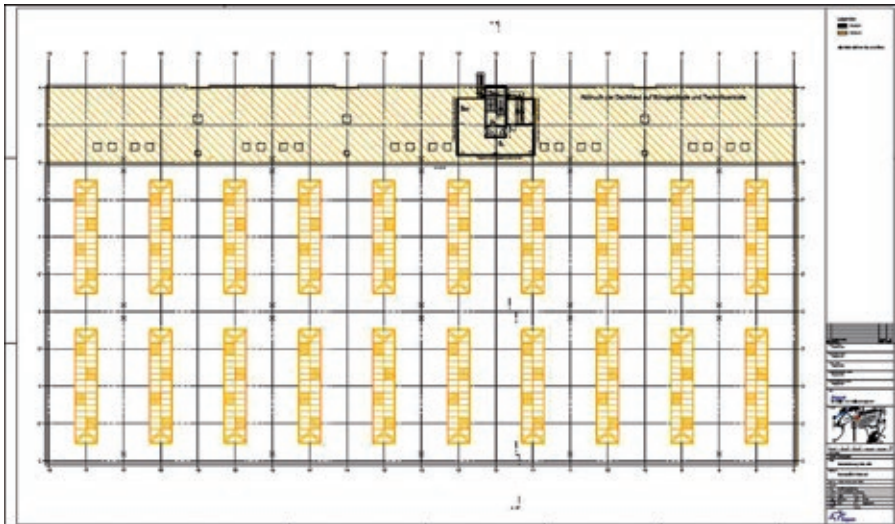


Bild 2: Grundriss der mehrschiffigen Lagerhalle mit Oberlichtern (gelb)

Quelle: Fraport



Bild 3: Ansicht der Spannbetonbinder mit Anordnung der Halfenschienen

Foto: HOCHTIEF

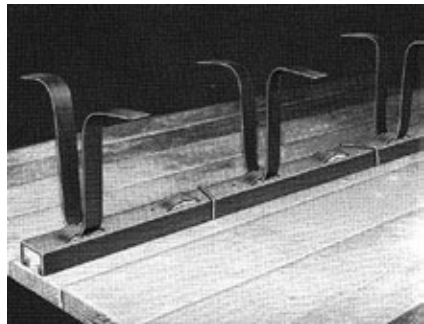


Bild 4: Bild zum Einbau der Halfenschiene HSB

Foto: aus [1], ©Halfen

Die Verankerung im Beton erfolgt über Verankerungsbügel, die alle 25 cm angeordnet sind (Bild 4). Ein Verankerungsbügel hat gemäß [1] die Abmessung $20 \times 1,5 \times 400$ mm. Nach [1] sollten die in gerader Ausführung lose mitgelieferten Blechstreifen bis zur Mitte durch die Schlaufen geschoben, dicht an der Schlaufenkante senkrecht nach oben gebogen und am Ende abgewinkelt werden (siehe Bild 4).

Aufgrund der Herstellung der Spannbetonbinder im Fertigteilwerk ist davon auszugehen, dass der Einbau der Halfenschienen ordnungsgemäß und bei allen Bindern in gleicher Art und Weise erfolgte (hohe Qualität der Ausführung, ausreichende Überwachung).

3 Belastungsversuche

3.1 Versuchslast

Als Richtwert für die Tragfähigkeit auf Abscheren wird nach [1] von $2 \times 7,5 \text{ kN} = 15 \text{ kN}$ pro Ankerschiene ausgegangen. Diese Angabe beruht gemäß [1] auf Versuchen mit einer Betonfestigkeitsklasse $\geq \text{B25}$ und einem Sicherheitsbeiwert von $\gamma = 3,0$.

Als Auflagerlast aus den Querträgern der Arbeitsbühnen wurden vom Auftraggeber $6,0 \text{ kN}$ je Ankerschiene angegeben.

Für einen Nachweis der Querkrafttragfähigkeit sind demnach die Ankerschienen mit folgender Versuchslast zu prüfen: $6,0 \text{ kN} \times 3,0 = 18,0 \text{ kN}$.

3.2 Beschreibung/Aufbau

Die Durchführung der Belastungsversuche erfolgte mit dem in Bild 5 gezeigten Versuchsaufbau. Die Belastungseinrichtung wurde auf beiden Binderseiten spiegelbildlich ausgeführt, so dass eine gleichzeitige Querkraftbeanspruchung der Halfenschienen auf beiden Seiten des Obergurts möglich war.

Für den Belastungsversuch wurde an den Ankerschienen je Messstelle eine 30 mm dicke



Bild 5: Versuchsaufbau zur Belastung der Halfenschienen Foto: HOCHTIEF

Stahlplatte mit Halfenschrauben M16-4.6 vom Typ 38/17 befestigt, die mit einem Installationsdrehmoment von 40 Nm angezogen wurden. Die Belastung der Halfenschiene erfolgte über Gewindestangen M16, die in die Stirnseite der Stahlplatte geschraubt waren und durch jeweils einen Hohlkolbenhydraulikzylinder verliefen. Die Last wurde über eine Stahltraverse, die durch die vorhandene kreisförmige Aussparung im Steg der Spannbetonbinder führte, über zwei Stützen mit Gummilagern in den Obergurt abgeleitet (Bild 5).

