

**Durchknöpftragfähigkeit von geschraubten
Verbindungen in Konstruktionen mit gelochten
Stahlblechen unter wiederholter Beanspruchung**

T 3062

T 3062

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2004, ISBN 3-8167-6690-0

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

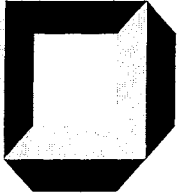
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.IRBbuch.de



Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine
(Amtliche Materialprüfungsanstalt)
Universität Karlsruhe (TH)

Leitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. J. Blaß und Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Saal

Bericht

Nr. 031504

Durchknöpfftragfähigkeit von geschraubten Verbindungen in Konstruktionen mit gelochten Stahlblechen unter wiederholter Beanspruchung

Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstr. 30 L
10829 Berlin

Grundlage der Prüfung: Werkvertrag zwischen dem Auftraggeber und der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine vom 01.12.2003

Dieser Bericht enthält 15 Seiten und 4 Anlagen (17 Seiten).

Ausgabedatum: 05.11.2004

Kurzfassung

Gelochte Profilbleche – sogenannte Akustikprofile – haben die Eigenschaft, Schall zu absorbieren. Sie werden deswegen im Stahlbau zur Erzielung eines verbesserten Schallschutzes verwendet. Die Verbindung der gelochten Bleche mit ihrer Stahlunterkonstruktion erfolgt üblicherweise mittels gewindeformender Schrauben – Bohrschrauben und gewindefurchende Schrauben.

Die Tragfähigkeiten von geschraubten Verbindungen mit ungelochten „Kaltprofilen“ aus Stahlblech werden durch die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-14.1-4 [2] geregelt. Der gängigen Zulassungspraxis entsprechend und in Anlehnung an den Normentwurf DIN 18 807, Teil 4 [3] erfolgt für diese Verbindungen die Berücksichtigung einer durch den Lastfall Wind gegebenen wiederholt auftretenden Beanspruchung, indem die aus den statischen Durchknöpfversuchen ermittelte Tragfähigkeit mit einem Abminderungsbeiwert $f_{wB} = 0,67$ multipliziert wird.

Der Abminderungsbeiwert resultiert aus Untersuchungen von Klee und Seeger [4], die ausschließlich an Verbindungen mit ungelochten Blechen durchgeführt wurden. Für geschraubte Verbindungen mit gelochten Blechen liegen keine vergleichbaren Untersuchungen vor.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens, das an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine durchgeführt und vom Deutschen Institut für Bautechnik finanziell gefördert wurde, war die Klärung der Fragestellung, ob für geschraubte Verbindungen mit gelochten Blechen bei der Festlegung der Durchknöpfftragfähigkeit die Annahme des Abminderungsbeiwertes $f_{wB} = 0,67$ zur Berücksichtigung einer wiederholt auftretende Beanspruchung durch Wind auf der sicheren Seite liegt oder aber ein Sicherheitsrisiko darstellt.

Zur Klärung dieser Fragestellung wurden statische Durchknöpfversuche sowie Durchknöpfversuche unter wiederholter Beanspruchung mit gelochten Blechen aus dem Material S320GD DIN EN 10147 durchgeführt. In den Versuchen wurden zwei unterschiedliche Lochmuster (Lochmuster Typ I und Typ II gemäß Bild 4.2 der Anlage 4) und Nennblechdicken der Lochbleche von 0,75 mm und 1,00 mm untersucht. Als Verbindungselemente wurden in den Versuchen gewindefurchende Schrauben des Typs JZ3-6,3 x L und Dichtscheiben des Durchmessers 16 mm verwendet.

Die Ergebnisse dieser Versuche verdeutlichen, daß sich die kleinere Teilung (Abstand der eingestanzten Löcher) des Lochmusters vom Typ I im Vergleich zu der größeren Teilung des Lochmusters vom Typ II ungünstig auf die Durchknöpfftragfähigkeit unter einer wiederholten Beanspruchung auswirkt. Weiterhin wird aus dem Vergleich der Ergebnisse für die beiden Blechdicken des Lochmusters vom Typ I deutlich, daß sich eine größere Blechdicke günstig auf die Durchknöpfftragfähigkeit unter einer wiederholten Beanspruchung auswirkt.

Zusammenfassend werden folgende Schlußfolgerungen für die untersuchten Verbindungen mit gewindefurchenden Schrauben des Durchmessers 6,3 mm und Dichtscheiben des Durchmessers 16 mm gezogen:

Für das Lochmuster vom Typ II und Nennblechdicken größer oder gleich 0,75 mm liegt die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ zur Berücksichtigung des Einflusses einer wiederholten Beanspruchung aus dem Lastfall Wind gemäß dem Sicherheitskonzept aus [3] und [4] auf der sicheren Seite.

Für das Lochmuster vom Typ I und eine Nennblechdicke von 0,75 mm liegt die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ auf der unsicheren Seite, während die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,54$ auf der sicheren Seite liegt. Für das Lochmuster vom Typ I und eine Nennblechdicke von 1,00 mm bestätigten zwei der drei durchgeführten Lastwechselversuche, daß die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ auf der sicheren Seite liegt.

Abstract

Perforated section plates – so-called acoustic sections – have the characteristic to absorb sound. Therefore, they are used in steel construction for achieving an improved sound insulation. The connection of perforated plates with their steel sub-structure is normally carried out by means of thread forming screws – self-drilling screws and self-tapping screws.

The load-bearing capacities of screwed connections with unperforated “cold sections” made of steel plate are regulated through the technical paper “Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-14.1-4 [2]. Corresponding to common approval practice and following the standard draft DIN 18 807, part 4 [4], for these connections a repeatedly occurring load caused through the loading case wind is considered by multiplying the load-bearing capacity determined from static pull-through tests with a reduction factor $f_{wB} = 0.67$.

The reduction factor results from investigations by Klee and Seeger [4], which have been carried out exclusively on connections with unperforated plates. There are no comparable investigations for screwed connections.

The objective of this research project being carried out at the Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine and sponsored by the Deutsches Institut für Bautechnik, was the clarification of the question, whether for screwed connections with perforated plates the assumption of a reduction factor $f_{wB} = 0.67$ for considering a repeatedly occurring load caused through wind

is on the safe side or represents a safety risk when defining the load-bearing capacity from pull-through tests.

For clarifying this question, static pull-through tests as well as pull-through tests under repeated load with perforated plates made of the material S320GD according to DIN EN 10147 have been performed. During the tests, two different perforated designs (perforated design type I and type II according to fig. 4.2 of attachment 4) and nominal plate thicknesses of the perforated plates of 0.75 mm and 1.00 mm have been investigated. In the tests, self-tapping screws of type JZ3-6,3 x L as fasteners and seal washers of a diameter of 16 mm have been used.

The results of these tests show clearly that the smaller spacing (spacing of the punched holes) of the perforated design type I has an unfavourable effect on the pull-through resistance under repeated load compared to the bigger spacing of the perforated design type II. In addition, from the comparison of the results for both plate thicknesses of the perforated design type I it becomes clear that a bigger plate thickness has a favourable effect on the pull-through resistance under repeated load.

In summary, the following conclusion are drawn for the investigated connections with self-tapping screws with a diameter of 6.3 mm and seal washers with a diameter of 16 mm:

For hole pattern type II and nominal plate thicknesses bigger or equal to 0.75 mm, the assumption of a reduction factor $f_{wB}=0.67$ for considering the influence of a repeated load from the loading case wind is on the safe side according to the safety concept from [3] and [4].

