

Untersuchungen zur Querkrafttragfähigkeit von geschraubten Verbindungen in Konstruktionen mit Stahltrapezprofilen zur Überprüfung der Anwendbarkeit der im EC 3 Teil 1.3 angegebenen Formeln auf derartige Verbindungen

T 3031

T 3031

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 3-8167-6535-1

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

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

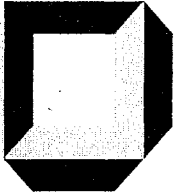
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

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. 021507

Untersuchungen zur Querkrafttragfähigkeit von geschraubten Verbindungen in Konstruktionen mit Stahltrapezprofilen zur Überprüfung der Anwendbarkeit der im EC 3, Teil 1.3 angegebenen Formeln auf derartige Verbindungen

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 25.11.2002

Dieser Bericht enthält 17 Seiten und 5 Anlagen (74 Seiten).

Ausgabedatum: 09.12.2003

Kurzfassung

Untereinander oder mit ihrer Unterkonstruktion verschraubte Verbindungen von Stahltrapezprofilen werden in Deutschland in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-14.1-4 geregelt. Die in dieser Zulassung angegebenen Querkrafttragfähigkeiten resultieren aus Versuchen, die an einschnittigen Blech-auf-Blech-Verbindungen **mit einem Verbindungselement** durchgeführt werden.

Im EC 3, Teil 1.3 werden in der Tabelle 8.2 Formeln zur rechnerischen Ermittlung der Querkrafttragfähigkeiten für geschraubte Verbindungen von kaltgeformten, dünnwandigen Bauteilen aus Stahl angegeben, die aus Versuchen an einschnittigen Blech-auf-Blech-Verbindungen **mit zwei Verbindungselementen hintereinander** resultieren.

Ein Vergleich von Querkraftversuchen, die im Rahmen von Zulassungsverfahren zur Z-14.1-4 durchgeführt wurden, mit den Formeln gemäß EC 3 hat gezeigt, daß die im EC 3 angegebenen Formeln zum Teil deutlich größere Tragfähigkeiten liefern.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde der Einfluß der Versuchsanordnung auf die Querkrafttragfähigkeit untersucht, um somit die Anwendbarkeit der im EC 3 angegebenen Formeln zu beurteilen. Hierzu wurden 13 verschiedene Versuchsserien einmal mit einer Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement und einmal mit einer Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen, daß die aus den beiden Versuchsanordnungen resultierenden Tragfähigkeiten in 11 von 13 untersuchten Fällen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. In den zwei Fällen, in denen signifikante Unterschiede festgestellt wurden, liefert die Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen im Vergleich zu der Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement deutlich kleinere Tragfähigkeiten. Die bereits festgestellten Abweichungen zwischen den Formeln gemäß EC 3 und den Ergebnissen aus Zulassungsversuchen können somit nicht in den unterschiedlichen Versuchsanordnungen begründet sein und wurden auch durch die im Rahmen dieses Forschungsprojektes durchgeführten Auswertungen bestätigt. Es zeigte sich, daß die Formeln gemäß EC 3, Teil 1.3, Tabelle 8.2 verglichen mit den aus Versuchen resultierenden Querkrafttragfähigkeiten tendenziell für Verbindungen mit einem Blechdickenverhältnis von $t_{II}/t_I \geq 2$ fast immer zu günstige Tragfähigkeiten liefern, wobei in einem der untersuchten Fälle der charakteristische Wert der Beanspruchbarkeit nur noch 66% des durch die Berechnung nach EC 3, Teil 1.3 bestimmten charakteristischen Wertes beträgt.

Abstract

In Germany, screwed connections on steel trapezoidal sections between each other or with their substructure are regulated in the general approval No. Z-14.1-4 of the Building Authority. The transverse load bearing capacities indicated in this approval result from tests being carried out on single-shear plate on plate joints **with one joining element**.

In EC 3, part 1.3, formulae are given in table 8.2 for the numerical determination of the transverse load bearing capacities for screwed connections on cold-formed, thin-walled components made of steel resulting from tests on single-shear plate on plate joints **with two joining elements one behind the other**.

A comparison of the tests on the transverse load, which have been carried out in the scope of the approval procedure, with the formulae according to EC 3 has shown that the formulae given in EC 3 partly provide considerably bigger load bearing capacities.

In the scope of this research project, the influence of the experimental set-up on the transverse load bearing capacity has been investigated, in order to assess the applicability of the formulae given in EC 3. For this purpose, 13 different tests series with an experimental set-up with one joining element and with an experimental set-up with two joining elements have been performed.

The results of these tests show that the load bearing capacities resulting from both experimental set-ups do not differ significantly from each other in 11 of 13 cases investigated. In the two cases, where significant differences have been identified, the experimental set-up with two joining elements provides considerably smaller load bearing capacities compared to the experimental set-up with one joining element. Thus, the differences between the formulae according to EC 3 and the results from the approval tests already identified, cannot be the result of the different experimental set-ups, and this has been confirmed through the evaluations carried out in the scope of this research project. It showed that the formulae according to EC 3, part 1.3, table 8.2 provide too favourable load bearing capacities for connections with a plate thickness ratio of $t_0/t_1 \geq 2$ compared to the transverse load bearing capacities resulting from the tests, and even in one of the investigated cases the characteristic load bearing capacity reached only 66% of the characteristic value calculated by the formulae according to EC 3, part 1.3.

Résumé

En Allemagne, les assemblages boulonnés de plaques nervurées en acier entre elles ou avec la structure porteuse sont réglées dans la « Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-14.1-4 » (Homologation générale du contrôle du bâtiment). Les résistances transversales ultimes indiquées dans cette homologation sont déterminées à partir d'essais réalisés sur des joints tôle-tôle en simple cisaillement avec **un seul élément de fixation**.

Le tableau 8.2 de l' Eurocode 3 – partie 1-3 indique des formules pour une détermination numérique des résistances transversales ultimes des assemblages boulonnés d'éléments de construction en acier à paroi mince formés à froid, qui résultent d'essais réalisés sur des joints tôle-tôle en simple cisaillement avec **deux éléments de fixation alignés**.

Dans le cadre de l'homologation Z-14.1-4 des essais ont été exécutés pour déterminer la résistance transversale ultime. La comparaison des résultats de ces essais avec les valeurs calculées selon les formules de l'EC 3 montre que l'EC 3 livre en partie des résistances considérablement supérieures.

Dans le cadre de ce projet de recherche, l'applicabilité des formules indiquées dans l'EC 3 doit être évaluée. Pour cela, l'influence du montage expérimental sur la résistance transversale ultime a été examinée à partir de 13 séries d'essais comparatifs, tantôt avec une connexion à élément de fixation, tantôt avec une connexion à deux éléments de fixation. Les résultats de ces essais montrent que les résistances ultimes ne diffèrent pas significativement en fonction du montage expérimental dans 11 des 13 cas examinés. Dans les deux cas divergents sensiblement, le montage expérimental avec deux éléments de fixation livre des résistances considérablement inférieures à celles déterminées sur les connexions à un élément de fixation. Les divergences déjà observées entre les résultats d'essais d'homologation et les formules de l'EC 3 ne peuvent donc pas être justifiées par un montage expérimental différent. Cependant les divergences ont été confirmées par les évaluations effectuées dans le cadre de ce projet de recherche. Il a été montré que les formules selon le tableau 8.2 de l'EC3 – partie 1.3 livrent des résistances transversales ultimes trop grandes pour des rapports d'épaisseur de tôles $t_{II}/t_I \geq 2$ dans la quasi totalité des cas, et dans un des cas étudiés, la résistance caractéristique ne comportait plus que 66% de la valeur caractéristique calculée selon l'EC 3 partie 1.3.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	6
2	Durchgeführte Untersuchungen.....	7
3	Versuchsergebnisse und Auswertungen	9
4	Beurteilung der Ergebnisse.....	13
4.1	Einfluß der Versuchsanordnung auf die Querkrafttragfähigkeit	13
4.2	Gültigkeit der EC-Formeln zur Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit	14
5	Zusammenfassung	16
6	Schrifttum.....	17

Anlage 1: Ergebnisse der Versuche mit zwei Verbindungselementen (26 Seiten)

Anlage 2: Ergebnisse der Versuche mit einem Verbindungselement (26 Seiten)

Anlage 3: Materialkennwerte (1 Seite)

Anlage 4: Materialkennwerte (6 Seiten)

Anlage 5: Zusammengefaßte Ergebnisse und Auswertungen in Diagrammen (15 Seiten)

1 Vorbemerkungen

Für die Verbindungen von Stahltrapezprofilen untereinander oder mit ihrer Unterkonstruktion werden Bohrschrauben und gewindefurchende Schrauben verwendet. Diese Verbindungselemente werden in Deutschland in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-14.1-4 [1] geregelt.

Der gängigen Zulassungspraxis entsprechend und in Anlehnung an den Normentwurf DIN 18 807, Teil 4 [2] werden zur Ermittlung der Tragfähigkeiten auf Querkraft, Versuche an einschnittigen Blech-auf-Blech-Verbindungen **mit einem Verbindungselement** gemäß Bild 4.1 der Anlage 4 durchgeführt.

Im EC 3, Teil 1.3 [3] werden in der Tabelle 8.2 Formeln zur rechnerischen Ermittlung der Tragfähigkeiten für Verbindungen von kaltgeformten, dünnwandigen Bauteilen aus Stahl mittels Blechschraben angegeben. Diese Formeln resultieren aus der Auswertung von Versuchen, bei denen gemäß [4] zur Ermittlung der Tragfähigkeit auf Querkraft Versuche mit einschnittigen Blech-auf-Blech-Verbindungen **mit zwei Verbindungselementen hintereinander** (vgl. Bild 4.2 der Anlage 4) durchgeführt wurden.

Ein Vergleich der Ergebnisse von Querkraftversuchen, die im Rahmen von Zulassungsverfahren zur Z-14.1-4 durchgeführt wurden, mit den Formeln zur Bestimmung der Querkrafttragfähigkeit nach EC 3, Teil 1.3, Tabelle 8.2 hat gezeigt, daß die im EC 3 angegebenen Formeln zum Teil deutlich größere Tragfähigkeiten liefern.

Ein möglicher Grund für die festgestellten Abweichungen zwischen den mit den Formeln gemäß EC berechneten und den nach Zulassungspraxis zur Z-14.1-4 ermittelten Querkrafttragfähigkeiten von geschraubten Verbindungen könnte in den unterschiedlichen Versuchsanordnungen – nach Zulassungspraxis gemäß Bild 4.1 der Anlage 4 und nach EC gemäß Bild 4.2 der Anlage 4 – liegen. Diese Vermutung ergibt sich aus der Überlegung, daß aus der den EC-Formeln zugrunde liegenden Versuchsanordnung durch die Verwendung von zwei Verbindungselementen im Vergleich zur Versuchsanordnung gemäß Zulassungspraxis mit nur einem Verbindungselement eine größere Stützwirkung für die Verbindung und somit, auch bezogen auf ein Verbindungselement, eine größere Querkrafttragfähigkeit resultiert.

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 die festgestellten Abweichungen zwischen den Formeln gemäß EC 3 und den Ergebnissen aus Zulassungsversuchen zur Z-14.1-4 ihre Ursache tatsächlich in den beiden unterschiedlichen Versuchsanordnungen für die Querkraftversuche haben, um somit die Anwendbarkeit der im EC 3 angegebenen Formeln zur Berechnung der

Querkrafttragfähigkeit für geschraubte Verbindungen von kaltgeformten, dünnwandigen Bauteilen aus Stahl beurteilen zu können.

2 Durchgeführte Untersuchungen

Es wurden insgesamt 26 Querkzugversuchsserien bestehend aus jeweils fünf Einzelversuchen durchgeführt. Jeweils zwei dieser Serien sind bezüglich der Blechdickenkombination und des verwendeten Verbindungselementes identisch und unterschieden sich lediglich in den gewählten Versuchsanordnungen gemäß den Bildern 4.1 (mit einem Verbindungselement) und 4.2 (mit zwei Verbindungselementen) der Anlage 4.

In den Versuchen wurden vier unterschiedliche Bohrschraubentypen verwendet, die in [1] aufgeführt sind (vgl. Bilder 4.3 bis 4.6 der Anlage 4). Es wurden die beiden Schrauben JT3-3H-4,8xL und JT3-6-6,3xL der Firma EJOT Baubefestigungen GmbH sowie die Schrauben Zebra-Piasta 4,8 r und Zebra-Piasta 6,3 r der Firma Adolf Würth GmbH & Co. KG verwendet. Die Schraube JT3-3H-4,8xL wurde unter Verwendung von Dichtscheiben des Durchmessers 14 mm eingesetzt. Für die übrigen Schrauben wurden Dichtscheiben des Durchmessers 16 mm verwendet. Die Schrauben wurden unter dem Gesichtspunkt ausgewählt, daß die minimalen und maximalen Gewindeaußendurchmesser von 4,8 mm und 6,3 mm der für die Anwendung üblichen Bohrschrauben in den Versuchen abgedeckt werden. Ein weiterer Gesichtspunkt für die Wahl dieser Schrauben war, daß sich jeweils die zwei Schrauben mit den gleichen Gewindeaußendurchmesser der beiden Hersteller wegen ihrer unterschiedlichen Bohrspitzengeometrie in ihrer Bohrleistung und damit auch im möglichen Anwendungsgebiet unterscheiden und somit für die durchgeführten Querkzugversuche ein möglichst großes Spektrum an Blechdickenkombinationen zur Verfügung stand.

Das durchgeführte Versuchsprogramm, das entsprechend dem möglichen Anwendungsgebiet der Schrauben angepaßt wurde, ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 1: Versuchsprogramm

Schraube	Blechdicken- kombination t_I/t_{II} [mm]	Dokumentation der Ergebnisse			
		Versuche mit zwei Schrauben		Versuche mit einer Schraube	
		Tabelle	Diagramm	Tabelle	Diagramm
JT3-3H-4,8xL	1,00/1,00	Anlage 1.1	Anlage 1.14	Anlage 2.1	Anlage 2.14
	1,00/2,00	Anlage 1.2	Anlage 1.15	Anlage 2.2	Anlage 2.15
JT3-6-6,3xL	0,75/2,00	Anlage 1.3	Anlage 1.16	Anlage 2.3	Anlage 2.16
	0,75/3,00	Anlage 1.4	Anlage 1.17	Anlage 2.4	Anlage 2.17
	1,00/2,00	Anlage 1.5	Anlage 1.18	Anlage 2.5	Anlage 2.18
	1,00/3,00	Anlage 1.6	Anlage 1.19	Anlage 2.6	Anlage 2.19
Zebra-Piasta 4,8 r	0,63/0,63	Anlage 1.7	Anlage 1.20	Anlage 2.7	Anlage 2.20
	0,63/1,50	Anlage 1.8	Anlage 1.21	Anlage 2.8	Anlage 2.21
	0,75/1,50	Anlage 1.9	Anlage 1.22	Anlage 2.9	Anlage 2.22
Zebra-Piasta 6,3 r	0,63/0,63	Anlage 1.10	Anlage 1.23	Anlage 2.10	Anlage 2.23
	0,63/1,50	Anlage 1.11	Anlage 1.24	Anlage 2.11	Anlage 2.24
	0,75/1,50	Anlage 1.12	Anlage 1.25	Anlage 2.12	Anlage 2.25
	1,00/1,00	Anlage 1.13	Anlage 1.26	Anlage 2.13	Anlage 2.26

Die Durchführung der Querzugversuche erfolgte gemäß der gängigen Zulassungspraxis zu [1]. Dementsprechend wurde während der Versuchsdurchführung die Relativverschiebung zwischen dem Bauteil I (Bauteil am Kopf des Verbindungselementes) und dem Bauteil II (Unterkonstruktion) kontinuierlich gemessen. Nach Erreichen einer Relativverschiebung von 3,0 mm wurde der Versuch abgebrochen. Dieses Vorgehen stimmt mit der in [4] spezifizierten Versuchsdurchführung überein.

Das in den Versuchen verwendete Blechmaterial der Nennblechdicken im Bereich von 0,63 mm bis einschließlich 1,50 mm wurde aus dem Material S280GD DIN EN 10147 hergestellt.

Das in den Versuchen verwendete Blechmaterial der Nennblechdicken von 2,00 mm und 3,00 mm wurde aus dem Material S235 DIN EN 10025 hergestellt.

Alle Stahlprüfkörper derselben Nennblechdicke wurden aus Material ein und derselben Charge hergestellt.

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

3 Versuchsergebnisse und Auswertungen

Die Ergebnisse der Querkzugversuche sind in den Tabellen 1.1 bis 1.13 der Anlage 1 (Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen) sowie in den Tabellen 2.1 bis 2.13 der Anlage 2 (Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement) dokumentiert. Die Last-Verformungsbeziehungen der Versuchsserien sind in den Diagrammen 1.1 bis 1.13 der Anlage 1 (Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen) sowie in den Diagrammen 2.1 bis 2.13 der Anlage 2 (Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement) dargestellt.

Als Verformung wurde in den Diagrammen der Mittelwert der gemessenen Verschiebungen der beiden Wegaufnehmer ausgewertet.

In den Ergebnistabellen sind die bei der maximal erreichbaren Relativverschiebung von 3,0 mm gemessene Last $F_{3,0}$ und die innerhalb des Verschiebungsbereiches bis 3,0 mm gemessenen absoluten Maximallasten F_1 mit den zugehörigen Relativverschiebungen f_1 angegeben. Die maßgebende Grenzlasterlast F_u ist durch die Maximallast innerhalb der 3,0 mm Relativverschiebung bestimmt. Weiterhin sind in den Tabellen die aktuellen Stahlkerndicken der Bauteile I und II angegeben und, sofern sich eine Langlochbildung in Bauteil I oder II ergab, wurde diese ebenfalls als Differenz zwischen den Lochdurchmessern des jeweiligen Bauteils in Belastungsrichtung und quer dazu mit in die Tabellen aufgenommen. Hierbei wurden die Lochdurchmesser nach Erreichen der Relativverschiebung von 3,0 mm an der demontierten Versuchsanordnung gemessen. Sofern sich eine bleibende Schrägstellung der Verbindungselemente nach Versuchsende ergab wurde diese an den noch nicht demontierten Versuchsanordnungen nach Wegnahme der Last gemessen und in den Ergebnistabellen festgehalten.

Zur Bestimmung des charakteristischen Wertes der Tragfähigkeit einer Versuchsserie wurde entsprechend der gängigen Zulassungspraxis zu [1] und in Anlehnung an [2] für die maßgebende Grenzlasterlast F_u der 5%-Fraktilwert für eine Aussagewahrscheinlichkeit von 75% berechnet sowie die Normierung dieses Fraktilwertes auf die Materialkennwerte der Bauteile I und II vorgenommen. Der Fraktilwert ergibt sich aus dem Mittelwert der Versuchsserie abzüglich der mit dem Fraktillfaktor multiplizierten Standardabweichung. Gemäß [5] wurde für den Stichprobenumfang von $n = 5$ der Fraktillfaktor $k_s = 2,463$ angesetzt. Die in den Ergebnistabellen angegebenen auf die jeweiligen Bauteile normierten Werte ergeben sich durch eine Multiplikation des Fraktilwertes mit den beiden Quotienten aus Mindestzugfestigkeit zu aktueller Zugfestigkeit und Mindestblechdicke zu aktueller Blechdicke des jeweiligen Bauteils. Quotienten größer eins wurden für die Normierung nicht berücksichtigt. In der Tabelle 3.1 der Anlage 3 sowie in den Ergebnistabellen der Anlagen 1 und 2 sind die Mindestkernblechdicken $\min t_k$ angegeben, die für die Normierungen zugrundegelegt wurden. Diese Mindestkernblechdicken ergeben sich aus den Nennblechdicken durch Abzug der halben

Grenzabmaße gemäß DIN EN 10143: März 1993, Tabelle 2: Normale Grenzabmaße für Nennbreiten > 1500 mm und durch eine pauschale Berücksichtigung des Zinküberzugs mit 0,04 mm. Weiterhin wird für das verwendete Blechmaterial gemäß DIN EN 10147 und DIN EN 10025 für die Normierung von einer Mindestzugfestigkeit von 360 N/mm² ausgegangen. Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit für eine Versuchsserie ist der auf dasjenige Bauteil normierte Wert, welches für das Versagen der Verbindung maßgebend war. Das Versagen in Bauteil I liegt vor, sofern eine Langlochbildung in diesem Bauteil stattgefunden hat. Als Versagen von Bauteil II wird eine Langlochbildung in diesem Bauteil oder eine bleibende Schrägstellung des Verbindungselementes von größer 10° gewertet. Treten innerhalb einer Versuchsserie mehrere Versagensarten auf, so wird der kleinere der beiden normierten Werte als die charakteristische Tragfähigkeit interpretiert. Für alle durchgeführten Versuche war das Bauteil I für die Festlegung der charakteristischen Tragfähigkeiten maßgebend.

Zum Vergleich der aus den beiden unterschiedlichen Versuchsanordnungen resultierenden charakteristischen Tragfähigkeiten und zum Vergleich dieser Tragfähigkeiten mit den Berechnungsformeln gemäß EC 3 wurden folgende Auswertungen durchgeführt.

- In der nachfolgenden Tabelle 2 werden die charakteristischen Tragfähigkeiten aus der Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement denjenigen gegenübergestellt, die aus der Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen resultieren. Die Tragfähigkeiten sind dabei bezogen auf ein Verbindungselement. Dies bedeutet die aus der Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen resultierenden Tragfähigkeiten wurden halbiert.
- Für zwei Versuchsserien mit gleichen Blechdickenkombinationen und identischem Verbindungselement wurden die Ergebnisse der beiden unterschiedlichen Versuchsanordnungen zusammengefaßt. Die für die zusammengefaßten Versuchsserien resultierenden charakteristischen Tragfähigkeiten sind ebenfalls in der Tabelle 2 aufgeführt. Die Auswertungen der zusammengefaßten Ergebnisse sind in den Tabellen 5.1 bis 5.13 der Anlage 5 dokumentiert. Die Tragfähigkeit wurde wieder auf ein Verbindungselement bezogen. Dies bedeutet, daß die aus der Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen resultierenden Prüfkraften halbiert wurden. Die Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit (den auf Bauteil I normierten Fraktilwert) erfolgte analog zu obigen Ausführungen mit dem einzigen Unterschied, daß der 5%-Fraktilwert für eine Aussagewahrscheinlichkeit von 75% der zusammengefaßten Versuchsserien mit einem Stichprobenumfang von n=10 gemäß [2] mit dem Fraktilfaktor von $k_s = 2,0$ berechnet wurde.
- In der Tabelle 2 sind weiterhin die charakteristischen Tragfähigkeiten gemäß der Zulassung Z-14.1-4 und gemäß den Formeln des EC 3, Teil 1.3, Tabelle 8.2 angegeben. Die

charakteristischen Tragfähigkeiten gemäß Zulassung ergeben sich dabei aus den in den jeweiligen Anlageblättern (vgl. Bilder 4.3 bis 4.6 der Anlage 4) angegeben zulässigen Werten durch eine Multiplikation dieser Werte mit dem globalen Sicherheitsfaktor von $\gamma = 2$. Diese Tragfähigkeiten resultieren für eine bestimmte Blechdickenkombination der gängigen Zulassungspraxis entsprechend aus 10 Versuchen an einer Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement gemäß Bild 4.1 der Anlage 4.

Die Formeln gemäß EC 3 zur Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit auf Querkraft sind nachfolgend angegeben.

$$F_{EC} = \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t_1 \quad (1.1)$$

α wird wie folgt berechnet:

$$\text{Für } t_{II}/t_1 = 1: \quad \alpha = 3,2 \cdot \sqrt{t_1/d} \quad \text{aber} \quad \alpha \leq 2,1 \quad (1.2)$$

$$\text{Für } t_{II}/t_1 \geq 2,5: \quad \alpha = 2,1 \quad (1.3)$$

Für $1 < t_{II}/t_1 < 2,5$: α wird berechnet aus einer linearen Interpolation der Gleichungen (1.2) und (1.3)

mit:

f_u Zugfestigkeit des Bauteils, welches am Kopf der Schraube anliegt

d Nenndurchmesser der Schraube

t_1 Blechdicke des Bauteils, welches am Kopf der Schraube anliegt

t_{II} Blechdicke der Unterkonstruktion

Bei der Anwendung der Formeln wurde für die Zugfestigkeit die Mindestzugfestigkeit des für die Versuche verwendeten Blechmaterials von 360 N/mm^2 eingesetzt, die auch für die Normierung der Ergebnisse der durchgeführten Versuche verwendet wurde. Für die Blechdicken wurden die entsprechenden Nennwerte eingesetzt, da dem Anwender der Formeln in der Regel nur die Nennwerte bekannt sein werden.

Tabelle 2: Auswertungen für die charakteristischen Tragfähigkeiten

Schraube	Blechdi- ckenkombi- nation t ₁ /t _{II} [mm]	Charakteristische Tragfähigkeiten pro Schraube [kN]				
		Versuche mit zwei Schrauben*	Versuche mit einer Schraube*	Versuche zusammen- gefaßt*	Z-14.1-4	EC 3
JT3-3H- 4,8xL	1,00/1,00	2,04 (12,3)	2,42 (4,3)	2,34 (9,2)	2,60	2,52
	1,00/2,00	3,76 (1,9)	2,97 (2,6)	2,87 (9,6)	3,10	3,26
JT3-6- 6,3xL	0,75/2,00	2,78 (7,1)	3,44 (2,1)	3,12 (5,3)	3,40	3,57
	0,75/3,00	2,94 (4,2)	3,31 (4,1)	3,01 (6,8)	3,40	3,57
	1,00/2,00	3,89 (2,2)	3,98 (7,0)	3,63 (9,3)	4,20	4,14
	1,00/3,00	3,09 (10,7)	4,74 (3,8)	3,40 (14,0)	4,70	4,76
Zebra- Piasta 4,8 r	0,63/0,63	0,91 (7,2)	1,33 (10,2)	0,68 (26,5)	1,40	1,26
	0,63/1,50	2,17 (3,5)	2,19 (4,1)	2,20 (3,7)	2,20	2,20
	0,75/1,50	3,07 (2,9)	2,33 (9,7)	2,66 (8,3)	2,60	2,36
Zebra- Piasta 6,3 r	0,63/0,63	1,70 (4,9)	1,25 (10,7)	1,48 (9,0)	1,60	1,45
	0,63/1,50	1,91 (10,0)	2,06 (6,0)	2,05 (8,4)	2,10	2,88
	0,75/1,50	2,81 (7,0)	2,17 (11,9)	2,56 (10,4)	3,00	3,01
	1,00/1,00	3,37 (3,6)	3,18 (6,4)	3,35 (5,2)	3,30	2,89

* Die in Klammern angegebenen Werte entsprechen den Variationskoeffizienten

$$v = \frac{\text{Mittelwert}}{\text{Standardabweichung}} * 100\% \text{ der einzelnen Versuchsserien}$$

Zur graphischen Veranschaulichung der Auswertungen wurden die Diagramme 5.1 und 5.2 der Anlage 5 entwickelt. In diesen Diagrammen wurden die in der Tabelle 2 angegebenen jeweiligen charakteristischen Tragfähigkeiten, die aus Versuchen resultieren (dazu wird auch die charakteristische Tragfähigkeit gemäß Zulassung Z-14.1-4 gerechnet) dividiert durch die Tragfähigkeiten nach EC 3. Diese Verhältnisse ($F_{\text{versuch}}/F_{\text{EC}}$) wurden dann über die Blechdicke t_i des Bauteils I der jeweiligen getesteten Blechdickenkombination aufgetragen. Werte, die in den Diagrammen unterhalb 1 liegen bedeuten somit, daß die EC-Formeln bezüglich der Versuchsergebnisse auf der unsicheren Seite liegen.

