

**Zeitschrift:** IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte  
**Band:** 57/1/57/2 (1989)

**Artikel:** Zur Zeitfestigkeit der Verdübelung bei Verbundträgern mit Profilblechen  
**Autor:** Bode, H. / Kretz, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44215>

### **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:** 02.04.2025

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

## Zur Zeitfestigkeit der Verdübelung bei Verbundträgern mit Profilblechen

Fatigue Strength of Headed Stud Connections for Composite Beams with Profiled Steel Sheeting

Résistance à la fatigue des goujons dans des structures mixtes

**H. BODE**

Prof. Dr. -Ing.

Universität Kaiserslautern

Kaiserslautern, BR Deutschland

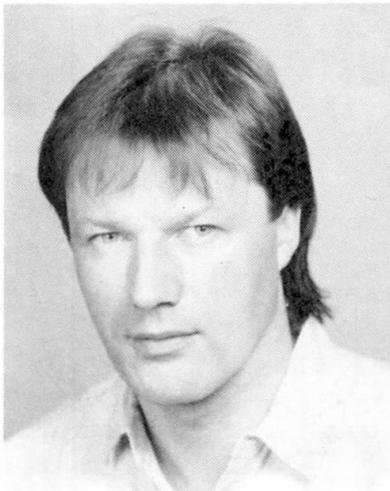


**J. KRETZ**

Dipl. -Ing.

Universität Kaiserslautern

Kaiserslautern, BR Deutschland



### ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit dem Trägerverbund zwischen Betongurten und Stahlträgern, der durch Verwendung von Stahlprofilblechen beeinflusst wird. Die Untersuchungen betreffen die Tragfähigkeit der Verdübelung unter nicht ruhender oder dynamischer Belastung. Die günstigen Zeitfestigkeiten bei Verwendung von Profilblechen lassen für Verbundträger einen grösseren Anwendungsbereich im Industriebau erwarten.

### SUMMARY

This paper deals with the composite action between concrete flanges and steel sections, which is influenced by the use of profiled steel sheetings. The study concerns the connector strength in case of dynamic loading. The relatively high fatigue strengths even in case of profiled steel sheetings crossing the steel section form the basis for a wider use of composite beams for industrial buildings.

### RÉSUMÉ

Cet article traite de la liaison entre la section de béton et la poutre métallique. Cette liaison est influencée par l'emploi de tôles profilées. Les essais concernent la résistance des goujons sous charge mobile ou dynamique. L'effet favorable de l'emploi de tôles sur la résistance à la fatigue de la structure mixte permet d'en prévoir une plus grande utilisation dans les bâtiments industriels.



## 1. TRÄGERVERBUND, DYNAMISCHE FESTIGKEIT

### 1.1. Allgemeines

Verbundträger und Verbunddeckenkonstruktionen im Industriebau werden nicht immer nur vorwiegend ruhend belastet. Oft treten nicht vorwiegend ruhende Belastungen auf, z. B. aus Gabelstaplerbetrieb, bei Kranbahnen, bei Hänge- und anderen Fördersystemen. Auch stoßartige Belastungen können auftreten.

An der Universität Kaiserslautern wurden 21 Versuche mit dynamischer Einstufenbelastung durchgeführt. Sie waren vom DASt und der AIF gefördert und finanziell unterstützt worden /7/. Die Untersuchungen wurden im Zeitfestigkeitsbereich bei Lastspielzahlen um 100.000 und mit einer hohen Ausnutzung der Verbundmittel bis zu 82 % der tatsächlichen statischen Festigkeit durchgeführt. Dies trägt der hohen Dübelbeanspruchung im Gebrauchszustand bei plastischer Bemessung im Hoch- und Industriebau Rechnung. Im einzelnen handelt es sich um

- 6 Trägerversuche und
- 15 Scherversuche.

### 1.2 Scherversuche

Für die Scherversuche wurden Versuchskörper nach Bild 1 verwendet.

