

**Untersuchungen von
Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit nicht
vorgebohrten Stahlblechen von mindestens
2 mm Dicke unter Verwendung von Stahlnägeln**

von

Jürgen Ehlbeck und Otto Eberhart

**Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine
Abt. Ingenieurholzbau
Universität Fridericiana Karlsruhe
o. Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ehlbeck
1988**

VORWORT

Die Stahlblech - Holz - Nagelverbindung hat sich im Holzbau als wirkungsvolle, kraftübertragende Verbindung bewährt, da durch sie vor allem die Mehrschnittigkeit zu reduziertem Platzbedarf des Anschlusses geführt hat. Die technischen Baubestimmungen fordern jedoch - abgesehen von einigen Sonderbauweisen mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung - Blechdicken von mindestens 2 mm Dicke und eine Vorbohrung der Nagellöcher in den Blechen, meist auch im Holz. Durch die Entwicklung pneumatischer Nagelgeräte erschien es machbar, bei Verwendung besonders gehärteter Nägel derartige Verbindungen auch mit dickeren Blechen, vor allem aber ohne jegliche Vorbohrungen, auszuführen. Es war daher zu untersuchen, unter welchen Bedingungen derartige Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen hergestellt werden können und mit welchem Trag- und Verformungsverhalten zu rechnen ist.

Die vorliegende Untersuchung entstand im Auftrage der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung mit finanzieller Unterstützung durch den Minister für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein - Westfalen (Zeichen VB1 - 72.02 - 176/84). Geeignet erscheinende Nageleintreibgeräte und Nägel wurden in dankenswerter Weise von den Firmen Paslode GmbH, 6236 Eschborn, und Deutsche SENCO - Industrieerzeugnisse GmbH & Co, 2800 Bremen, bereitgestellt.

Die Arbeit wurde maßgeblich geleitet von Herrn Dipl.-Ing. O. Eberhart; bei den Versuchen wirkten die Herren G. Rüd, J. Lafferthon und M. Pitz mit. Den wissenschaftlichen Hilfskräften, insbesondere den Herren cand.ing. P. Schuler und cand.ing. R. Dinort ist für die Mithilfe bei den Versuchsauswertungen und ihrer Darstellung zu danken.

Jürgen Ehlbeck

INHALT

- 1 Ziel des Forschungsvorhabens
- 2 Eignungsversuche
 - 2.1 Erkundung des Marktes
 - 2.2 Versuchsmaterial
 - 2.2.1 Nageleintreibgeräte und Nägel
 - 2.2.2 Stahlbleche
 - 2.2.3 Holz
 - 2.3 Versuchsprogramm
 - 2.4 Ergebnisse der Eignungsversuche
 - 2.4.1 Holzart
 - 2.4.2 Holzdicke
 - 2.4.3 Nagelabstände / Randabstände
 - 2.4.4 Nageleintreibgeräte / Nägel
 - 2.4.5 Anzahl der Bleche / Blechdicke / Betriebsdruck
 - 2.4.6 Überprüfung der Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen
 - 2.5 Zusammenfassung
- 3 Tragfähigkeitsversuche
 - 3.1 Versuchsprogramm
 - 3.2 Versuchsmaterial
 - 3.3 Versuchskörper
 - 3.4 Versuchseinrichtung
 - 3.5 Versuchsdurchführung
 - 3.6 Versuchsauswertung
 - 3.7 Analyse der Versuchsergebnisse
 - 3.7.1 Verformungsverhalten der Verbindungen
 - 3.7.2 Ursachen für das Versagen der Verbindungen
 - 3.7.3 Auswirkungen der untersuchten Parameter
 - 3.8 Zusammenfassung
- 4 Empfehlungen für Ausführung und Bemessung
 - 4.1 Anforderungen an die Herstellung der Verbindungen
 - 4.2 Empfehlungen für die Bemessung

1 Ziel des Forschungsvorhabens

Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen nach Abschnitt 11.3 der DIN 1052 Blatt 1 (Ausgabe Oktober 1969) erfordern eine Blechdicke von mindestens 2,0 mm, ein Vorbohren der Blechteile sowie ein Vorbohren der Holzteile, falls die Bleche nicht außen liegen. Diese Forderungen behindern in manchen Fällen eine wirtschaftliche Herstellung von Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen.

Es wurden deshalb bereits vor etwa 30 Jahren von der Norm abweichende Verbindungssysteme ähnlicher Art entwickelt und in bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. Diese Verbindungssysteme erlauben geringere Blechdicken, einen Verzicht auf das Vorbohren des Holzes sowie teilweise auch einen Verzicht auf das Vorbohren der Stahlteile.

Inzwischen sind pneumatische Nageleintreibgeräte mit darauf abgestimmten Stahlnägeln entwickelt worden, die nach Angaben der Hersteller ein Durchnageln von mindestens 2,0 mm dicken oder noch dickeren Stahlblechen ohne Vorbohren ermöglichen sollen. Der Einsatz dieser Geräte unter praxisüblichen Bedingungen im Holzbau und die Randbedingungen, d.h. die Grenzen der Anwendungsmöglichkeit der Geräte waren bisher jedoch noch nicht hinreichend untersucht.

Ziel des Forschungsvorhabens war daher, anhand von Versuchen die Eignung dieses Verfahrens zur Herstellung von Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen, bei denen außer dem Wegfall der Forderung nach dem Vorbohren alle anderen Bedingungen der Norm erfüllt werden, zu klären und die Grenzen der Anwendbarkeit festzustellen. Damit verbunden waren auch Versuche, die das Trag- und Verformungsverhalten der Verbindungen klären sollten.

Unter der Voraussetzung leistungsfähiger Nageleintreibgeräte, die eine ordnungsgemäße Herstellung solcher Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen ermöglichen, sind auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Forschungsarbeit wesentlich wirtschaftlichere, weil Arbeitszeit sparende Verbindungen für die praktische Anwendung möglich.

2 Eignungsversuche

2.1 Erkundung des Marktes

In Zusammenarbeit mit dem "Fachverband Verbindungs- und Befestigungstechnik (VBT)", Düsseldorf, wurde eine Erkundung des Marktes durchgeführt, um festzustellen welche Hersteller in der Lage und bereit waren, geeignet erscheinende Nageleintreibgeräte und Nägel zur Verfügung zu stellen. Bei der ursprünglichen Planung der Eignungsversuche wurde davon ausgegangen, daß zu deren Durchführung fünf Nageleintreibgeräte verschiedener Hersteller zur Verfügung stehen würden. Im Rahmen von Gesprächen mit den einschlägigen Firmen wurde jedoch eine gewisse Skepsis festgestellt, die in erster Linie im sicherheitstechnischen Bereich lag. Die Nagelung außenliegender Bleche wurde aus diesen Gründen von vornherein ausgeschlossen. Nach eingehender Erörterung eines Versuchsprogramms, an der unter anderem sechs Herstellerfirmen teilnahmen, erklärten sich schließlich zwei Hersteller bereit, geeignet erscheinende Nageleintreibgeräte mit Nägeln zur Verfügung zu stellen.

2.2 Versuchsmaterial

2.2.1 Nageleintreibgeräte und Nägel

Zur Durchführung der geplanten Eignungsversuche standen damit die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Geräte und Nägel zur Verfügung:

Hersteller	firmeneigene Gerätebezeichnung	maximaler Betriebsdruck [bar]	Nagelgröße $d_n \times l_n$ [$\frac{1}{10}$ mm x mm]	a / b [*]
A	GN 130 S	8,0	38 x 80	G / g
			36 x 90	G / g
			36 x 90	R / g
B	HB 120 RSN	8,3	38 x 100	G / u
	HB 160 RSN	8,3	38 x 100	G / g

[*] **a:** Schaftform des Nagels: **b:** Nagelbeschaffenheit:
 G : glattschaftiger Nagel g : gehärtet
 R : Rillennagel u : ungehärtet

Das Nageleintreibgerät GN 130 S des Herstellers A ist nach Firmenangabe ein Serienmodell und wurde für die durchzuführenden Versuche nicht modifiziert. Die zur Verfügung gestellten Nägel besaßen nach Angabe des Herstellers die folgenden Materialeigenschaften:

- Kohlenstoffstahl; Werkstoffnummer 1.0601
- flüssigkeitsgehärtet
- Zugfestigkeit 1500 – 1700 N/mm².

Die gehärteten Rillennägel 36 x 90 wurden erst nach Beendigung der Eignungsversuche zur Verfügung gestellt. Deshalb konnten mit diesen Nägeln lediglich einige Tastversuche durchgeführt werden.

Die beiden Nagelgeräte des Herstellers B sind nach Herstellerangabe Neuentwicklungen. Zunächst standen die handelsüblichen, ungehärteten Nägel zur Verfügung. Als bereits zu Beginn der Eignungsversuche ein Defekt an der Mechanik des Naglers HB 120 RSN auftrat, wurde das Gerät vom Hersteller modifiziert. Nachdem dieser Defekt erneut auftrat, wurde das Gerät HB 160 RSN mit gehärteten Nägeln bereitgestellt. Da aber auch bei der Verwendung der gehärteten Nägel ein Defekt an der Mechanik des Naglers auftrat, muß davon ausgegangen werden, daß die Ursache nicht in der Verwendung von ungehärteten Nägeln, sondern in der Konstruktion des Naglers selbst liegt.

Zur Bestimmung der Materialeigenschaften der verwendeten Nägel wurde der Härteverlauf über die Nagellänge ermittelt und dazu an jeweils drei Nägeln die **Prüfung DIN 50 133 – HV 10** zur Bestimmung der Vickershärte durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Prüfungen sind in den **Bildern 1 bis 3** (Anlage 1) graphisch dargestellt. Um einen Vergleich mit den zur Verfügung stehenden Herstellerangaben zu ermöglichen, wurden Umwertungen der Ergebnisse der Härteprüfungen nach **DIN 50 150** ("Umwertungstabelle für Vickershärte, Brinellhärte, Rockwellhärte und Zugfestigkeit") vorgenommen und die entsprechenden Zugfestigkeiten bestimmt.

Die Ergebnisse dieser Prüfungen sowie der durchgeführten Umwertungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Nagel	mittlere Vickershärte HV 10	mittlere Zugfestigkeit [N/mm ²]
38 x 80	631	2109
36 x 90	627	2092
38 x 100	311	999

Außerdem wurde bei jeweils 10 Nägeln das Fließmoment nach den RILEM Empfehlungen **RECOMMANDATION TT-1 B** ("Testing methods for joints with mechanical fasteners in load-bearing timber structures"; Annex B "Nails") bestimmt. Danach wird das Fließmoment in einem Biegeversuch bestimmt. Die Größe eines rechnerischen und mit anderen Nägeln vergleichbaren Fließmomentes wird dabei über die Prüflast bei einer Durchbiegung von $2x d_n$ bei vorgegebener Stützweite des Nagels berechnet. Die Ergebnisse dieser Prüfungen sind in **Tabelle 1** (Anlage 2) zusammengestellt.

2.2.2 Stahlbleche

Die verwendeten Stahlbleche bestanden sämtlich aus verzinktem Stahlblech (St 37 nach DIN 1623 Teil 2) mit den Nenndicken 2,0 - 2,5 und 3,0 mm. Die Materialkennwerte, ermittelt an jeweils drei Flachproben **12,5 x 50 DIN 50 114** im Zugversuch nach **DIN 50 145** betragen im Mittel:

Blechdicke [mm]	2,0	2,5	3,0
Streckgrenze [N/mm ²]	276	324	294
Zugfestigkeit [N/mm ²]	386	383	376
Bruchdehnung [%]	28	27	27
mittlere Zinkschichtdicke nach DIN 50 988 [µm]	22	20	19

2.2.3 Holz

Das verwendete Vollholz und Brettschichtholz wurde, um den Praxisbedingungen möglichst nahe zu kommen, nach Zufallsgesichtspunkten aus einem größeren Lagervorrat entnommen. Da die Spaltgefahr bei der Verwendung von trockenem Holz ($u \leq 20\%$) im Vergleich zu halbtrockenem Holz erfahrungsgemäß größer ist, wurden die Eignungsversuche mit trockenem Holz durchgeführt, um den ungünstigsten Fall zu erfassen. Materialproben wurden aus den Versuchskörpern zur Bestimmung des Trag- und Verformungsverhaltens der Verbindungen entnommen.

2.3 Versuchsprogramm

Es war zu erwarten, daß die Parameter Blechdicke, Anzahl der Bleche, Holzdicke, Holzart und Holzfeuchte sowie der Betriebsdruck der Nageleintreibgeräte einen signifikanten Einfluß auf die Herstellung der zu untersuchenden Verbindungen haben. Durch Variation dieser Einflußgrößen wurden deshalb zunächst die Grenzen der Anwendbarkeit bestimmt. Zur Durchführung des Versuchsprogramms wurden grundsätzlich Probekörper entsprechend **Bild 4** (Anlage 3) verwendet. Bei den Versuchskörpern aus Nadelvollholz und Brettschichtholz wurden dazu die verzinkten Stahlbleche in die mittels einer Bandsäge hergestellten Schlitzlöcher (Schlitzbreite = Blechdicke + 1,0 mm) eingelegt und unter Variation des Betriebsdruckes der Nageleintreibgeräte die Probekörper, einem Beschluß der begleitenden Arbeitsgruppe folgend, nur von einer Seite genagelt. Die ursprünglich ebenfalls vorgesehenen Versuche mit außenliegenden Blechen wurden aus Sicherheitsgründen aus dem Arbeitsplan gestrichen. Da die Probekörper nicht für die nachfolgenden Tragfähigkeitsversuche vorgesehen waren, wurden die Abmessungen und die Lage der Bleche so gewählt, daß unter Einhaltung der Mindestabstände untereinander und von den Rändern die Holzdicken variierten, so daß ein eventuell vorhandener Einfluß einer von der nach DIN 1052 geforderten Mindestholzdicke abweichenden Holzdicke festgestellt werden konnte.

Die zur Verfügung gestellten Nageleintreibgeräte erlaubten einen maximalen Betriebsdruck von ca. 8,0 bar. Ausgehend von diesem Höchstwert wurde der Druck schrittweise um jeweils 1 bar verringert, bis ein Nageln nicht mehr möglich war. Dabei wurden bei jeder Versuchsvariante in Vollholz 2x5 Nägel und in Brettschichtholz jeweils 5 Nägel "parallel" und "rechtwinklig" zur Leimfuge eingetrieben.

2.4 Ergebnisse der Eignungsversuche

Zur besseren Beurteilung der hergestellten Verbindungen wurde das Durchdringen der Bleche und des Holzes sowie die Lage der Nägel mittels Röntgenaufnahmen oder durch Aufspalten des Versuchskörpers festgestellt.

Die Ergebnisse der im Abschnitt 2.3 beschriebenen Eignungsversuche sind in der **Tabelle 2** (Anlage 4) zusammengestellt. Bei der Variation der Parameter

- Holzart
- Holzdicke
- Nagelabstände / Randabstände
- Nägel
- Anzahl der Bleche
- Blechdicke
- Betriebsdruck der Nageleintreibgeräte

ergaben sich die nachfolgend erläuterten Ergebnisse.

2.4.1 Holzart

Bei Variation der anderen Einflußparameter konnte ein Einfluß des verwendeten Holzes (Nadelvollholz oder Brettschichtholz) auf die Nagelbarkeit der Probekörper bei keiner der durchgeführten Versuchsreihen festgestellt werden.

2.4.2 Holzdicke

Im Vergleich zum Widerstand der zu durchdringenden Bleche war ein Einfluß einer größeren als der nach DIN 1052 vorgeschriebenen Mindestholzdicke von 24 mm auf die Nagelbarkeit der Verbindungen nicht feststellbar.

Bei den Eignungsversuchen mit drei eingelegten Blechen lagen die Holzdicken je nach Blechdicke nur zwischen 21,0 und 22,0 mm. Beim Nageln der Verbindungen war in diesen Fällen teilweise ein Aufspalten der innenliegenden Holzteile feststellbar.

2.4.3 Nagelabstände / Randabstände

Bei vorgezogenen Tastversuchen wurde bereits festgestellt, daß ein Versetzen der Nägel in der Rißlinie erforderlich ist, um die Gefahr des Aufreißens des Holzes zu verringern. Bei allen durchgeführten Eignungsversuchen waren deshalb die Nägel in der Rißlinie versetzt angeordnet. Die nach DIN 1052 geforderten Mindestabstände untereinander erscheinen gerade noch vertretbar. Bei den Versuchen mit einem größeren als dem notwendigen Mindestdruck wurde teilweise ein Aufspalten des Holzes in Faserrichtung beobachtet.

2.4.4 Nageleintreibgeräte/Nägel

Die vom Hersteller A zur Verfügung gestellten Nägel waren gehärtet. Bei Verwendung der glattschaftigen Nägel, die sich sowohl im Durchmesser als auch in der Nagellänge unterschieden, war kein Einfluß dieser beiden Parameter auf die Nagelbarkeit der Verbindung feststellbar.

Die später angelieferten Rillennägel 36 x 90 wurden nur in einigen Tastversuchen untersucht. Dabei wurde festgestellt, daß die Verwendung von Rillennägeln bei der Herstellung von Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen der untersuchten Art keine Vorteile bringt. Vielmehr war festzustellen, daß zum einen die Rillen beim Durchdringen der Bleche stark deformiert werden, so daß eine höhere Haftfestigkeit im Holz im Vergleich zu glattschaftigen Nägeln nicht zu erwarten ist, zum anderen, daß sich diese Profilierung des Nagelschaftes auch negativ auf die Grenzen

der Anwendbarkeit auswirkt. Es zeigte sich nämlich, daß unter Beibehaltung aller anderen Parameter zum ordnungsgemäßen Nageln mit Rillennägeln im Vergleich zu den glattschaftigen Nägeln deutlich höhere Betriebsdrücke der Nageleintreibgeräte erforderlich werden.

Vom Hersteller B wurde die Nagelgröße 38 x 100 zur Verfügung gestellt. Bei der Anwendung der ungehärteten Nägel waren im Vergleich zu den gehärteten Nägeln des Herstellers A deutlich höhere Mindestdrücke der Nageleintreibgeräte erforderlich. Auch im Verhalten bei einem nicht ausreichenden Betriebsdruck, d.h. wenn ein Nageln des Versuchskörpers nicht mehr ordnungsgemäß möglich war, waren Unterschiede feststellbar. Während die gehärteten Nägel in einem solchen Fall gerade blieben und anschließend durch zusätzliche Handnagelung eingeschlagen werden konnten, verformten sich die ungehärteten Nägel im Bereich der Nagelspitze und führten dadurch in den meisten Fällen bereits zu einem Aufspalten der eingeschlizten Versuchskörper.

Die Versuche mit den gehärteten Nägeln 38 x 100 des Herstellers B erbrachten für die Fälle, in denen ein ordnungsgemäßes Nageln möglich war, die gleichen Ergebnisse, wie die Versuche mit dem Material des Herstellers A.

Ein Vergleich der Ergebnisse der mit beiden Nageleintreibgeräten und den gehärteten sowie den ungehärteten Nägeln des Herstellers B durchgeführten Eignungsversuche zeigt, daß der Defekt, der mehrmals an der Mechanik der Nageleintreibgeräte auftrat, nicht allein auf die Verwendung ungehärteter Nägel zurückgeführt werden kann. Obwohl bei der Verwendung der gehärteten Nägel die Anwendungsgrenzen im Vergleich zu den ungehärteten Nägeln weiter gesteckt waren, trat dieser Defekt in der Mechanik immer dann auf, wenn die jeweiligen Anwendungsgrenzen überschritten wurden. Dies war bei dem verwendeten Nageleintreibgerät des Herstellers A hingegen nicht der Fall.

2.4.5 Anzahl der Bleche/Blechdicke/Betriebsdruck

Bei der Variation dieser drei Parameter konnten die Grenzen der Anwendbarkeit festgestellt werden. Bei allen Versuchsreihen war eine deutliche Abhängigkeit zwischen dem erforderlichen Betriebsdruck der Nageleintreibgeräte und der Anzahl und Dicke der verwendeten Stahlbleche erkennbar. Die Ergebnisse der Versuche sind nachfolgend nach Hersteller und Nagel getrennt zusammengefaßt:

Für das vom Hersteller A zur Verfügung gestellte Nageleintreibgerät gilt, unabhängig von der Nagelgröße:

- bis zu drei 2,0 mm dicke Bleche lassen sich durchnageln,
- bis zu zwei 2,5 mm dicke Bleche lassen sich durchnageln,
- bis zu zwei 3,0 mm dicke Bleche lassen sich durchnageln.

Für die vom Hersteller B gelieferten **ungehärteten** Nägel gilt:

- bis zu zwei 2,0 mm dicke Bleche lassen sich durchnageln.

Für die vom Hersteller B gelieferten **gehärteten** Nägel gilt:

- bis zu drei 2,0 mm dicke Bleche lassen sich durchnageln,
- höchstens ein 2,5 mm dickes Blech läßt sich durchnageln.

2.4.6 Überprüfung der Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen

Im allgemeinen konnten die Grenzen der Anwendbarkeit dieses Verfahrens zur Herstellung von Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen dadurch festgestellt werden, daß bei einem zu geringen Betriebsdruck der Nageleintreibgeräte die Nägel nicht mehr vollständig in den Probekörper eindringen. In Fällen, bei denen nur ein Teil der Nägel eindrang, wurden von den Probekörpern Röntgenaufnahmen hergestellt, um den Grund für dieses abweichende Verhalten zu erfahren. In allen diesen Fällen waren es Äste, die das vollständige Eindringen der Nägel verhinderten. **Bild 5** (Anlage 5) zeigt in einer Röntgenaufnahme, daß ein Nagel 36 x 90, der durch 2,5 mm dicke Bleche geschossen werden sollte, noch vor dem Durchdringen des zweiten Bleches auf einen Ast traf.

Im **Bild 6** (Anlage 5) ist das typische Versagen eines ungehärteten Nagels 38 x 100 beim Scheitern einer Probenagelung zu sehen.

Wenn eine Beurteilung der hergestellten Verbindungen nicht durch äußere Inaugenscheinnahme möglich war, wurde das Durchdringen der Bleche und des Holzes sowie die Lage der Nägel in der Verbindung ebenfalls mittels Röntgenaufnahmen festgestellt. **Bild 7** (Anlage 6) zeigt die Röntgenaufnahme eines Versuchskörpers aus Brettschichtholz mit zwei Blechen ($t = 2,0$ mm), der mit Nägeln 36 x 90 bei einem Betriebsdruck des Nageleintreibgerätes von 6,0 bar einwandfrei durchnagelt werden konnte. In **Bild 8** (Anlage 6) ist ein Versuchskörper dargestellt, bei dessen Nagelung unter Beibehaltung aller anderen Parameter im Vergleich zu Bild 7 lediglich der Druck auf 5,0 bar verringert wurde. Es ist zu erkennen, daß bei einem Betriebsdruck von 5,0 bar das zweite Stahlblech nur noch teilweise durchdrungen wurde, die verbleibende Energie aber nicht mehr ausreichte, die Nägel vollständig in den Versuchskörper einzutreiben.

Deutlich zu erkennen ist in allen Röntgenaufnahmen das trichterförmige Aufbördeln der durchschlagenen Stahlbleche. Dies ließ für die anschließenden Tragfähigkeitsversuche eine im Vergleich zu Verbindungen mit vorgebohrten Stahlblechen höhere Steifigkeiten der auf diese Weise hergestellten Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen erwarten.

2.5 Zusammenfassung

Die ordnungsgemäße Herstellung von Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen unter Wegfall der Forderung nach einem Vorbohren der Holz- und Stahlteile war mit dem zur Verfügung stehenden Versuchsmaterial bedingt möglich. Bei Einhaltung des erforderlichen Mindestdruckes der Nageleintreibgeräte können bis zu drei 2,0 mm dicke und bis zu zwei 2,5 bzw. 3,0 mm dicke Stahlbleche mit gehärteten Nägeln durchnagelt werden.

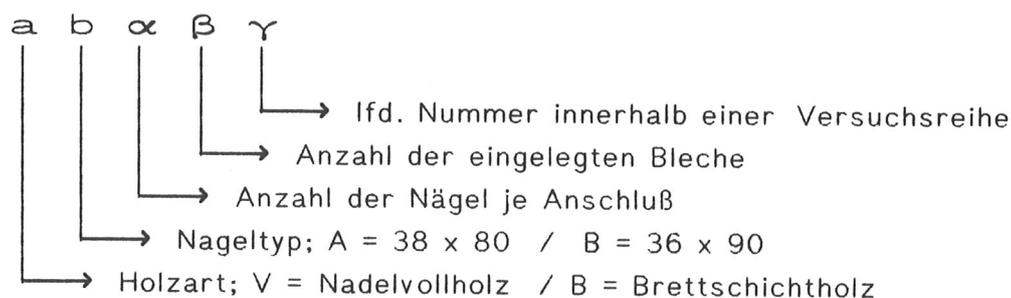
3 Tragfähigkeitsversuche

Für die Verbindungen, die sich nach den Eignungsversuchen als herstellbar erwiesen, wurden im dritten Untersuchungsabschnitt anhand von Zug-scherkörpern die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten bestimmt. Da zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Versuche das Nageleintreibgerät des Herstellers B defekt war, wurden die Versuche ausschließlich mit dem vom Hersteller A zur Verfügung gestellten Versuchsmaterial durchgeführt.

3.1 Versuchsprogramm

Bei Variation der Parameter Holzart, Nagelanzahl je Anschluß, Blechanzahl, Blechdicke und Nagelgröße wurden mehrere Versuchsreihen durchgeführt. Eine detaillierte Zusammenstellung der durchgeführten Versuche enthält **Tabelle 3** (Anlage 7). Die Mehrzahl der Versuche wurde dabei mit Nägeln 38 x 80 durchgeführt, da die andere Nagelgröße (36 x 90) nach den Eignungsversuchen nur noch in geringem Umfang zur Verfügung stand. Auf Versuche mit 2,5 mm dicken Stahlblechen wurde aus versuchstechnischen Gründen oder wegen der begrenzten Forschungsmittel ebenso wie auf Versuche mit drei eingelegten Blechen verzichtet.

Die Bezeichnung der Versuche erfolgte einheitlich nach dem folgenden Schema:



3.2 Versuchsmaterial

Die Zugscherkörper wurden mit gehärteten Nägeln 38 x 80 bzw. 36 x 90 und 2,0 bzw. 3,0 mm dicken Stahlblechen hergestellt. Nach Versuchsende wurde von den Versuchskörpern jeweils eine Holzprobe mit den Abmessungen Prüfkörperquerschnitt x 40 mm entnommen und daran die Darrohdichte bestimmt. Diese Werte $\overline{\rho}_0$ stellen eine mittlere Rohdichte des geprüften Anschlusses dar und sind in den Tabellen der einzelnen Versuchsreihen mit angegeben.

3.3 Versuchskörper

Zur Durchführung der Versuche wurden Zugscherkörper in Anlehnung an den Abschnitt B.6.1.3 der RILEM Recommendation TT - 1;B hergestellt. Die Abmessungen der Versuchskörper mit jeweils vier Nägeln je Anschluß sind für die Nägel 38 x 80 im **Bild 9** (Anlage 8) und für die Nägel 36 x 90 im **Bild 10** (Anlage 9) dargestellt. Bei den Versuchskörpern mit 8 Nägeln je Anschluß waren zwei weitere Reihen mit jeweils zwei Nägeln in Kraftrichtung angeordnet. **Bild 11** (Anlage 9) zeigt eine Fotografie eines Zugscherkörpers der Versuchsreihe BA 42(γ).

Die Herstellung und Nagelung der Versuchskörper erfolgte wie bei den Eignungsversuchen. Die Schlitzbreite wurde wiederum um jeweils 1,0 mm größer als die Dicke der eingelegten Bleche gewählt. Nach Einlegen der Bleche wurden die Versuchskörper von einer Seite mit dem in den Eignungsversuchen ermittelten jeweils erforderlichen Mindestdruck genagelt. Die Abmessungen der Hölzer sowie die Nagelabstände untereinander und von den Rändern wurden so gewählt, daß die geforderten Mindestabstände der DIN 1052 eingehalten waren (z.B.: $5 \times d_n = 5 \times 3,8 \text{ mm} = 19 \text{ mm}$; gewählt: 20 mm).

3.4 Versuchseinrichtung

Sämtliche Messungen wurden mit elektrischen Meßwertaufnehmern vorgenommen. Für die Messung der Stoßaufweitung wurden zwei induktive Wegaufnehmer des Typs W20 verwendet. Die Meßsignalverstärkung und die Meßdatenerfassung erfolgte mittels einer rechnergestützten Umschaltanlage (UPH 3200).

Zur Auswertung der Meßdaten und Darstellung der Versuchsergebnisse in grafischer Form wurde ein spezielles EDV - Programm verwendet.

3.5 Versuchsdurchführung

Die Durchführung und Auswertung der Versuche erfolgte nach **ISO 6891** ("Timber structures - Joints made with mechanical fasteners - General principles for the determination of strength and deformation characteristics";1983).

Ausgehend von einer abgeschätzten Höchstlast F_{est} wurden die Prüfkörper mit einer konstanten Verformungsgeschwindigkeit bis $0,4 F_{est}$ belastet. Nach 30 sec Wartezeit erfolgte eine Entlastung auf $0,1 F_{est}$. Nach erneuter Wartezeit von wiederum 30 sec wurde bis zum Erreichen der Höchstlast erneut belastet.

Die Verformungsgeschwindigkeit betrug im Bereich unterhalb $0,7 F_{est}$ $0,5 \text{ mm/min}$ und wurde ab $0,7 F_{est}$ kontinuierlich bis auf etwa 4 mm/min gesteigert. Die Versuchsdauer betrug damit jeweils etwa 10 min. Die Erfassung der Meßdaten erfolgte kontinuierlich in einem Intervall von 4 Sekunden mittels der rechnergestützten Meßdatenerfassungsanlage.

Die erwartete Höchstlast F_{est} wurde dabei über die zulässige Belastung $zul F$ nach DIN 1052 für eine mehrschnittige Stahlblech - Holz - Nagelverbindung ermittelt. Für einen Nagel einer einschnittigen Stahlblech - Holz - Nagelverbindung gilt danach:

$$zul F_1 = 1,25 \frac{500 d_n^2}{10 + d_n} \quad ; d_n \text{ in mm .}$$

Während bei der Verwendung von nur einem Blech je Anschluß die vorhandene wirksame Einschlagtiefe $s_w > 8 d_n$ war, lag die wirksame Einschlagtiefe bei Verwendung von zwei Blechen zwischen $4 d_n$ und $8 d_n$, so daß nach den Bestimmungen der DIN 1052 eine Abminderung vorgenommen werden mußte.