Im Diagramm 5.1 der Anlage 5 sind die bezogenen Tragfähigkeiten, die aus der Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement resultieren (linke Diagrammhälfte) denjenigen gegenübergestellt, die aus der Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen resultieren (rechte Diagrammhälfte). Im Diagramm 5.2 der Anlage 5 sind die bezogenen Tragfähigkeiten, die aus der Zusammenfassung der Ergebnisse der beiden unterschiedlichen Versuchsanordnungen resultieren (linke Diagrammhälfte) denjenigen gegenübergestellt, die aus der Zulassung Z-14.1-4 resultieren (rechte Diagrammhälfte).

In den beiden Diagrammen wurden die im EC unterschieden Blechdickenbereiche $t_{ii}/t_i = 1$, $1 < t_{ii}/t_i < 2,5$ und $t_{ii}/t_i \geq 2,5$ jeweils getrennt voneinander dargestellt.

4 Beurteilung der Ergebnisse

4.1 Einfluß der Versuchsanordnung auf die Querkrafttragfähigkeit

Vergleicht man in der Tabelle 2 und im Diagramm 5.1 der Anlage 5 die charakteristischen Tragfähigkeiten, die aus den Versuchen mit einem Verbindungselement resultieren mit denjenigen die aus den Versuchen mit zwei Verbindungselementen resultieren, so erhält man zunächst den Eindruck, daß zwischen den beiden Versuchsanordnungen für die Mehrzahl der untersuchten Fälle deutliche Unterschiede bestehen. Die Abweichungen zwischen den beiden charakteristischen Tragfähigkeiten sind in sieben von 13 untersuchten Fällen größer als 20% und lediglich in vier Fällen kleiner als 10%. Doch diese relativ großen Abweichungen kommen überwiegend aufgrund von unterschiedlichen Versuchsstreuungen zustande, wie die ebenfalls in der Tabelle 2 angegebenen Variationskoeffizienten verdeutlichen. Häufig liegt der Fall vor, daß die mit einer Versuchsanordnung erzielten Ergebnisse einer relativ großen Streuung unterliegen, während die mit der anderen Versuchsanordnung erzielten Ergebnisse eine relativ geringe Streuung aufweisen.

Eine bessere Aussagekraft zum Vergleich der beiden Versuchsanordnungen erhält man über den Vergleich der in der Tabelle 2 angegebenen charakteristischen Tragfähigkeiten, die aus der Zusammenfassung der Ergebnisse der beiden Versuchsanordnungen resultieren mit denjenigen die aus der Zulassung resultieren (die entsprechende graphische Veranschaulichung enthält das Diagramm 5.2 der Anlage 5). Die Abweichungen zwischen diesen Tragfähigkeiten sind in sieben Fällen kleiner als 10%, in vier Fällen liegen sie zwischen 10% und 17% und lediglich in zwei Fällen (für die Versuchsserien: 1,00/3,00 mit JT3-6-6,3 und 0,63/0,63 mit Zebra-Piasta 4,8 r) sind die Abweichungen deutlich größer als 20%. Aus dem Sachverhalt, daß die Tragfähigkeiten gemäß Zulassung aus Versuchen an Versuchsanordnungen mit einem Verbindungselement resultieren und den in 11 Fällen festgestellten relativ kleinen Abweichungen zu den Tragfähigkeiten, die aus der Zusammenfassung der Ergebnisse der beiden unterschiedlichen Versuchsanordnungen resultieren, ergibt sich die Schlußfolgerung, daß die beiden Versuchsanordnungen für diese 11 Fälle Ergebnisse liefern, die zu einer Grundgesamtheit gehören und dementsprechend keine unterschiedlichen Tragfähigkeiten aus den beiden Versuchsanordnungen resultieren. Diese Schlußfolgerung wird bestätigt durch eine Betrachtung der Variationskoeffizienten der aus den beiden Versuchsanordnungen zusammengefassten Versuchsergebnisse. Bis auf die oben erwähnten zwei Fälle liegen alle Variationskoeffizienten unter 11%. Variationskoeffizienten in diesem Bereich sind nach unseren Erfahrungen mit Zulassungsversuchen durchaus üblich für eine Querzugversuchsserie.

In den angesprochenen Fällen (Versuchsserien: 1,00/3,00 mit JT3-6-6,3 und 0,63/0,63 mit Zebra-Piasta 4,8 r), in denen sich aus den unterschiedlichen Versuchsanordnungen signifikant unterschiedliche Tragfähigkeiten ergeben, liefern die Versuchsanordnungen mit zwei Verbindungselementen in beiden Fällen die kleineren Tragfähigkeiten.

Zusammenfassend kann also die Schlußfolgerung gezogen werden, daß die Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen keine größeren Tragfähigkeiten liefert als diejenige mit einem Verbindungselement.

4.2 Gültigkeit der EC-Formeln zur Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit

Wie bereits im Abschnitt 4.1 ausgeführt wurde, liefern die unterschiedlichen Versuchsanordnungen mit einem oder mit zwei Verbindungselementen überwiegend vergleichbare Tragfähigkeiten und in zwei von 13 untersuchten Fällen ergaben sich aus der Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen sogar signifikant kleinere Tragfähigkeiten.

Zur Untersuchung der Fragestellung, ob die mit den EC-Formeln berechneten Tragfähigkeiten im Vergleich zu den aus Versuchsergebnissen resultierenden Tragfähigkeiten auf der sicheren Seite liegen, werden deshalb stellvertretend für die aus Versuchen resultierenden Tragfähigkeiten nur noch die in der Tabelle 2 angegebenen Tragfähigkeiten gemäß Zulassung Z-14.1-4 herangezogen. Diese werden verglichen mit den nach EC 3 berechneten Tragfähigkeiten (die entsprechende graphische Veranschaulichung ist auf der rechten Hälfte des Diagramms 5.2 der Anlage 5 dargestellt).

Der Vergleich zeigt, daß die berechneten Tragfähigkeiten gemäß EC 3 in fünf Fällen kleiner sind als diejenigen gemäß Zulassung. Die größte Abweichung zwischen den Tragfähigkeiten beträgt in diesen fünf Fällen 14%. In drei Fällen sind die Tragfähigkeiten praktisch identisch (Abweichungen kleiner oder gleich 1%) und in vier Fällen sind die Tragfähigkeiten gemäß EC 3 größer als diejenigen gemäß Zulassung. In diesen vier Fällen, in denen die EC Formeln größere Tragfähigkeiten liefern – also verglichen mit den Versuchsergebnissen auf der unsicheren Seite liegen – sind die Abweichungen in drei Fällen mit 5% relativ gering aber für einen Fall – Versuchsserie 0,63/1,50 mit der Schraube Zebra Piasta 6,3 r – betragen sie 27%, und das obwohl für diesen Fall die Tragfähigkeiten aus den durchgeführten Versuchen mit den unterschiedlichen Versuchsanordnungen, die Tragfähigkeiten aus den zusammengefaßten Ergebnissen der beiden Versuchsanordnungen sowie die Tragfähigkeiten gemäß Zulassung alle sehr dicht beieinander liegen (die maximale Abweichung zwischen diesen beträgt 10%). Die vier Fälle in denen die Tragfähigkeiten gemäß EC verglichen mit den Tragfähigkeiten aus der Zulassung auf der unsicheren Seite liegen, wurden an Verbindungen mit einem Blechdickenverhältnis von $t_{II}/t_I \geq 2$ festgestellt. Für die fünf weiteren Versuchsserien, die an Verbindungen mit einem Blechdickenverhältnis von $t_{II}/t_I \geq 2$ durchgeführt wurden, sind die Tragfähigkeiten gemäß EC in vier Fällen praktisch identisch mit den Tragfähigkeiten aus der Zulassung und nur in einem Fall liegt die Tragfähigkeit gemäß EC etwa 10% unterhalb derjenigen aus der Zulassung.

Zusammenfassend wird die Schlußfolgerung gezogen, daß die Formeln gemäß EC 3, Teil 1.3, Tabelle 8.2 verglichen mit den aus Versuchen resultierenden Querkrafttragfähigkeiten tendenziell für Verbindungen mit einem Blechdickenverhältnis von $t_{II}/t_I \geq 2$ fast immer zu günstige Tragfähigkeiten liefern, wobei in einem der untersuchten Fälle der charakteristische Wert der Beanspruchbarkeit nur noch 66% des durch die Berechnung nach EC 3, Teil 1.3 bestimmten charakteristischen Wertes beträgt.

5 Zusammenfassung

Es wurde der Einfluß der unterschiedlichen Versuchsanordnungen – gemäß Zulassungspraxis zur Z-14.1-4 mit einem Verbindungselement und gemäß EC 3 mit zwei Verbindungselementen hintereinander - auf die Querkrafttragfähigkeit von geschraubten Verbindungen von kaltgeformten, dünnwandigen Bauteilen aus Stahl untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, daß sich die aus den beiden Versuchsanordnungen resultierenden Tragfähigkeiten in 11 von 13 untersuchten Fällen nicht signifikant voneinander unterscheiden. In den zwei Fällen, in denen signifikante Unterschiede festgestellt wurden, liefert die Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen hintereinander im Vergleich zu der Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement deutlich kleinere Tragfähigkeiten.

Die bereits zu einem früheren Zeitpunkt festgestellten Abweichungen zwischen den Formeln gemäß EC 3 und den Ergebnissen aus Zulassungsversuchen können somit nicht in den unterschiedlichen Versuchsanordnungen begründet sein und wurden auch durch die im Rahmen dieses Forschungsprojektes durchgeführten Auswertungen bestätigt. Es zeigte sich, daß die Formeln gemäß EC 3, Teil 1.3, Tabelle 8.2 verglichen mit den aus Versuchen resultierenden Querkrafttragfähigkeiten tendenziell für Verbindungen mit einem Blechdickenverhältnis von $t_1/t_2 \geq 2$ fast immer zu günstige Tragfähigkeiten liefern, wobei in einem der untersuchten Fälle der charakteristische Wert der Beanspruchbarkeit nur noch 66% des durch die Berechnung nach EC 3, Teil 1.3 bestimmten charakteristischen Wertes beträgt.

Karlsruhe, den 09.12.2003

Der Sachbearbeiter



Dipl.-Ing. R. Hettmann

Die Institutsleitung



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

6 Schrifttum

- [1] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungs-Nr. Z-14.1-4 – Verbindungselemente zur Verwendung bei Konstruktionen mit „Kaltprofilen“ aus Stahlblech – insbesondere mit Stahlprofiltafeln
- [2] Normentwurf DIN 18807, Teil 4 – Verbindungen zwischen Stahltrapezprofilen und Bauteilen aus Stahl – Ermittlung der Tragfähigkeit durch Versuche, 1986
- [3] EC 3, Teil 1.3 – prEN1993-1-3 – Design of steel structures – Supplementary rules for cold-formed thin gauge members and sheeting, Stand 2002-04
- [4] European recommendations for steel construction, Publication No. 21 – The design and testing of connections in steel sheeting and sections, ECCS Committee TC7, Working Group TWG 7.2, 1983-05
- [5] Grundlagen zur Beurteilung von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten im Prüfzeichen- und Zulassungsverfahren, IfBt, Mai 1986

ANLAGE 1

Ergebnisse der Versuche mit einem Verbindungselement

Tabelle 1.1: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x JT3-3H-4,8
Dichtscheibe: Ø 14 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube 1	Schraube 2	Schraube 1	Schraube 2	Schraube 1	Schraube 2	VA
	t _{ik}	t _{ilk}					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	Δ Loch tll	Δ Loch tll	
	[mm]	[mm]					[°]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
QZV-4,8-2-100/100- 01	1,038	0,980	6,93	3,0	6,93	6,93	4	4	1,27	1,49	0,39	0,31	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/100- 02	0,996	0,993	8,80	3,0	8,80	8,80	6	6	1,45	1,34	0,67	0,67	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/100- 03	1,005	0,996	7,62	3,0	7,62	7,62	6	6	1,33	1,18	0,71	0,97	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/100- 04	1,002	1,003	8,12	2,8	8,07	8,12	6	6	1,42	1,39	0,69	0,63	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/100- 05	0,990	1,002	6,44	3,0	6,44	6,44	6	6	1,27	1,33	0,69	0,63	L _I / L _{II}
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	5	5	
Mittelwert:	1,006	0,995				7,58	6	6	1,35	1,35	0,63	0,64	
Stdabw.:						0,94							
Fraktilwert:						5,28							
normierter Wert (Bauteil I):						4,08							
normierter Wert (Bauteil II):						4,13							
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II												

Tabelle 1.2: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x JT3-3H-4,8
Dichtscheibe: Ø 14 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,875 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube		Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{lik}					1	2	1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	Δ Loch tll	Δ Loch tll	
		[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	[°]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
QZV-4,8-2-100/200- 01	1,014	1,992	10,27	3,0	10,27	10,27	7	7	2,10	1,60	0,30	1,15	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/200- 02	0,986	1,979	10,12	3,0	10,12	10,12	7	7	1,65	1,81	0,18	0,23	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/200- 03	1,009	1,998	9,82	3,0	9,82	9,82	7	7	1,94	1,70	0,00	0,00	L _I
QZV-4,8-2-100/200- 04	0,993	1,999	10,28	3,0	10,28	10,28	7	7	1,90	2,07	0,00	0,00	L _I
QZV-4,8-2-100/200- 05	1,008	2,019	10,23	3,0	10,23	10,23	6	6	1,93	1,86	0,00	0,00	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	5	5	
Mittelwert:	1,002	1,997				10,14	6	6	1,90	1,81	0,10	0,28	
Stdabw.:						0,19							
Fraktilwert:						9,67							
normierter Wert (Bauteil I):						7,52							
normierter Wert (Bauteil II):						9,08							
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes											
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I											
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II											

Tabelle 1.3: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x JT3-6-6,3
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,875 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{ijk}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch I [mm]	Δ Loch II [mm]	
QZV-6,3-2-75/200- 01	0,706	2,017	7,76	2,1	7,52	7,76	5	7	3,12	3,22	L _I
QZV-6,3-2-75/200- 02	0,708	2,001	7,89	3,0	7,89	7,89	6	4	1,98	2,07	L _I
QZV-6,3-2-75/200- 03	0,721	1,998	8,69	3,0	8,69	8,69	6	6	1,70	1,64	L _I
QZV-6,3-2-75/200- 04	0,694	2,004	7,32	3,0	7,32	7,32	6	6	1,63	2,03	L _I
QZV-6,3-2-75/200- 05	0,705	2,004	7,36	3,0	7,36	7,36	7	6	2,43	2,10	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,707	2,005				7,80	6	6	2,17	2,21	
Stdabw.:						0,55					
Fraktilwert:						6,44					
normierter Wert (Bauteil I):						5,55					
normierter Wert (Bauteil II):						6,02					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 1.4: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x JT3-6-6,3
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nenndicke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nenndicke: 3,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 301 N/mm²
 Min. Blechdicke: 2,855 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube	Schraube	Schraube	Schraube	VA
	1	2					1	2			
	Winkel [°]	Winkel [°]					Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]			
QZV-6,3-2-75/300- 01	0,692	3,104	7,16	3,0	7,16	7,16	1	2	2,32	1,94	L _I
QZV-6,3-2-75/300- 02	0,724	3,082	7,75	3,0	7,75	7,75	3	4	2,34	2,18	L _I
QZV-6,3-2-75/300- 03	0,704	3,064	7,91	3,0	7,91	7,91	2	2	2,23	2,35	L _I
QZV-6,3-2-75/300- 04	0,708	3,066	7,81	3,0	7,81	7,81	1	1	2,19	2,35	L _I
QZV-6,3-2-75/300- 05	0,705	3,055	7,37	3,0	7,37	7,37	2	2	2,17	2,42	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,707	3,074				7,60	2	2	2,25	2,25	
Stdabw.:						0,32					
Fraktilwert:						6,81					
normierter Wert (Bauteil I):						5,87					
normierter Wert (Bauteil II):						6,33					
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes									
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I									
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II									

Tabelle 1.5: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x JT3-6-6,3
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,875 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube		Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{lik}					1	2	1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	Δ Loch tll	Δ Loch tll	
		[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	[°]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
QZV-6,3-2-100/200- 01	0,995	2,019	10,40	3,0	10,40	10,40	9	10	1,97	1,58	0,20	0,13	L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/200- 02	0,992	1,995	10,67	3,0	10,67	10,67	10	8	1,69	1,50	0,00	0,00	L _I
QZV-6,3-2-100/200- 03	0,991	1,999	10,58	3,0	10,58	10,58	8	10	1,43	1,49	0,11	0,30	L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/200- 04	0,988	1,984	10,08	3,0	10,08	10,08	12	11	1,66	1,59	0,13	0,19	S/L _I /L _{II}
QZV-6,3-2-100/200- 05	0,987	1,990	10,58	3,0	10,58	10,58	10	10	1,65	1,56	0,00	0,00	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,991	1,997				10,46	10	10	1,68	1,54	0,09	0,12	
Stdabw.:						0,23							
Fraktilwert:						9,88							
normierter Wert (Bauteil I):						7,77							
normierter Wert (Bauteil II):						9,28							
VA = Versagensart:	S:		Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes										
	L _I :		Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I										
	L _{II} :		Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 1.6: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x JT3-6-6,3
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 3,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 301 N/mm²
 Min. Blechdicke: 2,855 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube		Schraube		VA
	t _{lk}	t _{lk}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	
QZV-6,3-2-100/300- 01	0,989	3,076	12,34	3,0	12,34	12,34	4	4	1,88	2,02	L _i
QZV-6,3-2-100/300- 02	0,983	3,073	9,09	3,0	9,09	9,09	4	3	1,73	1,96	L _i
QZV-6,3-2-100/300- 03	0,996	3,061	10,62	3,0	10,62	10,62	5	4	1,51	1,72	L _i
QZV-6,3-2-100/300- 04	1,004	3,068	10,83	3,0	10,83	10,83	3	4	1,44	1,68	L _i
QZV-6,3-2-100/300- 05	1,005	3,062	10,70	3,0	10,70	10,70	4	6	1,56	1,55	L _i
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,995	3,068				10,72	4	4	1,62	1,79	
Stdabw.:						1,15					
Fraktilwert:						7,88					
normierter Wert (Bauteil I):						6,17					
normierter Wert (Bauteil II):						7,33					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _i : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{ii} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 1.7: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x Zebra-Piasta 4,8 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube		Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{ijk}					1	2	1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tll [mm]	Δ Loch tll [mm]	
QZV-4,8-2-63/63- 01	0,584	0,559	2,78	1,9	2,55	2,78	0	3	1,14	1,51	1,62	0,62	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-63/63- 02	0,579	0,574	2,52	2,9	2,44	2,52	1	1	0,61	0,94	0,95	0,73	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-63/63- 03	0,562	0,557	2,47	3,0	2,47	2,47	5	1	1,00	0,77	0,88	1,15	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-63/63- 04	0,568	0,567	2,85	1,6	2,83	2,85	3	3	1,24	1,24	0,92	0,70	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-63/63- 05	0,560	0,562	2,89	2,9	2,87	2,89	0	3	1,10	0,67	1,20	0,33	L _I / L _{II}
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,571	0,564				2,70	2	2	1,02	1,03	1,11	0,71	
Stdabw.:						0,19							
Fraktilwert:						2,22							
normierter Wert (Bauteil I):						1,81							
normierter Wert (Bauteil II):						1,83							
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II												

Tabelle 1.8: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x Zebra-Piasta 4,8 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube 1		Schraube 2		VA
	t _{ik} [mm]	t _{lik} [mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	
	QZV-6,3-2-63/150- 01	0,561					1,473	5,66	2,99	5,52	
QZV-6,3-2-63/150- 02	0,573	1,466	5,95	3,0	5,95	5,95	0	1	2,81	2,71	L _I
QZV-6,3-2-63/150- 03	0,562	1,475	5,78	3,0	5,78	5,78	0	0	2,75	2,66	L _I
QZV-6,3-2-63/150- 04	0,558	1,451	5,46	2,97	5,45	5,46	0	0	2,47	2,57	L _I
QZV-6,3-2-63/150- 05	0,561	1,466	5,93	2,5	5,73	5,93	0	0	2,55	2,48	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,563	1,466				5,76	0	0	2,64	2,56	
Stdabw.:						0,20					
Fraktilwert:						5,26					
normierter Wert (Bauteil I):						4,33					
normierter Wert (Bauteil II):						4,86					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 1.9: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x Zebra-Piasta 4,8 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{lik}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	
							[°]	[°]	[mm]	[mm]	
QZV-4,8-2-75/150- 01	0,713	1,458	7,96	3,0	7,96	7,96	3	1	2,39	2,26	L _I
QZV-4,8-2-75/150- 02	0,711	1,466	7,72	3,0	7,72	7,72	0	3	2,31	2,53	L _I
QZV-4,8-2-75/150- 03	0,700	1,466	7,35	3,0	7,35	7,35	0	0	2,61	2,79	L _I
QZV-4,8-2-75/150- 04	0,710	1,446	7,76	2,96	7,71	7,76	1	1	2,55	2,50	L _I
QZV-4,8-2-75/150- 05	0,700	1,455	7,60	3,0	7,60	7,60	3	3	2,59	2,64	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,707	1,458				7,68	1	2	2,49	2,54	
Stdabw.:						0,22					
Fraktilwert:						7,12					
normierter Wert (Bauteil I):						6,14					
normierter Wert (Bauteil II):						6,63					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 1.10: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x Zebra-Piasta 6,3 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Neandicke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Neandicke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube		Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{ijk}					1	2	1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tll [mm]	Δ Loch tll [mm]	
QZV-6,3-2-63/63- 01	0,569	0,567	4,57	1,6	4,31	4,57	9	6	0,55	1,36	1,08	0,68	L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-63/63- 02	0,584	0,581	4,75	1,7	4,22	4,75	8	6	0,46	0,71	1,05	1,12	L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-63/63- 03	0,582	0,561	4,65	2,3	4,33	4,65	7	8	1,80	0,73	0,50	1,26	L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-63/63- 04	0,572	0,570	5,18	1,6	4,78	5,18	9	12	1,70	0,29	0,58	1,11	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-63/63- 05	0,567	0,586	4,82	2,4	4,69	4,82	8	10	0,72	0,77	0,90	0,59	L _I / L _{II}
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,575	0,573				4,79	8	8	1,05	0,77	0,82	0,95	
Stdabw.:						0,24							
Fraktilwert:						4,21							
normierter Wert (Bauteil I):						3,40							
normierter Wert (Bauteil II):						3,41							
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II												

Tabelle 1.11: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x Zebra-Piasta 6,3 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{lik}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	
QZV-6,3-2-63/150- 01	0,580	1,455	6,20	3,0	6,20	6,20	1	0	2,15	2,23	L _I
QZV-6,3-2-63/150- 02	0,561	1,480	7,03	3,0	7,03	7,03	0	0	2,32	2,72	L _I
QZV-6,3-2-63/150- 03	0,567	1,460	6,51	3,0	6,51	6,51	0	2	2,77	2,27	L _I
QZV-6,3-2-63/150- 04	0,598	1,466	6,47	2,97	6,45	6,47	0	0	2,54	2,77	L _I
QZV-6,3-2-63/150- 05	0,579	1,476	5,31	3,0	5,31	5,31	0	0	2,65	2,51	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,577	1,467				6,30	0	0	2,49	2,50	
Stdabw.:						0,63					
Fraktilwert:						4,75					
normierter Wert (Bauteil I):						3,82					
normierter Wert (Bauteil II):						4,39					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 1.12: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x Zebra-Piasta 6,3 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{lik}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch I	Δ Loch II	
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[°]	[°]	[mm]	[mm]		
QZV-6,3-2-75/150- 01	0,712	1,468	8,39	3,0	8,39	8,39	1	1	2,45	2,48	L _I
QZV-6,3-2-75/150- 02	0,710	1,483	6,96	3,0	6,96	6,96	0	1	2,38	2,67	L _I
QZV-6,3-2-75/150- 03	0,709	1,464	8,06	2,4	7,91	8,06	0	1	2,43	2,61	L _I
QZV-6,3-2-75/150- 04	0,714	1,475	8,02	2,88	7,99	8,02	1	3	2,46	2,48	L _I
QZV-6,3-2-75/150- 05	0,705	1,464	8,12	3,0	8,12	8,12	0	1	2,58	2,29	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	
Mittelwert:	0,710	1,471				7,91	0	1	2,46	2,51	
Stdabw.:						0,55					
Fraktilwert:						6,55					
normierter Wert (Bauteil I):						5,62					
normierter Wert (Bauteil II):						6,04					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 1.13: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: 2 x Zebra-Piasta 6,3 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube 1		Schraube 2		Schraube 3		VA
	t _{ik} [mm]	t _{ijk} [mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tll [mm]	Δ Loch tll [mm]	
	QZV-6,3-2-100/100- 01	1,067					1,067	10,47	2,98	10,45	10,47	9	
QZV-6,3-2-100/100- 02	1,068	1,066	10,48	3,0	10,48	10,48	13	13	0,97	1,45	0,44	0,27	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/100- 03	1,068	1,066	10,01	3,0	10,01	10,01	14	14	1,14	0,72	0,46	0,30	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/100- 04	1,050	1,063	9,96	3,0	9,96	9,96	14	14	0,60	1,00	0,55	0,37	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/100- 05	1,063	1,066	9,62	3,0	9,62	9,62	14	14	1,20	1,01	0,45	0,40	S / L _I / L _{II}
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	5	5	5	
Mittelwert:	1,063	1,066				10,11	13	14	1,10	1,18	0,50	0,33	
Stdabw.:						0,37							
Fraktilwert:						9,20							
normierter Wert (Bauteil I):						6,74							
normierter Wert (Bauteil II):						6,73							
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II												

Diagramm 1.1: Last-Verformungskurven QZV-4,8-2-100/100-01 bis QZV-4,8-2-100/100-05