Die Belastung wurde je Messstelle über eine Handpumpe gesteuert und erfolgte auf beiden Hohlkolbenhydraulikzylindern gleichzeitig.

Die Last wurde jeweils über einen Kraftaufnehmer und die Verschiebung der Lasteinleitungsplatte relativ zur Betonoberfläche durch jeweils einen induktiven Wegaufnehmer mit Messbereich 20 mm je Messstelle erfasst. An der Binderseite mit Oberlicht lag die Messbasis des Wegaufnehmers auf der Attika und es wurde gegen die Lasteinleitungsplatte getastet (Bild 5). An der Seite mit Dacheindeckung wurde die Messbasis auf die Stahlplatte geklebt und gegen die Unterseite der Deckenplatten getastet.

Die aufgebrachte Querkraft und die Verschiebung wurden kontinuierlich mit einer Messdatenerfassungsanlage und entsprechender Software gemessen und aufgezeichnet.

3.3 Versuchsdurchführung

Für die Belastungsversuche stand nur ein Untersuchungstag zur Verfügung. Somit wurden stichprobenartige Probelastungen an 5 verschiedenen Spannbetonbindern, d. h. an insgesamt 10 Halfenschienen, vereinbart und realisiert. Die Auswahl



Bild 6: Durchführung der Belastungsversuche von zwei Scherenhubbühnen aus Foto: HOCHTIEF

und Reihenfolge der zu untersuchenden Spannbetonbinder bzw. Ankerschienen erfolgte unter Berücksichtigung der Arbeitsabläufe im Frachtzentrum und abhängig von der Zugänglichkeit. Die Belastungsversuche wurden von zwei Scherenhubbühnen aus durchgeführt (Bild 6).

4 Nachweis der Querkraft von 6 kN je Halfenschiene

4.1 Bewertung der Prüfergebnisse und der untersuchten Stichprobe

Im Bild 7 sind für alle durchgeführten Belastungsversuche die Last-Verschiebungs-Kurven dargestellt.

Bei allen Versuchen konnte die Versuchslast von ca. 18 kN aufgebracht werden. Aufgrund der Versuchsanordnung stellten sich neben der elastischen Verformung der Halfenschiene / Halfenschraube folgende Verschiebungen / Verdrehungen des Anbauteils ein:

- Kippen des Anbauteils nach vorn, insbesondere durch das Abplatzen der auf den Halfenschienenlippen sitzenden Betonreste (Bild 8),
- Verdrehen des Anbauteils durch die Neigung der Halfenschiene im Obergurt,
- Verschieben der Halfenschraube aufgrund des Lochspiels in der Halfenschiene.

Alle diese möglichen Verformungen wurden durch die Anordnung der Wegaufnehmer erfasst (vgl. Abschnitt 3.2), so dass sich teilweise kein linearer Verlauf der Last-Verschiebungskurve beim Belastungsast einstellte und in den meisten Fällen der Entlastungsast nicht auf 0 mm

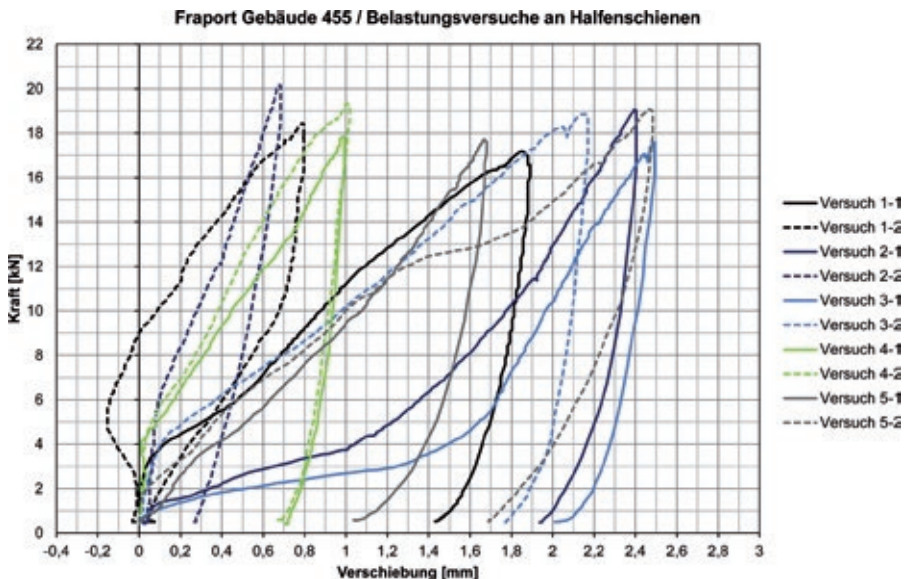


Bild 7: Last-Verschiebungs-Kurven aller durchgeführter Belastungsversuche

Diagramm: HOCHTIEF



*Bild 8: Abplatzen von Betonresten an den Lippen der Halfenschiene
Foto: HOCHTIEF*



Bild 9: Typische Halfenschiene HSB 36/20 mit Schlaufen und durchgestecktem Verankerungsbügel Foto: HOCHTIEF

Verschiebung zurückging. Sichtbare Verformungen oder Ähnliches an allen beanspruchten Bauteilen, d. h. an Halfenschiene, Halfenschraube oder Spannbetonbinderobergurt, wurden nicht festgestellt.