For the perforated design type I and a nominal plate thickness of 0.75 mm, the assumption of a reduction factor $f_{wB}=0,67$ is on the unsafe side, whereas the assumption of a reduction factor $f_{wB}=0.54$ is on the safe side. For the perforated design type I and a nominal plate thickness of 1.00 mm two of the three load alternation tests carried out confirmed that the assumption of a reduction factor $f_{wB}=0.67$ is on the safe side.

Résumé

Les profilés perforés, aussi appelés profilés acoustiques, ont la propriété d'absorber le son. Dans le domaine de la construction métallique ils sont utilisés pour atteindre une isolation phonique améliorée. La connexion entre les profilés perforés et leur structure porteuse se fait en général à partir de vis auto-perforantes, aussi bien auto-taraudeuses ou auto-perforeuses.

Les résistances ultimes d'assemblages boulonnés de profilés déformés à froid en tôle d'acier non perforés sont réglées par l'avis technique « Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-14.1-4 [2]. Une sollicitation répétée due à l'action du vent y est prise en compte par un coefficient de réduction $f_{wB} = 0,67$ appliqué sur la résistance ultime. Celle-ci est déterminée à partir d'essais de résistance à la traversée de la tête de vis à travers la tôle. Cette démarche correspond au procédé d'homologation usuels et s'appuie sur le projet de norme DIN 18807 Teil 4 [3].

Le coefficient de réduction résulte d'études réalisées par Klee et Seeger [4]. Cependant ces dernières ne prennent en compte uniquement des profilés non perforés. Il n'existe pas d'études comparables pour des assemblages boulonnés avec des profilés perforés.

Le but de ce projet de recherche était de vérifier si le coefficient de réduction de $f_{wB} = 0,67$, applicable sur la résistance à la traversée de la tête de vis à travers la tôle, était également suffisant pour la prise en compte d'une sollicitation répétée due à l'action du vent dans le cas d'assemblages boulonnés avec des profilé perforés, ou si au contraire cela pouvait présenter un risque quelconque. Le projet a été mené à la Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine avec l'aide financière du Deutsches Institut für Bautechnik.

Pour trouver réponse à cette problématique des essais à charge statique et à charges cycliques de détermination de la résistance à la traversée de la tête de vis à travers la tôle ont été effectués sur des profilés perforés du matériau S320D selon la DIN EN 10147. Dans ces essais, 2 dessins de perforations différents (type I et type II selon l'illustration 4.2 de l'annexe 4) ainsi que 2 épaisseurs nominales des tôles perforées de 0,75mm et 1,00mm ont été étudiés. Les éléments d'assemblages utilisés dans ces essais furent des vis auto-taraudeuses du type JZ3-6,3xL et des rondelles d'étanchéité de diamètre 16mm.

Les résultats de ces essais montrent que les subdivisions plus petites (distances des trous) du dessin de perforation du type I s'avèrent néfastes à la résistance à la traversée de la tête de vis à travers la tôle sous une sollicitation répétée en comparaison avec les subdivisions plus grandes du dessin de perforation du type II. Par ailleurs, à partir de la comparaison des deux épaisseurs de tôle des échantillons avec le dessin de perforation du type I, on peut déduire qu'une épaisseur de tôle plus importante est positive pour la résistance à la traversée de la tête de vis à travers la tôle sous une action cyclique.

En résumé, les conclusions retenues pour les assemblages étudiés avec des vis auto-taraudeuses de 6,3mm de diamètre et des rondelles d'étanchéité de 16mm de diamètre sont :

L'application d'un coefficient de réduction $f_{wB} = 0,67$ pour prendre en compte l'effet d'une charge cyclique due à l'action du vent selon le concept de sécurité de [3] et [4] est suffisante pour le dessin de perforation de type II et des épaisseurs de tôle supérieures ou égales à 0,75mm.

Pour le dessin de perforation du type I et une épaisseur nominale de tôle de 0,75mm, le coefficient de réduction $f_{wB} = 0,67$ est insuffisant. Pour être du côté sûr, un coefficient de $f_{wB} = 0,54$ doit être appliqué. Pour le dessin de perforation du type I et l'épaisseur nominale de tôle de 1,00mm, deux des trois essais à sollicitation répétée ont confirmé l'hypothèse qu'un coefficient de réduction de $f_{wB} = 0,67$ était suffisamment sûr.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	8
2	Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse	9
3	Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse.....	11
4	Zusammenfassung	14
5	Schrifttum.....	15

Anlage 1: Ergebnisse der statischen Durchknöpfversuche (8 Seiten)

Anlage 2: Ergebnisse der Durchknöpfversuche unter wiederholter Beanspruchung (5
Seiten)

Anlage 3: Materialkennwerte (1 Seite)

Anlage 4: Bilder (3 Bilder)

1 Vorbemerkungen

Gelochte Profilbleche – sogenannte Akustikprofile – haben die Eigenschaft, Schall zu absorbieren. Sie werden deswegen im Stahlbau zur Erzielung eines verbesserten Schallschutzes verwendet. Die Verbindung der gelochten Bleche mit ihrer Stahlunterkonstruktion erfolgt üblicherweise mittels gewindeformender Schrauben – Bohrschrauben und gewindefurchende Schrauben.

Zur Untersuchung der Tragfähigkeit von derartigen geschraubten Verbindungen von gelochten Blechen mit ihrer Stahlunterkonstruktion wurden im Auftrag des Industrieverbandes zur Förderung des Bauens mit Stahlblech e. V. (IFBS) experimentelle Untersuchungen an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe (TH) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Bericht Nr. 973526 [1] der Versuchsanstalt dokumentiert. Neben Quersugversuchen (Beanspruchung rechtwinklig zur Achse des Verbindungselementes) wurden zur Bestimmung der Durchknöpfftragfähigkeit der Verbindungselemente durch das gelochte Blech statische Durchknöpffversuche (Beanspruchung in Achsrichtung des Verbindungselementes) mit einem Versuchsaufbau gemäß Bild 4.1 der Anlage 4 durchgeführt. In diesen Versuchen wurden für die Nennblechdicken 0,75 mm, 1,00 mm, 1,25 mm sowie 1,50 mm jeweils zwei verschiedene Lochmuster untersucht, wobei das Lochmuster vom Typ II eine größere Teilung (Abstand der eingestanzten Löcher) besaß als das Lochmuster vom Typ I (vgl. Bild 4.2 der Anlage 4).

Eine Untersuchung der Durchknöpfftragfähigkeit der Verbindungen für eine wiederholt auftretende Beanspruchung – die am Bauwerk durch den Lastfall Wind gegeben ist – war nicht Teil des oben genannten Auftrags.

Die Tragfähigkeiten von geschraubten Verbindungen mit ungelochten „Kaltprofilen“ aus Stahlblech werden durch die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-14.1-4 [2] geregelt. Der gängigen Zulassungspraxis entsprechend und in Anlehnung an den Normentwurf DIN 18 807, Teil 4 [3] erfolgt für diese Verbindungen die Berücksichtigung einer durch den Lastfall Wind gegebenen wiederholt auftretenden Beanspruchung, indem die aus den statischen Durchknöpffversuchen ermittelte Tragfähigkeit mit einem Abminderungsbeiwert $f_{wB} = 0,67$ multipliziert wird.

Der Abminderungsbeiwert resultiert aus Untersuchungen von Klee und Seeger [4], die ausschließlich an Verbindungen mit ungelochten Blechen durchgeführt wurden. Für geschraubte Verbindungen mit gelochten Blechen liegen keine vergleichbaren Untersuchungen vor.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens, das an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine durchgeführt und vom Deutschen Institut für Bautechnik finanziell gefördert wurde, war die Klärung der Fragestellung, ob für geschraubte Verbindungen mit gelochten Blechen bei

der Festlegung der Durchknöpffragfähigkeit die Annahme des Abminderungsbeiwertes $f_{wB} = 0,67$ zur Berücksichtigung einer wiederholt auftretende Beanspruchung durch Wind auf der sicheren Seite liegt oder aber ein Sicherheitsrisiko darstellt.