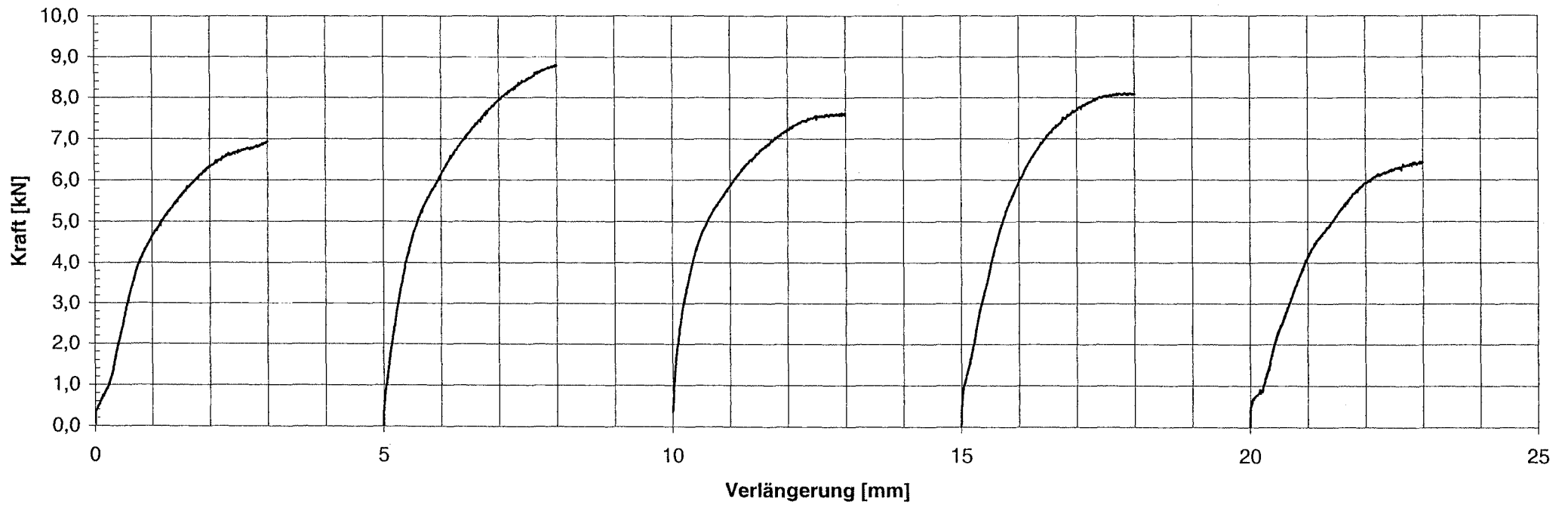


Diagramm 1.2: Last-Verformungskurven QZV-4,8-2-100/200-01 bis QZV-4,8-2-100/200-05

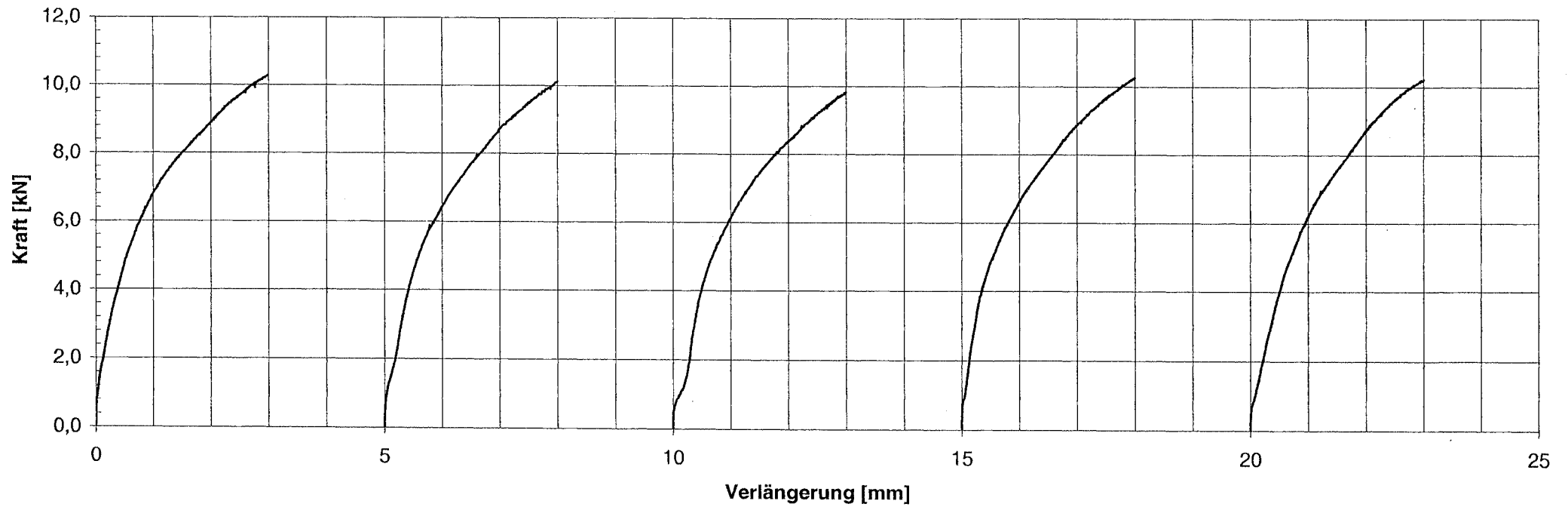


Diagramm 1.3: Last-Verformungskurven QZV-6,3-2-75/200-01 bis QZV-6,3-2-75/200-05

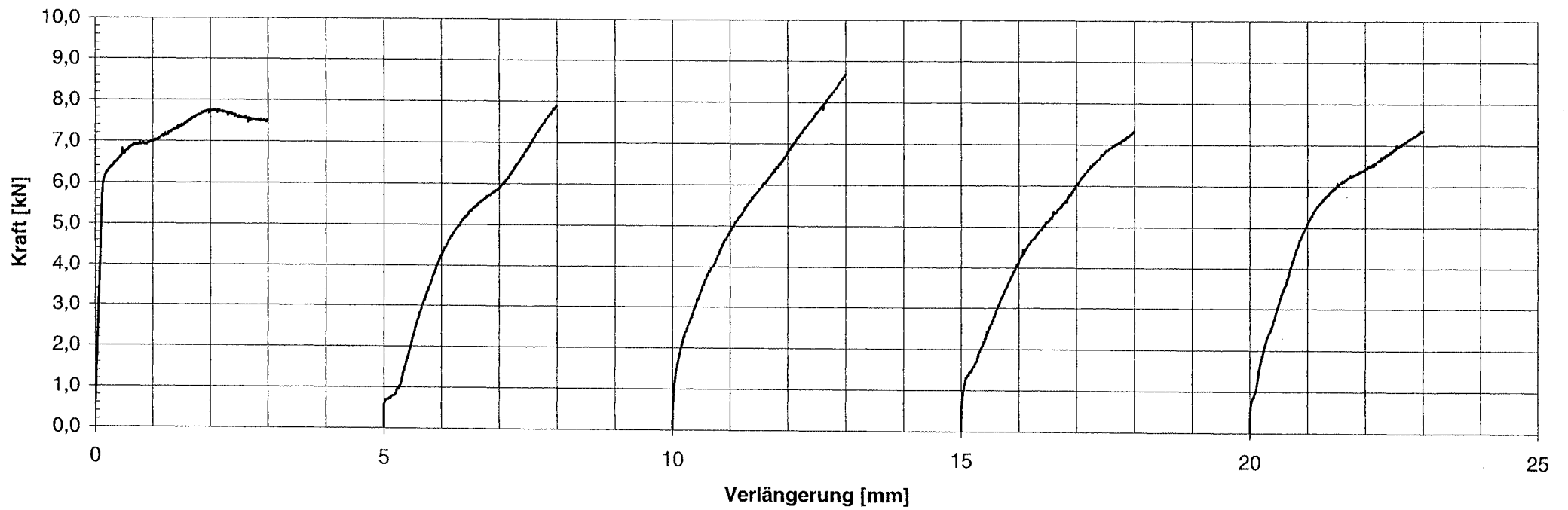


Diagramm 1.4: Last-Verformungskurven QZV-6,3-2-75/300-01 bis QZV-6,3-2-75/300-05

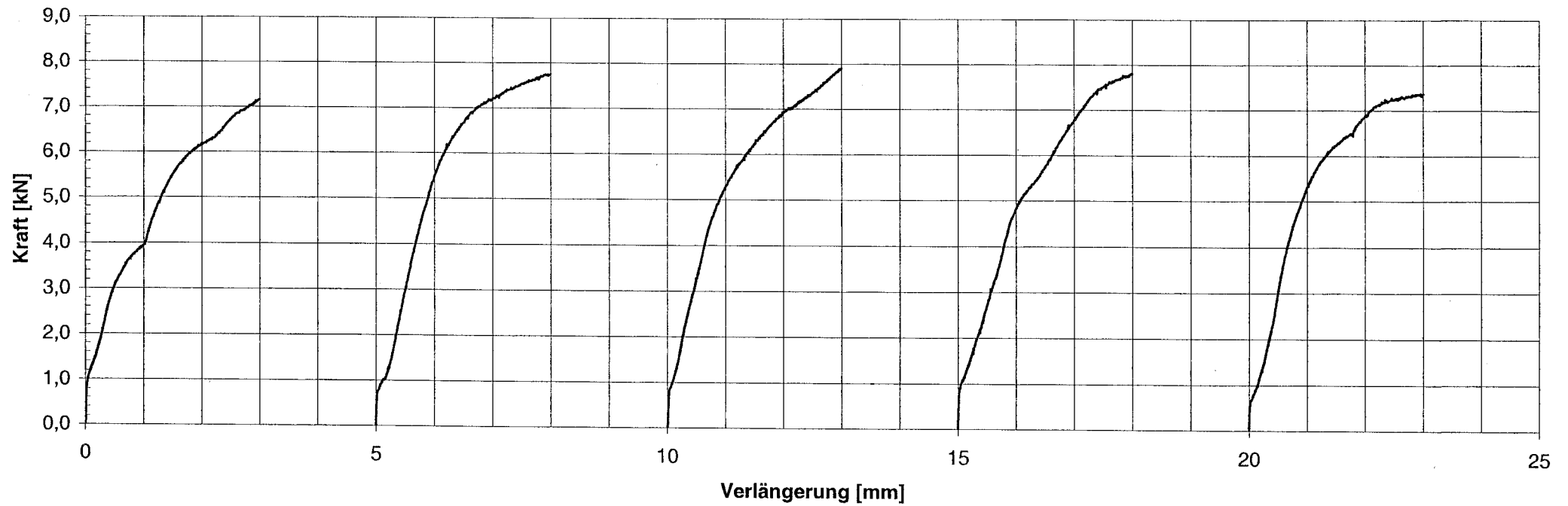


Diagramm 1.5: Last-Verformungskurven QZV-6,3-2-100/200-01 bis QZV-6,3-2-100/200-05

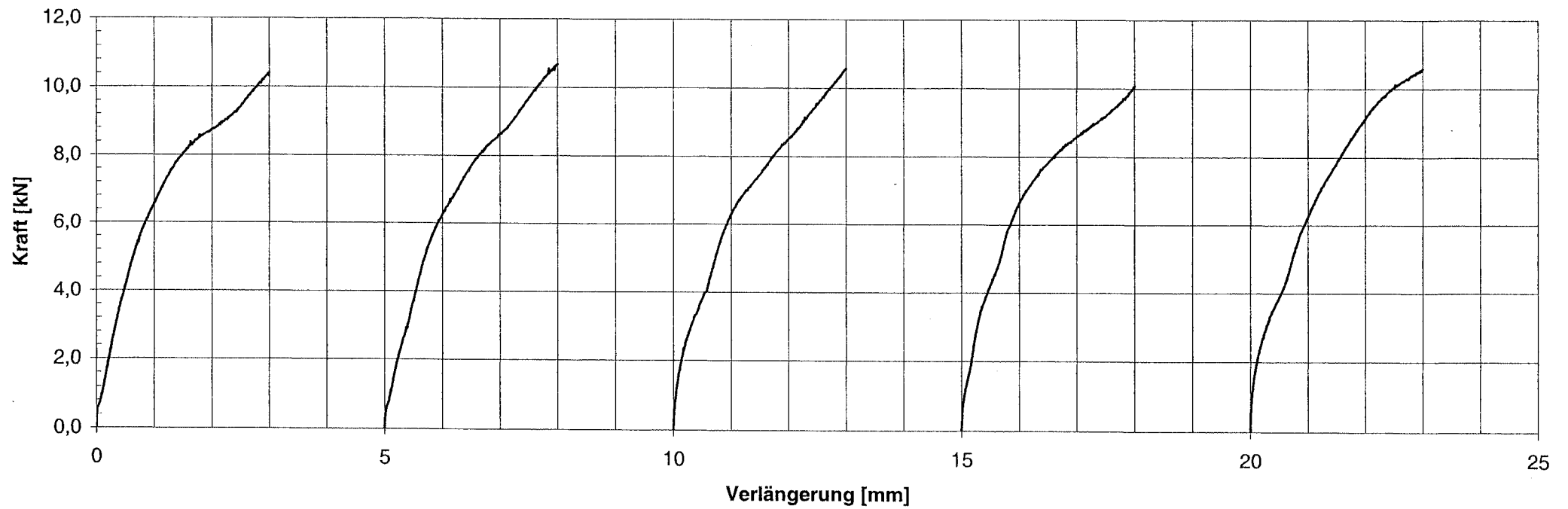


Diagramm 1.6: Last-Verformungskurven QZV-6,3-2-100/300-01 bis QZV-6,3-2-100/300-05

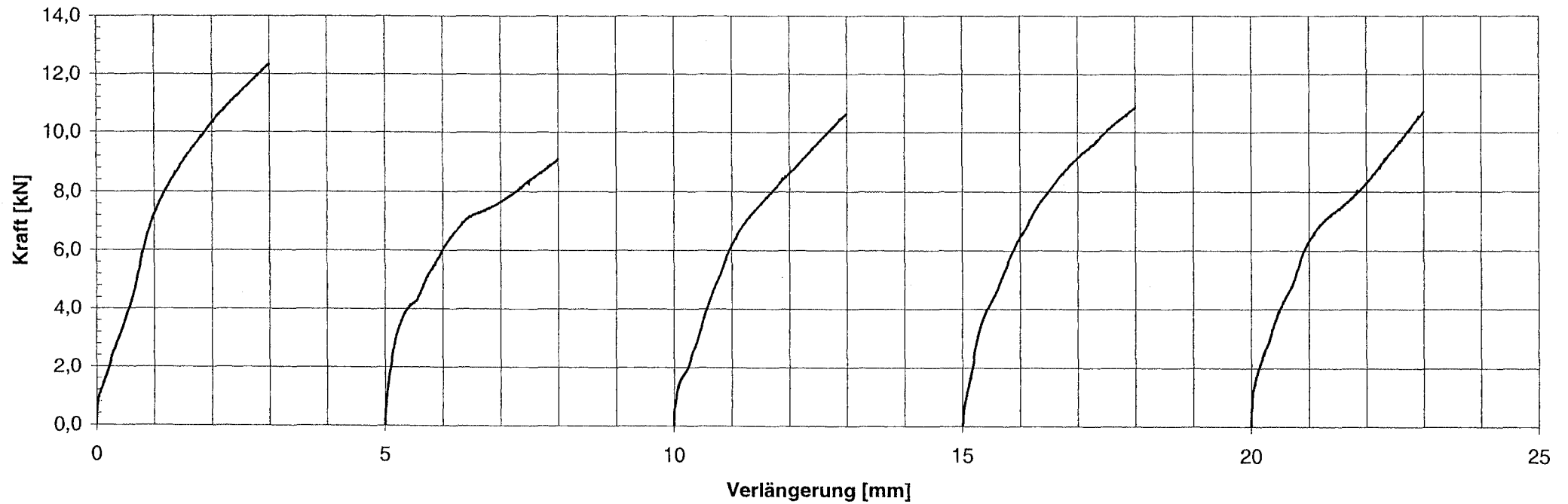


Diagramm 1.7: Last-Verformungskurven QZV-4,8-2-63/63-01 bis QZV-4,8-2-63/63-05

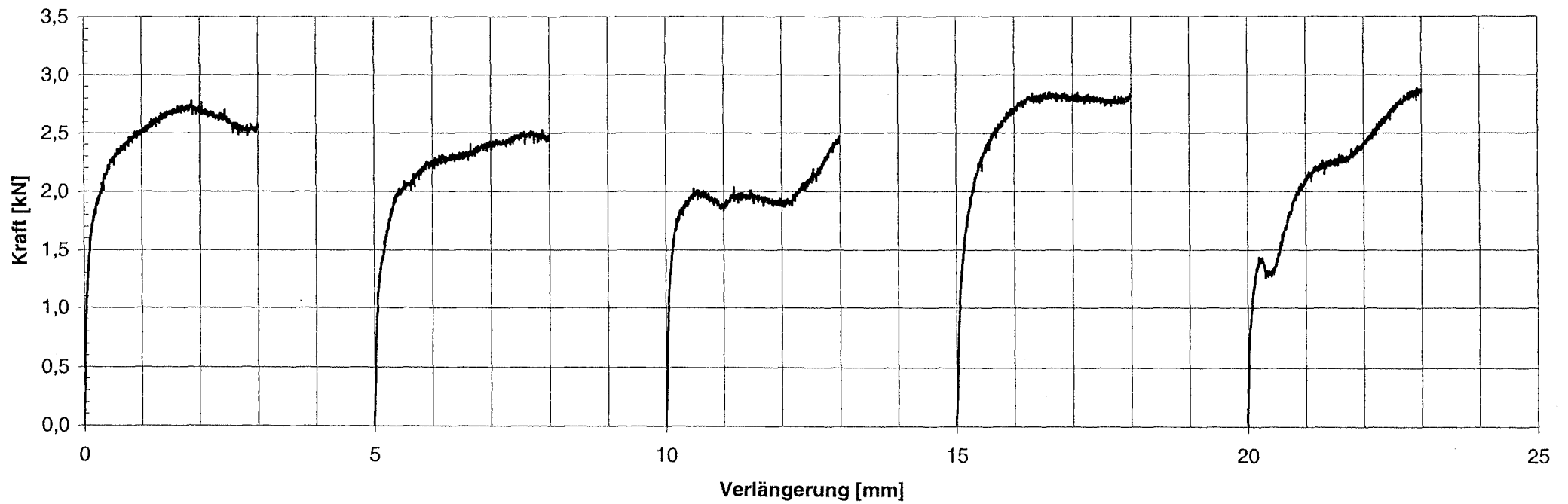


Diagramm 1.8: Last-Verformungskurven QZV-4,8-2-63/150-01 bis QZV-4,8-2-63/150-05

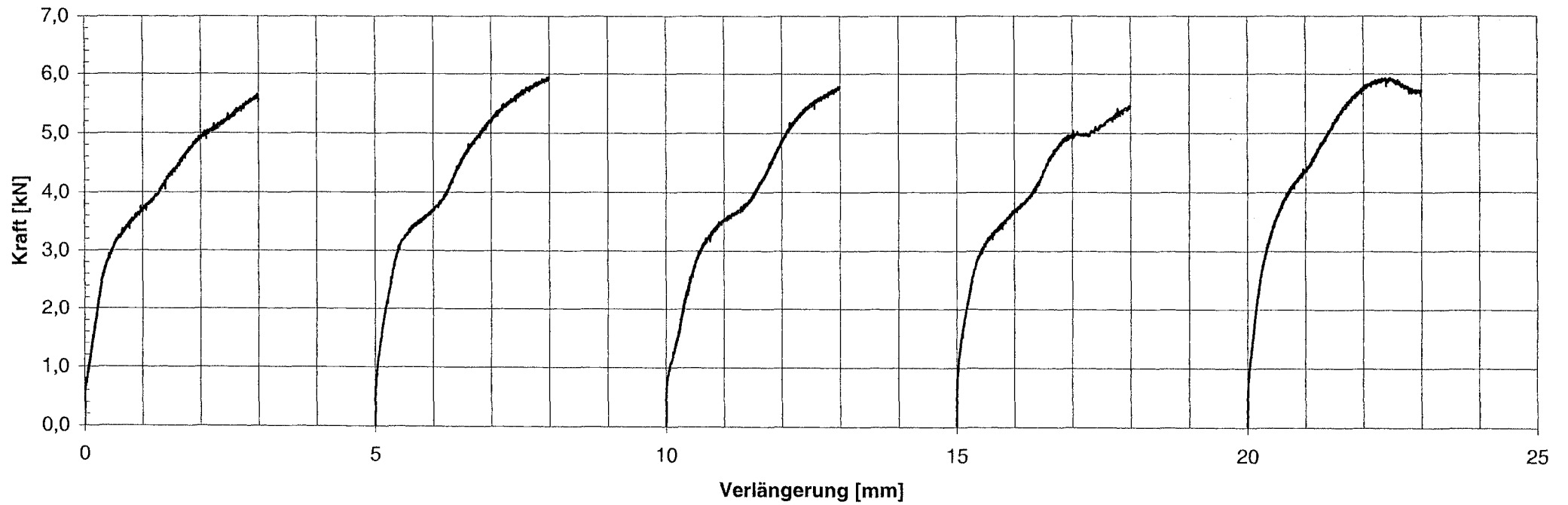


Diagramm 1.9: Last-Verformungskurven QZV-4,8-2-75/150-01 bis QZV-4,8-2-75/150-05

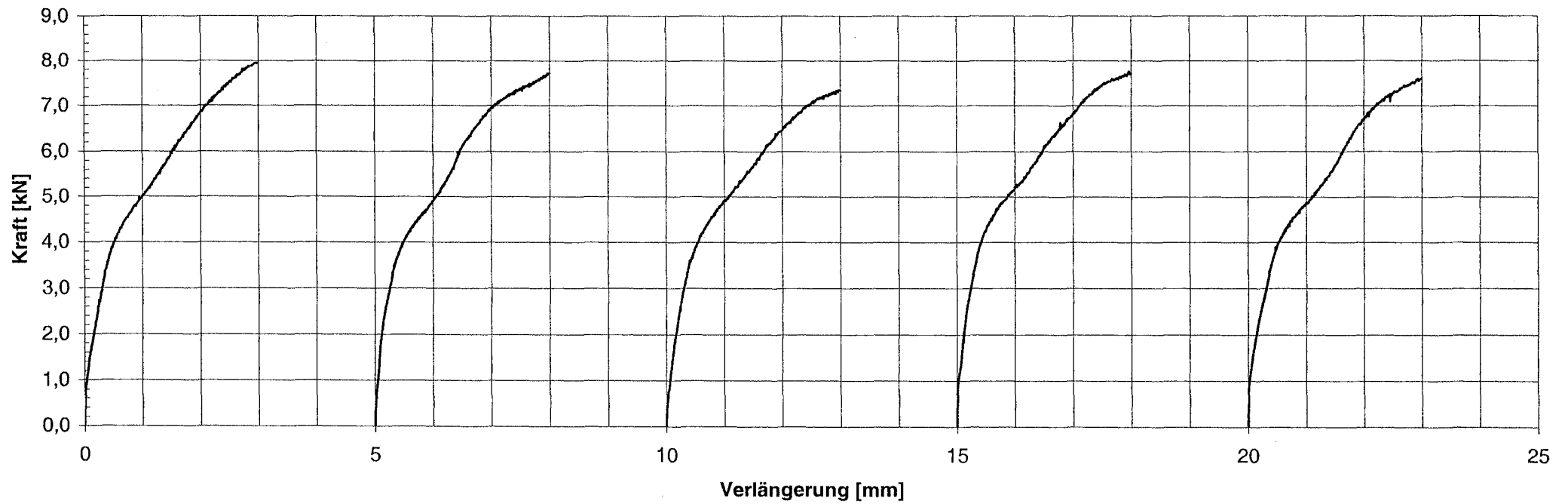


Diagramm 1.10: Last-Verformungskurven QZV-6,3-2-63/63-01 bis QZV-6,3-2-63/63-05

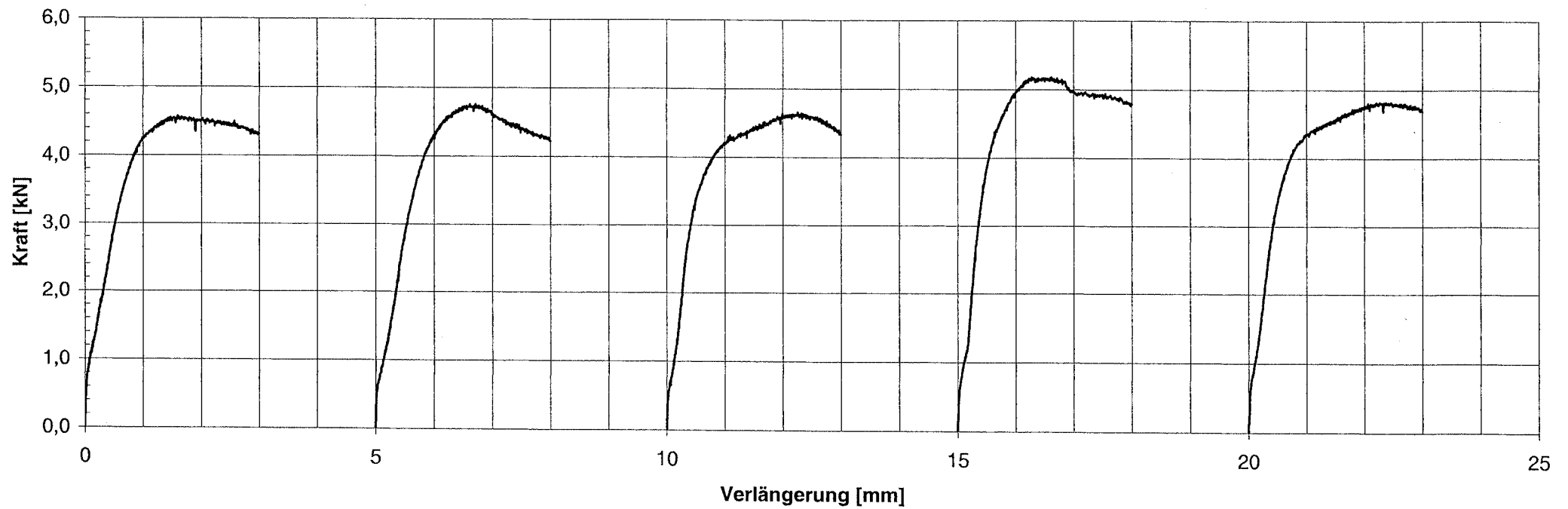


Diagramm 1.11: Last-Verformungskurven QZV-6,3-2-63/150-01 bis QZV-6,3-2-63/150-05