Damit ergaben sich die "zulässigen" Belastungen $zul F$ für einen Anschluß zu

$$zul F = n_n \times n_s \times zul F_1$$

mit n_n = Anzahl der Nägel und

n_s = rechnerische Anzahl der Scherflächen unter Beachtung der vorhandenen Einschlagtiefen

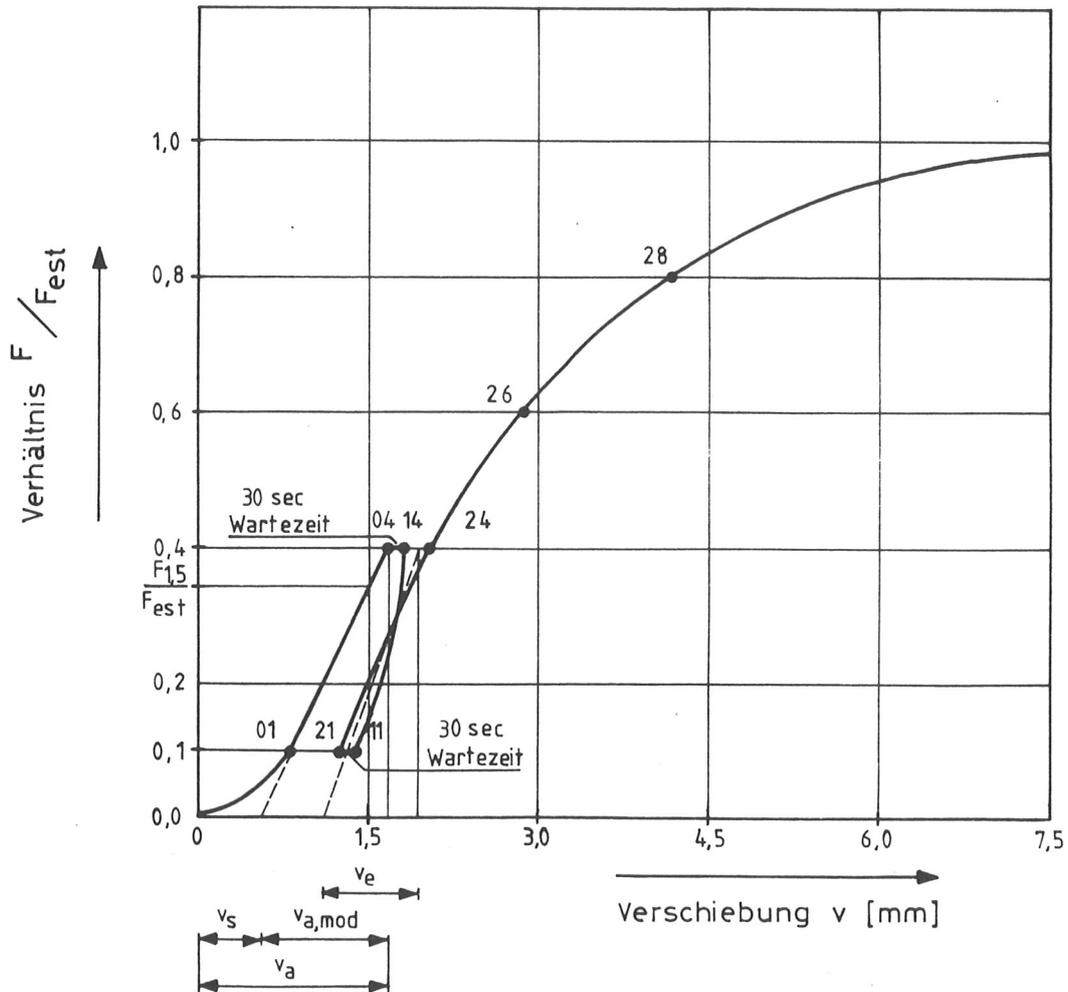
Bei einer angenommenen dreifachen Sicherheit gegen Versagen wurden die erwarteten Höchstlasten F_{est} dann so festgelegt, daß die einzelnen Laststufen für den Versuchsablauf nach ISO 6891 auch versuchstechnisch realisierbar waren. Gegebenenfalls wurden während der Versuche die Schätzwerte F_{est} korrigiert, wenn sich dies aufgrund der vorangegangenen Versuche als sinnvoll erwies.

3.6 Versuchsauswertung

Als Ergebnisse der durchgeführten Tragfähigkeitsversuche mit den Zugscherkörpern liegen Kraft - Stoßaufweitungsdiagramme sowie in tabellarischer Form die charakteristischen Werte vor.

Diese charakteristischen Verschiebungsgrößen wurden nach ISO 6891 ermittelt und den entsprechenden Werten nach dem Entwurf zur DIN 1052 gegenübergestellt. Das auf der folgenden Seite abgebildete, idealisierte Kraft - Stoßaufweitungsdiagramm zeigt die angegebenen Verschiebungsgrößen nach ISO 6891.

Die in den Tabellen angegebenen Werte für die Verschiebungen v sind Mittelwerte einer Anschlußhälfte der geprüften Verbindungen und wurden durch Halbieren der gemessenen Stoßaufweitungen v ermittelt.



Im einzelnen bedeuten:

- Anfangsverschiebung

$$v_a = v_{04}$$

- Anfangsverschiebung ohne Schlupf

$$v_{a,mod} = 4/3 (v_{04} - v_{01})$$

- Schlupf

$$v_s = v_a - v_{a,mod}$$

- elastische Verschiebung

$$v_e = 2/3 (v_{14} + v_{24} - v_{11} - v_{21})$$

- gemessene Verschiebung bei der zul. Belastung nach DIN 1052	v_{zulF}, v_{zulF_1}
- zul. Belastung nach DIN 1052	$zulF$
- Versuchshöchstlast	F_{max}
- zul. Belastung je Nagel und Scherfläche	$zulF_1$
- Last bei einer Verschiebung von 1,5 mm	$F_v = 1,5 \text{ mm}$
- angenommene Verschiebung bei der zul. Belastung nach EDIN 1052	$v_{zulF,EDIN}$
- Anfangsverschiebungsmodul	$C = 0,4 F_{est}/v_a$
- Verschiebungsmodul ohne Schlupf	$C_{mod} = 0,4 F_{est}/v_{a,mod}$
- Verschiebungsmodul nach EDIN 1052	C_{EDIN}
- mittlere Darrohdichte des Versuchskörpers	$\bar{\rho}_0$

In den **Bildern 12 bis 27 und 29 bis 40** (Anlagen 10 bis 15,18,19,21 und 22) sind die Kraft - Stoßaufweitungsdiagramme der Versuche mit dem Nagel 38 x 80 und **einem** eingelegten Blech dargestellt. Die **Tabellen 4 bis 11** (Anlagen 11,13,16,20 und 23) enthalten die zugehörigen Einzelwerte. In den **Bildern 28 und 41** (Anlagen 17 und 24) sind Fotografien und Röntgenaufnahmen von Versuchskörpern dieser Reihen vor und nach dem Versuch dargestellt. Die **Tabelle 12** (Anlage 25) enthält die Zusammenstellung der Mittelwerte der signifikanten Versuchsergebnisse und den Vergleich mit den Werten nach dem Entwurf zur DIN 1052 (EDIN).

In den **Bildern 42 bis 57 und 59 bis 70** (Anlagen 26 bis 31,34,35,37 und 38) sind die Kraft - Stoßaufweitungsdiagramme der Versuche mit dem Nagel 38 x 80 und **zwei** eingelegten Blechen dargestellt. Die **Tabellen 13 bis 20** (Anlagen 27,29,32,36 und 39) enthalten die zugehörigen Einzelwerte. In den **Bildern 58 und 71** (Anlagen 33 und 40) sind Fotografien und Röntgenaufnahmen von Versuchskörpern dieser Reihen vor und nach dem Versuch dargestellt. Die **Tabelle 21** (Anlage 41) enthält die Zusammenstellung der Mittelwerte der signifikanten Versuchsergebnisse und den Vergleich mit den Werten nach dem Entwurf zur DIN 1052 (EDIN).

Mit den Nägeln 36 x 90 wurden einzelne Tastversuche durchgeführt, deren Ergebnisse in den **Bildern 72 bis 79** (Anlagen 42 bis 45) und den **Tabellen 22 bis 24** (Anlagen 43,45 und 46) zusammengestellt sind. Unter diesen Versuchen befinden sich auch einige mit Rillennägeln 36 x 90, die durch ein nachstehendes "R" in der Versuchsbezeichnung gekennzeichnet sind.

3.7 Analyse der Versuchsergebnisse

3.7.1 Verformungsverhalten der Verbindungen

Die in jeder Versuchsreihe aufgezeichneten Kraft - Stoßaufweitungsdiagramme zeigen ein sehr ähnliches Verformungsverhalten der Verbindungen. Im oberen Lastbereich traten je nach Bruchursache jedoch Unterschiede auf. Wenn der Bruch durch ein allmähliches Versagen des Nagels eingeleitet wurde, dann wies das Kraft - Stoßaufweitungsdiagramm einen stetigen Verlauf mit ständig wachsender Verschiebungszunahme auf.

Wenn als Ursache für den Bruch aber ein Aufspalten des Holzes maßgebend war, trat in den meisten Fällen infolge plötzlichen Aufplatzens des Holzes ein deutlicher Lastabfall ein.

3.7.2 Ursachen für das Versagen der Verbindungen

Die Tragfähigkeit der Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen war deutlich durch zwei Bruchursachen begrenzt:

- 1: das Aufspalten des Holzes in Holzfaserrichtung (H),
- 2: das Verbiegen (Versagen) der Nägel (N).

Die geringsten Tragfähigkeiten traten durchweg dann auf, wenn das Aufspalten des Holzes maßgebend war. Diese Bruchursache trat ausschließlich bei allen Versuchen mit zwei eingelegten Stahlblechen auf. Gelegentlich wurde schon bei der Nagelung der Verbindungen bei Hölzern mit großer Holzrohddichte ein Anriß des Holzes festgestellt. Da in der Praxis auf die Holzrohddichte nicht geachtet werden kann, muß die frühzeitige Spaltgefahr entweder durch hinreichend große Nagel- und Randabstände oder eine ausreichende Mindestholzdicke unterbunden werden, zumal in allen Fällen dieser Bruchursache bei Ausnutzung der zulässigen Nagelbelastungen für vorgebohrte Stahlblech- Holz - Nagelverbindungen nach DIN 1052 deutlich geringere Bruchsicherheiten die Folge sind. Dies liegt daran, daß die zulässigen Belastungen nach DIN 1052 voraussetzen, daß ein vorzeitiges Versagen des Holzes durch zu hohe Spaltkräfte nicht eintritt.

Bei den Versuchen mit einem eingelegten Blech war dagegen durchweg ein Versagen der Nägel feststellbar, so daß die zulässigen Belastungen nach DIN 1052 auch höhere Sicherheiten gegen Versagen mit sich bringen.

3.7.3 Auswirkungen der untersuchten Parameter

Blechdicke

Zwischen der Verwendung von 2,0 bzw. 3,0mm dicken Stahlblechen war kein signifikanter Unterschied im Tragverhalten der Verbindungen feststellbar. Dies gilt für die Bruchlasten ebenso wie für die ermittelten Verformungen im unteren Lastbereich. Da aber andererseits die dickeren

Bleche die Anwendungsgrenzen der Nageleintreibgeräte herabsetzen und die Fehlflächen im Holzquerschnitt vergrößern, lohnt sich die Verwendung von 3,0mm dicken Blechen nur dann, wenn die Beanspruchungen der Bleche im Nettoquerschnitt dies erfordern.

Holzdicken

Die Dicke der verbundenen Holzteile hatte einen signifikanten Einfluß auf die Tragfähigkeit der geprüften Verbindungen. Bei den Versuchen mit zwei eingelegten Blechen waren dadurch deutlich niedrigere Bruch-sicherheiten gegenüber den zulässigen Belastungen nach DIN 1052 festzu-stellen.

Holzart

Zwischen den durchgeführten Versuchen mit Nadelvollholz und Brett-schichtholz war kein signifikanter Unterschied festzustellen. Die Darr-rohdichten der verwendeten Hölzer lagen zwischen 350 und 400 kg/m³. Der Tendenz nach weisen Verbindungen mit Brettschichtholz eine etwas höhere Tragfähigkeit auf.

3.8 Zusammenfassung

Bei den Tragfähigkeitsversuchen der Verbindungen haben sich im wesent-lichen folgende Erkenntnisse ergeben:

- Bei Versuchen mit **einem** eingelegten Stahlblech und einer Holzdicke von **40 bis 45 mm** ergaben sich durchweg ausreichende Sicherheiten gegenüber den nach DIN 1052 für die Stahlblech - Holz - Nagelver-bindungen zulässigen Belastungen. Die Dicke der Bleche - entweder 2,0 oder 3,0 mm - hatte auf die Tragfähigkeit der Verbindung keinen merklichen Einfluß. Die Tragfähigkeit ist durch den Biegewiderstand der Nägel begrenzt.

- Die Steifigkeit der Verbindungen mit **einem** eingelegten Blech und einer Holzdicke von **40 bis 45 mm** war im Mittel größer, als nach dem Neuentwurf zu DIN 1052 mit $C = 20 \times \text{zul } N_1 / d_n$ für Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen mit vorgebohrten Nagellöchern in Holz und Blech rechnerisch zugrunde gelegt werden darf. Dies ist vor allem auf eine Verkrallung des Bleches mit dem Holz infolge einer trichterförmigen Aufbördelung des Bleches beim Durchschießen des Nagels zurückzuführen.
- Ein anfänglicher Schlupf, wie er bei normalen Holz - Holz - Nagelverbindungen oder bei Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen mit vorgebohrten Nagellöchern auftritt, ist bei der untersuchten Verbindung wegen der Verkrallung des Bleches im Holz nicht festzustellen.
- Bei Versuchen mit **zwei** eingelegten Stahlblechen betrug die Holzdicke zwischen den Blechen und außen nur **25 bis 30 mm**. Dies führte durch das Eintreiben der Nägel zu einer erhöhten Spaltgefahr des Holzes; demzufolge waren die Versagensursachen in diesen Fällen auch das Versagen (Aufspalten) des Holzers, so daß die Sicherheitsspannen gegenüber den zulässigen Belastungen nach DIN 1052 geringer waren als bei einem eingelegten Blech. Die Nageltragfähigkeit wird in diesen Fällen also nicht optimal ausgenutzt.
- Die Steifigkeit der Verbindungen mit zwei Blechen ist größer als bei einem Blech. Damit verbunden ist jedoch bereits ein relativer Tragfähigkeitsabfall mit zunehmender Nagelanzahl pro Anschluß.

4 Empfehlungen für Ausführung und Bemessung

4.1 Anforderungen an die Herstellung der Verbindungen

Bei Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen, bei denen weder die Holzteile noch die Stahlbleche vorgebohrt werden, müssen an das verwendete Material sowie an die Herstellung der Verbindungen die folgenden Anforderungen gestellt werden:

- Das Nageln der Verbindungen muß in der Weise erfolgen, daß die Nägel in lotrechter Richtung in die auf fester Unterlage horizontal ausgelegten Bauteile eindringen. Die Sicherheitsvorschriften des Geräteherstellers sind zu beachten.
- Verbindungen mit außenliegenden Stahlblechen dürfen nach diesem Verfahren nicht hergestellt werden.
- Die Eignung der Nageleintreibgeräte und der zu verwendenden Nägel ist durch amtlich anerkannte Versuche nachzuweisen. Die Eignung jedes Nageltyps und jeder Nagellänge ist besonders zu überprüfen.
- Es dürfen verzinkte Stahlbleche mit Dicken von 2,0 bis 3,0 mm verwendet werden.
- Es dürfen höchstens zwei Bleche durchnagelt werden.
- Im Anschlußbereich sollte das zu verbindende Holz astfrei sein; zumindest dürfen im unmittelbaren Astbereich keine Nägel eingetrieben werden.
- Die Schlitzbreite im Holz darf höchstens 1 mm dicker sein als die Dicke des verwendeten Stahlbleches.
- Die nach DIN 1052 geforderten Mindestabstände der Nägel untereinander und von den Holzrändern sind einzuhalten.
- Die Holzdicken a müssen mindestens betragen:
 - 40 mm bei Verwendung eines Bleches,
 - 30 mm bei Verwendung von zwei Blechen.

4.2 Empfehlungen für die Bemessung

Grundsätzlich können für die Bemessung dieser Stahlblech - Holz - Nagelverbindungen die einschlägigen Bestimmungen der DIN 1052, abgesehen von den Angaben über die Vorbohrung der Nagellöcher im Holz und in den Blechen, sinngemäß angewendet werden, wenn die Anforderungen an die Herstellung der Verbindungen gemäß Abschnitt 4.1 dieses Berichtes eingehalten werden.

Demzufolge kann mit der zulässigen Belastung für einen Schnitt:

$$\text{zul } N_1 = \frac{500 d_n^2}{10 + d_n} \quad [\text{in N; mit } d_n \text{ in mm}]$$

die zulässige Belastung eines Nagels angenommen werden zu:

a) bei Verwendung **eines** Bleches:

$$\text{zul } N = 2 \cdot 1,25 \cdot \text{zul } N_1$$

$$\boxed{\text{zul } N = 2,5 \cdot \text{zul } N_1}$$

für Holzdicken $a \geq 40$ mm.

b) bei Verwendung von **zwei** Blechen:

$$\boxed{\text{zul } N = 4,0 \cdot \text{zul } N_1}$$

für Holzdicken a zwischen 30 und 40 mm.

$$\text{zul } N = 4 \cdot 1,25 \cdot \text{zul } N_1$$

$$\boxed{\text{zul } N = 5,0 \cdot \text{zul } N_1}$$

für Holzdicken $a \geq 40$ mm.

Dabei ist von Fall zu Fall zu überprüfen, ob die Einschlagtiefe s_w , d.h. der Abstand der Nagelspitze von der nächstliegenden Scherfuge, mindestens das achtfache des Nageldurchmessers beträgt. Im Falle $4d_n \leq s_w \leq 8d_n$ muß der Kraftanteil, der über die der Nagelspitze nächstliegenden Fuge übertragen werden soll im Verhältnis $\eta = s_w / 8d_n$ abgemindert werden, so daß dann gilt

$$\text{zul N} = (3 + \eta) \cdot \text{zul N}_1 \quad (30 \leq a < 40 \text{ mm})$$

$$\text{bzw.} \quad \text{zul N} = (3 + \eta) \cdot 1,25 \cdot \text{zul N}_1 \quad (a \geq 40 \text{ mm})$$

a ist die vorhandene Holzdicke.

Für die Ermittlung der Verschiebungen von Stößen und Anschlüssen dieser Art können die einschlägigen Angaben der DIN 1052 für mehrschnittige Verbindungen von Stahlteilen mit Nadelholz verwendet werden.

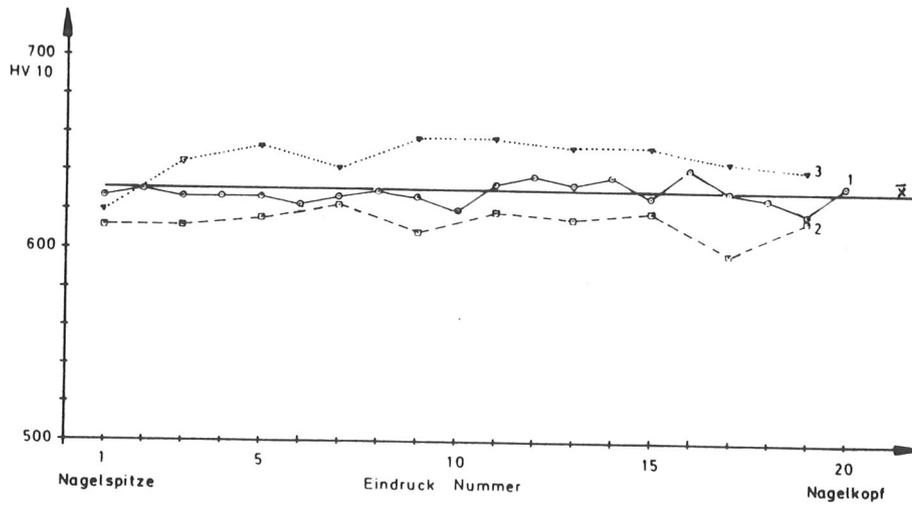


Bild 1: Vickershärte HV 10 der Nägel 38x80; Hersteller A
 $\bar{x} = 631$ ($\hat{=} 2109 \text{ N/mm}^2$)

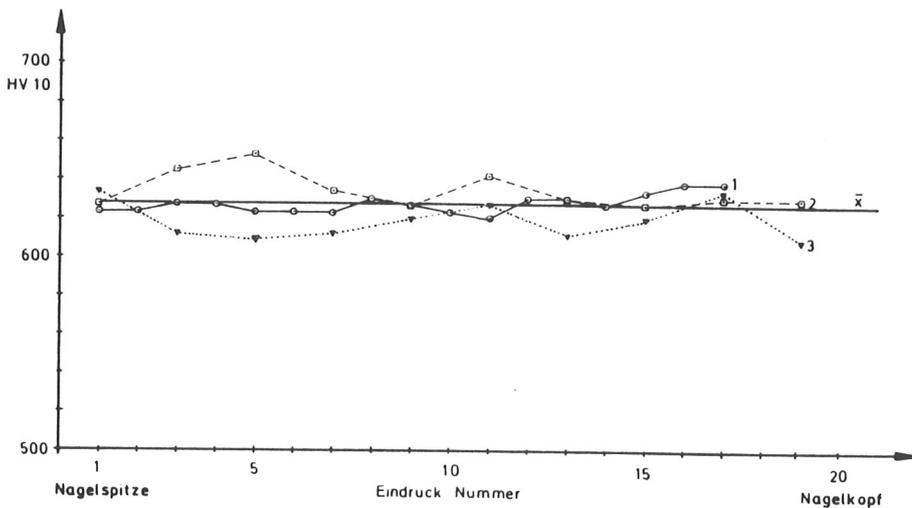


Bild 2: Vickershärte HV 10 der Nägel 36x90; Hersteller A
 $\bar{x} = 627$ ($\hat{=} 2092 \text{ N/mm}^2$)

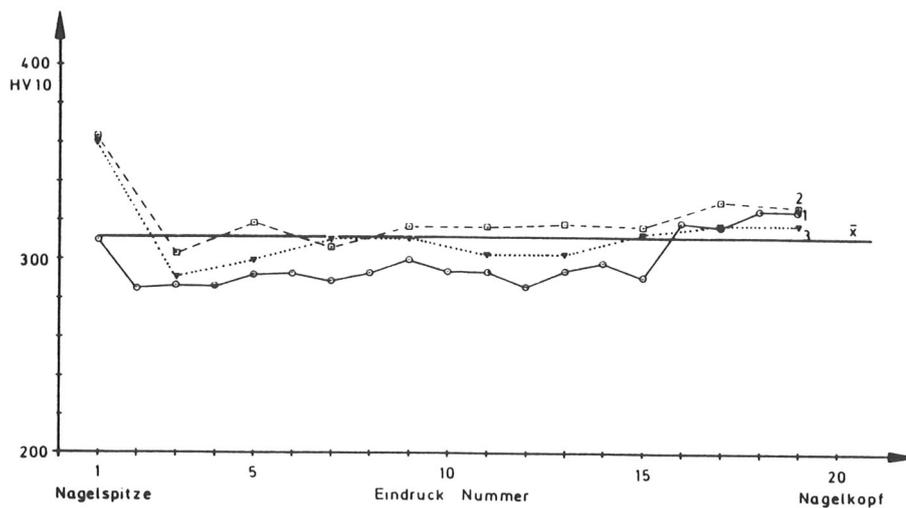
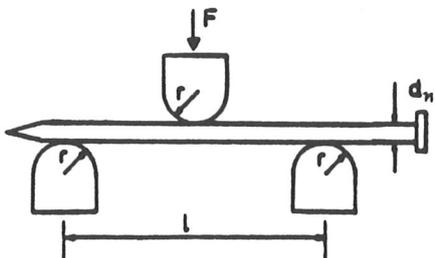
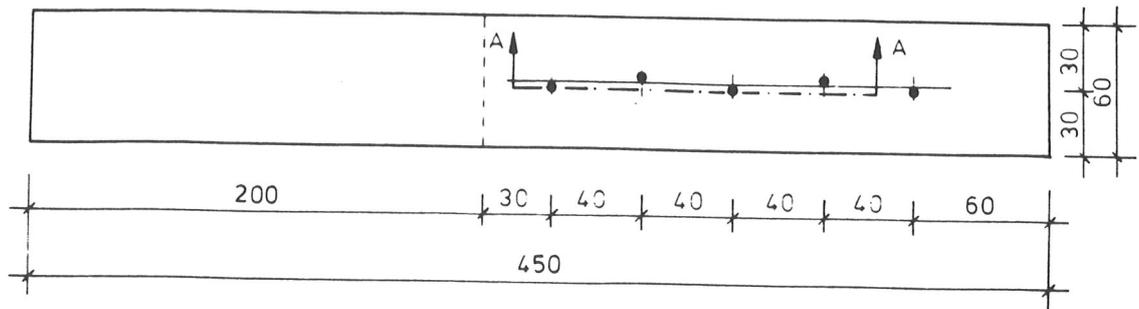


Bild 3: Vickershärte HV 10 der Nägel 38x100; Hersteller B
 $\bar{x} = 311$ ($\hat{=} 999 \text{ N/mm}^2$)

Tabelle 1: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse zur Bestimmung des Fliemoments der Nägel nach der RILEM-Empfehlung

Hersteller	A		B
Nagel	38 x 80 gehärtet	36 x 90 gehärtet	38 x 100 gehärtet
Last F bei einer Durchbiegung von $2 \times d_n$ [N]	2775	2250	1510
	2725	2350	1500
	2700	2315	1480
	2675	2345	1575
	2725	2425	1600
	2625	2375	1475
	2600	2325	1430
	2650	2325	1595
	2725	2250	1610
2550	2315	1625	
Mittelwert \bar{F} [N]	2680	2328	1540
Fließmoment \bar{M} [Nmm]	25460	22116	14630
Standardabweichung s [Nmm]	631,4	499,8	652,1
Variationskoeffizient v [%]	2,5	2,3	4,5
 <p>Versuchsaufbau</p> <p> $r = 6 \text{ mm}$ $l = 38 \text{ mm}$ $d_n = \text{Nageldurchmesser}$ Verformungsgeschwindigkeit 5 mm/min </p> <p> $M = \frac{F \cdot l}{4}$ </p>			



alle Maße in mm

Schnitt A-A

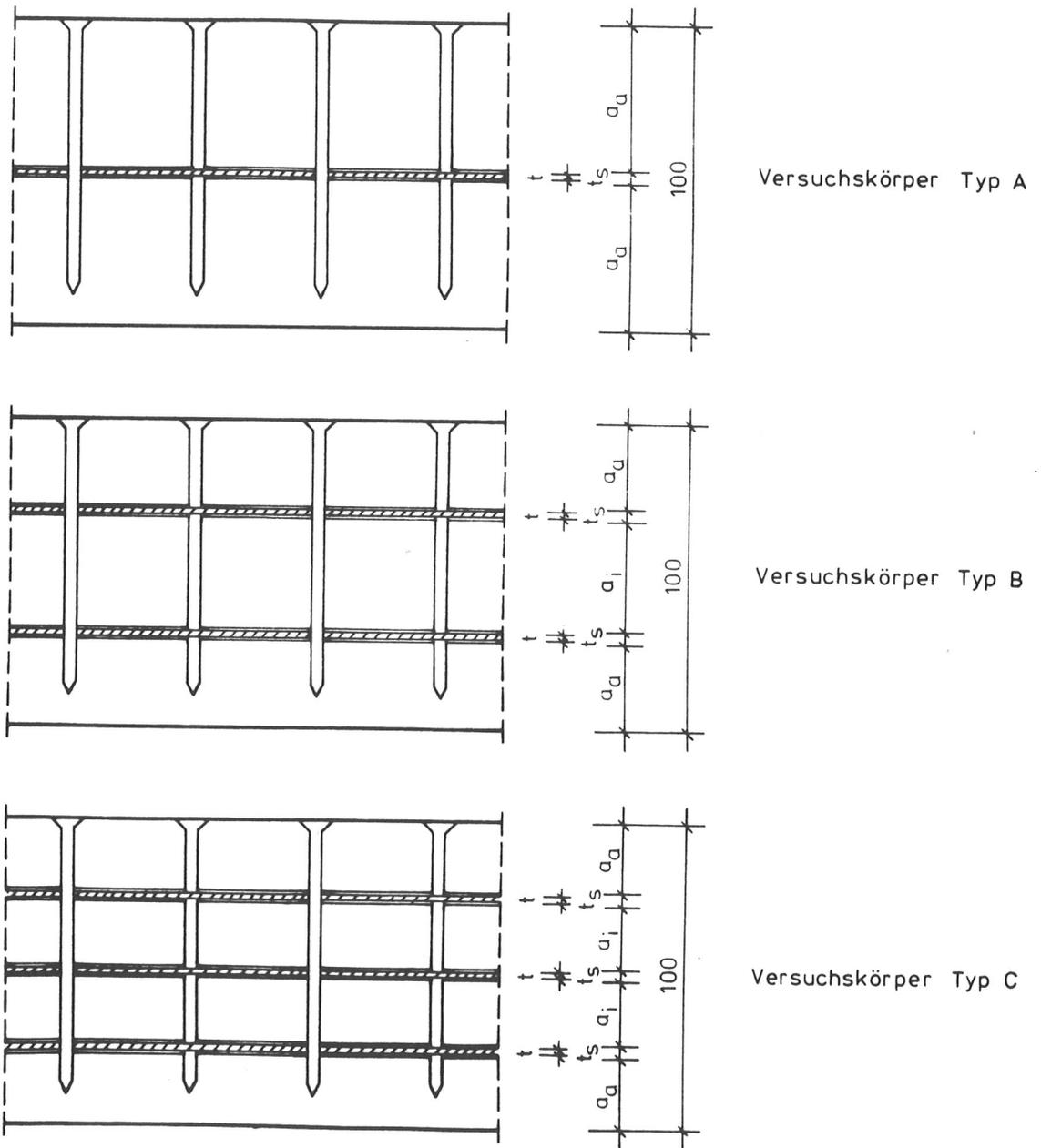


Bild 4: Einheitlicher Versuchskörper zur Durchführung der Eignungsversuche

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Eignungsversuche

Anzahl der Bleche n	Blech- dicke t [mm]	Schlitz- breite t _s [mm]	Holzdicken		Nagel- abmessungen d _n x l _n [1/10 mm x mm]	Nagel- art g / u [*]	erforderlicher Mindestdruck		
			außen a _a [mm]	innen a _i [mm]			VH	BSH I	BSH II
							P [**] [bar]		
1	2,0	3,0	48,5	-	38 x 80	g	5	5	5
					36 x 90	g	5	5	5
					38 x 100	u	8	8	8
					38 x 100	g	5	5	5
	2,5	3,5	48,25	-	38 x 80	g	5	5	5
					36 x 90	g	5	5	5
					38 x 100	u	n	n	n
					38 x 100	g	5	5	5
	3,0	4,0	48,0	-	38 x 80	g	5	6	5
					36 x 90	g	5	5	5
					38 x 100	u	n	n	n
					38 x 100	g	α	α	α
2	2,0	3,0	28,5	37,0	38 x 80	g	6	6	6
					36 x 90	g	6	6	6
					38 x 100	u	8	8	8
					38 x 100	g	5	5	5
	2,5	3,5	28,25	36,5	38 x 80	g	8	8	8
					36 x 90	g	7	7	7
					38 x 100	u	Defekt des Naglers		
					38 x 100	g	Defekt des Naglers		
	3,0	4,0	28,0	36,0	38 x 80	g	8	8	8
					36 x 90	g	8	8	8
					38 x 100	u / g	α	α	α
3	2,0	3,0	23,5	22,0	38 x 80	g	7	7	7
					36 x 90	g	8	8	8
					38 x 100	u	α	α	α
					38 x 100	g	6	6	6
	2,5	3,5	23,25	21,5	38 x 80	g	n	n	n
					36 x 90	g	n	n	n
					38 x 100	u / g	α	α	α
	3,0	4,0	23,0	21,0	38 x 80	g	β	β	β
					36 x 90	g	β	β	β
					38 x 100	u / g	α	α	α