2 Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse

Es wurden statische Durchknöpfversuche sowie Durchknöpfversuche unter wiederholter Beanspruchung mit gelochten Blechen aus dem Material S320GD DIN EN 10147 und Schrauben vom Typ JZ3-6,3 x L durchgeführt.

Die Versuche wurden mit einem Versuchsaufbau gemäß Bild 4.1 der Anlage 4 durchgeführt. Für die gelochten Bleche wurden für die Nennblechdicken 0,75 mm sowie 1,00 mm jeweils die Lochmuster vom Typ I und vom Typ II gemäß dem Bild 4.2 der Anlage 4 untersucht.

Die Materialkennwerte des in den Versuchen verwendeten Blechmaterials, die anhand von einaxialen Zugversuchen an ungelochten Proben der beiden verwendeten Blechchargen bestimmt wurden, sind in der Tabelle 3.1 der Anlage 3 dokumentiert.

Bei den Schrauben vom Typ JZ3-6,3 x L handelt es sich um gewindefurchende Schrauben, die in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-14.1-4 im Blatt Nr. 6.5 aufgeführt sind (vgl. Bild 4.3 der Anlage 4). In den durchgeführten Versuchen wurden diese Schrauben unter Verwendung von Dichtscheiben des Durchmessers 16 mm mit aufvulkanisierter EPDM-Dichtung eingesetzt. Bei der Herstellung der Prüfkörper für die Durchknöpfversuche wurden die Schrauben stets in bereits vorhandenen Löchern der Lochmuster der Bleche angeordnet, wobei diese Löcher vor der Montage der Schrauben mit einem Bohrdurchmesser von 5,5 mm vorgebohrt wurden.

Die Ergebnisse der statischen Durchknöpfversuche sind in der Anlage 1 dokumentiert. Für jede Blechdicke und jedes Lochmuster wurde eine Versuchsserie bestehend aus zehn Einzelversuchen durchgeführt. In den Versuchen wurde die Prüfkraft mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 5 mm/min bis zum Versagen der Prüfkörper gesteigert. Die Versagensart war in allen durchgeführten Versuchen ein Durchknöpfen von Schraube und Scheibe durch das Bauteil I (gelochtes Blech). In den Tabellen 1.1 bis 1.4 der Anlage 1 sind die in den Versuchen gemessenen Maximallasten, die aktuellen Stahlkerndicken der Bügelproben und die Versagensart angegeben. Weiterhin wurde der Mittelwert sowie der Fraktilwert der Maximallasten in den Tabellen angegeben. Der Fraktilwert wurde gemäß [3] und [4] aus dem Mittelwert der Maximallasten abzüglich der zweifachen Standardabweichung berechnet. Die Last-Verformungsbeziehungen (Prüfkraft über Maschinenweg) der durchgeführten Versuche sind in den Diagrammen 1.1 bis 1.4 der Anlage 1 dargestellt.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der statischen Durchknöpfversuche ist nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 1: Ergebnisse der statischen Durchknöpfversuche

Versuchs- serie	Nennblech- dicke Bauteil I [mm]	Lochmuster	Maximallast		Versagens- art*
			Mittelwert [kN]	Fraktilwert [kN]	
DKV-75-I	0,75	Typ I	3,52	3,02	10 x DK
DKV-75-II	0,75	Typ II	6,60	6,35	10 x DK
DKV-100-I	1,00	Typ I	5,15	4,66	10 x DK
DKV-100-II	1,00	Typ II	8,61	8,35	10 x DK

*Versagensart: DK....Durchknöpfen von Schraube und Scheibe durch Bauteil I

Die Ergebnisse der Durchknöpfversuche unter wiederholter Beanspruchung sind in den Tabellen 2.1 bis 2.5 der Anlage 2 dokumentiert. In den Versuchen wurde bei einer maximalen Frequenz von 5 Hz eine Zugschwellbeanspruchung mit dem Verhältnis von $R = \text{Unterlast/Oberlast} = 0,1$ aufgebracht. Die Versuche wurden abgebrochen, sofern eine Lastspielzahl von $N = 5000$ erreicht wurde. Trat innerhalb der 5000 Lastwechsel kein Versagen im Bauteil I auf, so wurde in einer anschließenden Laststeigerung die Restdurchknöpfkraft des Prüfkörpers bestimmt und in den Ergebnistabellen der Anlage 2 festgehalten. Sofern ein Prüfkörper vor Erreichen der 5000 Lastwechsel versagte wurde in den Ergebnistabellen die erreichte Lastspielzahl beim Versagen festgehalten. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Durchknöpfversuche unter wiederholter Beanspruchung ist nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 2: Ergebnisse der Durchknöpfversuche unter wiederholter Beanspruchung

Versuchs- serie	Nennblech- dicke Bau- teil I [mm]	Lochmu- ster	Oberlast	Versuch Nr.	Erreichte Lastspiel- zahl	Rest- durchknöpf- kraft
DKV-dyn- 75-I	0,75	Typ I	1,32	01	4004	-
				02	4104	-
				03	4745	-
DKV-dynb- 75-I	0,75	Typ I	1,05	01	5000	3,61
				02	5000	2,44
DKV-dyn- 75-II	0,75	Typ II	2,80	01	5000	6,18
				02	5000	5,36
				03	5000	4,08

DKV-dyn- 100-I	1,00	Typ I	2,05	01	4800	-
				02	5000	4,67
				03	5000	3,03
DKV-dyn- 100-II	1,00	Typ II	3,68	01	5000	7,42
				02	5000	6,58
				03	5000	7,44

3 Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse

Der aus den Untersuchungen von Klee und Seeger [4] für ungelochte Bleche resultierende Abminderungsbeiwert $f_{wB} = 0,67$, mit dem die aus den statischen Versuchen resultierende Durchknöpftragfähigkeit multipliziert werden muß, berücksichtigt zum einen die Verminderung der Tragfähigkeit durch eine wiederholte Beanspruchung aus dem Lastfall Wind und zum anderen die unterschiedlichen Sicherheitsbeiwerte gegenüber statischer ($\gamma_s = 2,0$) und wiederholter Beanspruchung ($\gamma_w = 1,3$). Die charakteristische Tragfähigkeit für eine wiederholte Beanspruchung F_{wB} ist dabei definiert als die auf die Mindestblechdicken und Mindestzugfestigkeiten der verwendeten Prüfbleche normierte Oberlast, die in Lastwechselversuchen mindestens 5000mal ertragen wurde – in DIN 18 807-7 [5] wird gefordert, daß diese Oberlast in **drei** gleichartigen Lastwechselversuchen mindestens 5000 mal ertragen werden muß. Die charakteristische Tragfähigkeit für eine statische Beanspruchung F_{st} ist definiert als der auf die Mindestblechdicken und Mindestzugfestigkeiten der verwendeten Prüfbleche normierte 5%-Fraktilwert der Versagenslast einer Serie von zehn statischen Versuchen. Der Abminderungsbeiwert f_{wB} resultiert demnach aus dem Vergleich von bestandenen Versuchen unter wiederholter Beanspruchung und den entsprechenden Versuchen unter statischer Beanspruchung aus folgender Beziehung:

$$\frac{F_{wB}}{\gamma_w} = \frac{F_{wB}}{1,3} = \frac{F_{st}}{2,0} * f_{wB} = \frac{F_{st}}{\gamma_s} * f_{wB} \quad \Leftrightarrow \quad f_{wB} = 1,538 * \frac{F_{wB}}{F_{st}} \quad (1)$$

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind für die durchgeführten Durchknöpfversuche unter wiederholter Beanspruchung die Abminderungsbeiwerte f_{wB} gemäß Gleichung (1) angegeben, die sich aus den eingestellten Oberlasten ergeben hätten, sofern die jeweiligen Versuche die geforderten 5000 Lastwechsel erreicht hätten (Versuche die vor den 5000 Lastwechsel versagten sind in der Tabelle hervorgehoben). Da sowohl in den statischen Durchknöpfversuchen als auch in den Durchknöpfversuchen unter wiederholter Beanspruchung für die Prüfbleche einer Nennblechdicke Material ein und derselben Charge verwendet wurde, kann der Effekt der Normierung vereinfachend außer acht gelassen werden. Für die statische Tragfähigkeit

higkeit F_{st} wurde daher der Fraktilwert der statischen Versuchsserie und für die Tragfähigkeit unter einer wiederholten Beanspruchung F_{WB} wurde die Oberlast der jeweiligen Lastwechselversuche in Gleichung (1) eingesetzt.