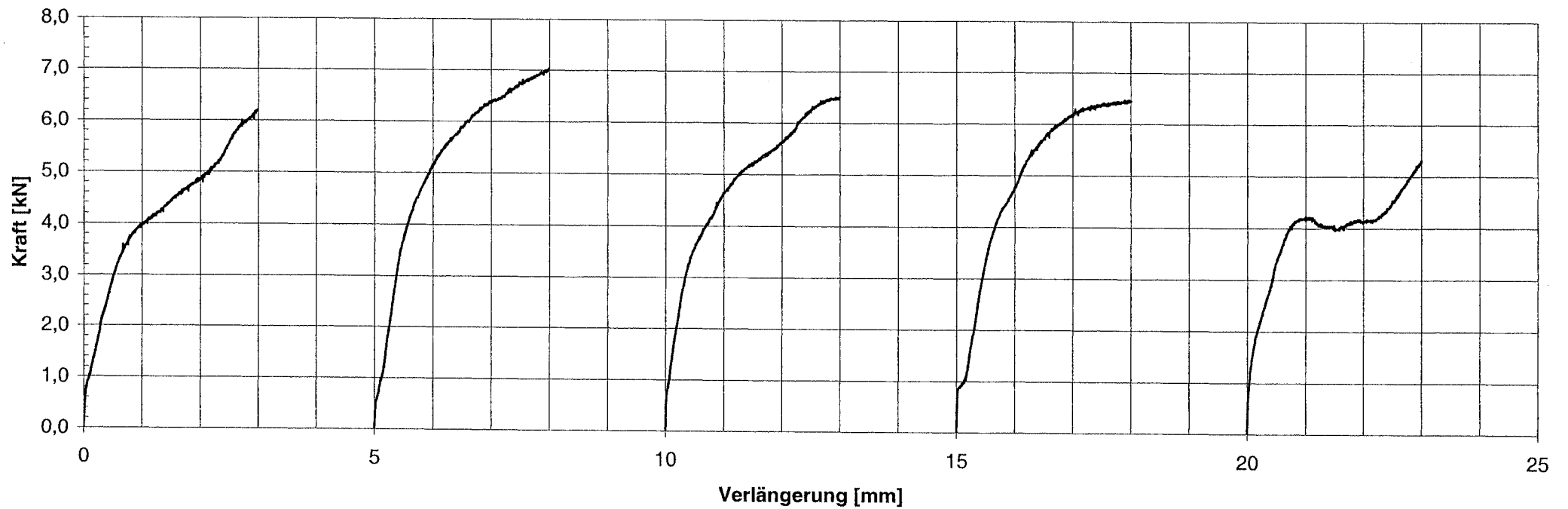


Diagramm 1.12: Last-Verformungskurven QZV-6,3-2-75/150-01 bis QZV-6,3-2-75/150-05

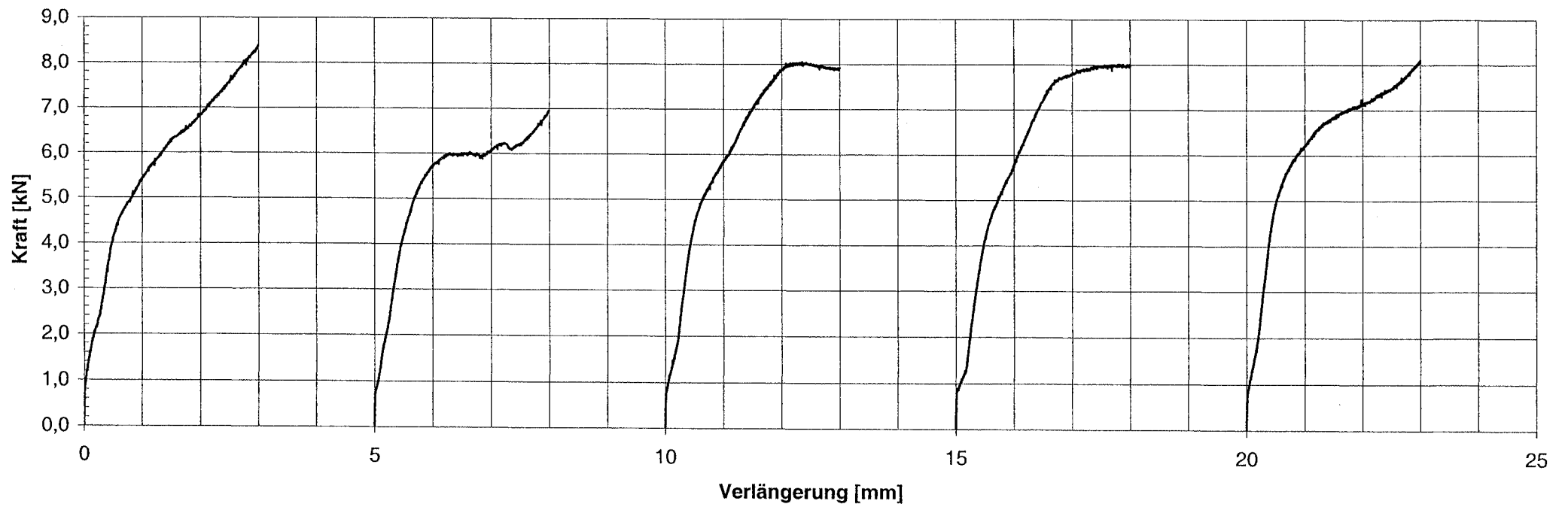
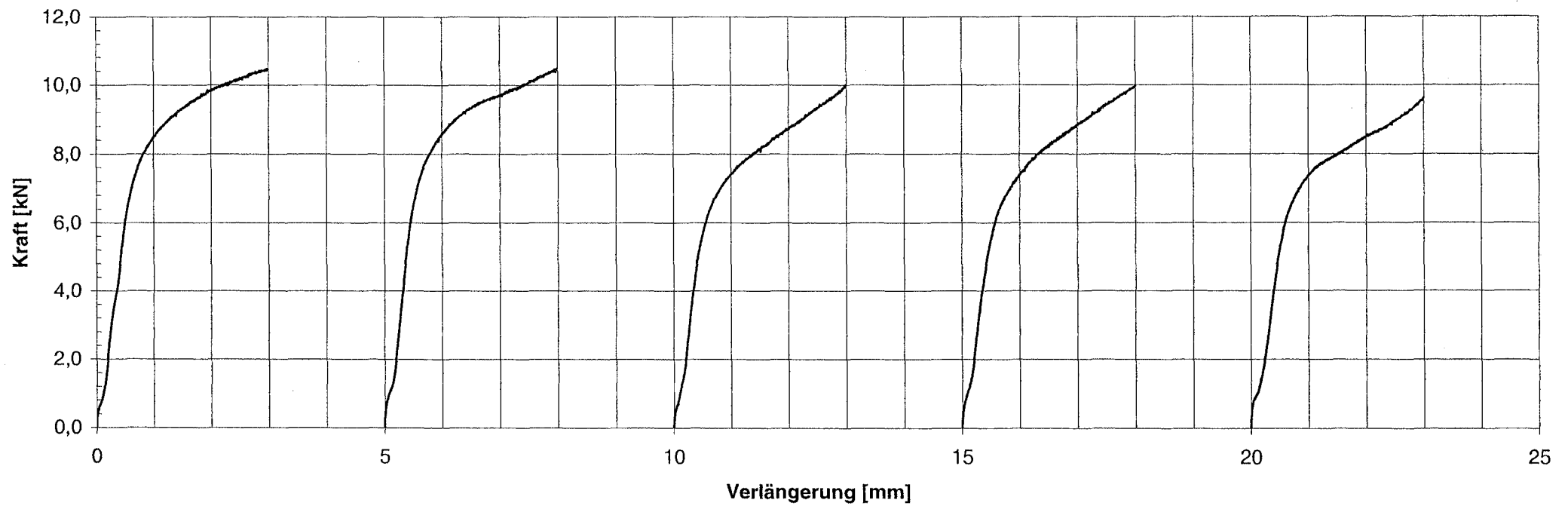


Diagramm 1.13: Last-Verformungskurven QZV-6,3-2-100/100-01 bis QZV-6,3-2-100/100-05



ANLAGE 2

Ergebnisse der Versuche mit zwei Verbindungselementen

Tabelle 2.1: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-3H-4,8

Dichtscheibe: Ø 14 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,00 mm
Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
Min. Blechdicke: 0,900 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Winkel [°]	Δ	Δ	VA
	t _{Ik} [mm]	t _{IIk} [mm]	F1 [kN]	f1 [mm]	F3,0 [kN]	Fu [kN]		Loch t _I [mm]	Loch t _{II} [mm]	
QZV-4,8-1-100/100- 01	1,033	1,054	3,39	2,9	3,38	3,39	11	1,09	0,29	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 02	1,044	1,037	3,68	2,9	3,65	3,68	14	1,51	0,36	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 03	1,045	1,030	3,60	3,0	3,60	3,60	13	1,16	0,36	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 04	1,042	1,034	3,61	3,0	3,61	3,61	14	1,31	0,10	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 05	1,035	1,032	3,82	3,0	3,82	3,82	14	1,39	0,43	S / L _I / L _{II}
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	
Mittelwert:	1,040	1,037				3,62	13	1,29	0,31	
Standardabweichung:						0,16				
Fraktilwert:						3,24				
normierter Wert (Bauteil I):						2,42				
normierter Wert (Bauteil II):						2,43				
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes								
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I								
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II								

Tabelle 2.2: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-3H-4,8

Dichtscheibe: Ø 14 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
Material: S 235 nach DIN EN 10025
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
Min. Blechdicke: 1,784 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Fu	Winkel	Δ Loch t _l	VA
	t _{ik}	t _{IIk}	F1	f1	F3,0					
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[°]				
QZV-4,8-1-100/200- 01	1,039	1,994	4,22	3,0	4,22	4,22	9	2,17	L _I	
QZV-4,8-1-100/200- 02	1,034	1,991	4,36	3,0	4,36	4,36	9	2,31	L _I	
QZV-4,8-1-100/200- 03	1,046	2,007	4,07	3,0	4,07	4,07	9	1,91	L _I	
QZV-4,8-1-100/200- 04	1,040	1,996	4,27	3,0	4,27	4,27	9	2,20	L _I	
QZV-4,8-1-100/200- 05	1,041	1,992	4,30	3,0	4,30	4,30	9	2,17	L _I	
Anzahl:	5	5				5	5	5		
Mittelwert:	1,040	1,996				4,24	9	2,15		
Standardabweichung:						0,11				
Fraktilwert:						3,97				
normierter Wert (Bauteil I):						2,97				
normierter Wert (Bauteil II):						3,55				
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes								
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I								
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II								

Tabelle 2.3: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-6-6,3

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
Material: S 235 nach DIN EN 10025
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
Min. Blechdicke: 1,784 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Winkel [°]	Δ Loch t _l [mm]	VA
	t _{lk}	t _{llk}	F1	f1	F3,0	Fu			
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN]			
QZV-6,3-1-75/200- 01	0,688	1,981	4,00	3,0	4,00	4,00	1	1,95	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 02	0,687	1,983	4,00	3,0	4,00	4,00	1	2,18	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 03	0,686	1,973	4,19	3,0	4,19	4,19	1	2,07	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 04	0,682	1,982	4,05	3,0	4,05	4,05	1	2,13	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 05	0,678	1,991	4,13	2,1	4,03	4,13	0	2,51	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	
Mittelwert:	0,684	1,982				4,07	1	2,17	
Standardabweichung:						0,08			
Fraktilwert:						3,87			
normierter Wert (Bauteil I):						3,44			
normierter Wert (Bauteil II):						3,48			
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes							
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I							
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II							

Tabelle 2.4: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-6-6,3

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 3,00 mm
Material: S 235 nach DIN EN 10025
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 301 N/mm²
Min. Blechdicke: 2,740 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Winkel [°]	Δ Loch t _l [mm]	VA
	t _{lk}	t _{llk}	F1	f1	F3,0	Fu			
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN]			
QZV-6,3-1-75/300- 01	0,695	3,058	4,13	3,0	4,13	4,13	0	2,47	L _I
QZV-6,3-1-75/300- 02	0,697	3,051	4,10	3,0	4,10	4,10	1	2,13	L _I
QZV-6,3-1-75/300- 03	0,705	3,058	4,07	3,0	4,07	4,07	1	2,15	L _I
QZV-6,3-1-75/300- 04	0,699	3,053	4,47	3,0	4,47	4,47	0	2,75	L _I
QZV-6,3-1-75/300- 05	0,695	3,059	4,33	3,0	4,33	4,33	1	2,42	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	
Mittelwert:	0,698	3,056				4,22	1	2,38	
Standardabweichung:						0,17			
Fraktilwert:						3,79			
normierter Wert (Bauteil I):						3,31			
normierter Wert (Bauteil II):						3,40			
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes							
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I							
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II							

Tabelle 2.5: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-6-6,3

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
Material: S 235 nach DIN EN 10025
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
Min. Blechdicke: 1,784 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Fu	Winkel	Δ Loch t _l	VA
	t _{ik}	t _{llk}	F1	f1	F3,0					
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN]				
QZV-6,3-1-100/200- 01	0,969	1,983	5,86	3,0	5,86	5,86	3	1,32	L _I	
QZV-6,3-1-100/200- 02	0,984	1,995	5,83	3,0	5,83	5,83	2	1,86	L _I	
QZV-6,3-1-100/200- 03	0,987	1,991	6,34	3,0	6,34	6,34	4	2,08	L _I	
QZV-6,3-1-100/200- 04	0,978	1,967	5,61	3,0	5,61	5,61	3	1,83	L _I	
QZV-6,3-1-100/200- 05	0,987	1,991	6,65	3,0	6,65	6,65	3	2,13	L _I	
Anzahl:	5	5				5	5	5		
Mittelwert:	0,981	1,985				6,06	3	1,84		
Standardabweichung:						0,42				
Fraktilwert:						5,01				
normierter Wert (Bauteil I):						3,98				
normierter Wert (Bauteil II):						4,50				
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes								
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I								
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II								

Tabelle 2.6: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-6-6,3

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 3,00 mm
Material: S 235 nach DIN EN 10025
Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
Akt. Zugfestigkeit: 301 N/mm²
Min. Blechdicke: 2,740 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Winkel [°]	Δ Loch t _l [mm]	VA
	t _{ik}	t _{ijk}	F1	f1	F3,0	Fu			
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN]			
QZV-6,3-1-100/300- 01	0,991	3,053	6,58	3,0	6,58	6,58	3	1,98	L _i
QZV-6,3-1-100/300- 02	1,010	3,052	6,89	3,0	6,89	6,89	4	2,23	L _i
QZV-6,3-1-100/300- 03	1,011	3,083	6,54	3,0	6,54	6,54	4	2,13	L _i
QZV-6,3-1-100/300- 04	1,009	3,074	6,62	3,0	6,62	6,62	4	2,10	L _i
QZV-6,3-1-100/300- 05	1,007	3,061	7,14	3,0	7,14	7,14	4	2,25	L _i
Anzahl:	5	5				5	5	5	
Mittelwert:	1,006	3,065				6,75	4	2,14	
Standardabweichung:						0,26			
Fraktilwert:						6,12			
normierter Wert (Bauteil I):						4,74			
normierter Wert (Bauteil II):						5,48			
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes							
	L _i :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I							
	L _{ii} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II							

Tabelle 2.7: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 4,8 r

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 414,8 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 0,63 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 414,8 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,535 mm

Beilast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Winkel	Δ Loch t _I	Δ Loch t _{II}	VA
	t _{ik} [mm]	t _{ilk} [mm]	F1 [kN]	f1 [mm]	F3,0 [kN]	Fu [kN]				
QZV-4,8-1-63/63- 01	0,558	0,560	1,85	1,3	1,80	1,85	14	1,61	0,57	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-63/63- 02	0,552	0,549	2,17	2,0	2,11	2,17	9	0,63	1,23	L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-63/63- 03	0,581	0,577	2,30	2,1	2,25	2,30	6	0,56	1,20	L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-63/63- 04	0,584	0,579	2,45	2,0	2,36	2,45	10	0,65	1,13	L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-63/63- 05	0,558	0,587	2,14	2,2	2,07	2,14	9	1,72	0,80	L _I / L _{II}
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	
Mittelwert:	0,567	0,570				2,18	10	1,03	0,99	
Standardabweichung:						0,22				
Fraktilwert:						1,63				
normierter Wert (Bauteil I):						1,34				
normierter Wert (Bauteil II):						1,33				
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes								
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I								
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II								

Tabelle 2.8: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 4,8 r

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 414,8 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 368,6 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 1,383 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Winkel [°]	Δ Loch t _l [mm]	VA
	t _{lk}	t _{llk}	F1	f1	F3,0	Fu			
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN]			
QZV-4,8-1-63/150- 01	0,553	1,444	2,72	2,2	2,64	2,72	2	2,68	L _I
QZV-4,8-1-63/150- 02	0,544	1,465	2,84	3,0	2,84	2,84	4	2,50	L _I
QZV-4,8-1-63/150- 03	0,545	1,445	2,91	2,4	2,81	2,91	3	2,79	L _I
QZV-4,8-1-63/150- 04	0,565	1,456	2,98	2,5	2,95	2,98	2	2,52	L _I
QZV-4,8-1-63/150- 05	0,550	1,438	2,71	2,6	2,67	2,71	3	3,05	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	
Mittelwert:	0,551	1,450				2,83	3	2,71	
Standardabweichung:						0,12			
Fraktilwert:						2,60			
normierter Wert (Bauteil I):						2,19			
normierter Wert (Bauteil II):						2,42			
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes							
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I							
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II							

Tabelle 2.9: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 4,8 r

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387,0 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 368,6 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 1,383 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F1	f1	F3,0	Fu	Winkel	Δ Loch t _l	VA
	t _{ik} [mm]	t _{ilk} [mm]							
QZV-4,8-1-75/150- 01	0,698	1,472	3,19	2,4	3,05	3,19	3	2,60	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 02	0,691	1,452	3,06	2,5	3,02	3,06	2	2,51	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 03	0,689	1,475	3,56	3,0	3,56	3,56	3	2,70	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 04	0,690	1,466	3,79	3,0	3,79	3,79	4	2,52	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 05	0,695	1,457	3,78	2,9	3,75	3,78	3	2,50	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	
Mittelwert:	0,693	1,464				3,48	3	2,57	
Standardabweichung:						0,34			
Fraktilwert:						2,65			
normierter Wert (Bauteil I):						2,33			
normierter Wert (Bauteil II):						2,44			
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes							
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I							
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II							

Tabelle 2.10: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 6,3 r

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 414,8 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 0,63 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 414,8 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,535 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F1	f1	F3,0	Fu	Winkel	Δ Loch	Δ Loch	VA
	t _{ik}	t _{ijk}								
	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	[°]	[mm]	[mm]	
QZV-6,3-1-63/63- 01	0,595	0,605	2,47	3,0	2,43	2,47	14	0,42	1,18	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 02	0,600	0,580	2,26	3,0	2,26	2,26	15	0,59	0,42	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 03	0,600	0,571	1,82	3,0	1,82	1,82	15	0,52	1,16	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 04	0,595	0,578	2,17	3,0	2,17	2,17	11	0,72	1,36	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 05	0,600	0,580	2,21	3,0	2,21	2,21	12	0,56	1,17	S / L _I / L _{II}
Anzahl:	5	5				5	5	5	5	
Mittelwert:	0,598	0,583				2,18	13	0,56	1,06	
Standardabweichung:						0,23				
Fraktilwert:						1,61				
normierter Wert (Bauteil I):						1,25				
normierter Wert (Bauteil II):						1,28				
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II									

Tabelle 2.11: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 6,3 r

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 414,8 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 368,6 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 1,383 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F1	f1	F3,0	Fu	Winkel	Δ Loch t _l	VA
	t _{ik} [mm]	t _{ijk} [mm]							
QZV-6,3-1-63/150- 01	0,574	1,468	3,08	3,0	3,08	3,08	3	2,76	L _I
QZV-6,3-1-63/150- 02	0,572	1,471	3,14	3,0	3,14	3,14	2	2,57	L _I
QZV-6,3-1-63/150- 03	0,567	1,463	2,86	3,0	2,86	2,86	1	2,75	L _I
QZV-6,3-1-63/150- 04	0,571	1,463	3,14	3,0	3,14	3,14	2	2,65	L _I
QZV-6,3-1-63/150- 05	0,584	1,465	2,74	2,6	2,56	2,74	1	2,97	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	
Mittelwert:	0,574	1,466				2,99	2	2,74	
Standardabweichung:						0,18			
Fraktilwert:						2,55			
normierter Wert (Bauteil I):						2,06			
normierter Wert (Bauteil II):						2,35			
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes							
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I							
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II							

Tabelle 2.12: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 6,3 r

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken					Fu [kN]	Winkel [°]	Δ Loch t _l [mm]	VA
	t _{ik} [mm]	t _{ijk} [mm]	F1 [kN]	f1 [mm]	F3,0 [kN]				
QZV-6,3-1-75/150- 01	0,694	1,485	3,39	3,0	3,39	3,39	0	2,60	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 02	0,716	1,463	3,49	2,2	3,32	3,49	0	2,81	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 03	0,717	1,474	3,88	3,0	3,88	3,88	1	2,55	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 04	0,722	1,463	4,13	3,0	4,13	4,13	0	2,51	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 05	0,711	1,464	3,04	3,0	3,04	3,04	0	2,59	L _I
Anzahl:	5	5				5	5	5	
Mittelwert:	0,712	1,470				3,59	0	2,61	
Stdabw.:						0,43			
Fraktilwert:						2,54			
normierter Wert (Bauteil I):						2,17			
normierter Wert (Bauteil II):						2,34			
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II								

Tabelle 2.13: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 6,3 r

Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416,3 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,00 mm
 Materialgüte: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min.-Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416,3 N/mm²
 Min.-Blechdicke: 0,900 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Winkel [°]	Δ	Δ	VA
	t _{ik} [mm]	t _{ijk} [mm]	F1 [kN]	f1 [mm]	F3,0 [kN]	Fu [kN]		Loch t _I [mm]	Loch t _{II} [mm]	
QZV-6,3-1-100/100- 01	0,989	1,011	4,66	3,0	4,66	4,66	16	0,94	0,78	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 02	1,018	1,010	5,41	3,0	5,41	5,41	14	1,02	0,60	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 03	1,009	1,014	4,64	3,0	4,64	4,64	18	0,82	0,41	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 04	1,018	1,003	4,90	3,0	4,90	4,90	18	0,98	0,35	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 05	1,007	1,029	4,83	3,0	4,83	4,83	18	0,99	0,34	S / L _I / L _{II}
Anzahl:	5	5			5	5	5	5	5	
Mittelwert:	1,008	1,013			4,89	4,89	17	0,95	0,50	
Standardabweichung:					0,31	0,31				
Fraktilwert:					4,12	4,12				
normierter Wert (Bauteil I):					3,18	3,18				
normierter Wert (Bauteil II):					3,17	3,17				
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes								
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I								
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II								

Diagramm 2.1: Last-Verformungskurven QZV-4,8-1-100/100-01 bis QZV-4,8-1-100/100-05

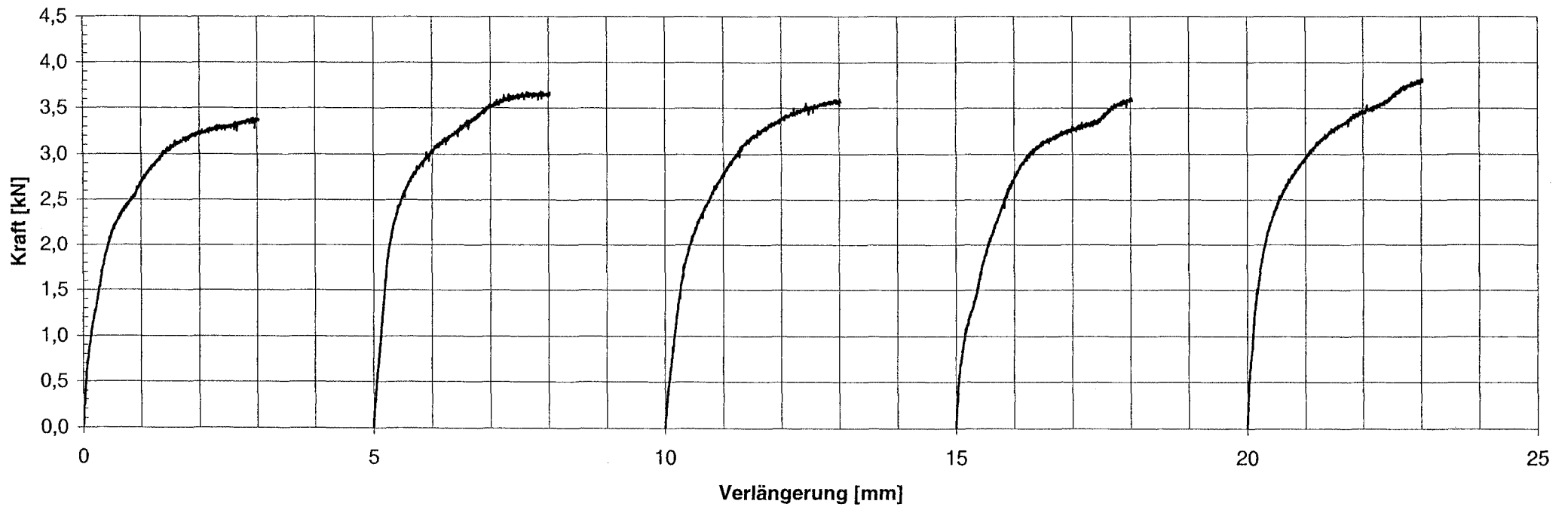


Diagramm 2.2: Last-Verformungskurven QZV-4,8-1-100/200-01 bis QZV-4,8-1-100/200-05