[*] g : gehärtet
u : ungehärtet

[**] n : Nagelung nicht möglich
α : keine Eignungsversuche, da Gerät defekt
β : auf diese Versuche wurde verzichtet, da die Versuche mit drei 2,5 mm Blechen scheiterten

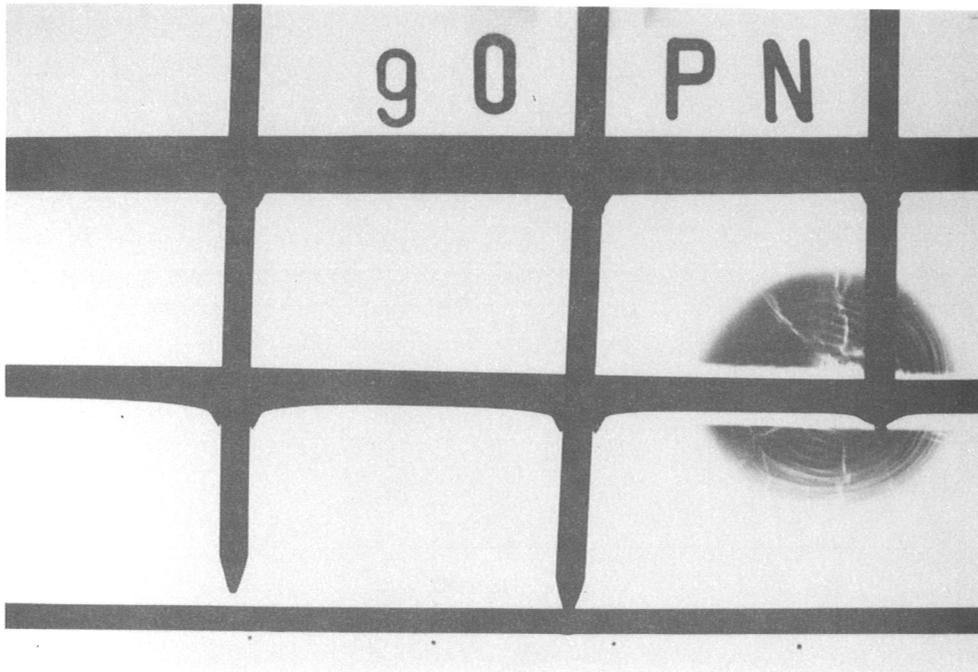


Bild 5: Eignungsversuche mit Nägeln 36 x 90; Blechdicke $t = 2,5$ mm
Ein Ast verhinderte das ordnungsgemäße Nageln

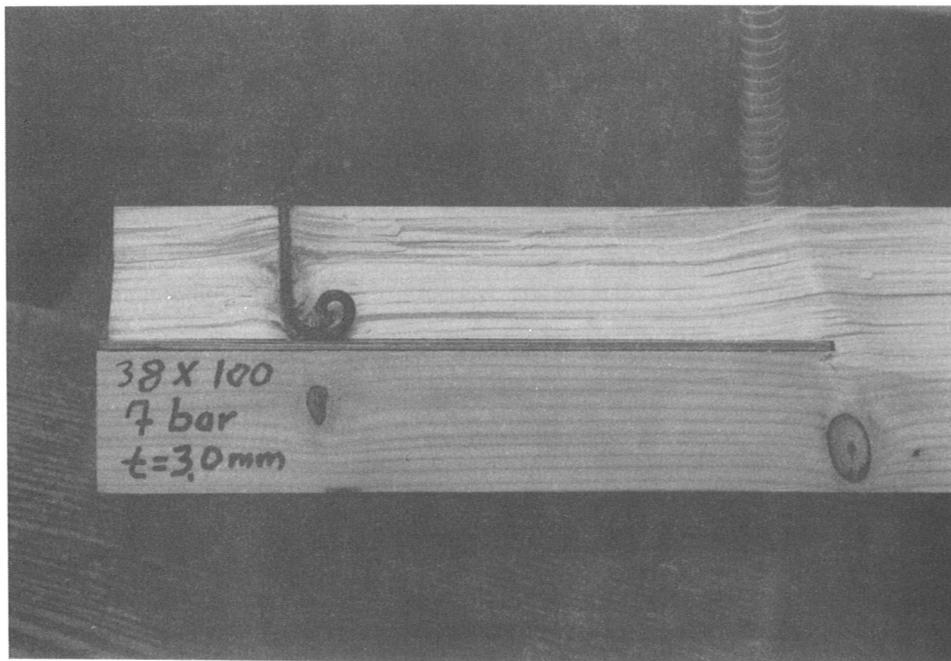


Bild 6: Typisches Versagensbild eines ungehärteten Nagels 38 x 100,
das zum Aufreißen des Versuchskörpers führte

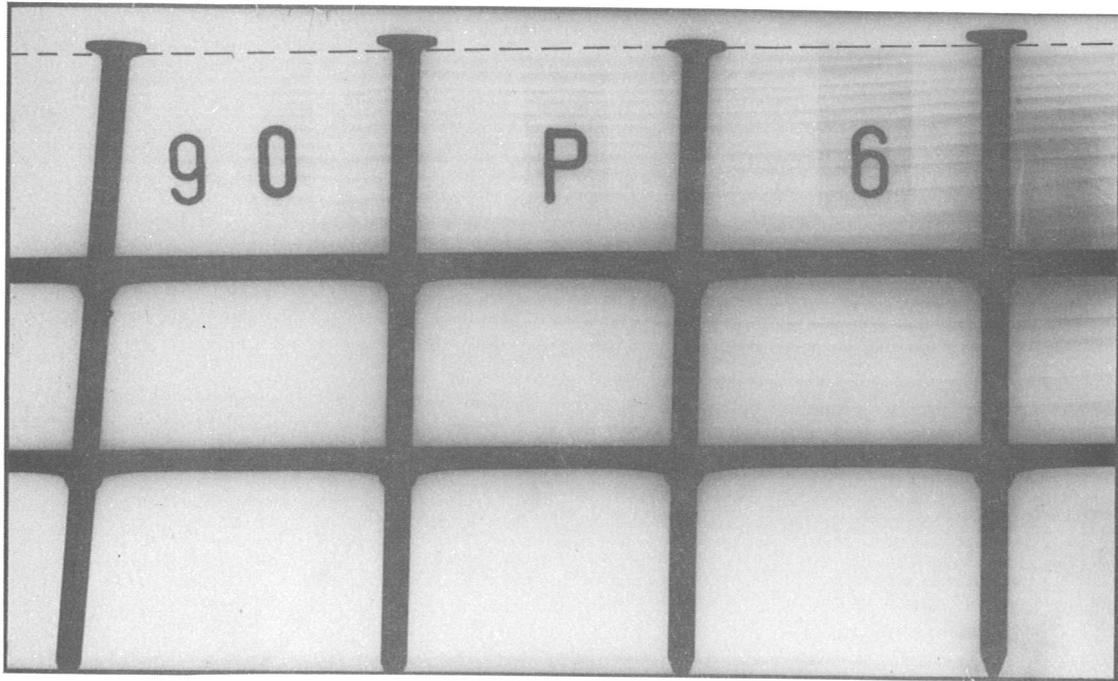


Bild 7: Probekörper aus BSH mit 2 Blechen ($t=2,0$ mm), genagelt mit Nägeln 36 x 90 und einem Druck von 6,0 bar (--- $\hat{=}$ Holzkante)

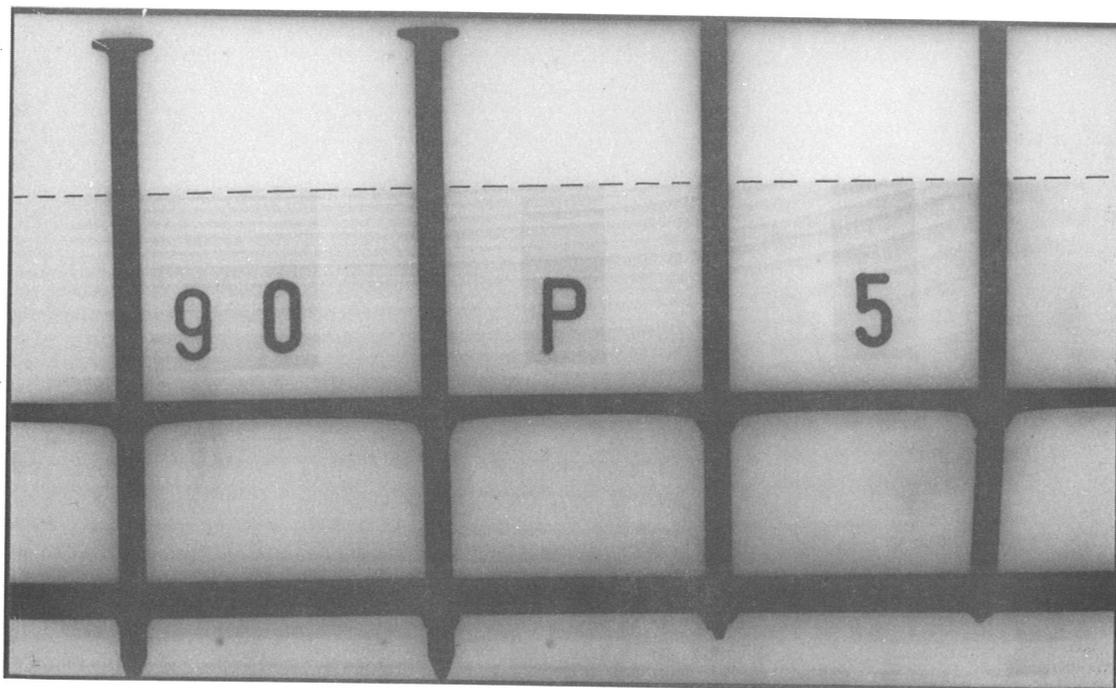


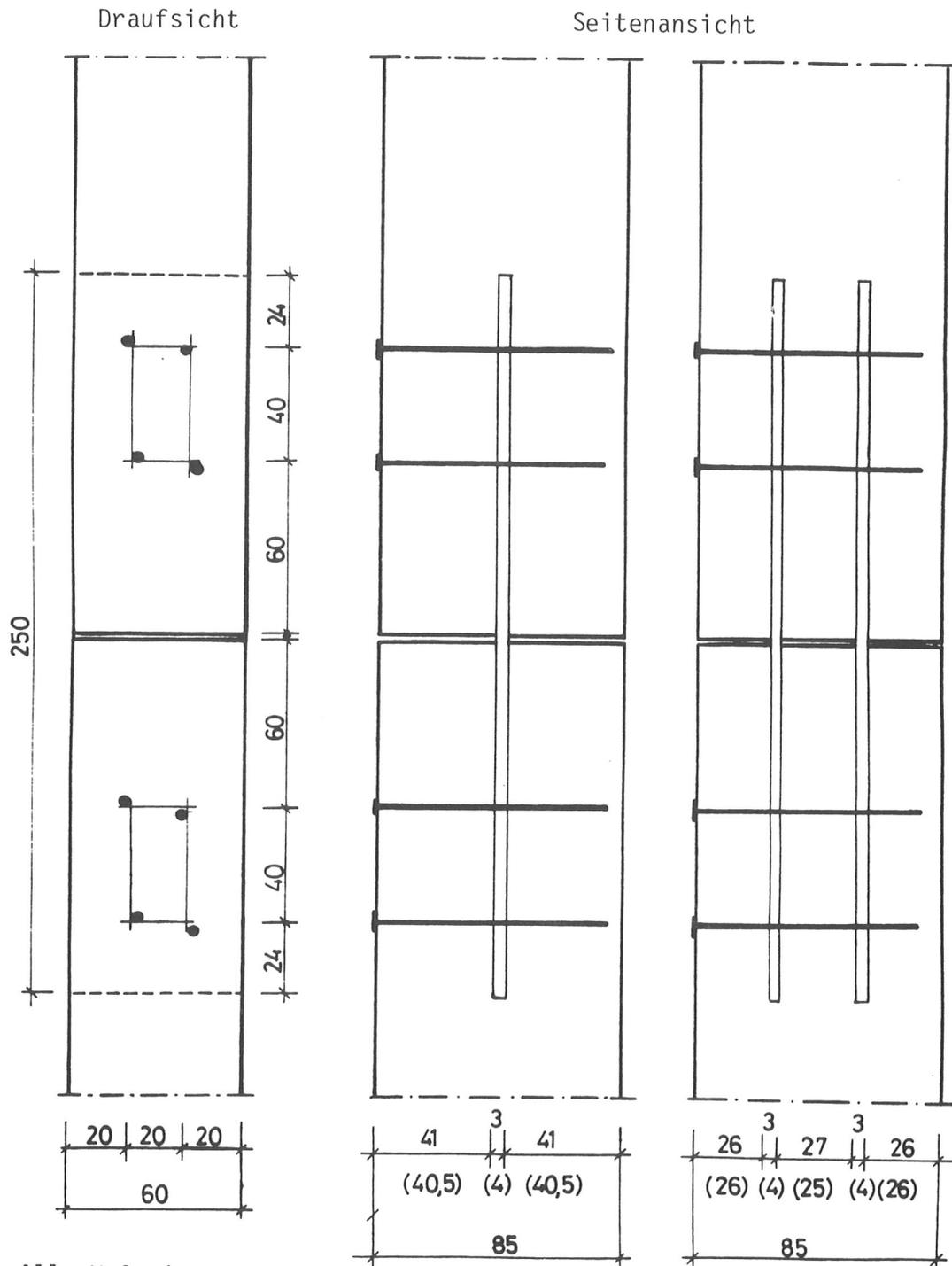
Bild 8: Probekörper aus BSH mit 2 Blechen ($t=2,0$ mm), genagelt mit Nägeln 36 x 90 und einem Druck von 5,0 bar (--- $\hat{=}$ Holzkante)

Tabelle 3: Zusammenstellung der durchgeführten Tragfähigkeitsversuche

Versuchs- bezeichnung ab $\alpha\beta$ (γ)	Holzart	Nagel- größe	Anzahl der Nägel je Anschluß	Anzahl der eingelegeten Bleche	Blech- dicke t [mm]	Anzahl der Versuche
VA 41 (1-5)	Vollholz ¹⁾	38 x 80	4	1	2,0	5
VA 41 (6-8)					3,0	3
VA 42 (1-5)				2	2,0	5
VA 42 (6-8)					3,0	3
VA 81 (1-3)			8	1	2,0	3
VA 81 (4-6)					3,0	3
VA 82 (1-3)			2	2,0	3	
VA 82 (4-6)				3,0	3	
BA 41 (1-5)	BSH	38 x 80	4	1	2,0	5
BA 41 (6-8)					3,0	3
BA 42 (1-5)				2	2,0	5
BA 42 (6-8)					3,0	3
BA 81 (1-3)			8	1	2,0	3
BA 81 (4-6)					3,0	3
BA 82 (1-3)			2	2,0	3	
BA 82 (4-6)				3,0	3	
VB 41 (1)	Vollholz ¹⁾	36 x 90	4	1	2,0	1
BB 41 (2-3)	BSH				2,0	2
BB 41 (4)	BSH				3,0	1
VB 81 (1)	Vollholz ¹⁾		8	1	2,0	1
BB 81 (2-3)	BSH				2,0	2
VB 81 (4)	Vollholz ¹⁾				3,0	1

1) Vollholz stets aus Nadelholz (Fichte)

BSH = Brettschichtholz (aus Nadelholz)



Alle Maße in mm

Die Werte in Klammern gelten für 3,0 mm dicke Stahlbleche

Bild 9: Abmessungen der Zugscherkörper mit Nägeln 38 x 80
(bei 4 Nägeln je Anschluß)

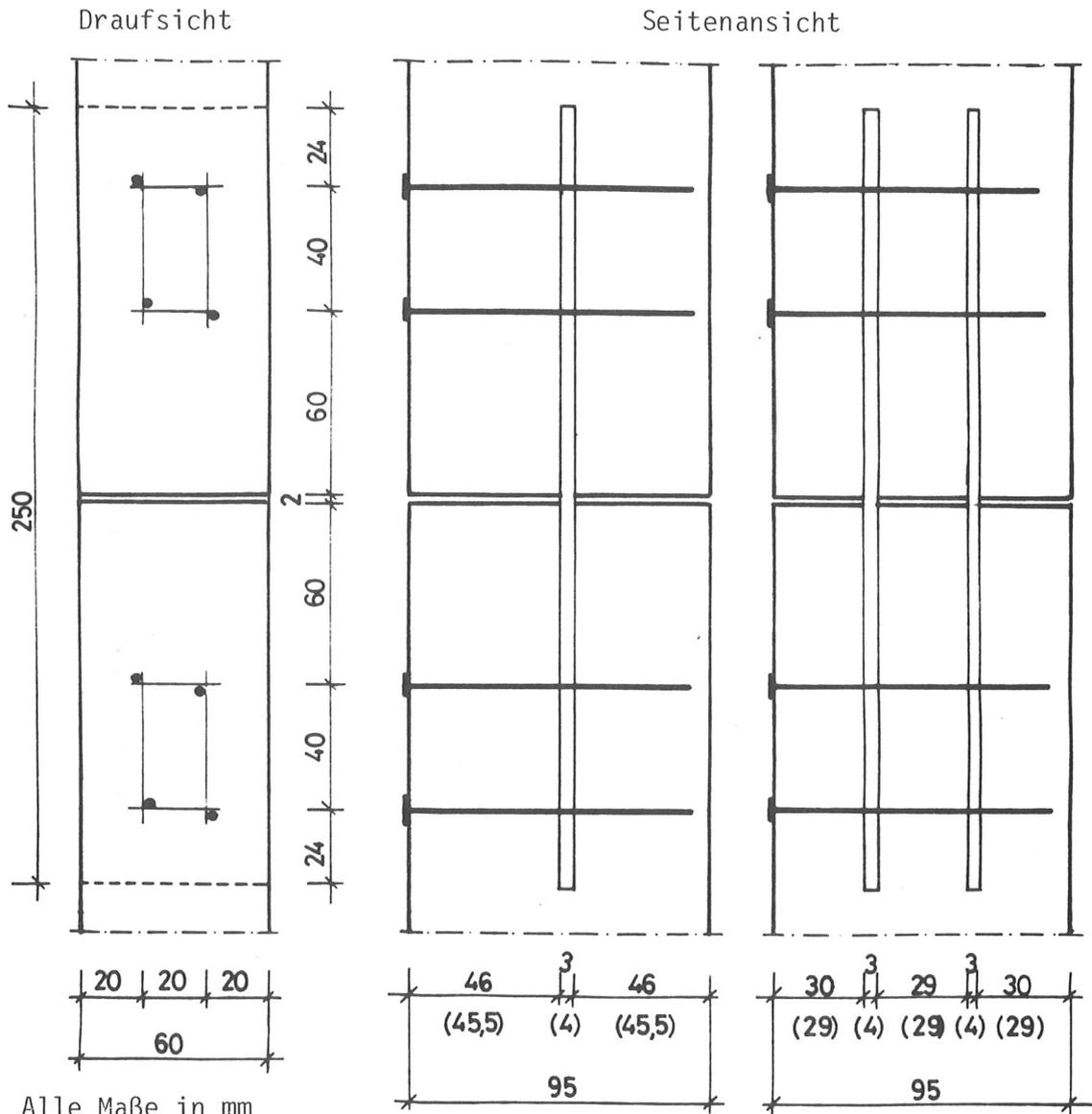


Bild 10: Abmessungen der Zugscherkörper mit Nägeln 36 x 90
(bei 4 Nägeln je Anschluß)

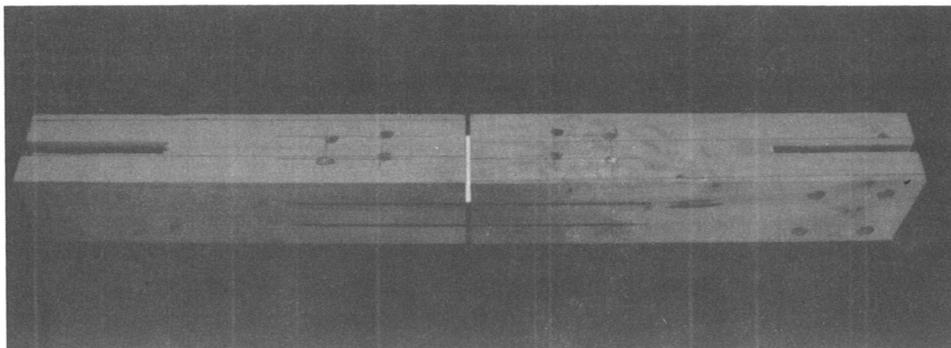


Bild 11: Zugscherkörper BA 42

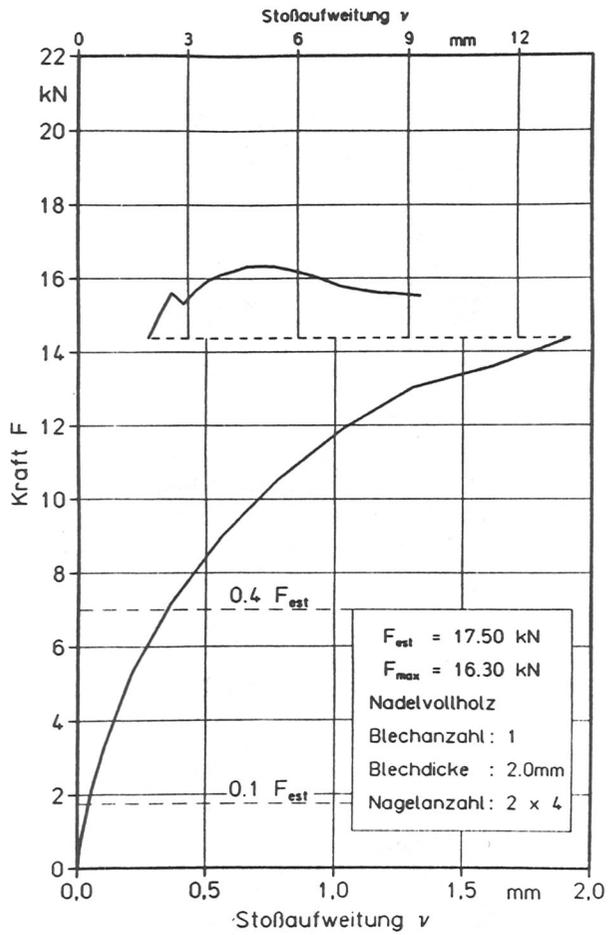


Bild 12 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA411

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

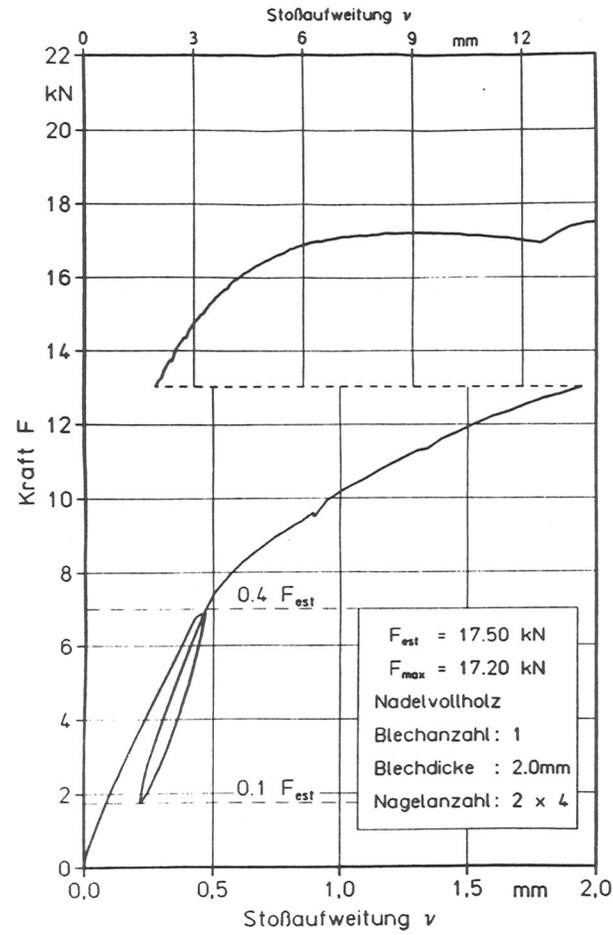


Bild 13 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA412

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

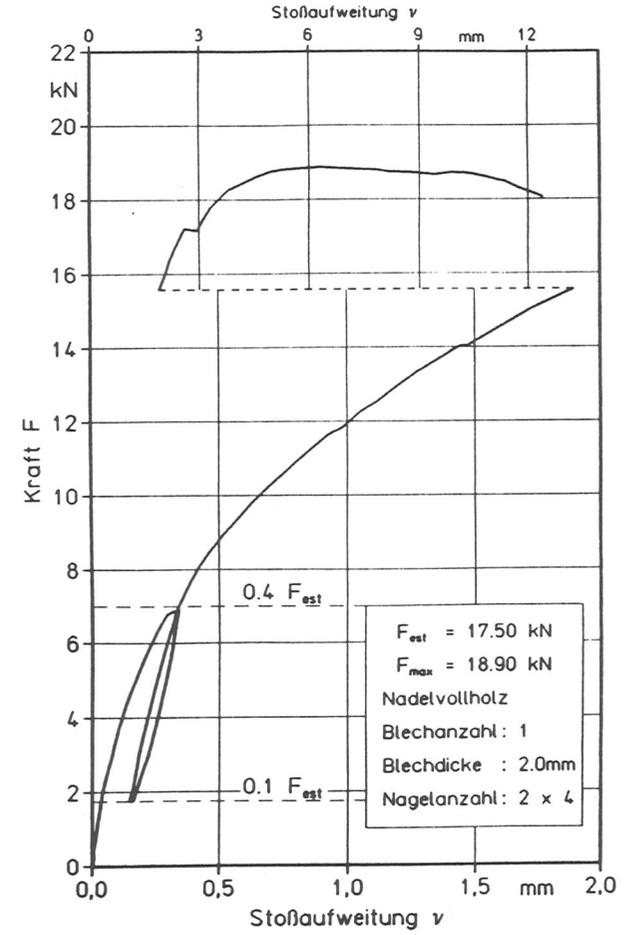


Bild 14 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA413

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

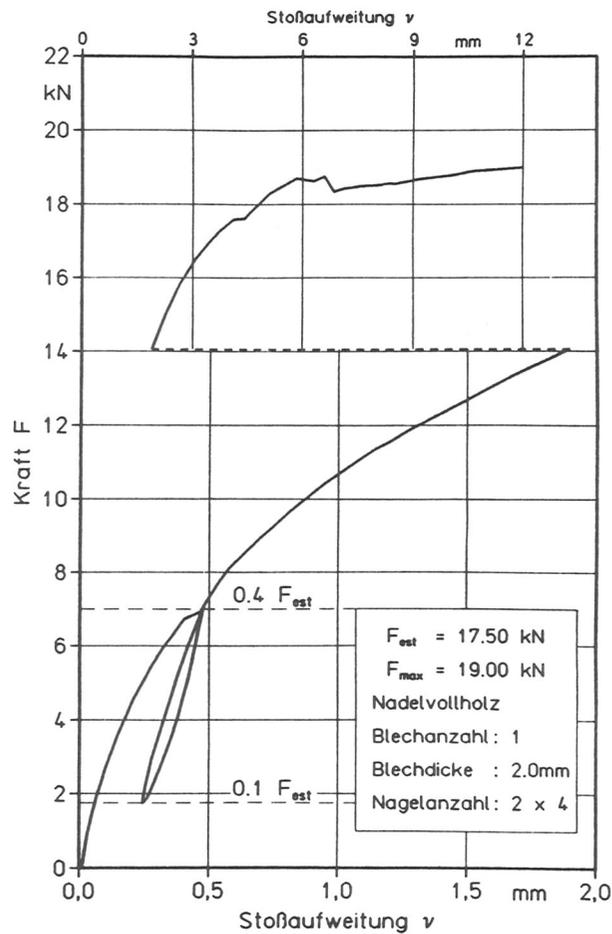


Bild 15 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA414
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

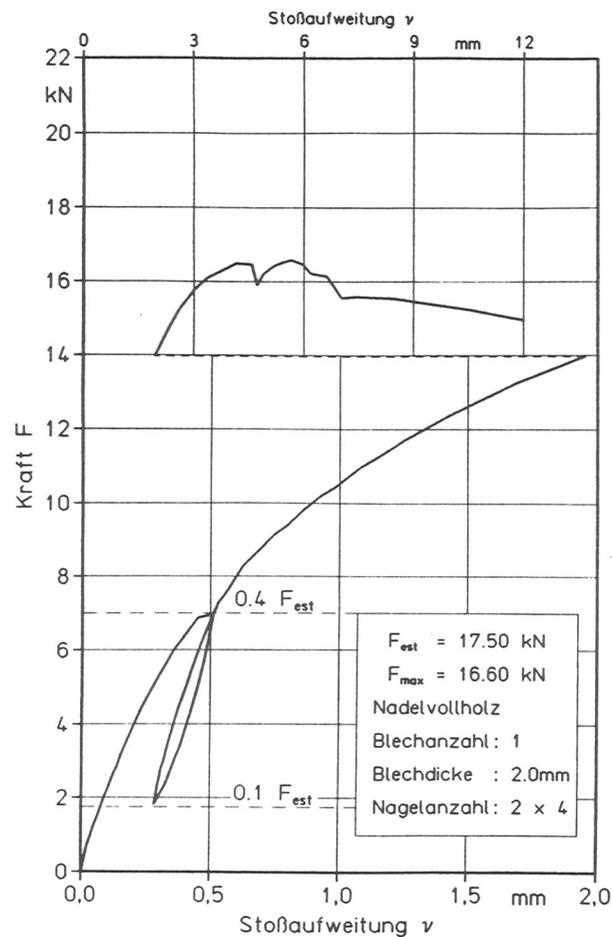


Bild 16 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA415
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

