IE -97/04

Einfluss der Rohdichte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen

H.J. Blaß, L. Kurzweil

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität Karlsruhe 1999

Um den Einfluß der Rohdichte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen zu untersuchen, wurden insgesamt 660 Versuche durchgeführt. Neben dem Einfluß der Rohdichte auf die Verankerungsfestigkeit von Nagelplatten sollte der Exponent c ermittelt werden, mit dem die in Versuchen ermittelten Höchstlasten bezüglich der Rohdichte korrigiert werden sollten, wenn die Versuchshölzer gemäß DIN EN 28970, Verfahren 2 ausgesucht werden.

Für die Versuche wurden vier unterschiedliche Nagelplattentypen verwendet, wobei jeweils die Plattendicke und die Nageldichte variiert wurden. Als Holzarten wurden Fichte/Tanne und Kiefer eingesetzt, so daß Rohdichten zwischen 330 kg/m^3 und 700 kg/m^3 erreicht wurden. Die Holzfeuchte zum Zeitpunkt der Herstellung der Prüfkörper lag in den meisten Fällen bei etwa 25%, bei einigen Versuchsreihen lag sie bei etwa 14%. Geprüft wurden die Verbindungen mit einer Holzfeuchte von im Mittel 13%. Die Form der Prüfkörper sowie die Maße der Nagelplatten wurden in Anlehnung an die Prüfnorm für Nagelplattenverbindungen prEN 1075 festgelegt, wobei die Verankerungsfestigkeit für die Winkelkombinationen von α und β von 0°-0°, 90°-0°, 0°-90° und 90°-90° bestimmt wurde. Bei allen Versuchen wurde das zur Untersuchung des Trag- und Verformungsverhaltens von Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln dienende Belastungsverfahren nach DIN EN 26891 angewendet.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß mit zunehmender Rohdichte auch die Tragfähigkeit der Nagelplattenverbindungen ansteigt. Bei Verwendung von Hölzern einer Sortierklasse, deren charakteristische Rohdichte höher liegt als die der Sortierklasse S10, fällt dieser Anstieg jedoch vergleichsweise gering aus, so daß empfohlen wird, in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen den Einfluß der Rohdichte auf die zulässigen Nagelbelastungen nicht aufzunehmen. Dagegen wurde festgestellt, daß die Holzfeuchte während des Einpressens der Nagelplatten zumindest für einige Winkelkombinationen von α und β einen signifikanten Einfluß auf die Tragfähigkeit der Verbindungen hat.

Aus den Versuchsergebnisse konnten Exponenten c bestimmt werden, die von der Plattendicke bzw. Nageldichte sowie den Winkelkombinationen von α und β abhängig sind. Werte für den Exponenten c liegen zwischen 0,5 und 0,7.

Effect of Timber Density on the Anchorage strength of Punched Metal Plate Fasteners

H.J. Blaß, L. Kurzweil

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität Karlsruhe 1999

Altogether 660 tests were carried out to determine the effect of timber density on the anchorage strength of punched metal plate fasteners. Additionally the exponent c according to prEN 1075 was determined, used to evaluate test results of connections with punched metal plate fasteners, if the timber was chosen according to the second method according to DIN EN 28970.

Four different nail-plate types were used for the tests, where the thickness and the nail-density of the plates were varied. The timber for the specimens was spruce and pine, timber density ranged between 330 kg/m^3 and 700 kg/m^3. The moisture content at the time of manufacturing the specimen was in most cases about 25%, some series were manufactured at 14%. The moisture content at testing was at the average 13%. The shape of the specimens was chosen according to prEN 1075. The tests were carried out with combinations of α and β of 0°-0°, 90°-0°, 0°-90° and 90°-90° and according to the load protocol of DIN EN 26891.

The test results show that higher timber density leads to a higher anchorage capacity. However, this increase is relatively small and consequently it is not worthwhile to take into account the effect of timber density on the anchorage capacity of nail-plates in technical approvals. On the other hand the tests showed that the moisture content at the point of manufacturing of the nail-plate joints has for some combinations of α and β a significant effect on the anchorage capacity.

The values for the exponent c depend on the plate thickness and the combinations of α and β and range between 0,5 and 0,7.

Influence de la densité du bois sur la capacité de charge d'assemblages par plaques à clous

H.J. Blaß, L. Kurzweil

Institution de Recherche sur l'Acier, le Bois et la Pierre, Département Construction d'Ingénieur, Université de Karlsruhe 1999

Afin d'étudier l'influence de la densité du bois sur la capacité de charge d'assemblages par plaques à clous, un total de 660 essais a été réalisé. En plus de l'influence de la densité du bois sur la résistance d'ancrage de plaques à clous, il s'agissait de déterminer l'exposant c en vue de corriger la limite de charge déterminée en fonction de la densité des bois d'essais choisis selon les normes DIN EN 28970, procédé 2.

Pour les essais, on utilisa quatre différents types de plaques à clous en variant respectivement l'épaisseur de plaque et la densité de clous. Les essences étudiées étaient épicéa/sapin et pin, de telle sorte que les densités de bois variaient entre 330 kg/m³ et 700 kg/m³. La teneur en eau lors du façonnement des éprouvettes était d'environ 25 % pour la plupart des cas, elle était d'environ 14 % pour quelques séries d'essais. Les essais furent effectués sous une teneur en eau de 13 % en moyenne. La forme des éprouvettes ainsi que les dimensions des plaques à clous ont été fixées suivant les normes d'essais pour plaques à clous prEN 1075, la résistance d'ancrage ayant été déterminée sous les combinaisons d'angles α et β de 0°-0°, 0°-90° et 90°-90°. Tous les essais furent réalisés conformément au procédé de charge pour l'étude du comportement de charge et de déformation d'assemblages à éléments mécaniques DIN EN 26891.

Les résultats d'essais montrent qu'une plus grande densité du bois conduit à une augmentation de la capacité de charge des assemblages par plaques à clous. Si on utilise des bois d'une classe de qualité dont la densité caractéristique est supérieure à celle de la classe de qualité S10; cependant, cette augmentation se révèle comparativement faible, si bien qu'il est recommandable de ne pas prendre l'influence de la densité sur les charges limites de clous en considération lors de procédures de certification en surveillance de travaux. Par contre, on a constaté que la teneur en eau pendant le pressage des plaques à clous avait, tout au moins pour quelques combinaisons d'angles α et β, une influence signifiante sur la capacité de charge des assemblages.

A partir des résultats d'essais, des exposants c ont pu être déterminés en fonction de l'épaisseur de plaque ou respectivement de la densité de clous ainsi que de la combinaison d'angles α et β. Les valeurs des exposants c varient entre 0,5 et 0,7.

E-97/04

Einfluß der Rohdichte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen

von

Hans Joachim Blaß und Lubor Kurzweil

Die Arbeiten wurden gefördert durch die
Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V.
mit Mitteln des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine
Abteilung Ingenieurholzbau
Universität Fridericiana Karlsruhe
Univ.-Professor Dr.-Ing. Hans Joachim Blaß
1999

1 Problemstellung - Zielsetzung ... 1
1.1 Ausgangssituation ... 1
1.2 Forschungsziel ... 2

2 Bisheriger Kenntnisstand ... 3

3 Experimentelle Untersuchungen ... 4
3.1 Allgemeines ... 4
3.2 Versuchsplan ... 4
3.3 Versuchsaufbau ... 5
3.4 Versuchsmaterial ... 7
3.4.1 Holz ... 7
3.4.2 Nagelplatten ... 7
3.5 Versuchsdurchführung ... 7

4 Versuchsergebnisse ... 9
4.1 Darstellung der Versuchsergebnisse ... 9
4.2 Diskussion der Ergebnisse ... 10
4.2.1 Allgemein ... 10
4.2.2 Besonderheiten ... 10
4.2.3 Bestimmung des Exponenten c ... 15

5 Empfehlungen für die Anwendung ... 20

6 Zusammenfassung ... 22

7 Literatur ... 23

1 Problemstellung - Zielsetzung

1.1 Ausgangssituation

Nagelplatten werden aufgrund ihrer Wirtschaftlichkeit sehr häufig als Knotenbleche oder Stoßplatten von Fachwerkbindern eingesetzt. Dabei werden die Nagelplatten planmäßig auf Zug, Druck oder Abscheren beansprucht, wobei zwei Versagensformen auftreten können. Zum einen kann eine Nagelplattenverbindung durch Erreichen der Verankerungsfestigkeit, zum anderen durch Erreichen der Tragfähigkeit der Nagelplatte selbst versagen. Die Verankerungsfestigkeit wird sowohl durch die Biegetragfähigkeit der ausgestanzten Nägel als auch durch die Lochleibungsfestigkeit des für die Verbindung verwendeten Holzes entscheidend beeinflußt.

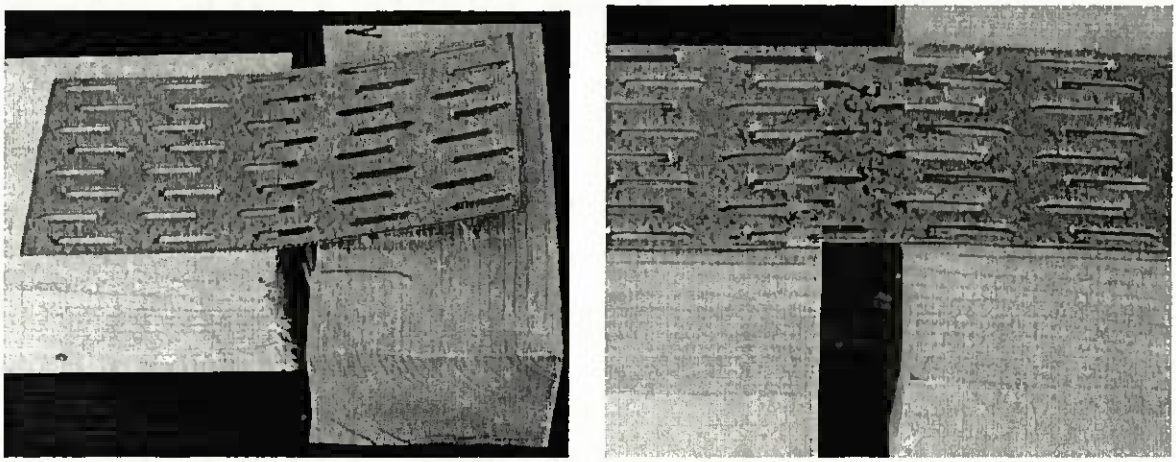


Abb. 1-1: Versagensarten einer Nagelplattenverbindung unter Zugbeanspruchung
links: Verankerungsversagen - rechts: Plattenversagen

Nagelplatten werden von verschiedenen Herstellern in unterschiedlichen Formen und mit unterschiedlichen Stahlblechen und Stanzverfahren produziert. Bislang ist es nicht möglich, die Tragfähigkeit einer Nagelplattenverbindung theoretisch zu berechnen, sondern sie muß im Rahmen von Versuchen experimentell bestimmt werden. Die Verankerungsfestigkeit, auch als Nageltragfähigkeit bezeichnet, hängt vom Fließmoment des ausgestanzten Nagels und von der Lochleibungsfestigkeit des verwendeten Holzes ab. Diese wiederum sind von den Winkeln α zwischen Belastungsrichtung und Plattenhauptrichtung und β zwischen Belastungsrichtung und Faserrichtung des Holzes abhängig.

In der europäischen Prüfnorm prEN 1075, Ausgabe Februar 1997, ist ein Verfahren zur Prüfung der Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen festgelegt. Hierbei ist zu beachten, daß für die Prüfkörper, bei denen die Tragfähigkeit der Verbindung von den Holzeigenschaften mitbestimmt wird, das Holz gemäß einem der

beiden in DIN EN 28970 angegebenen Verfahren ausgewählt wird. Das Verfahren 1 zielt darauf ab, für die Versuche Holz mit einer Rohdichte zu verwenden, die im Mittel der charakteristischen Rohdichte der Hölzer entspricht, auf die die Prüfergebnisse bezogen werden sollen, während bei Verfahren 2 in der Regel eine Rohdichteverteilung der Versuchskörper erreicht wird, die der mittleren Rohdichte der angestrebten Festigkeitsklasse entspricht. Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse soll das Holzauswahlverfahren berücksichtigt werden, indem bei Anwendung des Verfahrens 2 die im Versuch ermittelten Höchstlasten bezüglich der Rohdichte umgerechnet werden müssen. Die Höchstlast F_{max} aus dem Versuch wird danach mit einem Faktor

$$\left(\frac{\rho_k}{\rho}\right)^c$$

multipliziert, wobei ρ_k die charakteristische Rohdichte der angestrebten Festigkeitsklasse, ρ die Rohdichte des verwendeten Versuchsholzes und c ein Exponent ist, der dem Einfluß der Rohdichte auf die Tragfähigkeit der Verbindung Rechnung tragen soll und theoretisch oder experimentell zu bestimmen ist.

In der gegenwärtigen Fassung des Eurocode 5 wird bei der Bemessung von Verbindungen mit Nagelplatten die Holzeigenschaft Rohdichte nicht berücksichtigt. Im Gegensatz dazu wird bei Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln die Lochleibungsfestigkeit auf der Basis der charakteristischen Rohdichte und des Verbindungsmitteldurchmessers ermittelt. Höhere Festigkeitsklassen führen bei Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln damit zu höheren Werten der Tragfähigkeit. Die Möglichkeit, durch die Verwendung von Holz höherer Festigkeitsklassen und damit auch höherer Rohdichte höhere Werte der Tragfähigkeit der Verbindungen zu erreichen, besteht bei Nagelplattenverbindungen wegen fehlender Kenntnisse des Einflusses der Rohdichte auf die Verankerungsfestigkeit der Nagelplattenverbindung noch nicht.

1.2 Forschungsziel

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll der Einfluß der Rohdichte auf die Verankerungsfestigkeit von Nagelplattenverbindungen unter Zugbeanspruchung geklärt werden. Hierzu sollen vorliegende Versuchsergebnisse aus bisher durchgeführten Zulassungsversuchen herangezogen und Versuche mit repräsentativen Nagelplatten durchgeführt werden, bei denen die Winkel α und β sowie die Rohdichte variiert werden. Diese Versuchsergebnisse werden mit dem Ziel ausgewertet, Werte für den Exponenten c vorschlagen zu können.

2 Bisheriger Kenntnisstand

Um auf allzu umfangreiche Versuchsreihen verzichten zu können, wurden zunächst Prüfzeugnisse und Prüfberichte der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe über Zulassungsversuche mit Nagelplatten zur Auswertung herangezogen. Hierbei wurde deutlich, daß bei Versuchen, die vor 1993 durchgeführt wurden, nur unzureichende Angaben über die Rohdichte der verwendeten Hölzer gemacht wurden oder die Rohdichten den einzelnen Versuchsergebnissen nicht zugeordnet werden konnten.

Die Prüfberichte 926102, 926103/1-4, 966110, und 976123 enthalten zwar Angaben über die Rohdichte der einzelnen Versuchshölzer, der Versuchsumfang der einzelnen Reihen beträgt jedoch höchstens fünf bis sechs Versuche, so daß eine statistisch abgesicherte Auswertung des Exponenten c nicht möglich ist. Es zeigt sich jedoch bei all diesen Versuchen, daß mit zunehmender Rohdichte auch die Verankerungsfestigkeit zunimmt.

Im Rahmen der Zulassungsversuche, deren Ergebnisse im Prüfbericht 966111 festgehalten sind, wurden unter der Winkelkombination von α und β von jeweils 0° 17 Versuche, mit der Winkelkombination 0° und 90° 15 Versuche durchgeführt. Auch hier wird deutlich, daß eine höhere Rohdichte zu höheren Werten der Verankerungsfestigkeit führt.

3 Experimentelle Untersuchungen

3.1 Allgemeines

Da aus den Zulassungsversuchen nicht genügend Daten für eine statistisch abgesicherte Auswertung zur Verfügung standen, war es notwendig, zusätzliche Versuche durchzuführen. Für diese Versuche wurden vier verschiedene Nagelplatten verwendet, die im weiteren mit A bis D bezeichnet werden. Die im Prüfbericht 966111 untersuchte Nagelplatte wird mit dem Buchstaben E gekennzeichnet.

3.2 Versuchsplan

Bei der Festlegung des Versuchsplans wurde darauf geachtet, eine ausreichende Anzahl von Versuchen unter Verwendung repräsentativer Nagelplatten und einer großen Bandbreite der Rohdichte der Hölzer durchzuführen, die eine deutliche Aussage über den Einfluß der Rohdichte auf die Verankerungsfestigkeit der Verbindungen ermöglicht.

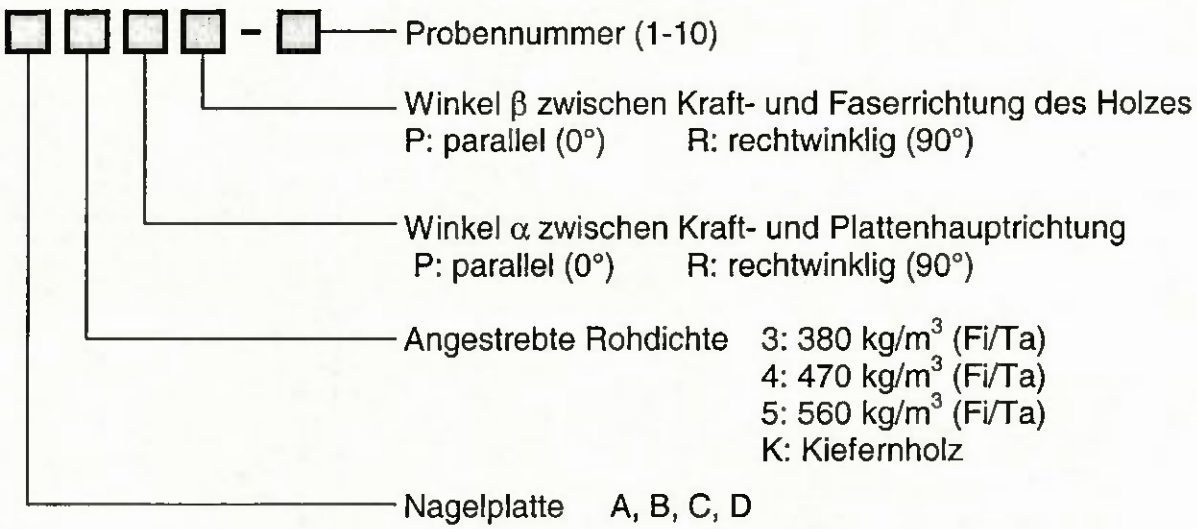
Die in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik geregelten Nagelplatten weisen nominelle Dicken zwischen 0,99 mm und 2,5 mm auf, wobei die aus 2,5 mm dickem Stahlblech hergestellten Nagelplatten nur für Sonderzwecke verwendet werden. Es wurden zwei Nagelplatten mit einer Dicke von 1 mm und zwei Nagelplatten mit einer Dicke von 2 mm ausgewählt. Je Plattendicke wurde die Nageldichte (Nägel / cm^2) variiert, so daß jeweils eine Platte mit geringer und eine mit hoher Nageldichte ausgewählt wurden. Die Nägel sämtlicher Nagelplatten waren entlang ihrer Längsseiten glatt, waren also nicht profiliert, um die Verankerungsfestigkeit zu erhöhen.

Da die Nageltragfähigkeit von α und β beeinflußt wird, wurden Versuche mit den Winkelkombinationen 0°-0°, 90°-0°, 0°-90° und 90°-90° durchgeführt. Als Holzart war zunächst Fichte/Tanne (Fi/Ta) vorgesehen, bei der drei Rohdichteklassen angestrebt waren, und zwar 380, 470 und 560 kg/m^3. Im Verlauf der Versuchsdurchführung zeigte sich jedoch, daß nicht genügend Hölzer mit hoher Rohdichte zur Verfügung standen. Aus diesem Grund wurden weitere Versuche mit Kiefernholz eingeplant. Je Nagelplatte, Winkelkombination und Rohdichteklasse bzw. Holzart wurden zehn Prüfkörper hergestellt. Der gesamte Versuchsumfang betrug schließlich 660 Versuche.

Im folgenden sind die wesentlichen Parameter der vier im Rahmen des Versuchsprogramms verwendeten Nagelplatten und der im Prüfbericht 966111 untersuchten Nagelplatte aufgeführt.

Nagelplatte	Plattendicke [mm]	Nageldichte [Nägel / cm^2]	Nagellänge [mm]
A	1,00	1,076	8,30
B	1,00	1,240	7,95
C	2,00	0,286	21,0
D	2,00	0,465	15,0
E	1,50	0,318	20,24

Die Bezeichnung der Prüfkörper entspricht folgendem Schema:



3.3 Versuchsaufbau

Die Form und Belastung der Prüfkörper wurde in Anlehnung an die europäische Prüfnorm für Nagelplattenverbindungen prEN 1075 gewählt und ist in Abb. 3-1 dargestellt. Die genauen Maße der Prüfkörper wie auch der verwendeten Nagelplatten sind in den Bildern der Anlagen A-6 bis A-10 angegeben.

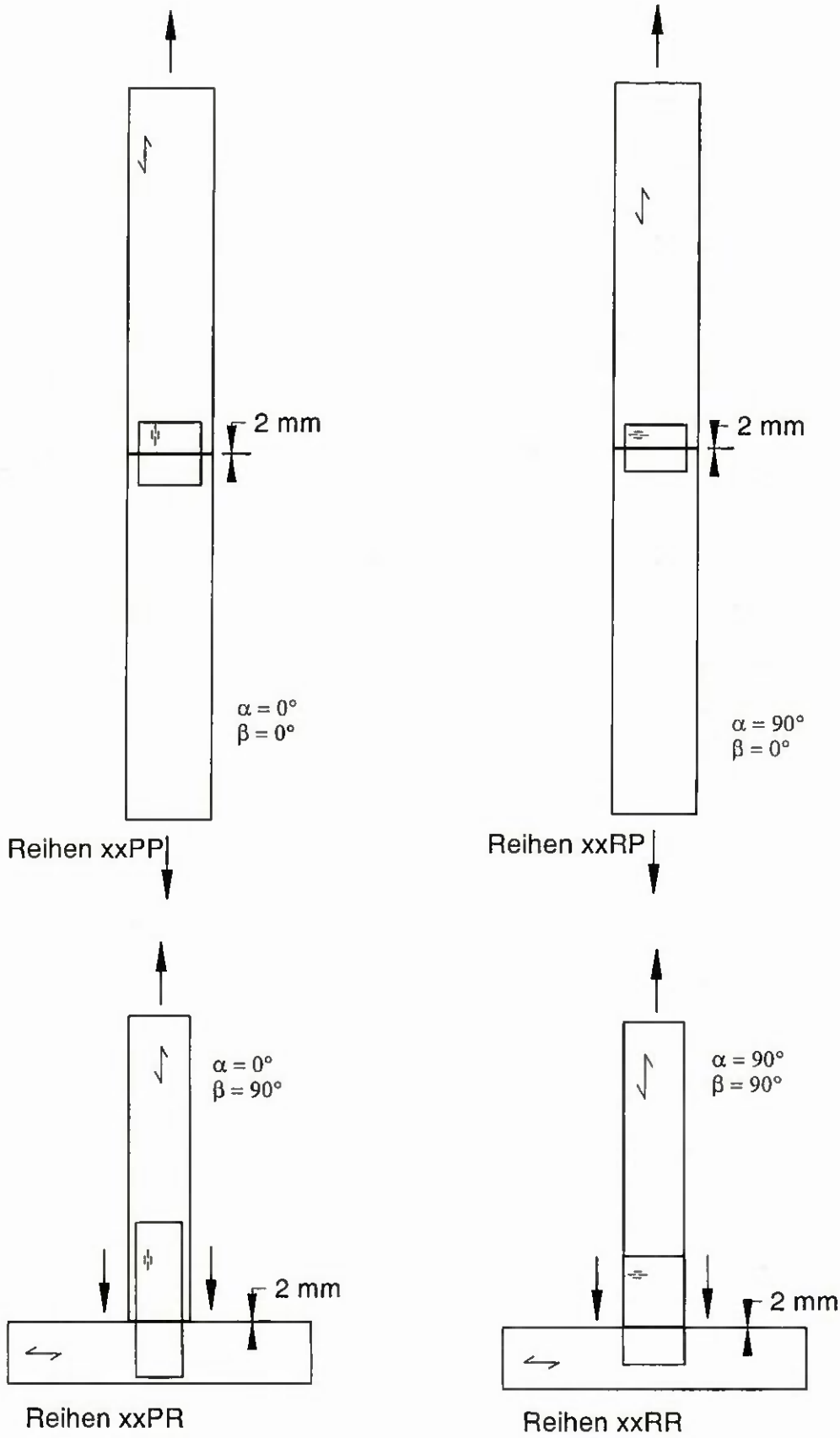


Abb. 3-1: Form und Belastung der Prüfkörper

3.4 Versuchsmaterial

3.4.1 Holz

Für die Prüfkörper wurden die Holzarten Fichte/Tanne und Kiefer verwendet. Die Holzfeuchte lag zum Zeitpunkt des Einpressens der Nagelplatte in das Holz zwischen 22% und 28%. Abweichend hiervon wiesen die Hölzer der Versuchsreihen A3PP und A3RP sowie die Prüfkörper C5RP-6 bis -10 bei der Herstellung eine Holzfeuchte zwischen 13% und 15% auf. Die Prüfkörper 6 bis 10 aller Versuchsreihen, bei denen Kiefernholz verwendet wurde, wurden bei etwa 18% Holzfeuchte hergestellt. Dieses Vorgehen bei der Herstellung wird später begründet. Vor der Versuchsdurchführung wurden alle Prüfkörper mindestens drei Wochen bei einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte von 65% klimatisiert.

Unmittelbar nach der Versuchsdurchführung wurden aus jedem Prüfkörper Proben entnommen und an diesen die Rohdichte, die Holzfeuchte und die Druckfestigkeit des Holzes parallel zur Faser nach den einschlägigen Prüfnormen bestimmt. Zum Zeitpunkt dieser Prüfungen lag die Holzfeuchte im Mittel bei 13%.

3.4.2 Nagelplatten

Für die Prüfkörper wurden die unter 3.2 angegebenen Nagelplatten verwendet. Ihre Geometrie und ihre Maße sind in den Abb. A-1 bis A-5 (Anlagen A-1 bis A-5) dargestellt.

3.5 Versuchsdurchführung

Alle Versuche wurden auf einer Zug-Druck-Prüfmaschine mit einer Höchstlast von 250 kN geprüft. Zur Messung der Stoßaufweitung wurden induktive Wegaufnehmer eingesetzt, die zusammen mit dem Maschinenkraft-Aufnehmer, einer Mehrstellenmeßanlage sowie einer EDV-Anlage zur Meßdatenerfassung die Meßeinrichtung bildeten.

In Abb. 3-2 sind in die Prüfmaschine eingebaute Prüfkörper dargestellt. Hieraus wird auch die Anordnung der Wegaufnehmer ersichtlich.

Bei der Versuchsdurchführung wurde das Belastungsverfahren nach DIN EN 26891 angewendet, die Maschinenlast und die gegenseitige Verschiebung der beiden miteinander verbundenen Hölzer wurden kontinuierlich bis zum Versagen der Verbindung aufgezeichnet.

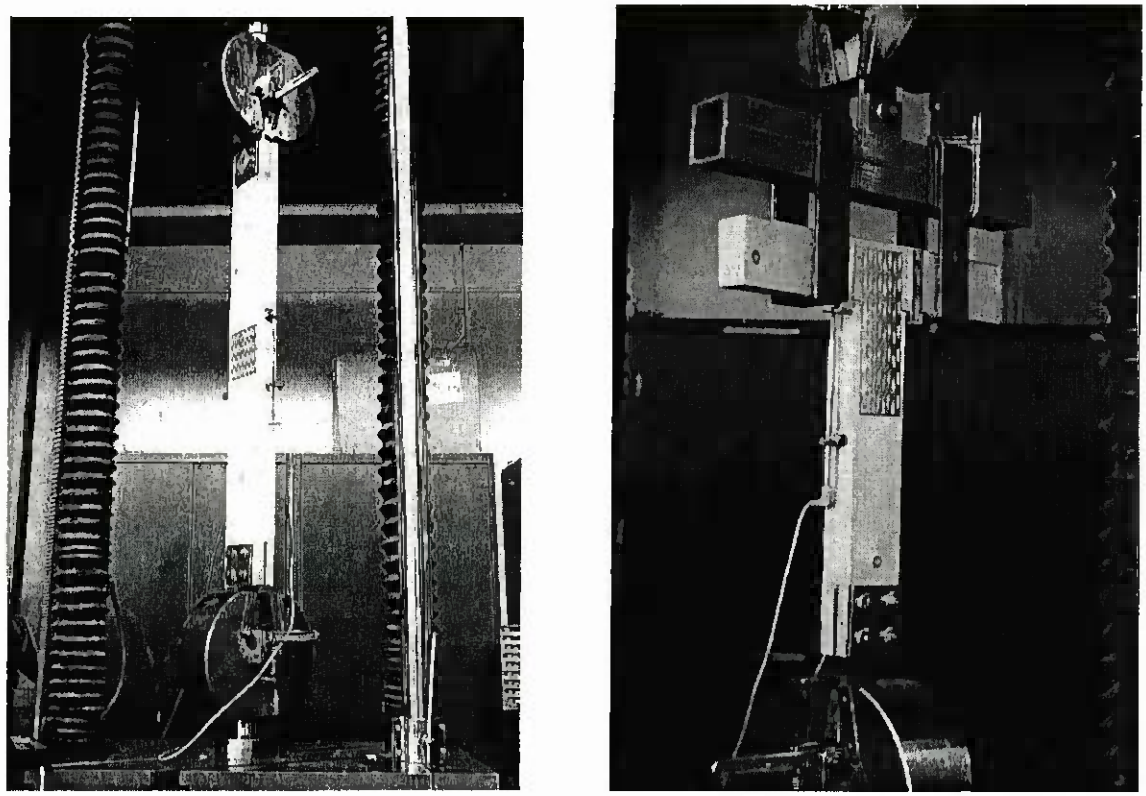


Abb. 3-2: Versuchsaufbau für Prüfkörper mit Belastung parallel (links) und rechtwinklig (rechts) zur Faserrichtung

4 Versuchsergebnisse

4.1 Darstellung der Versuchsergebnisse

In den Tabellen B-1 bis B-17 (Anlagen B-1 bis B-17) sind für alle in dieses Forschungsvorhaben einbezogenen Versuche die wichtigsten Versuchsergebnisse angegeben. In den Spalten zwei bis vier jeder Tabelle sind die Rohdichte ρ, die Holzfeuchte u und die Druckfestigkeit $\sigma_{D||}$ parallel zur Faser der Versuchshölzer festgehalten. Weiter werden dort die im Versuch erreichte Höchstlast F_{max}, die daraus resultierende Verankerungsfestigkeit $f_{a,\alpha,\beta}$ sowie die auf die wirksame Anschlußfläche A_{ef} bezogene Verschiebungssteifigkeit K_S angegeben. Die wirksame Anschlußfläche ist definiert als die Kontaktfläche zwischen Nagelplatte und Holz abzüglich eines Streifens von 10 mm Breite an den freien Rändern des Holzes. Die Verankerungsfestigkeit ergibt sich also aus

$$f_{a,\alpha,\beta} = \frac{F_{max}}{A_{ef}} .$$

Da bei der Herstellung der Prüfkörper Abweichungen von den Soll-Einbindetiefen der Nagelplatten nicht ausgeschlossen werden konnten, wurde jeder Prüfkörper auf die Maßhaltigkeit bezüglich der Einbindetiefe überprüft. Während bei den Prüfkörpern, die parallel zur Faser belastet wurden, keine wesentlichen Abweichungen vom Sollmaß festgestellt werden konnten, wurden bei einzelnen Prüfkörpern mit einer Belastung rechtwinklig zur Faser deutliche Abweichungen registriert. Aus diesem Grund sind für diese Versuchsreihen keine wirksamen Anschlußflächen angegeben, sie wurden bei der Berechnung der Verankerungsfestigkeit und der bezogenen Verschiebungssteifigkeit jedoch berücksichtigt.

Bei der Bestimmung der bezogenen Verschiebungssteifigkeit wurden zwei verschiedene Verfahren angewendet. Bei den Versuchsreihen xPP und xRP ging man davon aus, daß sich die Nagelplatte auf jeder Stoßseite gegenüber dem Holz in gleichem Maße verschiebt. Dies wird durch die beiden gleich großen Anschlußflächen und durch die Tatsache begründet, daß beide Hälften eines Prüfkörpers aus derselben Bohle stammten, also näherungsweise die gleiche Rohdichte und Lochleibungsfestigkeit aufweisen. Es ergab sich somit

$$K_S = \frac{2 \cdot k_s}{A_{ef}} ,$$

wobei k_s die im Versuch nach DIN EN 26891 ermittelte Verschiebungssteifigkeit der gesamten Verbindung ist, deren Größe mit dem Wert der gemessenen Stoßaufweitung bestimmt wurde.

Für die Reihen xPR und xRR wurde die bezogene Verschiebungssteifigkeit direkt über die Verschiebungssteifigkeit der Verbindung und die gemessene Stoßaufweitung berechnet, also

$$K_S = \frac{k_s}{A_{ef}} \ .$$

Hier ist A_{ef} die wirksame Anschlußfläche im rechtwinklig zur Faserrichtung belasteten Holz. Bei dieser Versuchsanordnung kann davon ausgegangen werden, daß die gemessene Stoßaufweitung identisch ist mit der Verschiebung der Nagelplatte gegenüber dem Querholz, da zum einen die Verschiebungssteifigkeit für $\beta = 0°$ größer ist als für $\beta = 90°$ und zum anderen die Anschlußfläche im Längsholz deutlich größer gewählt wurde.

Das Tragverhalten jedes Prüfkörpers ist in Form von Last-Stoßaufweitungs-Diagrammen in den Abb. C-1 bis C-66 (Anlagen C-1 bis C-35) für jede Versuchsreihe getrennt wiedergegeben. Der Zusammenhang zwischen Rohdichte der Versuchshölzer und Verankerungsfestigkeit wird durch Punkt-Diagramme in den Abb. D-1 bis D-18 (Anlagen D-1 -D-9) verdeutlicht. Eine in diesen Diagrammen eingefügte Gerade, die mittels linearer Regression bestimmt wurde, veranschaulicht die Beziehung zwischen Rohdichte und Verankerungsfestigkeit.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Allgemein

Aus den Punkt-Diagrammen in den Anlagen D geht deutlich hervor, daß mit zunehmender Rohdichte auch höhere Verankerungsfestigkeiten erreicht werden. Weiter zeigt sich, daß bei den Nagelplatten C und D mit langen Nägeln eine größere Korrelation zwischen Rohdichte und Verankerungsfestigkeit besteht, d.h. die Einzelwerte weichen weniger von der Regressionsgeraden ab, als bei den Nagelplatten A und B, die kurze Nägel aufweisen. Dies läßt sich durch die geringe Eindringtiefe der kurzen Nägel in das Holz begründen. Die mittlere Jahrringbreite betrug 3,4 mm. Ein kurzer Nagel weist im Mittel das 2,4-fache der Jahrringbreite auf, während die langen Nägel durchschnittlich in 4,4 bzw. 6,2 Jahrringen eingebettet waren. Dies bedeutet für lange Nägel einen Homogenisierungseffekt bezüglich ihrer Bettung im Holz, während für kurze Nägel größere Schwankungen der lokalen Lochleibungsfestigkeit anzunehmen sind.

4.2.2 Besonderheiten

Bei der in Abschnitt 4.2.3 beschriebenen Bestimmung des Exponenten c wurden einzelne Versuche und Versuchsreihen nicht berücksichtigt. So lieferten die Ver-

suche B5PP-3 und -7 deutlich niedrigere Traglasten als die übrigen Versuche der selben Versuchsreihe. Einen anschließende Untersuchung der zugehörigen Hölzer ergab, daß diese Rotfäule aufwiesen, was schließlich ein Abscheren und Abreißen des Holzes im Plattenbereich zur Folge hatte.

Die Prüfkörper der Reihe CKRR wiesen als Bruchursache Querzugversagen des Holzes bzw. Plattenversagen auf, ein Nagelversagen trat nicht auf.

Ebenso von der Auswertung ausgenommen wurden die Versuchsreihen A3PP und A3RP, sowie die Versuche 6 bis 10 aller Versuchsreihen mit Kiefernholz mit Belastung parallel zur Faser und die Versuche 6 bis 10 der Versuchsreihe C5RP. Die Versuchsreihen A3PP und A3RP, bei denen Hölzer mit sehr niedriger Rohdichte verwendet wurden, wiesen weitaus höhere Tragfähigkeiten als die vergleichbaren Versuchsreihen mit höherer Rohdichte. Das gleiche Verhalten zeigten auch die Versuche 6 bis 10 der Reihe C5RP. Hier fiel zusätzlich die wesentlich größere Verschiebungssteifigkeit dieser Versuche gegenüber den ersten fünf Versuchen auf. In den Abb. 4-1 bis Abb. 4-3 sind diese Versuchsergebnisse dargestellt.

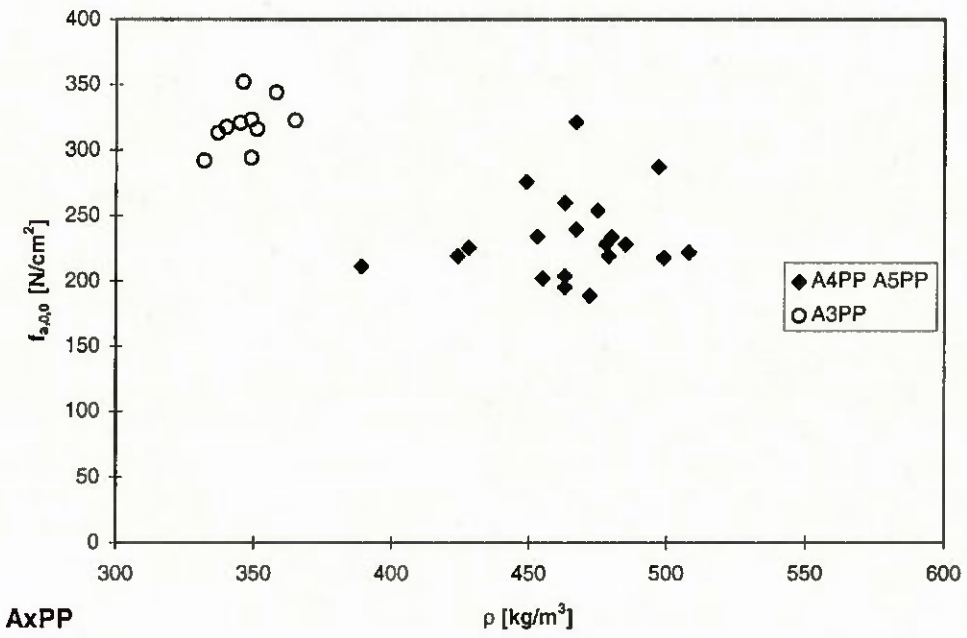


Abb. 4-1: Versuchsergebnisse Reihen A3PP, A4PP und A5PP

Es wird angenommen, daß die Holzfeuchte zum Zeitpunkt des Einpressens der Nagelplatten die Versuchsergebnisse signifikant beeinflußt hat, da die Prüfkörper mit Ergebnissen, die vom allgemeinen Trend deutlich abweichen, bei einer Holzfeuchte von etwa 14% hergestellt wurden, während bei allen anderen Prüfkörpern die Holzfeuchte zum Zeitpunkt der Herstellung über 24% lag.

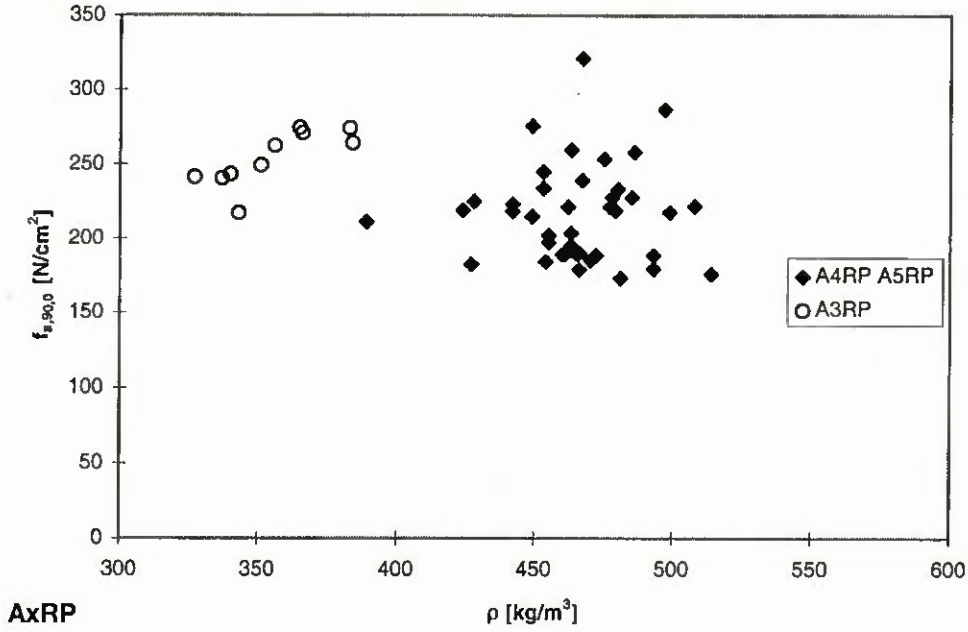


Abb. 4-2: Versuchsergebnisse Reihen A3RP, A4RP und A5RP

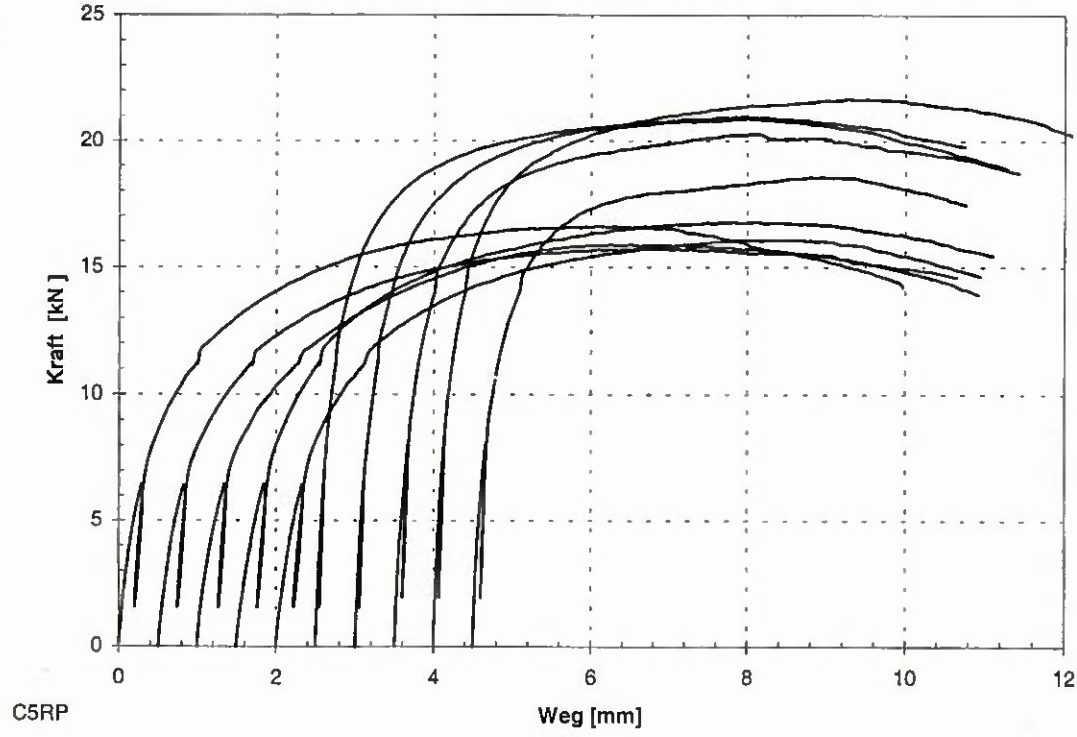


Abb. 4-3: Last-Stoßaufweitungs-Diagramm Reihe C5RP

Um diese Annahme zu überprüfen, wurden die Versuche der Reihen A3PP und A3RP wiederholt, wobei die Holzfeuchte zum Herstellungszeitpunkt der Prüfkörper

bei etwa 20% bis 22% lag. Die neuen Versuchsreihen wurden mit NA3PP und NA3RP bezeichnet, eine niedere Rohdichte wie bei den ursprünglichen Versuchsreihen konnte nicht mehr erzielt werden.