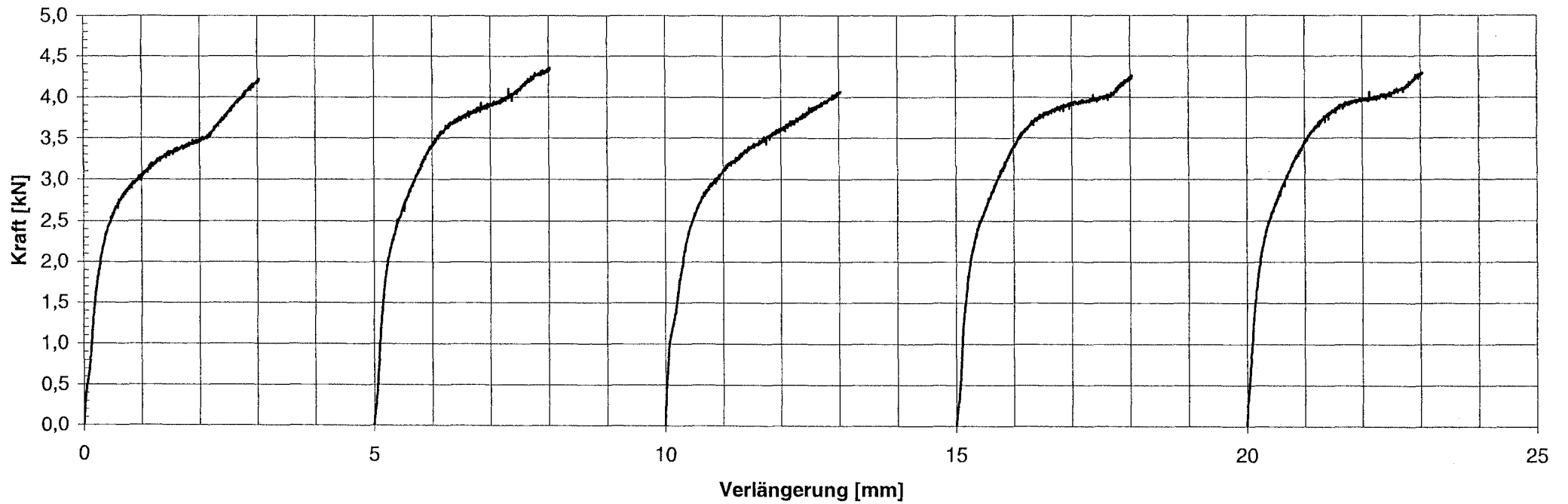


Diagramm 2.3: Last-Verformungskurven QZV-6,3-1-75/200-01 bis QZV-6,3-1-75/200-05

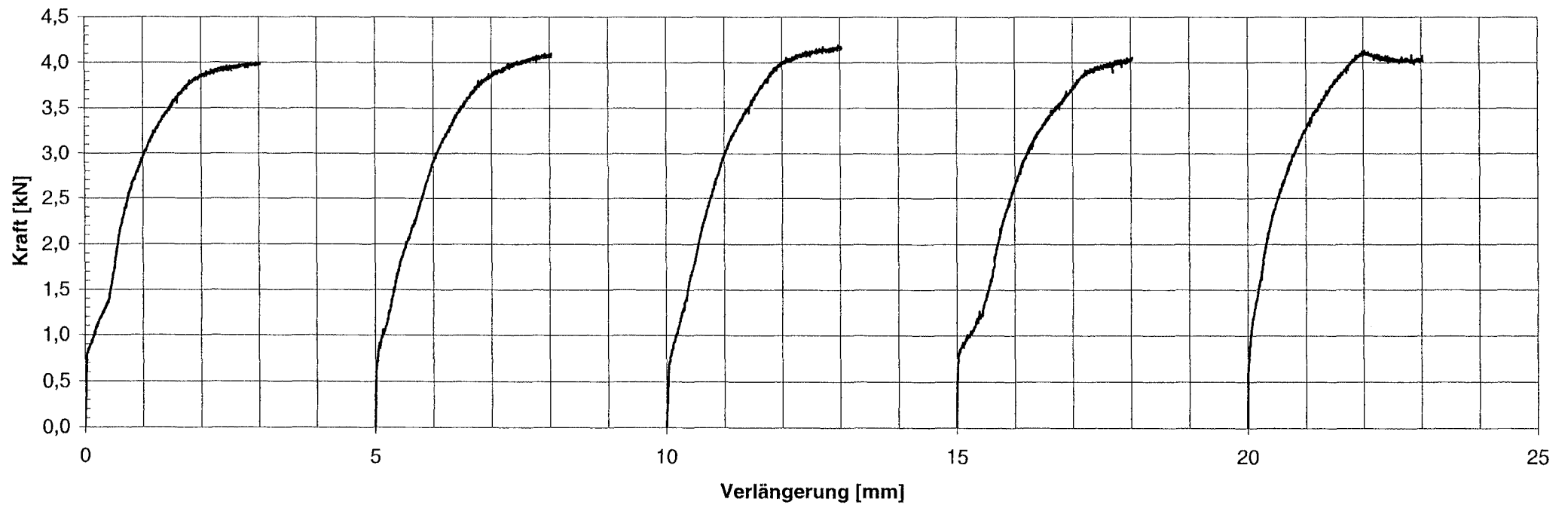


Diagramm 2.4: Last-Verformungskurven QZV-6,3-1-75/300-01 bis QZV-6,3-1-75/300-05

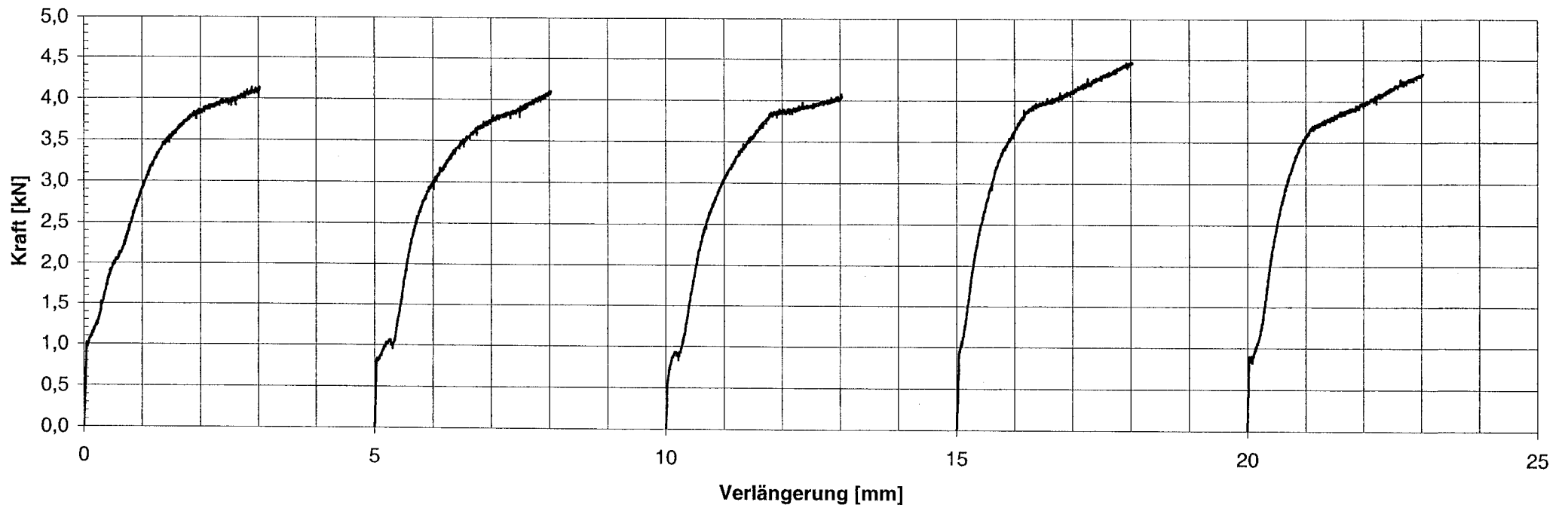


Diagramm 2.5: Last-Verformungskurven QZV-6,3-1-100/200-01 bis QZV-6,3-1-100/200-05

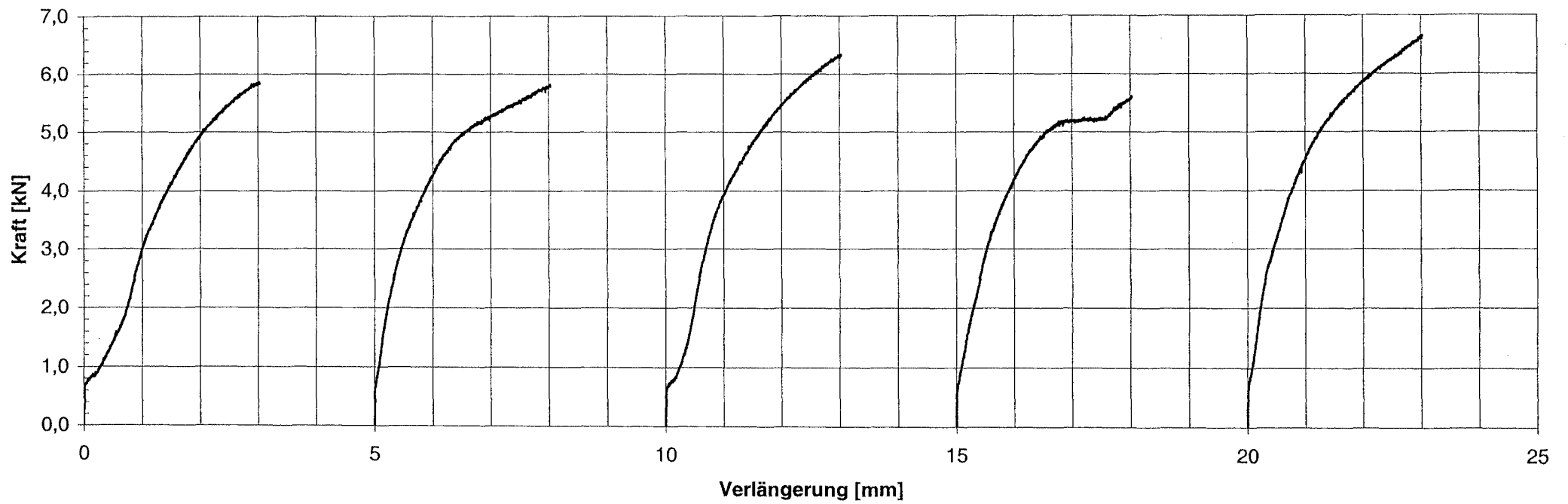


Diagramm 2.6: Last-Verformungskurven QZV-6,3-1-100/300-01 bis QZV-6,3-1-100/300-05

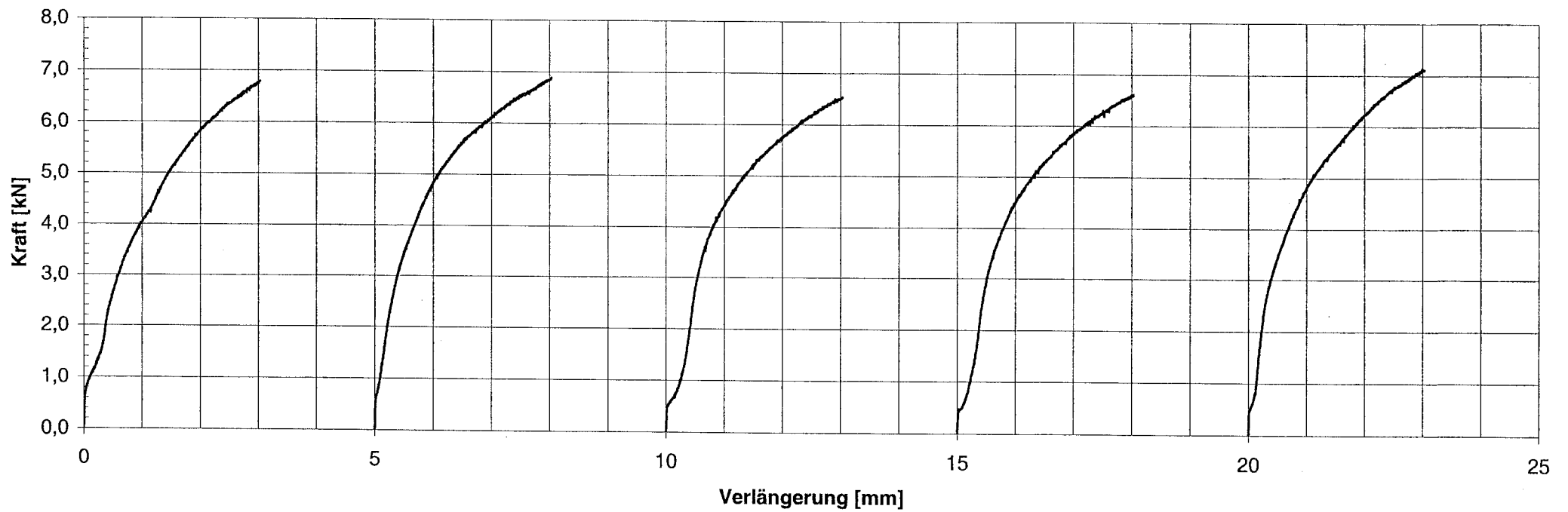


Diagramm 2.7: Last-Verformungskurven QZV-4,8-1-63/63-01 bis QZV-4,8-1-63/63-05

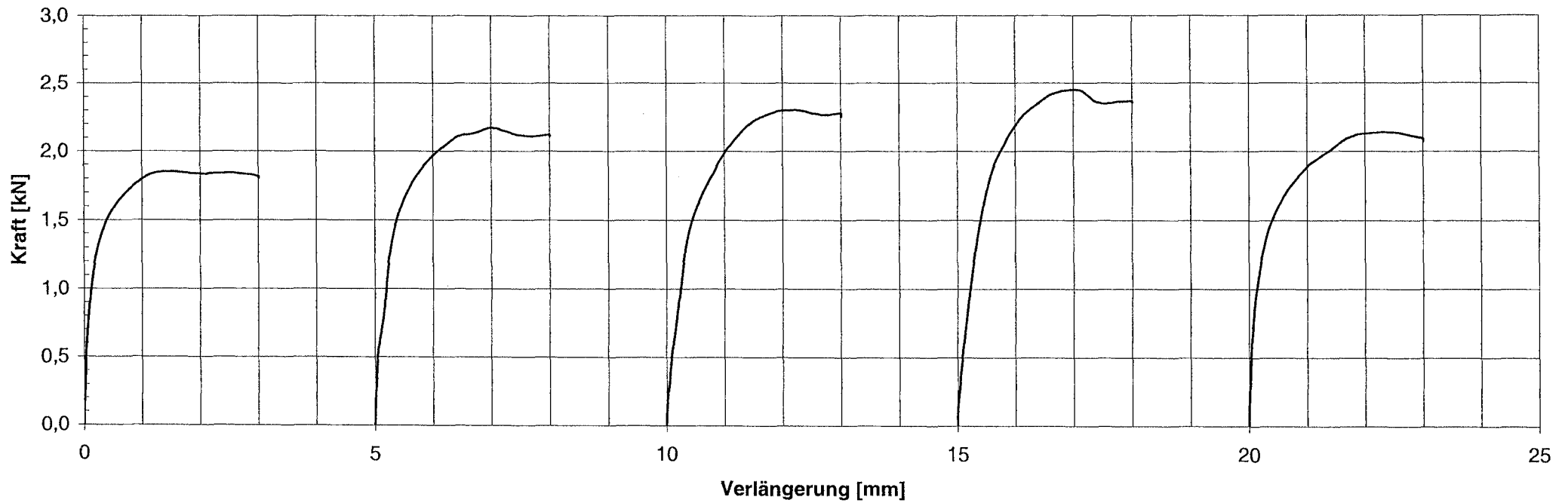


Diagramm 2.8: Last-Verformungskurven QZV-4,8-1-63/150-01 bis QZV-4,8-1-63/150-05

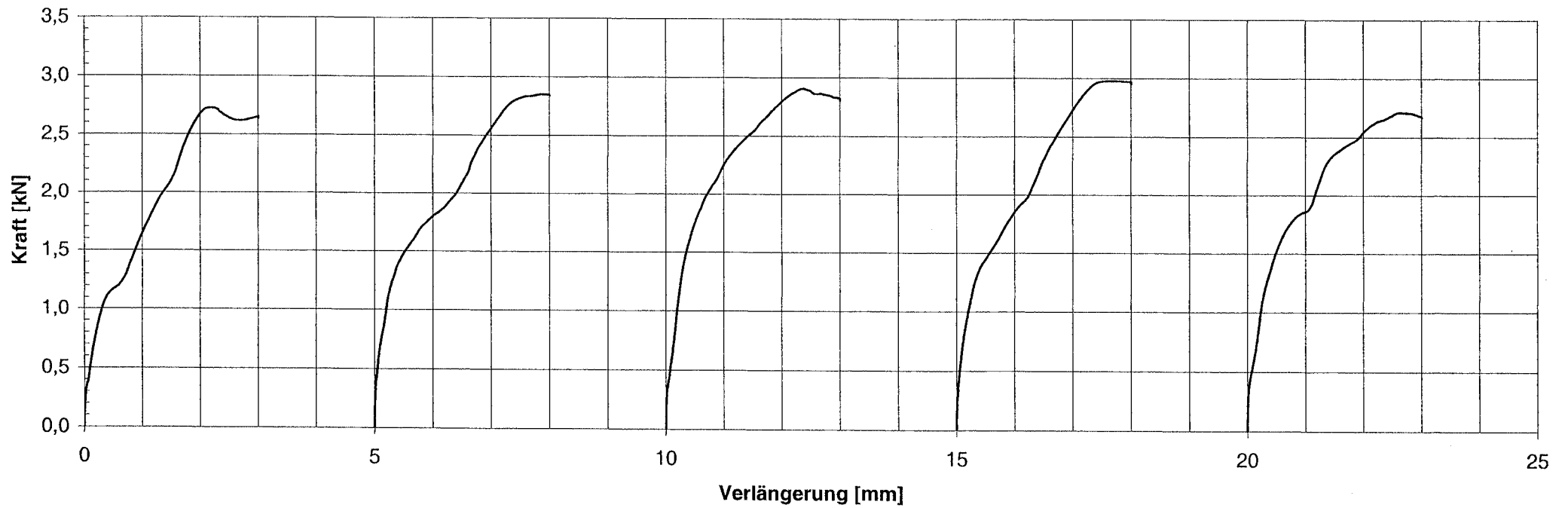


Diagramm 2.9: Last-Verformungskurven QZV-4,8-1-75/150-01 bis QZV-4,8-1-75/150-05

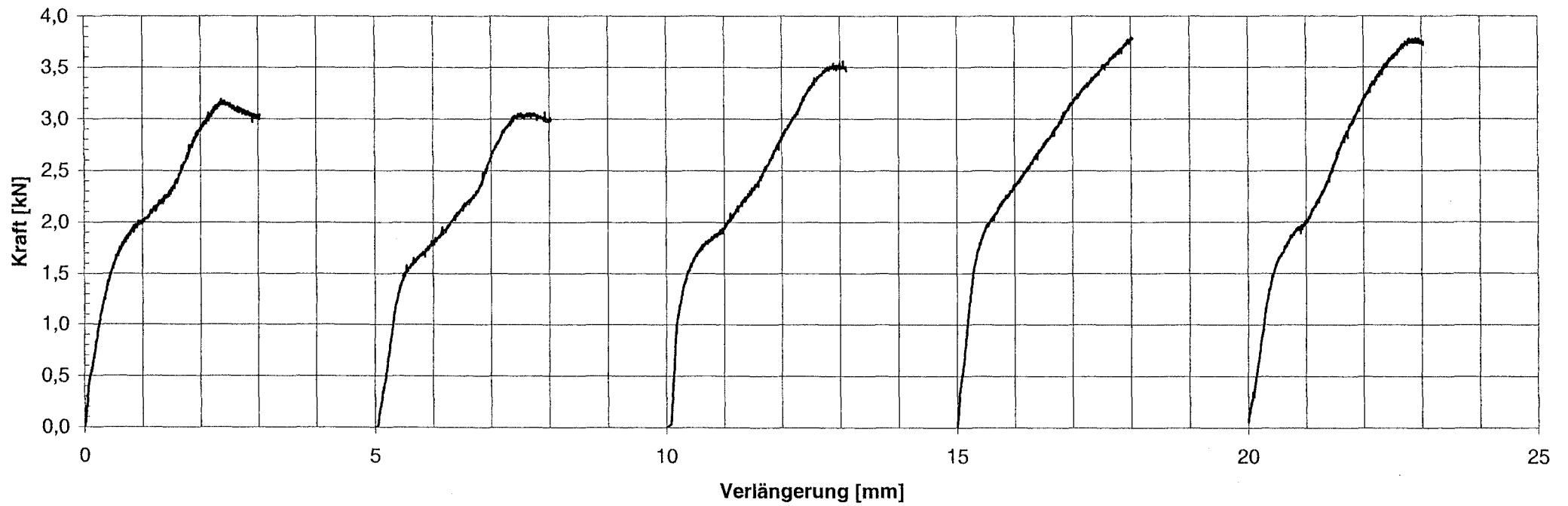


Diagramm 2.10: Last-Verformungskurven QZV-6,3-1-63/63-01 bis QZV-6,3-1-63/63-05

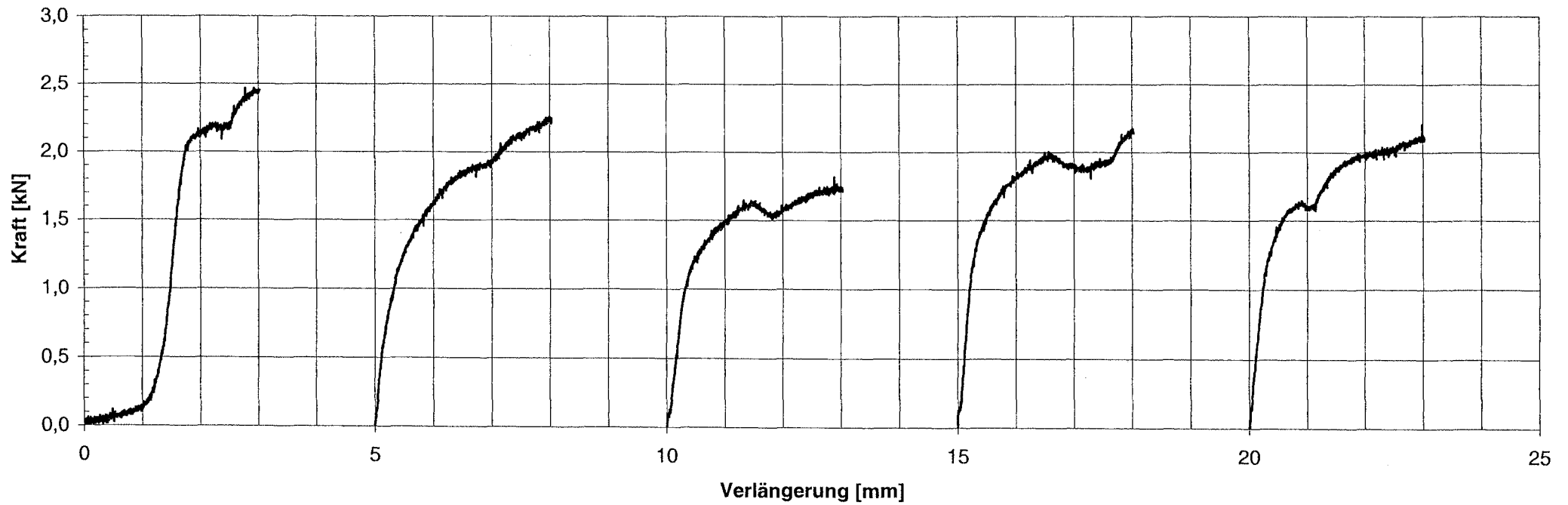


Diagramm 2.11: Last-Verformungskurven QZV-6,3-1-63/150-01 bis QZV-6,3-1-63/150-05

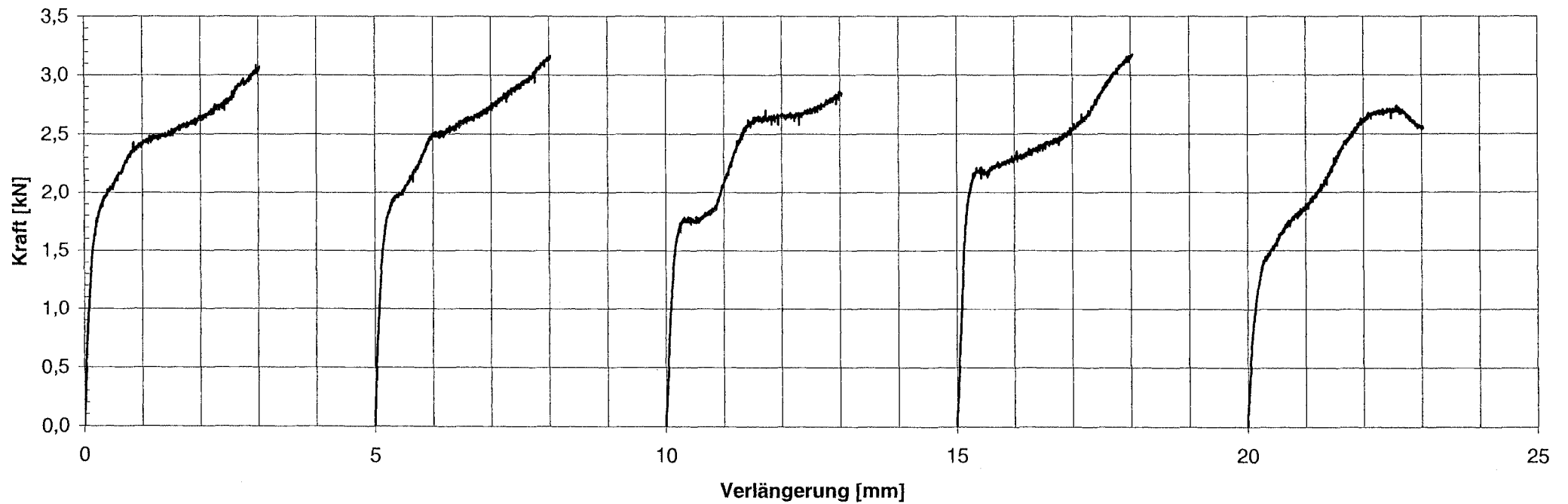


Diagramm 2.12: Last-Verformungskurven QZV-6,3-1-75/150-01 bis QZV-6,3-1-75/150-05

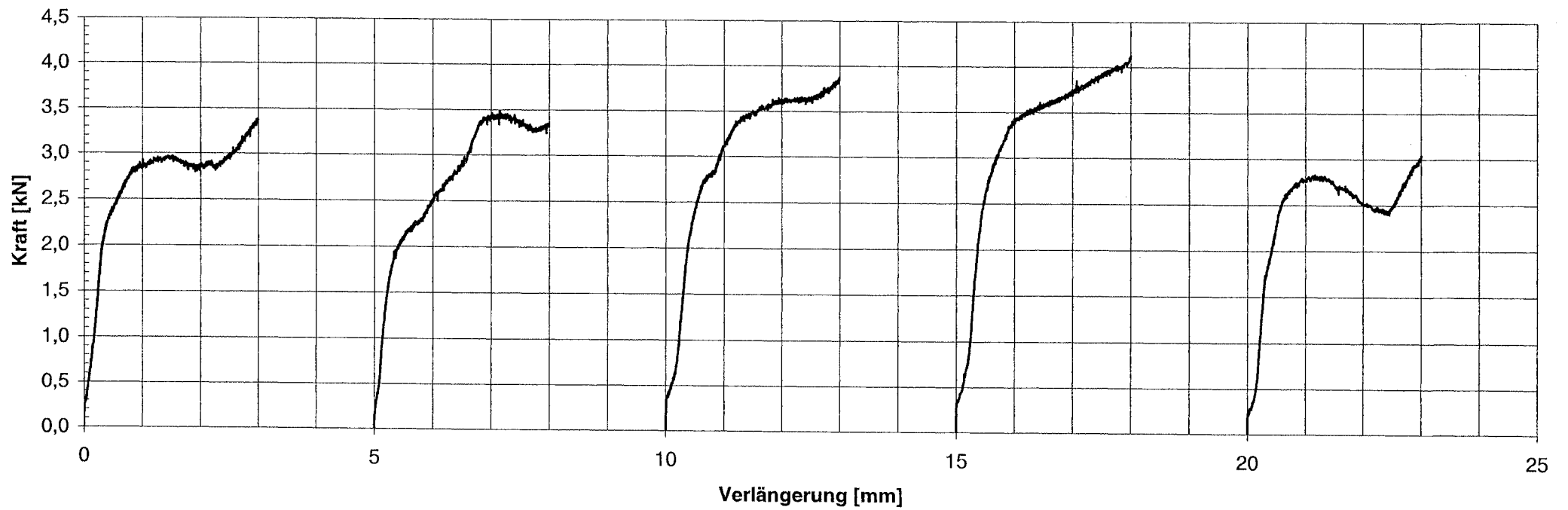
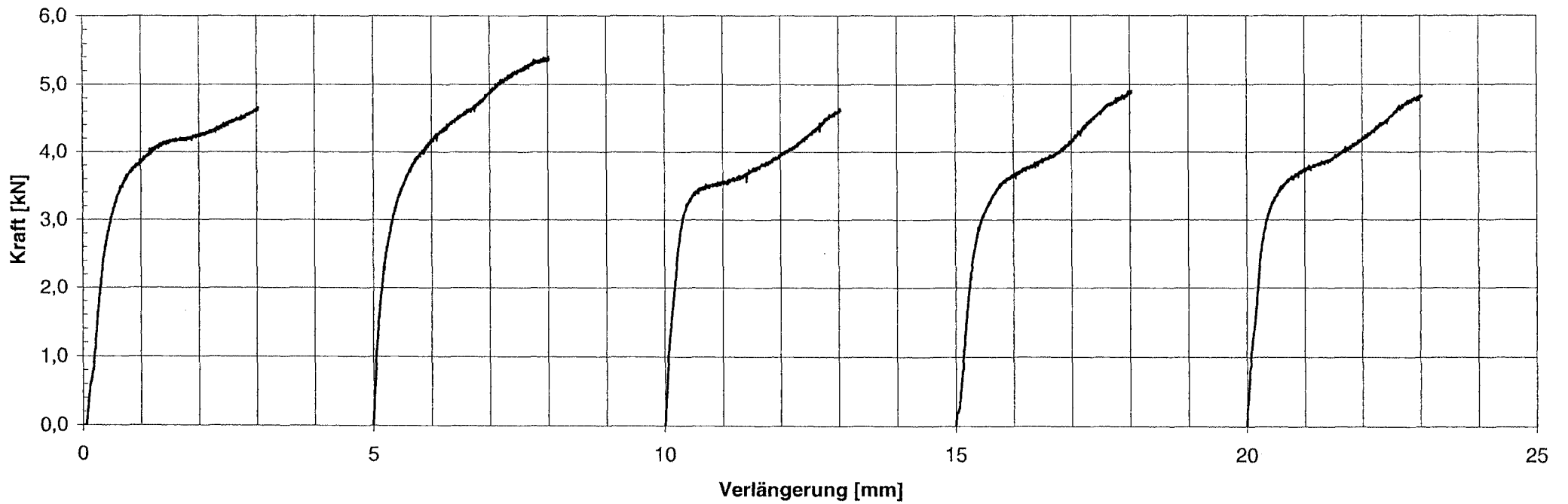