Tabelle 4: Einzelergebnisse der Versuche VA 41(1-5)

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i					Mittelwert \bar{x}
	1	2	3	4	5	
v_d [mm]	0,17	0,22	0,17	0,20	0,23	0,20
$v_{d,mod}$ [mm]	0,20	0,24	0,20	0,23	0,25	0,22
v_s [mm]	-0,03	-0,02	-0,03	-0,03	-0,02	-0,03
v_e [mm]	-	0,17	0,12	0,23	0,15	0,17
$v_{zul F}$ [mm]	0,10	0,16	0,13	0,13	0,15	0,13
$zul F$ [N]	$4 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 5232$					
F_{max} [N]	16300	17200	18900	19000	16600	17600
$\mathcal{V} = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,1	3,3	3,6	3,6	3,2	3,4
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
$zul F_1$ [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{v=1,5 mm}$ [N]	1931	1844	2159	2050	1970	1991
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,10	0,16	0,13	0,13	0,15	0,13
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	5147	3898	5287	4364	3872	4514
C_{mod} [N/mm]	4375	3614	4443	3859	3499	3958
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m³]	361	318	374	365	383	361

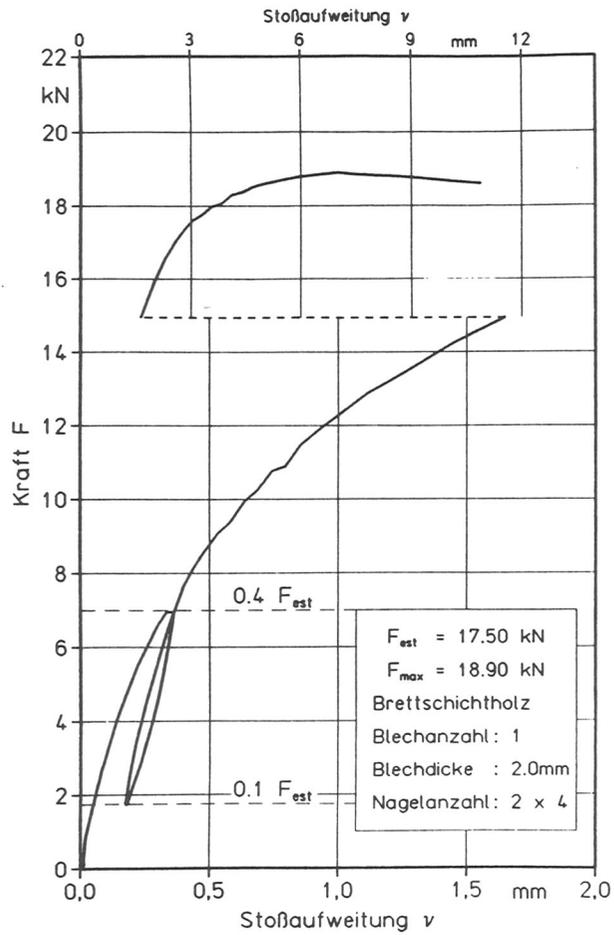


Bild 17 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA411
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

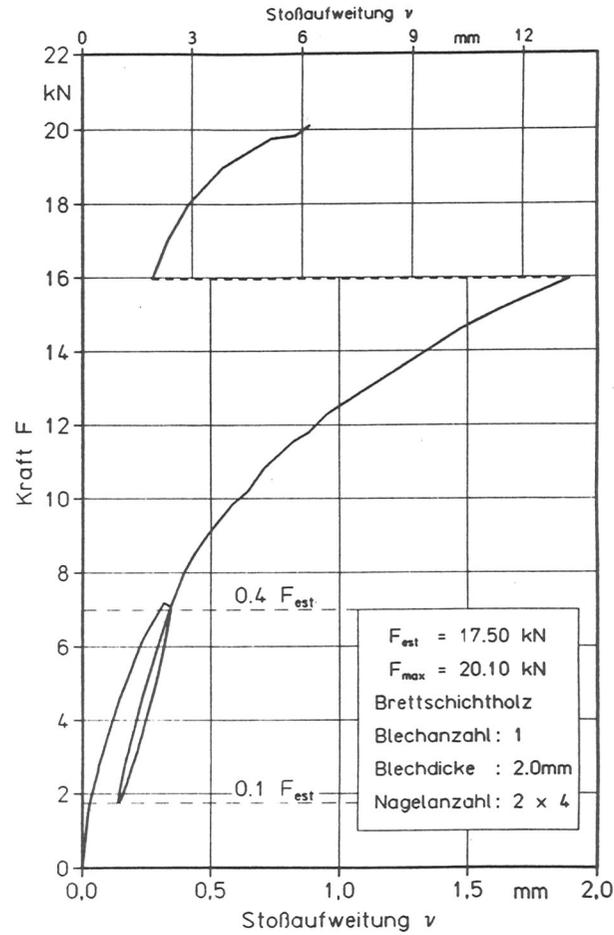


Bild 18 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA412
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

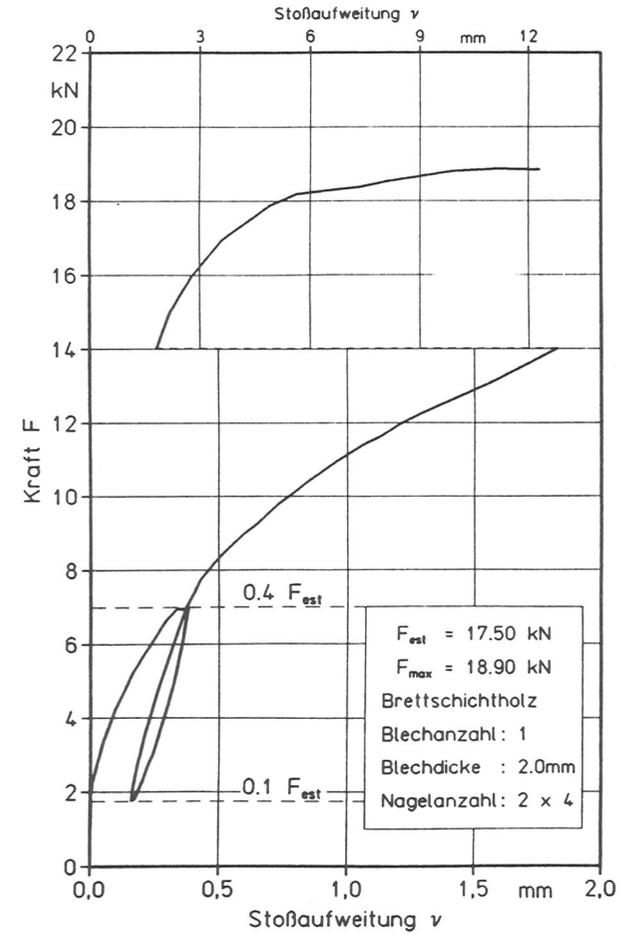


Bild 19 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA413
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

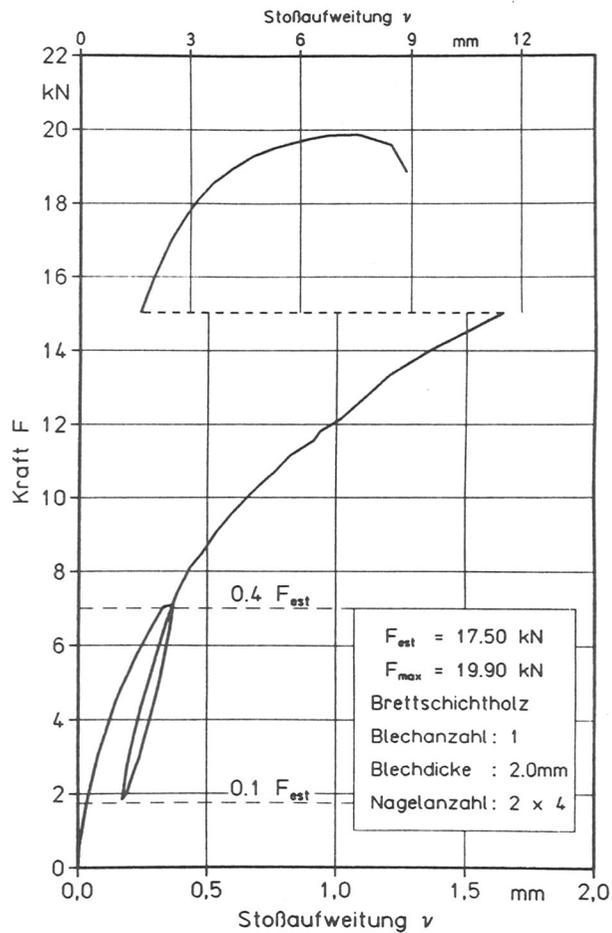


Bild 20: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA414
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

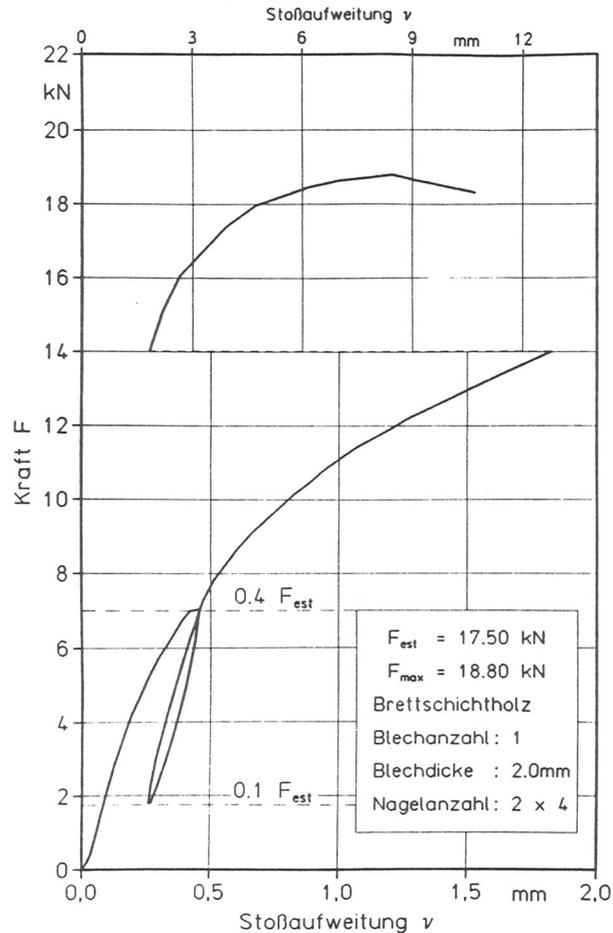


Bild 21: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA415
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

Tabelle 5: Einzelergebnisse der Versuche BA 41(1-5)

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_1					Mittelwert \bar{x}
	1	2	3	4	5	
v_a [mm]	0,17	0,16	0,17	0,16	0,21	0,17
$v_{a,mod}$ [mm]	0,19	0,19	0,23	0,20	0,23	0,21
v_s [mm]	-0,02	-0,03	-0,06	-0,04	-0,01	-0,04
v_e [mm]	0,18	0,13	0,19	0,13	0,21	0,17
$v_{zul F}$ [mm]	0,10	0,09	0,08	0,10	0,13	0,10
$zul F$ [N]	$4 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 5232$					
F_{max} [N]	18900	20100	18900	19900	18800	19320
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,6	3,8	3,6	3,8	3,6	3,7
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
$zul F_1$ [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{v=1,5 mm}$ [N]	2195	2262	2029	2229	2054	2154
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,10	0,09	0,08	0,10	0,13	0,10
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	5255	5503	5178	5319	4167	5084
C_{mod} [N/mm]	4640	4564	3779	4451	3888	4264
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m³]	378	347	338	374	360	359

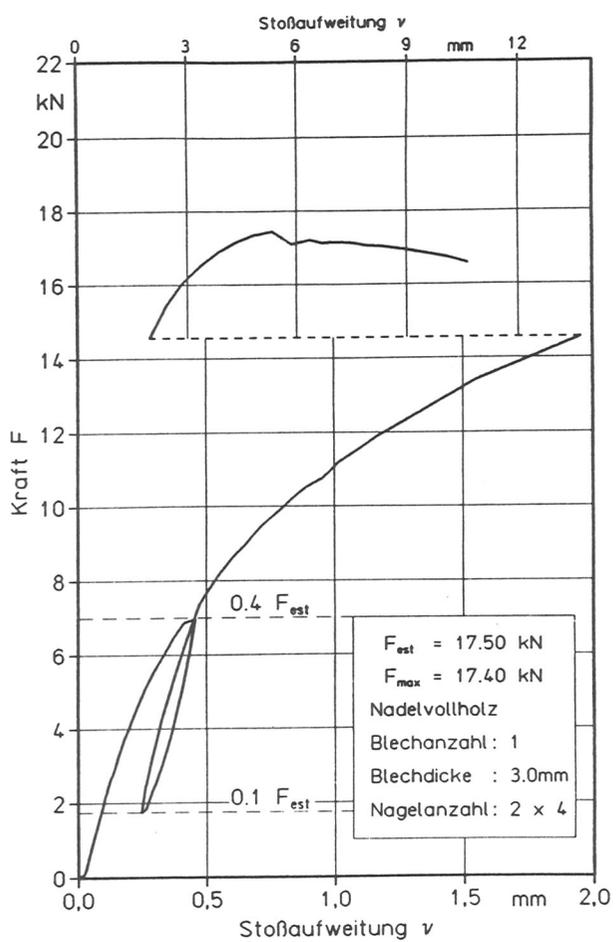


Bild 22 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA416
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

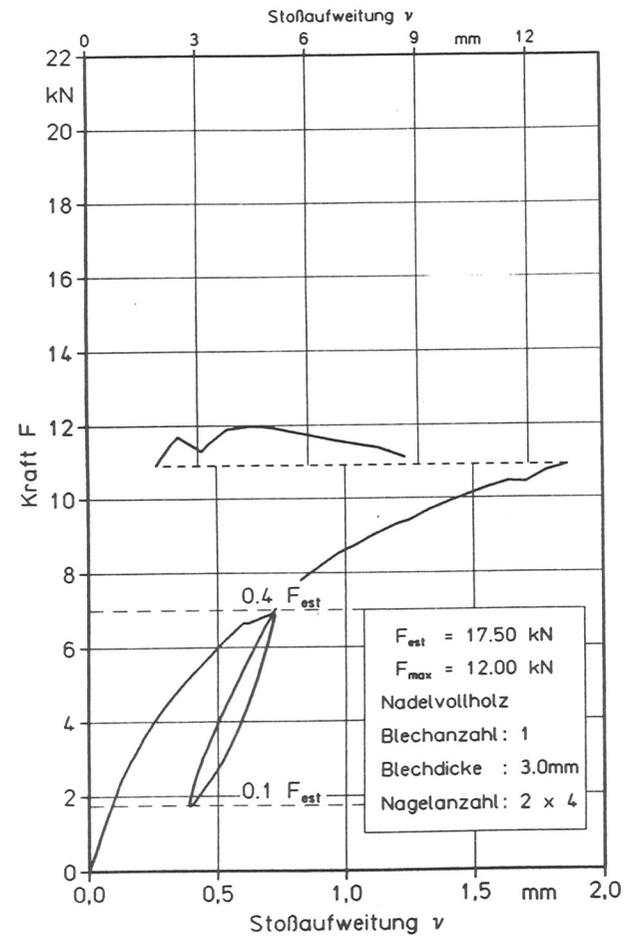


Bild 23 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA417
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

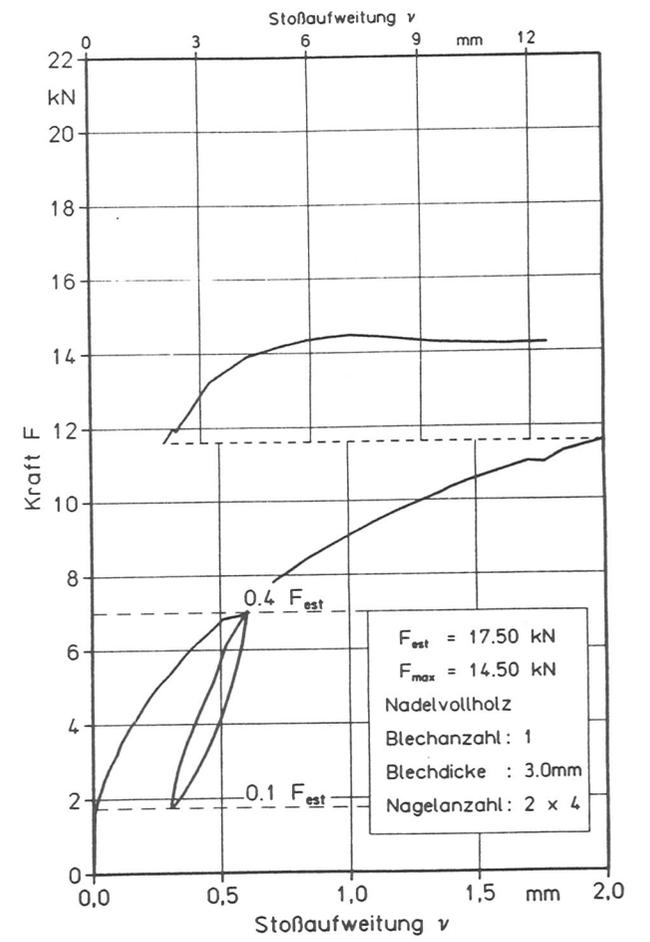


Bild 24 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA418
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

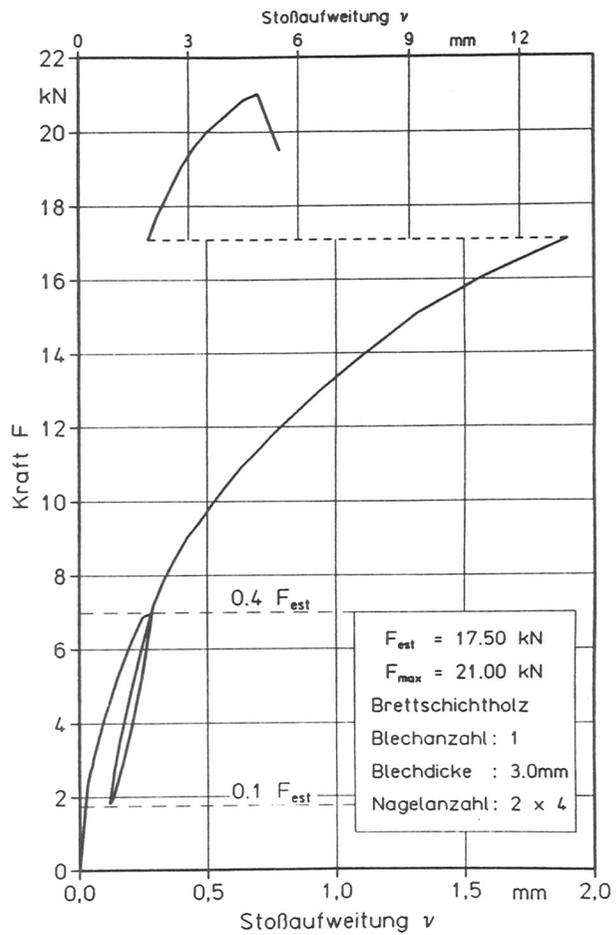


Bild 25 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA416

Hersteller A , Nagel 38 x 80

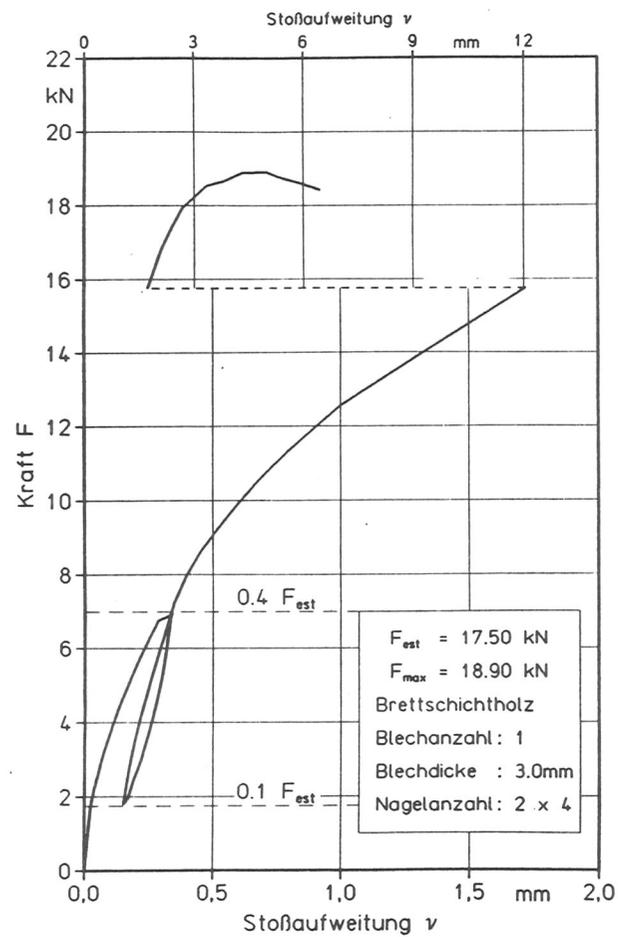


Bild 26 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA417

Hersteller A , Nagel 38 x 80

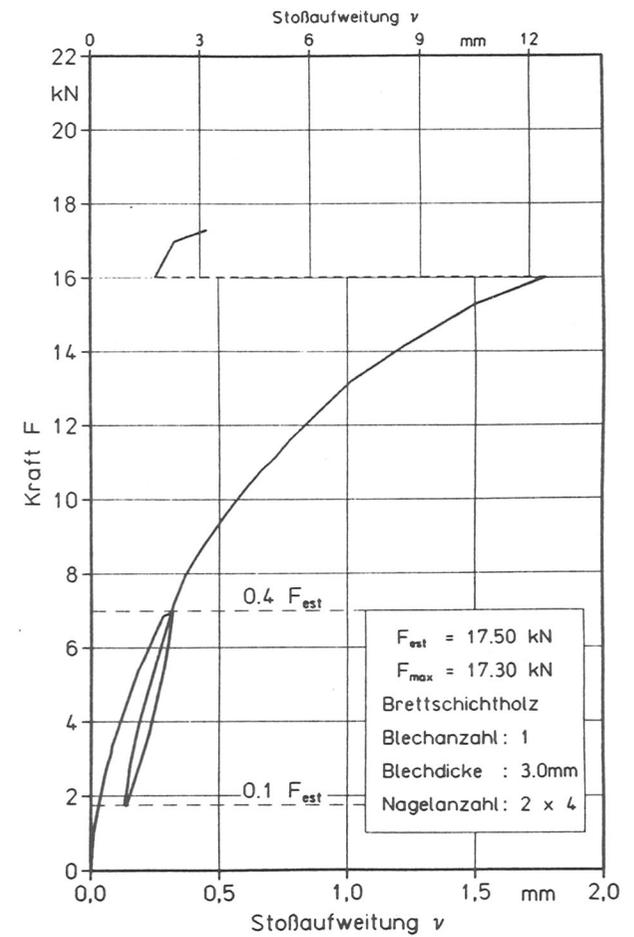


Bild 27 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA418

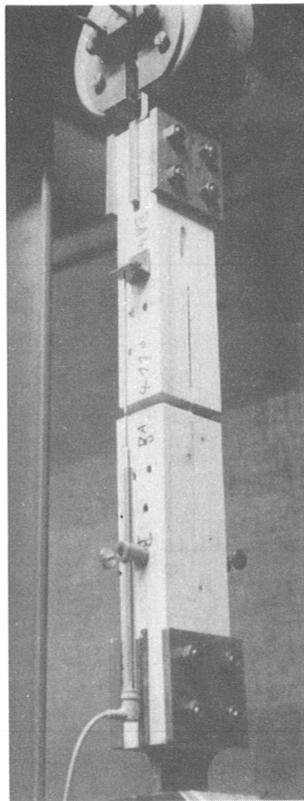
Hersteller A , Nagel 38 x 80

Tabelle 6: Einzelergebnisse der Versuche VA 41(6-8)

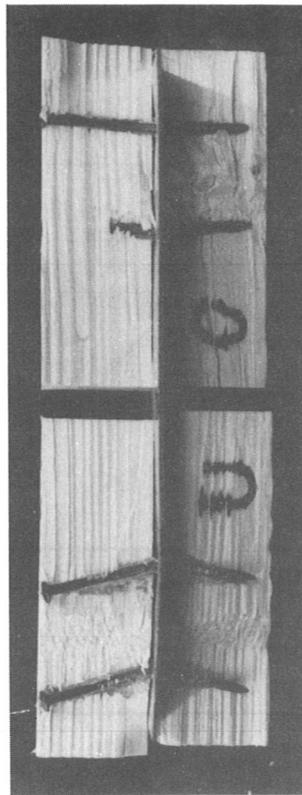
Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i					Mittelwert \bar{x}
	6	7	8			
v_d [mm]	0,21	0,36	0,30			0,29
$v_{d,mod}$ [mm]	0,22	0,42	0,39			0,34
v_s [mm]	-0,01	-0,06	-0,09			-0,05
v_e [mm]	0,21	0,22	0,19			0,21
v_{zulF} [mm]	0,14	0,20	0,14			0,16
zul F [N]	$4 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 5232$					
F_{max} [N]	17400	12000	14500			14633
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,3	2,3	2,8			2,8
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{V=1,5 mm}$ [N]	2023	1419	1609			1684
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,14	0,20	0,14			0,16
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	4248	2448	2951			3216
C_{mod} [N/mm]	4064	2095	2249			2803
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	435	387	322			381

Tabelle 7: Einzelergebnisse der Versuche BA 41(6-8)

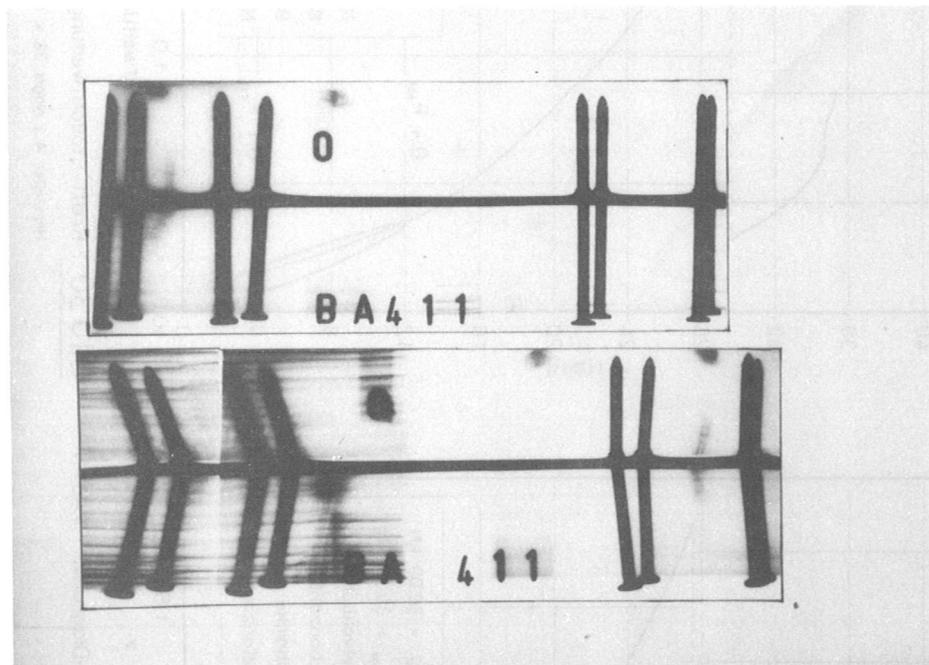
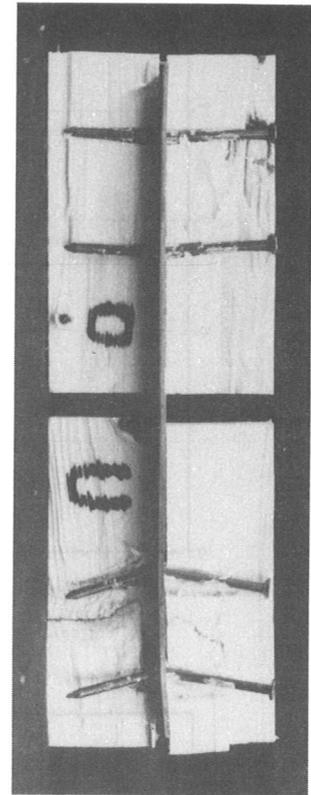
Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i					Mittelwert \bar{x}
	6	7	8			
v_d [mm]	0,12	0,17	0,16			0,15
$v_{d,mod}$ [mm]	0,15	0,21	0,19			0,18
v_s [mm]	-0,03	-0,04	-0,03			-0,03
v_e [mm]	0,10	0,12	0,12			0,11
v_{zulF} [mm]	0,07	0,09	0,09			0,08
zul F [N]	$4 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 5232$					
F_{max} [N]	21000	18900	17300			19067
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	4,0	3,6	3,3			3,6
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{V=1,5 mm}$ [N]	2421	2277	2153			2284
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,07	0,09	0,09			0,08
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	7114	5162	5573			5950
C_{mod} [N/mm]	5894	4188	4662			4915
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	414	378	369			387



a)



b)



c)

d)

Bild 28: Typische Aufnahmen eines Versuchskörpers der Reihe **BA 41**, Blechdicke 2,0 mm

- a) eingebauter Versuchskörper nach Versuchsende
- b) aufgespaltener Versuchskörper
- c) Röntgenaufnahme vor dem Versuch
- d) Röntgenaufnahme nach dem Versuchsende