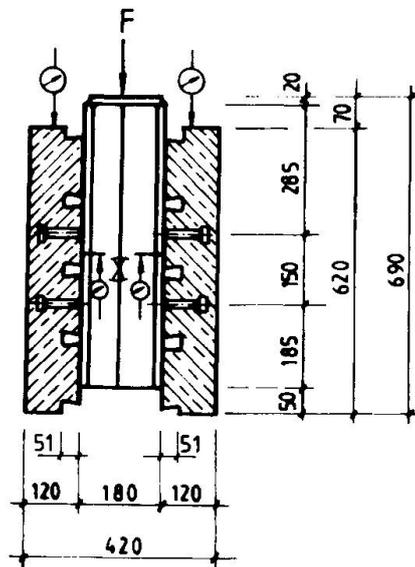


Bild 1: Scherversuchskörper

Die Darstellung in Bild 2 zeigt die auch für die anderen Scherversuche typische Zunahme der Relativverschiebungen zwischen Betongurt und Stahlprofil mit der Lastspielzahl  $N$  beim Versuch S 2/5.

Zu Beginn der Versuche betrug der Anfangsschlupf 1.1 mm, dann erfolgte der Bereich stabilen Schlupfwachstums, in dem der Beton vor dem Dübelfuß wegen der konzentrierten Belastung langsam zerstört wurde. Von etwa  $10^6$  Lastspielen an nahmen die Relativverschiebungen überproportional zu, bis der Bruch der Bolzen oberhalb des Schweißwulstes eintrat.

Um die Wöhlerlinie, die bei doppelt-logarithmischer Auftragung näherungsweise eine Gerade darstellt, zu erhalten, werden die Spannungsdifferenzen und Lastspielzahlen bis zum Bruch aufgetragen und statistisch ausgewertet. Die Neigung der

Wöhlerlinie wird durch den aus den Versuchen berechneten Exponenten  $k = 8,26$  bestimmt und beträgt  $1/k$ .

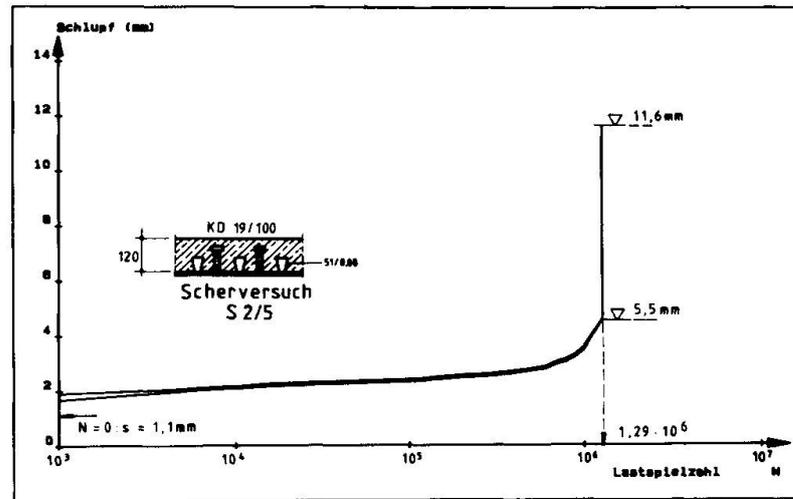


Bild 2: Schlupf im Versuch S 2/5

Im Dübel und in seiner Umgebung stellt sich ein komplexes Kräftespiel ein, was nur global durch  $\Delta D_s$  oder durch eine Schubspannungsdoppelamplitude  $\Delta \tau$  im Bolzenschaft als Maß für die Höhe der Beanspruchung erfaßt werden soll.