Diagramm 2.13: Last-Verformungskurven QZV-6,3-1-100/100-01 bis QZV-6,3-1-100/100-05



ANLAGE 3

Materialkennwerte

Tabelle 3.1: Materialkennwerte des verwendeten Blechmaterials

t [mm]	Ver. Nr.	t _z [mm]	t _k [mm]	min t _k [mm]	b [mm]	A [mm ²]	F _{p0,2} [kN]	R _{p0,2} [N/mm ²]	F _m [kN]	R _m [N/mm ²]	L ₀ [mm]	L' [mm]	delta [%]
0,63	1	0,027	0,567		19,822	11,239	3,900	347	4,624	411	80,00	101,59	27,0%
	2	0,030	0,561		19,828	11,124	3,850	346	4,629	416	80,00	101,94	27,4%
	3	0,029	0,565		19,819	11,198	3,850	344	4,667	417	80,00	101,61	27,0%
			0,029	0,564	0,535				346		415		
0,75	1	0,018	0,691		19,817	13,694	3,650	267	5,301	387	80,00	104,58	30,7%
	2	0,018	0,683		19,826	13,541	3,600	266	5,250	388	80,00	105,17	31,5%
	3	0,014	0,684		19,836	13,568	3,600	265	5,239	386	80,00	105,80	32,3%
			0,017	0,686	0,655				266		387		
1,00	1	0,032	0,977		19,622	19,171	7,550	394	7,934	414	80,00	103,92	29,9%
	2	0,031	0,980		19,619	19,227	7,680	399	7,981	415	80,00	101,76	27,2%
	3	0,035	0,972		19,660	19,110	7,530	394	8,022	420	80,00	100,19	25,2%
			0,033	0,976	0,900				396		416		
1,50	1	0,050	1,465		19,817	29,032	7,550	260	10,688	368	80,00	102,84	28,6%
	2	0,055	1,463		19,831	29,013	7,600	262	10,722	370	80,00	104,08	30,1%
	3	0,055	1,471		19,831	29,171	7,600	261	10,736	368	80,00	104,25	30,3%
			0,053	1,466	1,390				261		369		
2,00	1		1,989		19,802	39,386	8,350	212	13,737	349	80,00	108,08	35,1%
	2		1,981		19,815	39,254	8,400	214	13,580	346	80,00	110,05	37,6%
	3		1,983		19,805	39,273	8,400	214	13,689	349	80,00	108,98	36,2%
			-	1,984	1,875				213		348		
3,00	1		3,061		7,923	24,252	4,270	176	7,295	301	25,00	36,62	46,5%
	2		3,062		7,915	24,236	4,270	176	7,242	299	25,00	37,15	48,6%
	3		3,050		7,923	24,165	4,350	180	7,297	302	25,00	36,57	46,3%
			-	3,058	2,855				177		301		

ANLAGE 4

Bilder

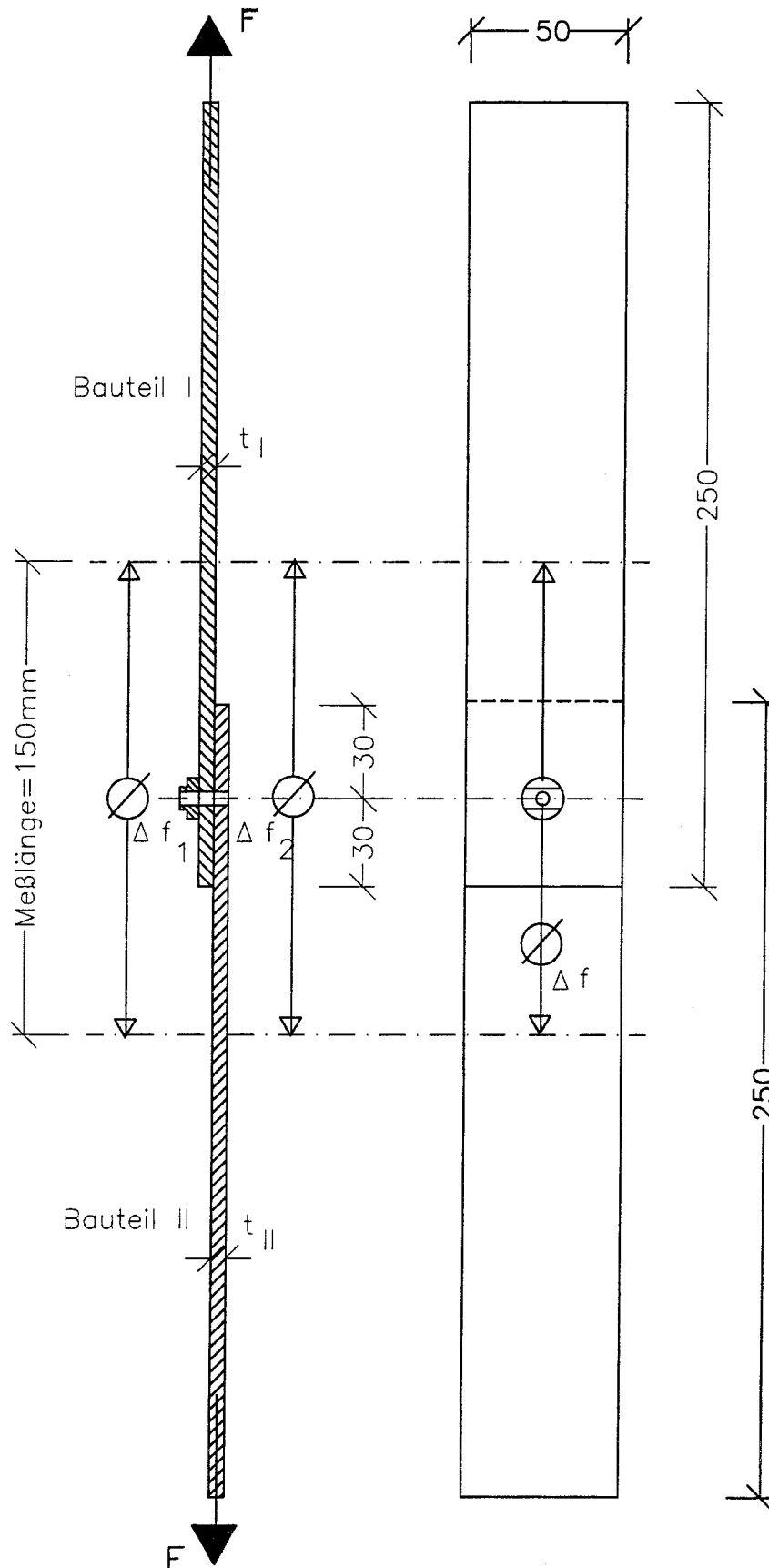


Bild 4.1: Versuchsanordnung mit einem Verbindungselement

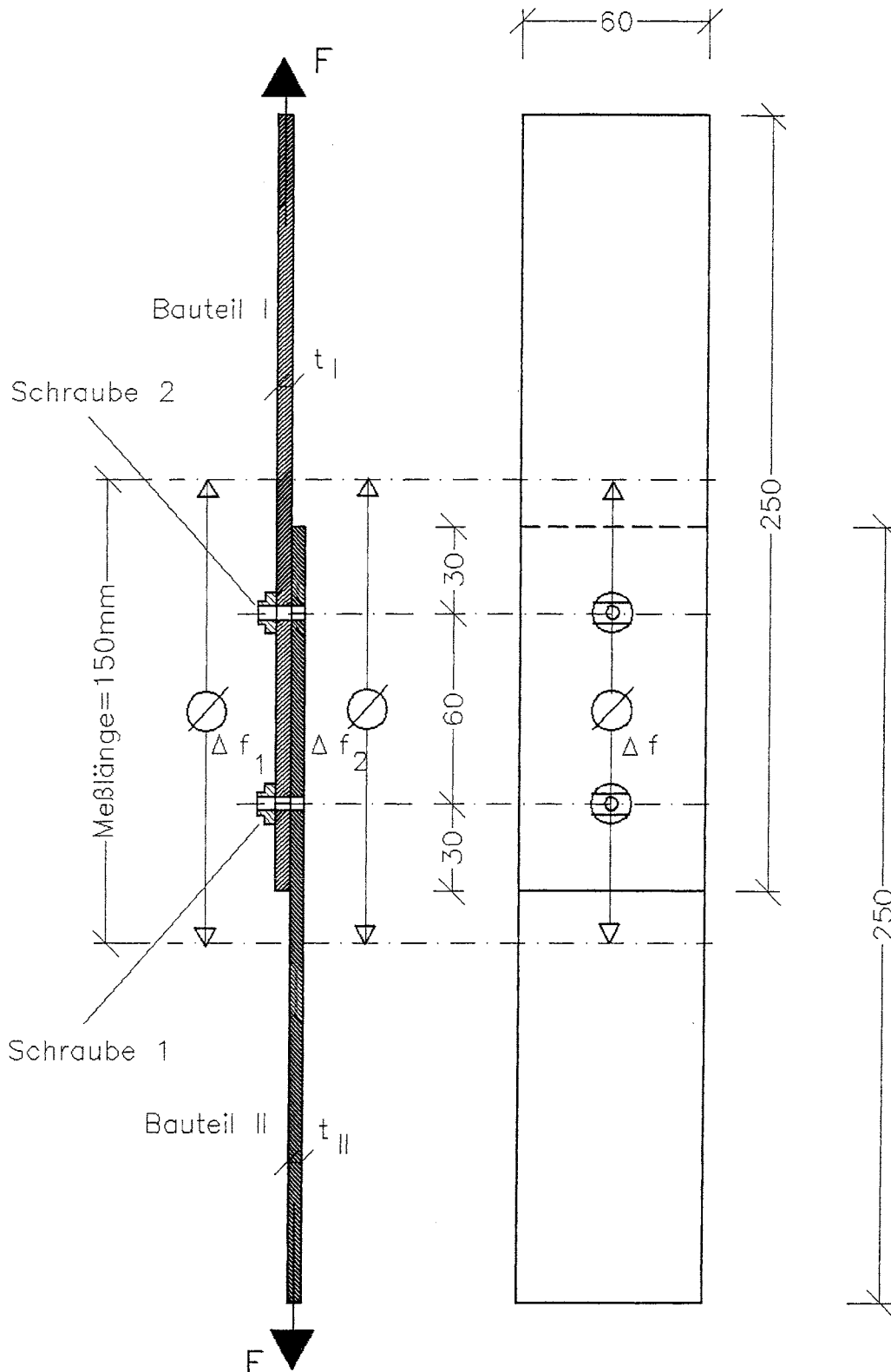


Bild 4.2: Versuchsanordnung mit zwei Verbindungselementen

Schrauben selbstbohrend

EJOT® - JT3-3H-4,8 x L

Blatt: 3.01
Anlage zum Ergänzungsbescheid
vom 10. Juli 2001
Zulassungs-Nr.: Z-14.1-4

max. Durchdringung: $\sum (t_i + t_{ij}) \leq 3,25 \text{ mm}$

Verbindungselement EJOT® Bohrschraube JT3-3H-4,8 x L mit Scheibe $\geq \varnothing 14 \text{ mm}$

Werkstoffe
Schraube
 nichtrostender Stahl, Werkstoff-Nr. 1.4301

Scheibe
 nichtrostender Stahl, Werkstoff-Nr. 1.4301 mit aufvulkanisierter EPDM-Dichtung

Hersteller
 EJOT Baubefestigungen GmbH
 In der Stockwiese 35
 D-57334 Bad Laasphe
 Tel.: (02752) 908-0; Fax: (02752) 908-731

Vertrieb
 EJOT Baubefestigungen GmbH

Bauteil II S235Jxx (für $t_{II} \leq 3 \text{ mm}$ auch S280GD+xx oder S320GD+xx)

Blechdicke [mm]	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,50	2,00	Belastungsart								
Anzugsmoment [Nm] (Richtwert)	anschlagorientiert verschrauben								 Querkraft zur F_Q kN							
	(3)															
Bauteil I Blechdicke in mm feuerverzinktes Stahlblech S280GD+xx oder S320GD+xx	0,50	0,50	ac	0,55	ac	0,60	ac	0,60	ac	0,60	abcd	0,60	abc	0,60	abc	 Zugkraft zur F_Z kN
	0,63	0,65		0,70		0,80	ac	0,80	ac	0,85	ac	0,85	ac	0,85	ac	
	0,75	0,80		0,90		0,95	ac	1,00	ac	1,05	ac	1,05	ac	1,05	a	
	0,88	0,80		0,95		1,15		1,25		1,35		1,35		1,35	a	
	1,00	0,80		1,05		1,30		1,45		1,55		1,55		1,55	a	
	1,13	0,80		1,05		1,30		1,45		1,70		1,70		1,75		
	1,25	0,80		1,05		1,30		1,45		1,85		1,85		1,90		
0,50	0,40	ac	0,55	ac	0,60	ac	0,75	ac	0,80	abcd	0,80	abc	0,80	abc	 Querkraft zur F_Q kN	
0,63	0,40		0,55		0,60	ac	0,75	ac	0,85	ac	1,20	ac	1,25	ac		
0,75	0,40		0,55		0,60	ac	0,75	ac	0,85	ac	1,20	ac	1,70	a		
0,88	0,40		0,55		0,60		0,75		0,85		1,20		1,70	a		
1,00	0,40		0,55		0,60		0,75		0,85		1,20		1,70	a		
1,13	0,40		0,55		0,60		0,75		0,85		1,20		1,70			
1,25	0,40		0,55		0,60		0,75		0,85		1,20		1,70			

Befestigungstypen

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

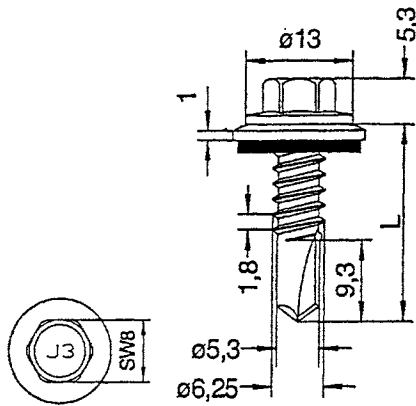
Bei Zwischenwerten der Bauteildicken I und II ist jeweils die zulässige Quer- und Zugkraft der geringeren Bauteildicke zu wählen.

Bild 4.3: Schraube JT3-3H-4,8

Schrauben
 selbstbohrend

EJOT® - JT3-6-6,3 x L

Blatt: 4.128
 Anlage zum Ergänzungsbescheid
 vom 10. Juli 2001
 Zulassungs-Nr.: Z-14.1-4



max. Durchdringung: $\sum (t_1 + t_{II}) \leq 6,50 \text{ mm}$

**Verbindungs-
 element**

EJOT® Bohrschraube JT3-6-6,3 x L
 mit Scheibe $\geq \varnothing 16 \text{ mm}$

Werkstoffe

Schraube
 nichtrostender Stahl, Werkstoff-Nr. 1.4301

Scheibe
 nichtrostender Stahl, Werkstoff-Nr. 1.4301
 mit aufvulkanisierter EPDM-Dichtung

Hersteller

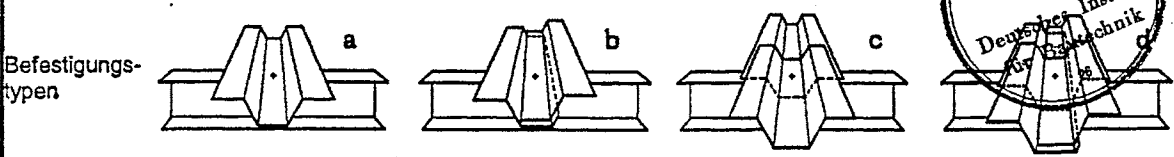
EJOT Baubefestigungen GmbH
 In der Stockwiese 35
 D-57334 Bad Laasphe
 Tel.: (02752) 908-0; Fax: (02752) 908-731

Vertrieb

EJOT Baubefestigungen GmbH

Bauteil II S235Jxx (für $t_{II} \leq 3 \text{ mm}$ auch S280GD+xx oder S320GD+xx)

Blechdicke [mm]	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00								
Anzugs- moment [Nm] (Richtwert)	anschlagorientiert verschrauben											Belastungs- art	
	(7)												
Bauteil I Blechdicke in mm feuerverzinktes Stahlblech S280GD+xx oder S320GD+xx	0,50	0,90	abcd	0,90	abcd	0,90	abcd	0,90	abcd	0,90	abc	 Querkraft zur F ₀ kN	
	0,63	1,30	abcd	1,30	abcd	1,30	abcd	1,30	abcd	1,30	abc		
	0,75	1,70	ac	1,70	ac	1,70	ac	1,70	ac	1,70	ac		
	0,88	1,90	ac	1,95	ac	2,05	ac	2,05	ac	2,05	a		
	1,00	2,10	ac	2,20	ac	2,35	ac	2,35	ac	2,35	a		
	1,13	2,35	ac	2,50	ac	2,70	ac	2,85	ac	2,85	a		
	1,25	2,55	ac	2,75	ac	3,00	ac	3,30	ac	3,30	a		
	1,50	2,85	ac	3,20	ac	3,50	ac	3,75	a	3,95	a		
	0,50	0,75	abcd	0,75	abcd	0,75	abcd	0,75	abcd	0,75	abc		 Zugkraft zur F _z kN
	0,63	1,35	abcd	1,35	abcd	1,35	abcd	1,35	abcd	1,35	abc		
0,75	1,50	ac	1,85	ac	1,85	ac	1,85	ac	1,85	ac			
0,88	1,50	ac	2,10	ac	2,10	ac	2,10	ac	2,10	a			
1,00	1,50	ac	2,10	ac	2,35	ac	2,35	ac	2,35	a			
1,13	1,50	ac	2,10	ac	2,40	ac	2,80	ac	2,80	a			
1,25	1,50	ac	2,10	ac	2,40	ac	3,20	ac	3,20	a			
1,50	1,50	ac	2,10	ac	2,40	ac	4,15	a	4,15	a			



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

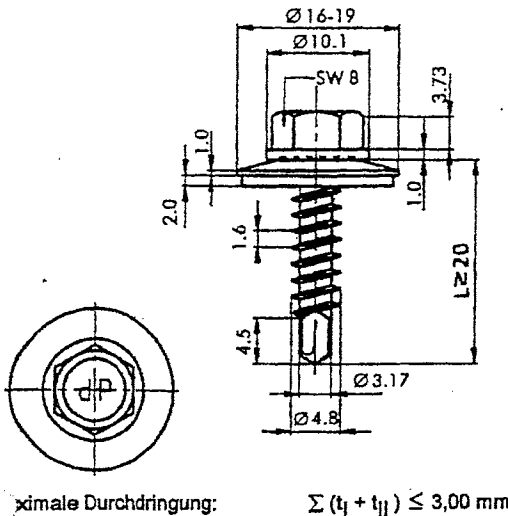
Bei Zwischenwerten der Bauteildicken I und II ist jeweils die zulässige Quer- und Zugkraft der geringeren Bauteildicke zu wählen.

Bild 4.4: Schraube JT3-6-6,3

Schrauben
Bohrschrauben

Zebra – Piasta 4,8 r

Blatt 3.76
Anlage zum Ergänzungsbescheid
vom 5. Oktober 2000
Zulassungs-Nr. Z-14.1-4



Verbindungselement

Zebra – Piasta Ø 4,8 r * L
Kopf ähnlich DIN 7504-K

Werkstoffe

Schraube
nichtrostender Stahl, Werkst.-Nr.: 1.4301
Bohrspitze: Stahl einsatzgehärtet
galvanisch verzinkt

Scheibe

nichtrostender Stahl, Werkst.-Nr.: 1.4301
mit Elastomerdichtung

Hersteller

Shinjo – Seisakusho / Japan

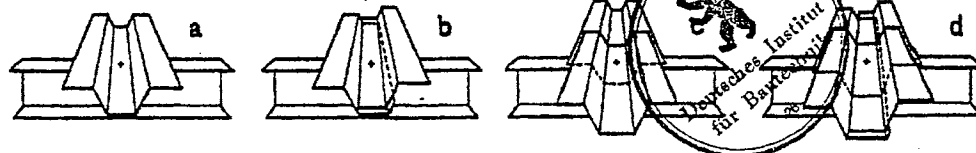
Vertrieb

Adolf Würth GmbH & Co. KG
Postfach, 74650 Künzelsau
Tel.: (07940) 15-0, Fax: (07940) 15-1000

Bauteil II: S235xx (für $t_{II} \leq 3$ mm auch S280GD+xx oder S320GD+xx)

Blechdicke [mm]	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,50	Belastungsart						
Anzugsmoment (Richtwert)	anschlagorientiert verschrauben (5 Nm)													
Bauteil I, Blechdicke in feuerverzinktem Stahlblech S280GD+xx oder S320GD+xx	0,63	0,70	0,80	0,85	ac	0,90	ac	0,95	ac	1,00	ac	1,10	ac	<p>Querkraft zul. F_Q kN</p>
	0,75	0,70	0,85	0,95	ac	1,05	ac	1,15	ac	1,20	ac	1,30	ac	
	0,88	0,75	0,90	1,05	ac	1,20	ac	1,35	ac	1,45	ac	1,45	ac	
	1,00	0,75	1,00	1,15	ac	1,35	ac	1,50	ac	1,65	ac	1,65	ac	
	1,13	0,75	1,00	1,20	ac	1,40	ac	1,60	ac	1,80	ac	1,80	ac	
	1,25	0,80	1,05	1,25	ac	1,55	ac	1,70	ac	1,90	ac	1,95	ac	
	1,50	0,80	1,10	1,25	ac	1,60	ac	1,90	ac	2,15	ac	2,15	ac	
Bauteil I, Blechdicke in feuerverzinktem Stahlblech S280GD+xx oder S320GD+xx	0,63	0,30	0,40	0,50	ac	0,60	ac	0,75	ac	0,90	ac	1,25	ac	<p>Zugkraft zul. F_Z kN</p>
	0,75	0,30	0,40	0,50	ac	0,60	ac	0,75	ac	0,90	ac	1,25	ac	
	0,88	0,30	0,40	0,50	ac	0,60	ac	0,75	ac	0,90	ac	1,25	ac	
	1,00	0,30	0,40	0,50	ac	0,60	ac	0,75	ac	0,90	ac	1,25	ac	
	1,13	0,30	0,40	0,50	ac	0,60	ac	0,75	ac	0,90	ac	1,25	ac	
	1,25	0,30	0,40	0,50	ac	0,60	ac	0,75	ac	0,90	ac	1,25	ac	
	1,50	0,30	0,40	0,50	ac	0,60	ac	0,75	ac	0,90	ac	1,25	ac	

Befestigungstypen



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

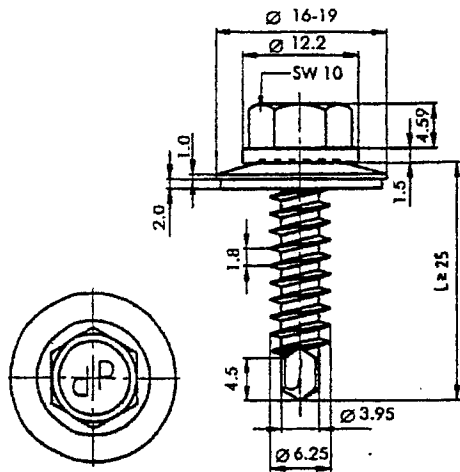
Bei Zwischenwerten der Bauteildicken I oder II ist jeweils die zulässige Quer- und Zugkraft der geringeren Bauteildicken zu wählen.