Tabelle 3: Abminderungsbeiwerte f_{WB}

Bauteil I		Fraktilwert der stat. Durchknöpf- versuche [kN]	Lastwechselversuch			
Nennblech- dicke [mm]	Lochtyp		DKV-Nr	Oberlast [kN]	f_{WB} sofern 5000 Last- wechsel erreicht wurden	Erreichte Lastwech- selzahl
0,75	Typ I	3,02	<i>dyn-75-I-01</i>	1,32	0,672	4004
			<i>dyn-75-I-02</i>			4104
			<i>dyn-75-I-03</i>			4745
			dynb-75-I-01	1,05	0,535	5000
			dynb-75-I-02			5000
0,75	Typ II	6,35	dyn-75-II-01	2,80	0,678	5000
			dyn-75-II-02			5000
			dyn-75-II-03			5000
1,00	Typ I	4,66	<i>dyn-100-I-01</i>	2,05	0,677	4800
			dyn-100-I-02			5000
			dyn-100-I-03			5000
1,00	Typ II	8,35	dyn-100-II-01	3,68	0,678	5000
			dyn-100-II-02			5000
			dyn-100-II-03			5000

Die in der Tabelle 3 aufgeführten Ergebnisse verdeutlichen, daß sich die kleinere Teilung (Abstand der eingestanzten Löcher) des Lochmusters vom Typ I im Vergleich zu der größeren Teilung des Lochmusters vom Typ II ungünstig auf die Durchknöpftragfähigkeit unter einer wiederholten Beanspruchung auswirkt. Weiterhin wird aus dem Vergleich der Ergebnisse für die beiden Blechdicken des Lochmusters vom Typ I deutlich, daß sich eine größere Blechdicke günstig auf die Durchknöpftragfähigkeit unter einer wiederholten Beanspruchung auswirkt.

Eine Erklärung für diese Ergebnisse liefert der Vergleich zwischen den Versagensarten der statischen Durchknöpfversuche und der Lastwechselversuche. In den Lastwechselversuchen wachsen die Verformungen der Prüfbleche mit steigender Lastspielzahl an. Dies führt dazu, daß die Dichtscheibe, über die die Last auf das Blech eingeleitet wird, nicht mehr so vollflächig wie in den statischen Durchknöpfversuchen am Blech anliegt und damit die Beanspruchungen im Blech lokal steigen. Dieser Effekt ist um so ausgeprägter je kleiner die Steifigkeit des Bleches im Vergleich zur Steifigkeit der Dichtscheibe ist – also für die durchgeführten Lastwechselversuche je kleiner die Blechdicke ist und je kleiner die Teilung des Lochmusters ist.

Zusammenfassend werden folgende Schlußfolgerungen für die untersuchten Verbindungen mit gewindenfurchenden Schrauben des Durchmessers 6,3 mm und Dichtscheiben des Durchmessers 16 mm gezogen:

Für das Lochmuster vom Typ II und Nennblechdicken größer oder gleich 0,75 mm liegt die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ zur Berücksichtigung des Einflusses einer wiederholten Beanspruchung aus dem Lastfall Wind gemäß dem Sicherheitskonzept aus [3] und [4] auf der sicheren Seite.

Für das Lochmuster vom Typ I und eine Nennblechdicke von 0,75 mm liegt die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ auf der unsicheren Seite, während die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,54$ auf der sicheren Seite liegt. Für das Lochmuster vom Typ I und eine Nennblechdicke von 1,00 mm bestätigten zwei der drei durchgeführten Lastwechselversuche, daß die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ auf der sicheren Seite liegt.

4 Zusammenfassung

Anhand von statischen Durchknöpfversuchen sowie Durchknöpfversuchen unter wiederholter Beanspruchung wurde die Fragestellung untersucht, ob für geschraubte Verbindungen mit gelochten Blechen bei der Festlegung der Durchknöpftragfähigkeit die Annahme des Abminderungsbeiwertes $f_{wB} = 0,67$ zur Berücksichtigung einer wiederholt auftretenden Beanspruchung durch Wind auf der sicheren Seite liegt.

Die Versuche wurden für zwei unterschiedliche Lochmuster (Lochmuster Typ I und Typ II gemäß Bild 4.2 der Anlage 4) und Nennblechdicken von 0,75 mm und 1,00 mm durchgeführt. Als Verbindungselemente wurden in den Versuchen gewindefurchende Schrauben des Durchmessers 6,3 mm und Dichtscheiben des Durchmessers 16 mm verwendet.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, daß sich die kleinere Teilung (Abstand der eingestanzten Löcher) des Lochmusters vom Typ I im Vergleich zu der größeren Teilung des Lochmusters vom Typ II ungünstig auf die Durchknöpftragfähigkeit unter einer wiederholten Beanspruchung auswirkt. Weiterhin zeigte sich, daß sich eine größere Blechdicke günstig auf die Durchknöpftragfähigkeit unter einer wiederholten Beanspruchung auswirkt.

Für das Lochmuster vom Typ II und Nennblechdicken größer oder gleich 0,75 mm liegt die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ zur Berücksichtigung des Einflusses einer wiederholten Beanspruchung aus dem Lastfall Wind gemäß dem Sicherheitskonzept aus [3] und [4] auf der sicheren Seite.

Für das Lochmuster vom Typ I und eine Nennblechdicke von 0,75 mm liegt die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ auf der unsicheren Seite, während die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,54$ auf der sicheren Seite liegt. Für das Lochmuster vom Typ I und eine Nennblechdicke von 1,00 mm bestätigten zwei der drei durchgeführten Lastwechselversuche, daß die Annahme eines Abminderungsbeiwertes $f_{wB}=0,67$ auf der sicheren Seite liegt.