Im Vergleich zu den Bochumer Versuchen von Roik /3, 5/ mit massiven Vollplatten liegen die hier mit Profilblechen ermittelten Zeitfestigkeiten niedriger, und zwar um etwa 18 %. Diese Reduktion muß man aber im Zusammenhang mit der statischen Dübeltragfähigkeit sehen, die bei Holoribblechen um ca. 30 % niedriger liegt als bei massiven Vollplatten. Die Kopfbolzendübel verhalten sich - trotz der sehr hohen Ausnutzung der Dübel - in Verbindung mit Profilblechen unter dynamischer Belastung vergleichsweise günstiger als bei statischer Beanspruchung.

### 1.3 Trägerversuche

Trägerversuche haben den Vorteil, daß Betongurt, Dübelzone, Dübel, Schweißung und Stahlträger wie bei einem tatsächlichen Träger wirklichkeitsnah beansprucht werden können. Das gilt in besonderem Maße für die gleichzeitige Beanspruchung von Dübelfuß und Stahlflansch durch Dübelkräfte und Gurtspannungen.

Neben dem Problem, mit wenigen Trägerversuchen zu statistisch aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen, besteht die Schwierigkeit vor allem in der Ermittlung der tatsächlich auftretenden Dübelkräfte, da diese sich nicht direkt messen lassen. Sie werden deshalb zunächst auf der Grundlage des elastischen Schubflusses mit Hilfe der Q/S/I-Formel berechnet. Zusätzlich wird jedoch eine Versuchssimulation mit einem leistungsfähigen Computerprogramm durchgeführt, welches die nichtlineare Trägeranalyse einschließlich der Nachgiebigkeit der Verdübelung berücksichtigt. Damit kann insbesondere gezeigt werden, daß die Rückrechnung von Dübelkräften über starren Trägerverbund im allgemeinen fehlerhaft ist.



Weiterhin zeigt sich, daß sich durch diese Korrektur der Dübelkräfte, wie sie mit Hilfe der Q-S/I-Formel ermittelt worden sind, die Ergebnisse von Scher- und Trägerversuchen deutlich angleichen lassen.

Bild 3 enthält den Versuchsträger T2/2 der Serie 2 mit Betongurt in der Zugzone. Die drei Träger der Serie T1 waren gleich ausgebildet, aber so angeordnet und belastet, daß der Betongurt in der Druckzone lag. Das Bild enthält auch die Lage der Meßstellen (DMS und Wegaufnehmer).

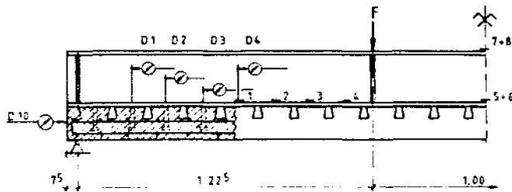


Bild 3: Versuchsträger T2/2

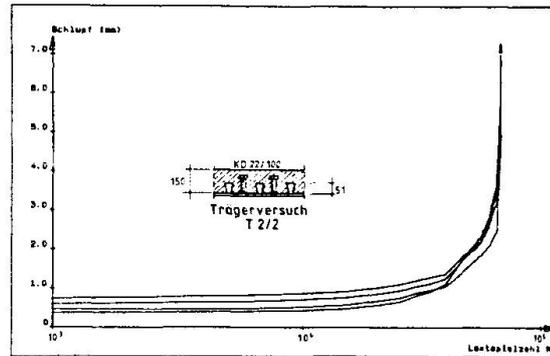


Bild 4: Trägerversuch T2/2; Schlupf bei Oberlast

In Bild 4 wird die Vergrößerung der Relativverschiebung bis zum Bruch gezeigt, während Bild 5 die entsprechenden Dehnungsverläufe wiedergibt.