Bild 4.5: Schraube Zebra-Piasta 4,8 r

Schrauben
Anschraubungen

Zebra – Piasta 6,3 r

Blatt 3.77
Anlage zum Ergänzungsbescheid
vom 5. Oktober 2000
Zulassungs-Nr. Z-14-1-4



Andringung:

$$\sum (t_i + t_{II}) \leq 3,00 \text{ mm}$$

**Verbindungs-
element**

Zebra – Piasta $\varnothing 6,3 \text{ r} \cdot L$
Kopf ähnlich DIN 7504-K

Werkstoffe

Schraube
nichtrostender Stahl, Werkst.-Nr.: 1.4301
Bohrspitze: Stahl einsatzgehärtet
galvanisch verzinkt

Scheibe
nichtrostender Stahl, Werkst.-Nr.: 1.4301
mit Elastomerdichtung

Hersteller

Shinjo – Seisakusho / Japan

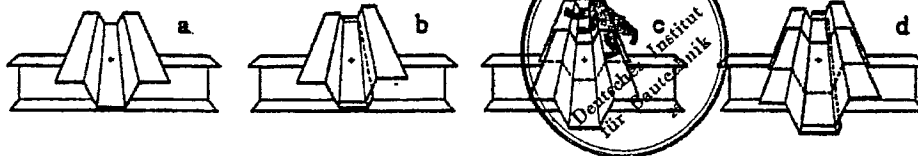
Vertrieb

Adolf Würth GmbH & Co. KG
Postfach, 74650 Künzelsau
Tel.: (07940) 15-0, Fax: (07940) 15-1000

Teil II: S235xx (für $t_H \leq 3 \text{ mm}$ auch S280GD+xx oder S320GD+xx)

Stahldicke [mm]	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,50	Belastungsart	
Zug- moment Nichtwert)	anschlagorientiert verschrauben (5 Nm)							 Querkraft zul. F_Q kN	
	0,63	0,80	0,85	0,90	0,95	0,95	1,00		
0,75	0,85	0,95	1,05	1,15	1,20	1,30	1,50	ac	 Zugkraft zul. F_Z kN
0,88	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50	1,65	1,90	ac	
1,00	0,95	1,15	1,35	1,65	1,75	1,95	2,35	ac	
1,13	1,00	1,20	1,45	1,75	1,90	2,15	2,50	ac	
1,25	1,05	1,25	1,55	1,90	2,05	2,35	2,50	ac	
1,50	1,10	1,35	1,70	2,00	2,35	2,50	2,50	ac	
0,63	0,45	0,55	0,75	0,85	0,85	1,05	1,25	1,30	
0,75	0,45	0,55	0,75	0,85	0,85	1,05	1,25	1,60	ac
0,88	0,45	0,55	0,75	0,85	0,85	1,05	1,25	1,65	 Zugkraft zul. F_Z kN
1,00	0,45	0,55	0,75	0,85	0,85	1,05	1,25	1,65	
1,13	0,45	0,55	0,75	0,85	0,85	1,05	1,25	1,65	
1,25	0,45	0,55	0,75	0,85	0,85	1,05	1,25	1,65	
1,50	0,45	0,55	0,75	0,85	0,85	1,05	1,25	1,65	

Befestigungs-
arten



Bei Querbeanspruchung infolge Temperatur ohne rechnerischen Nachweis zulässigen Befestigungstypen sind
Nennwerte neben den zulässigen Kräften in der Tabelle angegeben.

Wischenwerten der Bauteildicken I oder II ist jeweils die zulässige Quer- und Zugkraft der geringeren Bauteildicken
anzunehmen.

Bild 4.6: Schraube Zebra-Piasta 6,3 r

ANLAGE 5

Zusammengefaßte Ergebnisse und Auswertungen in Diagrammen

Tabelle 5.1: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-3H-4,8
Dichtscheibe: Ø 14 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube		Schraube		Schraube		VA
	t _{lk}	t _{llk}					1	2	1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	Δ Loch tll	Δ Loch tll	
QZV-4,8-2-100/100- 01	1,038	0,980	6,93	3,0	6,93	3,47	4	4	1,27	1,49	0,39	0,31	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/100- 02	0,996	0,993	8,80	3,0	8,80	4,40	6	6	1,45	1,34	0,67	0,67	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/100- 03	1,005	0,996	7,62	3,0	7,62	3,81	6	6	1,33	1,18	0,71	0,97	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/100- 04	1,002	1,003	8,12	2,8	8,07	4,06	6	6	1,42	1,39	0,69	0,63	L _I / L _{II}
QZV-4,8-2-100/100- 05	0,990	1,002	6,44	3,0	6,44	3,22	6	6	1,27	1,33	0,69	0,63	L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 01	1,033	1,054	3,39	2,9	3,38	3,39	11	-	1,09	-	0,29	-	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 02	1,044	1,037	3,68	2,9	3,65	3,68	14	-	1,51	-	0,36	-	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 03	1,045	1,030	3,60	3,0	3,60	3,60	13	-	1,16	-	0,36	-	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 04	1,042	1,034	3,61	3,0	3,61	3,61	14	-	1,31	-	0,10	-	S / L _I / L _{II}
QZV-4,8-1-100/100- 05	1,035	1,032	3,82	3,0	3,82	3,82	14	-	1,39	-	0,43	-	S / L _I / L _{II}
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	10	5	
Mittelwert:	1,006	0,995				3,71	9	6	1,32	1,35	0,47	0,64	
Stdabw.:						0,34							
Fraktilwert:						3,02							
normierter Wert (Bauteil I):						2,34							
normierter Wert (Bauteil II):						2,37							
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II												

Tabelle 5.2: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-3H-4,8
Dichtscheibe: Ø 14 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,875 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _v	Schraube		Schraube		Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{ijk}					1	2	1	2	1	2			
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	Δ Loch tll	Δ Loch tll			
		[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	[°]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
QZV-4,8-2-100/200- 01	1,014	1,992	10,27	3,0	10,27	5,14	7	7	2,10	1,60	0,30	1,15	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-2-100/200- 02	0,986	1,979	10,12	3,0	10,12	5,06	7	7	1,65	1,81	0,18	0,23	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-2-100/200- 03	1,009	1,998	9,82	3,0	9,82	4,91	7	7	1,94	1,70	0,00	0,00	L _I		
QZV-4,8-2-100/200- 04	0,993	1,999	10,28	3,0	10,28	5,14	7	7	1,90	2,07	0,00	0,00	L _I		
QZV-4,8-2-100/200- 05	1,008	2,019	10,23	3,0	10,23	5,12	6	6	1,93	1,86	0,00	0,00	L _I		
QZV-4,8-1-100/200- 01	1,039	1,994	4,22	3,0	4,22	4,22	9	-	2,17	-	0,00	-	L _I		
QZV-4,8-1-100/200- 02	1,034	1,991	4,36	3,0	4,36	4,36	9	-	2,31	-	0,00	-	L _I		
QZV-4,8-1-100/200- 03	1,046	2,007	4,07	3,0	4,07	4,07	9	-	1,91	-	0,00	-	L _I		
QZV-4,8-1-100/200- 04	1,040	1,996	4,27	3,0	4,27	4,27	9	-	2,20	-	0,00	-	L _I		
QZV-4,8-1-100/200- 05	1,041	1,992	4,30	3,0	4,30	4,30	9	-	2,17	-	0,00	-	L _I		
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	10	5			
Mittelwert:	1,021	1,997				4,66	8	6	2,03	1,81	0,05	0,28			
Stdabw.:						0,45									
Fraktilwert:						3,76									
normierter Wert (Bauteil I):						2,87									
normierter Wert (Bauteil II):						3,53									
VA = Versagensart:	S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes													
	L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I													
	L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II													

Tabelle 5.3: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-6-6,3
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,875 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube 1		Schraube 2		VA
	t _{ik} [mm]	t _{lik} [mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	
QZV-6,3-2-75/200- 01	0,706	2,017	7,76	2,1	7,52	3,88	5	7	3,12	3,22	L _I
QZV-6,3-2-75/200- 02	0,708	2,001	7,89	3,0	7,89	3,95	6	4	1,98	2,07	L _I
QZV-6,3-2-75/200- 03	0,721	1,998	8,69	3,0	8,69	4,35	6	6	1,70	1,64	L _I
QZV-6,3-2-75/200- 04	0,694	2,004	7,32	3,0	7,32	3,66	6	6	1,63	2,03	L _I
QZV-6,3-2-75/200- 05	0,705	2,004	7,36	3,0	7,36	3,68	7	6	2,43	2,10	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 01	0,688	1,981	4,00	3,0	4,00	4,00	1	-	1,95	-	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 02	0,687	1,983	4,00	3,0	4,00	4,00	1	-	2,18	-	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 03	0,686	1,973	4,19	3,0	4,19	4,19	1	-	2,07	-	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 04	0,682	1,982	4,05	3,0	4,05	4,05	1	-	2,13	-	L _I
QZV-6,3-1-75/200- 05	0,678	1,991	4,13	2,1	4,03	4,13	0	-	2,51	-	L _I
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	
Mittelwert:	0,696	1,993				3,99	3	6	2,17	2,21	
Stdabw.:						0,21					
Fraktilwert:						3,56					
normierter Wert (Bauteil I):						3,12					
normierter Wert (Bauteil II):						3,35					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 5.4: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-6-6,3
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 3,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 301 N/mm²
 Min. Blechdicke: 2,855 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{ilk}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	
QZV-6,3-2-75/300- 01	0,692	3,104	7,16	3,0	7,16	3,58	1	2	2,32	1,94	L _i
QZV-6,3-2-75/300- 02	0,724	3,082	7,75	3,0	7,75	3,88	3	4	2,34	2,18	L _i
QZV-6,3-2-75/300- 03	0,704	3,064	7,91	3,0	7,91	3,96	2	2	2,23	2,35	L _i
QZV-6,3-2-75/300- 04	0,708	3,066	7,81	3,0	7,81	3,91	1	1	2,19	2,35	L _i
QZV-6,3-2-75/300- 05	0,705	3,055	7,37	3,0	7,37	3,69	2	2	2,17	2,42	L _i
QZV-6,3-1-75/300- 01	0,695	3,058	4,13	3,0	4,13	4,13	0	-	2,47	-	L _i
QZV-6,3-1-75/300- 02	0,697	3,051	4,10	3,0	4,10	4,10	1	-	2,13	-	L _i
QZV-6,3-1-75/300- 03	0,705	3,058	4,07	3,0	4,07	4,07	1	-	2,15	-	L _i
QZV-6,3-1-75/300- 04	0,699	3,053	4,47	3,0	4,47	4,47	0	-	2,75	-	L _i
QZV-6,3-1-75/300- 05	0,695	3,059	4,33	3,0	4,33	4,33	1	-	2,42	-	L _i
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	
Mittelwert:	0,702	3,065				4,01	1	2	2,32	2,25	
Stdabw.:						0,27					
Fraktilwert:						3,47					
normierter Wert (Bauteil I):						3,01					
normierter Wert (Bauteil II):						3,23					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _i : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{ii} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 5.5: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-6-6,3
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 2,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 348 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,875 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube		Schraube		Schraube		Schraube		VA
	t _{jk}	t _{ljk}					1	2	1	2	1	2			
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	Δ Loch tll	Δ Loch tll			
		[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	[°]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]				
QZV-6,3-2-100/200- 01	0,995	2,019	10,40	3,0	10,40	5,20	9	10	1,97	1,58	0,20	0,13	L _I / L _{II}		
QZV-6,3-2-100/200- 02	0,992	1,995	10,67	3,0	10,67	5,34	10	8	1,69	1,50	0,00	0,00	L _I		
QZV-6,3-2-100/200- 03	0,991	1,999	10,58	3,0	10,58	5,29	8	10	1,43	1,49	0,11	0,30	L _I / L _{II}		
QZV-6,3-2-100/200- 04	0,988	1,984	10,08	3,0	10,08	5,04	12	11	1,66	1,59	0,13	0,19	S/L _I /L _{II}		
QZV-6,3-2-100/200- 05	0,987	1,990	10,58	3,0	10,58	5,29	10	10	1,65	1,56	0,00	0,00	L _I		
QZV-6,3-1-100/200- 01	0,969	1,983	5,86	3,0	5,86	5,86	3	-	1,32	-	0,00	-	L _I		
QZV-6,3-1-100/200- 02	0,984	1,995	5,83	3,0	5,83	5,83	2	-	1,86	-	0,00	-	L _I		
QZV-6,3-1-100/200- 03	0,987	1,991	6,34	3,0	6,34	6,34	4	-	2,08	-	0,00	-	L _I		
QZV-6,3-1-100/200- 04	0,978	1,967	5,61	3,0	5,61	5,61	3	-	1,83	-	0,00	-	L _I		
QZV-6,3-1-100/200- 05	0,987	1,991	6,65	3,0	6,65	6,65	3	-	2,13	-	0,00	-	L _I		
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	10	5			
Mittelwert:	0,986	1,991				5,64	6	10	1,76	1,54	0,04	0,12			
Stdabw.:						0,53									
Fraktilwert:						4,59									
normierter Wert (Bauteil I):						3,63									
normierter Wert (Bauteil II):						4,32									
VA = Versagensart:															
		S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes												
		L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I												
		L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II												

Tabelle 5.6: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: JT3-6-6,3
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 3,00 mm
 Material: S 235 nach DIN EN 10025
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 301 N/mm²
 Min. Blechdicke: 2,855 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube		Schraube		VA
	t _{ik}	t _{ijk}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	
QZV-6,3-2-100/300- 01	0,989	3,076	12,34	3,0	12,34	6,17	4	4	1,88	2,02	L _I
QZV-6,3-2-100/300- 02	0,983	3,073	9,09	3,0	9,09	4,55	4	3	1,73	1,96	L _I
QZV-6,3-2-100/300- 03	0,996	3,061	10,62	3,0	10,62	5,31	5	4	1,51	1,72	L _I
QZV-6,3-2-100/300- 04	1,004	3,068	10,83	3,0	10,83	5,42	3	4	1,44	1,68	L _I
QZV-6,3-2-100/300- 05	1,005	3,062	10,70	3,0	10,70	5,35	4	6	1,56	1,55	L _I
QZV-6,3-1-100/300- 01	0,991	3,053	6,58	3,0	6,58	6,58	3	-	1,98	-	L _I
QZV-6,3-1-100/300- 02	1,010	3,052	6,89	3,0	6,89	6,89	4	-	2,23	-	L _I
QZV-6,3-1-100/300- 03	1,011	3,083	6,54	3,0	6,54	6,54	4	-	2,13	-	L _I
QZV-6,3-1-100/300- 04	1,009	3,074	6,62	3,0	6,62	6,62	4	-	2,10	-	L _I
QZV-6,3-1-100/300- 05	1,007	3,061	7,14	3,0	7,14	7,14	4	-	2,25	-	L _I
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	
Mittelwert:	1,001	3,066				6,06	4	4	1,88	1,79	
Stdabw.:						0,85					
Fraktilwert:						4,36					
normierter Wert (Bauteil I):						3,40					
normierter Wert (Bauteil II):						4,06					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 5.7: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 4,8 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken						Schraube		Schraube		Schraube		Schraube		VA
	t _{ik} [mm]	t _{lik} [mm]	F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	1	2	1	2	1	2			
			[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tll [mm]	Δ Loch tll [mm]			
QZV-4,8-2-63/63- 01	0,584	0,559	2,78	1,9	2,55	1,39	0	3	1,14	1,51	1,62	0,62	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-2-63/63- 02	0,579	0,574	2,52	2,9	2,44	1,26	1	1	0,61	0,94	0,95	0,73	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-2-63/63- 03	0,562	0,557	2,47	3,0	2,47	1,24	5	1	1,00	0,77	0,88	1,15	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-2-63/63- 04	0,568	0,567	2,85	1,6	2,83	1,43	3	3	1,24	1,24	0,92	0,70	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-2-63/63- 05	0,560	0,562	2,89	2,9	2,87	1,45	0	3	1,10	0,67	1,20	0,33	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-1-63/63- 01	0,558	0,560	1,85	1,3	1,80	1,85	14	-	1,61	-	0,57	-	S / L _I / L _{II}		
QZV-4,8-1-63/63- 02	0,552	0,549	2,17	2,0	2,11	2,17	9	-	0,63	-	1,23	-	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-1-63/63- 03	0,581	0,577	2,30	2,1	2,25	2,30	6	-	0,56	-	1,20	-	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-1-63/63- 04	0,584	0,579	2,45	2,0	2,36	2,45	10	-	0,65	-	1,13	-	L _I / L _{II}		
QZV-4,8-1-63/63- 05	0,558	0,587	2,14	2,2	2,07	2,14	9	-	1,72	-	0,80	-	L _I / L _{II}		
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	10	5			
Mittelwert:	0,569	0,567				1,77	6	2	1,03	1,03	1,05	0,71			
Stdabw.:						0,47									
Fraktilwert:						0,83									
normierter Wert (Bauteil I):						0,68									
normierter Wert (Bauteil II):						0,68									
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II														

Tabelle 5.8: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 4,8 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube	Schraube	Schraube	Schraube	VA
	t _{ik}	t _{lik}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	
		[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	[°]	[°]	[mm]	[mm]		
QZV-4,8-2-63/150- 01	0,561	1,473	5,66	3,0	5,52	2,83	1	1	2,60	2,38	L _I
QZV-4,8-2-63/150- 02	0,573	1,466	5,95	3,0	5,95	2,98	0	1	2,81	2,71	L _I
QZV-4,8-2-63/150- 03	0,562	1,475	5,78	3,0	5,78	2,89	0	0	2,75	2,66	L _I
QZV-4,8-2-63/150- 04	0,558	1,451	5,46	3,0	5,45	2,73	0	0	2,47	2,57	L _I
QZV-4,8-2-63/150- 05	0,561	1,466	5,93	2,5	5,73	2,97	0	0	2,55	2,48	L _I
QZV-4,8-1-63/63- 01	0,553	1,444	2,72	2,2	2,64	2,72	2	-	2,68	-	L _I
QZV-4,8-1-63/63- 02	0,544	1,465	2,84	3,0	2,84	2,84	4	-	2,50	-	L _I
QZV-4,8-1-63/63- 03	0,545	1,445	2,91	2,4	2,81	2,91	3	-	2,79	-	L _I
QZV-4,8-1-63/63- 04	0,565	1,456	2,98	2,5	2,95	2,98	2	-	2,52	-	L _I
QZV-4,8-1-63/63- 05	0,550	1,438	2,71	2,6	2,67	2,71	3	-	3,05	-	L _I
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	
Mittelwert:	0,557	1,458				2,85	2	0	2,67	2,56	
Stdabw.:						0,11					
Fraktilwert:						2,64					
normierter Wert (Bauteil I):						2,20					
normierter Wert (Bauteil II):						2,46					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 5.9: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 4,8 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube	Schraube	Schraube	Schraube	VA
	t _{ik}	t _{ijk}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch II	Δ Loch II	
		[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	[°]	[°]	[mm]	[mm]		
QZV-4,8-2-75/150- 01	0,713	1,458	7,96	3,0	7,96	3,98	3	1	2,39	2,26	L _I
QZV-4,8-2-75/150- 02	0,711	1,466	7,72	3,0	7,72	3,86	0	3	2,31	2,53	L _I
QZV-4,8-2-75/150- 03	0,700	1,466	7,35	3,0	7,35	3,68	0	0	2,61	2,79	L _I
QZV-4,8-2-75/150- 04	0,710	1,446	7,76	2,96	7,71	3,88	1	1	2,55	2,50	L _I
QZV-4,8-2-75/150- 05	0,700	1,455	7,60	3,0	7,60	3,80	3	3	2,59	2,64	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 01	0,698	1,472	3,19	2,4	3,05	3,19	3	-	2,60	-	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 02	0,691	1,452	3,06	2,5	3,02	3,06	2	-	2,51	-	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 03	0,689	1,475	3,56	3,0	3,56	3,56	3	-	2,70	-	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 04	0,690	1,466	3,79	3,00	3,79	3,79	4	-	2,52	-	L _I
QZV-4,8-1-75/150- 05	0,695	1,457	3,78	2,9	3,75	3,78	3	-	2,50	-	L _I
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	
Mittelwert:	0,700	1,461				3,66	2	2	2,53	2,54	
Stdabw.:						0,30					
Fraktilwert:						3,05					
normierter Wert (Bauteil I):						2,66					
normierter Wert (Bauteil II):						2,83					
VA = Versagensart:											
			S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes							
			L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I							
			L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II							

Tabelle 5.10: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 6,3 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Neendicke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Neendicke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube	Schraube	Schraube	Schraube	Schraube	Schraube	VA
	t _{ik}	t _{ijk}					1	2	1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	Δ Loch tll	Δ Loch tll	
		[kN]	[mm]	[kN]	[kN]	[°]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
QZV-6,3-2-63/63- 01	0,569	0,567	4,57	1,6	4,31	2,29	9	6	0,55	1,36	1,08	0,68	L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-63/63- 02	0,584	0,581	4,75	1,7	4,22	2,38	8	6	0,46	0,71	1,05	1,12	L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-63/63- 03	0,582	0,561	4,65	2,3	4,33	2,33	7	8	1,80	0,73	0,50	1,26	L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-63/63- 04	0,572	0,570	5,18	1,6	4,78	2,59	9	12	1,70	0,29	0,58	1,11	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-63/63- 05	0,567	0,586	4,82	2,4	4,69	2,41	8	10	0,72	0,77	0,90	0,59	L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 01	0,595	0,605	2,47	3,0	2,43	2,47	14	-	0,42	-	1,18	-	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 02	0,600	0,580	2,26	3,0	2,26	2,26	15	-	0,59	-	0,42	-	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 03	0,600	0,571	1,82	3,0	1,82	1,82	15	-	0,52	-	1,16	-	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 04	0,595	0,578	2,17	3,0	2,17	2,17	11	-	0,72	-	1,36	-	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-63/63- 05	0,600	0,580	2,21	3,0	2,21	2,21	12	-	0,56	-	1,17	-	S / L _I / L _{II}
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	10	5	
Mittelwert:	0,586	0,578				2,29	11	8	0,80	0,77	0,94	0,95	
Stdabw.:						0,21							
Fraktilwert:						1,88							
normierter Wert (Bauteil I):						1,48							
normierter Wert (Bauteil II):						1,51							
VA = Versagensart:													
			S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes									
			L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I									
			L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II									

Tabelle 5.11: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Plasta 6,3 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,63 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 415 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,535 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube		Schraube		VA
	t _{lk}	t _{llk}					1	2	1	2	
	[mm]	[mm]					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	
QZV-6,3-2-63/150- 01	0,580	1,455	6,20	3,0	6,20	3,10	1	0	2,15	2,23	L _i
QZV-6,3-2-63/150- 02	0,587	1,480	7,03	3,0	7,03	3,52	0	0	2,32	2,72	L _i
QZV-6,3-2-63/150- 03	0,567	1,460	6,51	3,0	6,51	3,26	0	2	2,77	2,27	L _i
QZV-6,3-2-63/150- 04	0,598	1,466	6,47	2,97	6,45	3,24	0	0	2,54	2,77	L _i
QZV-6,3-2-63/150- 05	0,579	1,476	5,31	3,0	5,31	2,66	0	0	2,65	2,51	L _i
QZV-6,3-1-63/150- 01	0,574	1,468	3,08	3,0	3,08	3,08	3	-	2,76	-	L _i
QZV-6,3-1-63/150- 02	0,572	1,471	3,14	3,0	3,14	3,14	2	-	2,57	-	L _i
QZV-6,3-1-63/150- 03	0,567	1,463	2,86	3,0	2,86	2,86	1	-	2,75	-	L _i
QZV-6,3-1-63/150- 04	0,571	1,463	3,14	3,00	3,14	3,14	2	-	2,65	-	L _i
QZV-6,3-1-63/150- 05	0,584	1,465	2,74	2,6	2,56	2,74	1	-	2,97	-	L _i
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	
Mittelwert:	0,578	1,467				3,07	1	0	2,61	2,50	
Stdabw.:						0,26					
Fraktilwert:						2,56					
normierter Wert (Bauteil I):						2,05					
normierter Wert (Bauteil II):						2,37					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _i : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{ii} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 5.12: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 6,3 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Nennstärke: 0,75 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 387 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,655 mm

Bauteil II:

Nennstärke: 1,50 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 369 N/mm²
 Min. Blechdicke: 1,390 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁	f ₁	F _{3,0}	F _u	Schraube 1	Schraube 2	Schraube 1	Schraube 2	VA
	t _{lk}	t _{tlk}					Winkel	Winkel	Δ Loch tl	Δ Loch tl	
	[mm]	[mm]					[°]	[°]	[mm]	[mm]	
QZV-6,3-2-75/150- 01	0,712	1,468	8,39	3,0	8,39	4,20	1	1	2,45	2,48	L _I
QZV-6,3-2-75/150- 02	0,710	1,483	6,96	3,0	6,96	3,48	0	1	2,38	2,67	L _I
QZV-6,3-2-75/150- 03	0,709	1,464	8,06	2,4	7,91	4,03	0	1	2,43	2,61	L _I
QZV-6,3-2-75/150- 04	0,714	1,475	8,02	2,88	7,99	4,01	1	3	2,46	2,48	L _I
QZV-6,3-2-75/150- 05	0,705	1,464	8,12	3,0	8,12	4,06	0	1	2,58	2,29	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 01	0,694	1,485	3,39	3,0	3,39	3,39	0	-	2,60	-	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 02	0,716	1,463	3,49	2,2	3,32	3,49	0	-	2,81	-	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 03	0,717	1,474	3,88	3,0	3,88	3,88	1	-	2,55	-	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 04	0,722	1,463	4,13	3,00	4,13	4,13	0	-	2,51	-	L _I
QZV-6,3-1-75/150- 05	0,711	1,464	3,04	3,0	3,04	3,04	0	-	2,59	-	L _I
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	
Mittelwert:	0,711	1,470				3,77	0	1	2,54	2,51	
Stdabw.:						0,39					
Fraktilwert:						2,99					
normierter Wert (Bauteil I):						2,56					
normierter Wert (Bauteil II):						2,76					
VA = Versagensart:	S: Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes L _I : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I L _{II} : Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II										

Tabelle 5.13: Ergebnisse der Querkraft-Versuche

Bohrschraube: Zebra-Piasta 6,3 r
Dichtscheibe: Ø 16 mm

Bauteil I:

Neendicke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Bauteil II:

Neendicke: 1,00 mm
 Material: S 280 GD nach DIN EN 10147
 Min. Zugfestigkeit: 360 N/mm²
 Akt. Zugfestigkeit: 416 N/mm²
 Min. Blechdicke: 0,900 mm

Belast.-geschw.: 1,00 mm/min

Versuch Nr.	Stahlkerndicken		F ₁ [kN]	f ₁ [mm]	F _{3,0} [kN]	F _u [kN]	Schraube 1	Schraube 2	Schraube 1	Schraube 2	Schraube 1	Schraube 2	VA
	t _{jk} [mm]	t _{ljk} [mm]					Winkel [°]	Winkel [°]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch tl [mm]	Δ Loch til [mm]	Δ Loch til [mm]	
QZV-6,3-2-100/100- 01	1,067	1,067	10,47	2,98	10,45	5,24	9	13	1,59	1,71	0,62	0,32	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/100- 02	1,068	1,066	10,48	3,0	10,48	5,24	13	13	0,97	1,45	0,44	0,27	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/100- 03	1,068	1,066	10,01	3,0	10,01	5,01	14	14	1,14	0,72	0,46	0,30	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/100- 04	1,050	1,063	9,96	3,0	9,96	4,98	14	14	0,60	1,00	0,55	0,37	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-2-100/100- 05	1,063	1,066	9,62	3,0	9,62	4,81	14	14	1,20	1,01	0,45	0,40	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 01	0,989	1,011	4,66	3,00	4,66	4,66	16	-	0,94	-	0,78	-	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 02	1,018	1,010	5,41	3,0	5,41	5,41	14	-	1,02	-	0,60	-	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 03	1,009	1,014	4,64	3,0	4,64	4,64	18	-	0,82	-	0,41	-	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 04	1,018	1,003	4,90	3,0	4,90	4,90	18	-	0,98	-	0,35	-	S / L _I / L _{II}
QZV-6,3-1-100/100- 05	1,007	1,029	4,83	3,0	4,83	4,83	18	-	0,99	-	0,34	-	S / L _I / L _{II}
Anzahl:	10	10				10	10	5	10	5	10	5	
Mittelwert:	1,036	1,040				4,97	15	14	1,03	1,18	0,50	0,33	
Stdabw.:						0,26							
Fraktilwert:						4,46							
normierter Wert (Bauteil I):						3,35							
normierter Wert (Bauteil II):						3,34							
VA = Versagensart:			S:	Versagen durch Schrägstellung des Verbindungselementes									
			L _I :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil I									
			L _{II} :	Versagen durch Langlochbildung im Bauteil II									