Karlsruhe, den 05.11.2004

Der Sachbearbeiter



Dipl.-Ing. R. Hettmann

Die Institutsleitung



Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Saal

5 Schrifttum

- [1] Bericht Nr. 973526; „Experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung von Querkzug- und Durchknöpfräften von geschraubten Verbindungen von gelochten Blechen mit ungelochtem Blechen“; Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe (TH); 18.08.1998
- [2] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungs-Nr. Z-14.1-4 – Verbindungselemente zur Verwendung bei Konstruktionen mit „Kaltprofilen“ aus Stahlblech – insbesondere mit Stahlprofiltafeln
- [3] Normentwurf DIN 18807 Teil 4 – Verbindungen zwischen Stahltrapezprofilen und Bauteilen aus Stahl – Ermittlung der Tragfähigkeit durch Versuche
- [4] Vorschlag zur vereinfachten Ermittlung von zulässigen Kräften für Befestigungen von Stahltrapezprofilen; Stefan Klee und Timm Seeger; Veröffentlichungen des Instituts für Statik und Stahlbau der TH Darmstadt; Heft 33; 1979
- [5] DIN 18807 Teil 7: 1995-09 – Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen – Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Versuche

ANLAGE 1

Ergebnisse der statischen Durchknöpfversuche

Tabelle 1.1: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ I
 Nenndicke: 0,75 mm
 Material: S 320 GD nach DIN EN 10147
 Akt. Zugfestigkeit: 456 N/mm²

Belast.-geschw.: 5 mm/min
 Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{ik} [mm]	maßg. Grenzlast F_u [kN]	Versagensart
DKV-75-I- 01	0,702	3,46	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 02	0,692	3,16	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 03	0,698	3,32	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 04	0,714	3,55	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 05	0,712	3,68	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 06	0,699	3,96	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 07	0,695	3,45	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 08	0,702	3,60	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 09	0,699	3,22	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-I- 10	0,709	3,75	Durchknöpfen durch Bauteil I
Anzahl:	10	10	
Mittelwert:	0,702	3,52	
Stdabw.:		0,25	
Fraktilwert:		3,02	

Tabelle 1.2: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ II
 Nenndicke: 0,75 mm
 Material: S 320 GD nach DIN EN 10147
 Akt. Zugfestigkeit: 456 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Belast.-geschw.: 5 mm/min
 Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{ik} [mm]	maßg. Grenzlast F_u [kN]	Versagensart
DKV-75-II- 01	0,711	6,65	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 02	0,708	6,65	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 03	0,702	6,65	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 04	0,711	6,48	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 05	0,715	6,70	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 06	0,711	6,48	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 07	0,721	6,48	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 08	0,709	6,43	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 09	0,711	6,76	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-75-II- 10	0,713	6,76	Durchknöpfen durch Bauteil I
Anzahl:	10	10	
Mittelwert:	0,711	6,60	
Stdabw.:		0,13	
Fraktilwert:		6,35	

Tabelle 1.3: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ I
 Nenndicke: 1,00 mm
 Material: S 320 GD nach DIN EN 10147
 Akt. Zugfestigkeit: 465 N/mm²

Belast.-geschw.: 5 mm/min
 Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{ik} [mm]	maßg. Grenzlast F_u [kN]	Versagensart
DKV-100-I- 01	0,913	5,04	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 02	0,939	5,15	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 03	0,932	4,79	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 04	0,939	5,10	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 05	0,941	4,93	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 06	0,938	4,88	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 07	0,935	5,32	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 08	0,939	5,43	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 09	0,930	5,48	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-I- 10	0,937	5,37	Durchknöpfen durch Bauteil I
Anzahl:	10	10	
Mittelwert:	0,934	5,15	
Stdabw.:		0,24	
Fraktilwert:		4,66	

Tabelle 1.4: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ II
 Nenndicke: 1,00 mm
 Material: S 320 GD nach DIN EN 10147
 Akt. Zugfestigkeit: 465 N/mm²

Belast.-geschw.: 5 mm/min
 Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{ik} [mm]	maßg. Grenzlast F_u [kN]	Versagensart
DKV-100-II- 01	0,938	8,75	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 02	0,932	8,70	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 03	0,936	8,48	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 04	0,940	8,59	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 05	0,938	8,59	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 06	0,939	8,42	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 07	0,944	8,60	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 08	0,938	8,70	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 09	0,939	8,83	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-100-II- 10	0,941	8,48	Durchknöpfen durch Bauteil I
Anzahl:	10	10	
Mittelwert:	0,939	8,61	
Stdabw.:		0,13	
Fraktilwert:		8,35	

Diagramm 1.1: Last-Verformungskurven DKV-75-I-01 bis DKV-75-I-10

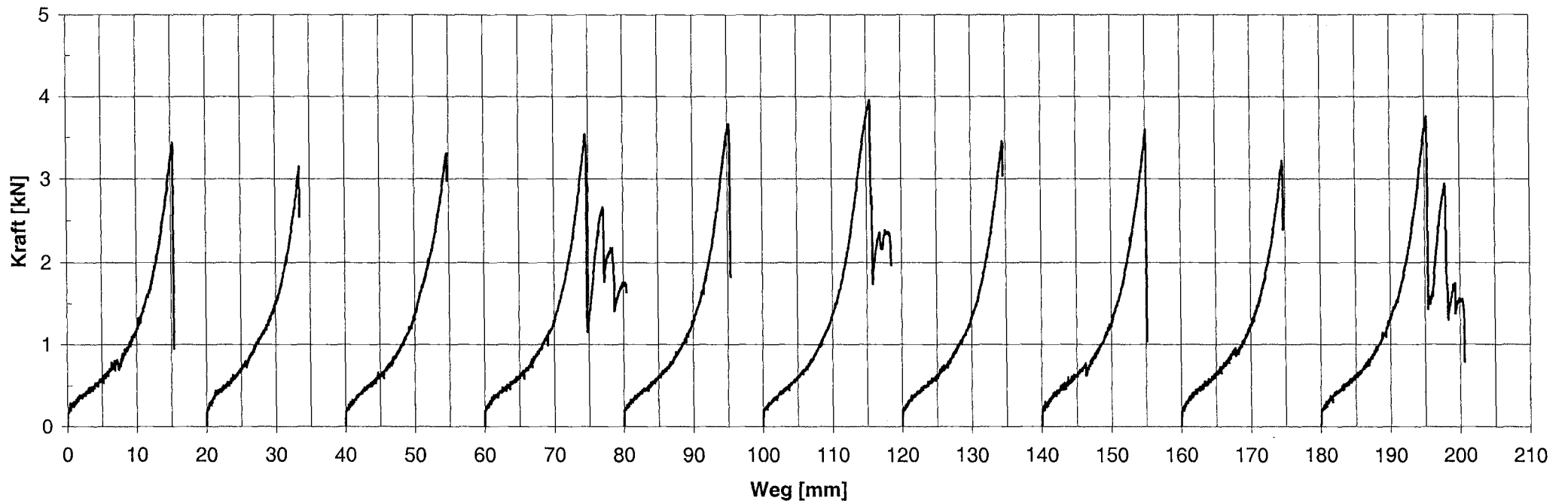
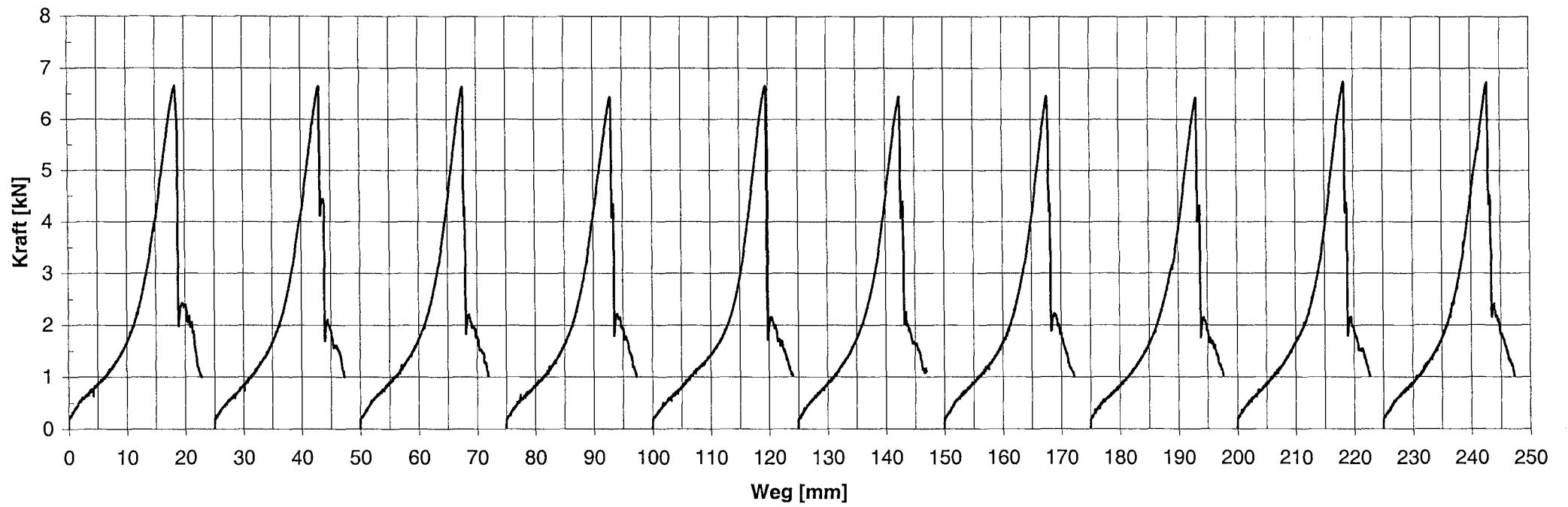