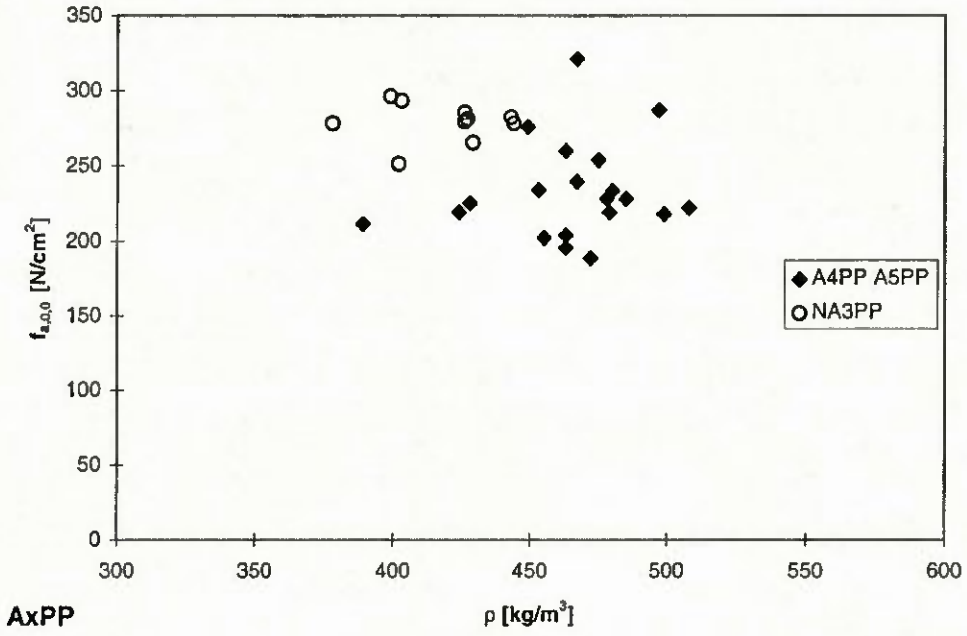


Abb. 4-4: Versuchsergebnisse Reihen NA3PP, A4PP und A5PP

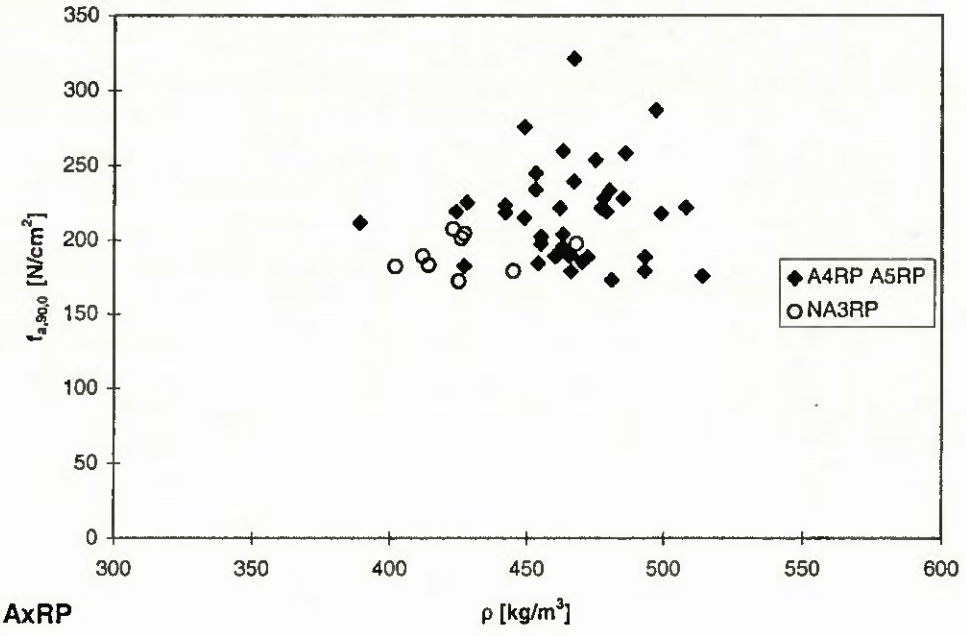


Abb. 4-5: Versuchsergebnisse Reihen NA3RP, A4RP und A5RP

Ein Vergleich zwischen den vorangegangenen Abbildungen zeigt, daß die Verankerungsfestigkeiten der nachträglich hergestellten Prüfkörper niedriger sind als die der ursprünglichen Prüfkörper.

Von der Exponentenbestimmung ebenfalls ausgenommen bleiben alle Versuche 6 bis 10 mit Kiefernholz und $\beta = 0°$. Da die Vermutung, daß die Holzfeuchte während des Einpressens die Tragfähigkeit der Verbindungen signifikant beeinflußt, durch die zuvor beschriebenen Versuchsreihen bestärkt wurde, wurden alle Prüfkörper 6 bis 10 mit Kiefernholz mit einer Holzfeuchte von etwa 18% hergestellt, während die Versuche 1 bis 5 eine Einpreßfeuchte von etwa 25% aufwiesen. Die Tragfähigkeitsprüfungen zeigten, daß bei Belastung parallel zur Faserrichtung des Holzes bei den zuerst genannten Versuchen nicht nur die Traglasten im Mittel höher lagen, sondern auch die Verschiebungssteifigkeiten der Verbindungen in starkem Maße anstiegen. Bei den Versuchsreihen mit Belastung rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes konnte kein Unterschied zwischen den Ergebnissen der unterschiedlich hergestellten Prüfkörper festgestellt werden.

Schließlich werden bei der Bestimmung des Exponenten c die Versuche mit der Nagelplatte E nicht berücksichtigt, da im Vergleich zu den Versuchen mit den anderen Nagelplatten die Rohdichte der Versuchshölzer nur vergleichsweise gering streute, nämlich zwischen 376 und 529 kg/m^3. Demgegenüber stehen bei den anderen Versuchsreihen Kleinst- und Höchstwerte der Rohdichten im Mittel von 368 bis 624 kg/m^3 zur Verfügung (siehe Abb. 4-6).

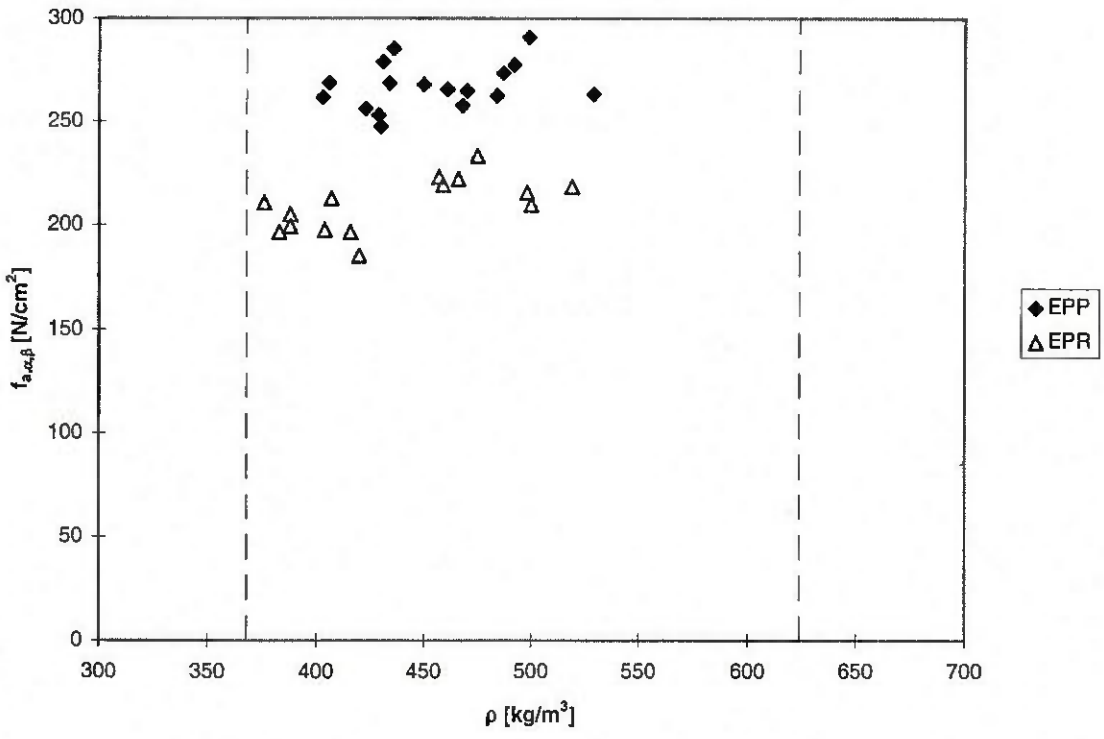


Abb. 4-6: Rohdichte der Versuchshölzer der Reihe E im Vergleich zum Rohdichtebereich der anderen Versuchsreihen

4.2.3 Bestimmung des Exponenten c

Zunächst wird das Verfahren, mit dem die Exponenten c für die einzelnen Versuchsreihen bestimmt wurden, beschrieben und anschließend die Ergebnisse dieser Auswertungen dargestellt.

Um Versuche mit mechanischen Verbindungsmitteln, die in unterschiedlichen Prüfstellen durchgeführt werden, miteinander vergleichen zu können, wurden bestimmte Kriterien in Form von Prüfnormen entwickelt. Dazu gehören unter anderen die Normen DIN EN 26891 und DIN EN 28970. DIN EN 26891 legt allgemeine Richtlinien für die Ermittlung der Tragfähigkeit und des Verformungsverhaltens von Verbindungen fest, während DIN EN 28970 zwei Verfahren für die Auswahl der Rohdichte des Holzes für Prüfkörper angibt, die für die Ermittlung der Tragfähigkeits- und Steifigkeitseigenschaften von Holzverbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln verwendet werden sollen. Falls bei der Holzauswahl für die Prüfkörper das zweite Verfahren angewendet wurde, welches darauf gerichtet ist, Prüfkörper mit gleichmäßiger Rohdichte zu erhalten, die mit der mittleren Rohdichte des Holzes vergleichbar ist, so sind die beobachteten Höchstlasten F_0 zu korrigieren, und zwar wie folgt:

$$F_{cor} = F_0 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho} \right)^c$$

Der Exponent c ist je nach Art der Verbindungsmittel theoretisch oder experimentell zu bestimmen. Da bei Nagelplattenverbindungen eine theoretische Bestimmung bisher nicht gelungen ist, wurden die zuvor beschriebenen Versuche für eine experimentelle Bestimmung des Exponenten c durchgeführt.

Gleichartige Versuche wurden zusammengefaßt und in einem Diagramm dargestellt, wobei die aus der Höchstlast resultierende Verankerungsfestigkeit über der Rohdichte des zugehörigen Versuchsholzes aufgetragen wurde. Für diese Wertepaare wurde eine Regressionsgerade bestimmt, deren Steigung m in der Regel nicht mit der Horizontalen zusammenfiel. Dies ist beispielhaft in Abb. 4-7 dargestellt.

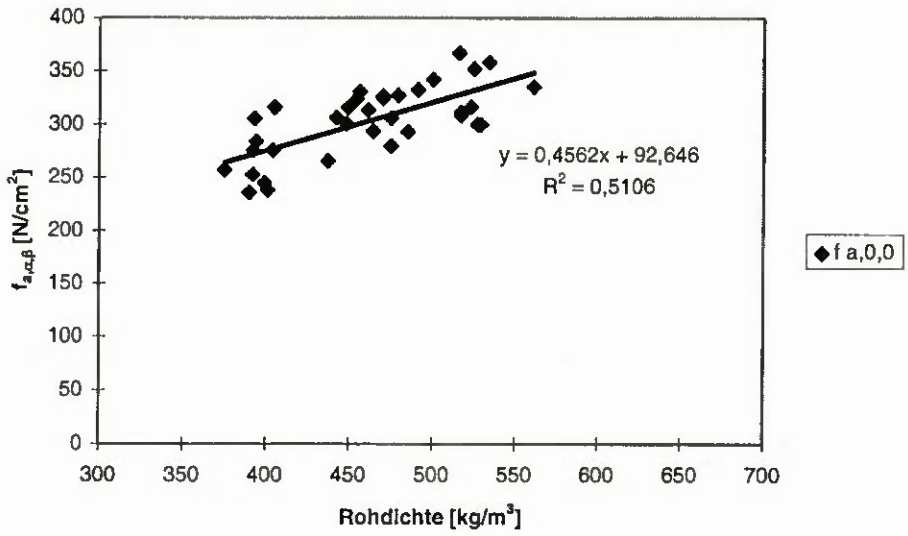


Abb. 4-7: Lineare Regression für Reihe DxPP

Ein Einfluß einer höheren Rohdichte auf die Tragfähigkeit der Verbindung als diejenige, die der charakteristischen Rohdichte entspricht, besteht nicht, wenn die Steigung der Regressionsgeraden gleich Null ist. Hierfür werden die Tragfähigkeitswerte gemäß oben angegebener Gleichung umgerechnet und der Exponent c wird bestimmt. Die Regressionsgerade läßt sich in Form der Gleichung

$$F = m \cdot \rho + b$$

beschreiben. Hierbei ist m die Steigung der Geraden und wird aus den Versuchswerten bestimmt durch

$$m = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{\sum \left(\rho - \bar{\rho}\right) \cdot \left(F - \bar{F}\right)}{\sum \left(\rho - \bar{\rho}\right)^2} \quad ,$$

wobei ρ und F die Rohdichte bzw. Höchstlast des Einzelversuches, $\bar{\rho}$ bzw. $\bar{F}$ die entsprechenden Mittelwerte aus der Versuchsgruppe sind. Aus der Forderung, daß die Steigung m_c der aus den korrigierten Versuchswerten resultierenden Regressionsgeraden gleich Null sein soll, ergibt sich

$$m_c = 0 = \sum \left(\rho - \bar{\rho}\right) \cdot \left(F \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho} \right)^c - \frac{1}{n} \sum F \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho} \right)^c \right) .$$

Da diese Gleichung nach c nicht auflösbar ist, wird der Exponent iterativ bestimmt.

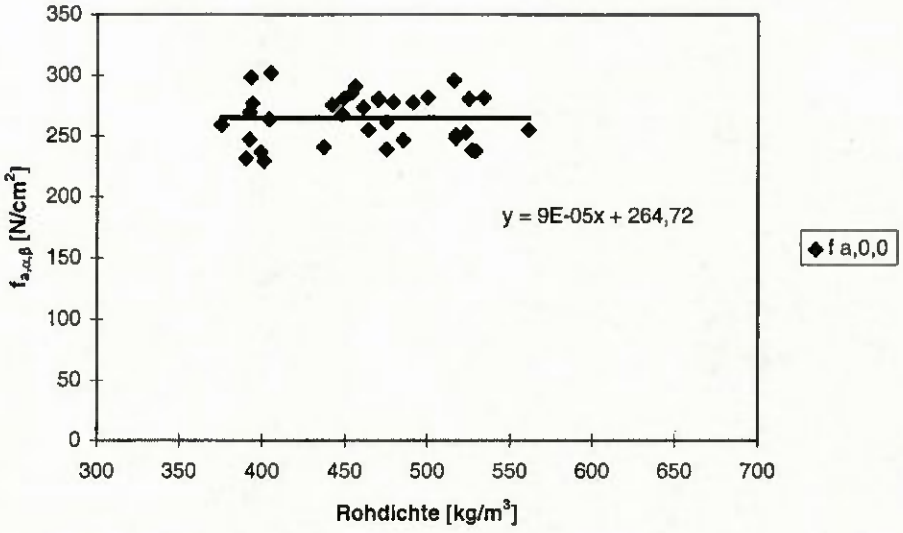


Abb. 4-8: Werte der korrigierten Verankerungsfestigkeit für Reihe DxPP

Dieses Verfahren wurde auf alle Versuchsreihen angewendet. Die Ergebnisse der Umrechnungen sind für die Nagelplatten A bis D in Tabelle 1 angegeben, ein Vergleich der Abhängigkeiten und die umgerechneten Verankerungsfestigkeiten sind für jede Nagelplatte in den Abb. D-19 bis D-28 (Anlagen D-10 bis D-14) dargestellt.

Tabelle 1: Exponenten c

	0°-0°	90°-0°	0°-90°	90°-90°	Mittel
Reihe A	0,386	0,388	0,491	0,742	0,502
Reihe B	0,336	0,478	0,372	0,680	0,467
Reihe C	0,572	0,872	0,973	0,441	0,715
Reihe D	0,704	0,751	0,809	0,519	0,696
Mittel	0,499	0,622	0,661	0,596	0,595

Zur Veranschaulichung dient Abb. 4-9, in der die Exponenten c für jede Nagelplatte über der angegebenen Winkelkombination von α und β aufgetragen sind.

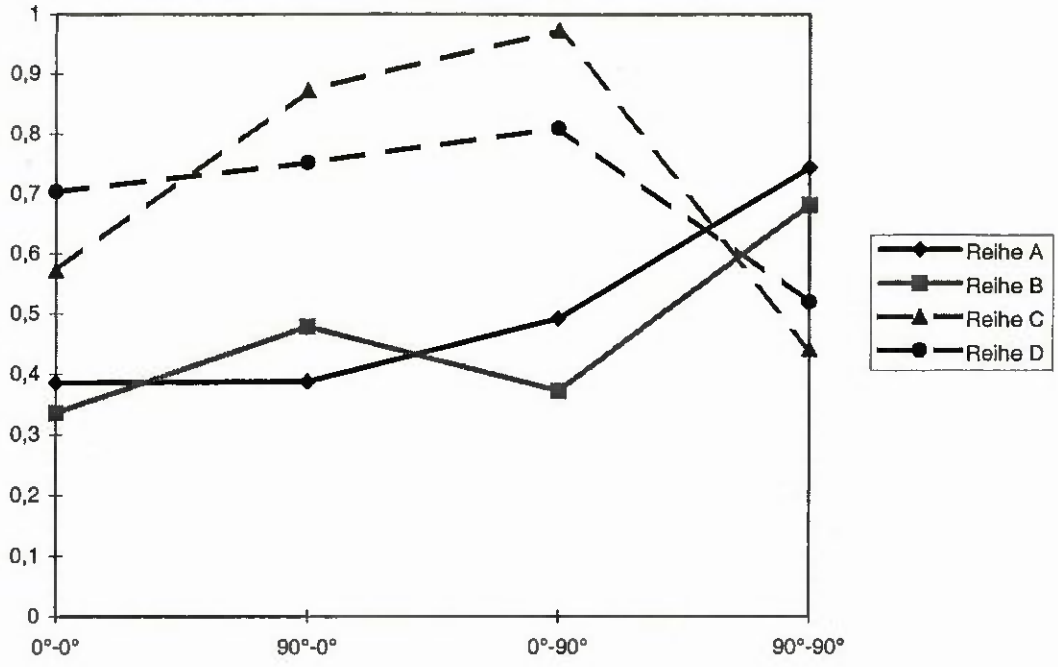


Abb. 4-9: Exponenten c für die einzelnen Nagelplatten

Hier sind folgende Punkte bemerkenswert:

1. Die Exponenten sind von der Kombination der Winkel α und β abhängig, insbesondere weichen sie bei der Kombination 90°-90° deutlich von den Werten für die restlichen Winkelkombinationen ab.
2. Die Exponenten sind für Nagelplatten mit gleicher Plattendicke ähnlich - Nagelplatten A und B besitzen eine Dicke von 1 mm, C und D eine Dicke von 2 mm.

Neben der Auswertung der Versuchsergebnisse bezüglich der Exponenten c, wurden auch die Gleichungen der Regressionsgeraden der Form

$$f_{a,\alpha,\beta} = m \cdot \rho + b \ ,$$

die sich für die einzelnen Versuchsgruppen ergeben, bestimmt. In folgender Tabelle 2 sind für jede Versuchsgruppe in den Spalten 2 und 3 die Werte der Geradensteigung m und des Ordinatenschnittpunktes b, in den Spalten 4 bis 7 die mit den Gleichungen der Regressionsgeraden errechneten Verankerungsfestigkeiten für die Sortierklassen S10 bis MS17, wobei für die Berechnung die im Nationalen Anwendungsdokument zum Eurocode 5 angegeben charakteristischen Werte der zugehörigen Rohdichte verwendet wurden, sowie in den letzten beiden Spalten die prozentuale Zunahme der Verankerungsfestigkeit bei Verwendung einer höheren Sortierklasse als S10, angegeben.

Tabelle 2: Verankerungsfestigkeiten in N/cm^2 für unterschiedliche Sortierklassen

			S10 bzw. MS10	S13	MS13	MS17	MS13 / S10	MS17 / S10
ρ [kg/m^3]	m	b	380	380	400	420	5,3%	10,5%
APP	0,2340	152	241	241	246	250	1,9%	3,9%
ARP	0,1632	123	185	185	188	192	1,8%	3,5%
APR	0,1840	86	156	156	160	163	2,4%	4,7%
ARR	0,3132	57	176	176	182	189	3,6%	7,1%
BPP	0,1814	181	250	250	254	257	1,5%	2,9%
BRP	0,2904	149	259	259	265	271	2,2%	4,5%
BPR	0,1677	139	203	203	206	209	1,7%	3,3%
BRR	0,3186	67	188	188	194	201	3,4%	6,8%
CPP	0,3018	112	227	227	233	239	2,7%	5,3%
CRP	0,3862	22	169	169	176	184	4,6%	9,2%
CPR	0,4073	8	163	163	171	179	5,0%	10,0%
CRR	0,1927	118	191	191	195	199	2,0%	4,0%
DPP	0,4562	93	266	266	275	285	3,4%	6,9%
DRP	0,3773	40	183	183	191	198	4,1%	8,2%
DPR	0,3652	42	181	181	188	195	4,0%	8,1%
DRR	0,2248	103	188	188	193	197	2,4%	4,8%
Mittel							2,9%	5,8%

5 Empfehlungen für die Anwendung

Im vorangegangenen Abschnitt wurden die Exponenten c aus den Versuchsergebnissen bestimmt und deren Abhängigkeit von der Nagelplattendicke und den Winkelkombinationen von α und β dargestellt. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse können für Nagelplattenverbindungen, die nach prEN 1075 hergestellt und geprüft werden, nachfolgende Exponenten c für die Korrektur der in den Versuchen ermittelten Höchstlasten vorgeschlagen werden. Eine Korrektur sollte nur für diejenigen Prüfkörper erfolgen, deren Rohdichte über der charakteristischen Rohdichte der betrachteten Festigkeitsklasse liegt. Ein "Hochrechnen" der Ergebnisse von Prüfkörpern mit sehr niedriger Rohdichte wird nicht empfohlen.

Exponent c für Nagelplatten mit einer Plattendicke von 1 mm:

α / β	0°	90°
0°	0,5	0,5
90°	0,5	0,7

Exponent c für Nagelplatten mit einer Plattendicke von 2 mm:

α / β	0°	90°
0°	0,7	0,7
90°	0,7	0,5

Werden Nagelplatten geprüft, deren Nagelform nicht mit den Nagelformen der in diesem Forschungsvorhaben untersuchten Nagelplatten vergleichbar ist, so wird empfohlen bei allen Winkelkombinationen von α und β den Exponenten c mit 0,7 anzunehmen.

Die in Tabelle 2 aufgeführten Ergebnisse zeigen, daß bei Verwendung von Hölzern einer höheren Sortierklasse als S10 keine wesentlichen Steigerungen der Verankerungsfestigkeiten erreicht werden. So beträgt die rechnerische Zunahme bei MS13 im Mittel 2,9%, bei MS17 im Mittel 5,8%. Da diese Steigerungen sehr gering und wirtschaftlich kaum von Bedeutung sind, wird im Rahmen von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen eine Erhöhung der zulässigen Nagelbelastungen bei Verwendung von Hölzern einer höheren Sortierklasse als S13 nicht empfohlen.

Die Versuchsergebnisse lassen klar erkennen, daß im Gegensatz zur Rohdichte die Holzfeuchte während des Einpressens der Nagelplatten einen wesentlichen Einfluß auf die Verankerungsfestigkeit der Nagelplattenverbindungen ausübt. Die größten Unterschiede waren bei Belastung parallel zur Faserrichtung des Holzes zu verzeichnen, bei der es zu einer Verringerung der Verankerungsfestigkeit von bis zu 30% führen kann, wenn die Einpreßfeuchte etwa 25% statt 18% beträgt. Die Untersuchung dieses Einflusses war nicht Thema dieses Forschungsvorhabens, sollte jedoch wegen der damit verbundenen möglichen Sicherheitsrisiken Gegenstand eines anschließenden Vorhabens sein.

6 Zusammenfassung

Um den Einfluß der Rohdichte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen zu untersuchen, wurden insgesamt 660 Versuche durchgeführt. Neben dem Einfluß der Rohdichte auf die Verankerungsfestigkeit von Nagelplatten sollte der Exponent c ermittelt werden, mit dem die in Versuchen ermittelten Höchstlasten bezüglich der Rohdichte korrigiert werden können, wenn die Versuchshölzer gemäß DIN EN 28970, Verfahren 2 ausgesucht wurden.

Für die Versuche wurden vier unterschiedliche Nagelplattentypen verwendet, wobei jeweils die Plattendicke und die Nageldichte variiert wurden. Als Holzarten wurden Fichte/Tanne und Kiefer eingesetzt, so daß Rohdichten zwischen 330 kg/m^3 und 700 kg/m^3 erreicht wurden. Die Holzfeuchte zum Zeitpunkt der Herstellung der Prüfkörper lag in den meisten Fällen bei etwa 25%, bei einigen Versuchsreihen lag sie bei etwa 14%. Geprüft wurden die Verbindungen mit einer Holzfeuchte von im Mittel 13%. Die Form der Prüfkörper sowie die Maße der Nagelplatten wurden in Anlehnung an die Prüfnorm für Nagelplattenverbindungen prEN 1075 festgelegt, wobei die Verankerungsfestigkeit für die Winkelkombinationen von α und β von 0°-0°, 90°-0°, 0°-90° und 90°-90° bestimmt wurde. Bei allen Versuchen wurde das zur Untersuchung des Trag- und Verformungsverhaltens von Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln dienende Belastungsverfahren nach DIN EN 26891 angewendet.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß mit zunehmender Rohdichte auch die Tragfähigkeit der Nagelplattenverbindungen ansteigt. Bei Verwendung von Hölzern einer Sortierklasse, deren charakteristische Rohdichte höher liegt als die der Sortierklasse S10, fällt dieser Anstieg jedoch vergleichsweise gering aus, so daß empfohlen wird, in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen den Einfluß der Rohdichte auf die zulässigen Nagelbelastungen nicht aufzunehmen. Dagegen wurde festgestellt, daß die Holzfeuchte während des Einpressens der Nagelplatten zumindest für einige Winkelkombinationen von α und β einen signifikanten Einfluß auf die Tragfähigkeit der Verbindungen hat.

Aus den Versuchsergebnisse konnten Exponenten c bestimmt werden, die von der Plattendicke bzw. Nageldichte sowie den Winkelkombinationen von α und β abhängig sind. Werte für den Exponenten c liegen zwischen 0,5 und 0,7.

7 Literatur

Prüfberichte der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe über Tragfähigkeitsversuche mit Nagelplattenverbindungen:

926102

926103, Teile 1 - 4

966110

976111

976123

Zitierte Normen, Vornormen und Normentwürfe

DIN EN 28970, Juli 1991	Holzbauwerke - Prüfung von Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln; Anforderungen an die Rohdichte des Holzes
DIN EN 26891, Juli 1991	Holzbauwerke - Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln; Allgemeine Grundsätze für die Ermittlung der Tragfähigkeit und des Verformungsverhaltens
prEN 1075, Februar 1997	Holzbauwerke - Prüfverfahren - Nagelplattenverbindungen
DIN V ENV 1995 Teil 1-1, Juni 1994	Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holztragwerken, Teil 1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau
Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1995-1-1, Februar 1995	Nationales Anwendungsdokument (NAD)

Anlagen A

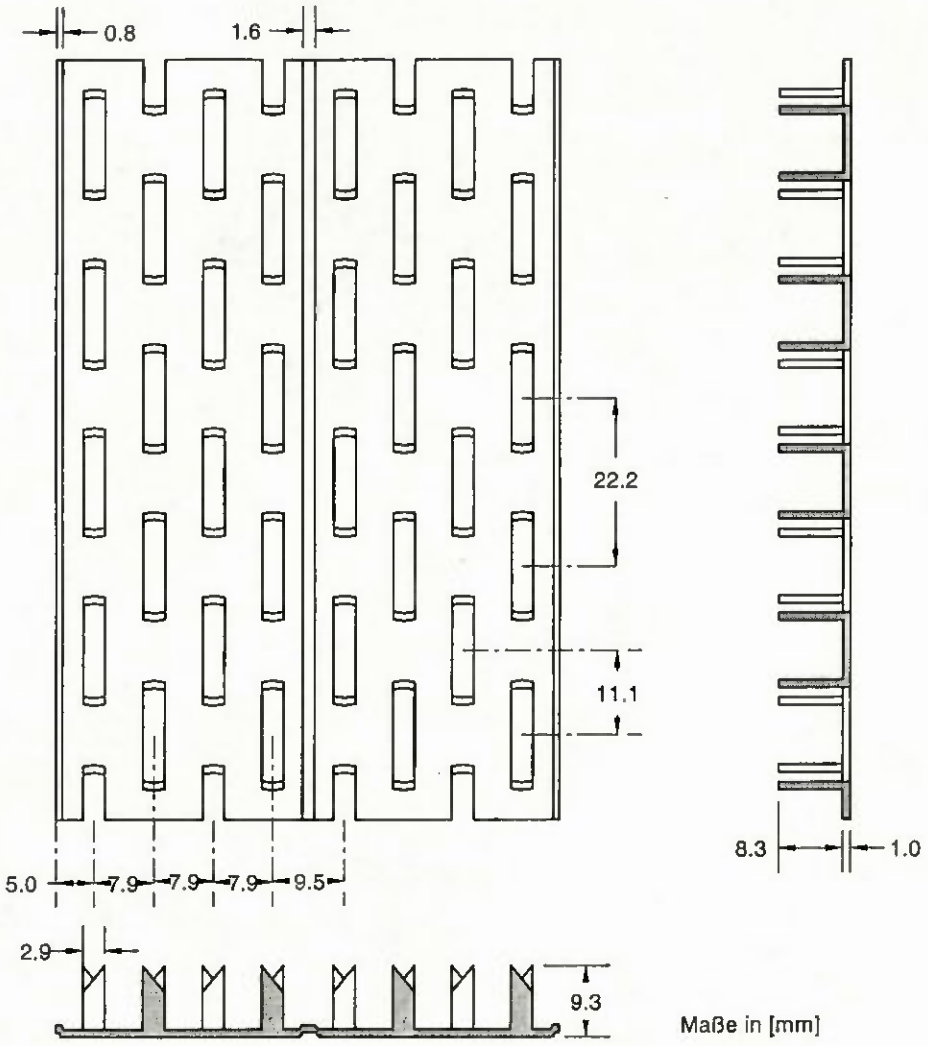


Abb. A-1: Form und Abmessungen der Nagelplatte A

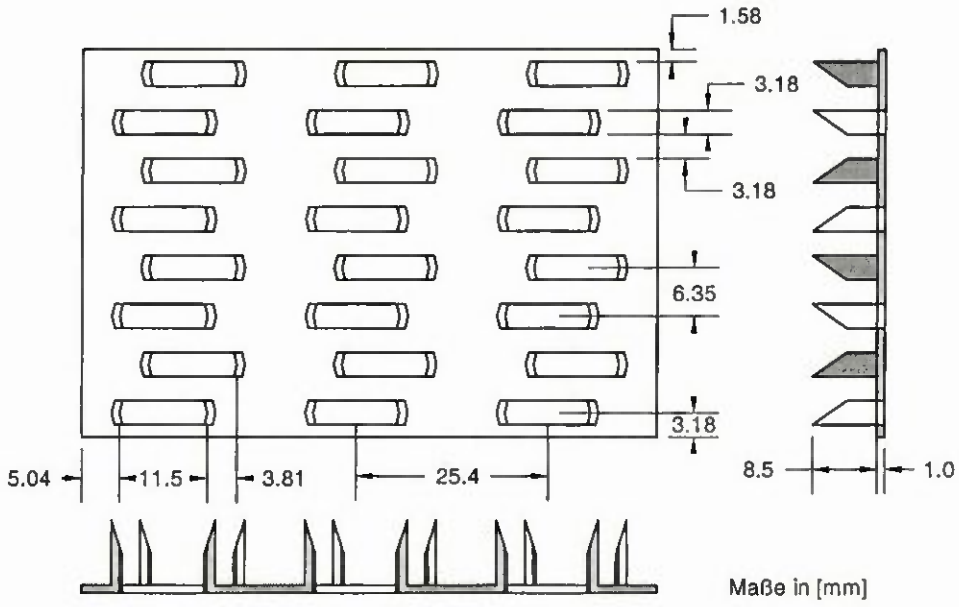


Abb. A-2: Form und Abmessungen der Nagelplatte B

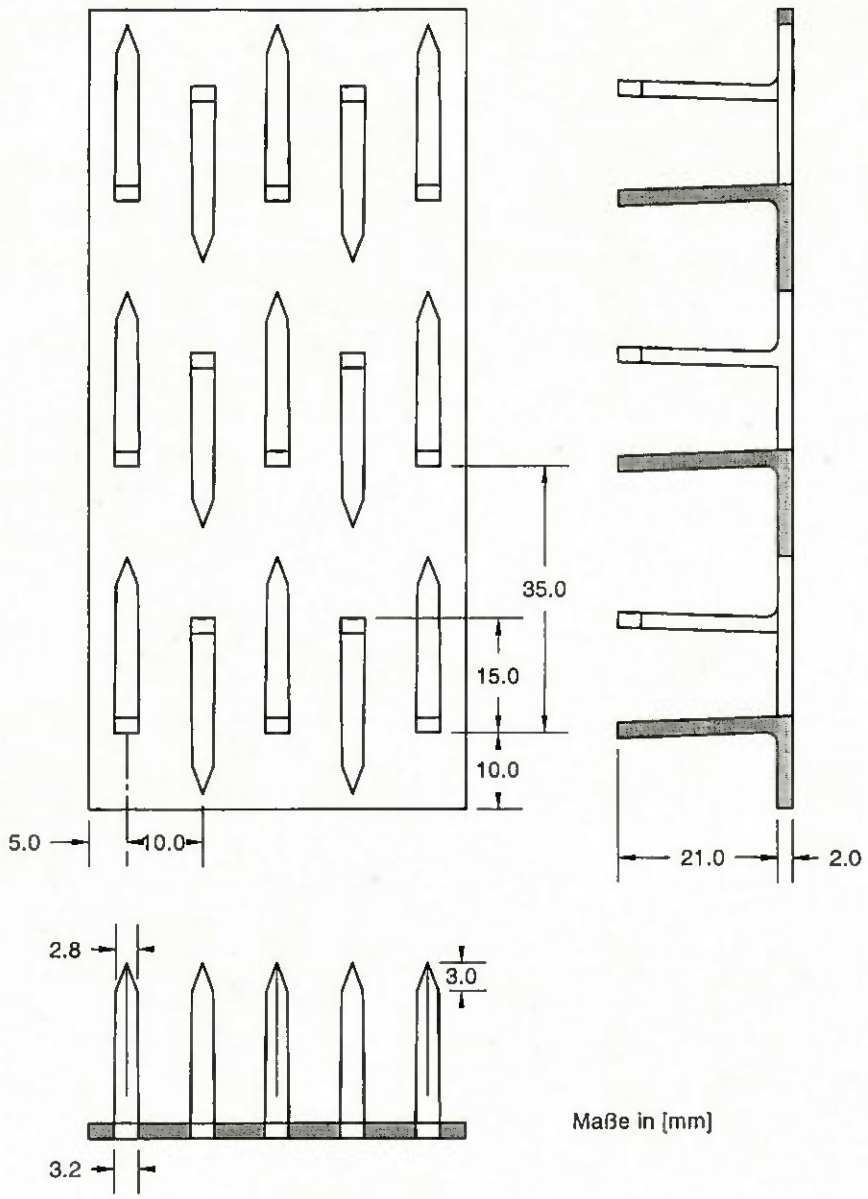


Abb. A-3: Form und Abmessungen der Nagelplatte C

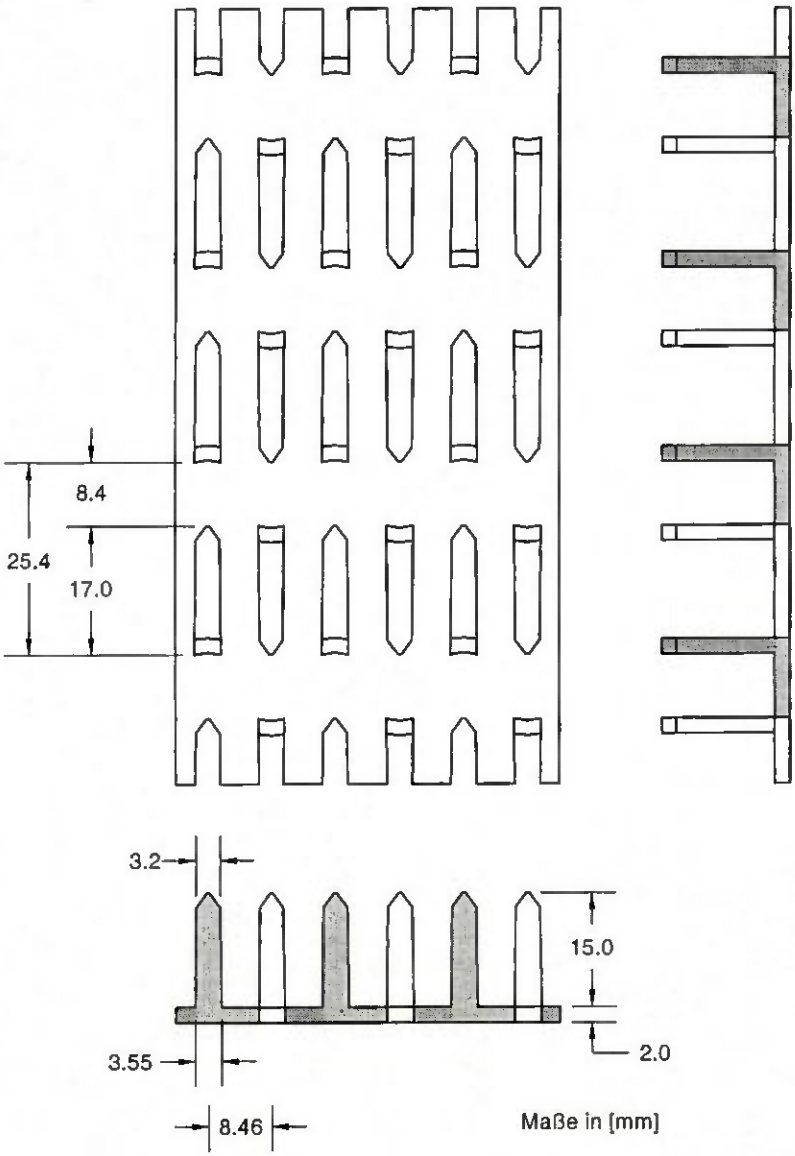


Abb. A-4: Form und Abmessungen der Nagelplatte D

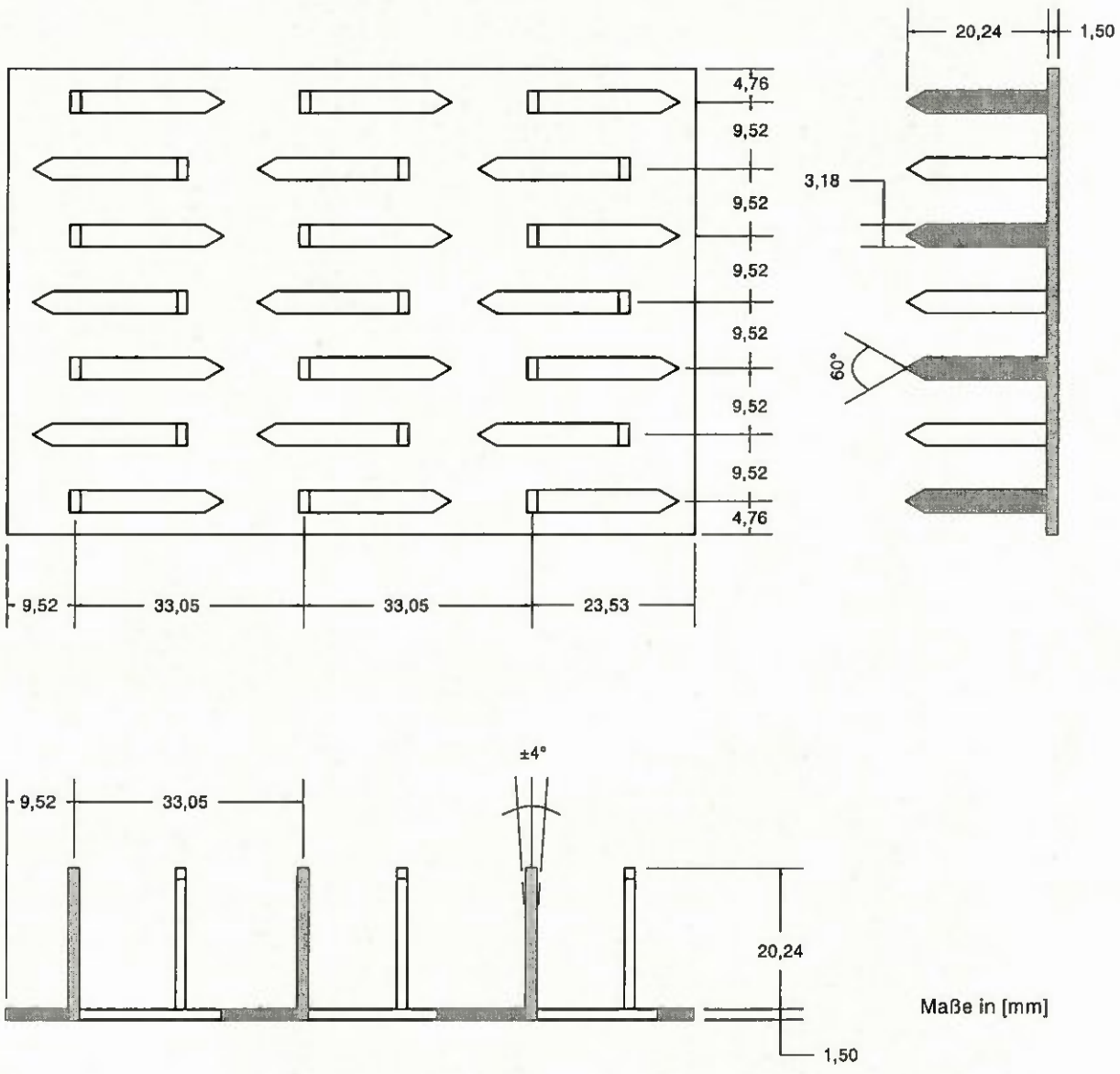
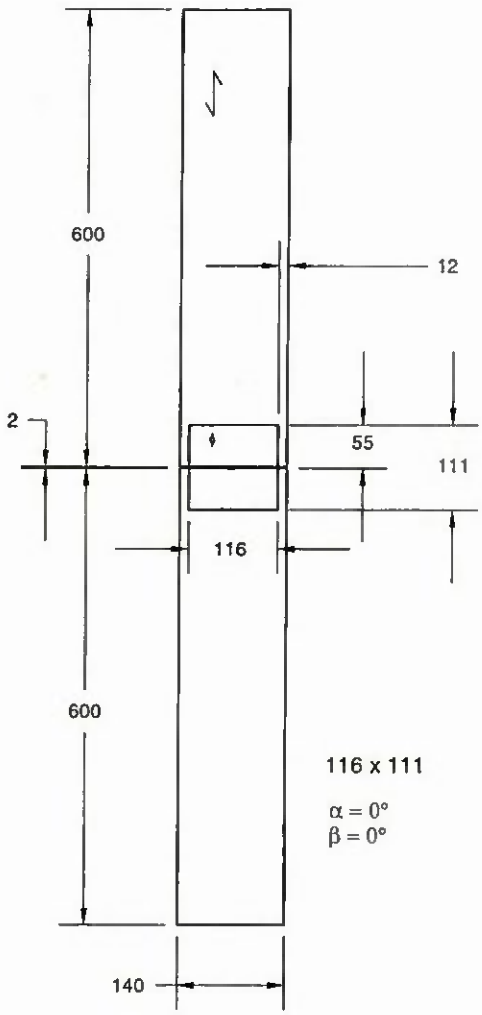
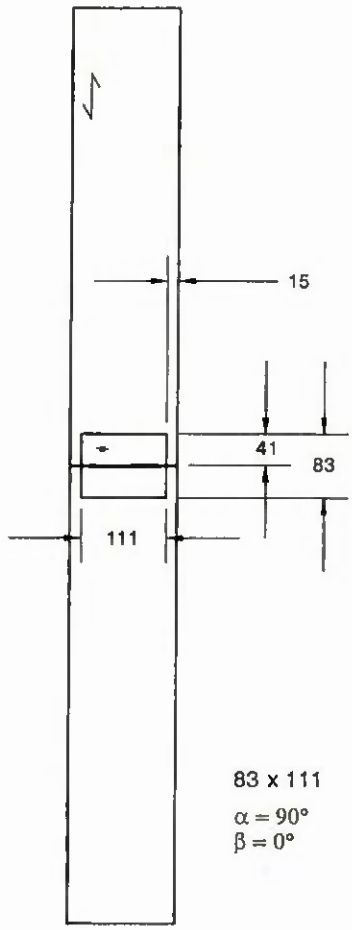
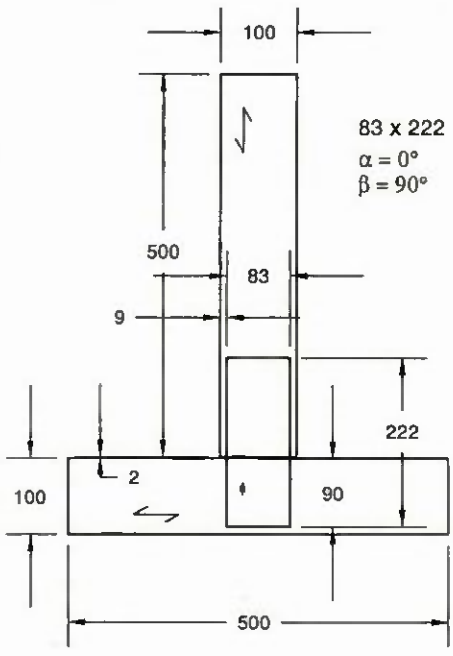