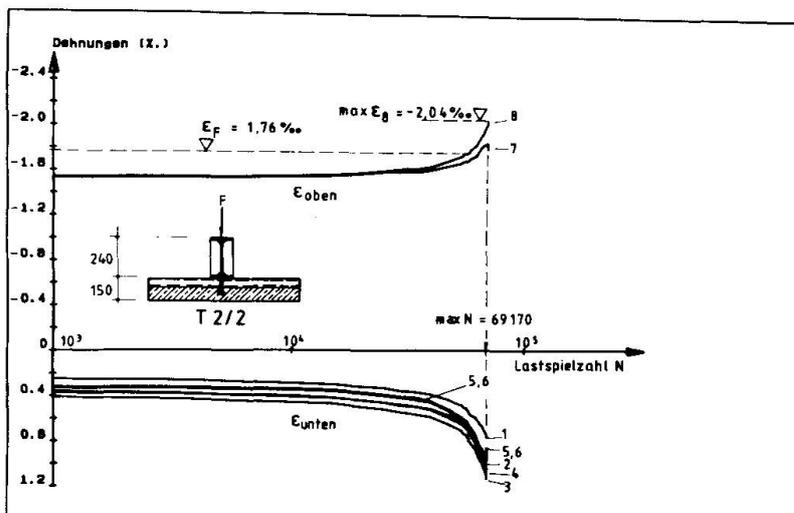


Bild 5: Trägerversuch T2/2; Dehnungen bei Oberlast

Aus diesen Last-Schlupf-Verläufen sieht man, daß die Verdübelung mit der Lastspielzahl  $N$  weicher wird. Auch die hier dargestellten Stahlträger-Randdehnungen lassen das erkennen. Infolge der abnehmenden Dübelsteifigkeit wird das Zusammenwirken unvollständiger. Insbesondere nimmt die Biegebeanspruchung im Stahlträger zu, und die vormals elastischen Dehnungen überschreiten die elastische Streckgrenze. Das bedeutet gleichzeitig, daß die wirklichen Dübelkräfte mit der Zeit kleiner werden. Tatsächlich liegt damit nun keine reine Einstufenbelastung der Dübel mehr vor.

Mit dem o. g. Rechenprogramm /6/ wurden dann die rein statischen Vergleichsberechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse in den Bildern 6 und 7 dargestellt sind.

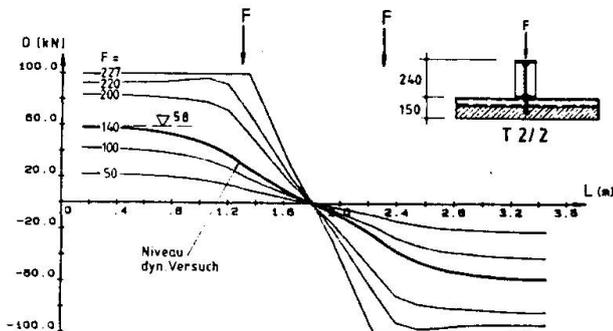


Bild 6: Verlauf der Dübelkräfte

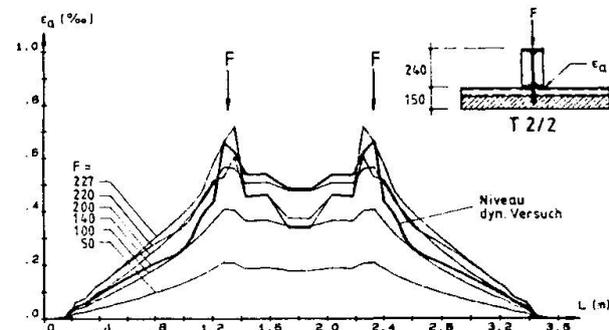


Bild 7: Verlauf der Stahldehnungen

In Bild 6 sind die berechneten Dübelkraftverläufe unter statischer Last bis zur rechnerischen Traglast dargestellt. Auch im mittleren Trägerbereich, in dem die Gesamtkraft gleich null ist, treten Dübelkräfte auf.