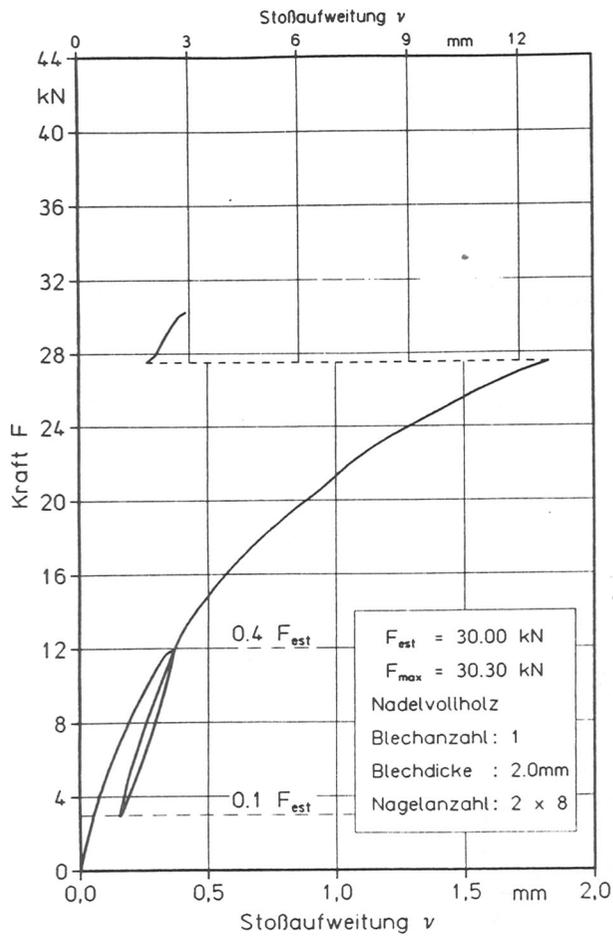


Bild 29 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA811
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

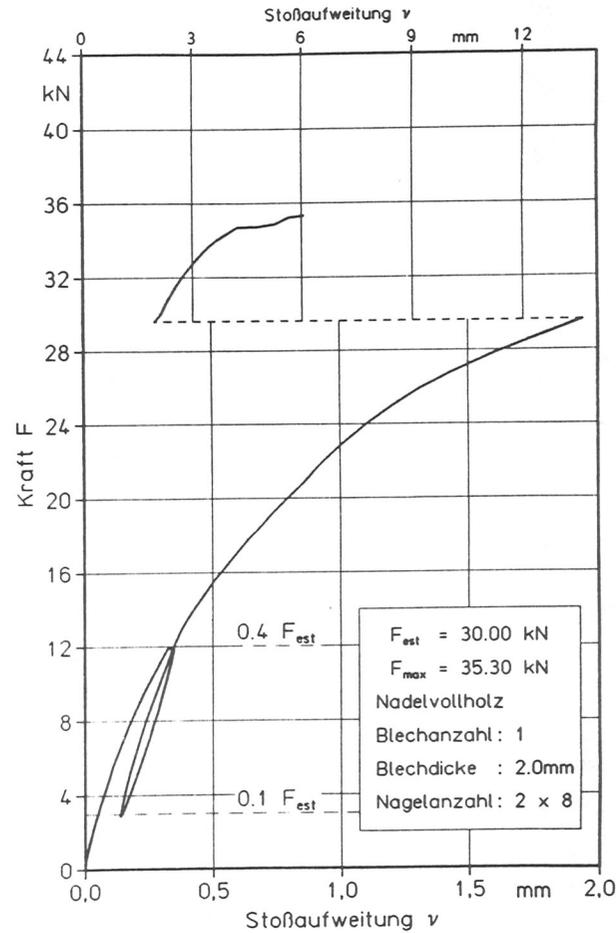


Bild 30 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA812
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

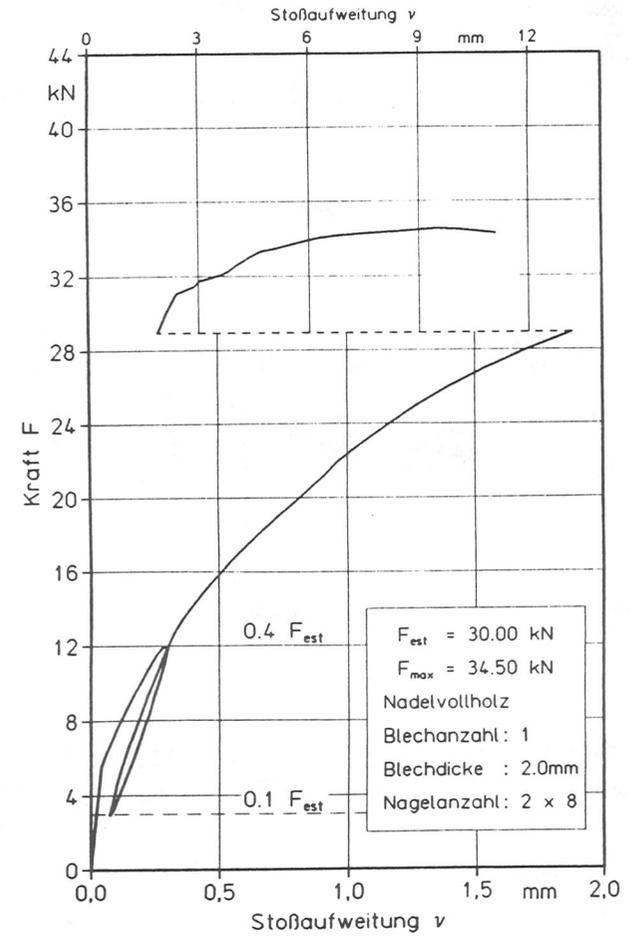


Bild 31 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA813
 Hersteller A ; Nagel 36 x 90

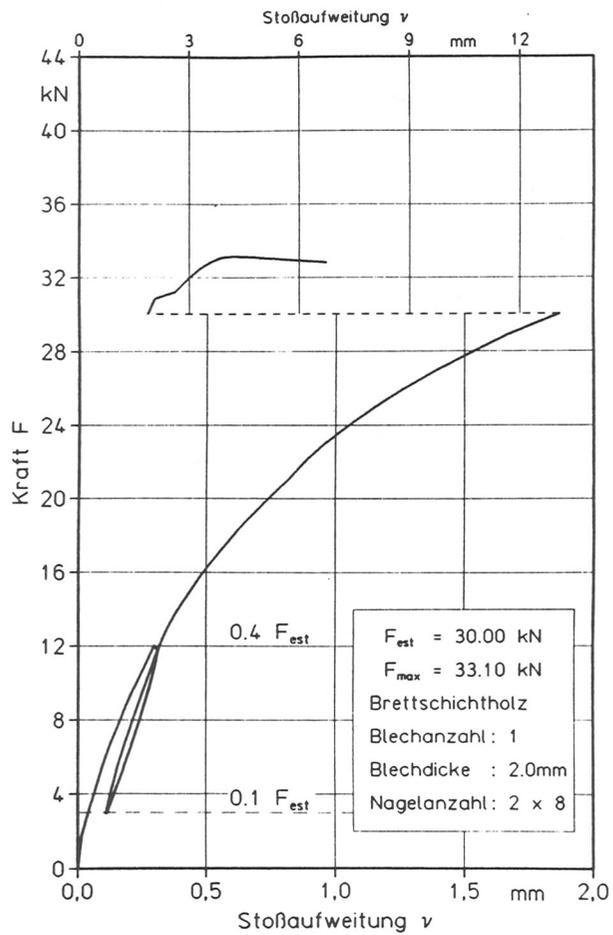


Bild 32: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA811

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

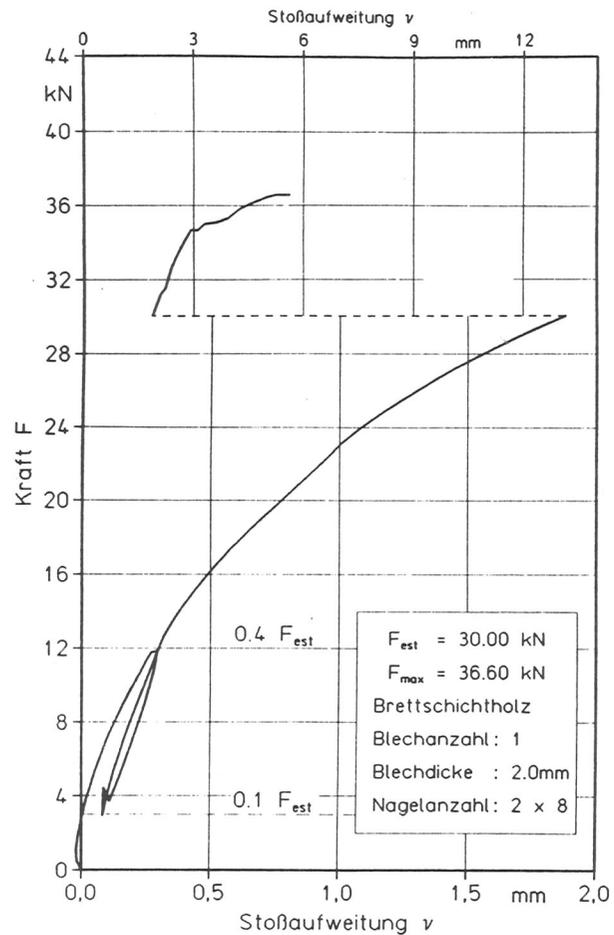


Bild 33: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA812

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

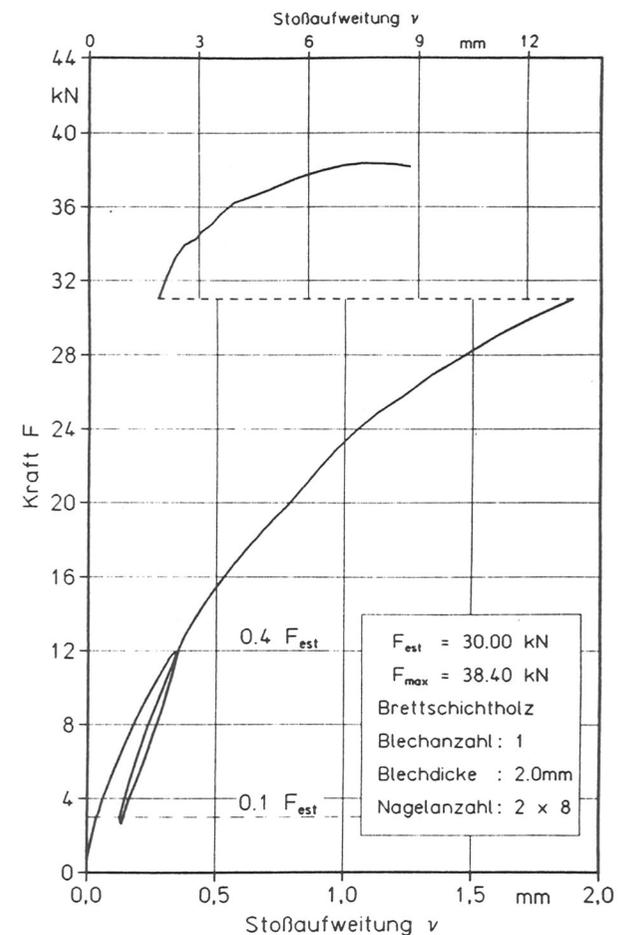


Bild 34: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA813

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

Tabelle 8: Einzelergebnisse der Versuche VA 81(1-3)

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_1					Mittelwert \bar{x}
	1	2	3			
v_d [mm]	0,17	0,17	0,14			0,16
$v_{d,mod}$ [mm]	0,20	0,19	0,17			0,19
v_s [mm]	-0,03	-0,02	-0,03			-0,03
v_e [mm]	0,19	0,18	0,15			0,17
v_{zulF} [mm]	0,14	0,13	0,11			0,13
zul F [N]	$8 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 10464$					
F_{max} [N]	30300	35300	34500			33367
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	2,9	3,4	3,3			3,2
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{V=1,5 mm}$ [N]	1898	2046	1982			1975
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,14	0,13	0,11			0,13
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	4323	4478	5357			4719
C_{mod} [N/mm]	3809	3958	4372			4046
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	331	392	344			355

Tabelle 9: Einzelergebnisse der Versuche BA 81(1-3)

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_1					Mittelwert \bar{x}
	1	2	3			
v_d [mm]	0,15	0,15	0,17			0,16
$v_{d,mod}$ [mm]	0,18	0,19	0,20			0,19
v_s [mm]	-0,03	-0,04	-0,03			-0,03
v_e [mm]	0,14	0,14	0,19			0,16
v_{zulF} [mm]	0,12	0,11	0,13			0,12
zul F [N]	$8 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 10464$					
F_{max} [N]	33100	36600	38400			36033
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,2	3,5	3,7			3,5
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{V=1,5 mm}$ [N]	1999	2167	4505			4847
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,12	0,11	0,13			0,12
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	4951	5085	4505			4847
C_{mod} [N/mm]	4280	3862	3803			3982
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	378	427	401			402

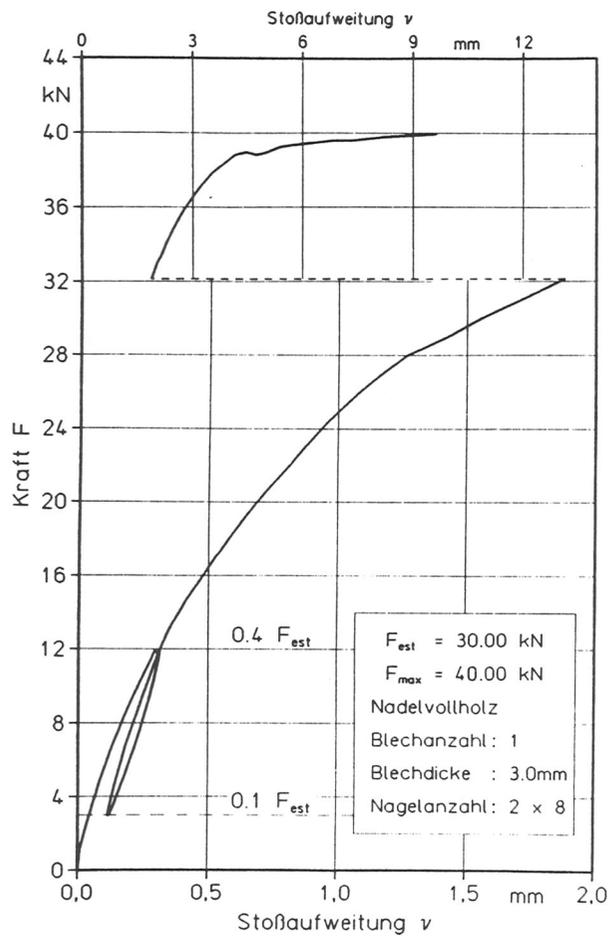


Bild 35: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA814
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

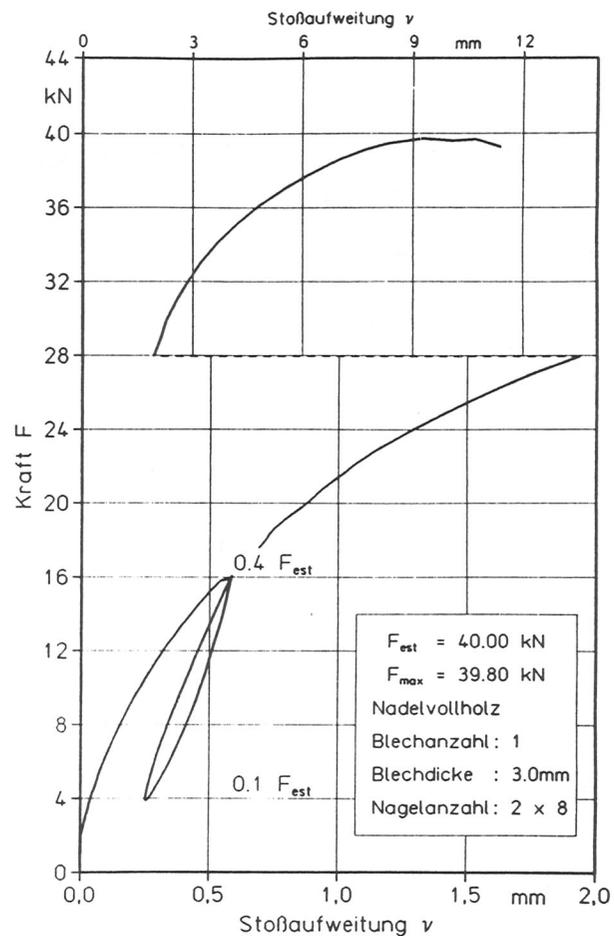


Bild 36: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA815
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

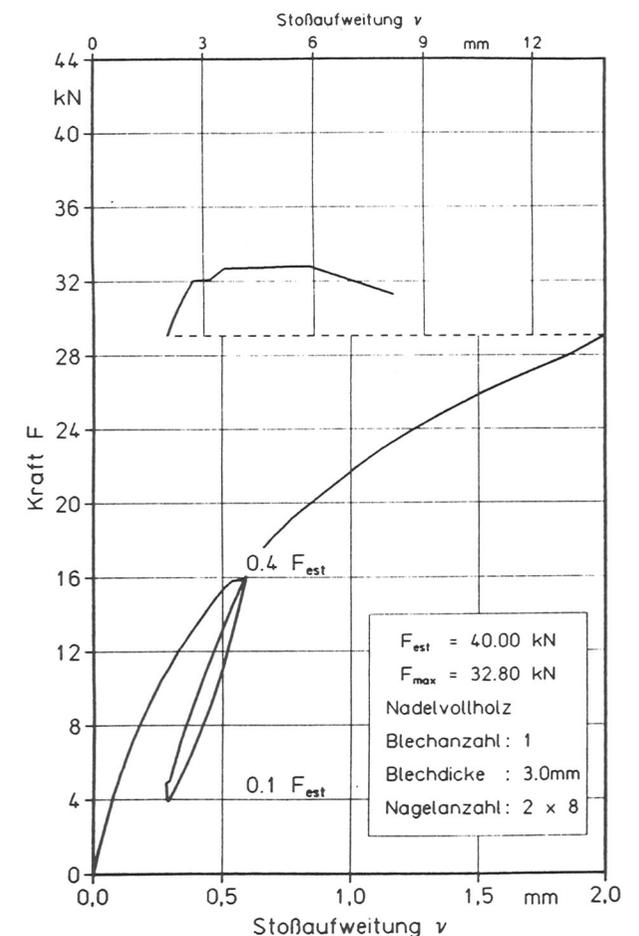


Bild 37: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA816
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

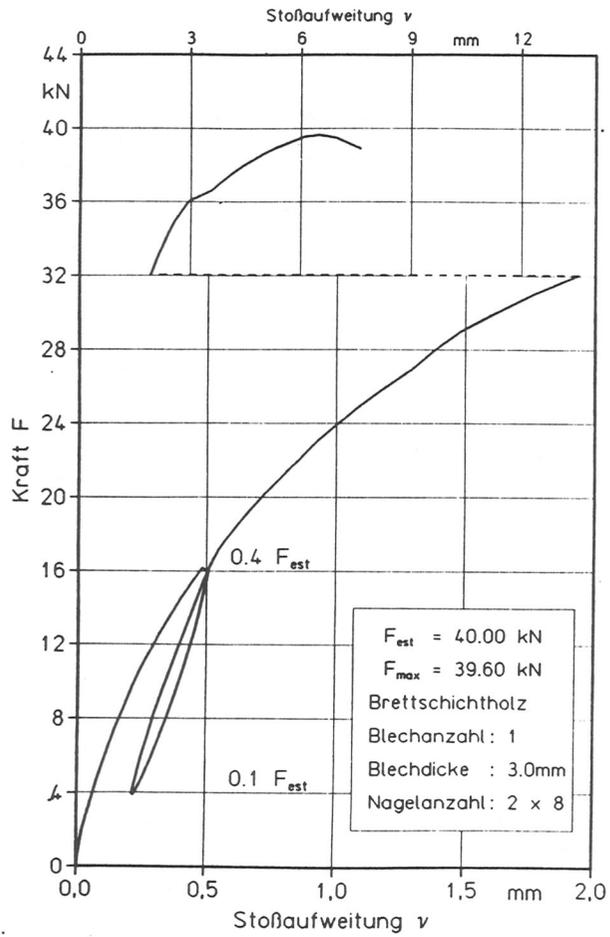


Bild 38 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA814
 Hersteller A , Nagel 38 x 80

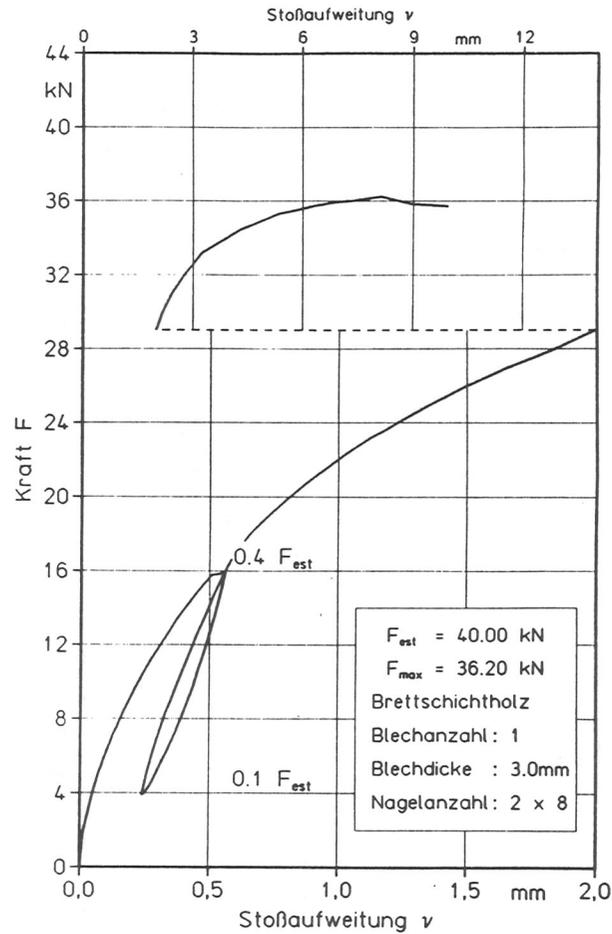


Bild 39 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA815
 Hersteller A , Nagel 38 x 80

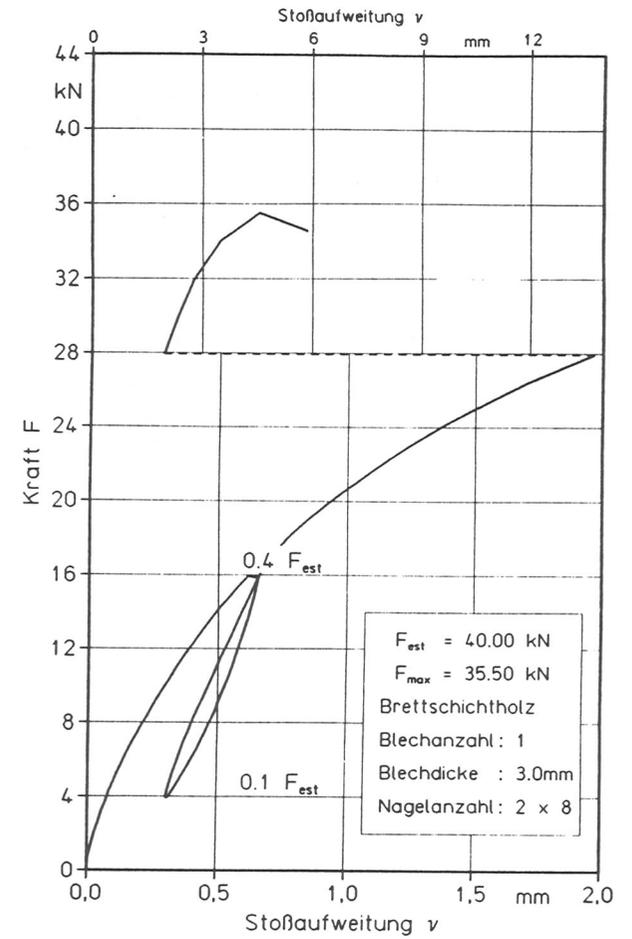


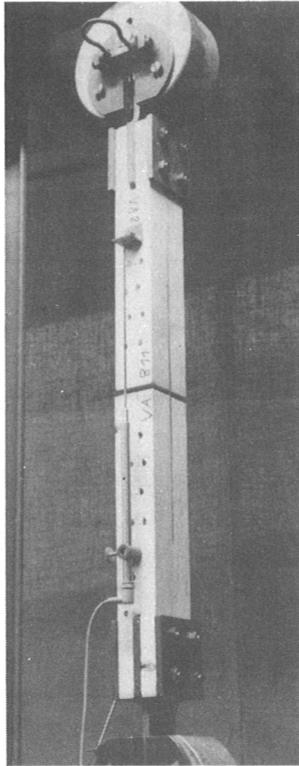
Bild 40 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA816
 Hersteller A , Nagel 38 x 80

Tabelle 10: Einzelergebnisse der Versuche VA 81(4-6)

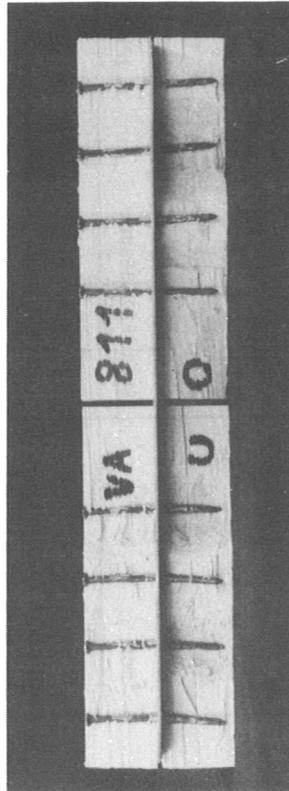
Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_1					Mittelwert \bar{x}
	4	5	6			
v_a [mm]	0,15	0,19	0,18			0,17
$v_{a,mod}$ [mm]	0,17	0,23	0,21			0,20
v_s [mm]	-0,02	-0,04	-0,03			-0,03
v_e [mm]	0,13	0,15	0,19			0,16
v_{zulF} [mm]	0,12	0,12	0,13			0,12
zul F [N]	$8 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 10464$					
F_{max} [N]	40000	39800	32800			37533
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,8	3,8	3,1			3,6
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_v = 1,5$ mm [N]	2285	2026	2004			2105
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,12	0,12	0,13			0,12
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	5085	4811	4953			4950
C_{mod} [N/mm]	4492	3889	4304			4228
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
ρ_m [kg/m ³]	365	383	378			376

Tabelle 11: Einzelergebnisse der Versuche BA 81(4-6)

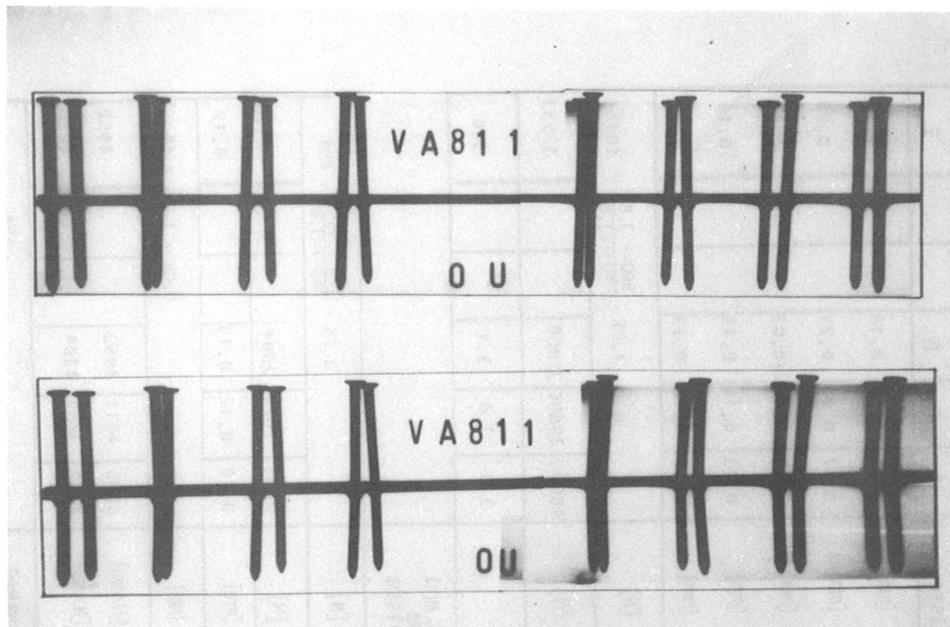
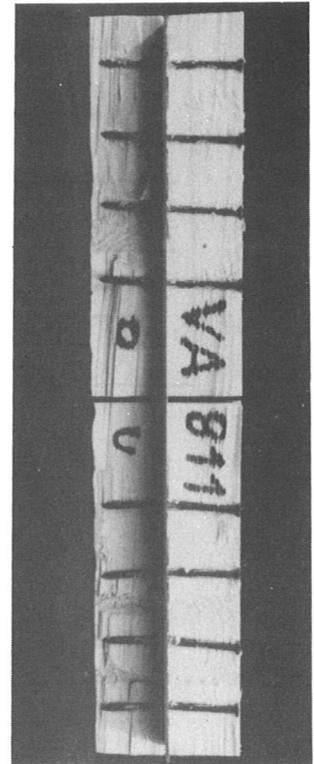
Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_1					Mittelwert \bar{x}
	4	5	6			
v_a [mm]	0,18	0,20	0,23			0,20
$v_{a,mod}$ [mm]	0,21	0,24	0,27			0,24
v_s [mm]	-0,03	-0,04	-0,04			-0,04
v_e [mm]	0,20	0,18	0,26			0,21
v_{zulF} [mm]	0,12	0,12	0,16			0,13
zul F [N]	$8 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 10464$					
F_{max} [N]	39600	36200	35500			37100
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,8	3,5	3,4			3,6
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_v = 1,5$ mm [N]	2255	2037	2040			2111
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,12	0,12	0,16			0,13
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	4141	3817	3263			3740
C_{mod} [N/mm]	3562	3157	2790			3170
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
ρ_m [kg/m ³]	378	445	356			393



a)



b)



c)

d)

Bild 41: Typische Aufnahmen eines Versuchskörpers der Reihe **VA 81**, Blechdicke 2 mm
a) eingebauter Versuchskörper nach Versuchsende
b) aufgespaltener Versuchskörper
c) Röntgenaufnahme vor dem Versuch
d) Röntgenaufnahme nach dem Versuchsende

Tabelle 12: Zusammenstellung der Mittelwerte der signifikanten Versuchsergebnisse und Vergleich mit den Werten der EDIN 1052 der Versuche mit einem eingelegten Blech und Nägeln 38 x 80