Abb. A-5: Form und Abmessungen der Nagelplatte E





Nagelplatte A



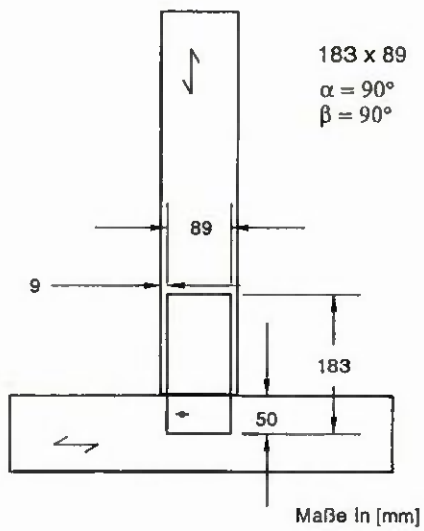
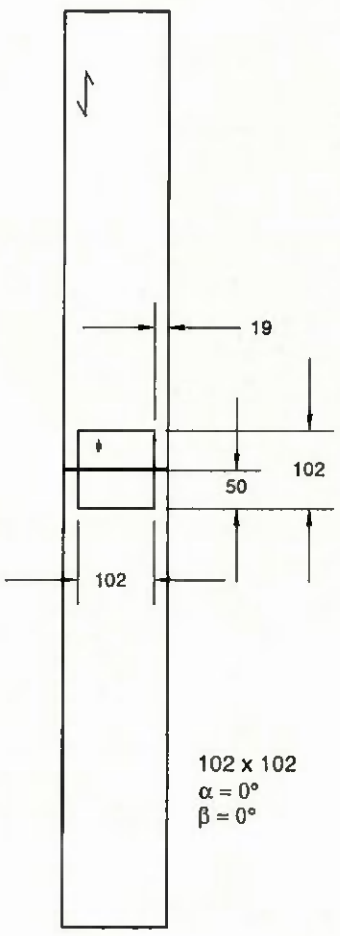
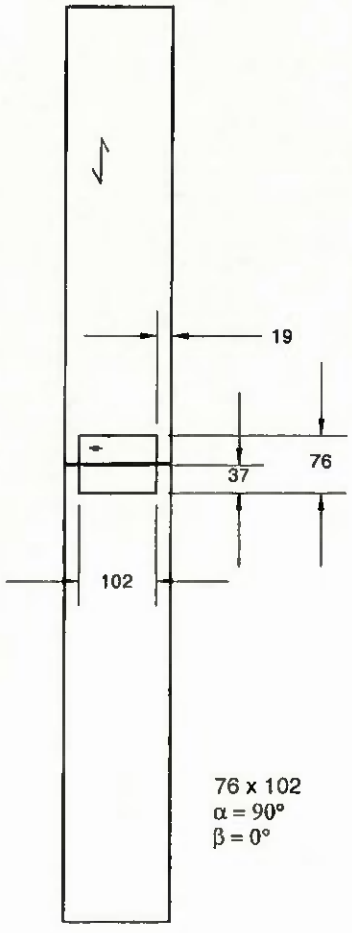
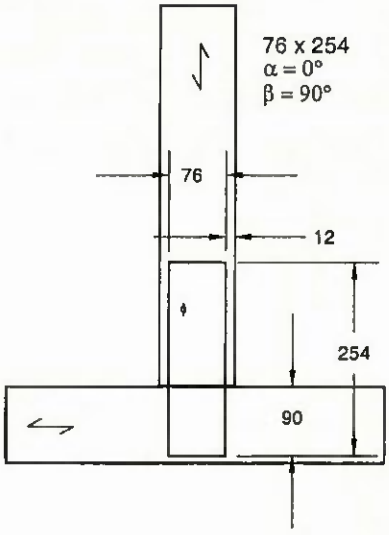


Abb. A-6: Form und Abmessungen der Versuchskörper der Reihe A





Nagelplatte B



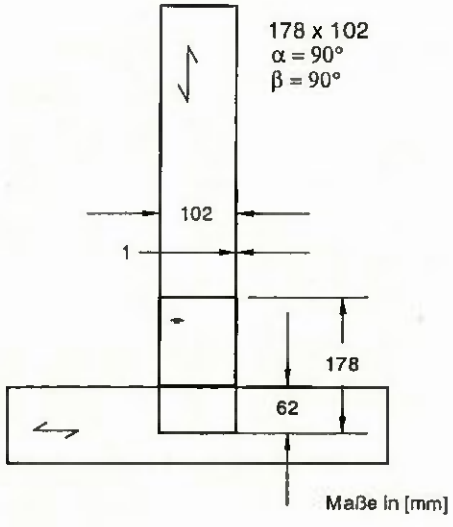
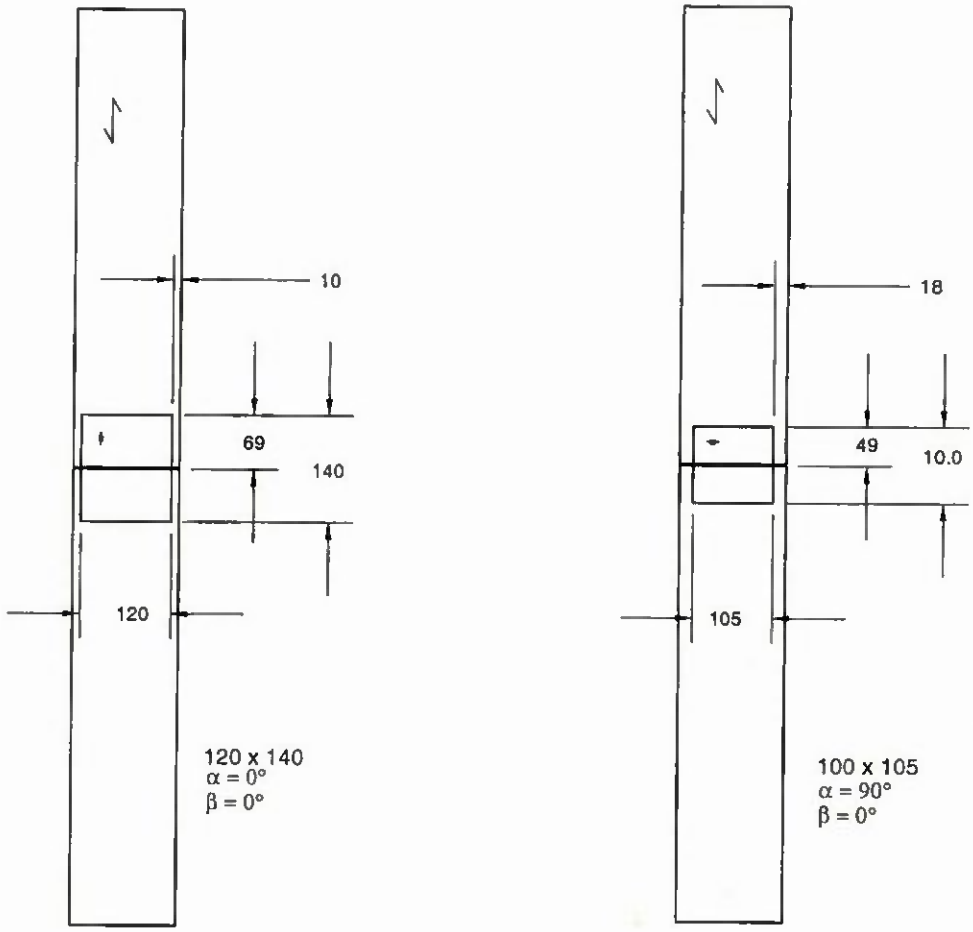


Abb. A-7: Form und Abmessungen der Versuchskörper der Reihe B



Nagelplatte C

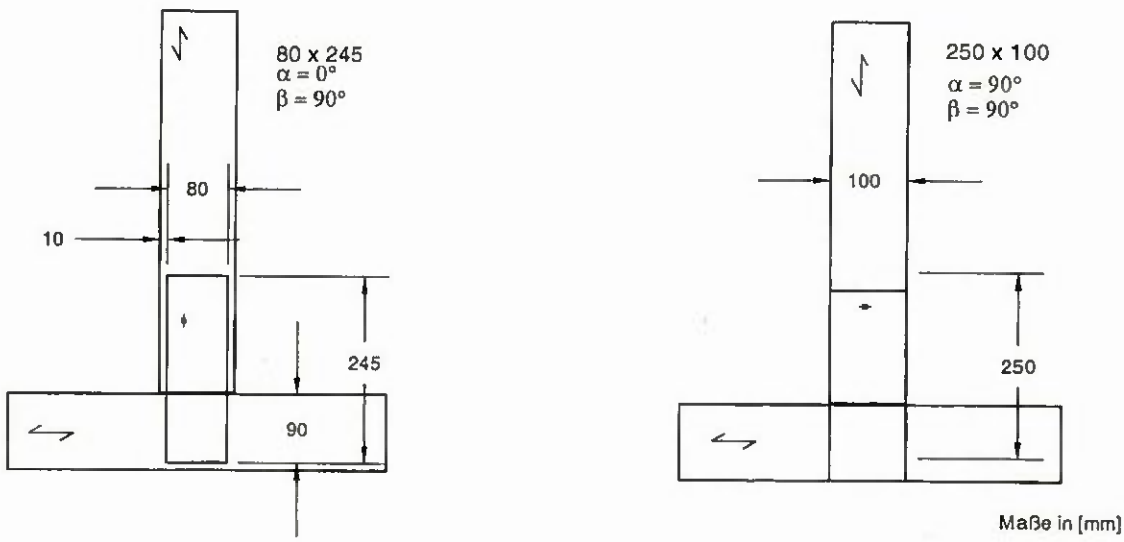
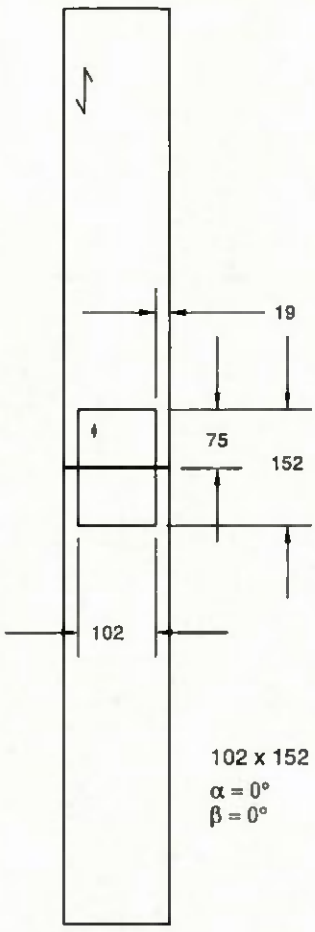
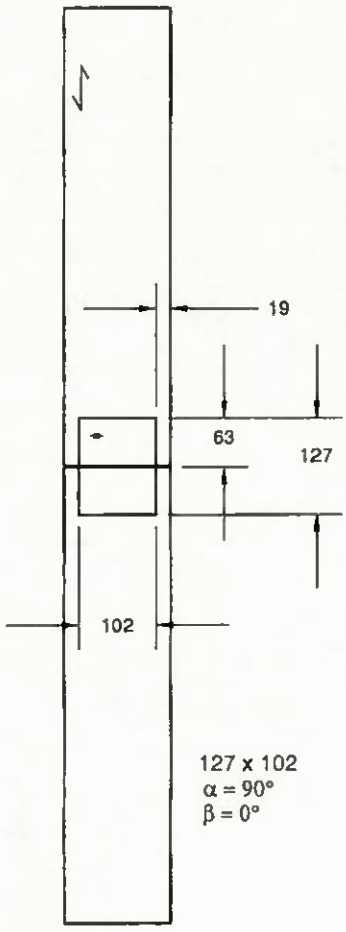
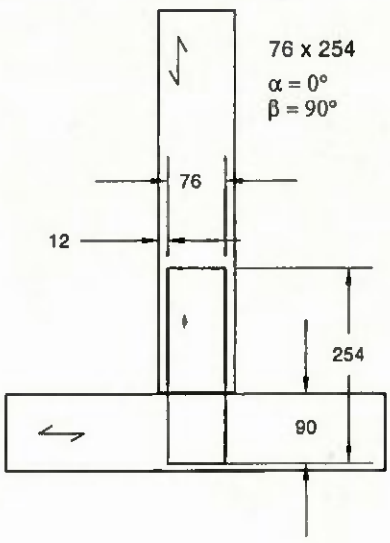


Abb. A-8: Form und Abmessungen der Versuchskörper der Reihe C





Nagelplatte D



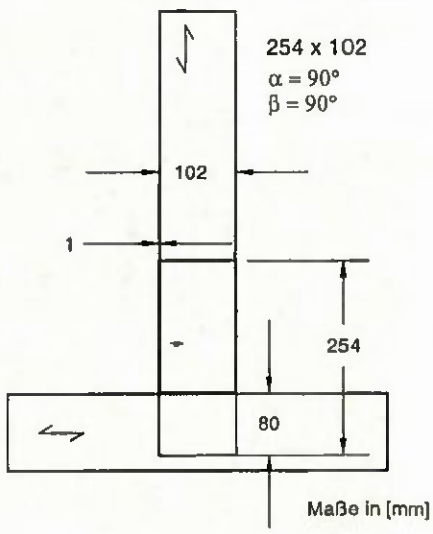
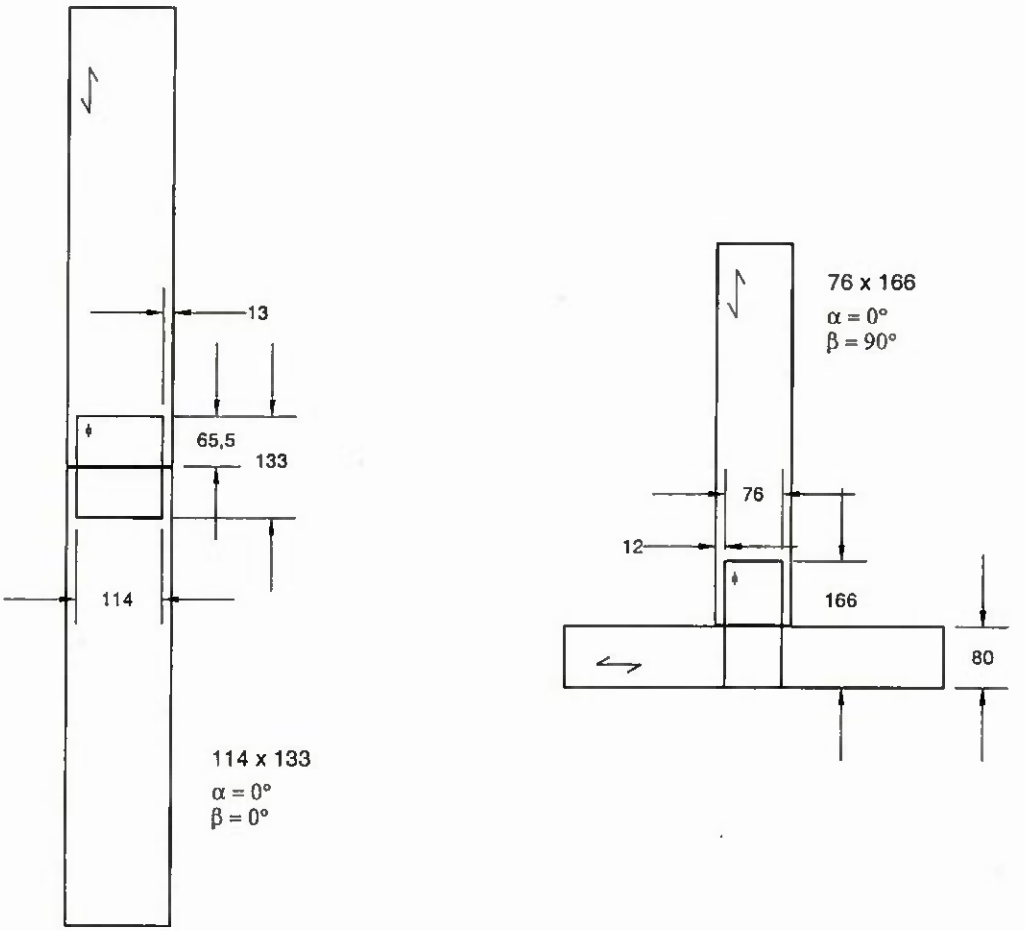


Abb. A-9: Form und Abmessungen der Versuchskörper der Reihe D



Nagelplatte E

Abb. A-10: Form und Abmessungen der Versuchskörper der Reihe E

Anlagen B

Tabelle B-1: Ergebnisse der Versuchsreihen AxPP - A_{ef} = 103,2 cm²

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,0,0}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
A3PP-1	351	11,5	25,3	32,59	316	965
A3PP-2	346	12,5	27,4	36,31	352	1050
A3PP-3	365	12,6	25,8	33,28	322	926
A3PP-4	337	12,5	26,4	32,29	313	953
A3PP-5	349	12,7	25,4	30,33	294	858
A3PP-6	340	12,7	29,0	32,74	317	1040
A3PP-7	345	12,9	23,5	33,09	321	994
A3PP-8	358	12,2	28,8	35,48	344	963
A3PP-9	349	12,7	26,5	33,33	323	889
A3PP-10	332	12,6	26,8	30,09	291	930
NA3PP-1	429	12,8	42,0	27,33	265	839
NA3PP-2	444	12,4	44,7	28,75	278	903
NA3PP-3	399	12,3	37,9	30,51	296	872
NA3PP-4	426	12,9	40,9	28,85	279	864
NA3PP-5	402	12,9	36,6	25,87	251	860
NA3PP-6	443	12,5	46,1	29,11	282	860
NA3PP-7	378	12,8	33,1	28,75	278	810
NA3PP-8	426	12,6	39,4	29,41	285	959
NA3PP-9	403	12,6	34,4	30,21	293	920
NA3PP-10	427	12,8	39,4	28,98	281	852
A4PP-1	389	11,8	33,7	21,79	211	694
A4PP-2	485	12,5	44,6	23,50	228	790
A4PP-3	455	12,9	44,1	20,85	202	841
A4PP-4	472	12,6	45,6	19,46	188	728
A4PP-5	424	11,9	41,1	22,59	219	697
A4PP-6	453	11,9	46,9	24,13	234	881
A4PP-7	449	12,5	45,2	28,45	276	831
A4PP-8	463	12,3	46,6	21,01	204	783
A4PP-9	463	12,2	39,7	26,80	260	819
A4PP-10	463	12,4	47,9	20,16	195	736
A5PP-1	467	12,6	44,9	24,68	239	754
A5PP-2	508	11,9	53,7	22,88	222	754
A5PP-3	479	12,6	45,2	22,60	219	883
A5PP-4	499	12,9	44,9	22,46	218	788
A5PP-5	428	12,5	39,3	23,23	225	707
A5PP-6	497	12,9	48,6	29,61	287	891
A5PP-7	480	12,8	39,1	24,07	233	752
A5PP-8	467	12,5	40,9	33,15	321	850
A5PP-9	478	13,1	44,3	23,50	228	723
A5PP-10	475	12,7	45,8	26,19	254	812
AKPP-1	534	12,6	54,0	36,28	351	1118
AKPP-2	584	12,8	58,7	31,25	303	1094
AKPP-3	467	12,4	44,0	32,63	316	1050
AKPP-4	485	13,0	36,9	32,35	313	1094
AKPP-5	594	13,7	49,0	36,04	349	1032
AKPP-6	688	13,3	48,6	35,07	349	1596
AKPP-7	484	13,2	42,1	41,30	340	1338
AKPP-8	486	13,5	40,3	40,73	400	1490
AKPP-9	431	13,3	32,9	39,12	395	1159
AKPP-10	535	12,8	49,6	39,29	379	1700

Tabelle B-2: Ergebnisse der Versuchsreihen AxRP - A_{ef} = 67,7 cm²

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,90,0}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
A3RP-1	383	13,0	29,9	18,56	274	1276
A3RP-2	384	13,0	27,4	17,89	264	1279
A3RP-3	356	12,3	28,9	17,75	262	1320
A3RP-4	365	12,2	28,4	18,57	274	1217
A3RP-5	366	12,4	29,1	18,34	271	1167
A3RP-6	343	12,5	26,1	14,69	217	1034
A3RP-7	351	12,6	24,9	16,86	249	1140
A3RP-8	337	12,6	26,9	16,26	240	1108
A3RP-9	327	12,7	24,6	16,32	241	1190
A3RP-10	340	12,9	25,4	16,45	243	1199
NA3RP-1	402	13,1	35,4	12,35	182	449
NA3RP-2	427	13,0	39,4	13,79	204	405
NA3RP-3	426	12,9	37,4	13,64	201	461
NA3RP-4	412	12,9	40,5	12,77	189	470
NA3RP-5	425	12,7	39,6	11,66	172	425
NA3RP-6	468	12,7	44,3	12,01	177	434
NA3RP-7	423	12,9	40,0	13,36	197	366
NA3RP-8	414	12,9	39,4	14,00	207	416
NA3RP-9	445	12,7	43,1	12,42	183	375
NA3RP-10	420	13,0	40,0	12,13	179	366
A4RP-1	486	13,2	39,6	17,48	258	653
A4RP-2	449	12,8	44,6	14,54	215	632
A4RP-3	466	12,7	40,4	12,12	179	538
A4RP-4	455	12,8	40,4	13,36	197	546
A4RP-5	442	12,6	38,6	15,1	223	505
A4RP-6	462	12,6	41,1	14,98	221	538
A4RP-7	427	12,8	37,6	12,36	183	529
A4RP-8	470	12,8	47,6	12,54	185	567
A4RP-9	454	13,2	43,9	12,49	184	484
A4RP-10	442	12,8	42,6	14,77	218	567
A5RP-1	465	12,2	44,9	12,84	190	360
A5RP-2	481	12,4	48,1	11,72	173	484
A5RP-3	461	13,0	38,9	12,85	190	543
A5RP-4	477	13,2	39,9	14,98	221	620
A5RP-5	466	12,7	42,8	12,86	190	511
A5RP-6	460	12,9	40,8	12,8	189	552
A5RP-7	493	13,0	49,3	12,15	179	476
A5RP-8	514	13,3	50,3	11,91	176	455
A5RP-9	453	12,6	41,3	16,57	245	567
A5RP-10	493	12,8	49,9	12,76	188	425
AKRP-1	497	13,0	48,1	14,16	209	493
AKRP-2	558	12,9	52,8	16,86	249	756
AKRP-3	564	12,8	55,4	15,68	232	679
AKRP-4	479	12,6	43,3	13,20	195	647
AKRP-5	489	13,4	46,7	13,15	194	712
AKRP-6	499	13,3	44,7	21,57	200	1311
AKRP-7	631	13,4	66,0	21,57	319	1246
AKRP-8	468	13,2	40,6	20,81	319	499
AKRP-9	540	13,3	54,6	18,84	307	1149
AKRP-10	514	13,4	48,0	13,55	278	555

Tabelle B-3: Ergebnisse der Versuchsreihen AxPR

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,0,90}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
A3PR-1	406	12,9	32,9	22,19	163	205
A3PR-2	417	12,5	35,2	25,49	191	239
A3PR-3	410	12,6	37,0	22,79	169	216
A3PR-4	436	12,4	34,0	18,68	136	295
A3PR-5	431	13,1	38,8	21,9	161	233
A3PR-6	427	12,6	37,1	26,31	193	265
A3PR-7	381	12,6	40,8	23,42	175	222
A3PR-8	382	13,0	38,0	21,96	160	207
A3PR-9	403	12,4	30,3	18,89	140	202
A3PR-10	413	12,7	36,4	26,35	197	219
A4PR-1	457	13,1	42,8	17,72	135	179
A4PR-2	475	13,2	45,5	19,73	150	210
A4PR-3	453	13,8	41,3	22,32	172	241
A4PR-4	457	13,2	46,3	18,01	136	249
A4PR-5	448	13,1	43,6	19,19	144	228
A4PR-6	445	13,1	44,4	18,68	141	215
A4PR-7	465	12,9	46,3	18,97	143	248
A4PR-8	444	13,3	39,7	27,56	201	252
A4PR-9	471	14,6	46,7	25,96	191	229
A4PR-10	461	13,3	44,0	24,94	184	330
A5PR-1	517	12,8	48,6	22,28	169	277
A5PR-2	548	12,8	46,9	26,8	199	280
A5PR-3	513	12,8	47,5	19,63	148	226
A5PR-4	510	12,8	49,9	24,3	184	222
A5PR-5	528	12,9	55,4	22,29	165	209
A5PR-6	503	13,2	44,7	25,94	195	250
A5PR-7	557	12,8	58,2	25,4	191	258
A5PR-8	536	12,9	53,3	20,78	156	233
A5PR-9	507	12,7	51,6	23,02	174	206
A5PR-10	521	12,9	54,0	20,47	152	280
AKPR-1	453	12,8	52,4	24,62	185	215
AKPR-2	552	12,6	44,8	26,74	201	226
AKPR-3	663	13,1	53,2	28,33	213	279
AKPR-4	571	13,8	45,8	29,00	218	224
AKPR-5	466	14,7	45,0	21,63	163	206
AKPR-6	510	12,8	44,1	25,50	192	171
AKPR-7	540	13,3	48,5	27,27	205	224
AKPR-8	592	12,9	47,1	28,21	212	243
AKPR-9	469	12,8	59,9	25,99	196	221
AKPR-10	510	12,8	51,7	22,77	171	237

Tabelle B-4: Ergebnisse der Versuchsreihen AxRR

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,90,90}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
A3RR-1	396	12,7	35,6	11,01	154	282
A3RR-2	416	12,6	39,0	14,97	205	263
A3RR-3	414	12,5	37,2	13,81	191	274
A3RR-4	386	12,5	33,5	11,11	152	305
A3RR-5	418	12,6	40,9	12,32	171	323
A3RR-6	414	12,7	40,4	13,01	176	311
A3RR-7	411	12,6	33,6	12,94	179	323
A3RR-8	399	12,7	32,6	14,59	207	338
A3RR-9	414	12,7	37,0	11,49	161	185
A3RR-10	391	12,8	35,5	13,89	188	271
A4RR-1	429	13,3	40,7	14,82	205	274
A4RR-2	437	13,1	43,2	13,12	180	359
A4RR-3	444	13,5	37,3	12,38	174	352
A4RR-4	434	13,7	35,6	15,57	216	342
A4RR-5	449	13,3	46,6	11,9	165	335
A4RR-6	433	13,4	40,8	15,17	213	317
A4RR-7	452	13,5	41,5	12,75	177	306
A4RR-8	425	10,9	40,7	13,45	189	288
A4RR-9	430	13,4	32,3	11,99	170	286
A4RR-10	490	13,3	37,8	14,06	197	354
A5RR-1	498	12,8	41,0	19,4	266	359
A5RR-2	499	13,4	44,7	15,61	211	341
A5RR-3	517	13,2	47,7	14,59	202	374
A5RR-4	475	13,1	45,9	15,55	218	352
A5RR-5	532	12,8	54,4	13,37	181	300
A5RR-6	531	13,0	50,8	13,83	192	245
A5RR-7	547	13,1	53,4	15,96	227	384
A5RR-8	557	13,2	53,2	15,34	215	365
A5RR-9	536	13,0	54,1	12,96	180	351
A5RR-10	535	12,8	54,5	15,96	219	349
AKRR-1	502	9,6	51,4	17,88	254	378
AKRR-2	530	16,1	53,7	17,63	250	321
AKRR-3	499	11,2	54,3	16,92	240	368
AKRR-4	499	15,2	49,3	17,58	250	244
AKRR-5	507	12,8	48,9	14,91	212	308
AKRR-6	448	12,7	42,5	18,02	256	372
AKRR-7	484	13,0	47,2	16,75	238	339
AKRR-8	506	12,7	47,7	15,85	225	358
AKRR-9	506	12,9	43,3	15,53	221	388
AKRR-10	638	12,9	64,8	18,15	258	382

Tabelle B-5: Ergebnisse der Versuchsreihen BxPP - A_{ef} = 81,6 cm²

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,0,0}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
B3PP-1	354	10,6	33,1	18,46	226	902
B3PP-2	359	11,1	36,1	20,40	250	900
B3PP-3	344	11,1	33,3	21,22	260	880
B3PP-4	365	11,4	35,6	20,71	254	882
B3PP-5	358	11,4	35,8	20,06	246	993
B3PP-6	372	11,1	35,0	18,08	222	922
B3PP-7	362	10,9	37,1	16,97	208	1000
B3PP-8	386	11,0	34,3	15,47	190	988
B3PP-9	371	10,8	38,8	16,43	201	1007
B3PP-10	351	11,3	34,8	19,52	239	860
B4PP-1	443	13,5	40,6	26,77	328	1167
B4PP-2	468	13,4	40,4	15,71	193	1154
B4PP-3	441	13,6	37,0	23,83	292	1078
B4PP-4	437	13,4	36,1	22,36	274	968
B4PP-5	439	13,3	38,8	19,95	244	1020
B4PP-6	448	13,4	37,4	21,95	269	1147
B4PP-7	444	13,5	39,5	24,44	300	1123
B4PP-8	447	13,6	39,2	23,93	293	1140
B4PP-9	430	13,5	31,2	24,17	296	1071
B4PP-10	444	13,4	39,8	23,20	284	1123
B5PP-1	508	12,9	46,2	28,58	350	1159
B5PP-2	474	12,2	45,0	19,69	241	1076
B5PP-3	523	12,9	48,8	9,94	122	936
B5PP-4	514	12,6	48,9	18,85	231	1120
B5PP-5	490	12,8	43,6	23,68	290	1093
B5PP-6	517	13,3	49,5	27,52	337	1130
B5PP-7	501	12,9	46,7	14,34	176	880
B5PP-8	511	12,6	48,1	22,15	271	1368
B5PP-9	509	12,6	50,0	18,52	227	1172
B5PP-10	509	13,2	45,5	17,19	211	961
BKPP-1	661	13,2	75,6	17,46	214	1436
BKPP-2 *)	555	14,2	46,6	10,57	130	828
BKPP-3	567	12,9	53,3	21,58	264	1306
BKPP-4	600	13,9	53,2	29,56	362	1159
BKPP-5	459	13,3	32,9	27,73	340	1142
BKPP-6	458	13,5	32,4	25,43	312	1603
BKPP-7	594	13,0	61,3	33,38	409	1657
BKPP-8	508	13,4	47,2	28,62	351	1419
BKPP-9	547	13,0	56,2	33,77	414	1865
BKPP-10	524	13,3	54,9	30,83	378	1603

*) Dieser Versuch wird bei der Auswertung nicht berücksichtigt

Tabelle B-6: Ergebnisse der Versuchsreihen BxRP - A_{ef} = 55,1 cm²

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,90,0}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
B3RP-1	388	12,2	33,8	13,38	243	937
B3RP-2	395	12,0	32,9	14,65	266	1115
B3RP-3	331	6,5	27,2	11,95	217	1013
B3RP-4	348	17,8	29,1	14,51	263	1002
B3RP-5	352	12,1	32,4	12,69	230	980
B3RP-6	381	12,1	32,8	14,54	264	1006
B3RP-7	363	12,0	32,3	13,97	254	948
B3RP-8	330	11,8	29,2	11,54	210	763
B3RP-9	343	11,7	32,7	15,54	282	984
B3RP-10	372	11,6	35,5	14,30	260	944
B4RP-1	425	17,6	25,9	14,98	272	1107
B4RP-2	461	15,8	33,6	16,09	292	1049
B4RP-3	431	17,7	30,5	15,02	273	1064
B4RP-4	417	14,6	36,3	14,37	261	1173
B4RP-5	430	16,8	33,5	15,59	283	1176
B4RP-6	462	16,1	36,3	15,92	289	1093
B4RP-7	453	17,3	31,9	16,34	297	1198
B4RP-8	447	18,4	33,2	16,70	303	1278
B4RP-9	441	16,8	31,7	16,66	302	1242
B4RP-10	471	16,8	31,7	13,07	237	1046
B5RP-1	513	13,1	45,8	19,64	357	1307
B5RP-2	487	12,6	46,4	15,87	288	1347
B5RP-3	496	12,8	45,9	16,36	297	1133
B5RP-4	510	13,0	44,9	15,31	278	1245
B5RP-5	519	13,0	49,4	17,23	313	1311
B5RP-6	463	12,5	48,7	14,91	271	879
B5RP-7	486	12,8	47,2	15,31	278	1184
B5RP-8	495	12,8	48,7	15,91	289	1220
B5RP-9	518	13,1	52,8	19,14	347	1289
B5RP-10	510	13,0	44,4	18,77	341	1249
BKRP-1	605	12,8	46,2	14,97	272	1561
BKRP-2	554	13,1	55,8	14,48	263	991
BKRP-3	524	12,9	49,1	16,31	296	1336
BKRP-4	609	14,2	53,6	18,12	329	1362
BKRP-5	530	14,1	44,7	16,65	302	1267
BKRP-6	531	13,7	47,8	20,46	371	1794
BKRP-7	503	13,1	45,2	16,05	291	1678
BKRP-8	558	13,5	52,7	18,74	340	1532
BKRP-9	517	13,7	49,0	18,03	327	1540
BKRP-10	468	13,4	41,2	18,07	328	1667

Tabelle B-7: Ergebnisse der Versuchsreihen BxPR

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,0,90}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
B3PR-1	360	12,7	28,8	22,11	186	245
B3PR-2	359	12,7	30,9	23,10	190	234
B3PR-3	374	12,5	32,8	22,43	188	223
B3PR-4	393	12,6	34,5	25,78	211	287
B3PR-5	369	12,4	32,8	21,55	177	235
B3PR-6	388	12,8	33,2	26,25	219	250
B3PR-7	422	12,0	41,3	27,11	220	261
B3PR-8	382	12,6	33,2	25,34	205	245
B3PR-9	351	12,7	29,9	23,79	194	272
B3PR-10	371	12,6	31,7	25,79	215	316
B4PR-1	480	13,2	40,8	30,96	253	326
B4PR-2	451	13,2	42,7	29,42	242	316
B4PR-3	444	13,0	41,1	26,25	213	285
B4PR-4	424	13,3	36,9	26,50	217	302
B4PR-5	455	13,0	45,3	22,29	182	236
B4PR-6	454	12,8	45,8	21,77	181	245
B4PR-7	456	12,9	46,9	20,17	164	246
B4PR-8	462	12,9	48,2	23,28	194	288
B4PR-9	438	13,1	35,0	32,48	267	336
B4PR-10	454	13,3	42,0	31,88	261	301
B5PR-1	472	13,3	38,4	28,05	228	314
B5PR-2	509	12,7	52,6	27,58	225	288
B5PR-3	525	12,9	47,0	27,38	222	331
B5PR-4	525	12,6	50,9	26,57	217	283
B5PR-5	542	12,9	53,3	23,86	194	316
B5PR-6	550	12,9	53,1	28,72	229	390
B5PR-7	504	12,7	49,1	25,66	211	268
B5PR-8	527	12,7	54,5	25,16	204	277
B5PR-9	550	12,8	56,2	26,95	222	323
B5PR-10	531	12,8	54,2	24,57	202	257
BKPR-1	516	12,4	52,1	27,94	230	236
BKPR-2	527	11,9	55,4	25,97	214	236
BKPR-3	587	12,7	55,6	31,99	263	262
BKPR-4	701	12,4	45,1	29,00	238	269
BKPR-5	494	12,2	42,8	29,62	241	244
BKPR-6	520	12,6	50,7	29,73	244	266
BKPR-7	567	13,2	49,3	31,18	256	270
BKPR-8	674	12,9	70,8	31,39	258	275
BKPR-9	482	12,7	46,3	29,62	244	253
BKPR-10	584	13,0	60,2	31,39	258	279

Tabelle B-8: Ergebnisse der Versuchsreihen BxRR

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,90,90}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
B3RR-1	396	12,5	33,4	23,49	215	307
B3RR-2	372	12,9	31,4	21,96	199	382
B3RR-3	383	12,5	29,1	20,42	189	265
B3RR-4	409	12,4	36,1	18,67	169	308
B3RR-5	372	12,4	32,6	17,63	165	321
B3RR-6	366	12,4	26,5	17,75	164	299
B3RR-7	393	12,4	32,7	22,03	202	276
B3RR-8	388	12,5	39,6	21,11	193	331
B3RR-9	362	12,6	30,9	20,61	194	302
B3RR-10	376	12,6	33,4	20,58	189	259
B4RR-1	464	13,3	44,2	21,77	203	281
B4RR-2	441	13,0	43,0	25,82	241	330
B4RR-3	484	13,1	49,1	21,98	203	376
B4RR-4	471	12,9	47,4	13,03	136	375
B4RR-5	443	13,1	33,1	21,75	199	319
B4RR-6	465	13,0	33,5	21,83	202	337
B4RR-7	446	13,2	40,1	21,99	201	336
B4RR-8	463	12,9	47,4	22,88	208	405
B4RR-9	479	12,8	50,4	18,29	189	416
B4RR-10	438	12,9	42,1	16,15	167	402
B5RR-1	561	12,7	55,3	26,53	245	588
B5RR-2	471	13,0	41,2	24,10	227	365
B5RR-3	476	12,9	43,5	25,53	232	376
B5RR-4	468	12,7	44,4	23,15	218	412
B5RR-5	538	13,3	46,4	20,63	194	399
B5RR-6	547	13,0	54,7	24,31	227	449
B5RR-7	514	12,7	48,9	19,52	182	307
B5RR-8	510	12,7	48,1	20,06	186	400
B5RR-9	482	12,8	47,4	20,71	190	449
B5RR-10	536	12,8	54,2	23,48	217	414
BKRR-1	454	12,4	44,5	29,65	274	343
BKRR-2	646	13,2	63,1	32,00	296	360
BKRR-3	575	12,5	56,6	31,32	290	370
BKRR-4	462	12,6	45,4	25,22	233	349
BKRR-5	595	12,4	61,5	28,50	264	379
BKRR-6	555	13,1	54,8	37,87	258	343
BKRR-7	516	13,0	45,6	31,79	294	362
BKRR-8	480	12,2	47,6	24,02	222	344
BKRR-9	519	12,9	49,1	28,82	267	410
BKRR-10	466	8,6	40,4	30,74	284	361