Versuchsanordnung mit einer Schraube

Versuchsanordnung mit zwei Schrauben

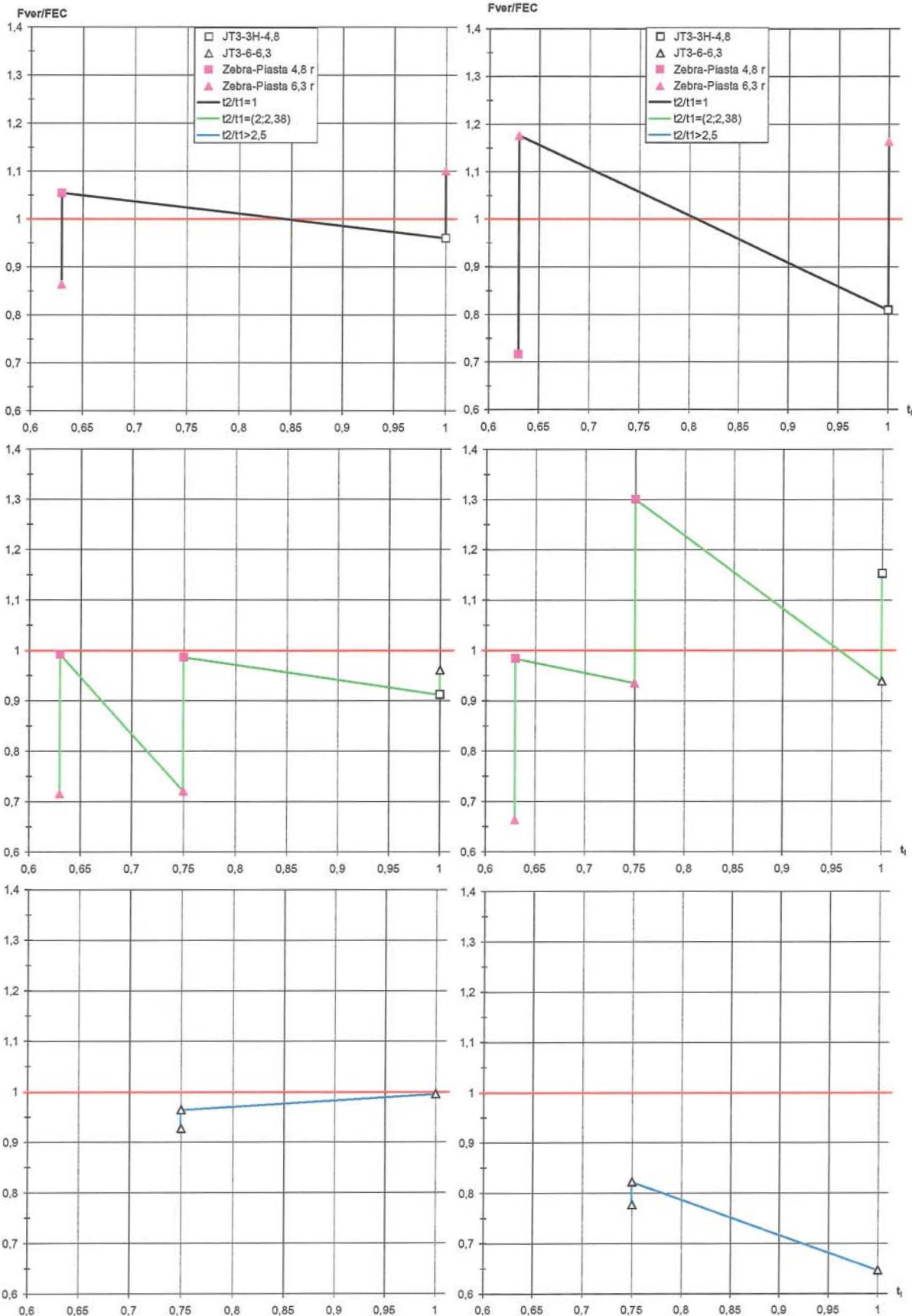


Diagramm 5.1

Zusammengefaßte Versuche

Zulassung Z-14.1-4

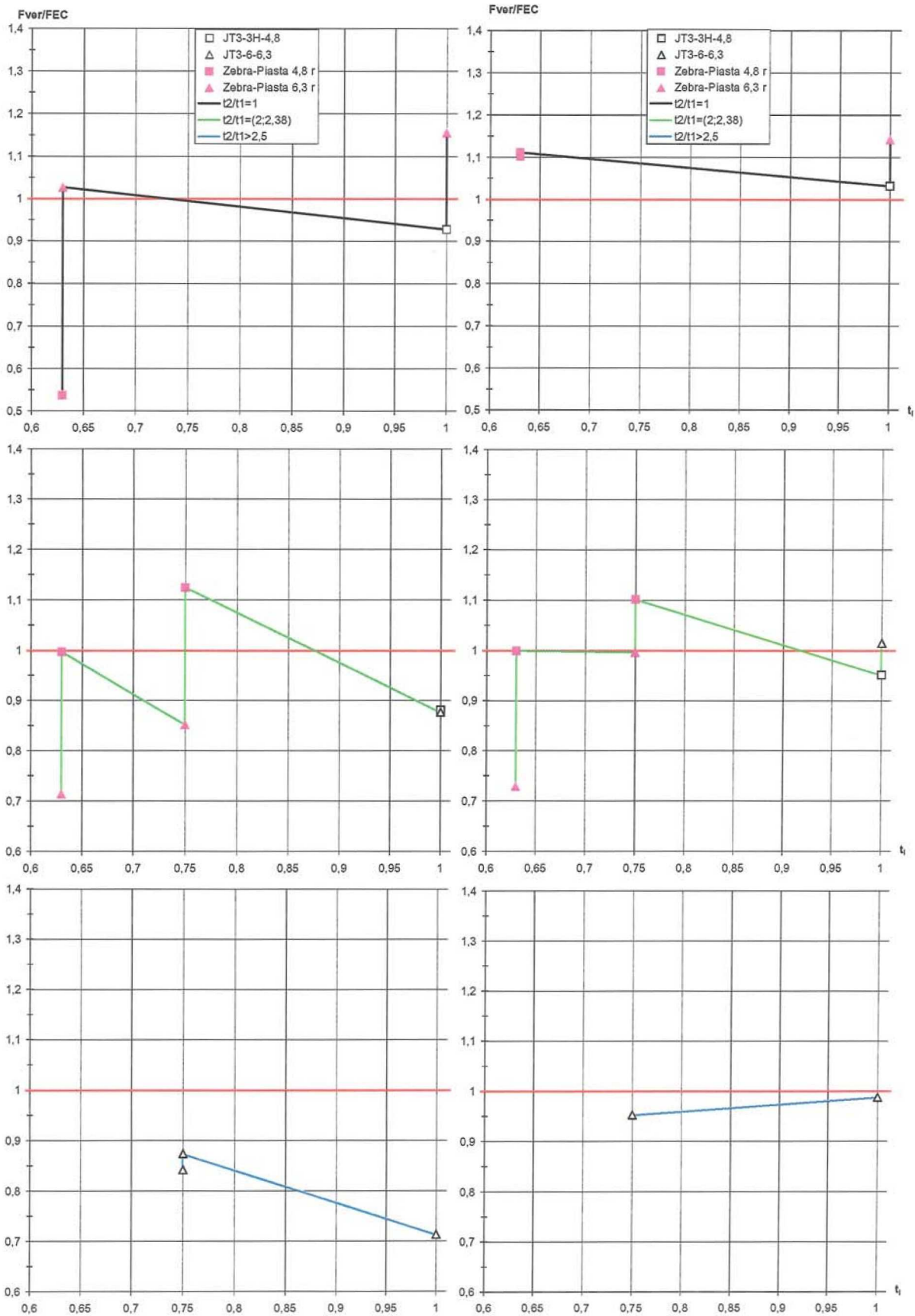


Diagramm 5.2

- Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Niedrigenergie- und Passivhäusern**
 W. Richter, T. Ender, T. Hartmann, A. Kremonke, u.a.
 Hrsg.: TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung, Bereich TGA
 Band 63: 2003, 127 S., zahlr. Abb., Tab., Lit., ISBN 3-8167-6345-6
 € 35,- [sFr 58,-]
- Baukostensenkung durch Anwendung innovativer Wettbewerbsmodelle**
 Udo Blecken, Lothar Boenert
 Hrsg.: Universität Dortmund, Lehrstuhl Baubetrieb, Fakultät Bauwesen
 Band 62: 2003, 350 S., zahlr. Abb., Tab., Lit., ISBN 3-8167-6338-3
 € 50,- [sFr 82,-]
- Flachdachsanieerung über durchfeuchteter Dämmschicht**
 Ralf Spilker
 Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH AIBau
 Band 61: 2003, 260 S., zahlr. farbige Abb., ISBN 3-8167-6183-6
 € 45,- [sFr 74,-]
- Bauqualität – Verfahrensqualität und Produktqualität bei Projekten des Wohnungsbaus**
 Hannes Weeber, Simone Bosch
 Band 60: 2003, 170 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4259-9
 € 45,- [sFr 74,-]
- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**
 Karl Deters
 Band 59: 2001, 245 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4258-0
 € 50,- [sFr 82,-]
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**
 R. Weeber, G. Wölflle, V. Rösner
 Band 58: 2001, 175 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4257-2
 € 46,- [sFr 76,-]
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**
 C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck
 Band 57: 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., ISBN 3-8167-4256-4
 € 50,- [sFr 82,-]
- Vergabeverfahren und Baukosten**
 Hannes Weeber, Simone Bosch
 Band 56: 2001, 192 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4255-6
 € 50,- [sFr 82,-]
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**
 Ralf Spilker, Rainer Oswald
 Band 55: 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., ISBN 3-8167-4254-8
 € 22,- [sFr 37,-]
- Bewährung innen wärmegeämter Fachwerkbauten**
 Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel
 Band 54: 2000, 173 S., 123 Abb., ISBN 3-8167-4253-X
 € 25,- [sFr 41,60]
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen – untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**
 Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes
 Band 53: 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., ISBN 3-8167-4252-1
 € 37,- [sFr 61,-]
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**
 Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff
 Band 52: 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3
 € 25,- [sFr 41,60]
- Balkone – kostengünstig und funktionsgerecht**
 Hannes Weeber, Margit Lindner
 Band 51: 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., ISBN 3-8167-4250-5
 € 38,- [sFr 62,50]
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**
 Hannes Weeber, Michael Rees
 Band 50: 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., ISBN 3-8167-4249-1
 € 50,- [sFr 82,-]
- Eigenleistung beim Bauen**
 R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, u.a.
 Band 49: 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab., ISBN 3-8167-4248-3
 € 22,- [sFr 37,-]
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**
 Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
 Band 48: 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab., ISBN 3-8167-4247-5
 € 37,- [sFr 61,-]
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**
 Lutz Franke, Gernod Deckelmann
 Band 47: 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., ISBN 3-8167-4246-7
 € 15,- [sFr 25,80]
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**
 R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, u.a.
 Band 46: 1998, 100 S., 57 Abb., ISBN 3-8167-4245-9
 € 17,- [sFr 28,80]
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**
 Horst Schulze
 Band 45: 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., ISBN 3-8167-4244-0
 € 22,- [sFr 37,-]
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**
 Wolfgang Richter, Dirk Reichel
 Band 44: 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., ISBN 3-8167-4243-2
 € 15,- [sFr 25,80]
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**
 Karl Deters, Joachim Arlt
 Band 43: 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., ISBN 3-8167-4242-4
 € 22,- [sFr 37,-]
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**
 Dieter Arlt, Rainer Weltring
 Band 42: 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., ISBN 3-8167-4241-6
 € 20,- [sFr 33,40]
- Gebrauchsanweisung für Häuser**
 Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel
 Band 40: 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., ISBN 3-8167-4239-4
 € 19,- [sFr 31,90]
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**
 H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.
 Band 39: 1997, 194 S., 230 Abb., ISBN 3-8167-4238-6
 € 25,- [sFr 41,60]
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**
 Wilfried Jank
 Band 37: 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., ISBN 3-8167-4236-X
 € 15,- [sFr 25,80]

Bestellschein

Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

Fraunhofer IRB Verlag
 Fraunhofer-Informationszentrum
 Raum und Bau IRB
 Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00
 E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
 www.IRBbuch.de

Absender

.....

E-Mail.....

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

1/2004 [BfP_Gesamt-Anzeige.qxd]

- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**
Siegfried Koch, Werner Scholl
Band 36: 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-4235-1
€ 15,- [sFr 25,80]
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an haufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**
Mirko Neumann, Mathias Reuschel
Band 35: 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab.,
ISBN 3-8167-4234-3
€ 41,- [sFr 68,-]
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**
Lutz Franke, Martin Wesselmann
Band 34: 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-4233-5
€ 15,- [sFr 25,80]
- Wirksamkeit von Lüftungsgeräten – Zuluftversorgung von Wohnungen mit dezentralen Lüftungseinrichtungen**
Wolfgang Richter, Dirk Reichel
Band 33: 1996, 161 S., Abb., Tab.,
ISBN 3-8167-4232-7
€ 22,- [sFr 37,-]
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**
Institut für Bauforschung e.V., Hannover
Band 32: 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab.,
ISBN 3-8167-4231-9
€ 30,- [sFr 50,40]
- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**
Teil 1: Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlusssituationen (Details)
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl
Teil 2: Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken
Gerd Hauser, Horst Stiegel
Band 31: 1997, 294 S., 169 Abb.,
ISBN 3-8167-4230-0
€ 14,- [sFr 24,30]
- Fenster – Sanierung und Modernisierung**
Hans-Rudolf Neumann
Band 30: 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab.,
ISBN 3-8167-4229-7
€ 20,- [sFr 33,40]
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauff, u. a.
Band 29: 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab.,
ISBN 3-8167-4228-9
€ 17,- [sFr 28,80]
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**
Max Baerschneider
Band 26: 1996, 380 S., 196 Tab., zweibändig,
ISBN 3-8167-4225-4
€ 49,- [sFr 80,-]
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk – Messung und Berechnung**
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl
Band 25: 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-4224-6
€ 15,- [sFr 25,80]
- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 24: 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab.,
ISBN 3-8167-4223-8
€ 20,- [sFr 33,40]
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**
Helmut Künzel
Band 23: 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab.,
€ 15,- [sFr 25,80]
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 22: 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab.,
ISBN 3-8167-4221-1
€ 17,- [sFr 28,80]
- Standsicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt
Band 21: 1996, 226 S., 71 Abb.,
ISBN 3-8167-4220-3
€ 30,- [sFr 50,40]
- Sicherheit von Glasfassaden**
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner
Band 20: 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab.,
ISBN 3-8167 4219-X
€ 12,- [sFr 20,70]
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**
B. Jacobs, J. Kirchhoff, J. Mezler
Band 19: 1996, 204 S., zahlreiche Abb.,
ISBN 3-8167-4218-1
€ 28,- [sFr 46,70]
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler
Band 17: 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-4216-5
€ 15,- [sFr 25,80]
- Transparent gedämmte Altbauten**
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, u.a.
Band 15: 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab.,
ISBN 3-8167-4214-9
€ 22,- [sFr 37,-]
- Kosten und Techniken für das »Überwintern« erhaltenswerter Bausubstanz**
Michael Rees, Hannes Weeber
Band 14: 1995, 190 S., zahlreiche Abb.,
ISBN 3-8167-4213-0
€ 25,- [sFr 41,60]
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**
Karl Gösele, Volker Engel
Band 11: 1995, 76 S., zahlreiche Abb.,
ISBN 3-8167-4210-6
€ 15,- [sFr 25,80]
- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**
Gertraud Hofmeister
Band 9: 1995, 210 S., zahlreiche Abb.,
ISBN 3-8167-4208-4
€ 25,- [sFr 41,60]
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**
Band 8: 1995, 418 S., 114 Abb.,
ISBN 3-8167-4207-6
€ 50,- [sFr 82,-]
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 6: 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab.,
ISBN 3-8167-4205-X
€ 25,- [sFr 41,60]
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes
Band 3: 1994, 56 S., 48 Abb.,
ISBN 3-8167-4202-5
€ 12,- [sFr 20,70]
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
R. Oswald, V. Schnapauff, R. Lamers, u. a.
Band 2: 1995, 333 S., 515 Abb.,
ISBN 3-8167-4201-7
€ 40,- [sFr 66,70]
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**
Gerhard Hausladen, Peter Springl
Band 1: 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab.,
ISBN 3-8167-4200-9
€ 25,- [sFr 41,60]
- Informieren Sie mich bitte laufend über Neuerscheinungen

Bestellschein

Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
www.IRBbuch.de

Absender

.....

E-Mail.....

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

Alle Bände (außer Band 52) mit kartoniertem Einband

Herausgegeben von Günter Zimmermann und Ralf Ruhнау

- Gründungsschäden**
Klaus Hilmer, Manfred Knappe
Band 34: 2004, ca. 172 S., zahlr. Abb. und Tab.,
ISBN 3-8167-6347-2
ca. € 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Balkonen**
Nils Oster
Band 33: 2004, 148 S., 79 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-6313-8
€ 39,- [sFr 65,20]
- Schäden durch mangelhaften Wärmeschutz**
Michael Bonk, Frank Anders
Band 32: 2004, 130 S., 92. Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-6307-3
€ 39,- [sFr 65,20]
- Die vorsorgliche Beweissicherung im Bauwesen**
Georg Philipps, Frank Stollhoff, Jürgen Wieck
Band 31: 2004, 211 S., 29 Grafiken,
83 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-6306-5
€ 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Tragwerken aus Stahl**
Peter Oehme, Werner Vogt
Band 30: 2003, 152 S., 148 Abb., 7 Tab.,
ISBN 3-8167-6133-X
€ 39,- [sFr 65,20]
- Schäden an Holzfußböden**
Andreas O. Rapp, Bernhard Sudhoff
Band 29: 2003, 176 S., 80 Abb., 17 Tab.,
ISBN 3-8167-6170-4
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Holztragwerken**
Georg Dröge, Thomas Dröge
Band 28: 2003, 169 S., 80. Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-6156-9
€ 46,- [sFr 76,-]
- Mangelhafter Schallschutz von Gebäuden**
Herwig Baumgartner, Roland Kurz
Band 27: 2003, 256 S., 143 Abb., 29 Tab.,
ISBN 3-8167-5797-9
€ 58,- [sFr 94,-]
- Schäden an polymeren Beschichtungen**
Robert Engelfried
Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,
ISBN 3-8167-5795-2
€ 40,- [sFr 66,70]
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**
Günter Zimmermann
Band 25: 2001, 190 S., 175 Abb., 16 Tab.,
ISBN 3-8167-5791-X
€ 48,- [sFr 79,-]
- Schäden an Installationsanlagen**
Heinz Wirth, Stefan Wirth
Band 24: 2001, 256 S., 114 Abb., 33 Tab.,
ISBN 3-8167-5790-1
€ 57,- [sFr 92,-]
- Schäden an Türen und Toren**
Ralf Schumacher
Band 23: 2001, 368 S., 291 Abb., 32 Tab.,
ISBN 3-8167-4169-X
€ 71,- [sFr 114,-]
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**
Hans-Joachim Scheewe
Band 22: 2001, 232 S., 80 Abb., 50 Tab.,
ISBN 3-8167-4168-1
€ 50,- [sFr 82,-]
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**
Peter Küffner, Oliver Lummertzheim
Band 21: 2000, 132 S., 106 Abb., 6 Tab.,
ISBN 3-8167-4165-7
€ 40,- [sFr 66,70]
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**
Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt
Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktions-
skizzen, 28 Tab., 98, teilw. farb. Fotos,
ISBN 3-8167-4164-9
€ 50,- [sFr 82,-]
- Schäden an Dränanlagen**
Wilfried Muth
Band 17: 2., überarb. und erw. Aufl. 2003,
128 S., 157 Abb., 13 Tab.,
ISBN 3-8167-6261-1
€ 36,- [sFr 59,50]
- Tauwasserschäden**
Richard Jenisch, Martin Stohrer
Band 16: 2., überarb. Aufl. 2001, 129 S.,
66 Abb., 6 Tab.,
ISBN 3-8167-5792-8
€ 37,- [sFr 61,-]
- Schäden an Estrichen**
Klaus G. Aurnhammer
Band 15: 2., erg. Aufl. 1999, 216 S.,
44 Abb., 17 Tab.,
ISBN 3-8167-4162-2
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**
Bernhard Brand, Gerhard Glatz
Band 14: 2., erw. Aufl. 2004, ca. 220 S.,
129 Abb., 24 Tab.,
ISBN 3-8167-6422-3
ca. € 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**
Helmut Klaas, Erich Schulz
Band 13: 2., überarb. Aufl. 2002, 224 S.,
162 Abb., 13 Tab.,
ISBN 3-8167-6114-3
€ 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**
Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u.a.
Band 12: 2., erw. Aufl. 2001, 410 S.,
303, teilw. farb. Abb., 22 Tab.,
ISBN 3-8167-4166-5
€ 76,- [sFr 122,-]
- Schäden an Fassadenputzen**
Helmut Künzel
Band 9: 2., erw. Aufl. 2000, 142 S.,
97 Abb., 3 Tab.,
ISBN 3-8167-4167-3
€ 38,- [sFr 62,50]
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**
Erich Cziesielski, Michael Bonk
Band 8: 2., überarb. und erw. Aufl. 2003,
111 S., 76 Abb., 5 Tab.,
ISBN 3-8167-6197-6
€ 35,- [sFr 58,-]
- Risschäden an Mauerwerk**
Werner Pfefferkorn, Helmut Klaas
Band 7: 3., überarb. Aufl. 2002, 292 S.,
290 Abb., 18 Tab.,
ISBN 3-8167-5793-6
€ 53,- [sFr 86,-]
- Schäden an Industrieböden**
Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer
Band 4: 2., erw. Aufl. 1999, 169 S.,
69 Abb., 33 Tab.,
ISBN 3-8167-4163-0
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Flachdächern und Wannen aus wasserundurchlässigem Beton**
Gottfried C.O. Lohmeyer
Band 2: 3., neu bearb. Aufl. 2001, 272 S.,
171 Abb., 28 Tab.,
ISBN 3-8167-5794-4
€ 50,- [sFr 82,-]
- Gesamtausgabe Bände 1 – 34**
2004, alle Bände mit festem Einband und
Register-CD-ROM,
ISBN 3-8167-6447-9
€ 1 368,- [sFr 2 066,-]

Bestellschein

Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
www.IRBbuch.de

Absender

.....

E-Mail

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

Die »Bauschäden-Sammlung« in 13 Bänden

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann



In der Fachwelt hat diese Zusammenstellung von typischen Bauschadensfällen als wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Bau- und Planungsleistungen großes Ansehen erlangt.

Die 13 Bände mit dem Untertitel »Sachverhalt - Ursachen - Sanierung« enthalten Schadensberichte aus allen baukonstruktiven Bereichen und sind durch Themen- und Sachregister erschlossen.

Der Nutzer kann so auf Anhieb feststellen,

- ob ein gleicher oder ähnlicher Schaden bereits dokumentiert ist,
- welche Schäden für ein bestimmtes Bauteil typisch sind,
- wie diese Schäden vermieden werden können oder welche Maßnahmen zu ihrer Behebung in Frage kommen.

Seit 3 Jahrzehnten ist die »Bauschäden-Sammlung« eine ständige Rubrik des »Deutschen Architektenblattes«.

Bauschäden-Sammlung, Band 13 Sachverhalt - Ursachen - Sanierung

2001, 184 Seiten,
zahlreiche, überwiegend farbige
Abbildungen, fester Einband,
ISBN 3-8167-4185-1
€ 27,- | sFr 44,-

Der Herausgeber

Professor Günter Zimmermann, ein bekannter Bausachverständiger mit langjähriger Erfahrung, betreut seit 3 Jahrzehnten die »Bauschäden-Sammlung« im »Deutschen Architektenblatt« und ist auch für die Herausgabe der Buchausgabe verantwortlich.

BESTELLSCHEIN

- Band 1: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 2: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 3: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 4: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 5: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 6: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 7: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 8: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 9: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 10: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 11: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 12: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 13: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-

Sie sparen € 36,- bei Abnahme der

- Bände 1-13 komplett:
€ 315,- | sFr 476,-

Alle Bände im Format A 5 quer, mit zahlreichen, zum Teil farbigen Abbildungen, festem Einband und Fadenheftung

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
E-Mail: info@irb.fhg.de
URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

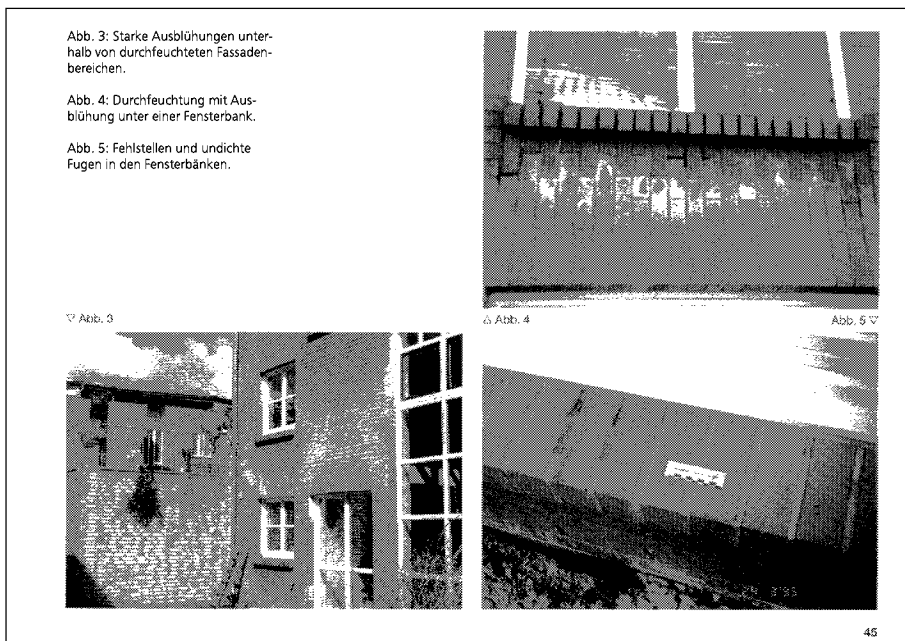


Abb. 3: Starke Ausblühungen unterhalb von durchfeuchteten Fassadenbereichen.

Abb. 4: Durchfeuchtung mit Ausblühung unter einer Fensterbank.

Abb. 5: Fehlstellen und undichte Fugen in den Fensterbänken.

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5