Versuchsreihe	Holzart	mittlere Darrrohddichte $\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	Blechdicke t [mm]	Kraftgrößen				Verschiebungsgrößen			
				F _{max} [N]	zul F ₁ [N]	γ	B	v _{zulF} [mm]	v _{zulF,EDIN} [mm]	C _{Versuch} [N/mm]	C _{EDIN} [N/mm]
VA 41(1-5)	VH	361	2,0	2200	654	3,4	N	0,13	0,19	3958	3442
BA 41(1-5)	BSH	359	2,0	2415		3,7	N	0,10		4264	
VA 41(6-8)	VH	381	3,0	1829		2,8	N	0,16		2803	
BA 41(6-8)	BSH	387	3,0	2383		3,6	N	0,08		4915	
VA 81(1-3)	VH	355	2,0	2085		3,2	N	0,13		4046	
BA 81(1-3)	BSH	402	2,0	2252		3,5	N	0,12		3982	
VA 81(4-6)	VH	376	3,0	2346		3,6	N	0,12		4228	
BA 81(4-6)	BSH	393	3,0	2319		3,6	N	0,13		3170	

Holzart: VH $\hat{=}$ Nadelvollholz

BSH $\hat{=}$ Brettschichtholz

B: Bruchursache N $\hat{=}$ Nagelversagen

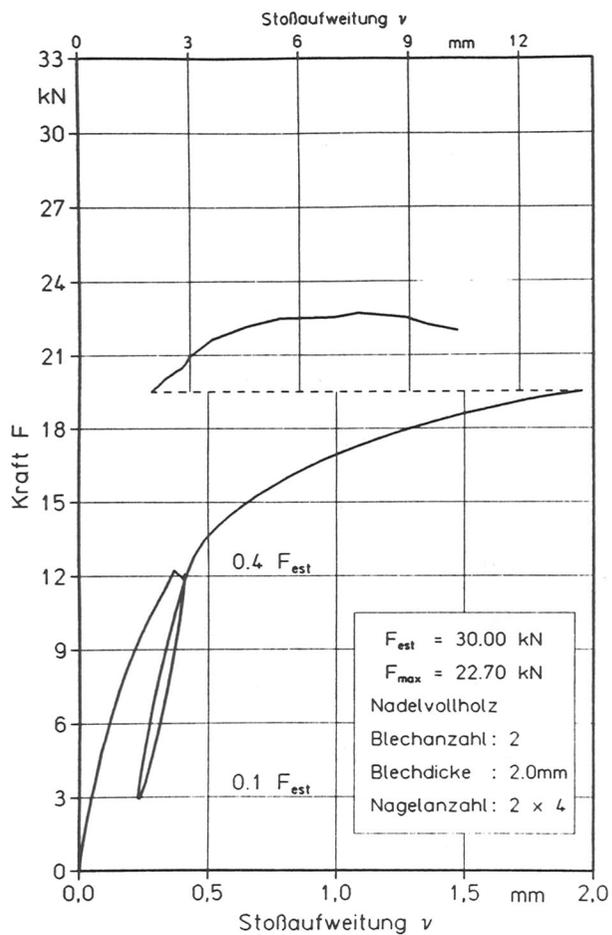


Bild 42 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA421

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

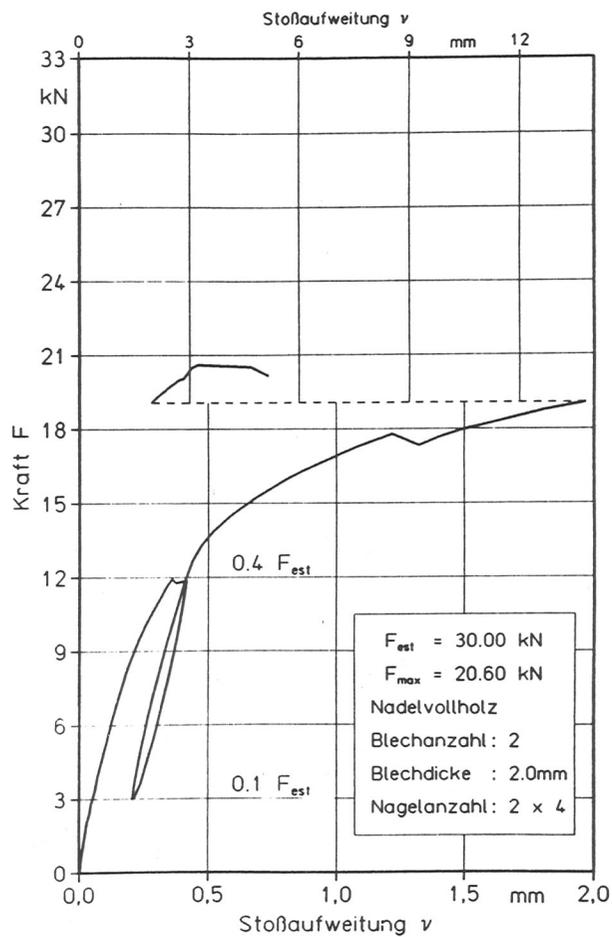


Bild 43 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA422

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

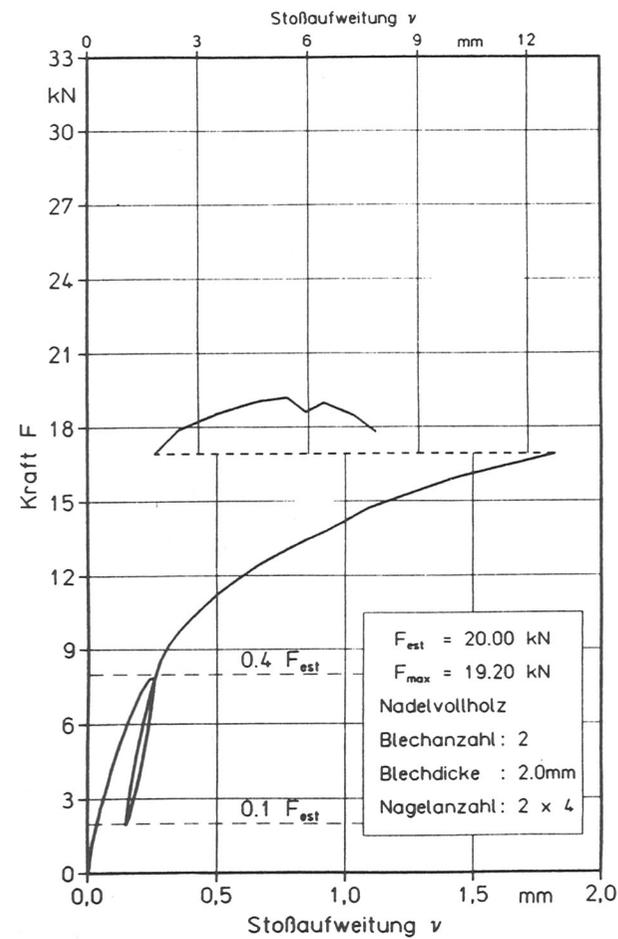


Bild 44 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA423

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

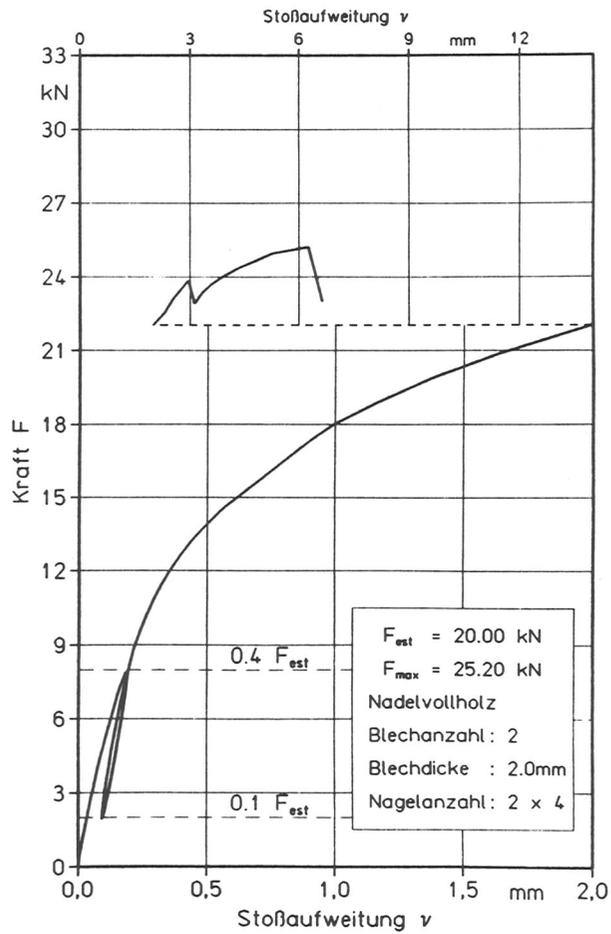


Bild 45 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA424

Hersteller A , Nagel 38 x 80

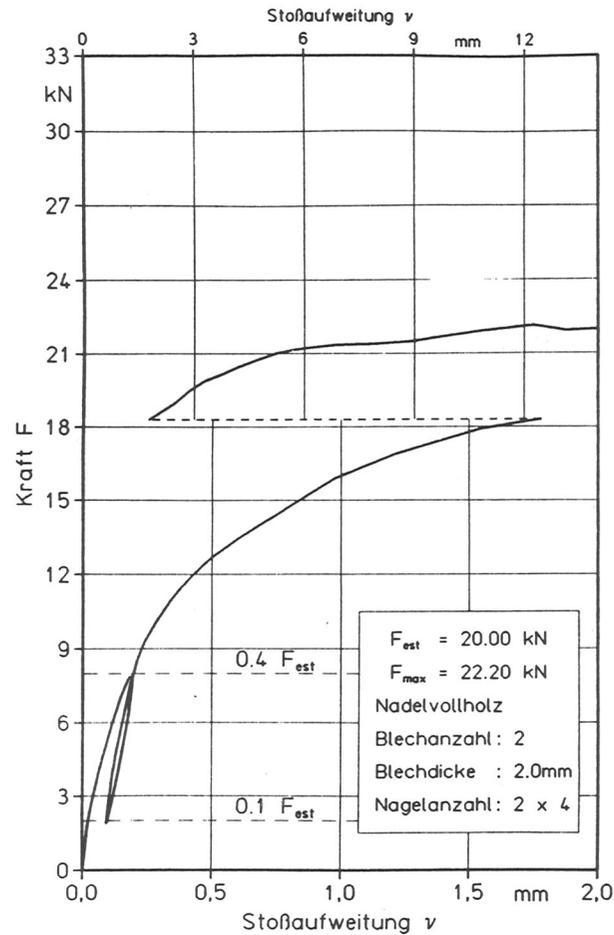


Bild 46 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA425

Hersteller A , Nagel 38 x 80

Tabelle 13: Einzelergebnisse der Versuche VA 42(1-5)

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i					Mittelwert \bar{x}
	1	2	3	4	5	
v_d [mm]	0,12	0,13	0,12	0,09	0,09	0,11
$v_{d,mod}$ [mm]	0,14	0,14	0,13	0,10	0,10	0,12
v_s [mm]	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
v_e [mm]	0,13	0,13	0,12	0,10	0,07	0,11
v_{zulF} [mm]	0,12	0,12	0,17	0,12	0,13	0,13
$zul F$ [N]	$4 \cdot (3 + \frac{21,0}{8 \cdot 3,8}) \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 9655$					
F_{max} [N]	22700	20600	19200	25200	22200	21980
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	2,4	2,1	2,0	2,6	2,3	2,3
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
$zul F_I$ [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{V=1,5 mm}$ [N]	1419	1381	1234	1597	1329	1392
$v_{zul F_I}$ [mm]	0,12	0,12	0,17	0,12	0,13	0,13
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	4417	4358	4592	5922	6021	5062
C_{mod} [N/mm]	3803	3798	4090	5482	5200	4475
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m³]	405	418	331	378	365	379

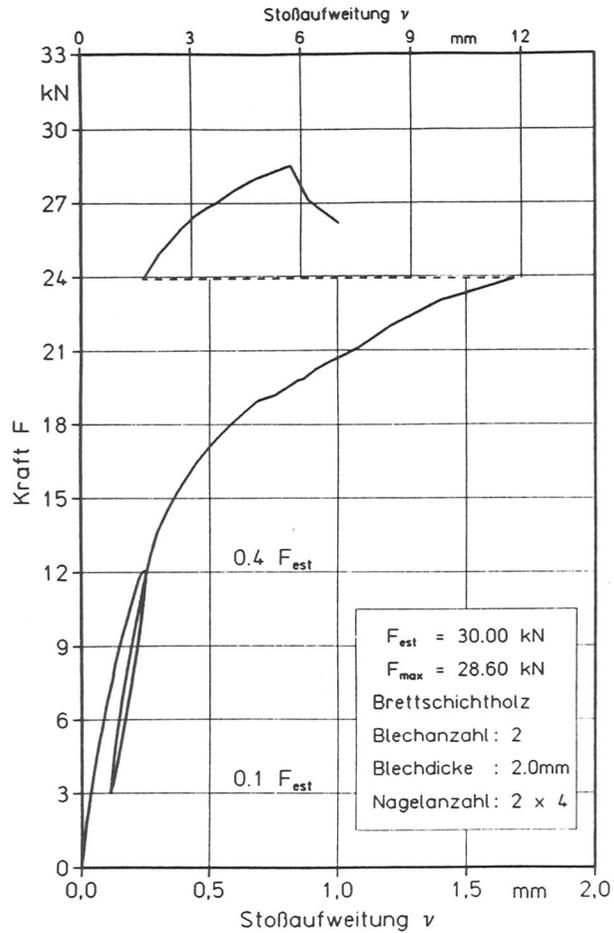


Bild 47 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA421
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

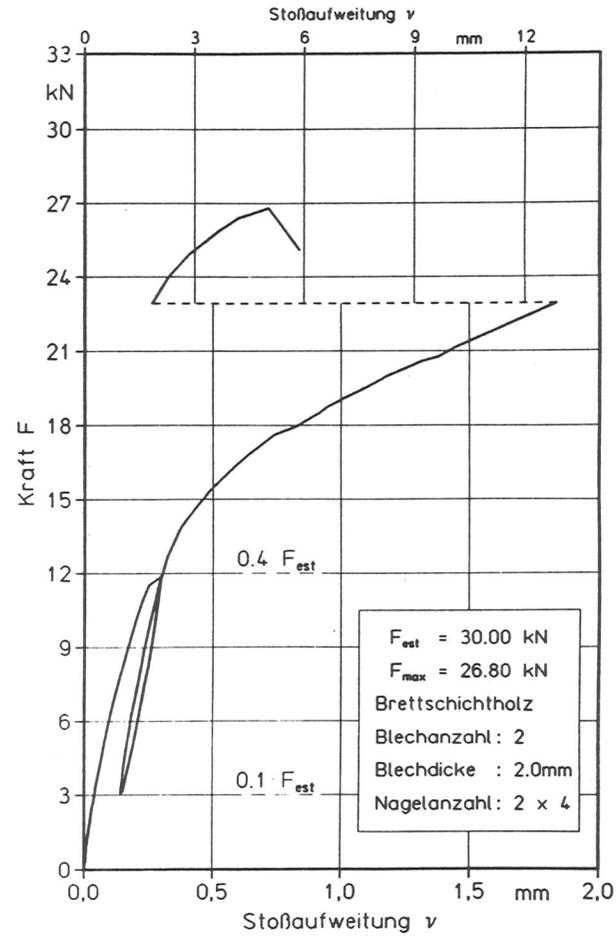


Bild 48 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA422
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

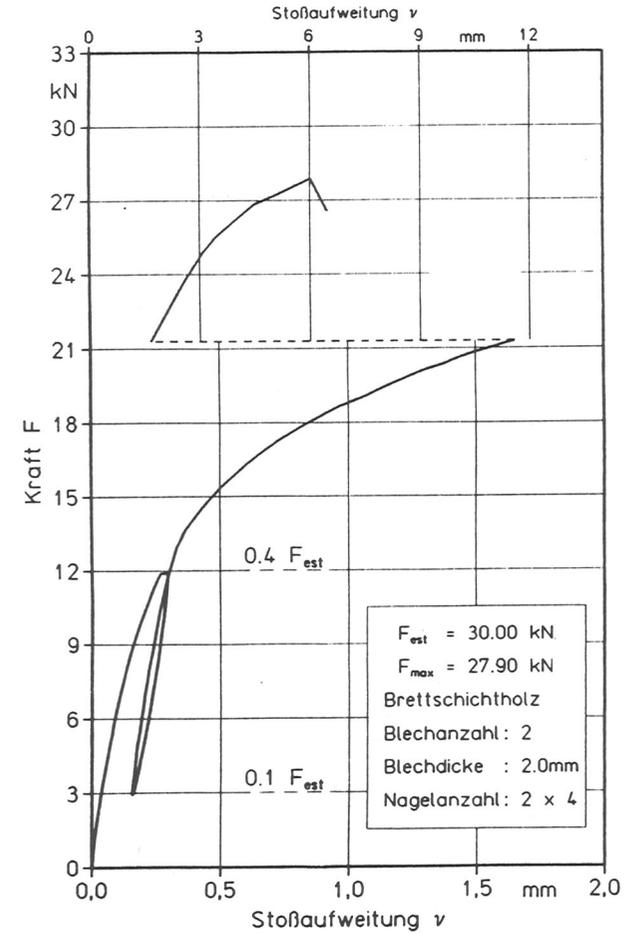


Bild 49 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA423
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

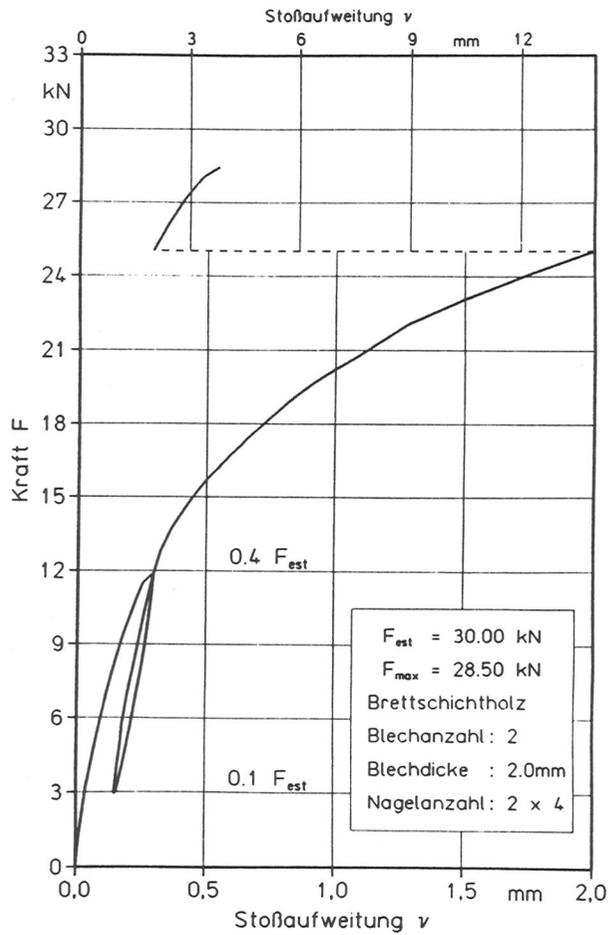


Bild 50 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA424

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

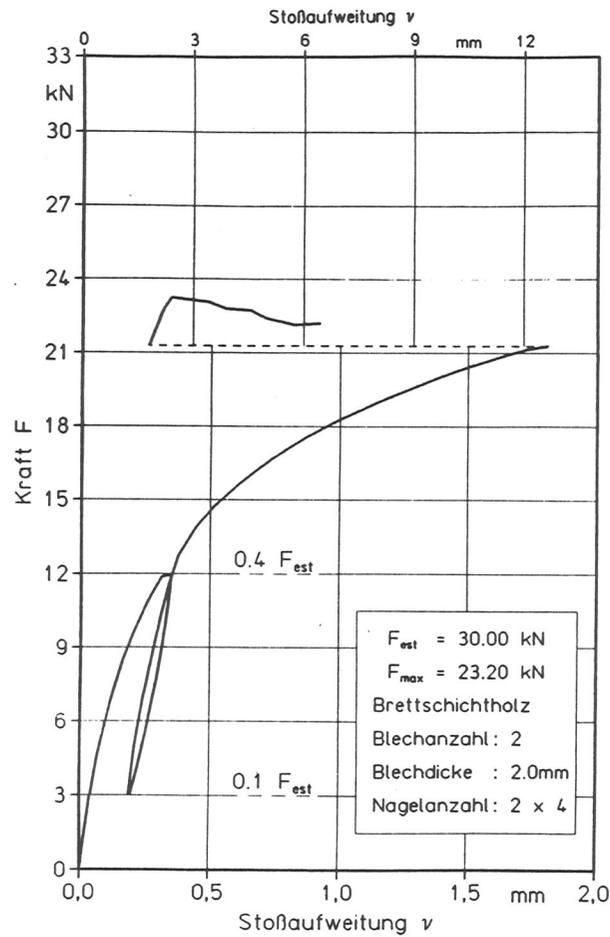


Bild 51 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA425

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

Tabelle 14: Einzelergebnisse der Versuche BA 42(1-5)

Versuchsergebnisse	Einzelergebnisse x_i					Mittelwert \bar{x}
	1	2	3	4	5	
v_d [mm]	0,12	0,13	0,13	0,15	0,16	0,14
$v_{d,mod}$ [mm]	0,14	0,14	0,15	0,17	0,18	0,16
v_s [mm]	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
v_e [mm]	0,13	0,15	0,15	0,15	0,17	0,15
v_{zulF} [mm]	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
zul F [N]	$4 \cdot (3 + \frac{21,0}{8 - 3,8}) \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 9655$					
F_{max} [N]	28600	26800	27900	28500	23200	27000
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,0	2,8	2,9	3,0	2,4	2,8
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{v=1,5 mm}$ [N]	1784	1700	1673	1857	1566	1716
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	6745	6476	6066	5529	5194	6002
C_{mod} [N/mm]	5909	5804	5266	4727	4469	5235
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	383	383	405	401	414	397

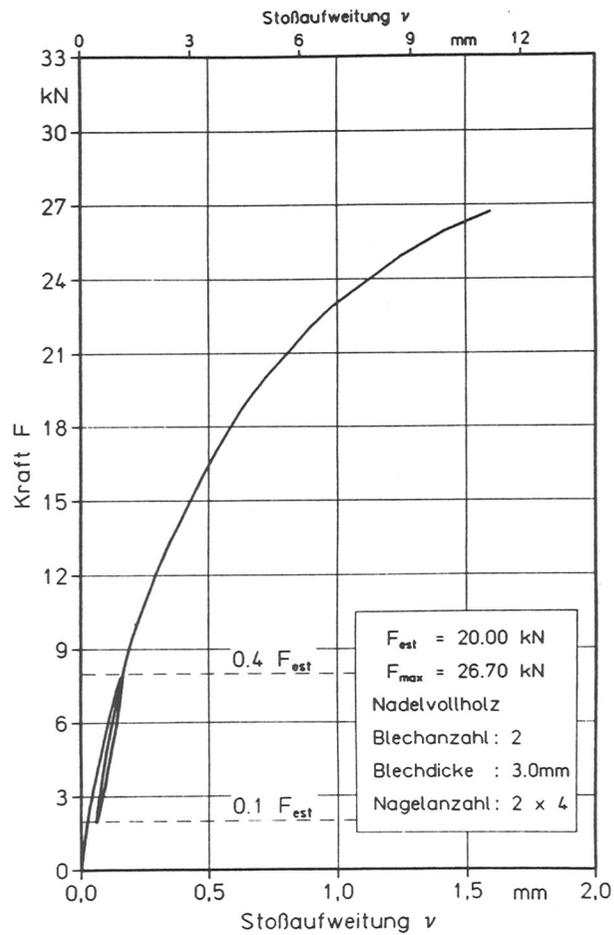


Bild 52 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA426

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

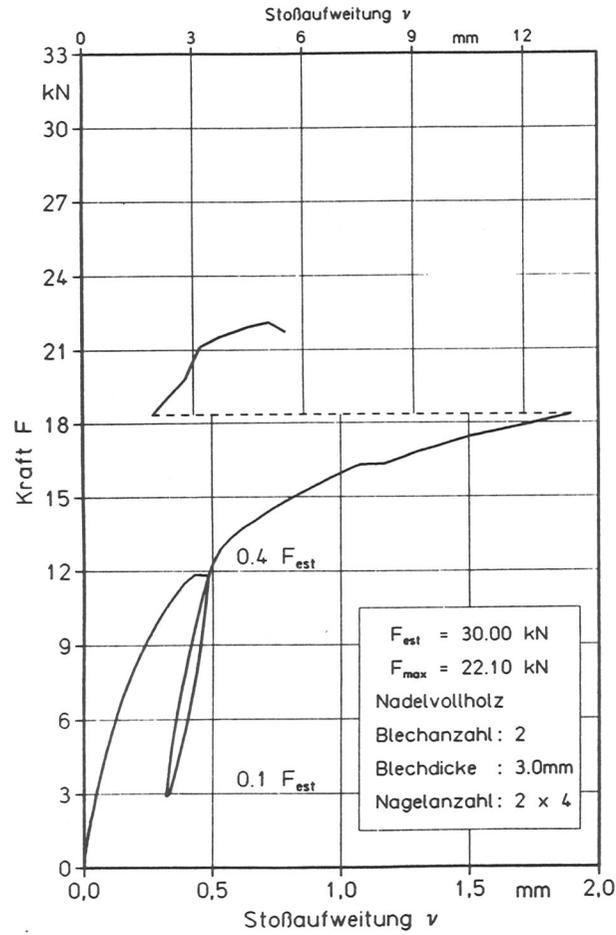


Bild 53 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA427

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

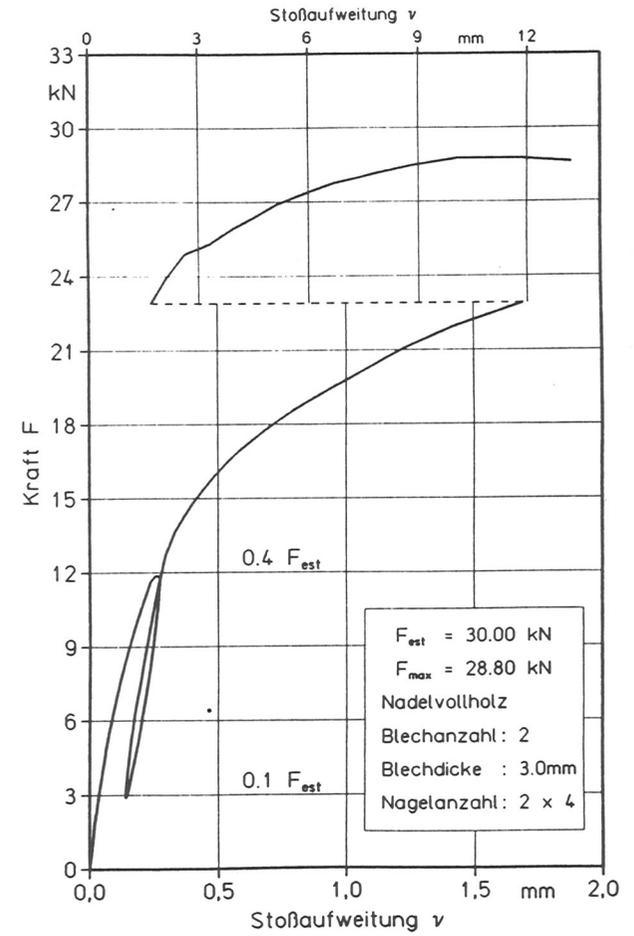


Bild 54 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA428

Hersteller A ; Nagel 38 x 80

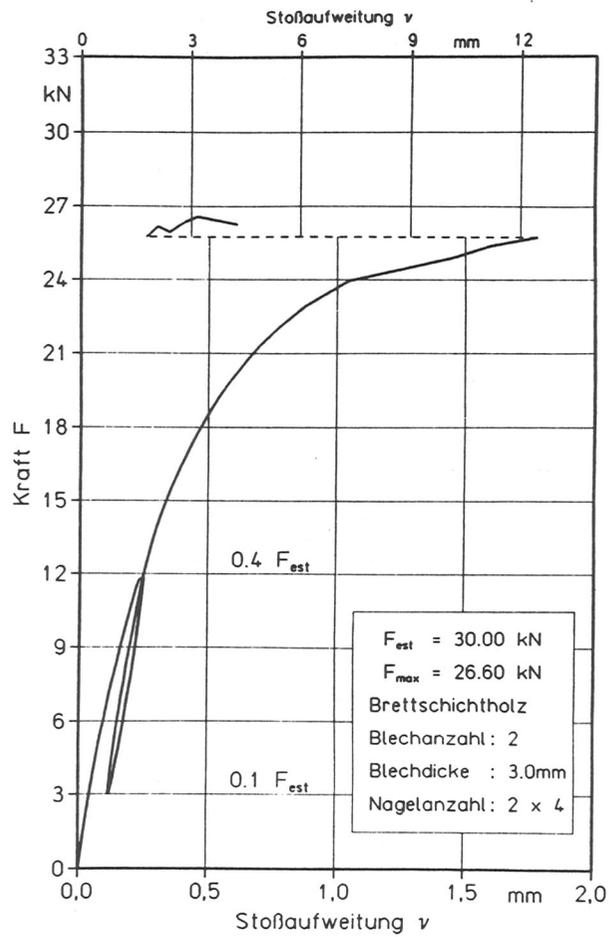


Bild 55: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA426
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

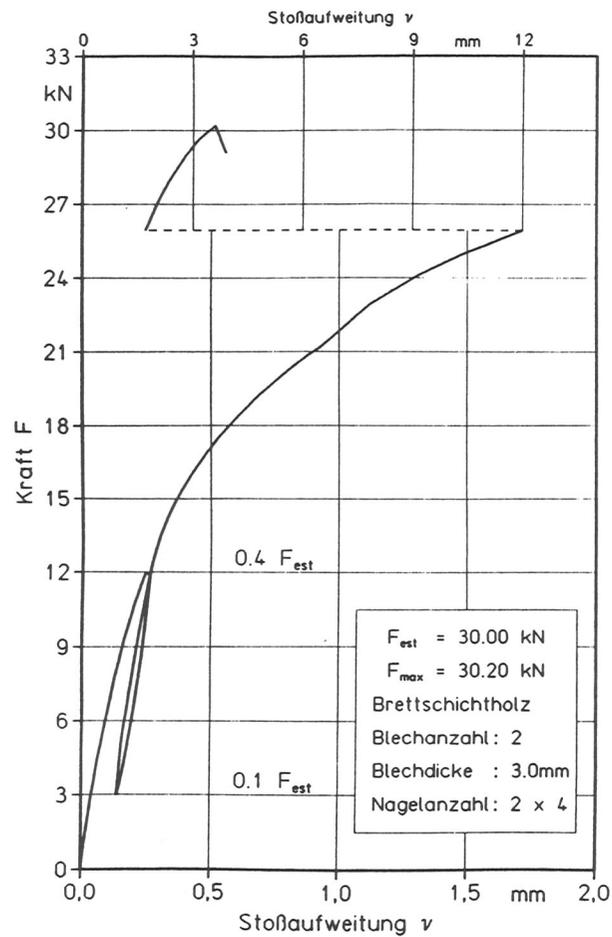


Bild 56: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA427
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