Tabelle B-9: Ergebnisse der Versuchsreihen CxPP - A_{ef} = 141,6 cm²

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,0,0}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
C3PP-1	406	13,4	34,3	32,26	228	216
C3PP-2	408	13,6	30,1	34,40	243	237
C3PP-3	430	13,5	34,6	35,39	250	232
C3PP-4	421	13,7	31,9	31,24	221	206
C3PP-5	427	13,7	34,8	34,69	245	223
C3PP-6	388	13,5	30,5	29,58	209	234
C3PP-7	408	13,8	30,4	34,65	245	234
C3PP-8	402	13,8	32,3	32,75	231	223
C3PP-9	422	13,9	33,3	33,77	238	215
C3PP-10	391	13,6	34,4	30,80	218	239
C4PP-1	461	14,1	38,9	36,86	260	237
C4PP-2	459	14,3	36,0	35,66	252	205
C4PP-3	453	14,3	35,4	33,91	239	277
C4PP-4	459	14,4	36,6	33,79	239	250
C4PP-5	457	14,2	41,4	36,87	260	229
C4PP-6	473	14,4	35,9	35,74	252	199
C4PP-7	470	14,2	37,9	37,38	264	208
C4PP-8	450	14,4	32,8	37,59	265	249
C4PP-9	466	14,4	35,9	33,57	237	213
C4PP-10	466	14,0	40,4	37,55	265	242
C5PP-1	495	13,8	41,5	36,36	257	237
C5PP-2	514	14,0	45,8	38,34	271	237
C5PP-3	492	14,1	41,1	36,87	260	225
C5PP-4	493	14,0	41,8	38,26	270	209
C5PP-5	500	14,4	38,4	38,12	269	229
C5PP-6	471	14,2	39,1	35,81	253	239
C5PP-7	460	13,9	35,6	39,13	276	243
C5PP-8	464	14,0	37,2	36,94	261	216
C5PP-9	487	13,8	38,8	33,37	236	237
C5PP-10	474	13,5	37,5	34,16	241	270
CKPP-1	538	12,8	54,5	37,83	267	285
CKPP-2	585	12,9	59,5	36,27	256	292
CKPP-3	589	14,1	49,0	24,95	303	253
CKPP-4	517	13,5	49,4	38,19	270	287
CKPP-5	524	13,9	45,1	39,83	281	203
CKPP-6	497	13,0	45,7	36,63	259	319
CKPP-7	547	13,3	50,3	39,82	281	453
CKPP-8	496	13,3	46,9	41,19	291	456
CKPP-9	544	13,5	53,5	39,02	276	435
CKPP-10	457	13,2	38,6	36,84	260	421

Tabelle B-10: Ergebnisse der Versuchsreihen CxRP - A_{ef} = 81,9 cm²

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,90,0}$ [N/cm²]	K_s [N/mm / cm²]
C3RP-1	374	14,9	29,1	13,52	165	349
C3RP-2	421	13,7	29,3	15,87	194	405
C3RP-3	382	13,6	31,7	13,45	164	359
C3RP-4	413	12,8	35,2	15,30	187	354
C3RP-5	364	13,4	28,4	13,48	165	347
C3RP-6	364	13,2	30,5	12,97	158	361
C3RP-7	373	13,7	26,4	14,23	174	366
C3RP-8	394	13,8	30,0	15,65	191	422
C3RP-9	418	14,1	32,1	13,30	162	413
C3RP-10	414	13,7	31,6	14,71	180	381
C4RP-1	428	13,8	33,0	15,61	191	398
C4RP-2	397	13,7	38,7	14,29	174	408
C4RP-3	412	14,0	29,1	14,33	175	386
C4RP-4	447	14,0	36,1	15,62	191	410
C4RP-5	442	14,2	33,1	14,90	182	379
C4RP-6	420	14,3	32,3	16,31	199	462
C4RP-7	429	14,2	35,0	14,86	181	454
C4RP-8	421	14,3	33,8	16,67	204	442
C4RP-9	464	14,1	39,6	16,58	202	388
C4RP-10	482	14,5	40,8	15,39	188	398
C5RP-1	494	14,1	44,0	16,60	203	437
C5RP-2	482	14,3	37,9	15,71	192	440
C5RP-3	467	14,5	30,1	15,87	194	396
C5RP-4	489	14,3	38,4	16,77	205	361
C5RP-5	486	14,2	41,0	16,06	196	432
C5RP-6	488	14,3	39,9	20,89	255	1236
C5RP-7	486	14,3	38,4	20,98	256	1092
C5RP-8	491	14,1	42,5	20,29	248	960
C5RP-9	491	14,3	39,3	21,68	265	1243
C5RP-10	469	14,2	37,4	18,56	227	1133
CKRP-1	504	12,9	48,8	17,98	220	579
CKRP-2	516	12,6	49,4	18,43	225	418
CKRP-3	527	13,2	48,2	19,57	239	440
CKRP-4	518	13,9	45,0	19,31	236	462
CKRP-5	536	14,0	47,7	20,01	244	484
CKRP-6	495	13,2	46,0	17,74	217	977
CKRP-7	486	13,0	44,0	19,89	243	684
CKRP-8	578	13,6	56,6	24,63	301	1179
CKRP-9	588	13,7	53,9	26,01	318	889
CKRP-10	599	12,8	60,5	26,14	319	1165

Tabelle B-11: Ergebnisse der Versuchsreihen CxPR

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,0,90}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
C3PR-1	387	12,9	33,0	21,17	165	152
C3PR-2	417	12,8	39,6	20,94	164	120
C3PR-3	440	13,0	38,3	23,90	192	151
C3PR-4	421	13,0	38,6	22,27	178	148
C3PR-5	421	12,8	41,2	22,75	185	116
C3PR-6	435	12,8	37,6	22,50	175	125
C3PR-7	396	12,8	34,7	22,88	183	125
C3PR-8	458	12,7	41,5	21,51	175	136
C3PR-9	423	12,7	36,6	23,85	194	138
C3PR-10	435	13,2	37,9	22,13	173	136
C4PR-1	454	13,8	39,6	25,40	200	194
C4PR-2	455	13,5	42,0	27,05	211	178
C4PR-3	420	13,3	35,2	23,40	184	153
C4PR-4	483	13,0	49,5	23,93	193	149
C4PR-5	457	15,1	42,5	24,88	197	124
C4PR-6	460	11,8	34,7	23,50	185	138
C4PR-7	453	13,5	39,5	24,91	195	123
C4PR-8	490	13,8	38,8	26,62	215	139
C4PR-9	429	13,3	38,1	23,81	186	139
C4PR-10	447	13,4	40,8	18,36	143	127
C5PR-1	496	13,1	47,1	27,76	217	148
C5PR-2	473	12,9	45,4	28,14	224	156
C5PR-3	492	12,9	44,3	28,19	220	159
C5PR-4	524	13,1	51,2	25,27	197	119
C5PR-5	456	13,5	39,9	26,20	207	141
C5PR-6	451	13,3	37,3	24,44	193	120
C5PR-7	475	12,9	42,8	25,44	201	146
C5PR-8	470	12,8	41,4	24,07	186	117
C5PR-9	485	12,9	47,2	24,82	196	157
C5PR-10	491	13,5	40,3	26,47	206	138
CKPR-1	529	12,4	49,9	28,87	226	138
CKPR-2	488	12,3	52,0	28,02	219	138
CKPR-3	488	12,4	52,1	29,24	228	109
CKPR-4	484	12,2	48,0	26,55	207	137
CKPR-5	513	12,8	44,8	29,96	234	134
CKPR-6	483	12,7	40,5	27,10	212	150
CKPR-7	651	12,3	62,2	33,80	264	184
CKPR-8	556	13,2	52,8	29,13	228	163
CKPR-9	455	12,0	44,4	26,51	207	133
CKPR-10	574	12,8	49,9	31,63	247	156

Tabelle B-12: Ergebnisse der Versuchsreihen CxRR

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,90,90}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
C3RR-1	445	12,8	41,0	27,19	254	305
C3RR-2	445	12,7	43,9	29,81	276	219
C3RR-3	430	12,9	37,6	33,55	317	323
C3RR-4	459	12,8	45,2	29,57	274	303
C3RR-5	418	12,8	33,7	31,18	297	316
C3RR-6	392	12,8	35,1	30,66	289	223
C3RR-7	399	12,7	31,6	29,02	271	232
C3RR-8	466	12,7	45,2	30,36	284	261
C3RR-9	374	12,8	34,9	27,86	268	263
C3RR-10	410	12,8	32,4	35,12	328	254
C4RR-1	464	13,3	46,0	32,26	307	327
C4RR-2	480	13,5	40,4	37,27	355	334
C4RR-3	425	13,1	41,2	28,12	265	333
C4RR-4	481	13,0	40,3	32,16	342	385
C4RR-5	456	13,0	42,7	29,96	280	215
C4RR-6	457	13,3	38,4	36,24	342	265
C4RR-7	440	13,3	36,0	32,40	303	250
C4RR-8	415	13,1	38,3	32,95	305	261
C4RR-9	480	13,6	42,5	35,53	374	382
C4RR-10	440	13,3	39,7	33,06	348	320
C5RR-1	488	13,1	45,5	33,16	313	274
C5RR-2	470	12,8	44,4	34,73	334	294
C5RR-3	477	12,8	47,2	35,49	329	287
C5RR-4	481	13,1	43,3	35,71	343	270
C5RR-5	491	13,2	43,2	35,11	338	280
C5RR-6	512	12,8	43,9	36,96	352	261
C5RR-7	453	13,4	40,9	30,70	292	278
C5RR-8	503	13,5	43,4	37,33	352	338
C5RR-9	570	13,0	41,6	30,73	287	264
C5RR-10	489	13,0	46,3	34,47	325	272
CKRR-1 *)	480	12,5	56,8	25,22		
CKRR-2	676	13,9	49,8	34,58		
CKRR-3	643	12,7	65,0	30,79		
CKRR-4	586	12,6	48,5	30,92		
CKRR-5	503	12,4	47,4	26,39		
CKRR-6						
CKRR-7						
CKRR-8						
CKRR-9						
CKRR-10						

*) Die Versuche der Reihe CKRR werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da Querzugversagen des Holzes und Plattenversagen bruchursächlich waren. Die Versuche CKRR-6 bis -10 wurden aus diesem Grund nicht durchgeführt.

Tabelle B-13: Ergebnisse der Versuchsreihen DxPP - A_{ef} = 132,6 cm²

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,0,0}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
D3PP-1	393	13,9	27,7	40,48	305	348
D3PP-2	390	13,7	30,6	31,25	236	385
D3PP-3	375	14,2	29,3	34,04	257	389
D3PP-4	399	14,0	28,9	32,44	245	410
D3PP-5	394	13,4	29,6	37,64	284	353
D3PP-6	404	14,2	27,7	36,52	275	357
D3PP-7	392	14,0	27,8	33,47	252	360
D3PP-8	392	14,5	25,8	36,51	275	391
D3PP-9	401	14,1	29,4	31,57	238	427
D3PP-10	405	13,4	27,2	41,89	316	445
D4PP-1	437	14,3	34,8	35,20	265	462
D4PP-2	454	15,1	34,6	42,91	324	395
D4PP-3	442	15,3	32,4	40,63	306	412
D4PP-4	449	15,6	24,8	41,86	316	442
D4PP-5	475	14,7	40,7	37,05	279	404
D4PP-6	475	15,2	38,8	40,52	306	448
D4PP-7	448	15,4	34,2	39,85	301	456
D4PP-8	456	15,6	32,8	43,83	331	525
D4PP-9	470	15,0	34,8	43,25	326	516
D4PP-10	464	14,5	38,6	38,91	293	409
D5PP-1	523	14,6	47,4	41,94	316	471
D5PP-2	461	15,1	32,1	41,53	313	398
D5PP-3	470	15,3	39,7	43,04	325	434
D5PP-4	485	15,5	37,5	38,82	293	434
D5PP-5	527	15,8	43,3	39,76	300	498
D5PP-6	529	15,6	41,9	39,74	300	543
D5PP-7	491	15,6	36,5	44,07	332	540
D5PP-8	517	15,5	42,1	41,27	311	436
D5PP-9	517	15,6	36,3	40,91	309	465
D5PP-10	500	14,6	38,7	45,30	342	478
DKPP-1	525	12,5	50,1	46,70	352	471
DKPP-2	479	12,7	36,1	43,37	327	421
DKPP-3	534	12,9	50,4	47,44	358	404
DKPP-4	561	14,1	53,0	44,48	335	4404
DKPP-5	516	13,7	48,9	48,66	367	368
DKPP-6	524	13,4	43,9	50,21	379	504
DKPP-7	510	13,0	48,8	52,61	397	511
DKPP-8	440	13,5	34,7	45,23	341	546
DKPP-9	599	13,4	60,8	58,77	443	563
DKPP-10	561	13,3	46,4	60,62	457	567

Tabelle B-14: Ergebnisse der Versuchsreihen DxRP - A_{ef} = 107,1 cm²

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,90,0}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
D3RP-1	390	13,1	32,1	16,88	158	437
D3RP-2	377	13,4	25,9	19,60	183	564
D3RP-3	388	13,5	29,3	21,12	197	540
D3RP-4	407	13,3	33,6	21,05	197	585
D3RP-5	414	13,3	29,3	23,69	221	768
D3RP-6	411	13,4	32,3	21,92	205	570
D3RP-7	413	13,5	35,1	20,16	188	528
D3RP-8	407	13,3	34,1	20,26	189	542
D3RP-9	409	13,2	34,6	18,67	174	674
D3RP-10	413	13,5	27,3	23,35	218	631
D4RP-1	467	14,5	38,8	20,40	190	678
D4RP-2	458	15,0	37,3	24,52	229	803
D4RP-3	470	14,4	41,4	17,68	165	689
D4RP-4	459	14,9	36,9	22,99	215	713
D4RP-5	478	14,6	34,3	19,17	179	695
D4RP-6	359	14,7	27,4	21,05	197	711
D4RP-7	467	14,7	41,5	19,30	180	766
D4RP-8	457	14,7	36,6	21,61	202	672
D4RP-9	474	14,8	39,1	25,05	234	708
D4RP-10	378	14,2	28,4	20,59	192	689
D5RP-1	480	14,4	39,4	20,88	195	624
D5RP-2	381	15,3	36,3	26,56	248	764
D5RP-3	484	15,3	39,9	21,36	199	803
D5RP-4	514	15,2	44,2	22,20	207	747
D5RP-5	524	15,4	43,6	22,77	213	777
D5RP-6	473	15,3	32,7	20,70	193	739
D5RP-7	514	15,2	37,1	25,49	238	1001
D5RP-8	505	15,5	36,1	24,66	230	921
D5RP-9	517	15,6	43,0	24,82	232	786
D5RP-10	511	14,4	42,1	22,77	213	581
DKRP-1	584	12,9	55,1	36,33	339	866
DKRP-2	510	12,6	50,4	28,28	264	598
DKRP-3	509	14,2	40,2	28,89	270	436
DKRP-4	520	13,0	50,6	24,96	233	463
DKRP-5	507	14,0	41,9	29,09	272	538
DKRP-6	519	12,7	53,8	31,44	294	1107
DKRP-7	569	14,1	48,7	31,61	295	1027
DKRP-8	493	13,4	38,5	29,31	274	1012
DKRP-9	615	13,9	54,1	36,59	342	1184
DKRP-10	504	7,3	36,6	27,56	257	878

Tabelle B-15: Ergebnisse der Versuchsreihen DxPR

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,0,90}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
D3PR-1	380	12,4	33,5	22,06	180	176
D3PR-2	395	12,7	34,1	21,42	175	213
D3PR-3	378	12,7	31,0	22,08	175	168
D3PR-4	357	12,9	32,9	20,57	166	207
D3PR-5	383	13,0	34,8	23,42	191	187
D3PR-6	393	13,0	34,1	22,19	180	192
D3PR-7	389	12,8	34,4	21,56	170	199
D3PR-8	398	12,9	37,0	22,56	186	234
D3PR-9	376	12,8	33,3	20,15	165	170
D3PR-10	372	12,8	26,3	23,98	192	192
D4PR-1	489	13,4	43,3	25,58	213	237
D4PR-2	506	13,0	52,0	23,97	197	262
D4PR-3	467	13,1	45,8	22,45	186	272
D4PR-4	461	13,1	44,4	28,72	238	223
D4PR-5	439	12,9	32,6	25,00	207	239
D4PR-6	453	13,2	41,3	22,00	183	193
D4PR-7	484	13,1	43,4	29,04	240	268
D4PR-8	443	13,1	54,1	22,90	187	192
D4PR-9	435	13,2	40,7	24,76	204	253
D4PR-10	418	13,0	39,1	25,96	216	191
D5PR-1	519	13,3	50,2	28,81	237	248
D5PR-2	535	11,5	51,1	29,03	242	262
D5PR-3	527	13,2	49,3	26,81	225	303
D5PR-4	530	13,1	52,7	24,79	205	207
D5PR-5	530	13,0	54,6	24,15	200	228
D5PR-6	550	13,3	49,4	26,65	216	223
D5PR-7	539	13,0	51,6	24,41	197	227
D5PR-8	526	13,0	53,7	26,13	215	266
D5PR-9	584	12,7	59,6	29,49	247	248
D5PR-10	557	13,0	42,2	27,04	218	269
DKPR-1	602	12,5	62,7	36,17	297	208
DKPR-2	551	12,7	50,3	33,29	274	239
DKPR-3	638	12,2	61,5	38,43	316	214
DKPR-4	491	12,9	47,2	31,59	260	225
DKPR-5	473	12,7	38,7	28,64	236	206
DKPR-6	535	13,2	51,1	31,55	259	226
DKPR-7	581	12,9	57,2	32,33	266	233
DKPR-8	651	13,0	68,3	29,47	242	262
DKPR-9	476	12,7	41,8	30,78	253	246
DKPR-10	490	12,6	44,1	31,41	258	240

Tabelle B-16: Ergebnisse der Versuchsreihen DxRR

Versuch	ρ [kg/m^3]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm^2]	F_{max} [kN]	$f_{a,90,90}$ [N/cm^2]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
D3RR-1	428	12,6	36,1	22,64	157	285
D3RR-2	378	12,7	30,6	22,54	158	225
D3RR-3	356	13,0	31,8	29,70	207	270
D3RR-4	409	12,5	30,1	24,34	169	240
D3RR-5	388	12,8	32,5	25,14	172	242
D3RR-6	390	12,8	32,7	28,73	201	233
D3RR-7	392	12,3	41,2	26,91	187	286
D3RR-8	393	12,6	34,4	27,32	190	247
D3RR-9	405	12,9	37,4	26,49	178	258
D3RR-10	389	12,6	33,7	24,43	172	314
D4RR-1	471	13,4	46,0	31,78	219	342
D4RR-2	454	13,1	39,1	32,92	223	279
D4RR-3	490	13,5	45,6	32,21	222	382
D4RR-4	487	13,1	46,1	31,87	222	296
D4RR-5	422	13,2	34,8	34,04	238	275
D4RR-6	509	13,5	36,4	30,17	211	323
D4RR-7	457	13,1	36,8	30,70	212	240
D4RR-8	466	13,5	37,8	34,85	241	267
D4RR-9	408	13,1	39,1	29,56	204	270
D4RR-10	444	13,3	41,4	27,13	189	254
D5RR-1	581	12,7	59,7	35,92	250	325
D5RR-2	589	12,7	59,1	32,09	225	377
D5RR-3	561	12,9	54,4	31,09	213	357
D5RR-4	563	12,9	54,9	31,08	213	385
D5RR-5	562	12,9	55,0	30,84	211	287
D5RR-6	560	13,0	54,2	31,99	222	271
D5RR-7	481	13,4	41,5	26,48	185	343
D5RR-8	538	13,4	37,8	25,98	179	289
D5RR-9	506	13,5	38,1	32,55	228	368
D5RR-10	507	13,5	40,7	31,96	219	225
DKRR-1	506	12,3	40,7	34,61	242	230
DKRR-2	612	12,8	63,8	33,43	234	225
DKRR-3	465	12,6	43,2	30,34	212	218
DKRR-4	528	12,4	49,6	35,03	245	267
DKRR-5	542	12,2	53,7	32,77	229	233
DKRR-6	511	13,0	46,0	34,62	242	238
DKRR-7	519	12,8	46,2	36,31	254	270
DKRR-8	596	12,7	55,4	31,60	221	323
DKRR-9	488	12,5	47,4	34,58	242	258
DKRR-10	544	12,4	55,4	32,82	230	255

Tabelle B-17: Ergebnisse der Versuchsreihen E

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,\alpha,\beta}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
EPP-1	416	13,8	39,1	33,6	266	
EPP-2	470	14,0	50,4	33,5	265	
EPP-3	492	14,3	52,2	35,1	277	
EPP-4	468	14,2	45,2	32,6	258	
EPP-5	434	14,6	40,8	34,0	269	
EPP-6	529	15,0	45,4	33,3	263	
EPP-7	484	13,4	49,6	33,2	262	
EPP-8	450	14,1	49,4	33,9	268	
EPP-9	406	14,4	40,7	34,0	269	
EPP-10	431	14,5	44,8	35,3	279	
EPP-11	423	14,0	45,2	32,4	256	
EPP-12	403	14,3	40,1	33,1	262	
EPP-13	499	14,4	53,2	36,8	291	
EPP-14	436	13,9	44,6	36,1	285	
EPP-15	430	13,8	43,3	31,3	247	
EPP-16	487	14,0	52,5	34,6	273	
EPP-17	429	13,7	42,4	32,0	253	
EPR-1	466	13,4	41,8	23,6	222	
EPR-2	404	13,3	37,9	21,0	197	
EPR-3	416	13,0	37,2	20,9	196	
EPR-4	420	12,9	32,5	19,7	185	
EPR-5	519	12,4	45,6	23,2	218	
EPR-6	383	12,4	37,0	200,9	196	
EPR-7	388	13,4	35,5	21,8	205	
EPR-8	500	13,5	46,3	22,3	210	
EPR-9	388	13,3	35,5	21,2	199	
EPR-10	459	13,2	42,0	23,3	219	
EPR-11	475	13,4	41,8	24,8	233	
EPR-12	498	14,0	42,8	22,9	215	
EPR-13	457	12,9	44,6	23,7	223	
EPR-14	376	13,1	35,4	22,4	211	
EPR-15	407	12,1	37,9	22,6	212	

Tabelle B-17: Ergebnisse der Versuchsreihen E

Versuch	ρ [kg/m³]	u [%]	$\sigma_{D\|\|}$ [N/mm²]	F_{max} [kN]	$f_{a,\alpha,\beta}$ [N/cm²]	K_s $\left[\frac{N/mm}{cm^2}\right]$
EPP-1	416	13,8	39,1	33,6	266	303
EPP-2	470	14,0	50,4	33,5	265	269
EPP-3	492	14,3	52,2	35,1	277	289
EPP-4	468	14,2	45,2	32,6	258	296
EPP-5	434	14,6	40,8	34,0	269	346
EPP-6	529	15,0	45,4	33,3	263	337
EPP-7	484	13,4	49,6	33,2	262	338
EPP-8	450	14,1	49,4	33,9	268	345
EPP-9	406	14,4	40,7	34,0	269	277
EPP-10	431	14,5	44,8	35,3	279	269
EPP-11	423	14,0	45,2	32,4	256	296
EPP-12	403	14,3	40,1	33,1	262	303
EPP-13	499	14,4	53,2	36,8	291	288
EPP-14	436	13,9	44,6	36,1	285	351
EPP-15	430	13,8	43,3	31,3	247	291
EPP-16	487	14,0	52,5	34,6	273	258
EPP-17	429	13,7	42,4	32,0	253	258
EPR-1	466	13,4	41,8	23,6	222	159
EPR-2	404	13,3	37,9	21,0	197	121
EPR-3	416	13,0	37,2	20,9	196	128
EPR-4	420	12,9	32,5	19,7	185	109
EPR-5	519	12,4	45,6	23,2	218	106
EPR-6	383	12,4	37,0	200,9	196	135
EPR-7	388	13,4	35,5	21,8	205	146
EPR-8	500	13,5	46,3	22,3	210	117
EPR-9	388	13,3	35,5	21,2	199	123
EPR-10	459	13,2	42,0	23,3	219	125
EPR-11	475	13,4	41,8	24,8	233	156
EPR-12	498	14,0	42,8	22,9	215	110
EPR-13	457	12,9	44,6	23,7	223	107
EPR-14	376	13,1	35,4	22,4	211	132
EPR-15	407	12,1	37,9	22,6	212	144