Diagramm 1.2: Last-Verformungskurven DKV-75-II-01 bis DKV-75-II-10



Dieser Bericht darf nur ungekürzt wiedergegeben werden.
Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf unserer ausdrücklichen Genehmigung.

Diagramm 1.3: Last-Verformungskurven DKV-100-I-01 bis DKV-100-I-10

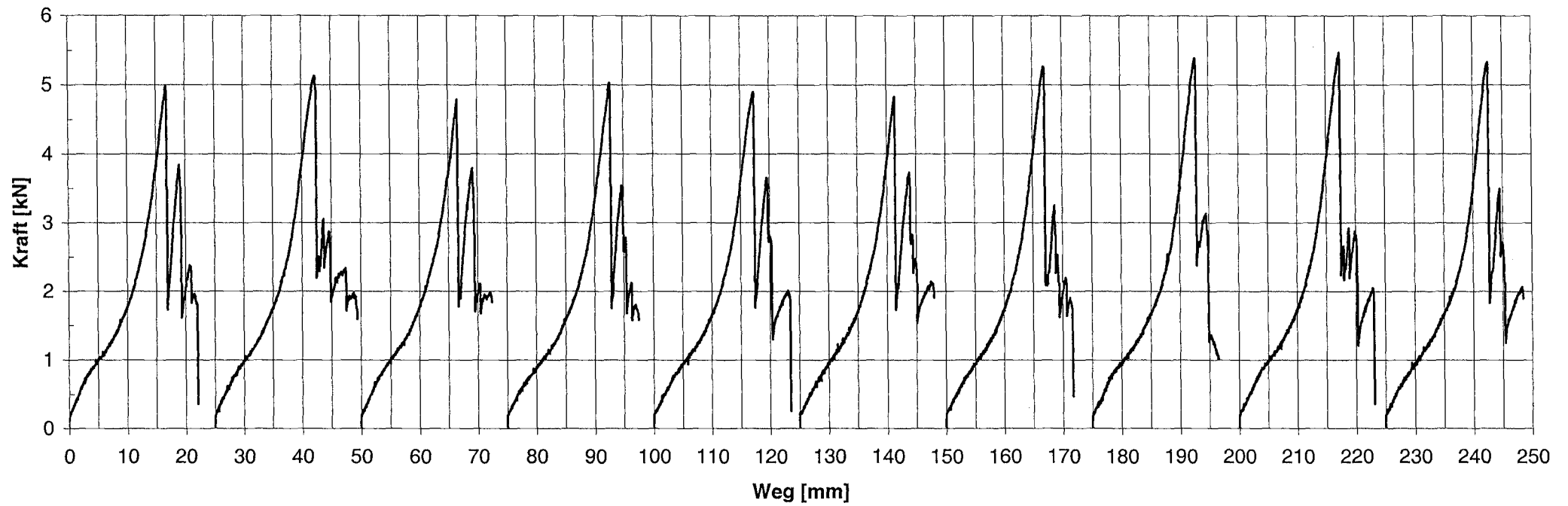
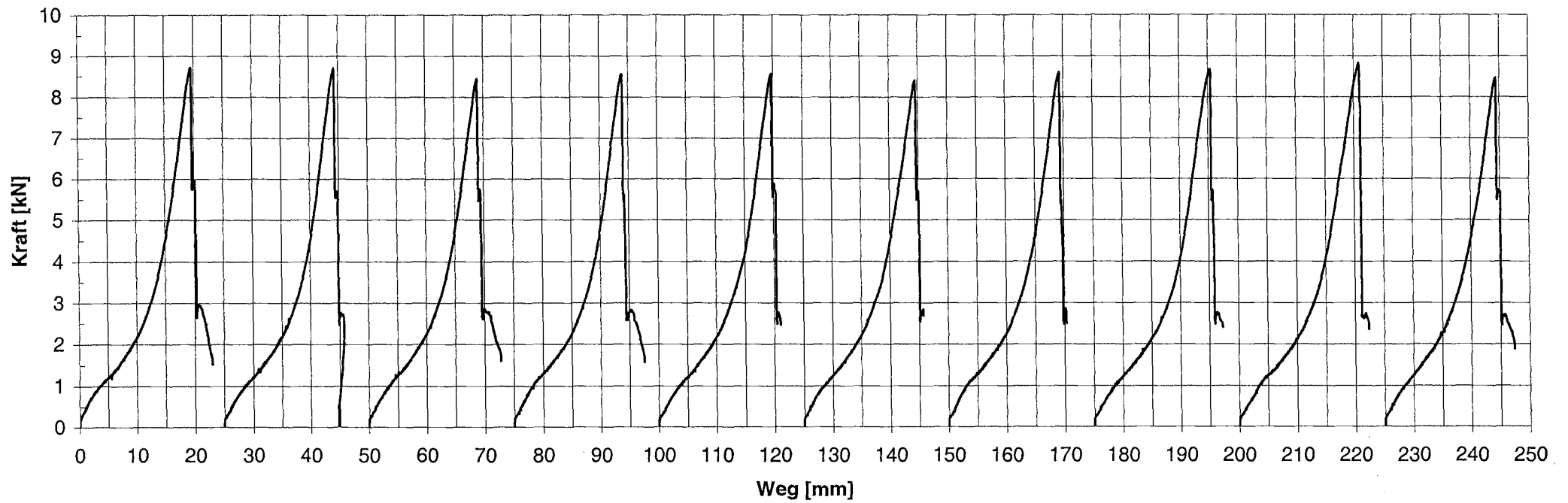


Diagramm 1.4: Last-Verformungskurven DKV-100-II-01 bis DKV-100-II-10



ANLAGE 2

Ergebnisse der Durchknöpfversuche unter wiederholter Beanspruchung

Tabelle 2.1: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Gewindefurchende Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ I
 Nenndicke: 0,75 mm
 Material: S 320 GD nach DIN EN 10147
 Akt. Zugfestigkeit: 456 N/mm²

obere Lastgrenze: $F_{max}=1,32$ kN
 untere Lastgrenze: $F_{min}=0,132$ kN

Frequenz: 5 Hz
 Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{ik} [mm]	Restzug- kraft F_r [kN]	Versagensart
DKV-dyn-75-I -01	0,695	-	Durchknöpfen durch Bauteil I bei 4004 LW
DKV-dyn-75-I -02	0,695	-	Durchknöpfen durch Bauteil I bei 4104 LW
DKV-dyn-75-I -03	0,697	-	Durchknöpfen durch Bauteil I bei 4745 LW
Anzahl:	3	-	
Mittelwert:	0,696	-	