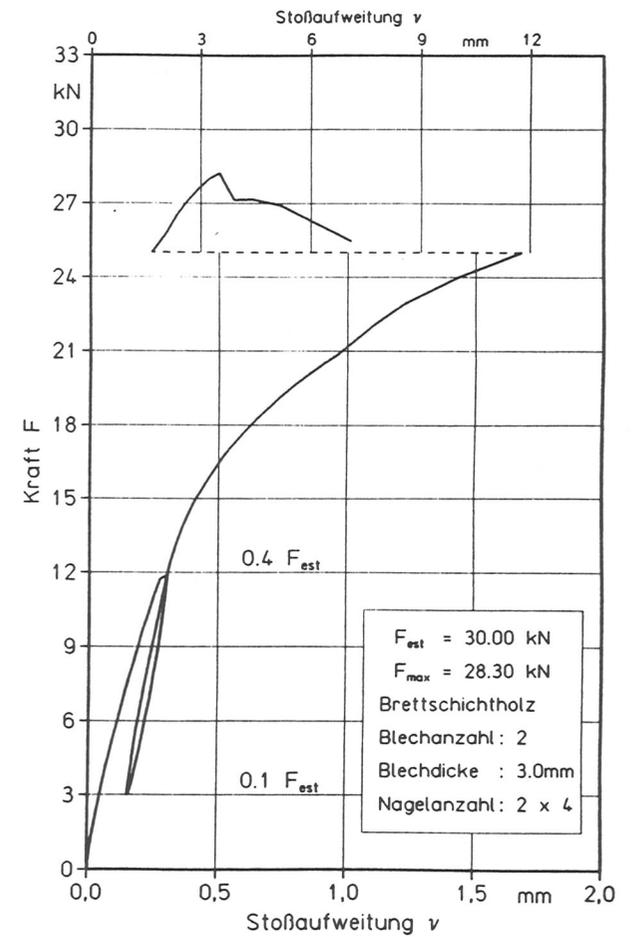


Bild 57: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA428
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

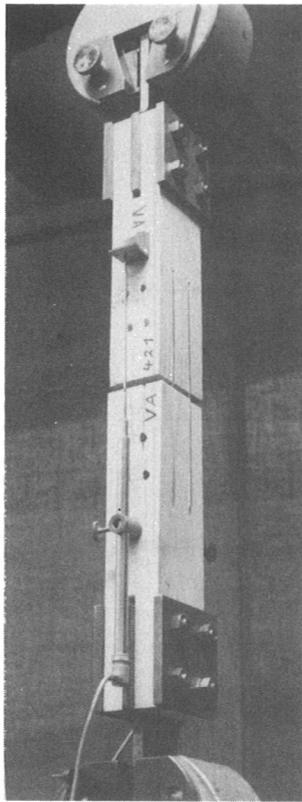
Tabelle 15: Einzelergebnisse der Versuche VA 42(6-8)

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_1					Mittelwert \bar{x}
	6	7	8			
v_d [mm]	0,08	0,14	0,13			0,12
$v_{d,mod}$ [mm]	0,09	0,17	0,14			0,13
v_s [mm]	-0,01	-0,03	-0,01			-0,01
v_e [mm]	0,09	0,14	0,14			0,12
v_{zulF} [mm]	0,10	0,13	0,09			0,11
zul F [N]	$4 \cdot (3 + \frac{21,0}{8 \cdot 3,8}) \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 9655$					
F_{max} [N]	26700	22100	28800			25867
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	2,8	2,3	3,0			2,7
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{v=1,5 mm}$ [N]	(1)	1392	1701			1547
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,10	0,13	0,09			0,11
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	6568	3844	6425			5612
C_{mod} [N/mm]	5864	3209	5627			4900
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m³]	400	352	378			377

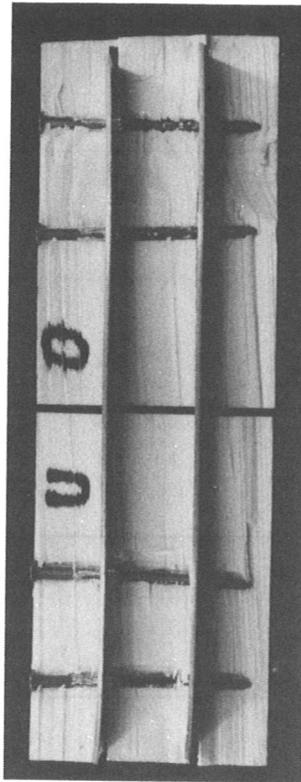
(1) Stoßaufweitung von 3,0mm wurde beim Versuch nicht erreicht

Tabelle 16: Einzelergebnisse der Versuche BA 42(6-8)

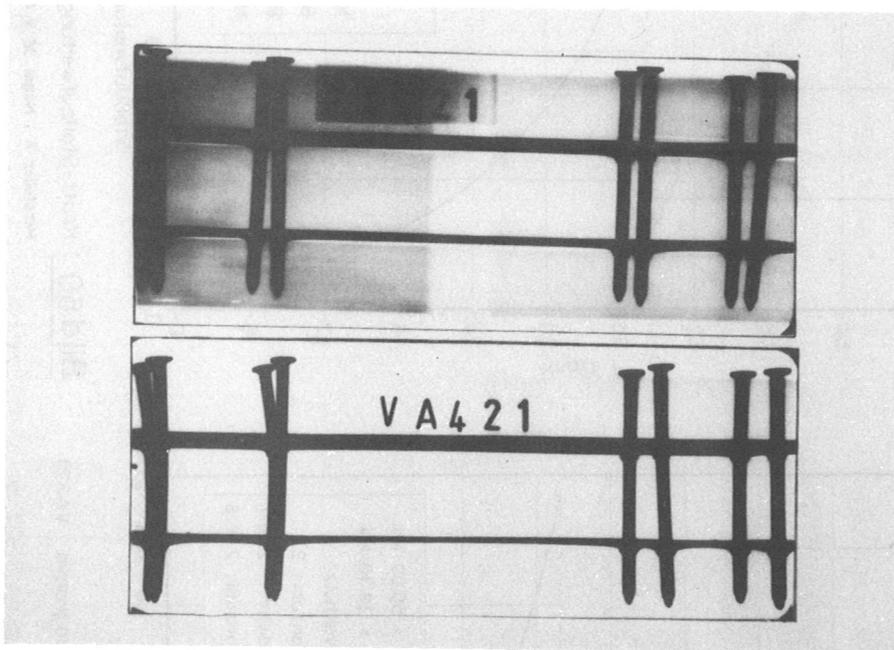
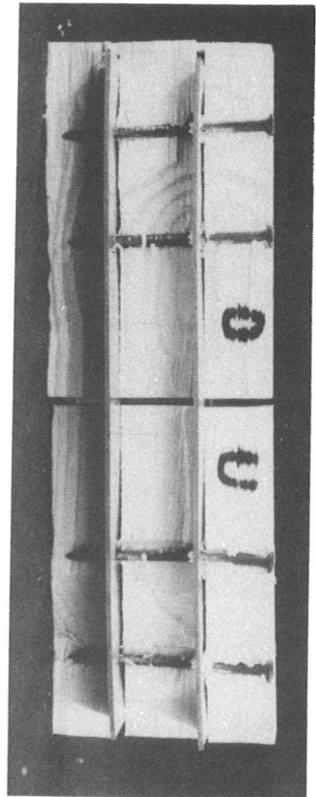
Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_1					Mittelwert \bar{x}
	6	7	8			
v_d [mm]	0,12	0,12	0,15			0,13
$v_{d,mod}$ [mm]	0,13	0,14	0,17			0,15
v_s [mm]	-0,01	-0,02	-0,02			-0,02
v_e [mm]	0,12	0,13	0,15			0,13
v_{zulF} [mm]	0,09	0,09	0,10			0,09
zul F [N]	$4 \cdot (3 + \frac{21,0}{8 \cdot 3,8}) \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 9655$					
F_{max} [N]	26600	30200	28300			28367
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	2,8	3,1	2,9			2,9
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{v=1,5 mm}$ [N]	1793	1989	1875			1886
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,09	0,09	0,10			0,09
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	7007	6717	5419			6381
C_{mod} [N/mm]	6453	5999	4810			5754
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_0$ [kg/m³]	423	414	374			403



a)



b)



c)

d)

Bild 58: Typische Aufnahmen eines Versuchskörpers der Reihe VA 42, Blechdicke 2 mm
 a) eingebauter Versuchskörper nach Versuchsende
 b) aufgespaltener Versuchskörper
 c) Röntgenaufnahme vor dem Versuch
 d) Röntgenaufnahme nach dem Versuchsende

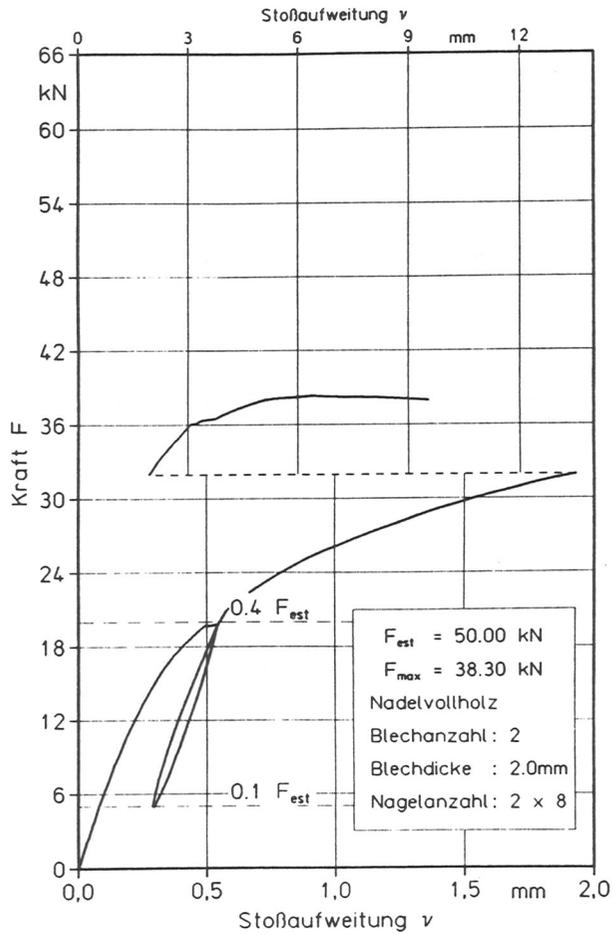


Bild 59 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA821
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

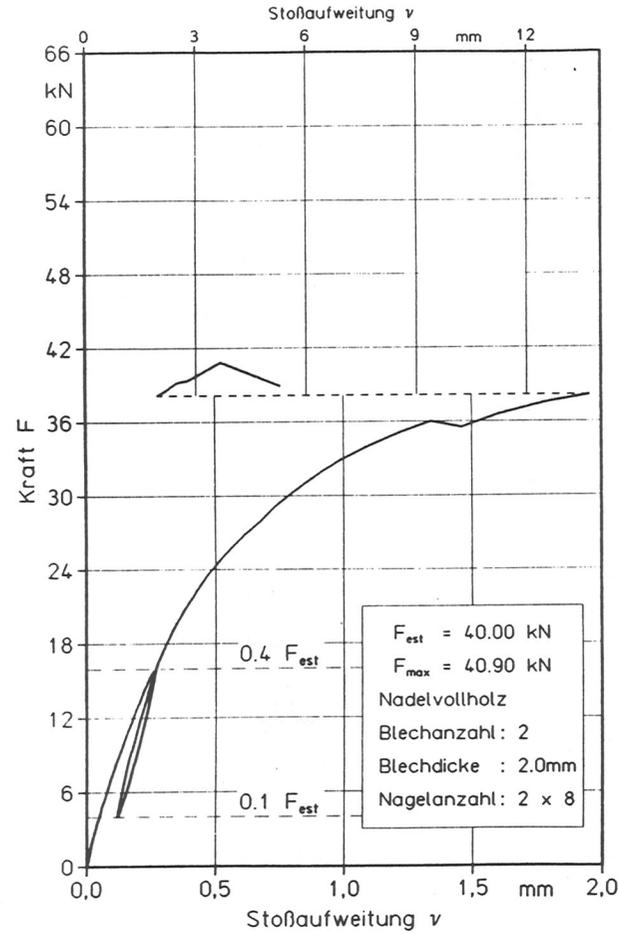


Bild 60 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA822
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

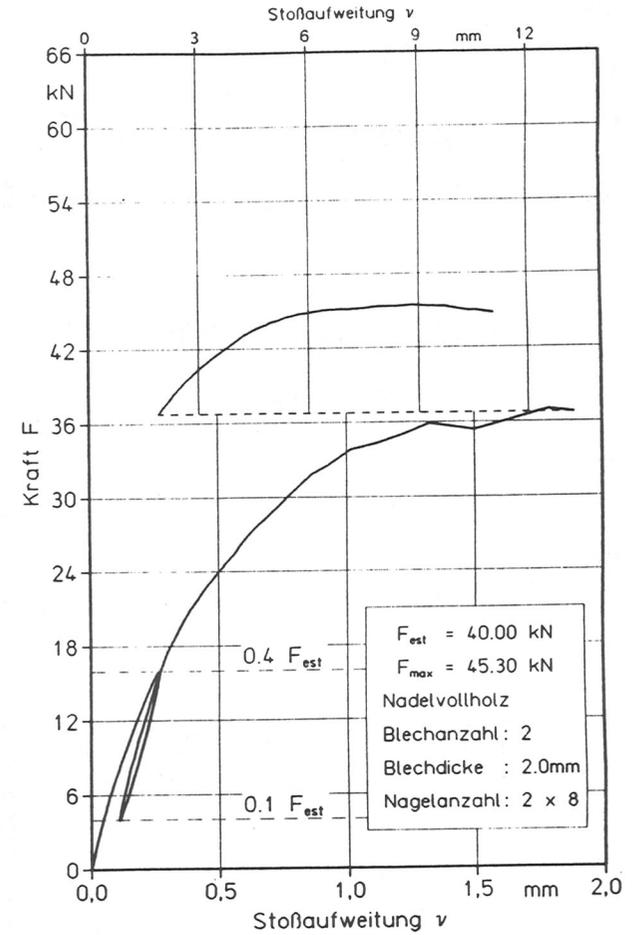


Bild 61 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA823
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

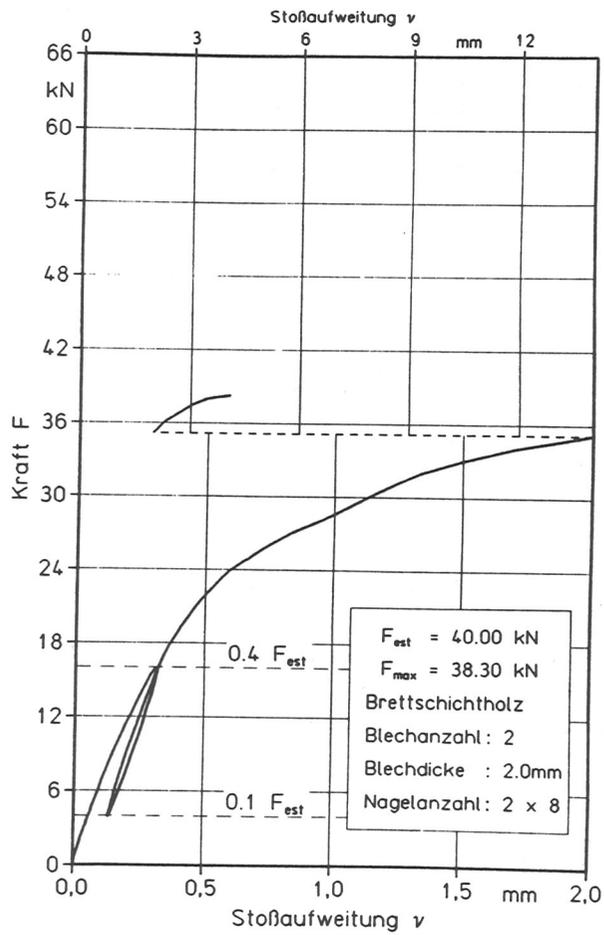


Bild 62 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA821
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

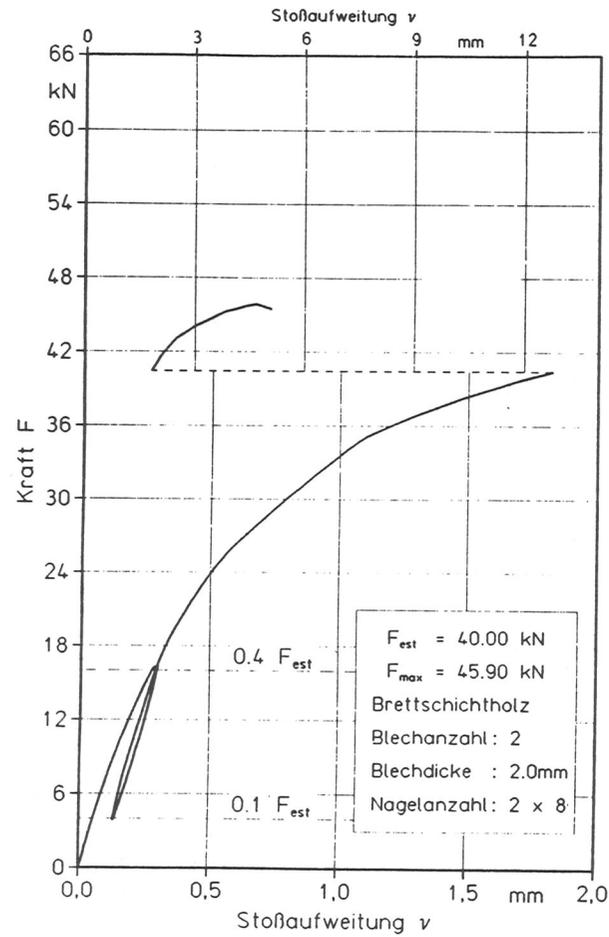


Bild 63 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA822
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

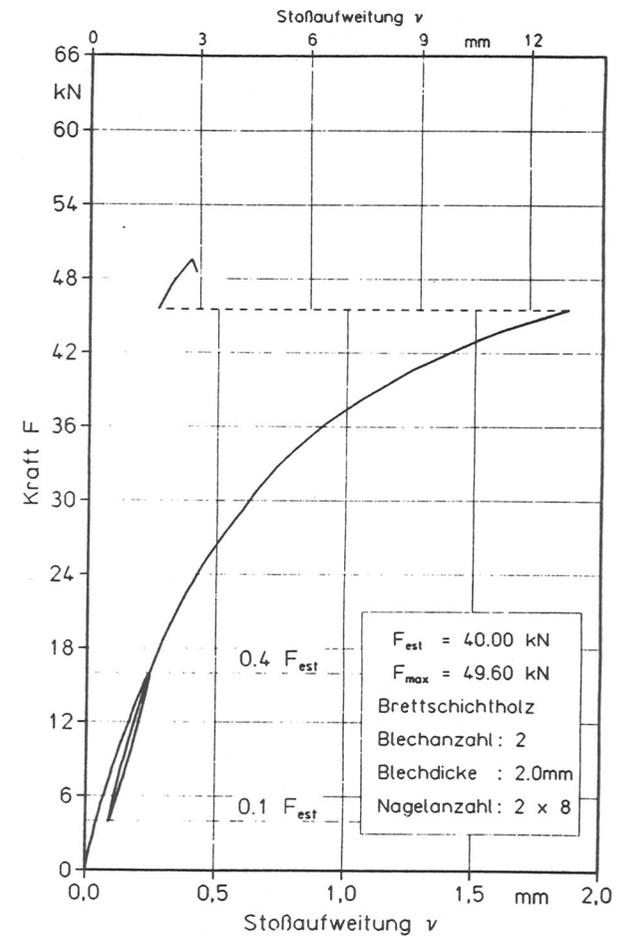


Bild 64 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA823
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

Tabelle 17: Einzelergebnisse der Versuche VA 82(1-3)

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i					Mittelwert \bar{x}
	1	2	3			
v_a [mm]	0,15	0,13	0,13			0,14
$v_{a,mod}$ [mm]	0,17	0,14	0,14			0,15
v_s [mm]	-0,02	-0,01	-0,01			-0,01
v_e [mm]	0,16	0,13	0,13			0,14
v_{zulF} [mm]	0,27	0,17	0,17			0,20
zul F [N]	$8 \cdot (3 + \frac{21,0}{8 \cdot 3,8}) \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 19310$					
F_{max} [N]	38300	40900	45300			41500
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	2,0	2,1	2,4			2,2
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{v=1,5 mm}$ [N]	1213	1346	1367			1309
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,27	0,17	0,17			0,20
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	2672	4217	4185			3691
C_{mod} [N/mm]	2379	3906	3827			3371
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_o$ [kg/m³]	392	387	400			393

Tabelle 18: Einzelergebnisse der Versuche BA 82(1-3)

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i					Mittelwert \bar{x}
	1	2	3			
v_a [mm]	0,15	0,14	0,12			0,14
$v_{a,mod}$ [mm]	0,17	0,15	0,13			0,15
v_s [mm]	-0,02	-0,01	-0,01			-0,01
v_e [mm]	0,17	0,15	0,13			0,15
v_{zulF} [mm]	0,20	0,18	0,15			0,18
zul F [N]	$8 \cdot (3 + \frac{21,0}{8 \cdot 3,8}) \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 19310$					
F_{max} [N]	38300	45900	49600			44600
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	2,0	2,4	2,6			2,3
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{v=1,5 mm}$ [N]	1267	1492	(1)			1380
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,20	0,18	0,15			0,18
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	3530	3857	4573			3987
C_{mod} [N/mm]	3260	3593	4196			3683
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
$\bar{\rho}_o$ [kg/m³]	378	378	387			381

(1) Stoßaufweitung von 3,0mm wurde beim Versuch nicht erreicht

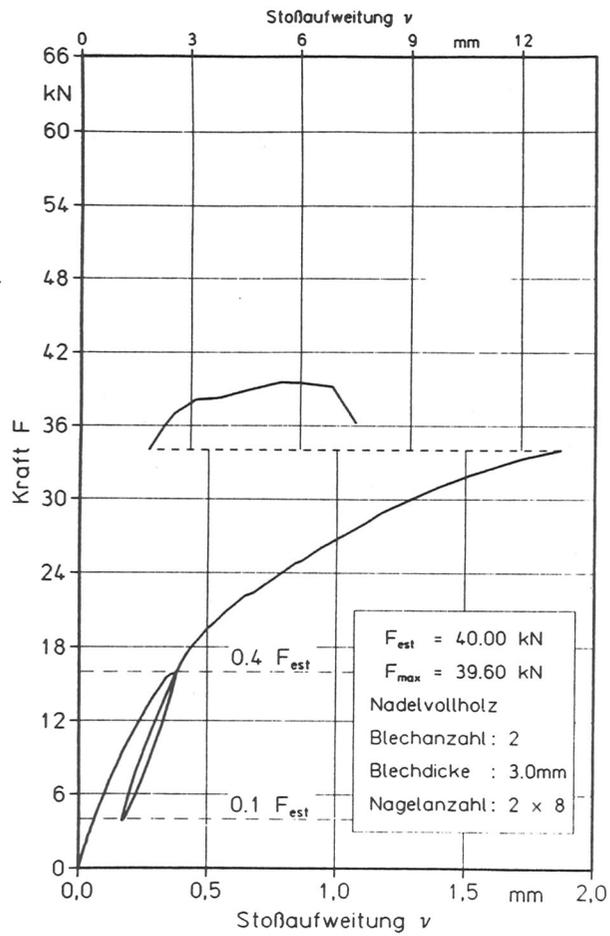


Bild 65: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA824
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

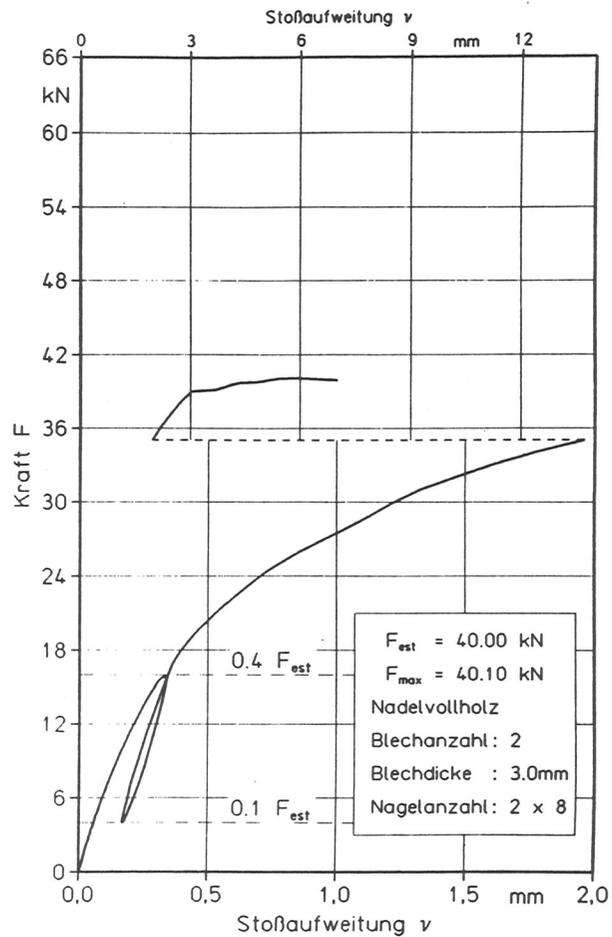


Bild 66: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA825
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

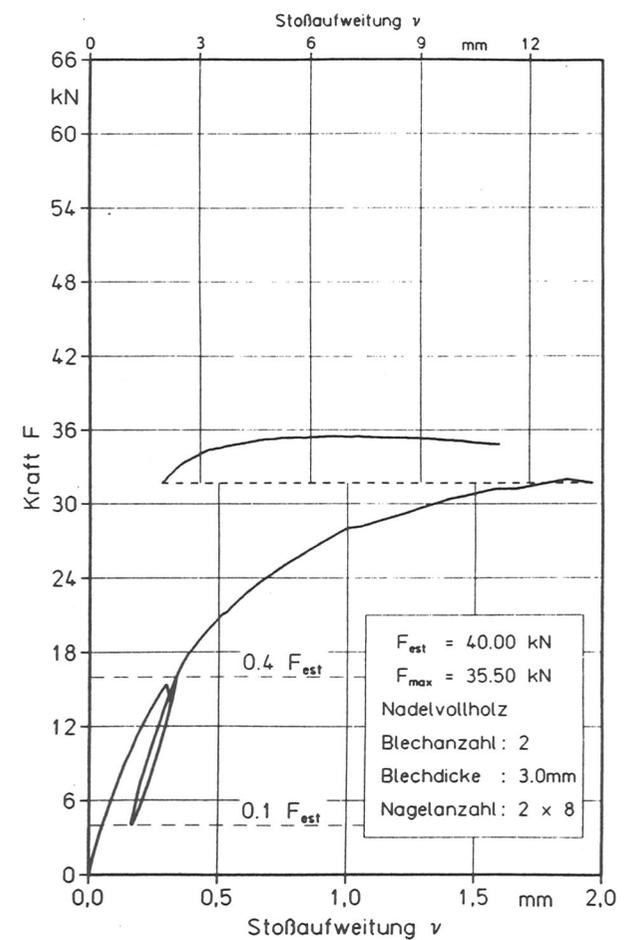


Bild 67: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VA826
Hersteller A ; Nagel 38 x 80

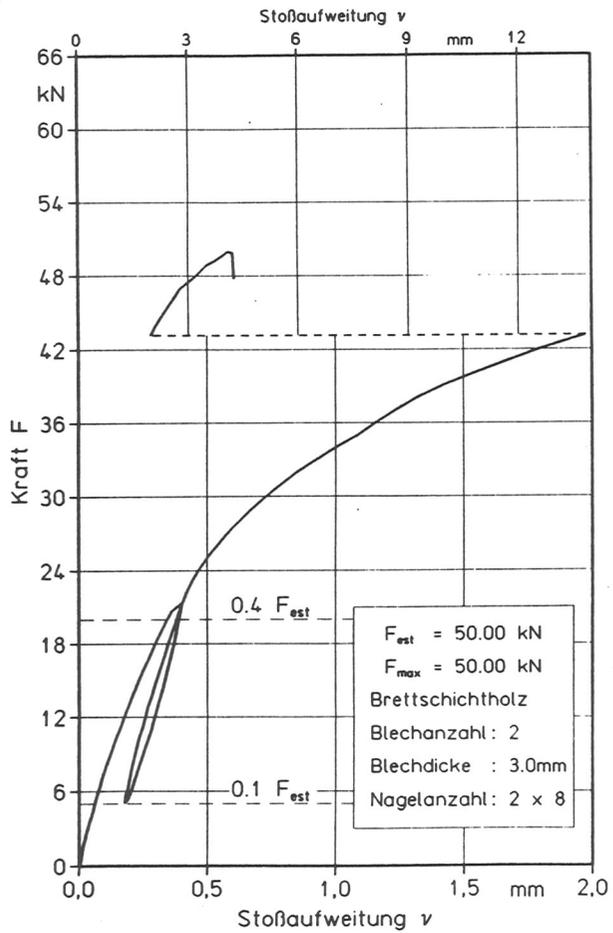


Bild 68 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA824
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