Anlagen C

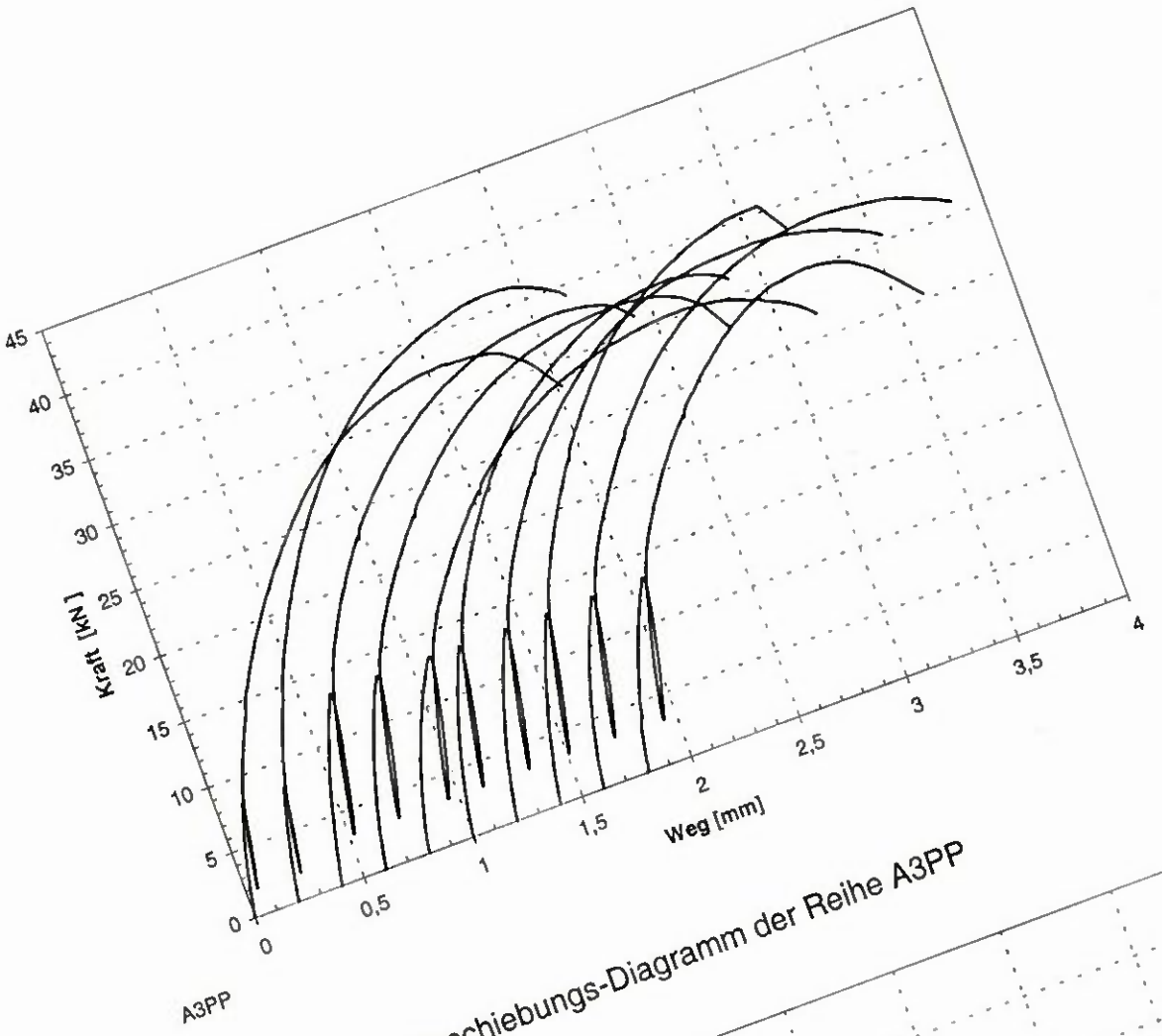


Abb. C-1: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A3PP

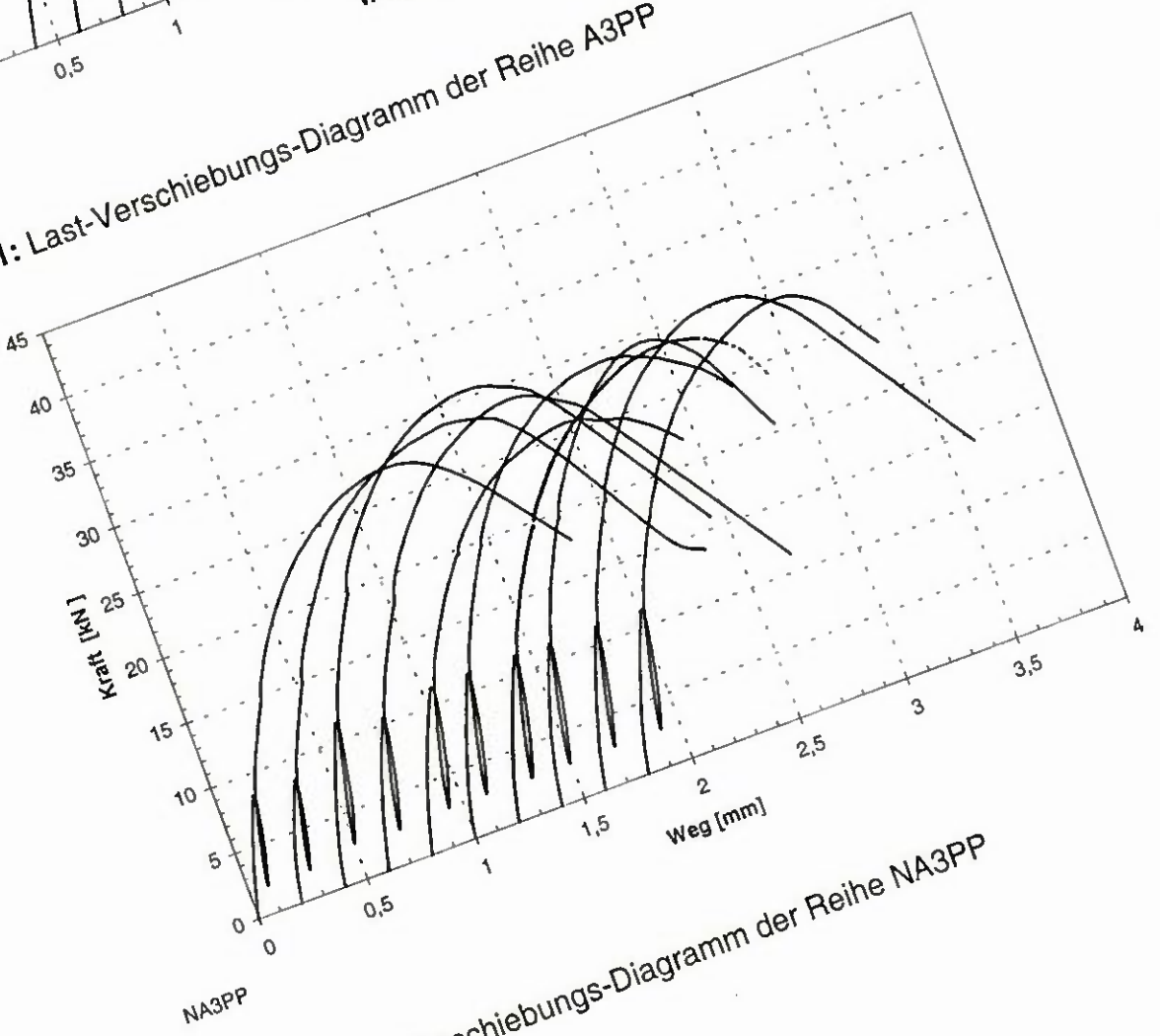


Abb. C-2: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe NA3PP

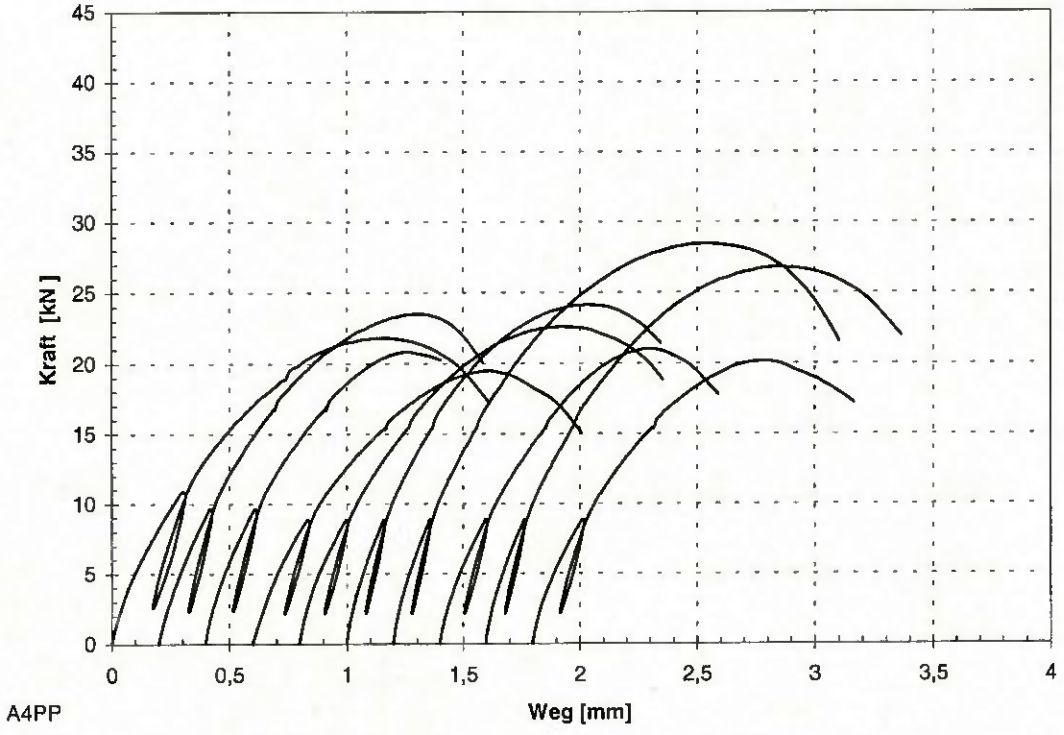


Abb. C-3: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A4PP

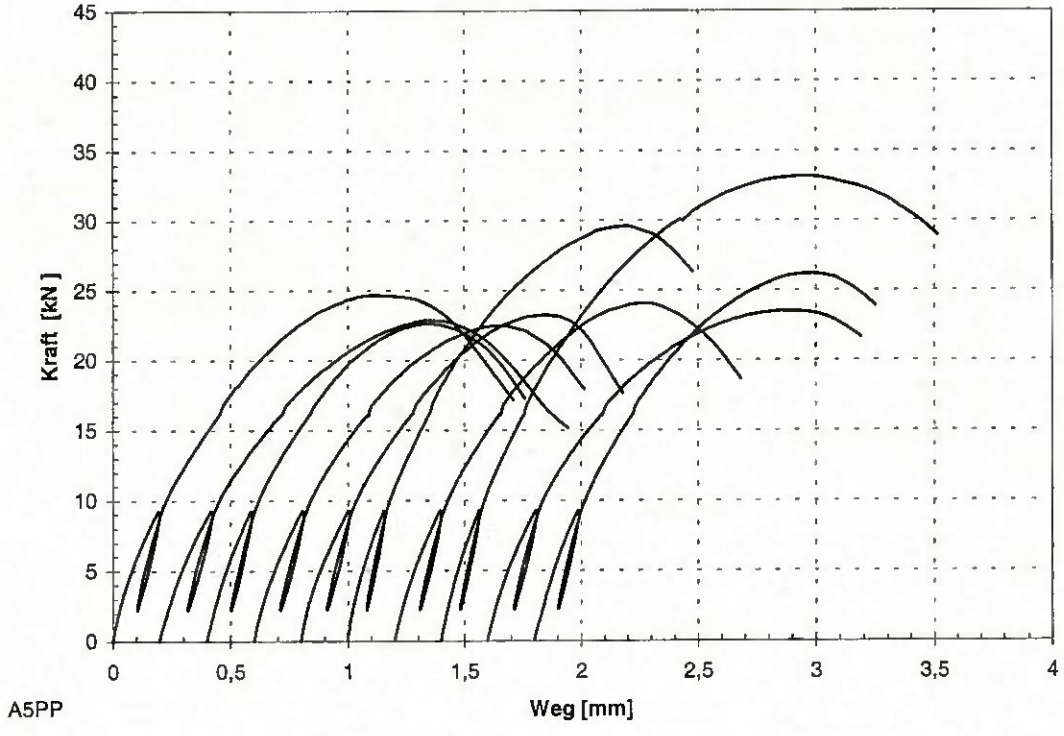


Abb. C-4: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A5PP

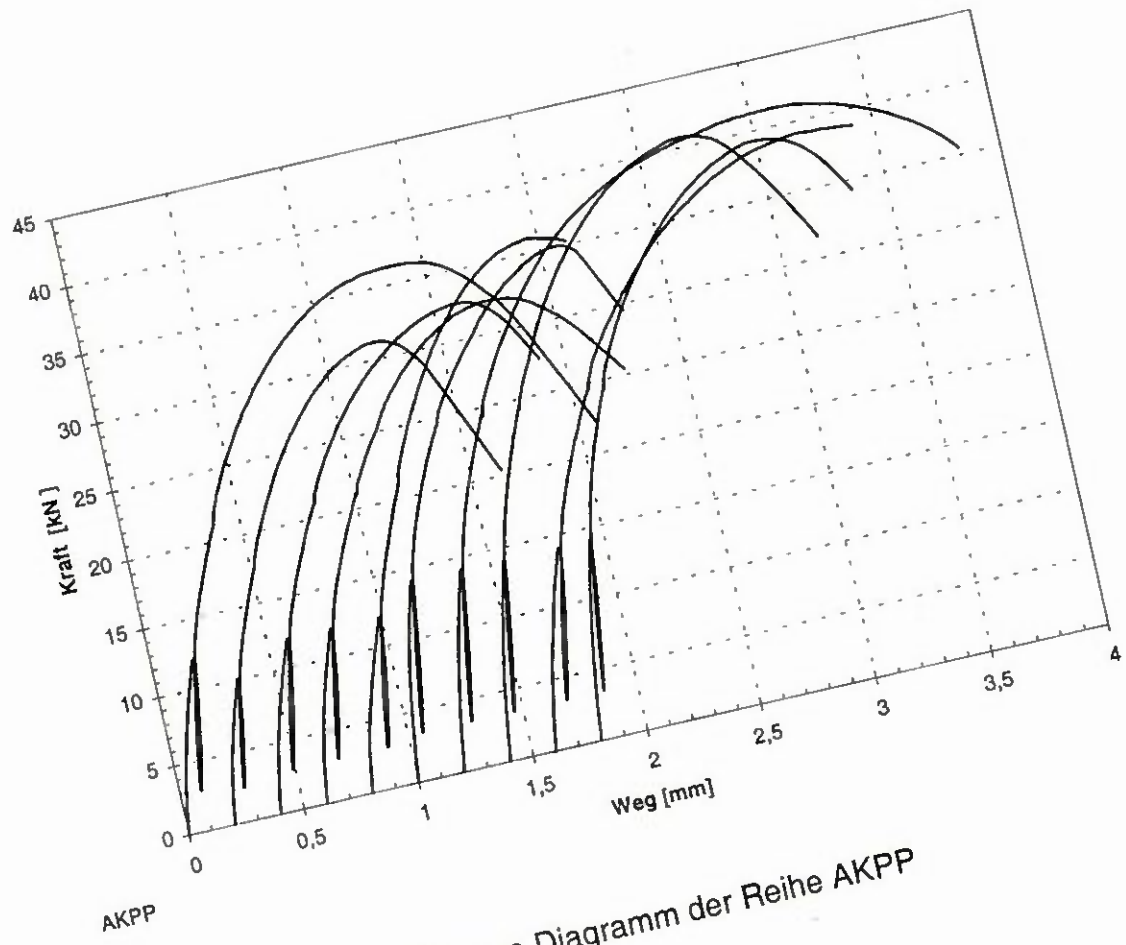


Abb. C-5: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe AKPP

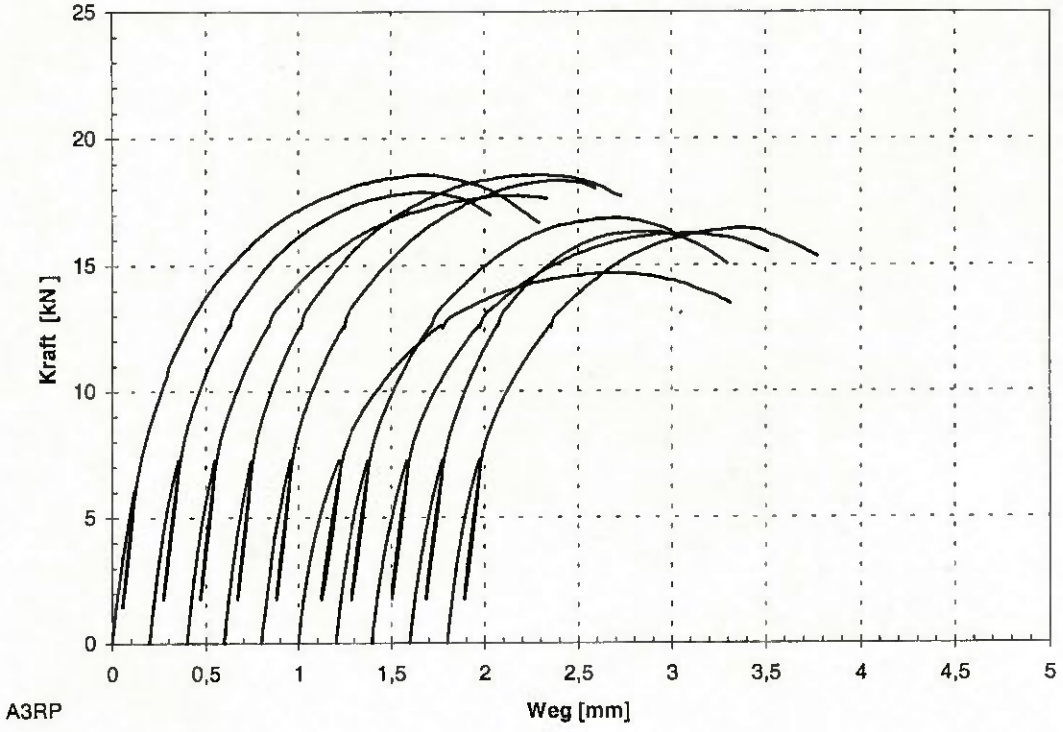


Abb. C-6: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A3RP

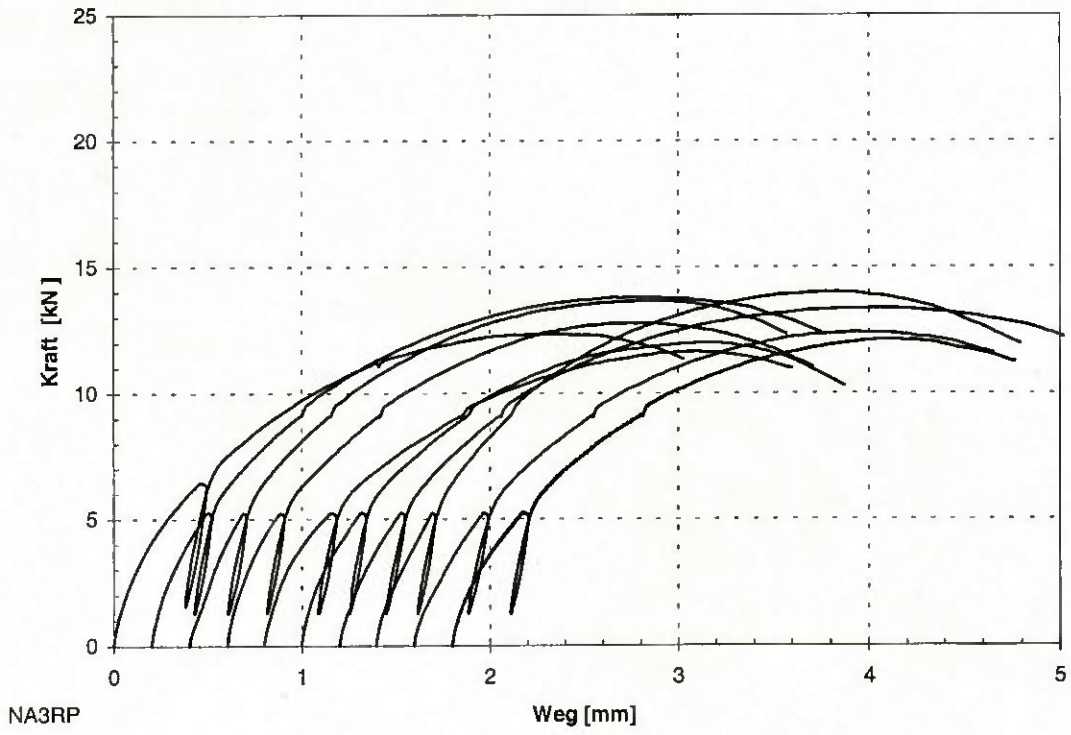


Abb. C-7: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe NA3RP

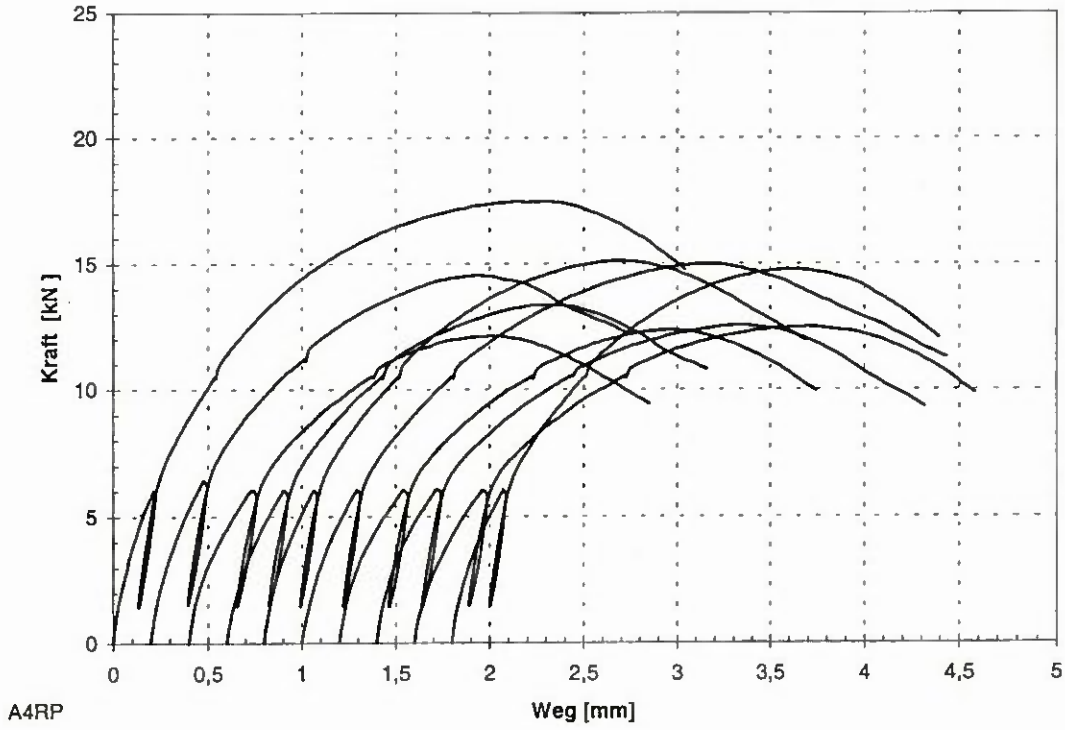


Abb. C-8: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A4RP

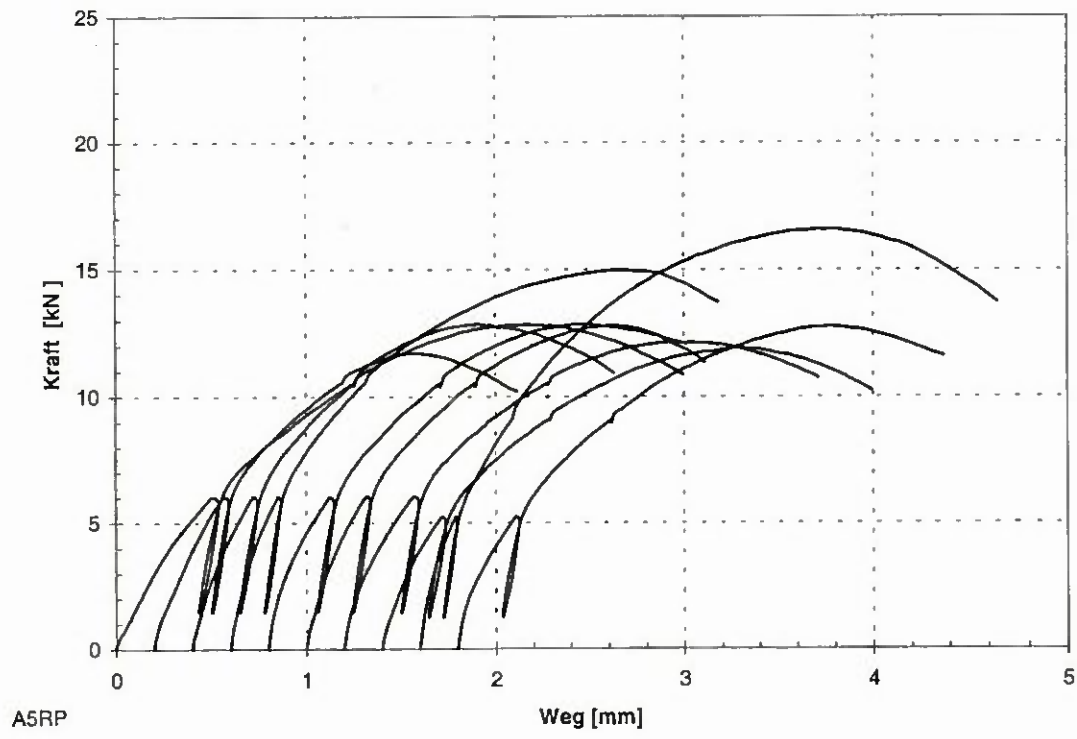


Abb. C-9: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A5RP

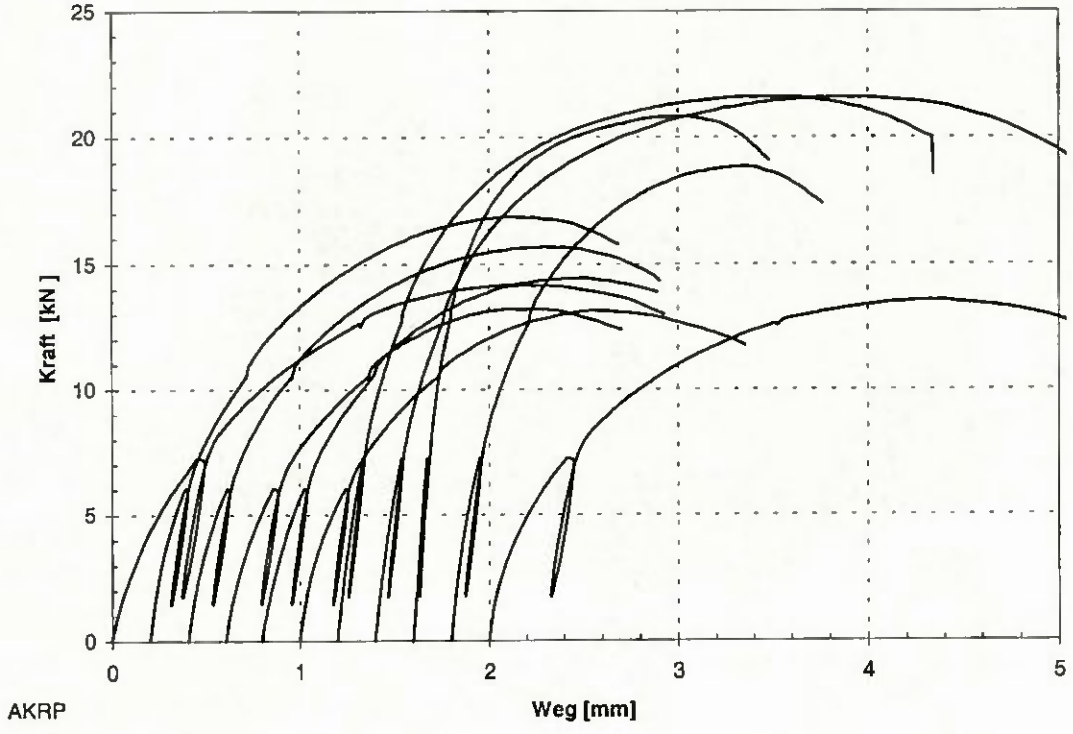


Abb. C-10: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe AKRP

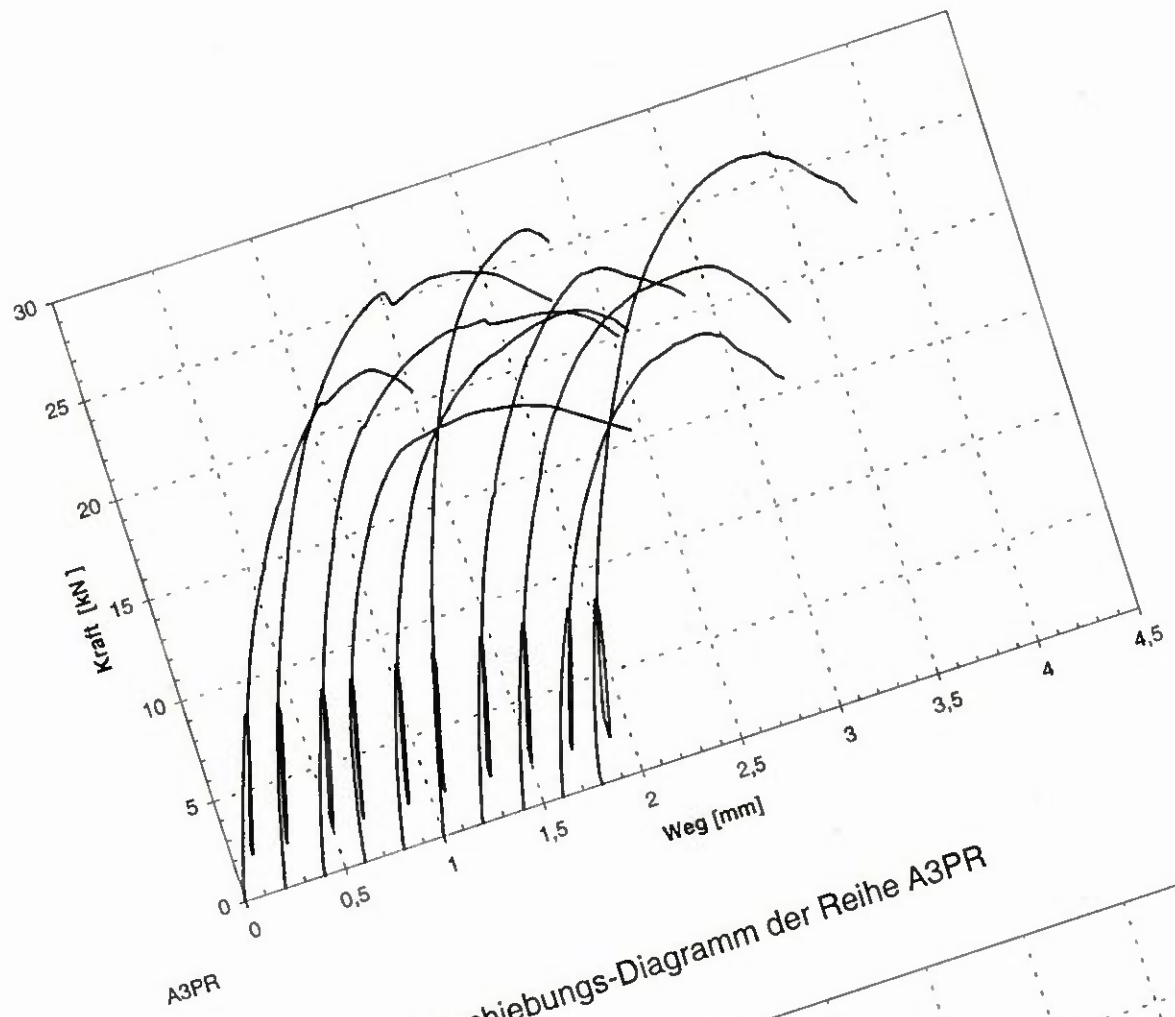


Abb. C-11: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A3PR

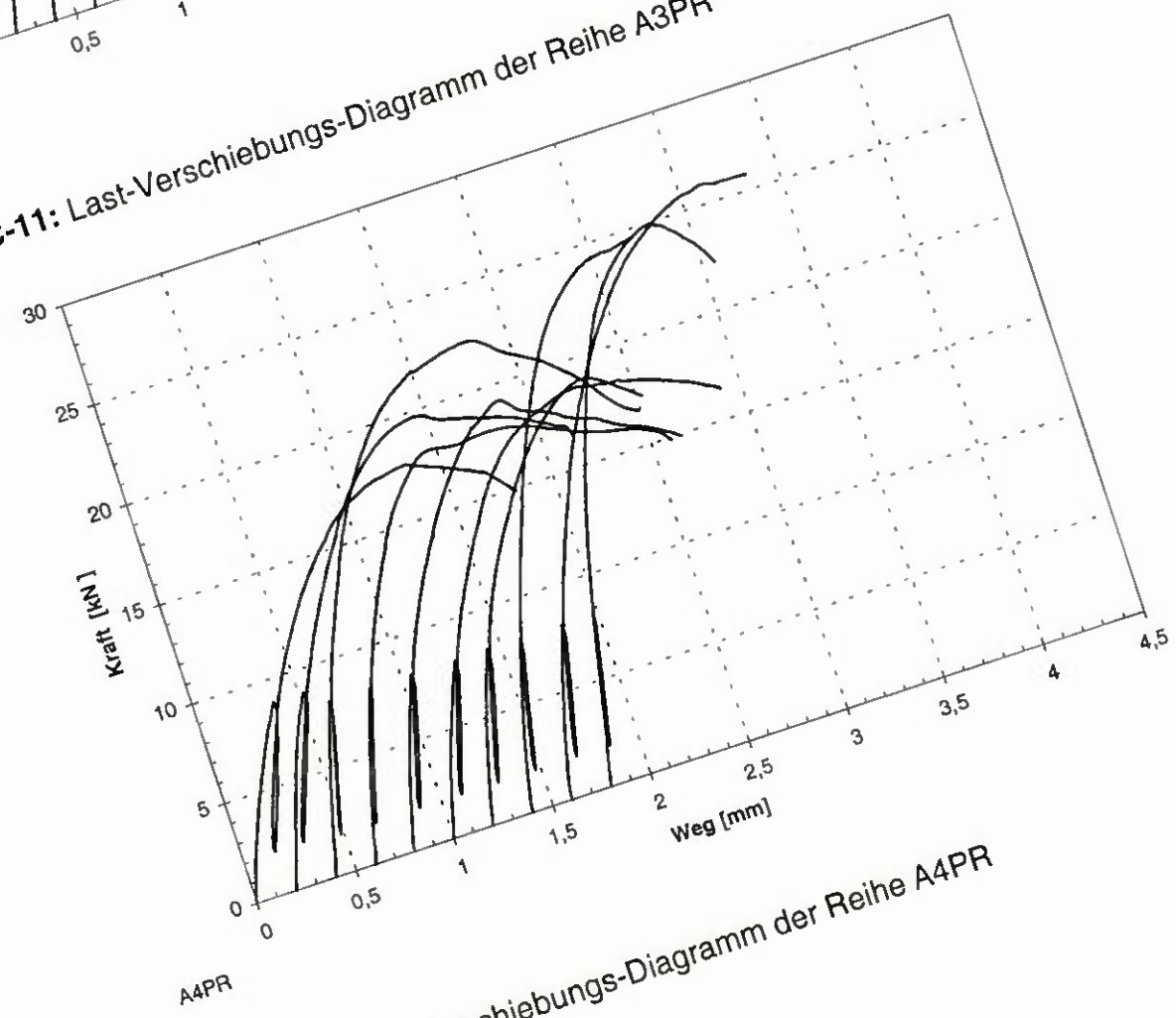


Abb. C-12: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A4PR

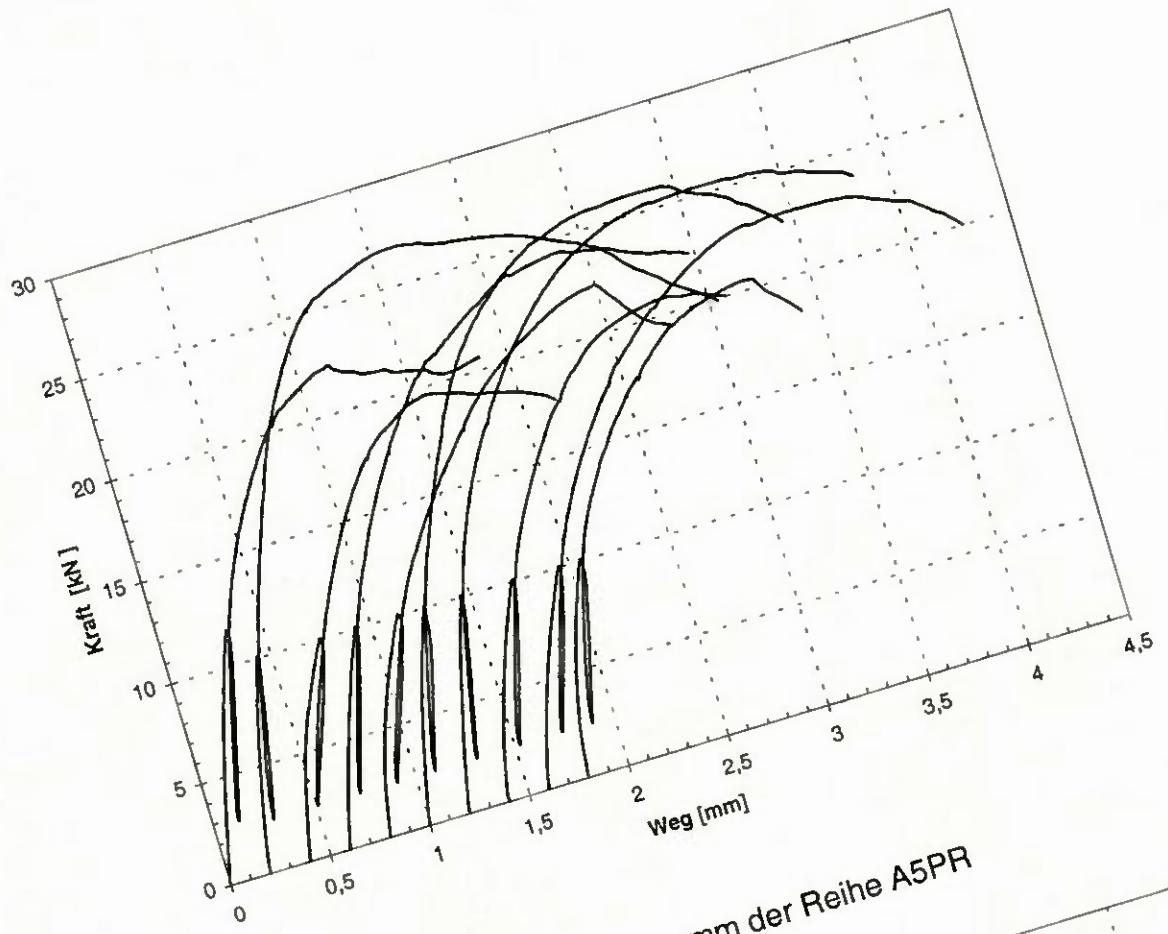


Abb. C-13: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A5PR

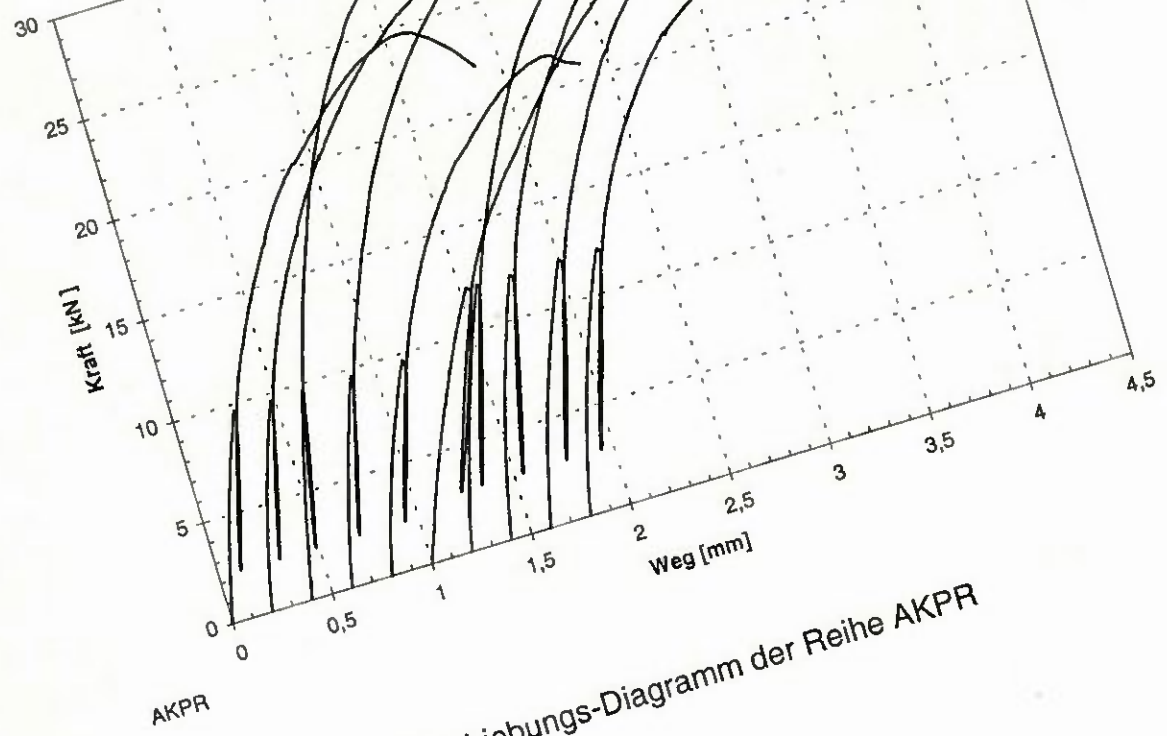


Abb. C-14: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe AKPR

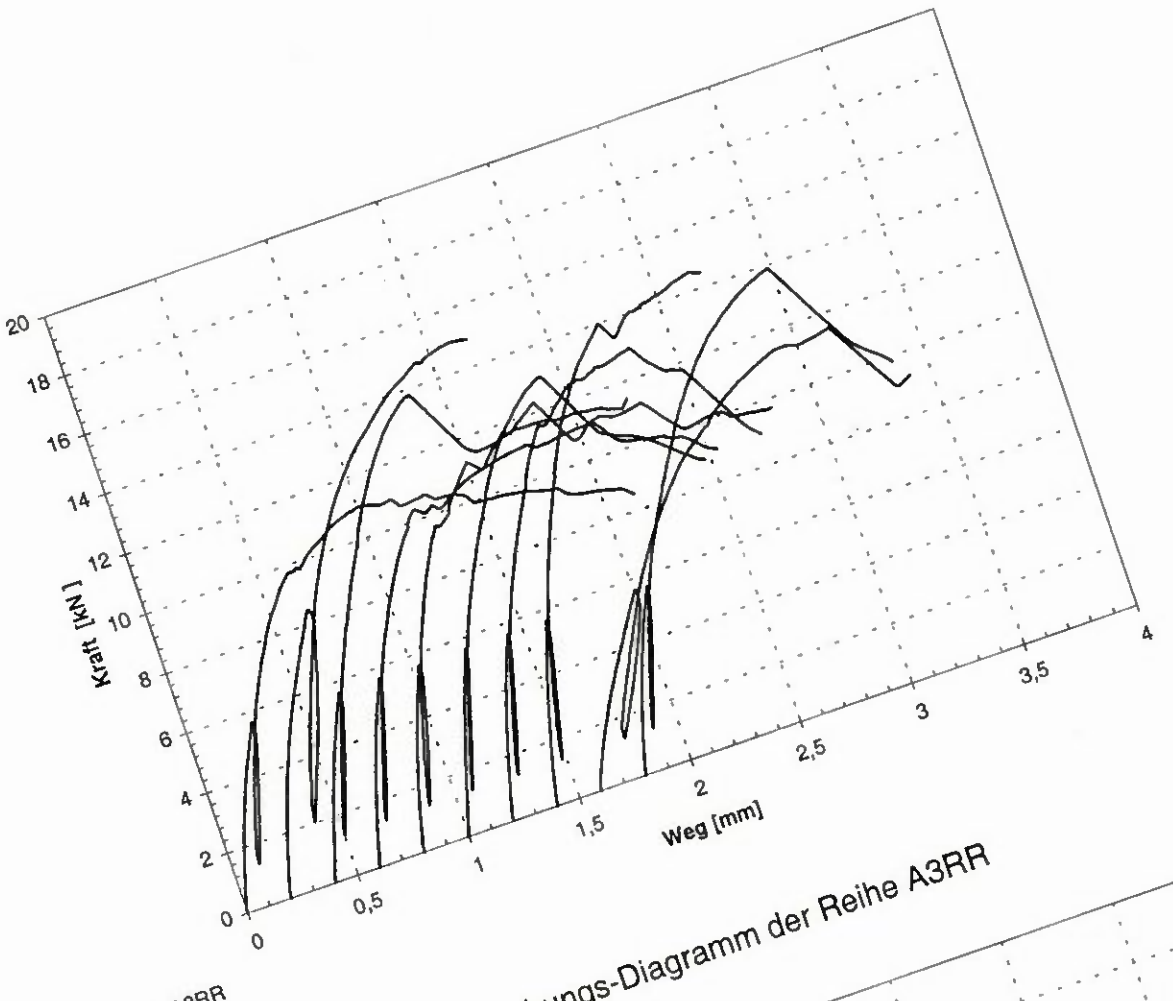


Abb. C-15: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A3RR

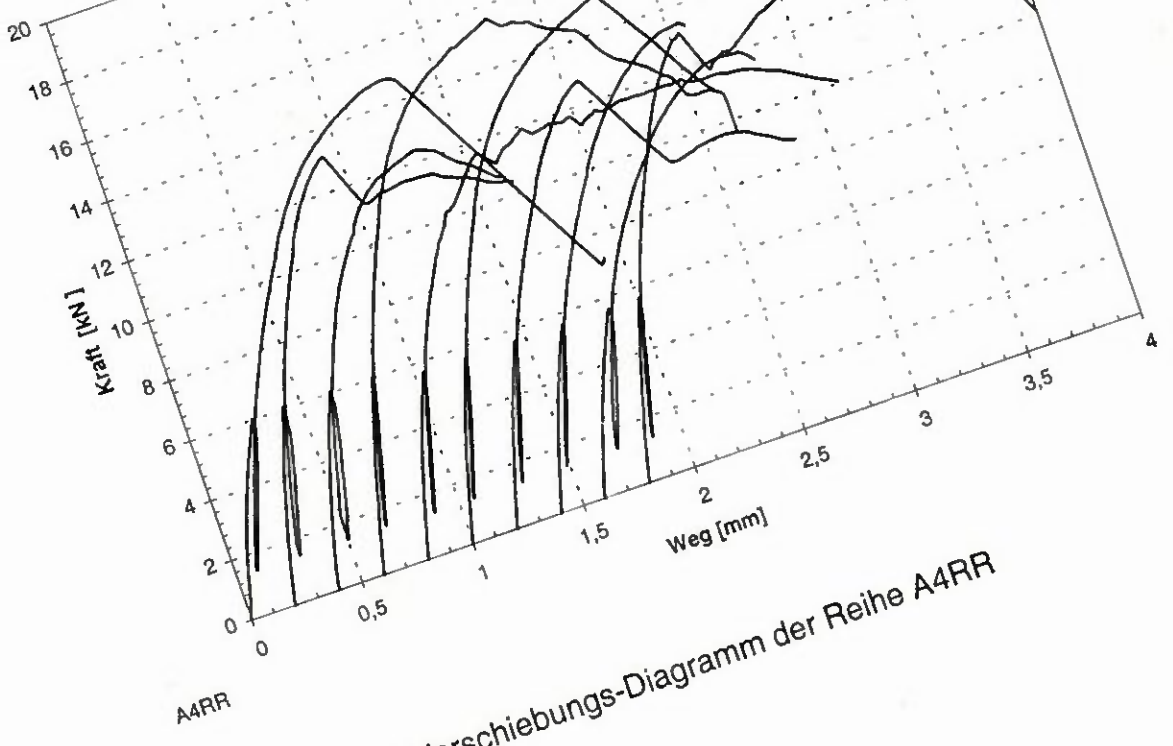


Abb. C-16: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A4RR

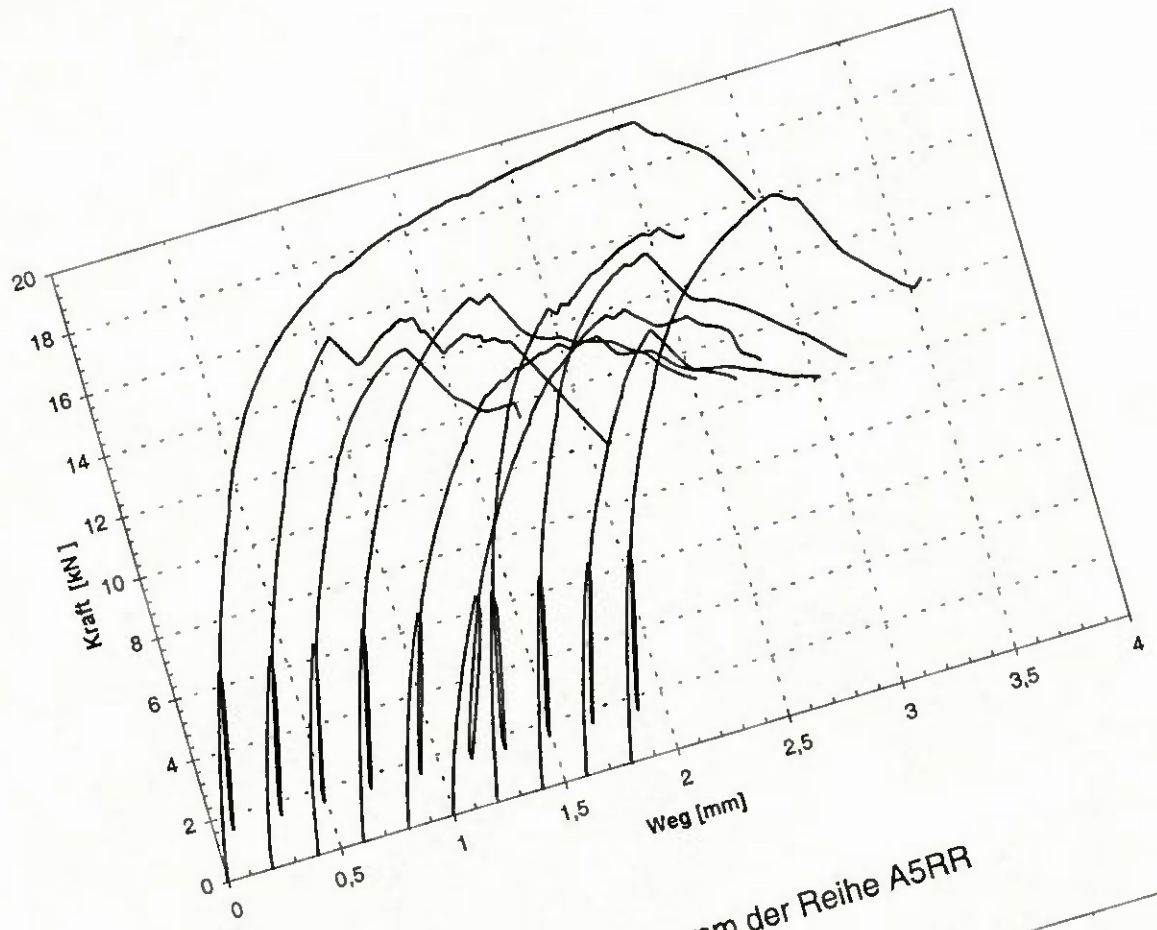


Abb. C-17: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe A5RR

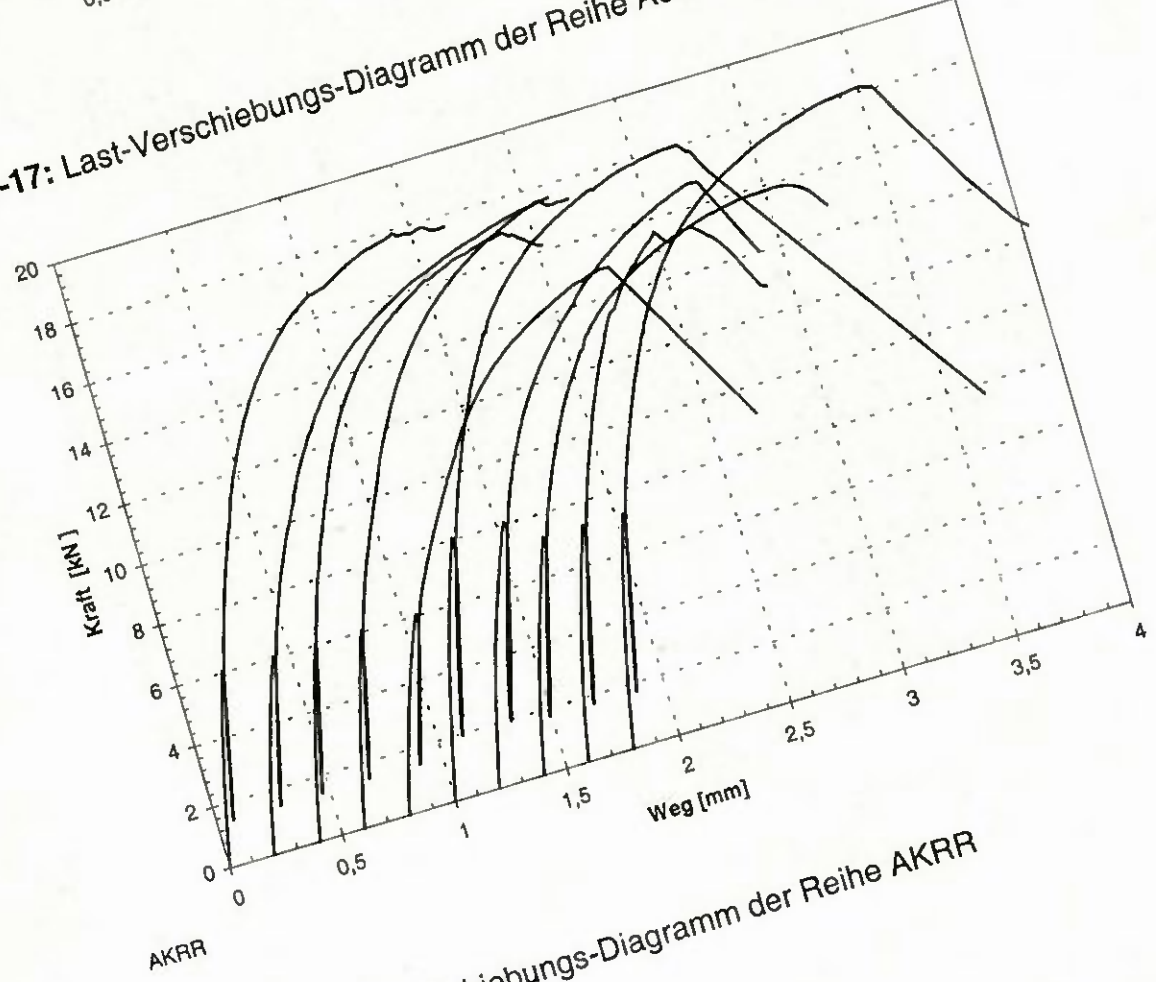


Abb. C-18: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe AKRR

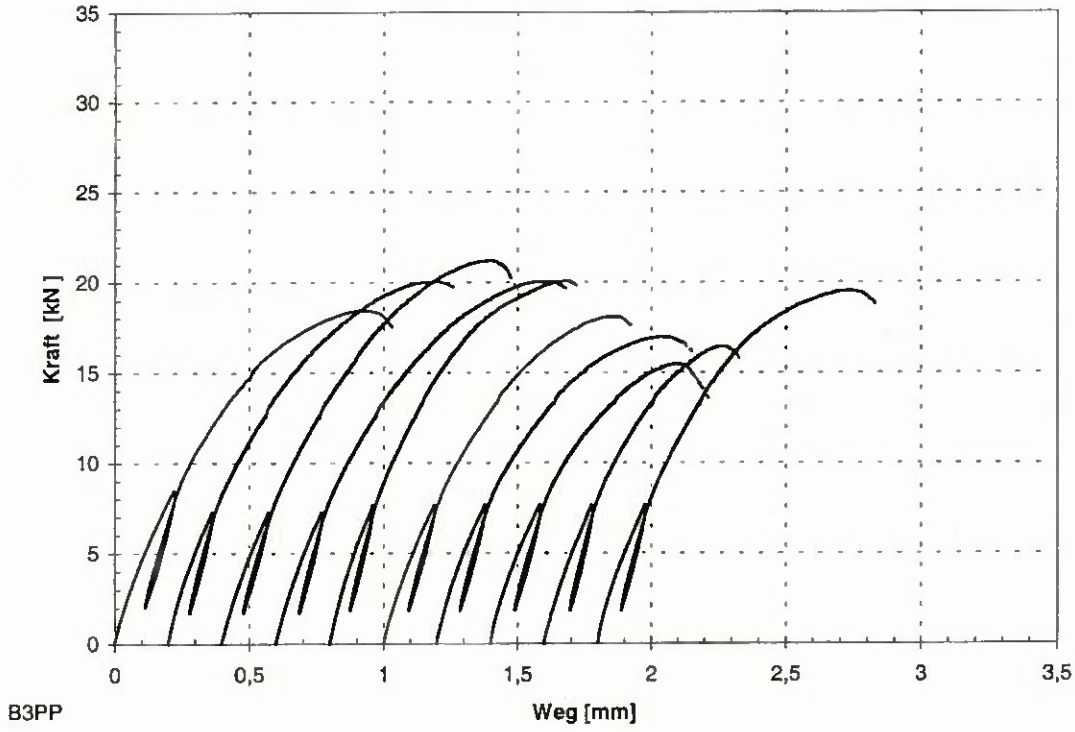


Abb. C-19: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B3PP

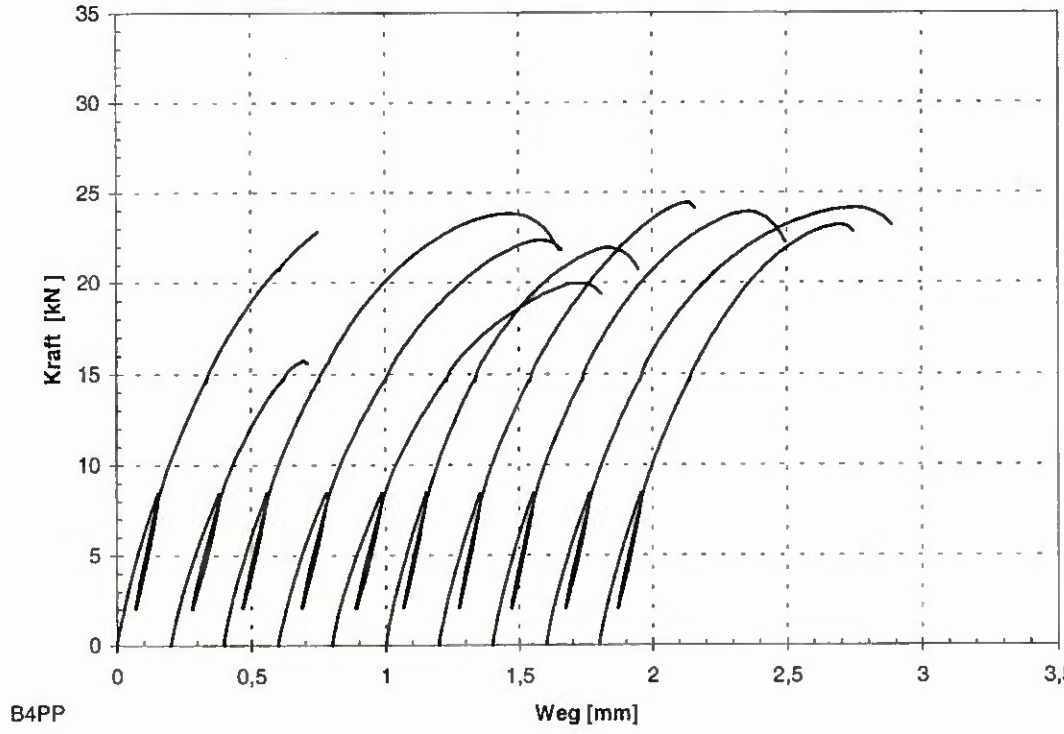
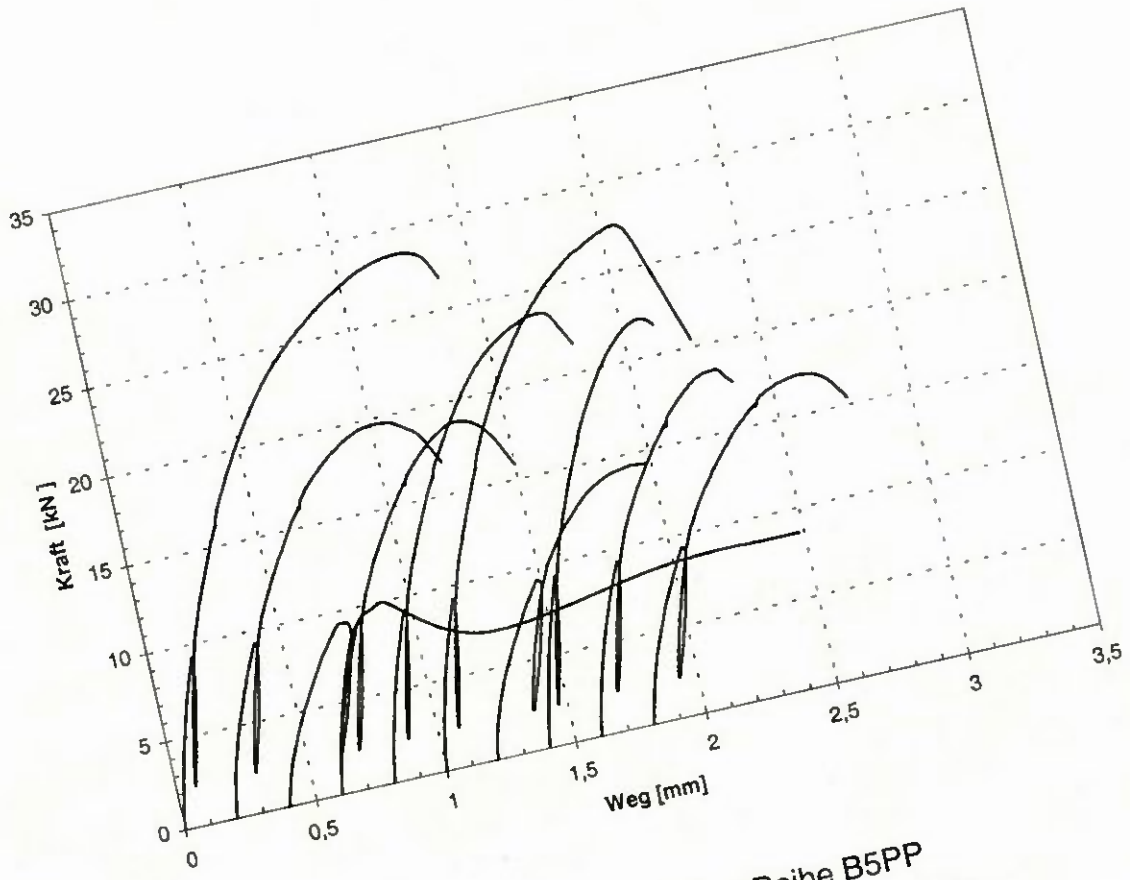
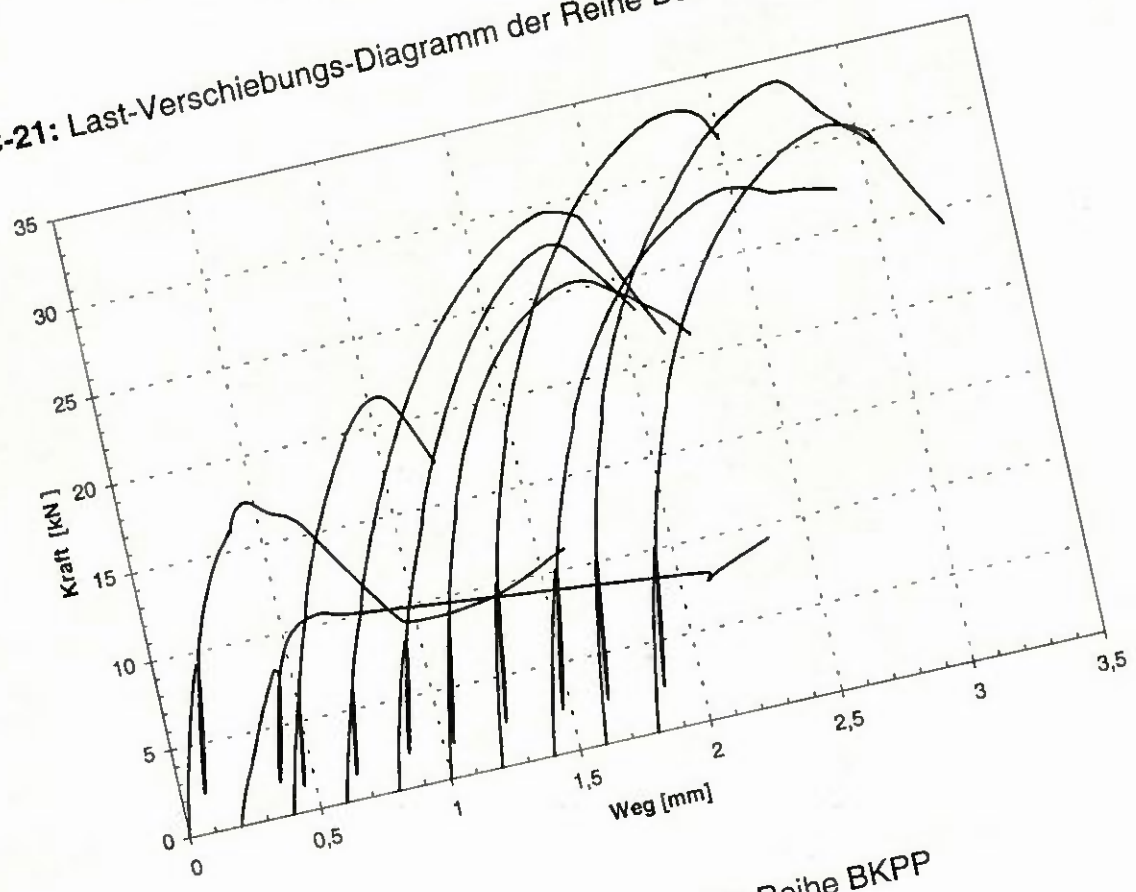