Tabelle 2.2: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Gewindefurchende Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ I
 Nenndicke: 0,75 mm
 Material: S 320 GD nach DIN EN 10147
 Akt. Zugfestigkeit: 456 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

obere Lastgrenze: $F_{max}=1,05$ kN
 untere Lastgrenze: $F_{min}=0,105$ kN

Frequenz: 5 Hz
 Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{lk} [mm]	Restzug- kraft F_r [kN]	Versagensart
DKV-dynb-75-I -01	0,697	3,61	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-dynb-75-I -02	0,710	2,44	Durchknöpfen durch Bauteil I
Anzahl:	2	2	
Mittelwert:	0,704	3,03	

Tabelle 2.3: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Gewindefurchende Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ II
 Nenndicke: 0,75 mm
 Material: S 320 GD nach DIN EN 10147
 Akt. Zugfestigkeit: 456 N/mm²

obere Lastgrenze: $F_{max}=2,80$ kN
 untere Lastgrenze: $F_{min}=0,280$ kN

Frequenz: 5 Hz
 Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{lk} [mm]	Restzug- kraft F_r [kN]	Versagensart
DKV-dyn-75-II -01	0,714	6,18	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-dyn-75-II -02	0,706	5,36	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-dyn-75-II -03	0,719	4,08	Durchknöpfen durch Bauteil I
Anzahl:	3	3	
Mittelwert:	0,713	5,207	

Tabelle 2.4: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Gewindefurchende Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ I

Nennstärke: 1,00 mm

Material: S 320 GD nach DIN EN 10147

Akt. Zugfestigkeit: 465 N/mm²

obere Lastgrenze: $F_{max}=2,05$ kN

untere Lastgrenze: $F_{min}=0,205$ kN

Frequenz: 5 Hz

Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{jk} [mm]	Restzug- kraft F_r [kN]	Versagensart
DKV-dyn-100-I -01	0,932	-	Durchknöpfen durch Bauteil I bei 4800 LW
DKV-dyn-100-I -03	0,949	4,67	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-dyn-100-I -04	0,933	3,03	Durchknöpfen durch Bauteil I
Anzahl:	3	2	
Mittelwert:	0,938	3,850	

Tabelle 2.5: Ergebnisse der Durchknöpf-Versuche

Gewindefurchende Schraube: EJOT JZ3-6,3 x L
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I: Bügelprobe Typ 1, Lochmuster Typ II
 Nenndicke: 1,00 mm
 Material: S 320 GD nach DIN EN 10147
 Akt. Zugfestigkeit: 465 N/mm²

obere Lastgrenze: $F_{max}=3,68$ kN
 untere Lastgrenze: $F_{min}=0,368$ kN

Frequenz: 5 Hz
 Vorbohrdurchmesser: 5,5 mm

Versuch Nr.	Stahlkern- dicke t_{lk} [mm]	Restzug- kraft F_r [kN]	Versagensart
DKV-dyn-100-II -01	0,949	7,42	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-dyn-100-II -02	0,954	6,58	Durchknöpfen durch Bauteil I
DKV-dyn-100-II -03	0,963	7,44	Durchknöpfen durch Bauteil I
Anzahl:	3	3	
Mittelwert:	0,955	7,147	

ANLAGE 3

Materialkennwerte

Tabelle 3.1: Materialkennwerte

t [mm]	Ver. Nr.	t _k [mm]	b [mm]	A [mm ²]	R _{p0,2} [N/mm ²]	R _m [N/mm ²]	L _o [mm]	A80 [%]
0,75	1	0,656	19,930	13,074	363	456	80,00	24,1%
	2	0,652	19,930	12,994	362	456	80,00	24,0%
	3	0,654	19,930	13,034	360	455	80,00	24,2%
			0,654			362	456	
1,00	1	0,890	19,930	17,738	347	468	80,00	24,2%
	2	0,887	19,930	17,678	349	465	80,00	24,7%
	3	0,888	19,930	17,698	347	463	80,00	24,0%
			0,888			348	465	

ANLAGE 4

Bilder

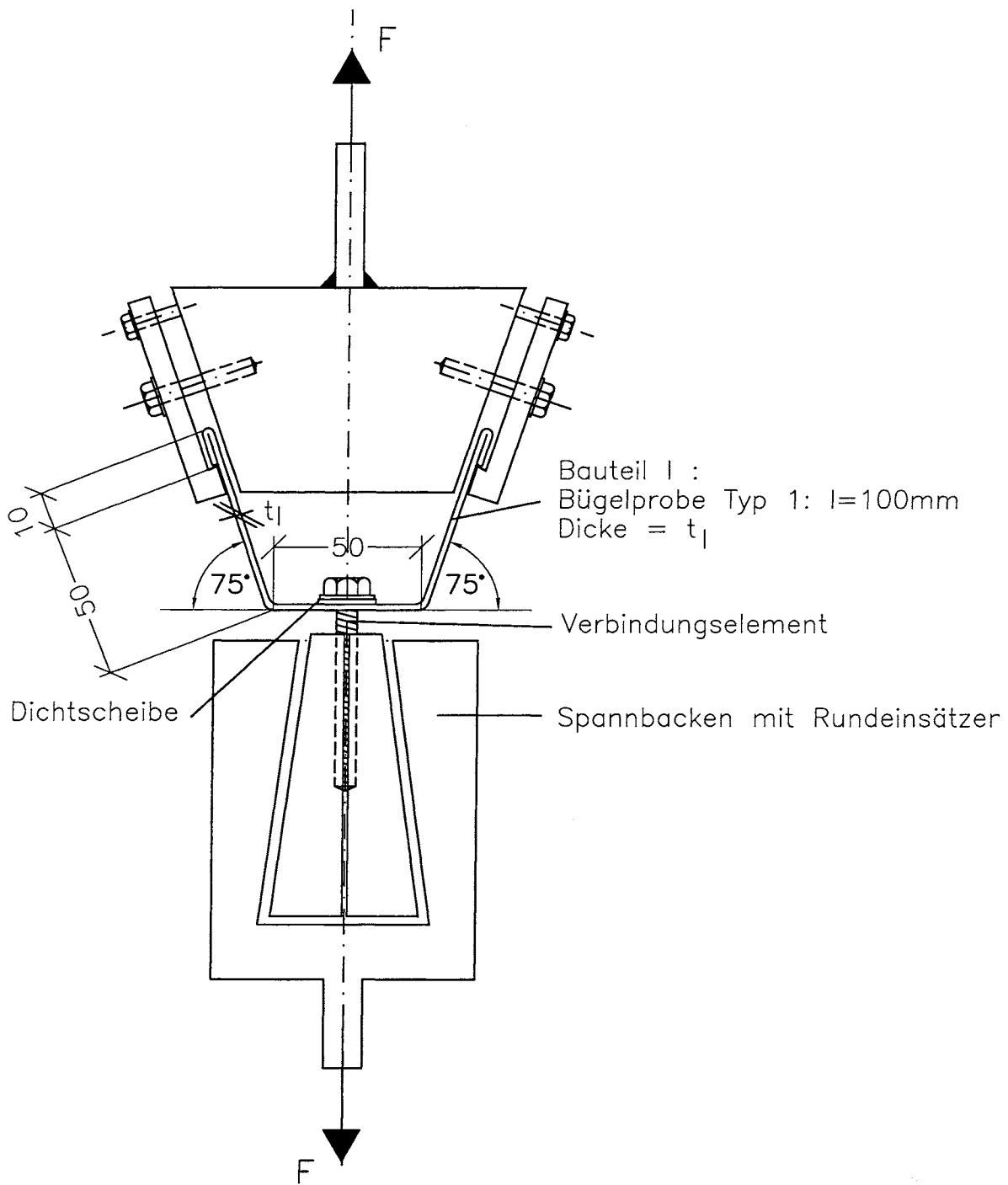
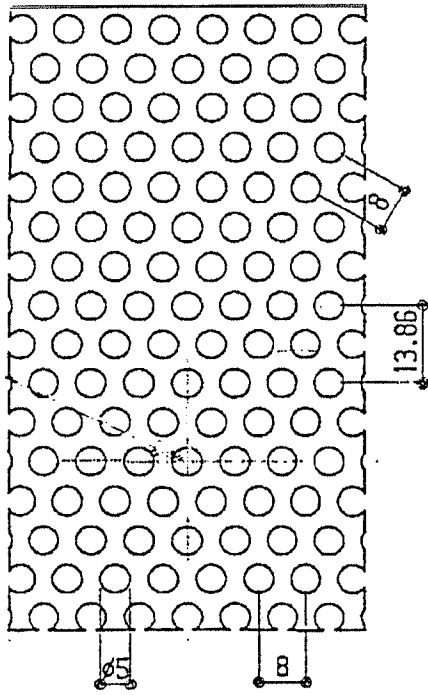
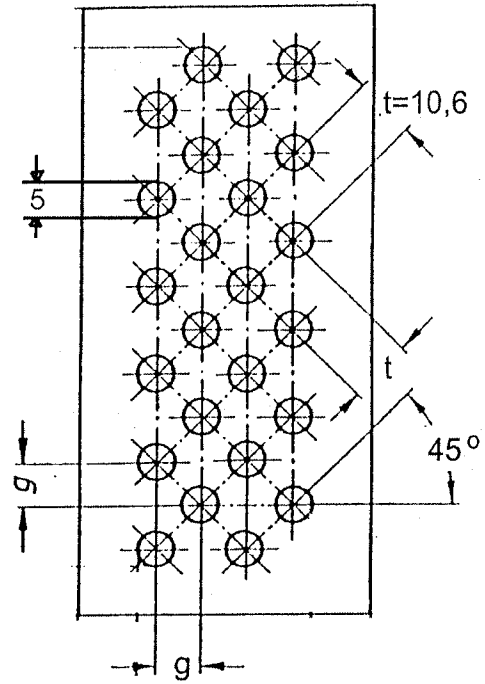