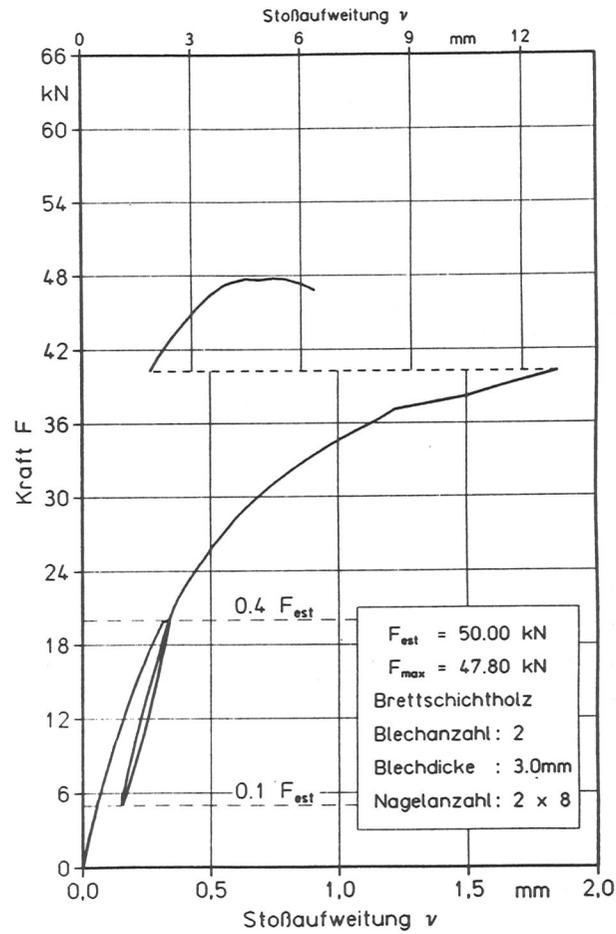


Bild 69 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA825
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

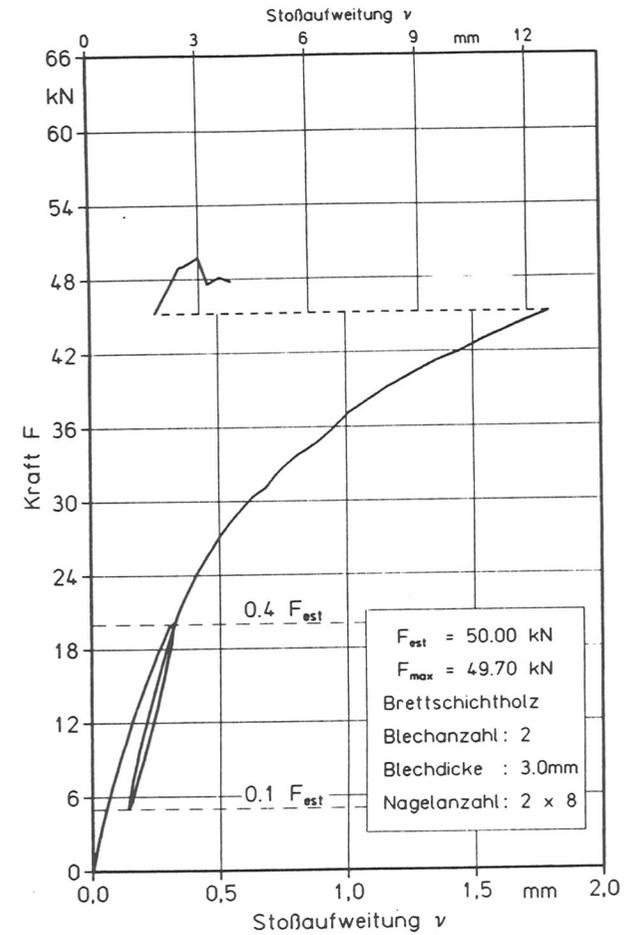


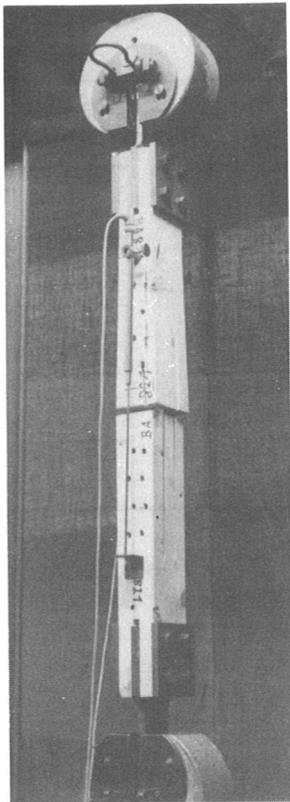
Bild 70 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BA826
 Hersteller A ; Nagel 38 x 80

Tabelle 19: Einzelergebnisse der Versuche VA 82(4-6)

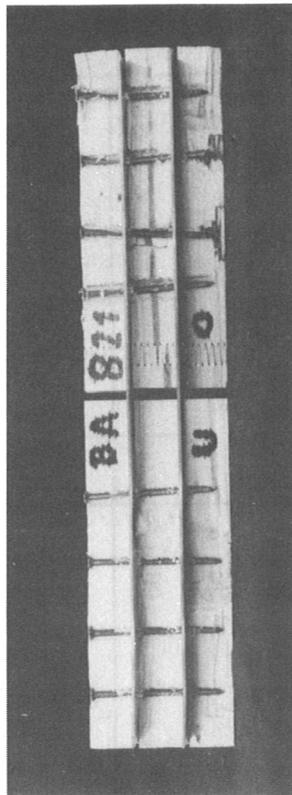
Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i					Mittelwert \bar{x}
	4	5	6			
v_d [mm]	0,18	0,16	0,16			0,17
$v_{d,mod}$ [mm]	0,20	0,18	0,18			0,19
v_s [mm]	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02
v_e [mm]	0,19	0,17	0,17			0,18
v_{zulF} [mm]	0,25	0,22	0,22			0,23
zul F [N]	$8 \cdot (3 + \frac{21,0}{8 \cdot 3,8}) \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 19310$					
F_{max} [N]	39600	40100	35500			38400
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	2,1	2,1	1,8			2,0
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{V=1,5 mm}$ [N]	1283	1318	1153			1251
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,25	0,22	0,22			0,23
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	3044	3376	3430			3283
C_{mod} [N/mm]	2749	3093	3073			2972
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
ρ_m [kg/m ³]	322	322	331			325

Tabelle 20: Einzelergebnisse der Versuche BA 82(4-6)

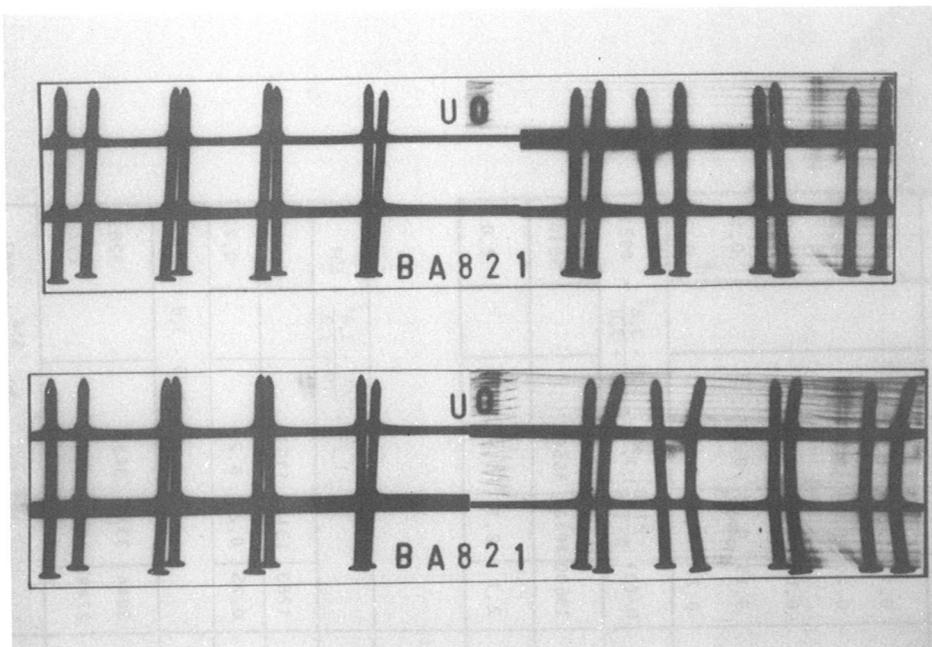
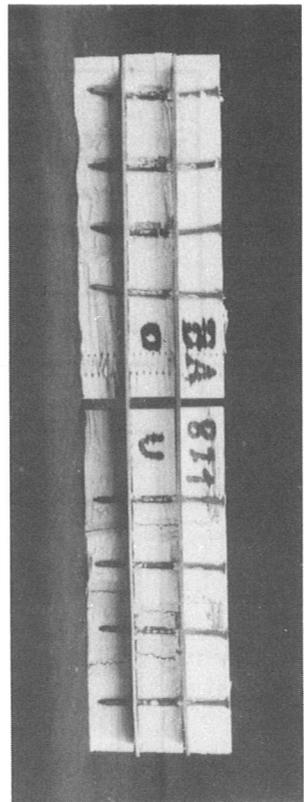
Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i					Mittelwert \bar{x}
	4	5	6			
v_d [mm]	0,14	0,13	0,12			0,13
$v_{d,mod}$ [mm]	0,16	0,14	0,14			0,15
v_s [mm]	-0,02	-0,01	-0,02			-0,02
v_e [mm]	0,16	0,13	0,13			0,14
v_{zulF} [mm]	0,16	0,15	0,15			0,15
zul F [N]	$8 \cdot (3 + \frac{21,0}{8 \cdot 3,8}) \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 19310$					
F_{max} [N]	50000	47800	49700			49167
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	2,6	2,5	2,6			2,6
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse						
zul F_1 [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,8^2}{10 + 3,8} = 654$					
$F_{V=1,5 mm}$ [N]	1608	1519	1681			1603
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,16	0,15	0,15			0,15
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,8 = 0,19$					
C [N/mm]	3742	4247	4370			4120
C_{mod} [N/mm]	3371	3859	3999			3743
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{654}{3,8} = 3442$					
ρ_m [kg/m ³]	347	365	369			360



a)



b)



c)

d)

Bild 71: Typische Aufnahmen eines Versuchskörpers der Reihe **BA 82**, Blechdicke 2 mm
a) eingebauter Versuchskörper nach Versuchsende
b) aufgespaltener Versuchskörper
c) Röntgenaufnahme vor dem Versuch
d) Röntgenaufnahme nach dem Versuchsende

Tabelle 21: Zusammenstellung der Mittelwerte der signifikanten Versuchsergebnisse und Vergleich mit den Werten der EDIN 1052 der Versuche mit zwei eingelegten Blechen
Nägel 38 x 80

Versuchsreihe	Holzart	mittlere Darrrohddichte $\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	Blechdicke t [mm]	Kraftgrößen				Verschiebungsgrößen			
				F _{max} [N]	zul F ₁ [N]	γ	B	v _{zulF} [mm]	v _{zulF,EDIN} [mm]	C _{Versuch} [N/mm]	C _{EDIN} [N/mm]
VA 42(1-5)	VH	379	2,0	1489	654	2,3	H	0,13	0,19	4475	3442
BA 42(1-5)	BSH	397	2,0	1829		2,8	H	0,09		5235	
VA 42(6-8)	VH	377	3,0	1752		2,7	H	0,11		4900	
BA 42(6-8)	BSH	403	3,0	1921		2,9	H	0,09		5754	
VA 82(1-3)	VH	393	2,0	1406		2,2	H	0,20		3371	
BA 82(1-3)	BSH	381	2,0	1511		2,3	H	0,18		3683	
VA 82(4-6)	VH	325	3,0	1301		2,0	H	0,23		2972	
BA 82(4-6)	BSH	360	3,0	1665		2,6	H	0,15		3743	

Holzart: VH $\hat{=}$ Nadelvollholz

BSH $\hat{=}$ Brettschichtholz

B: Bruchursache H $\hat{=}$ Holz aufgespalten

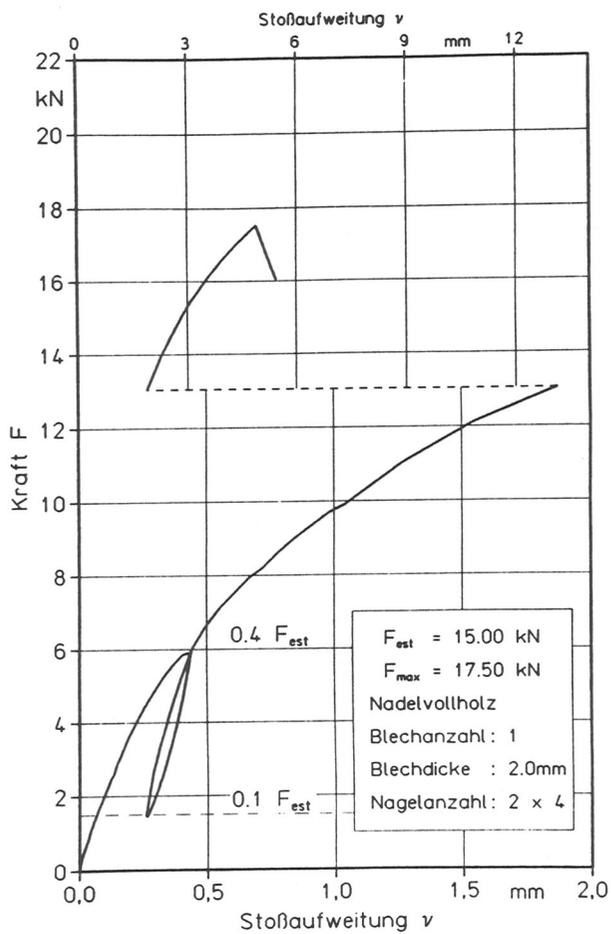


Bild 72 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VB411R
 Hersteller A ; Rillennagel 36 x 90

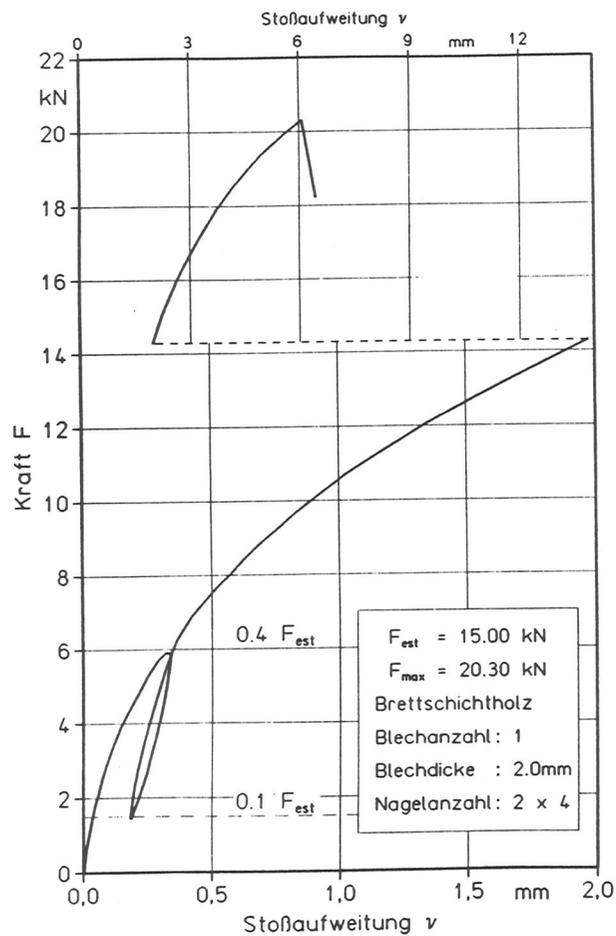


Bild 73 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BB412R
 Hersteller A ; Rillennagel 36 x 90

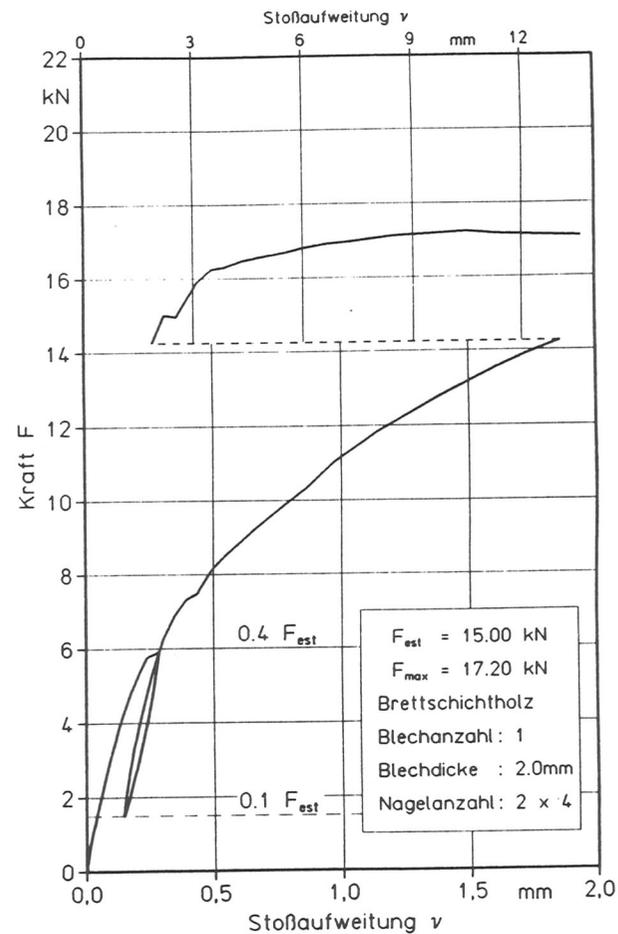


Bild 74 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BB413
 Hersteller A ; Nagel 36 x 90

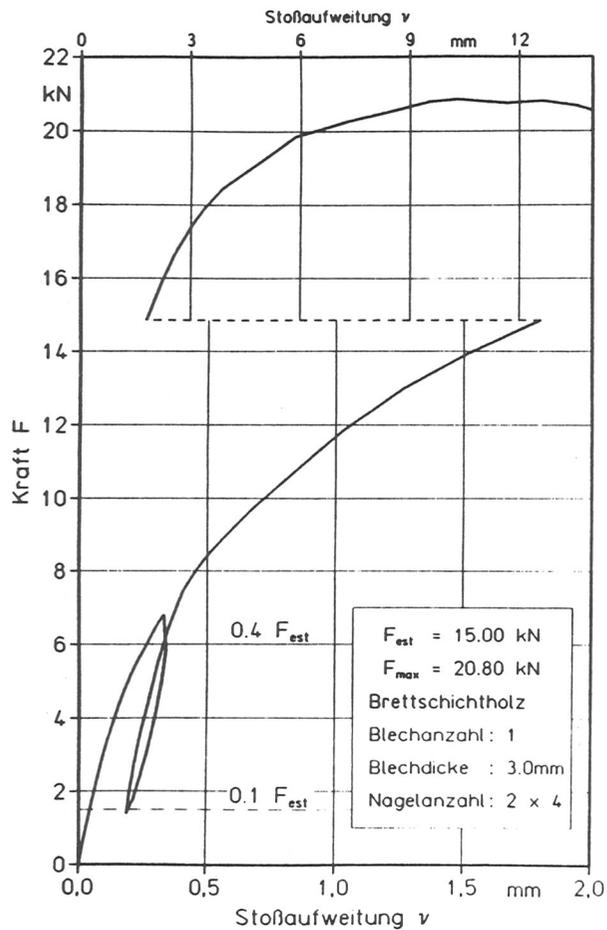


Bild 75 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BB414
 Hersteller A ; Nagel 36 x 90

Tabelle 22: Einzelergebnisse der Versuche VB411R, BB412, BB413 und BB414R

Versuchsergebnisse	Einzelergebnisse x ₁			
	VB411	BB412	BB413	BB414
v _a [mm]	0,20	0,16	0,14	0,15
v _{a,mod} [mm]	0,23	0,19	0,16	0,18
v _s [mm]	-0,03	-0,03	-0,02	-0,03
v _e [mm]	0,20	0,17	0,14	0,10
v _{zulF} [mm]	0,14	0,11	0,09	0,09
zul F [N]	$4 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,6^2}{10 + 3,6} = 4765$			
F _{max} [N]	17500	20300	17200	20800
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,7	4,3	3,6	4,4
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse				
zul F ₁ [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,6^2}{10 + 3,6} = 596$			
F _{v=1,5 mm} [N]	1913	2086	1966	2174
v _{zul F₁} [mm]	0,14	0,11	0,09	0,09
v _{zul F, EDIN} [mm]	$0,05 \cdot 3,6 = 0,18$			
C [N/mm]	3704	4702	5300	4886
C _{mod} [N/mm]	3325	3979	4648	4258
C _{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{596}{3,6} = 3311$			
$\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	392	378	383	401

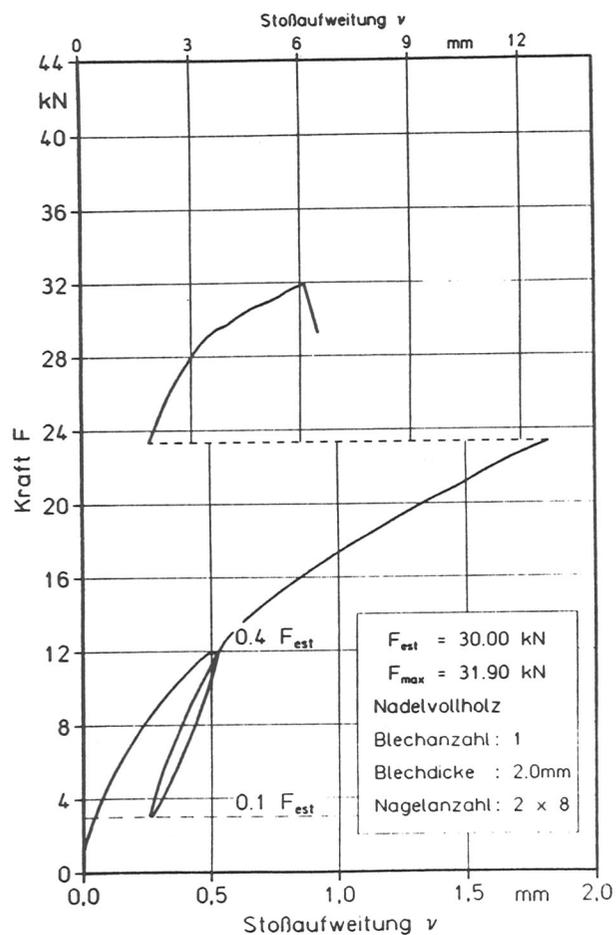


Bild 76 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VB811R
 Hersteller A , Rillennagel 36 x 90

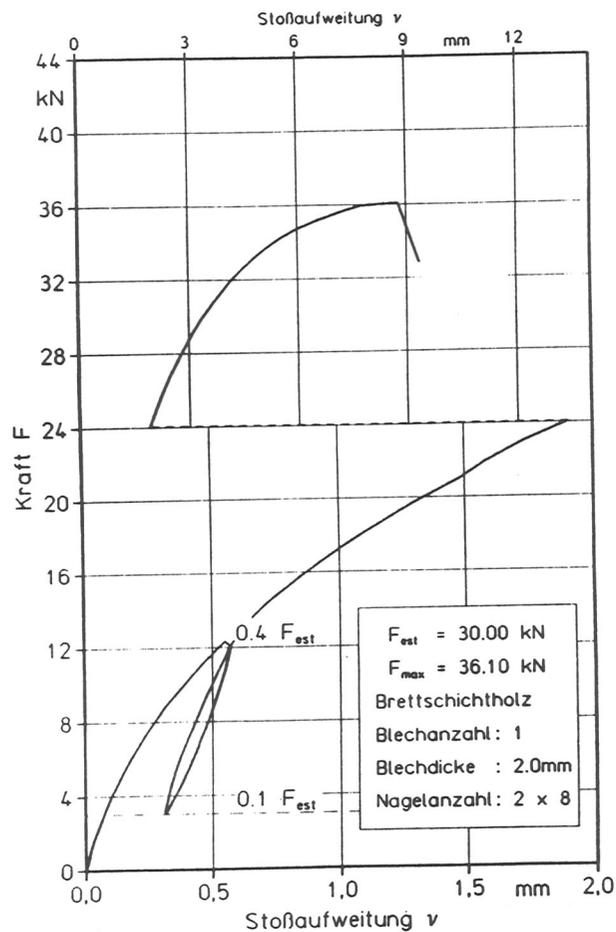


Bild 77 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BB812R
 Hersteller A , Rillennagel 36 x 90

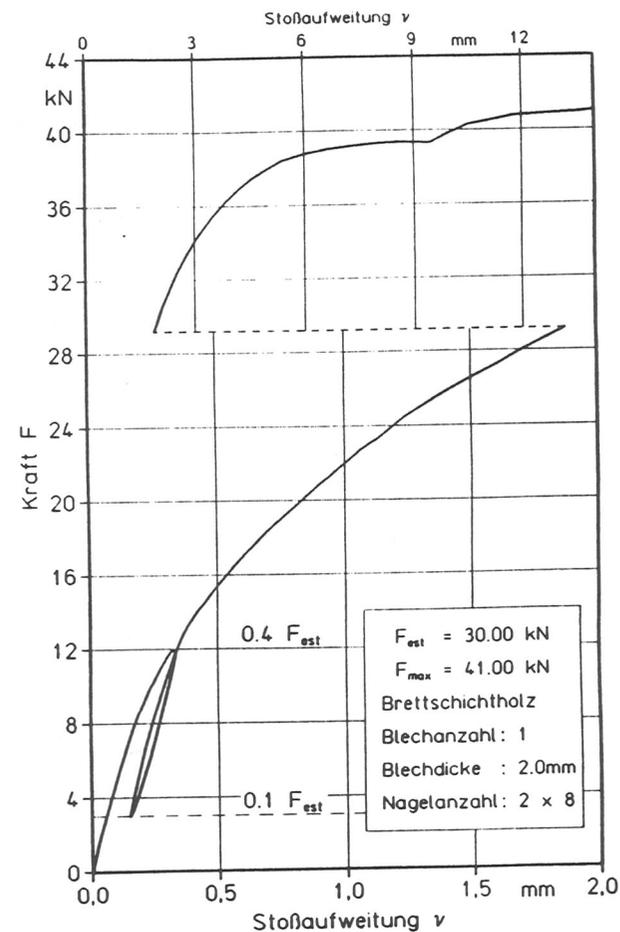


Bild 78 : Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm BB813
 Hersteller A , Nagel 36 x 90

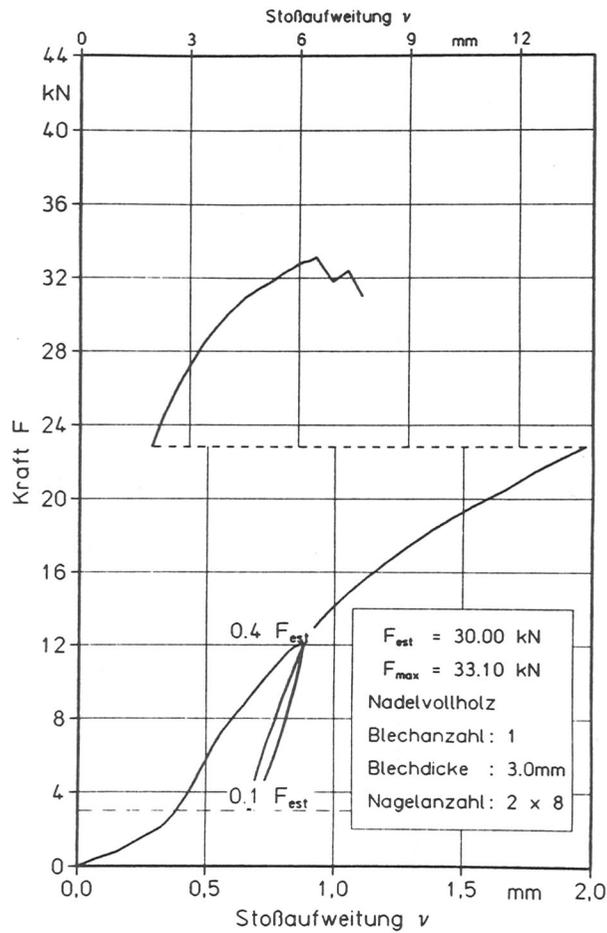


Bild 79: Kraft-Stoßaufweitungs-Diagramm VB814R

Hersteller A, Rillennagel 36 x 90

Tabelle 23: Einzelergebnisse der Versuche VB811R, BB812R, BB813 und VB814R

Versuchsergebnisse	Einzelwerte x_i				
	VB811	BB812	BB813		VB814
v_d [mm]	0,24	0,27	0,16		0,42
$v_{d,mod}$ [mm]	0,30	0,32	0,17		0,31
v_s [mm]	-0,06	-0,05	-0,01		0,11
v_e [mm]	0,18	0,27	0,17		0,34
v_{zulF} [mm]	0,16	0,18	0,11		0,34
$zul F$ [N]	$8 \cdot 2 \cdot 1,25 \frac{500 \cdot 3,6^2}{10 + 3,6} = 9530$				
F_{max} [N]	31900	36100	41000		33100
$\nu = \frac{F_{max}}{zul F}$	3,3	3,8	4,3		3,5
Auf einen Nagel und eine Scherfläche bezogene Ergebnisse					
$zul F_1$ [N]	$1,25 \cdot \frac{500 \cdot 3,6^2}{10 + 3,6} = 596$				
$F_{v=1,5 mm}$ [N]	1749	1798	2130		1701
$v_{zul F_1}$ [mm]	0,16	0,18	0,11		0,34
$v_{zul F, EDIN}$ [mm]	$0,05 \cdot 3,6 = 0,18$				
C [N/mm]	3074	2732	4702		1769
C_{mod} [N/mm]	2526	2361	4305		2426
C_{EDIN} [N/mm]	$20 \cdot \frac{596}{3,6} = 3311$				
$\bar{\rho}_o$ [kg/m ³]	374	365	378		357

Tabelle 24: Vergleich der signifikanten Versuchsergebnisse und Vergleich mit den Werten der EDIN 1052 der Versuche mit einem eingelegten Blech und den Nägeln 36 x 90

Versuchsreihe	Holzart	mittlere Darrrohddichte $\bar{\rho}_0$ [kg/m ³]	Blechdicke t [mm]	Kraftgrößen				Verschiebungsgrößen			
				F _{max} [N]	zul F ₁ [N]	γ	B	v _{zul F} [mm]	v _{zul F, EDIN} [mm]	C _{Versuch} [N/mm]	C _{EDIN} [N/mm]
VB 411R	VH	392	2,0	2188	596	3,7	N	0,14	0,18	3325	3311
BB 412	BSH	378	2,0	2563		4,3	N	0,11		3979	
BB 413	BSH	383	2,0	2146		3,6	N	0,09		4648	
BB 414	BSH	401	3,0	2622		4,4	N	0,09		4258	
VB 811R	VH	374	2,0	1967		3,3	N	0,16		2526	
BB 812R	BSH	365	2,0	2265		3,8	N	0,18		2361	
BB 813	BSH	378	2,0	2563		4,3	N	0,11		4305	
VB 814R	VH	357	3,0	2086		3,5	N	0,34		1769	

Holzart: VH $\hat{=}$ Nadelvollholz
 BSH $\hat{=}$ Brettschichtholz

B: Bruchursache N $\hat{=}$ Nagelversagen