Abb. C-20: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B4PP



B5PP

Abb. C-21: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B5PP



BKPP

Abb. C-22: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe BKPP

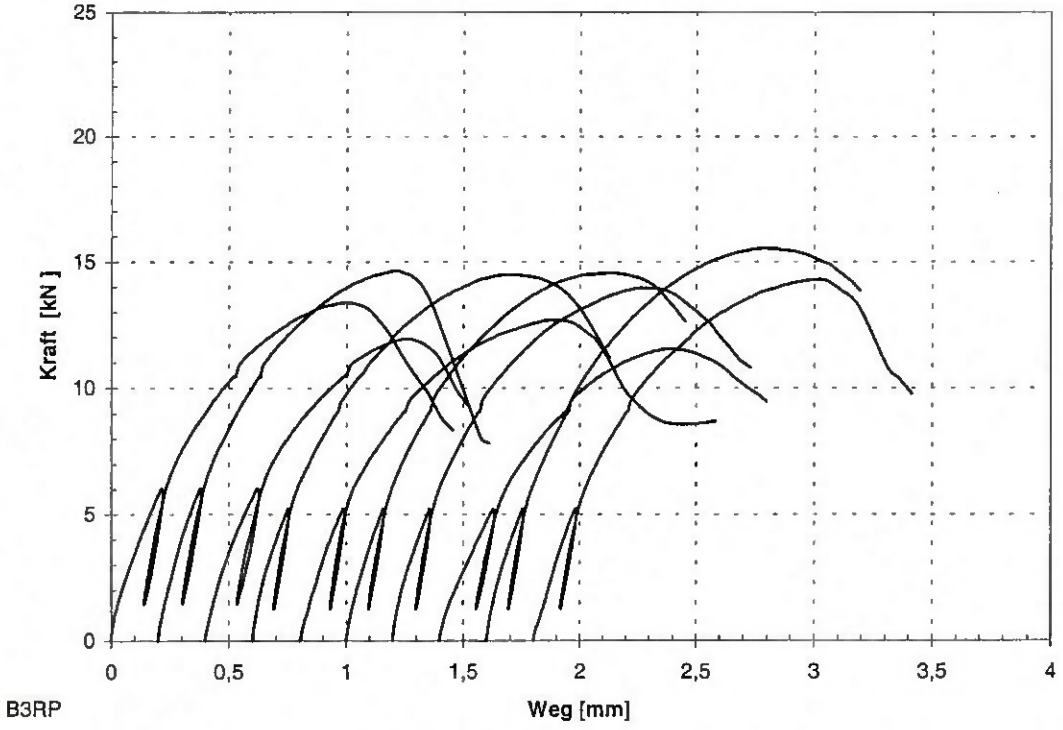


Abb. C-23: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B3RP

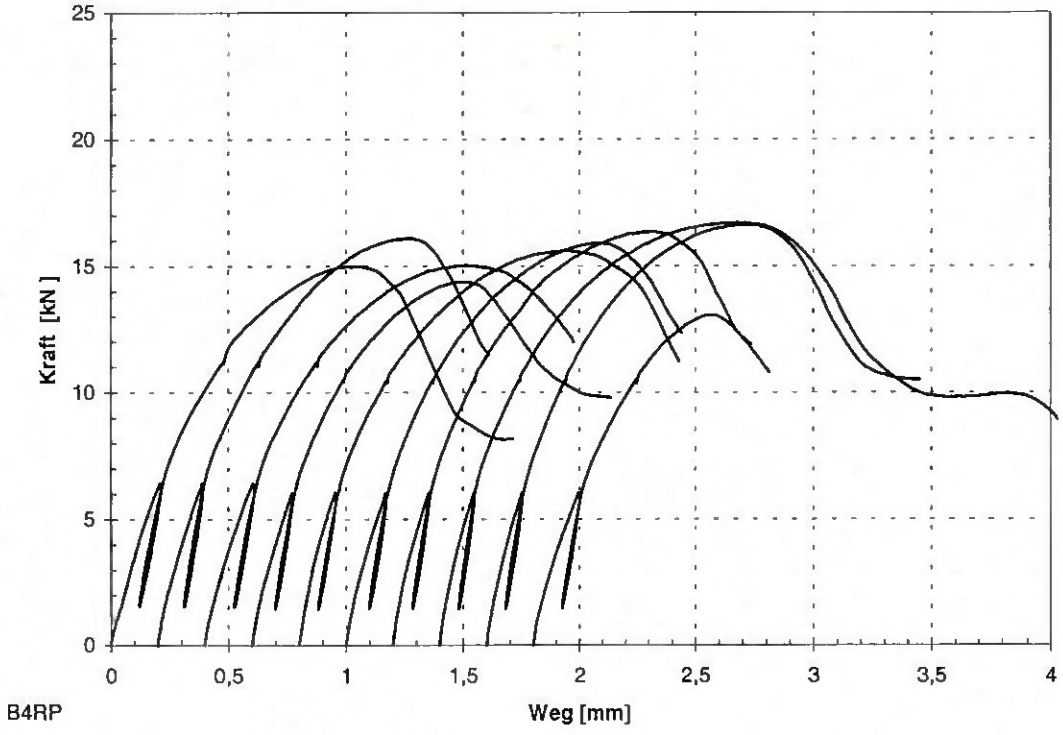


Abb. C-24: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B4RP

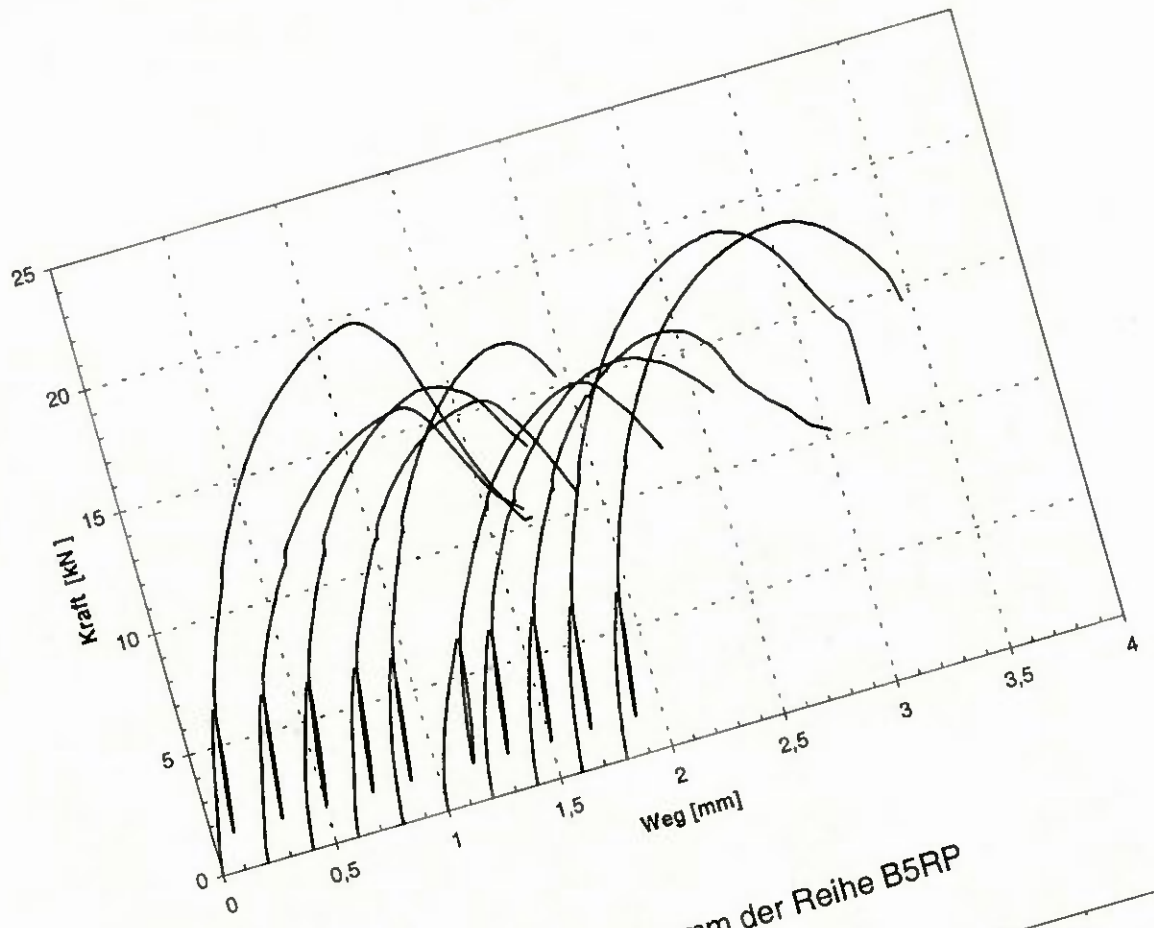


Abb. C-25: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B5RP

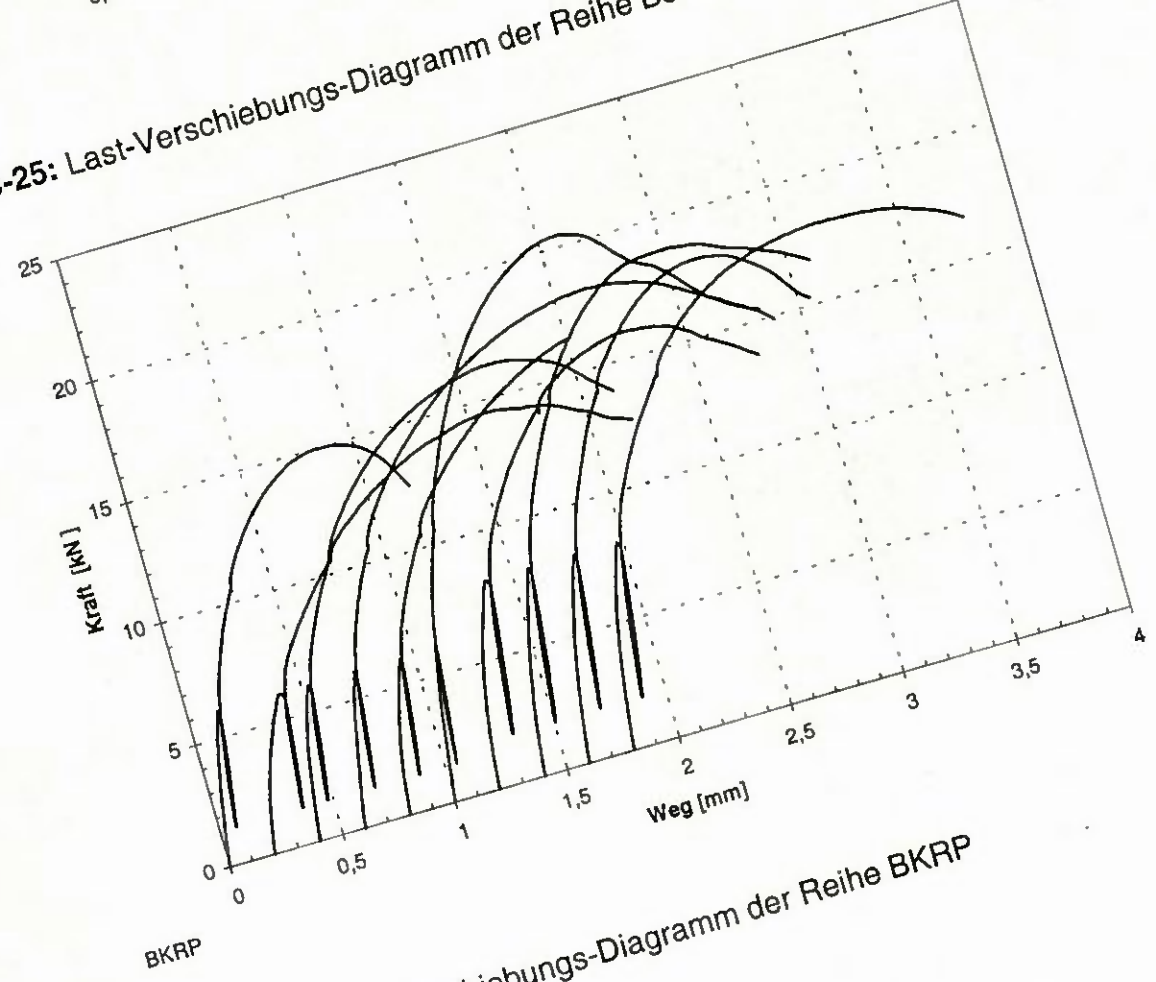


Abb. C-26: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe BKRP

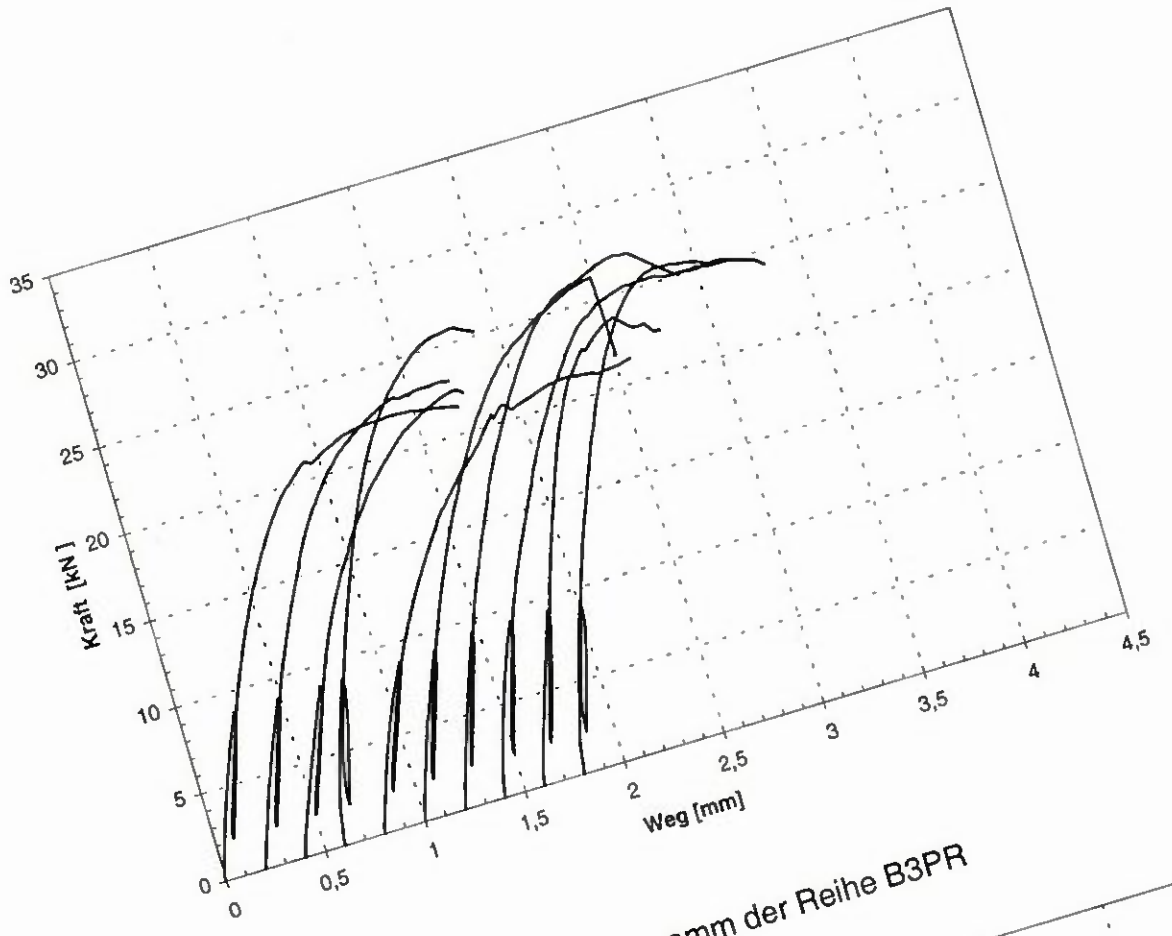


Abb. C-27: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B3PR

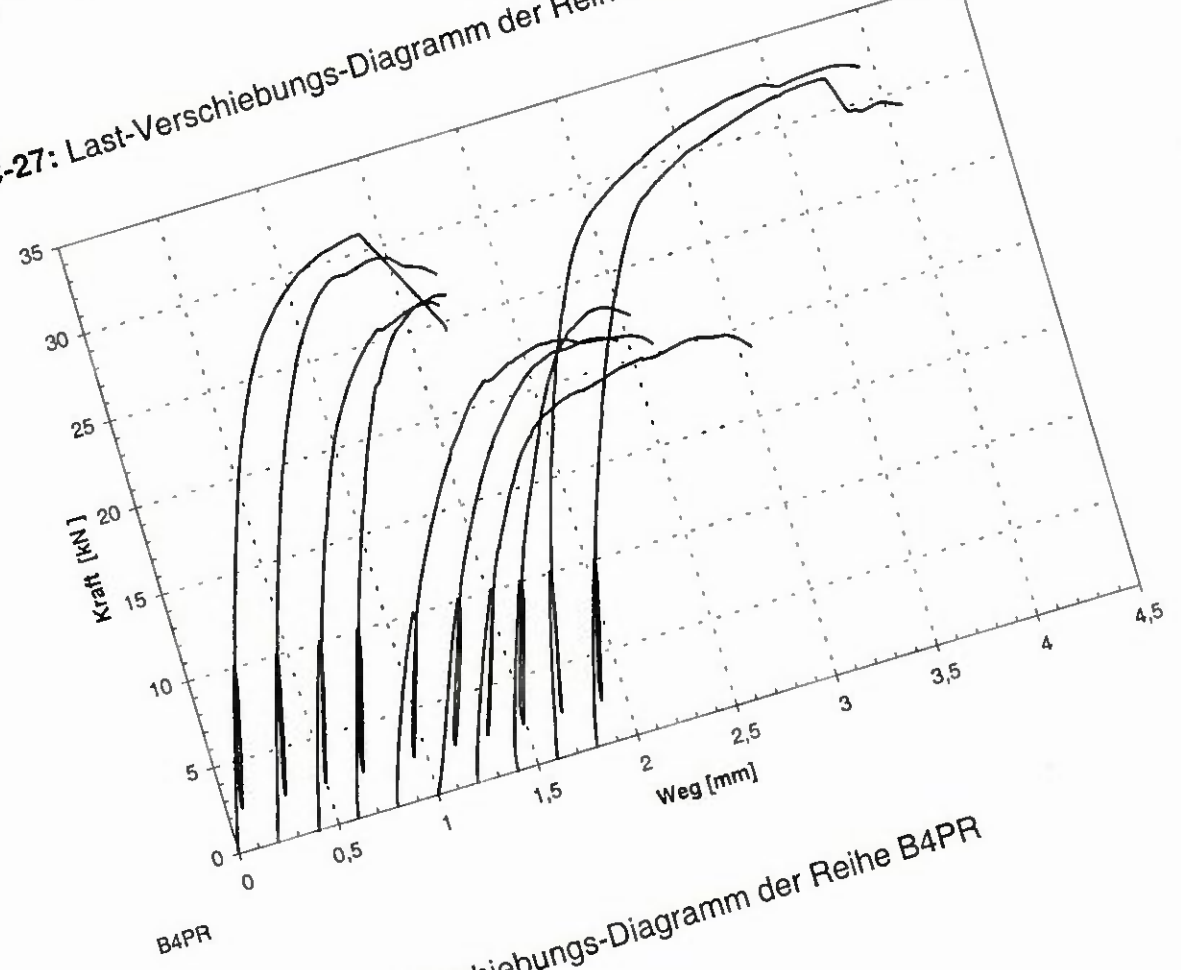


Abb. C-28: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B4PR

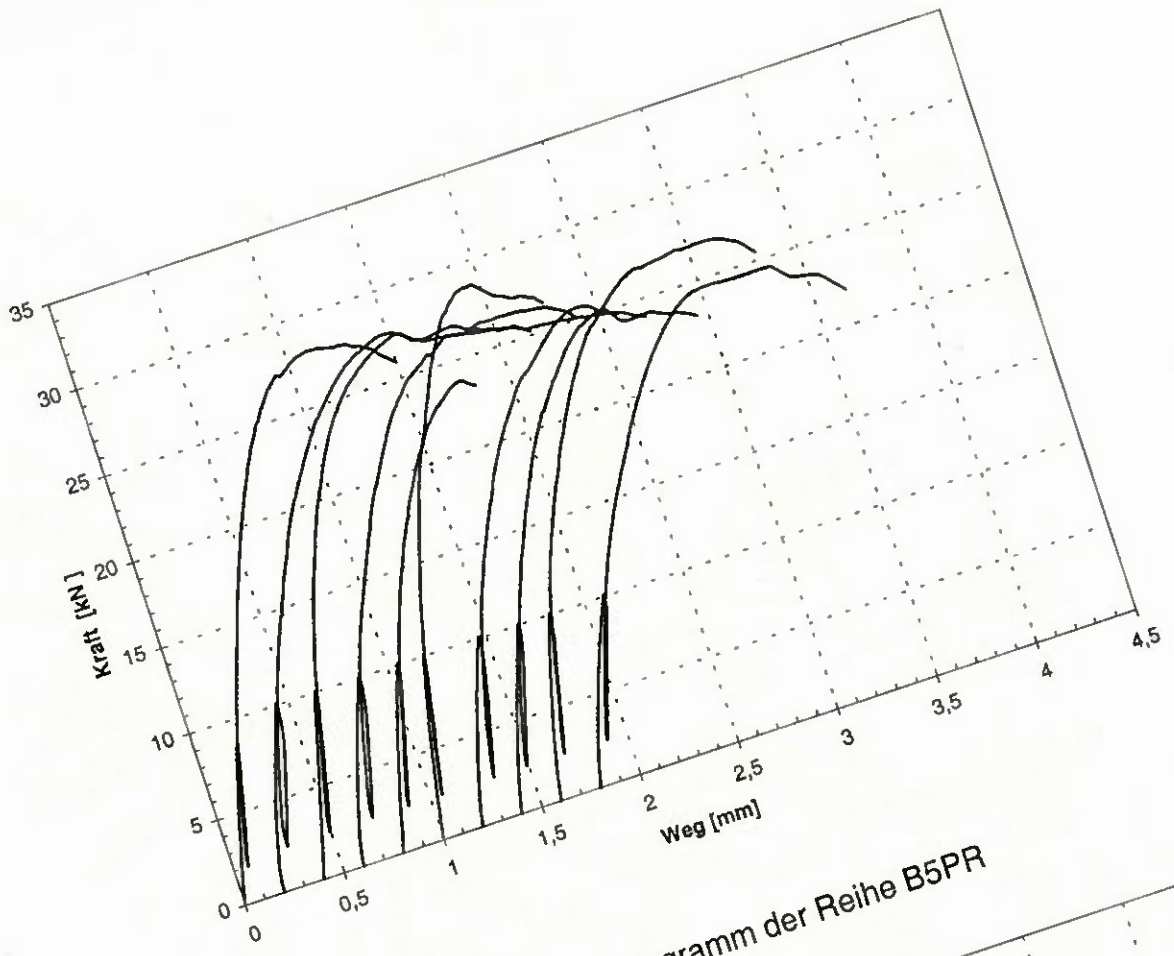


Abb. C-29: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B5PR

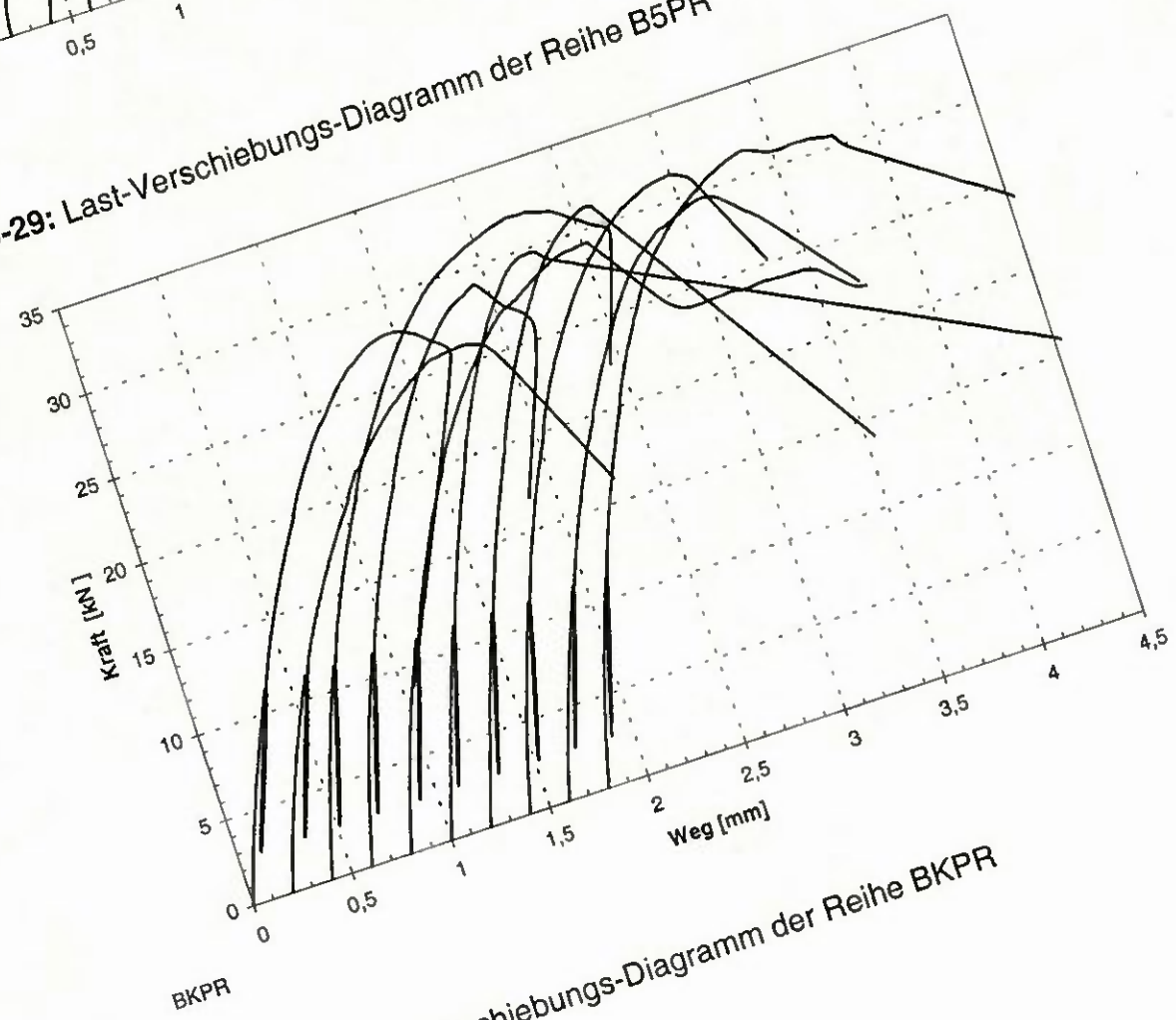


Abb. C-30: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe BKPR

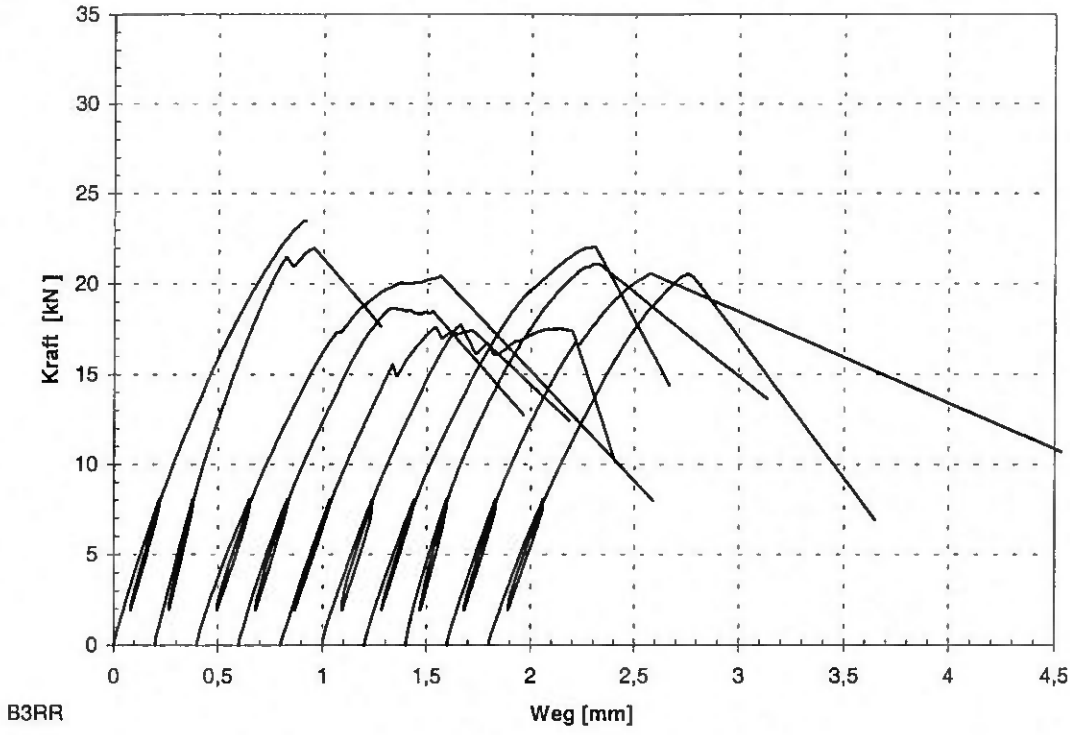


Abb. C-31: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B3RR

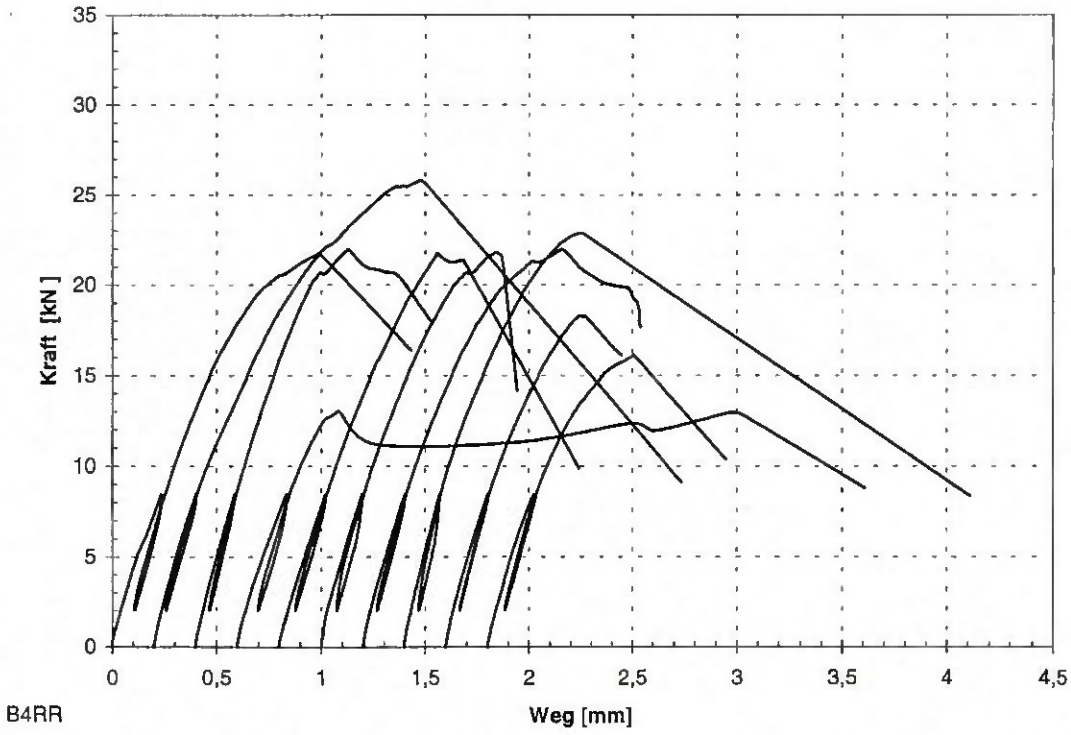


Abb. C-32: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B4RR

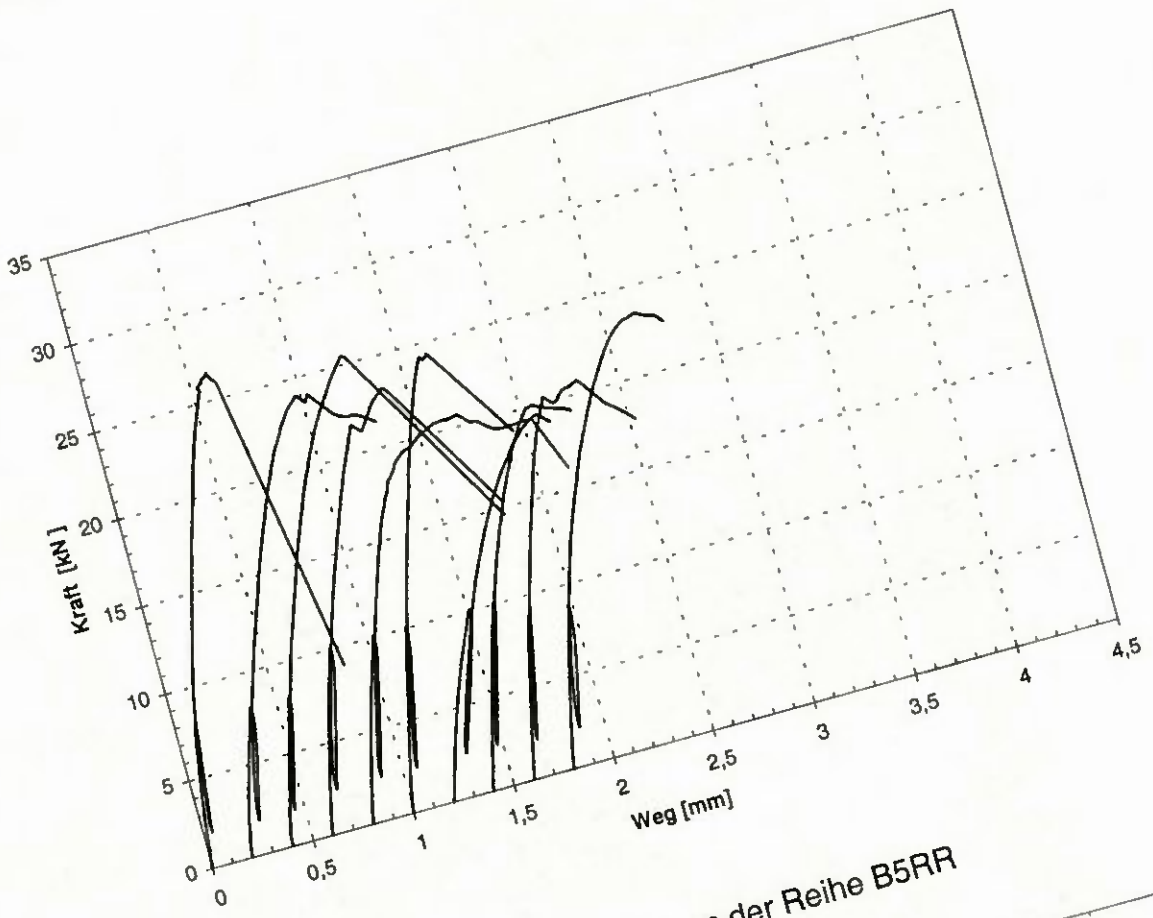


Abb. C-33: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe B5RR

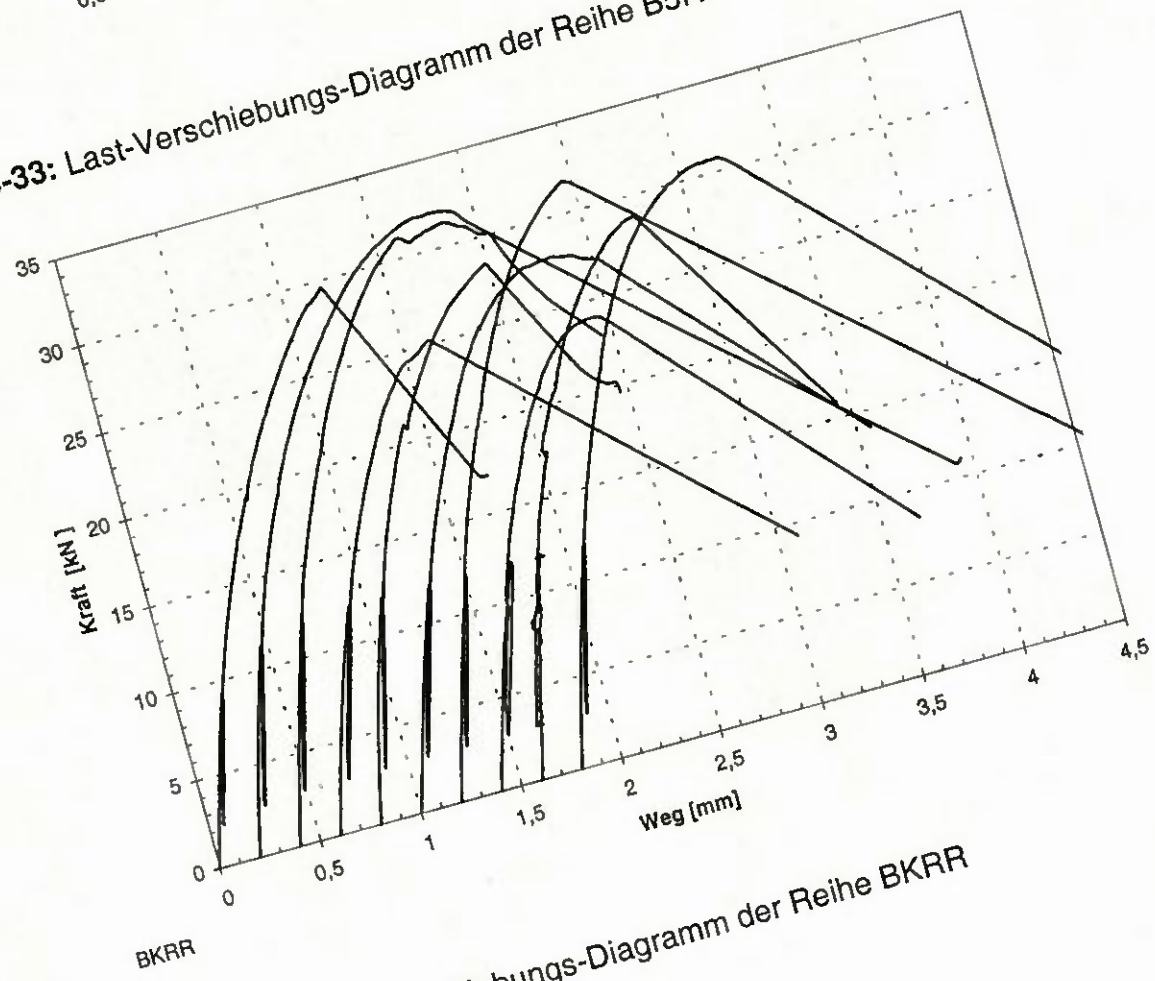


Abb. C-34: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe BKRR

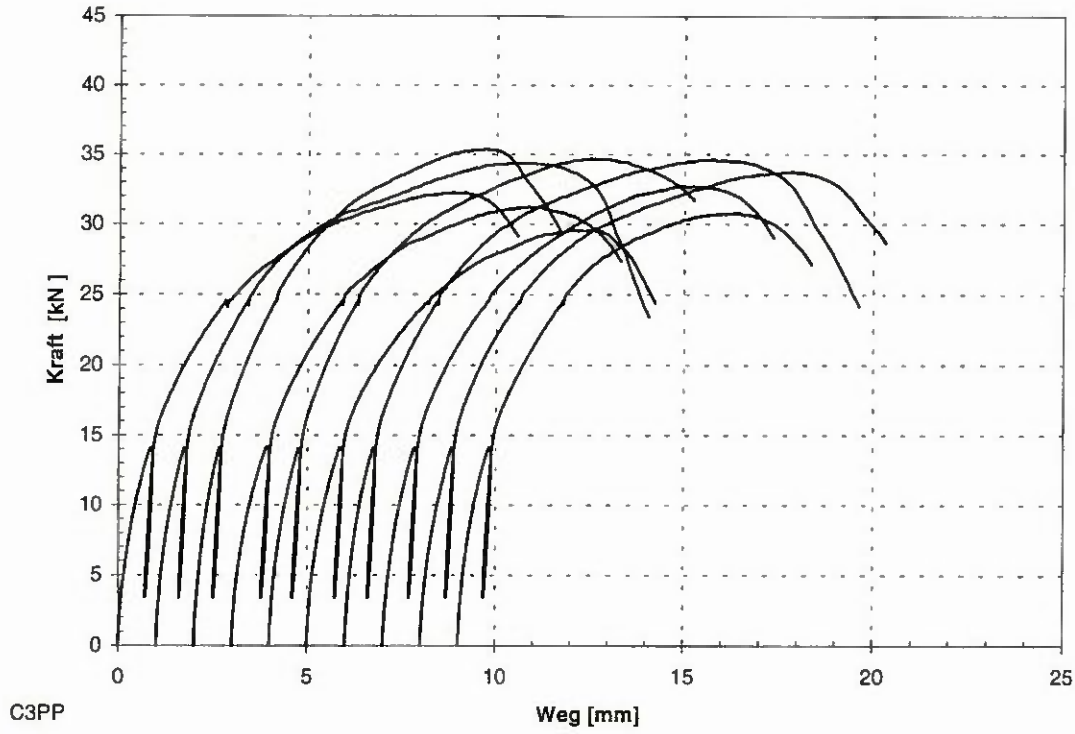


Abb. C-35: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C3PP