Die Q-S/I-Formel für starren Verbund bei linear elastischem Verhalten sowie Beton im Zustand I würde den Maximalwert 73 kN ergeben. Infolge des unvollständigen Zusammenwirkens sind die Dübelkräfte mit  $D_S = 58$  kN deutlich kleiner als die mit starrem Verbund berechneten:

Zustand I: Reduktion von 73 auf 58 kN (79 %)

Zustand II: Reduktion von 67,5 auf 58 kN (86 %)

Tatsächlich nehmen die Dübelkräfte außerdem mit der Lastspielzahl ab. Deshalb sind hier über die MINER-Regel schädigungsgleiche Dübelkräfte berechnet. Dadurch ergibt sich eine weitere Reduktion der vergleichbaren Dübelbeanspruchung, und zwar im Fall des Trägers T2/2 von 58 auf 54 kN.

Die Ergebnisse der Trägerversuche sind im Bild 8 in das Diagramm der Scherversuche eingetragen.

Ohne Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Verdübelung liegen die Werte deutlich über dem Streuband der Scherversuche: Trägerversuche scheinen günstigere Ergebnisse zu liefern! Wir haben jedoch gerade zeigen können, wie wir bei der Auswertung des Trägerversuches T2/2 die Nachgiebigkeit rechnerisch berücksichtigt haben.

Bei Versuch T2/2 führt die dadurch verursachte Reduktion um insgesamt 26 % auf eine Lage im Streuband, dasselbe gilt für T1/3 und vermutlich auch für alle anderen Trägerversuche: richtig ausgewertet, werden die Ergebnisse von Scher- und Trägerversuchen wieder miteinander vergleichbar.

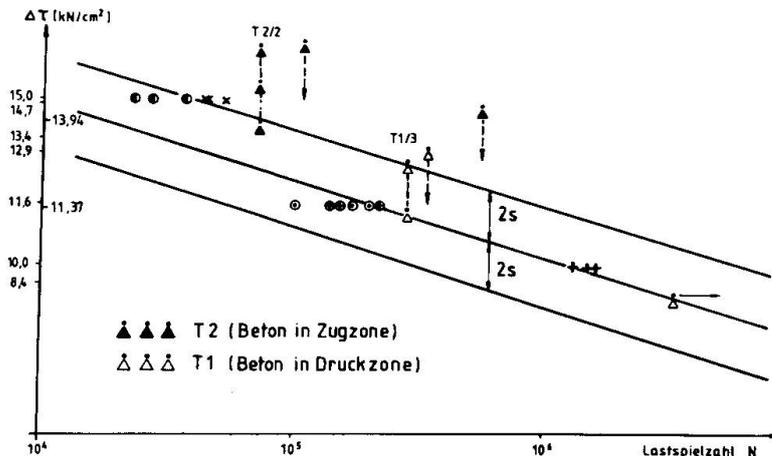


Bild 8: Zeitfestigkeiten der Scher- und Trägerversuche

#### 1.4 Literaturhinweise

- /1/ Richtlinien für die Bemessung von Stahlverbundträgern
- /2/ H. Bode, R. Künzel: Zur Verwendung von Profilblechen beim Trägerverbund  
Festschrift Baehre, Karlsruhe 1988
- /3/ K. Roik, H.-J. Holtkamp: Untersuchungen zur Dauer- und Betriebsfestigkeit der Verdübelung von Verbundträgern mit Hilfe von Kopfbolzendübeln. Studiengesellschaft für Anwendungstechnik von Eisen und Stahl, P 101, Düsseldorf 1986
- /4/ R. P. Johnson, R. J. Buckby: Composite structures of steel and concrete.  
Vol. 2, London 1979
- /5/ K. Roik, G. Hanswille: Zur Dauerfestigkeit von Kopfbolzen dübeln bei Verbundträgern  
Bauingenieur 62/1987
- /6/ J. Schanzenbach: NG-Verbund-Programm zur physikalisch nichtlinearen Berechnung von Verbunddurchlaufträgern mit nachgiebiger Verdübelung.  
Universität Kaiserslautern, 1988
- /7/ H. Bode, J. Kretz: Trägerverbund im Industriebau unter nicht ruhender Belastung bei Verwendung von Profilblechen. DASt/AIF-Forschungsbericht (unveröffentlicht), Kaiserslautern 1988