Bild 4.1: Durchknöpfversuche



a.) Lochmuster Typ I



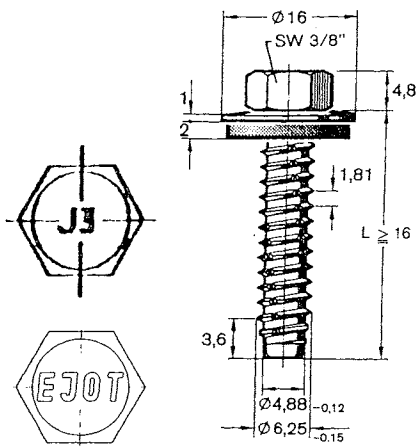
b.) Lochmuster Typ II

Bild 4.2: Lochmuster

Schrauben

EJOT® JZ 3 – 6,3 x L – E 16

Blatt 6.5
Anlage zum Zulassungsbescheid
vom 25. Juli 1990
Nr.: Z-14.1-4



Verbindungselement

EJOT® – Schraube
JZ 3 – 6,3 x L – E 16
JB 3 * – 6,3 x L – E 16 (* für Bauteil II ≤ 2 mm)

Werkstoffe

Schraube -
Nichtrostender Stahl,
Werkstoff-Nr. 1.4301, DIN 17 440
Scheibe -
Nichtrostender Stahl,
Werkstoff-Nr. 1.4301, DIN 17 440
mit aufvulkanisierter Elastomerdichtung

Hersteller

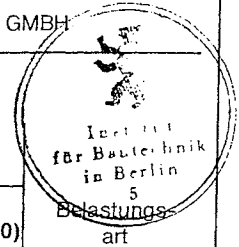
EJOT® BAUBEFESTIGUNGEN GMBH
In der Stockwiese 35
Postfach 11 35
5928 Bad Laasphe
Tel.: 0 27 52/9 08 - 0, Fax: 0 27 52/9 08 31

Vertrieb

EJOT® BAUBESTIGUNGEN GMBH

Bauteil II St 37 (für t_{II} ≤ 3 mm auch St E 280 oder St E 320)

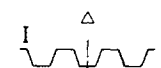
Blechdicke mm	1,25	1,5	2,0	3,0	4,0	≥ 6,0
Bohrloch-Ø mm	5,0		5,3			5,5 5,7 bei ≥ 7,0)
Anzugs- moment Nm	anschlagorientiert verschrauben (Richtwert): (5)					



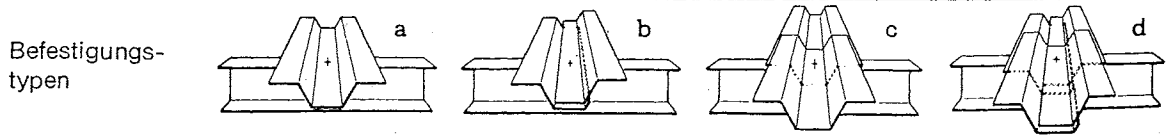
Bauteil I Blechdicke in mm feuerverzinktes Stahlblech St E 280 oder St E 320	0,63	1,25	a c	1,35	a c	1,45	abcd	1,50	abcd	1,55	abcd	1,55	abcd
	0,75	1,30	a c	1,55	a c	1,65	abcd	1,80	abcd	1,85	abcd	1,85	abcd
	0,88	1,40	a c	1,60	a c	1,90	a c	2,05	abcd	2,15	abcd	2,20	abcd
	1,00	1,60	a c	1,80	a c	2,05	a c	2,40	a c	2,45	a c	2,55	a c
	1,13	1,70	a c	2,00	a c	2,30	a c	2,70	a c	2,80	a c	2,90	a c
	1,25	1,80	a c	2,10	a c	2,50	a c	3,05	a c	3,15	a c	3,25	a c
	1,50	1,85	a c	2,20	a c	2,85	a c	3,40	a c	3,55	a c	3,65	a c
	1,75	1,85	a c	2,35	a c	3,10	a c	3,80	a c	3,85	a c	4,05	a c
	2,00	2,50		3,25		4,40		5,15		5,30		5,65	
	0,63	0,90	a c	1,25	a c	1,40	abcd	1,40	abcd	1,40	abcd	1,40	abcd
	0,75	1,00	a c	1,30	a c	1,55	abcd	1,80	abcd	1,80	abcd	1,80	abcd
	0,88	1,00	a c	1,35	a c	1,65	a c	1,90	abcd	1,90	abcd	1,90	abcd
	1,00	1,00	a c	1,35	a c	1,70	a c	2,00	a c	2,00	a c	2,00	a c
	1,13	1,00	a c	1,35	a c	1,80	a c	2,20	a c	2,20	a c	2,20	a c
1,25	1,00	a c	1,35	a c	1,80	a c	2,40	a c	2,45	a c	2,45	a c	
1,50	1,00	a c	1,35	a c	1,80	a c	2,80	a c	2,95	a c	2,95	a c	
1,75	1,00	a c	1,35	a c	1,80	a c	2,90	a c	3,45	a c	3,55	a c	
2,00	1,00		1,35		1,80		3,00		3,65		3,80		



Querkraft
zul. F_Q
kN



Zugkraft
zul. F_Z
kN



Die bei Querbeanspruchung infolge Temperatur ohne rechnerischen Nachweis zulässigen Befestigungstypen sind jeweils neben den zulässigen Kräften in der Tabelle angegeben.

Bei Zwischenwerten der Bauteildicken I oder II ist jeweils die zulässige Quer- und Zugkraft der geringeren Bauteildicke zu wählen.

Bild 4.3: Gewindefurchende Schraube JZ3-6,3xL, Z-14.1-4, Blatt 6.5