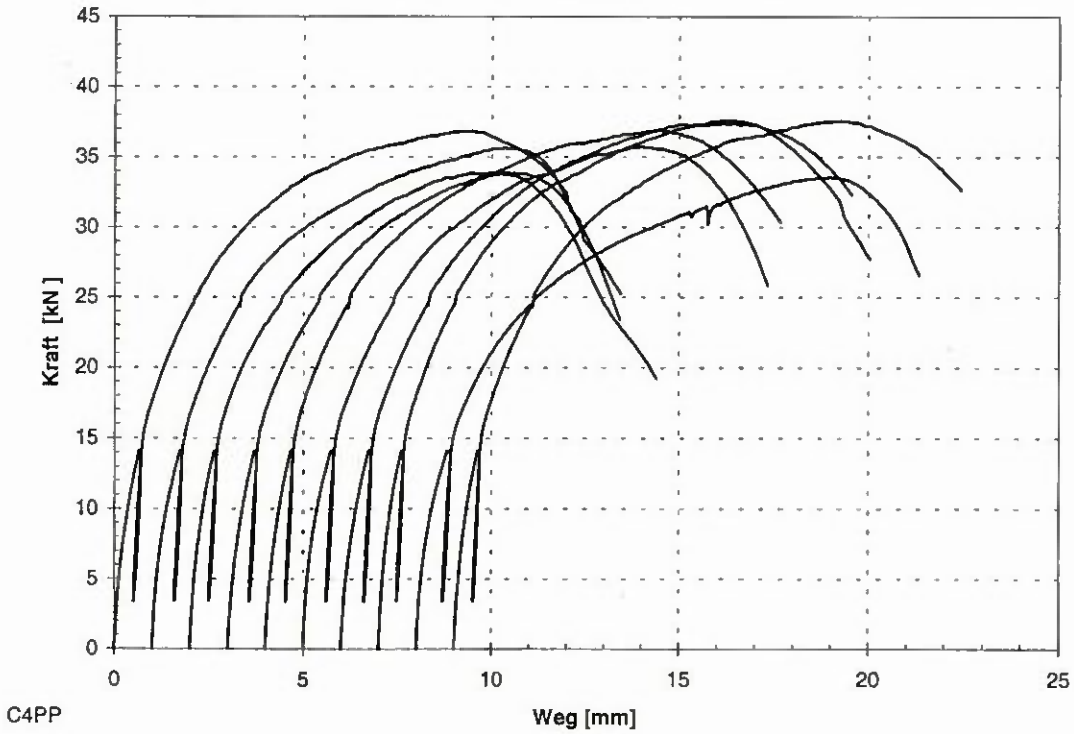


Abb. C-36: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C4PP

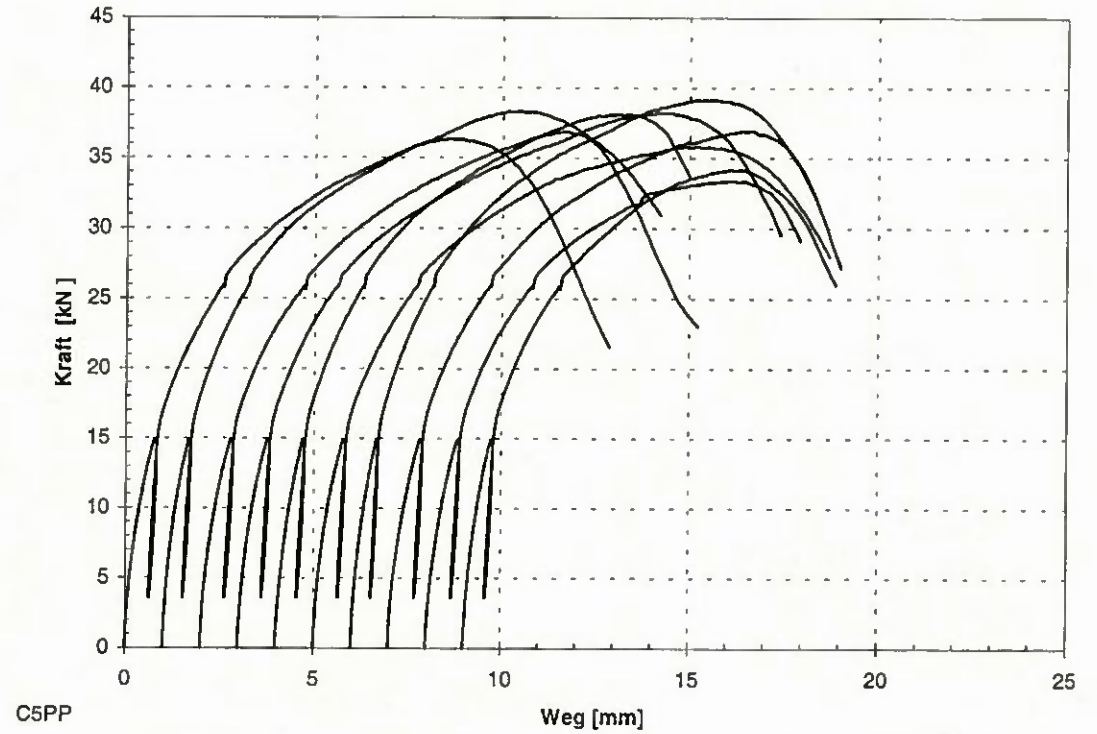


Abb. C-37: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C5PP

Abb. C-38: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe CKPP

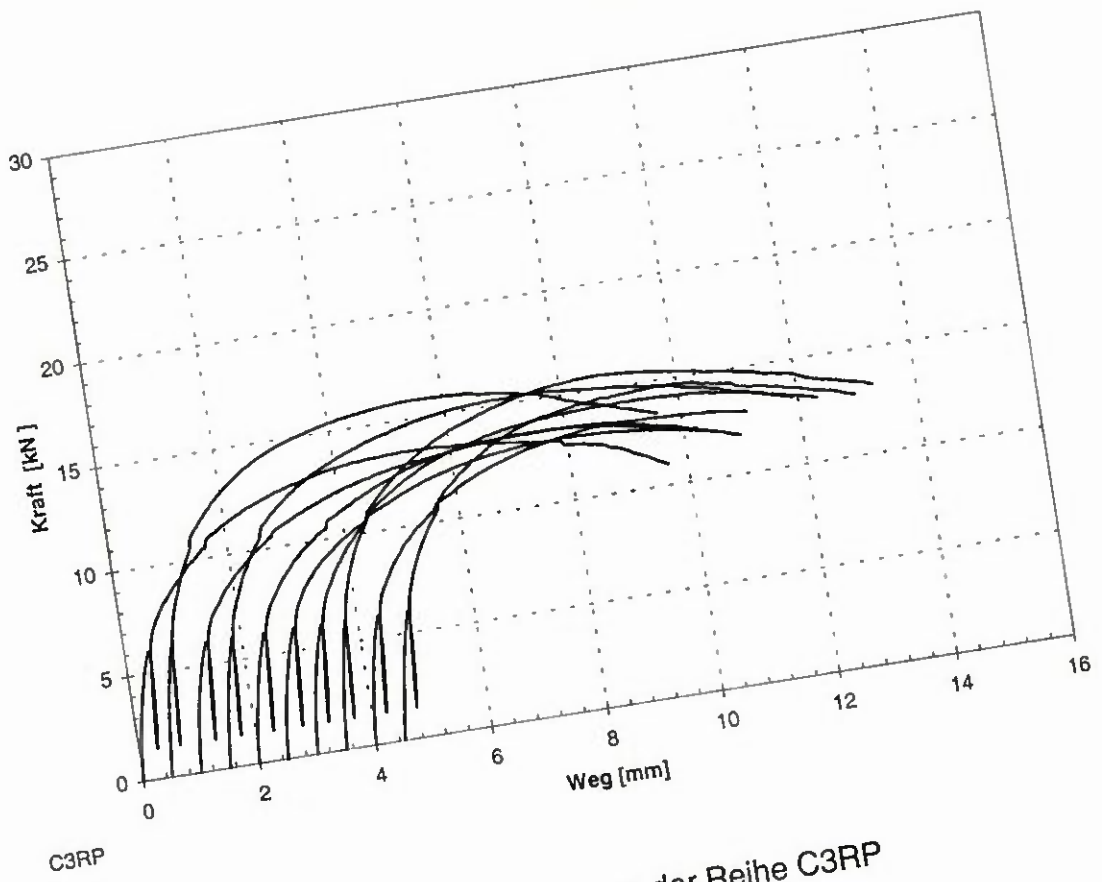


Abb. C-39: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C3RP

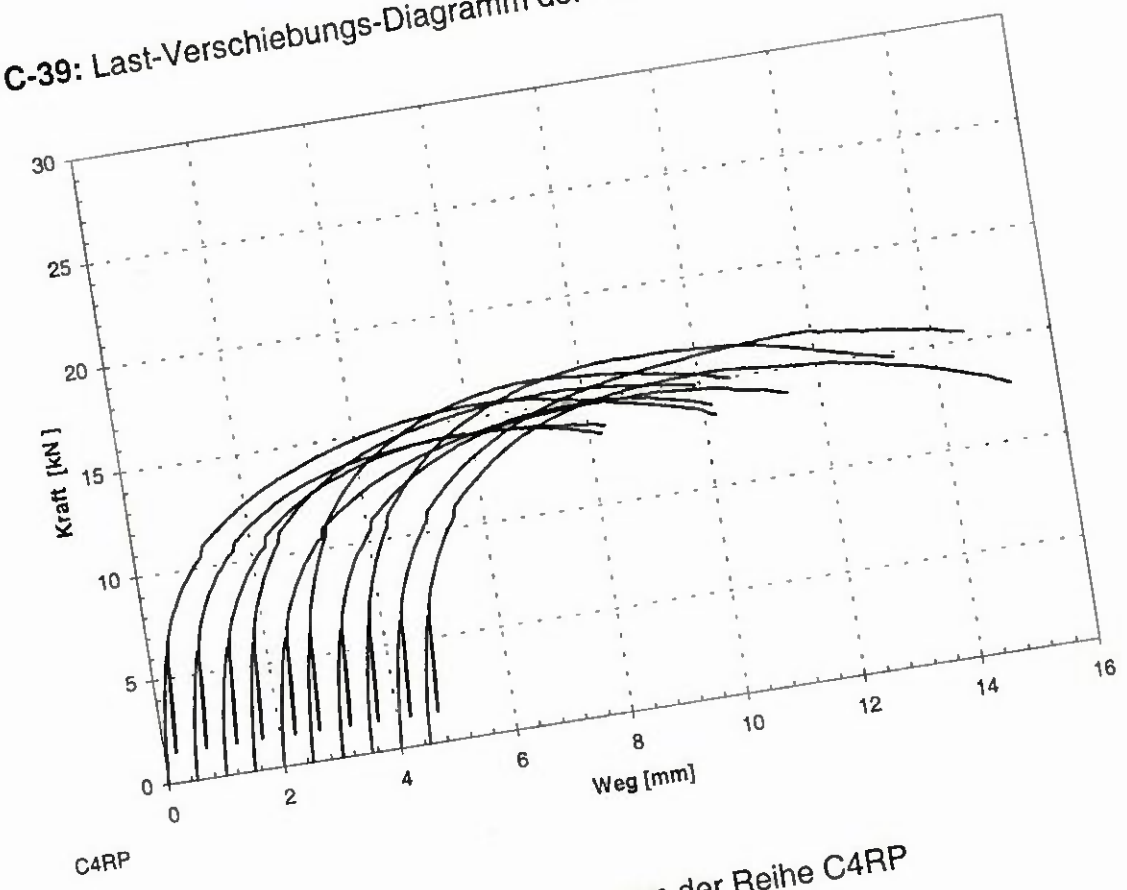


Abb. C-40: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C4RP

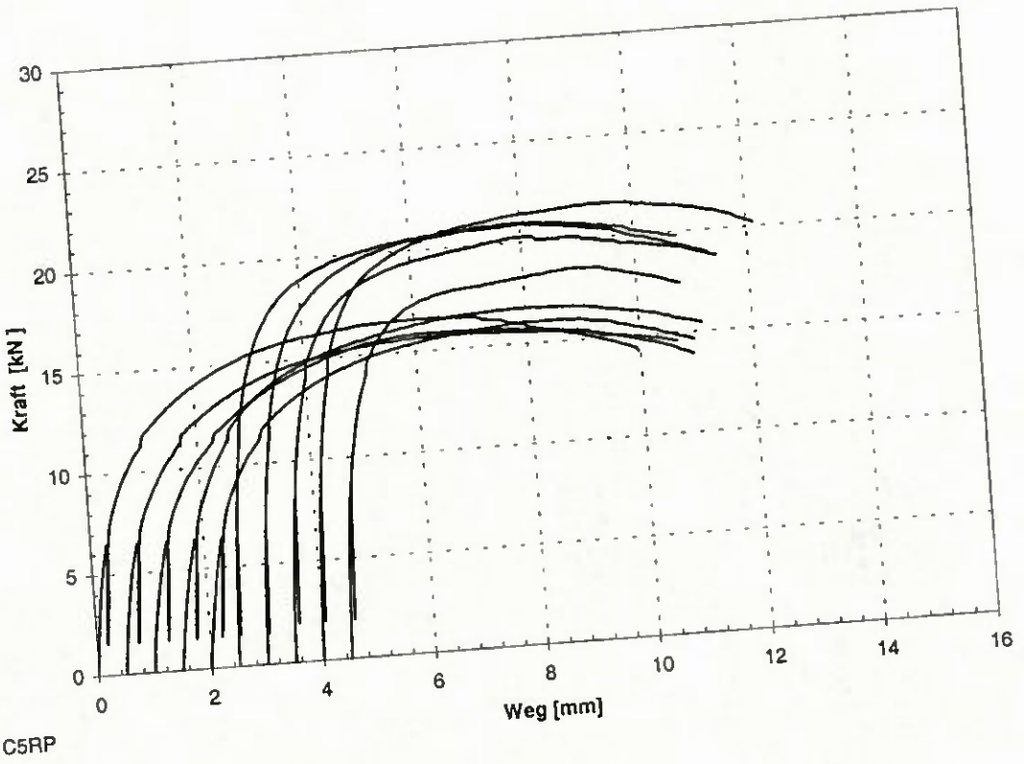


Abb. C-41: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C5RP

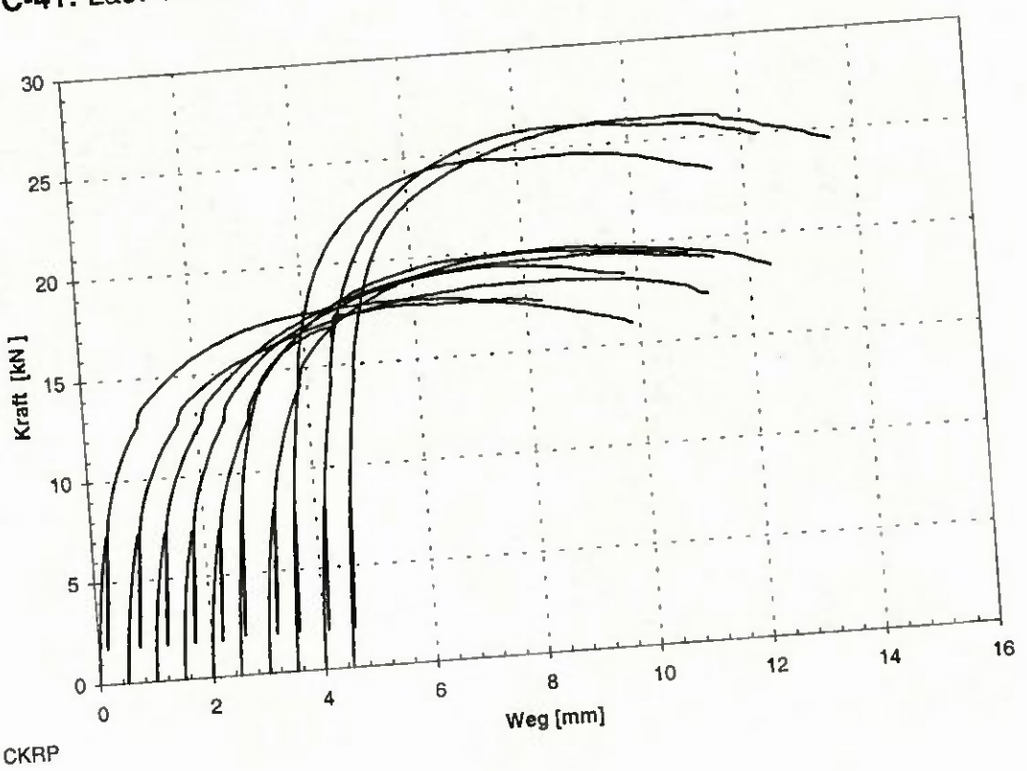


Abb. C-42: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe CKRP

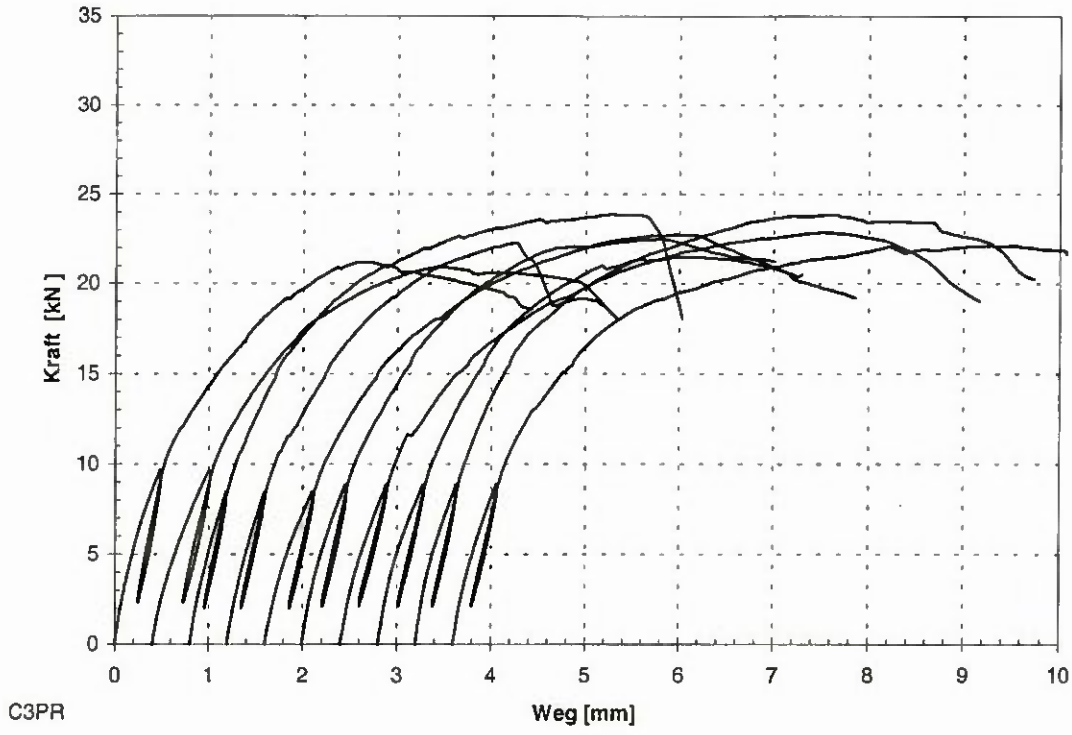


Abb. C-43: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C3PR

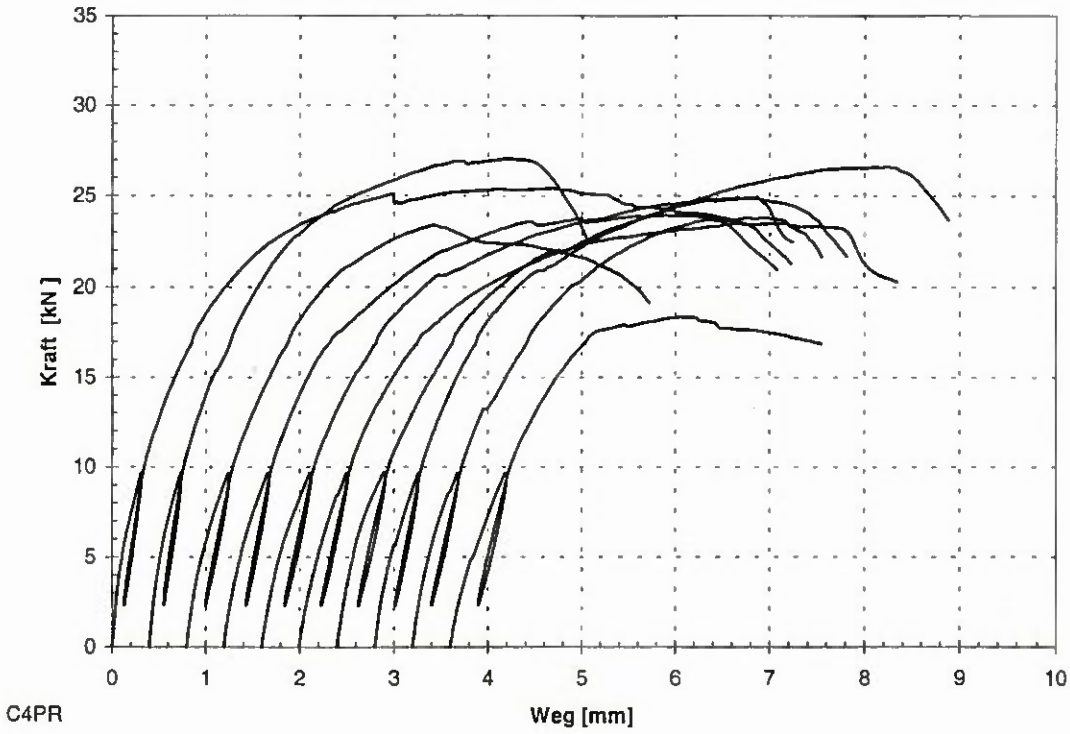


Abb. C-44: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C4PR

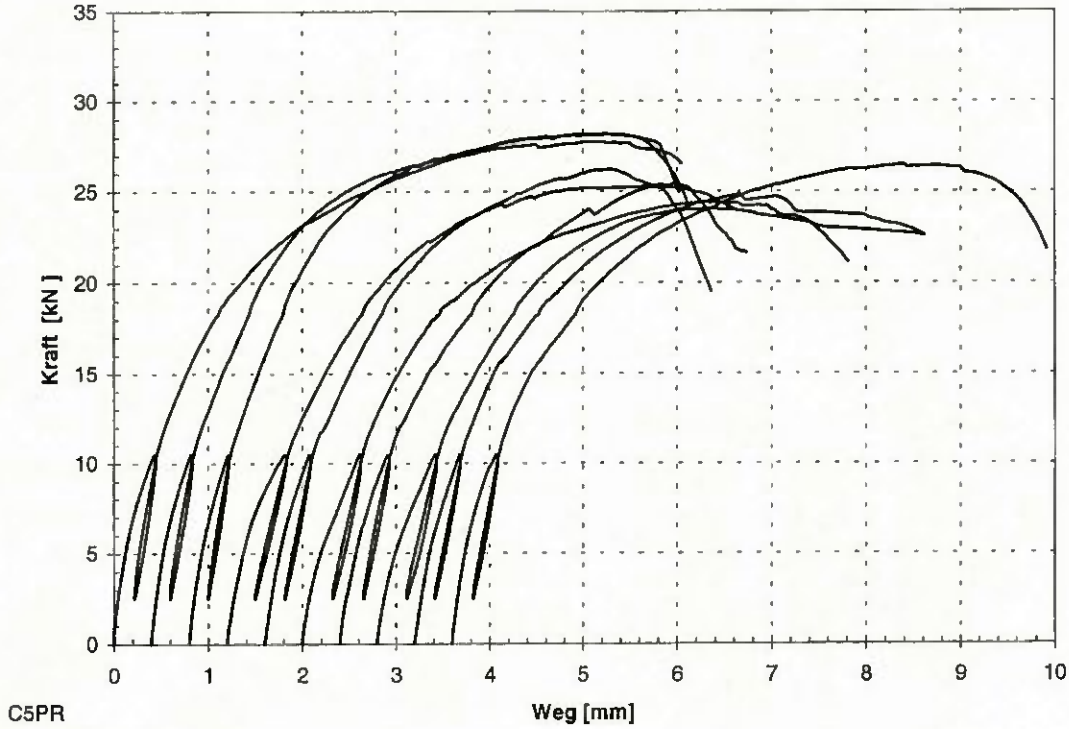


Abb. C-45: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C5PR

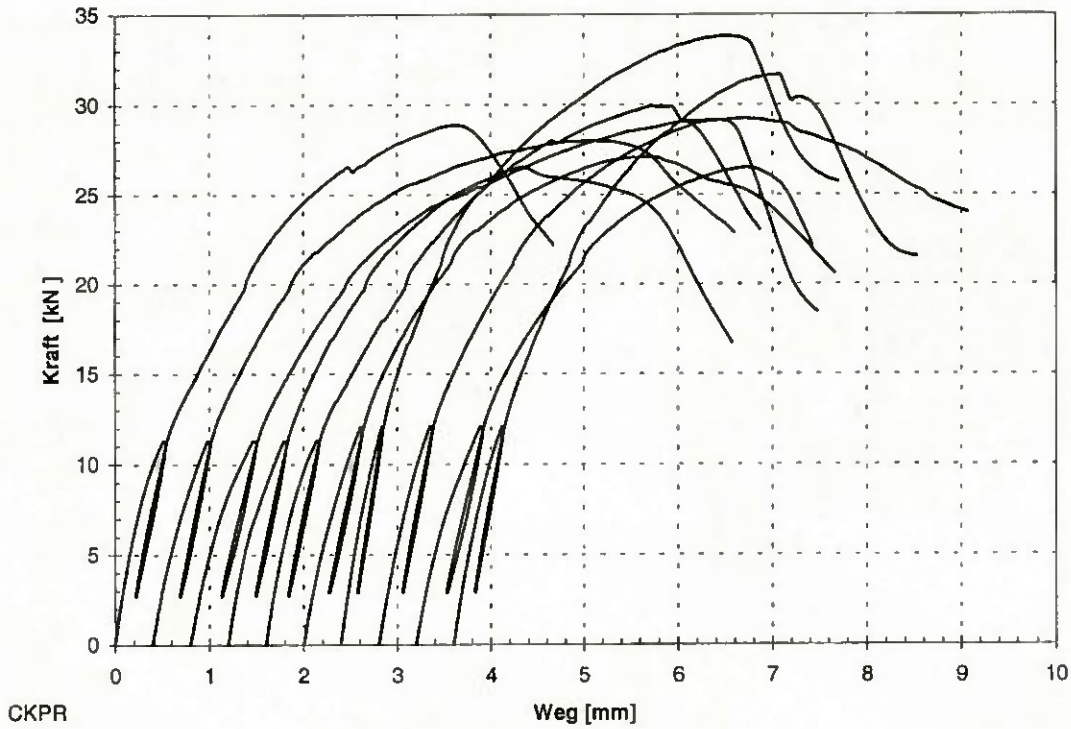


Abb. C-46: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe CKPR

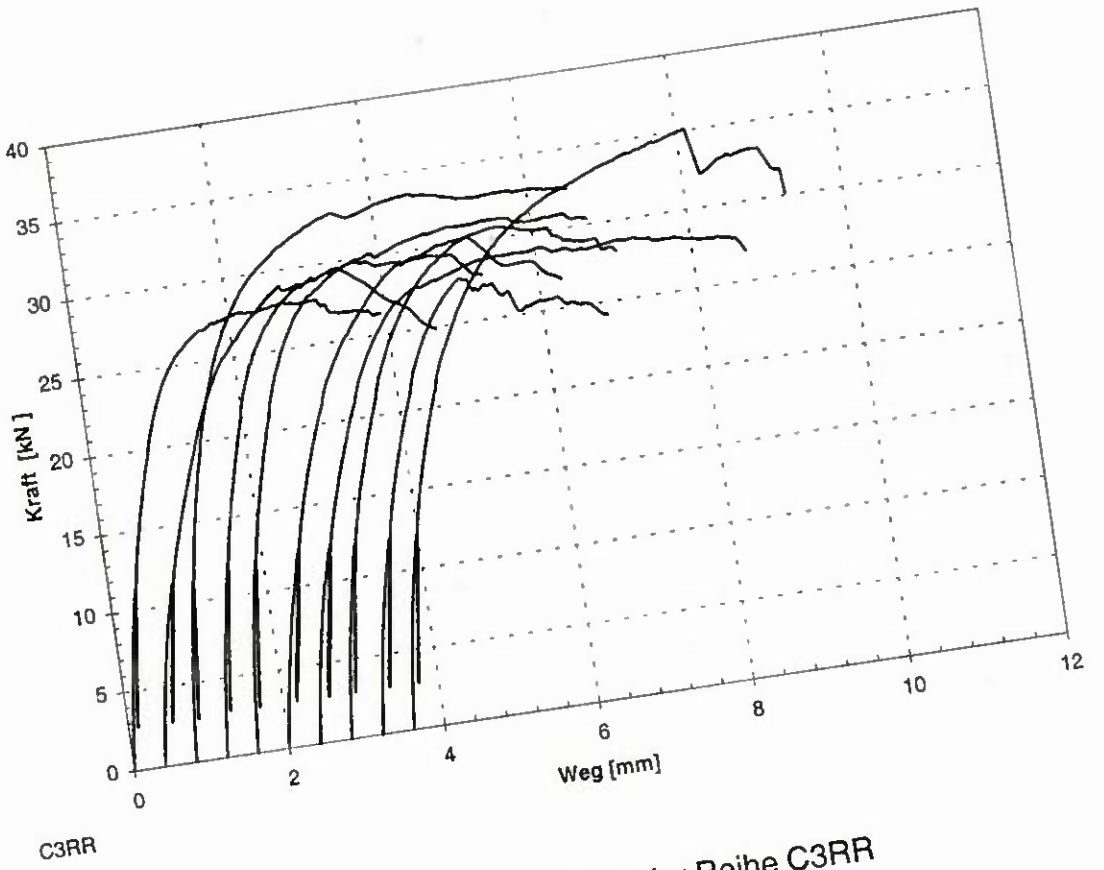


Abb. C-47: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C3RR

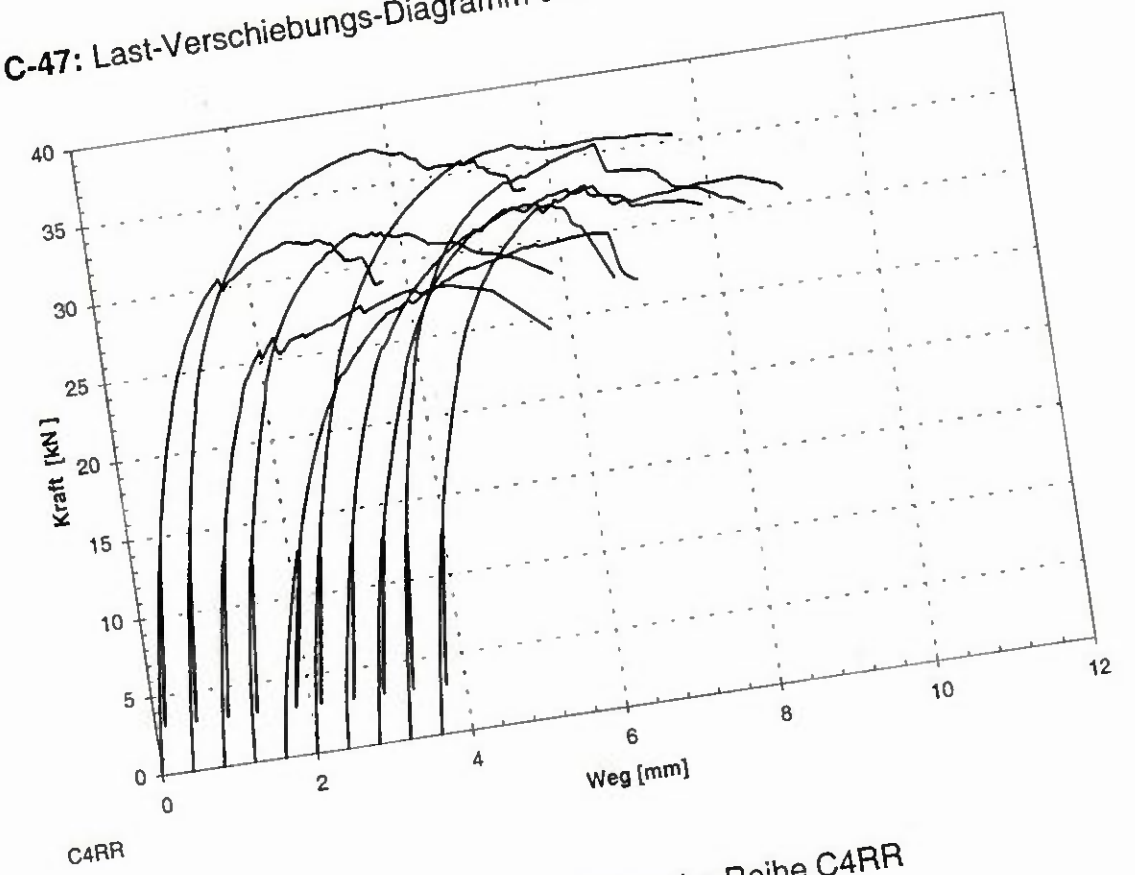


Abb. C-48: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C4RR

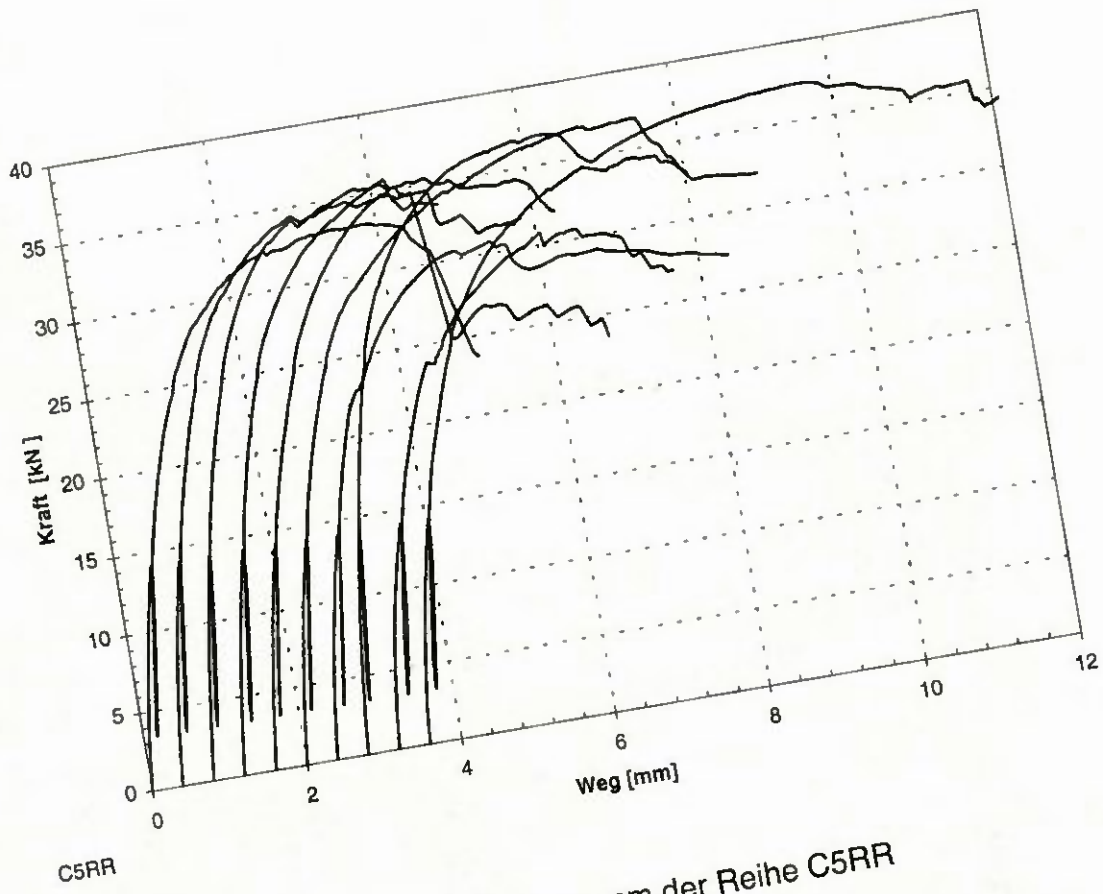


Abb. C-49: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe C5RR

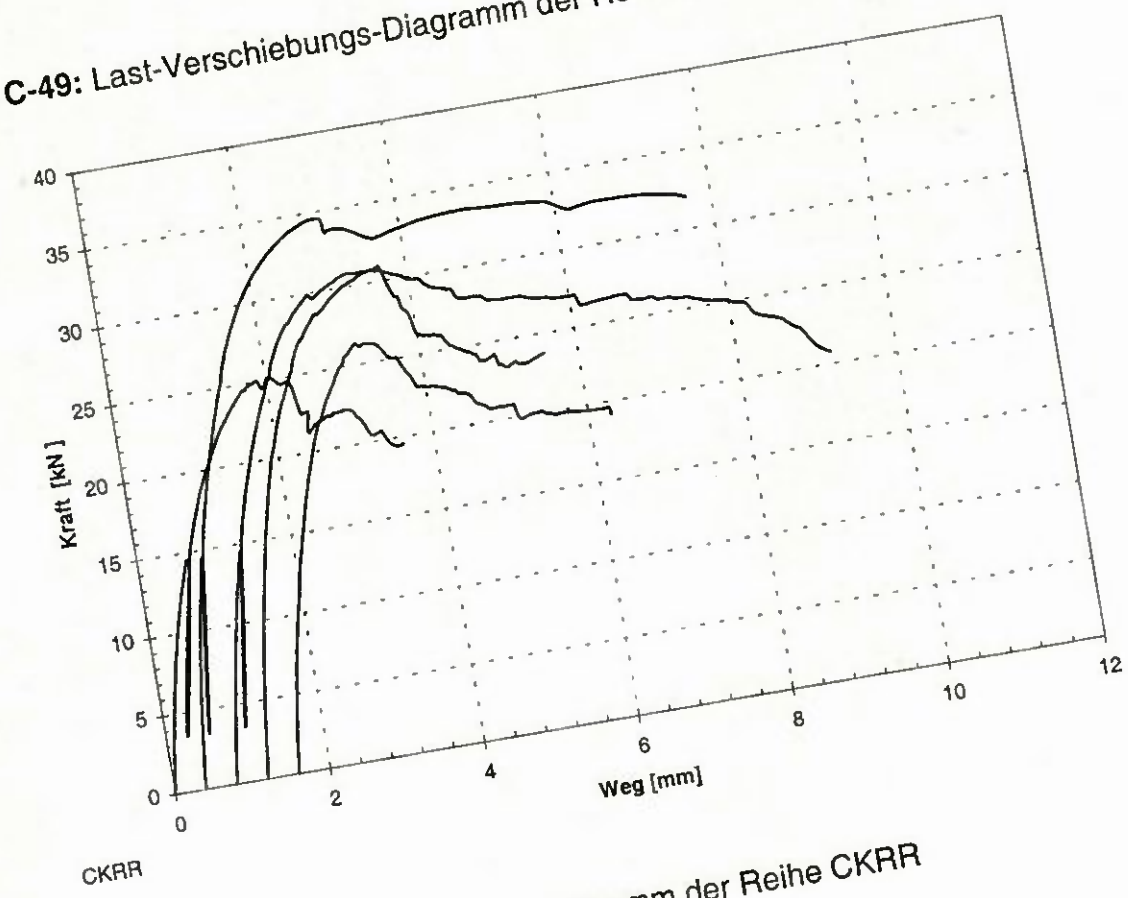


Abb. C-50: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe CKRR