Bild 9 zeigt in fast vollständiger Länge eine der geprüften Halfenschiene. Es sind neben den Nagellöchern zwei Schlaufen mit durchgesteckten Verankerungsbügeln sichtbar. Die dritte Verankerungsstelle liegt außerhalb des Bildes.

4.2 Betrachtungen zur Grundgesamtheit und zur Last- bzw. Widerstandsseite

Im Gebäude 455 waren 20 Oberlichter auszutauschen. Von den Umbaumaßnahmen waren somit 40 Spannbetonbinderseiten betroffen (je Schiff 20 Spannbetonbinderseiten).

Für die Belastungsversuche wurden 5 Binder aus einem Schiff ausgewählt. Aufgrund der Herstellung im Fertigteilwerk kann die gewählte Stichprobe von $n = 10$ für die Prüfung der Halfenschiene als repräsentativ angesehen werden. Bezogen auf die gesamte Halle sind das 12,5 % aller Binder bzw. je Schiff 25 % aller Binder.

Je relevanter Binderseite sind 19 Ankerschienen einbetoniert. Je Binderseite wurde eine Halfenschiene untersucht. Das entspricht 5,3 %. Bezogen auf die gesamte Halle wurden 1,3 % aller Schienen geprüft, bzw. bezogen auf ein Schiff 2,6 %.

Zur Lastseite:

- Die Bemessung der Auflagerlast aus den Querträgern der geplanten Arbeitsbühne erfolgte ggf. mit Teilsicherheitsbeiwerten für das Eigengewicht und die Verkehrslast.
- Unberücksichtigt, weil nicht bekannt, ist die teilweise vorhandene Belastung der Halfenschiene aus den angehängten Rohrleitungen oder Kabeltragkonstruktionen (siehe Bild 3).

Zur Widerstandsseite:

- Gemäß [1] ist die Tragfähigkeit auf Abscheren mit $2 \times 7,5 \text{ kN} = 15 \text{ kN}$ je Ankerschiene angegeben. Als globaler Sicherheitsbeiwert wird in [1] $\gamma = 3,0$ angesetzt. Demnach ist die tatsächliche Tragfähigkeit wesentlich höher.
- Nachzuweisen war, dass eine Querkraft von 6 kN je Ankerschiene aufgenommen werden kann.
- Bei den Belastungsversuchen wurde für die Versuchslast ebenfalls ein globaler Sicherheitsbeiwert $\gamma = 3,0$ berücksichtigt.

Unterteilt man den globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 3,0$ in verschiedene Teilsicherheitsbeiwerte zur Berücksichtigung diverser Imponderabilien (Unwägbarkeiten), so ergibt sich:

- $\gamma_v = 1,20$ = Teilsicherheitsbeiwert statistische Unsicherheit (präventiv),
- $\gamma_{R1} = 1,10$ = Teilsicherheitsbeiwert Bauteilwiderstand (Stahl),
- $\gamma_{R2} = 1,50$ = Teilsicherheitsbeiwert Bauteilwiderstand (fehlende bzw. fehlerhafte Ausführung der Verankerungsbügel),
- $\gamma_q = 1,50$ = Teilsicherheitsbeiwert Lastseite (Rohrleitungen, Kabeltrassen).

Die Multiplikation aller Teilsicherheitsbeiwerte ergibt $\gamma = 3,0$.

5 Zusammenfassung

Die Belastungsversuche an Halfenschienen im Obergurt von Spannbetonbindern des Gebäudes 455 am Frankfurter Flughafen sollten dazu dienen, deren Querkrafttragfähigkeit für eine Belastung von 6 kN aus den Auflagerlasten einer Arbeitsbühne nachzuweisen. Die Versuchslast wurde dafür mit $\gamma = 3,0$ auf 18 kN angesetzt.

Die Versuchslast konnte bei allen Belastungsversuchen erreicht werden. An keiner Stelle kam es zu sichtbaren Verformungen der Halfenschienen bzw. Halfenschrauben oder zu Betonabplatzungen oder Rissbildungen am Obergurt des Binders

In der anschließenden Bewertung der Belastungsversuche wurde gezeigt, dass

- die untersuchte Stichprobe als repräsentativ gilt und welcher Bezug zur Grundgesamtheit besteht,
- die nachgewiesene Belastung weit unter den Katalogwerten in [1] liegt,
- mit der Aufteilung des globalen Sicherheitsbeiwertes von $\gamma = 3,0$ in verschiedene Teilsicherheitsbeiwerte alle Imponderabilien abdeckt werden.

Somit wurde nachgewiesen bzw. erläutert, dass eine Querkraftbeanspruchung von 6 kN je Halfenschiene aufgenommen werden kann.

Literatur

- [1] Halfeneisen: Katalog B80. 5. Aufl., 3/1987.