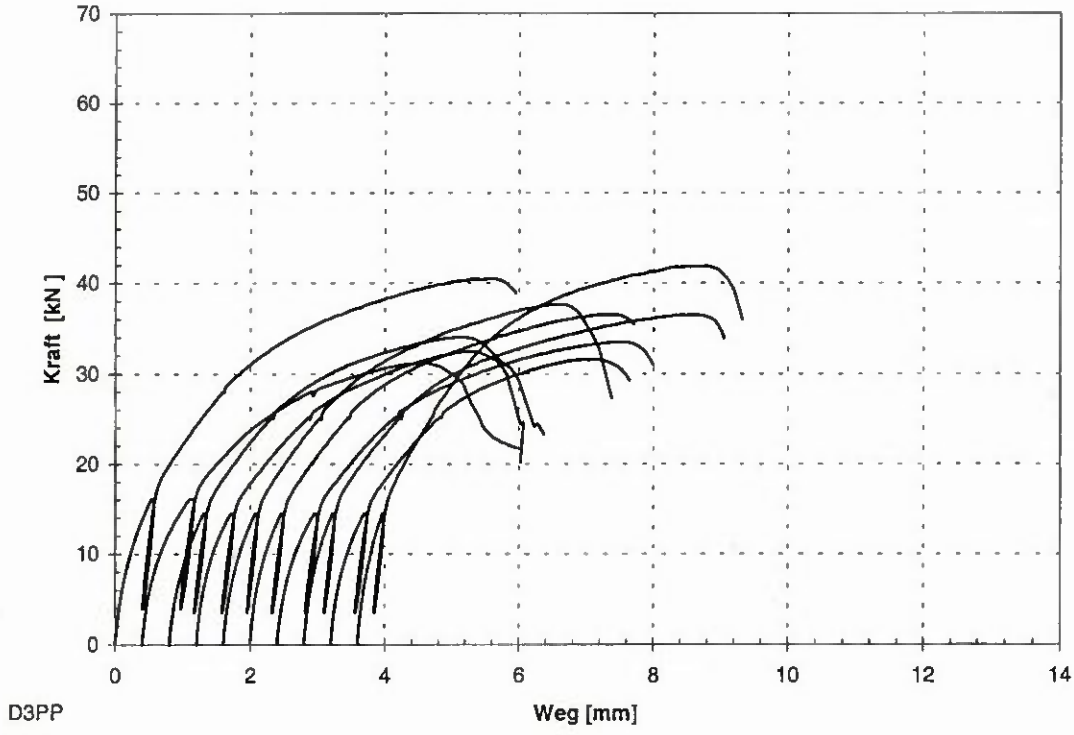


Abb. C-51: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D3PP

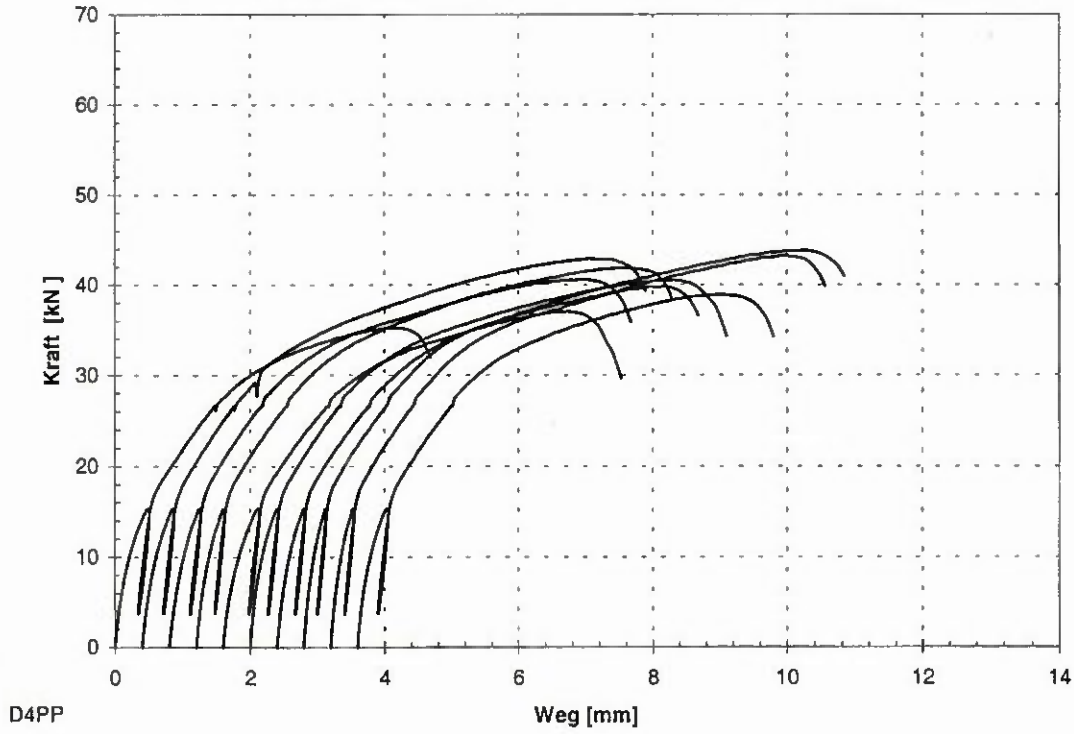


Abb. C-52: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D4PP

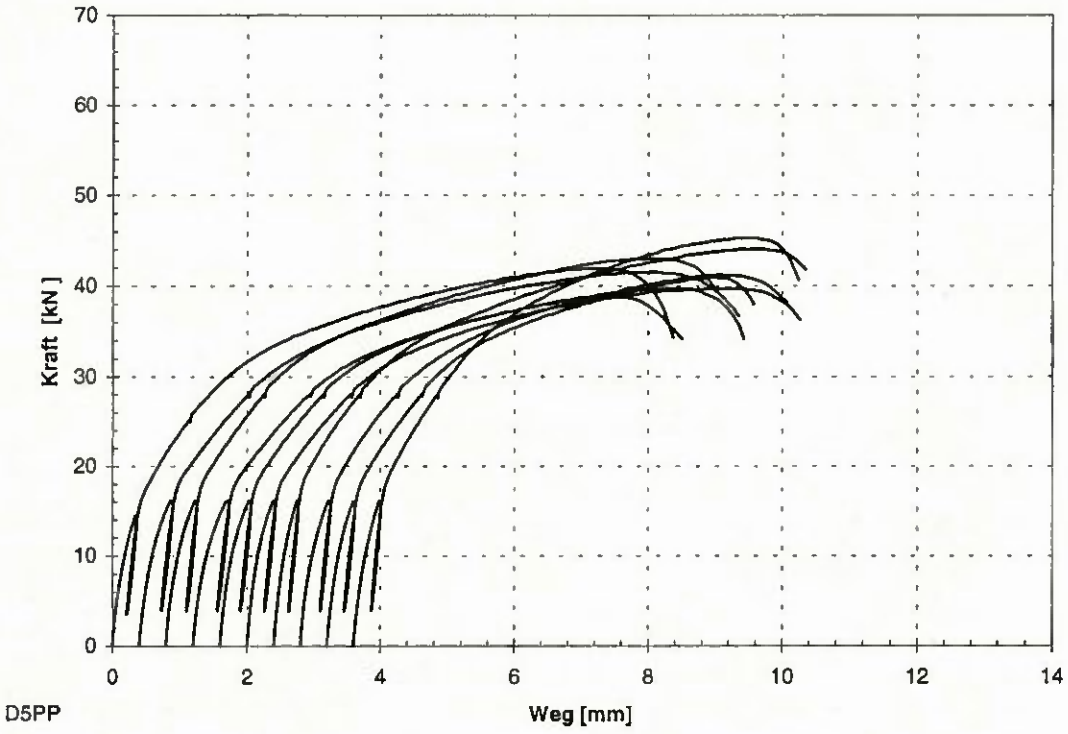


Abb. C-53: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D5PP

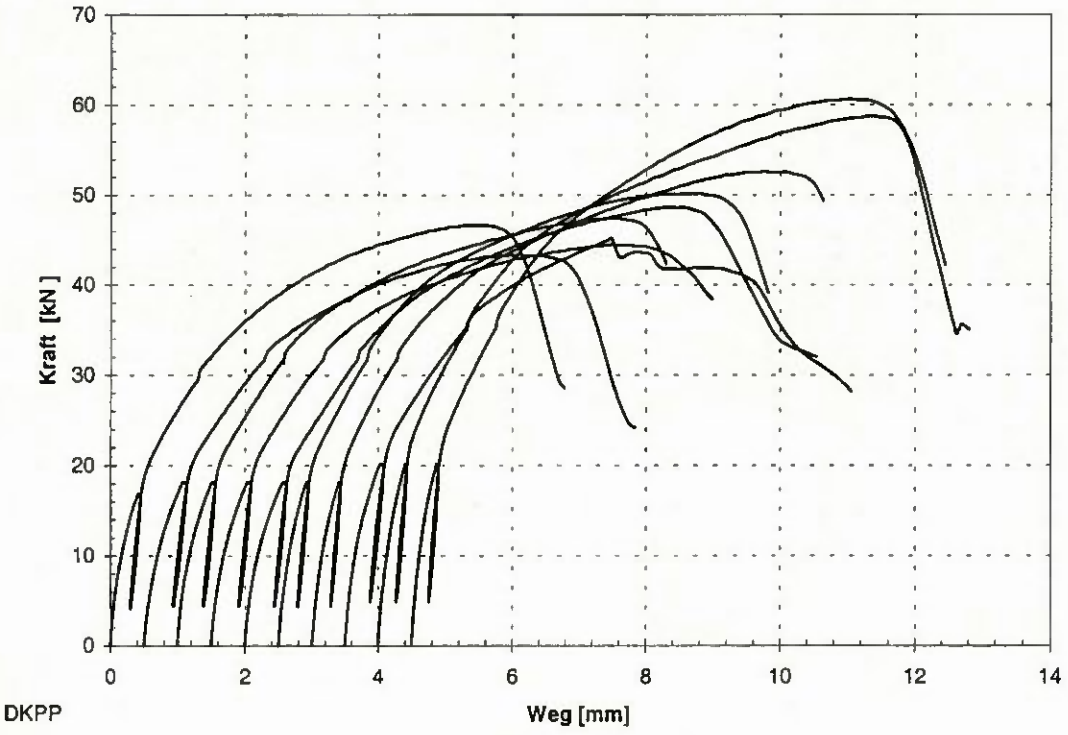


Abb. C-54: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe DKPP

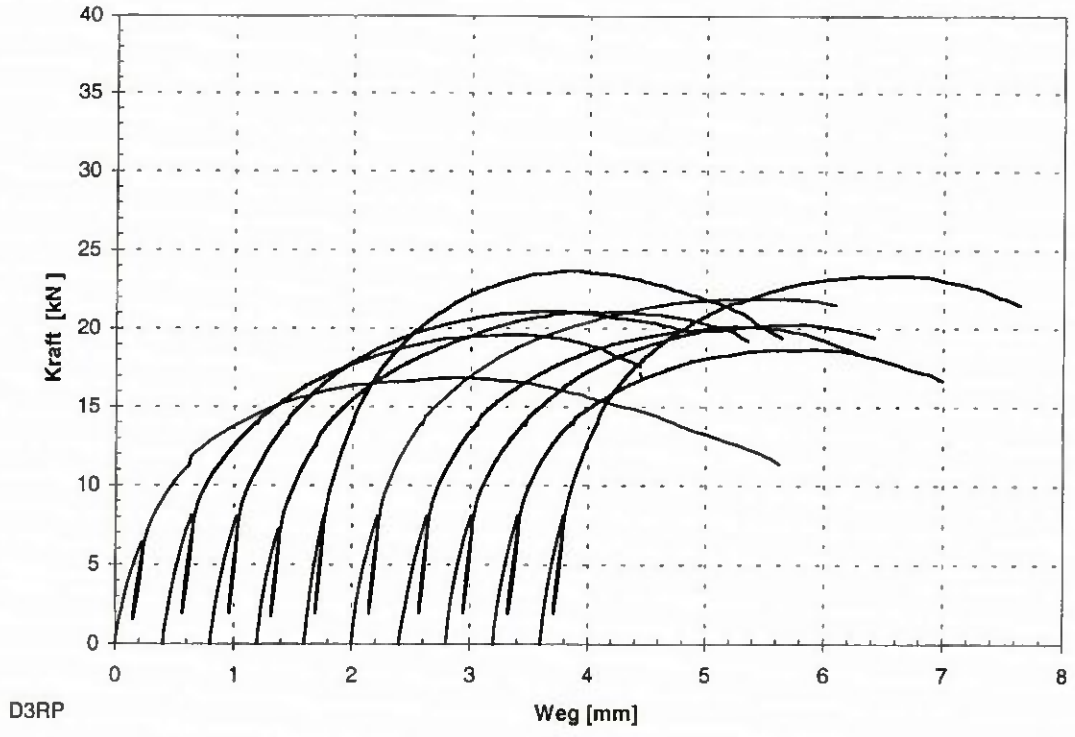


Abb. C-55: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D3RP

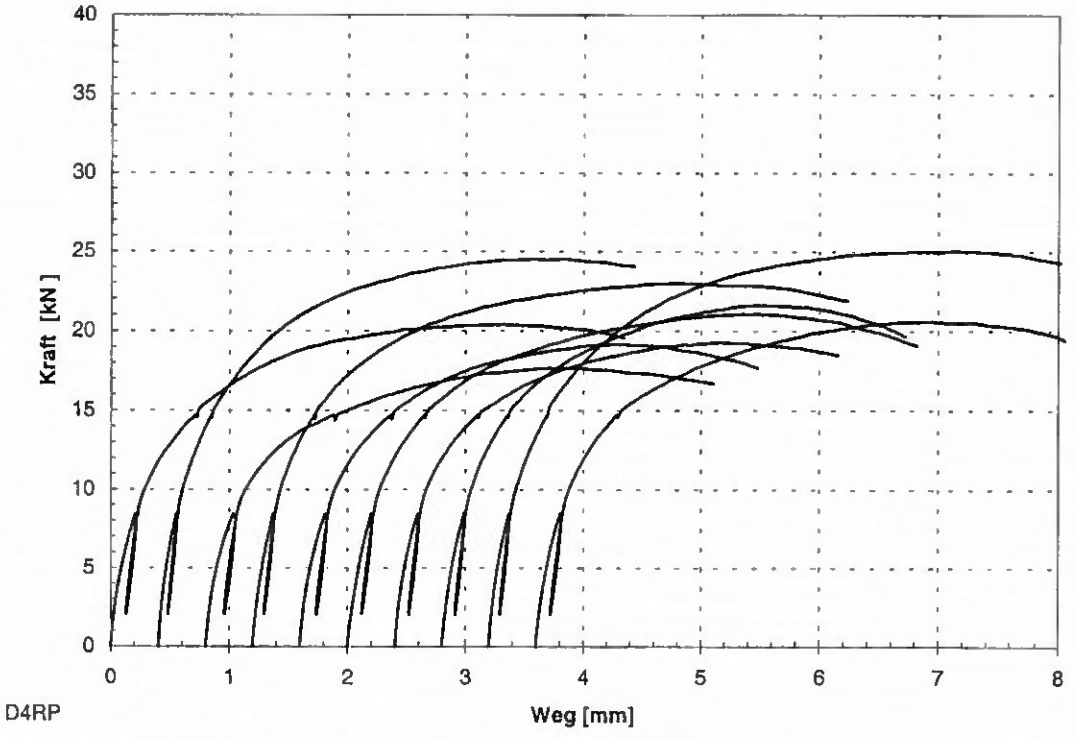


Abb. C-56: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D4RP

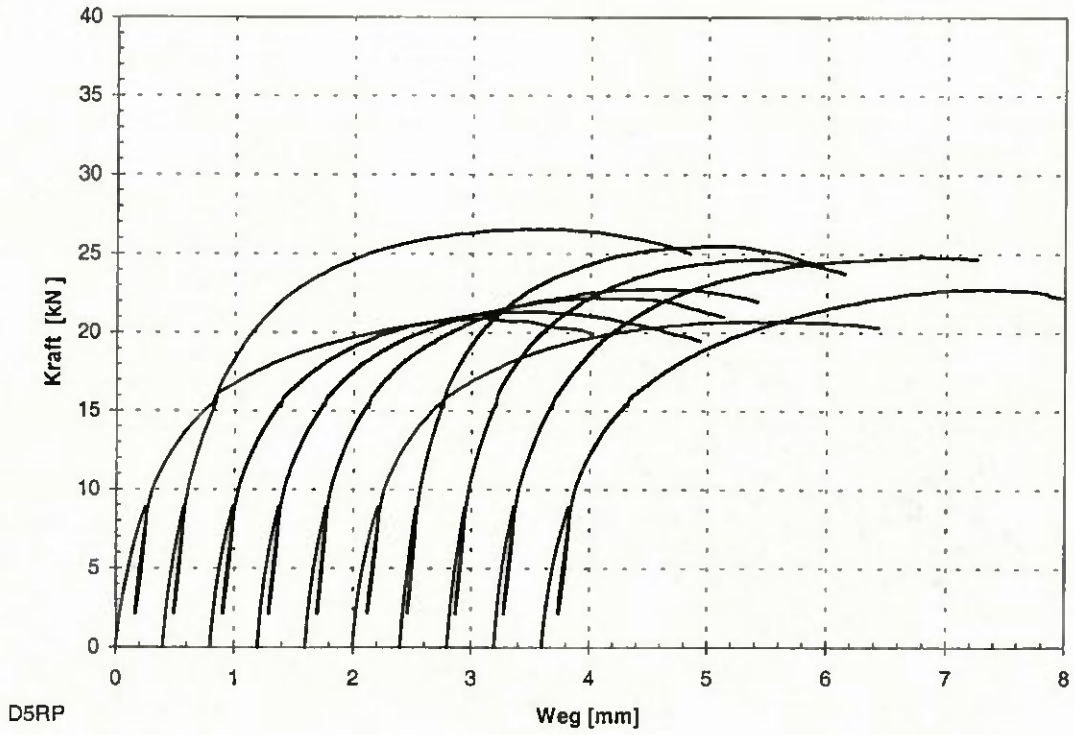


Abb. C-57: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D5RP

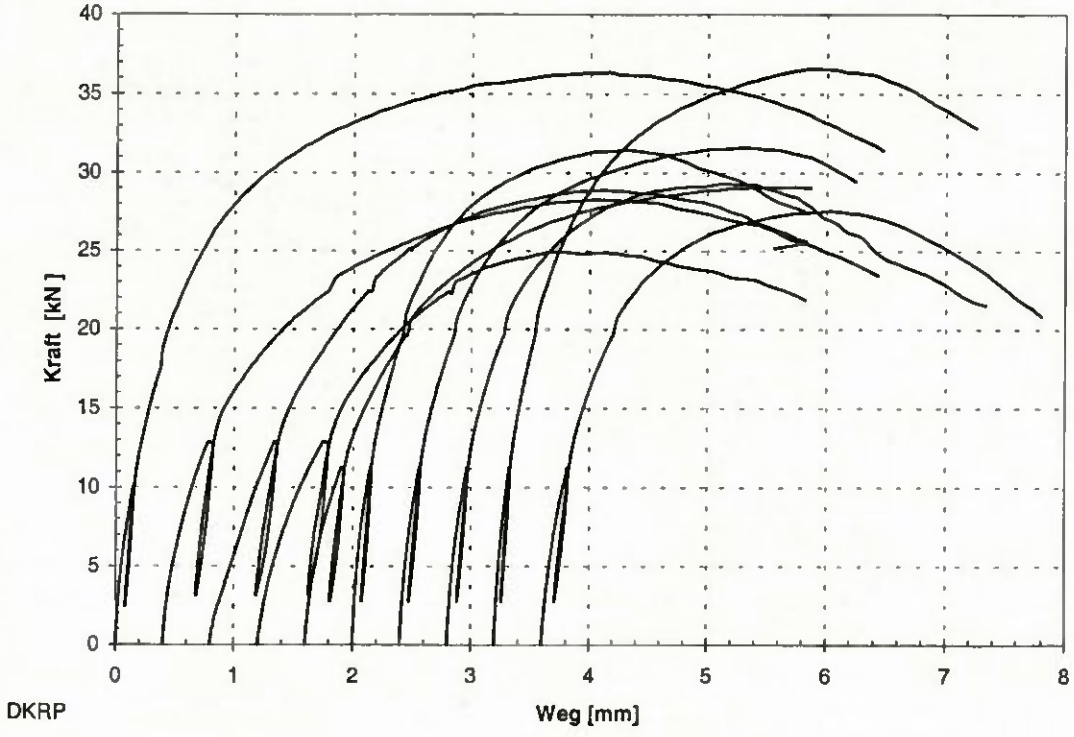


Abb. C-58: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe DKRP

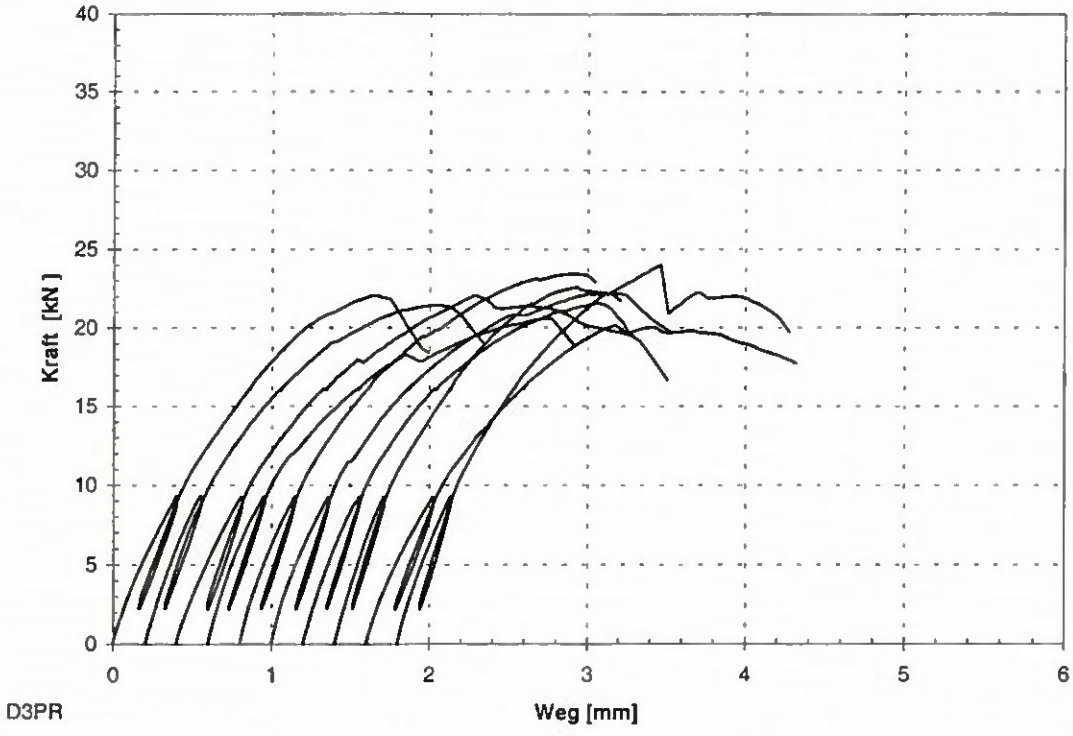


Abb. C-59: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D3PR

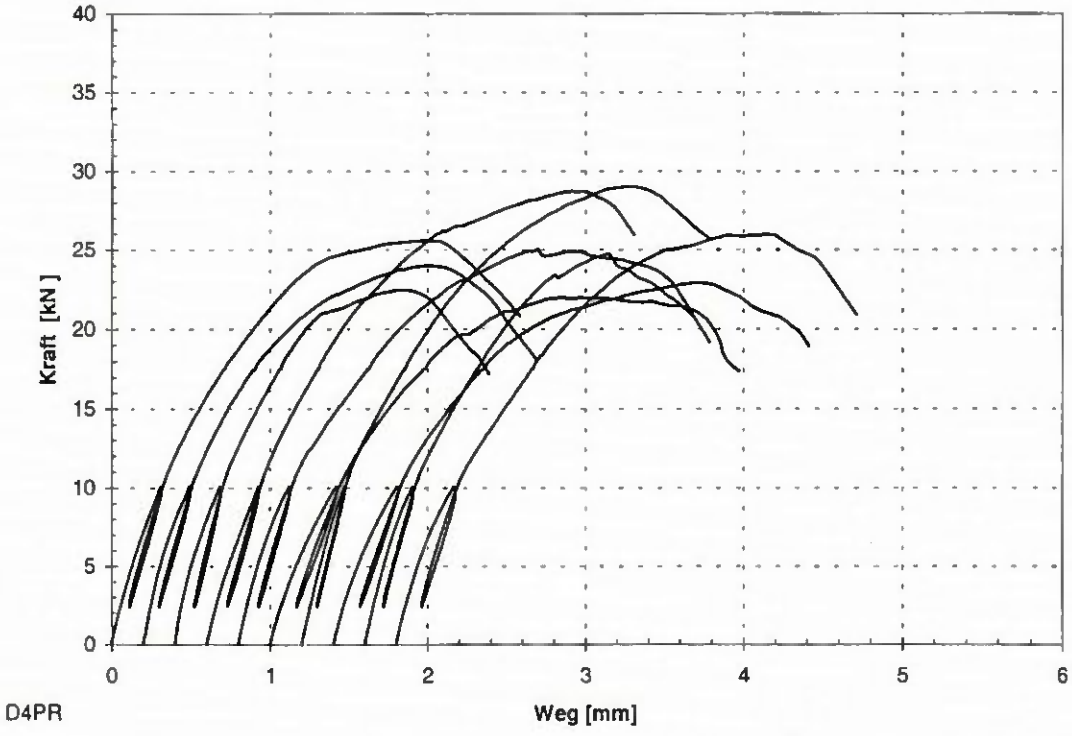


Abb. C-60: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D4PR

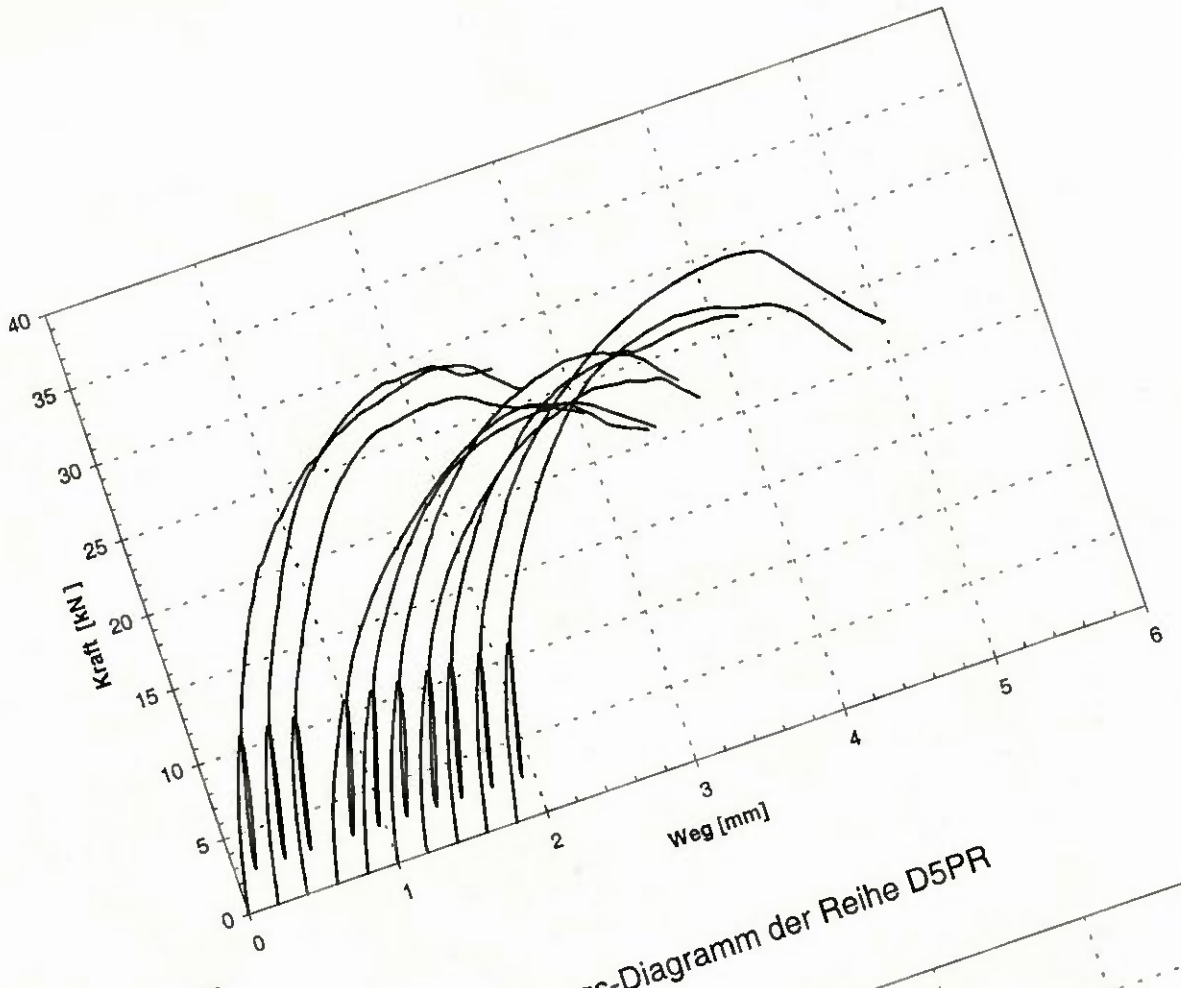


Abb. C-61: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D5PR

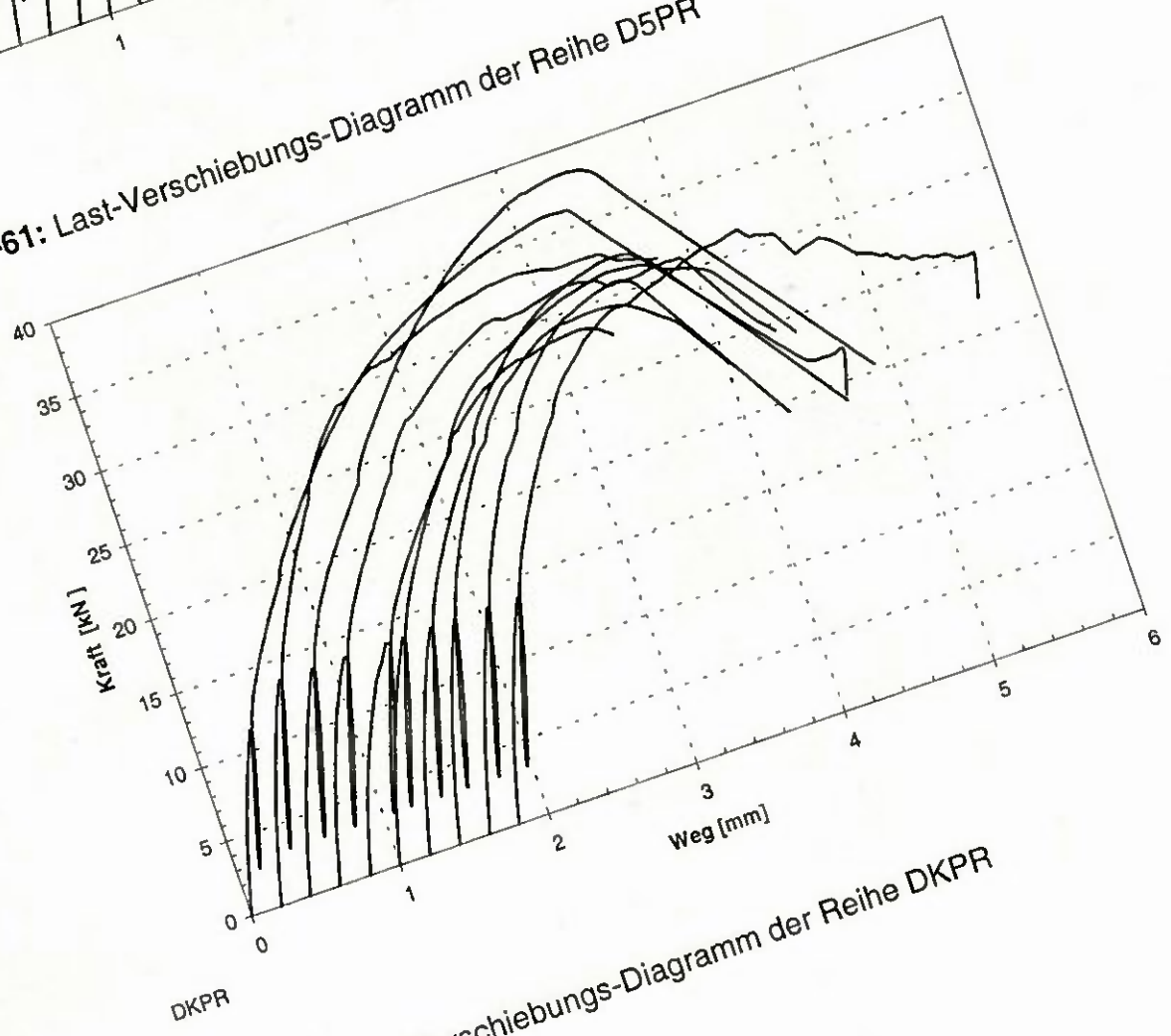


Abb. C-62: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe DKPR

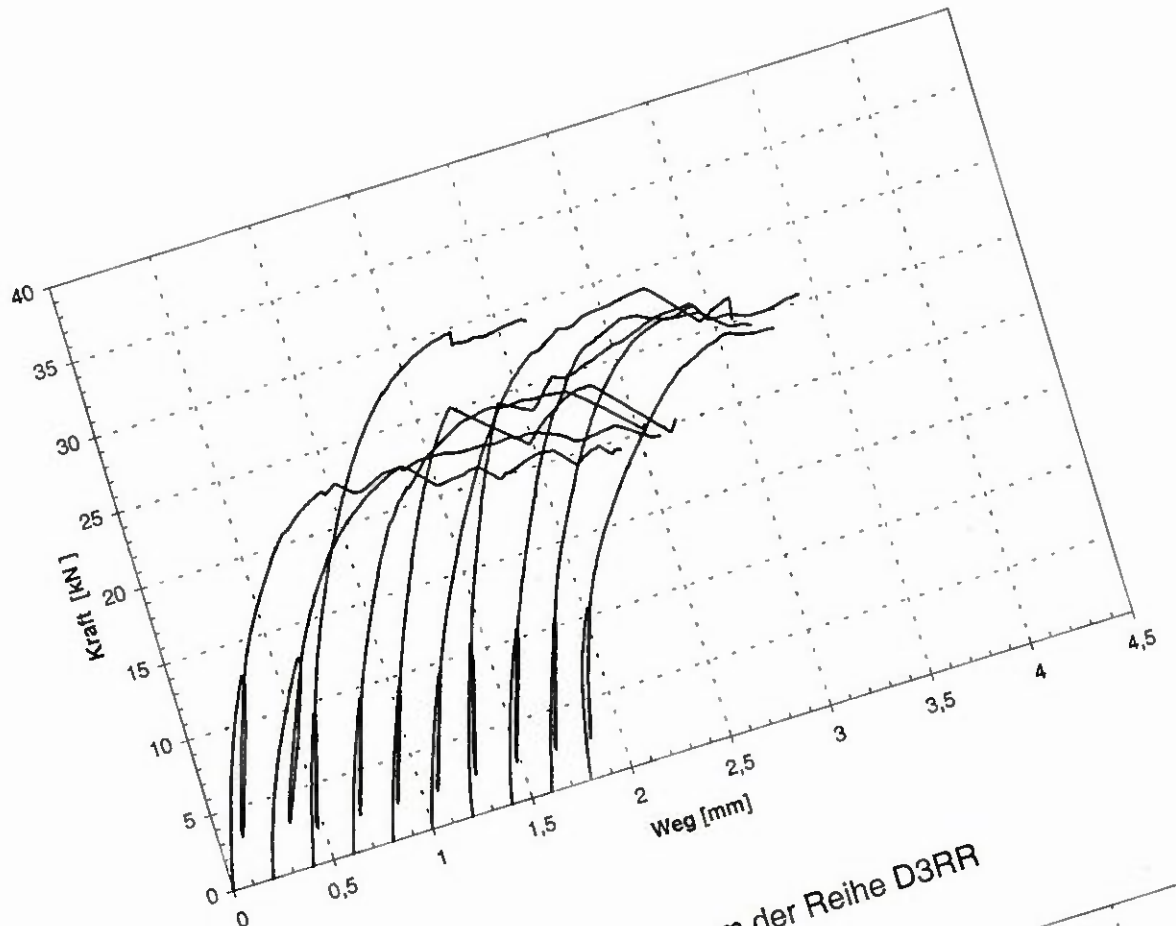


Abb. C-63: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D3RR

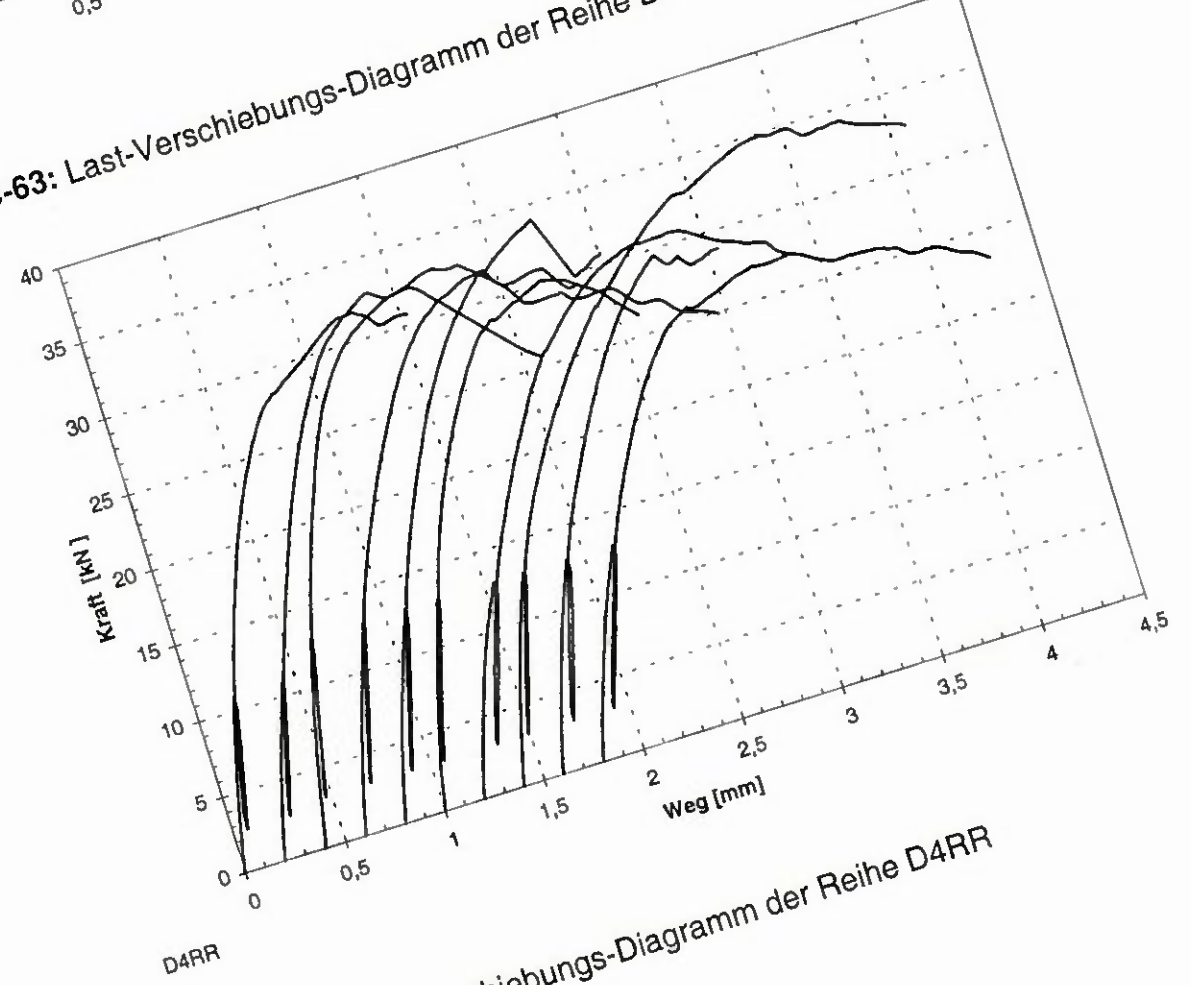


Abb. C-64: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D4RR

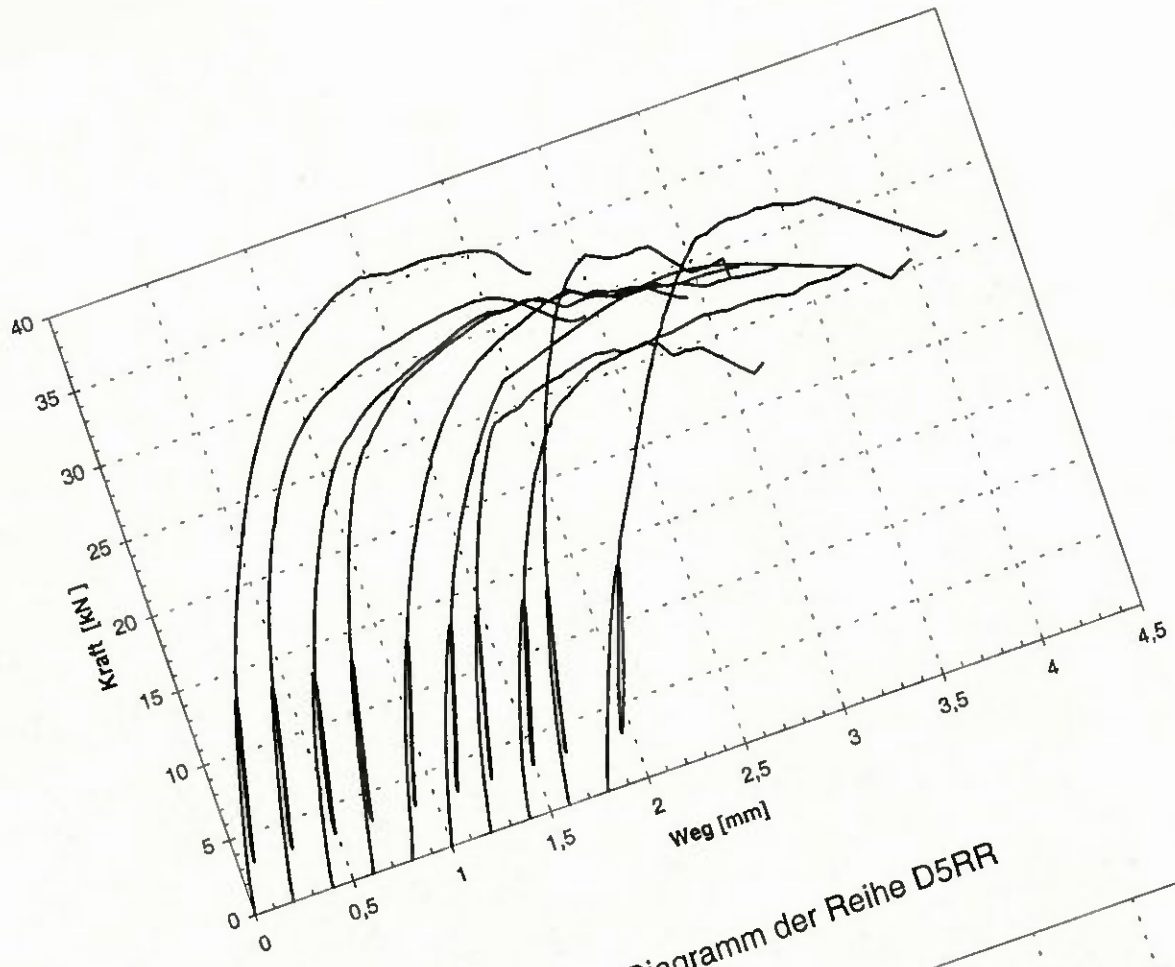


Abb. C-65: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe D5RR

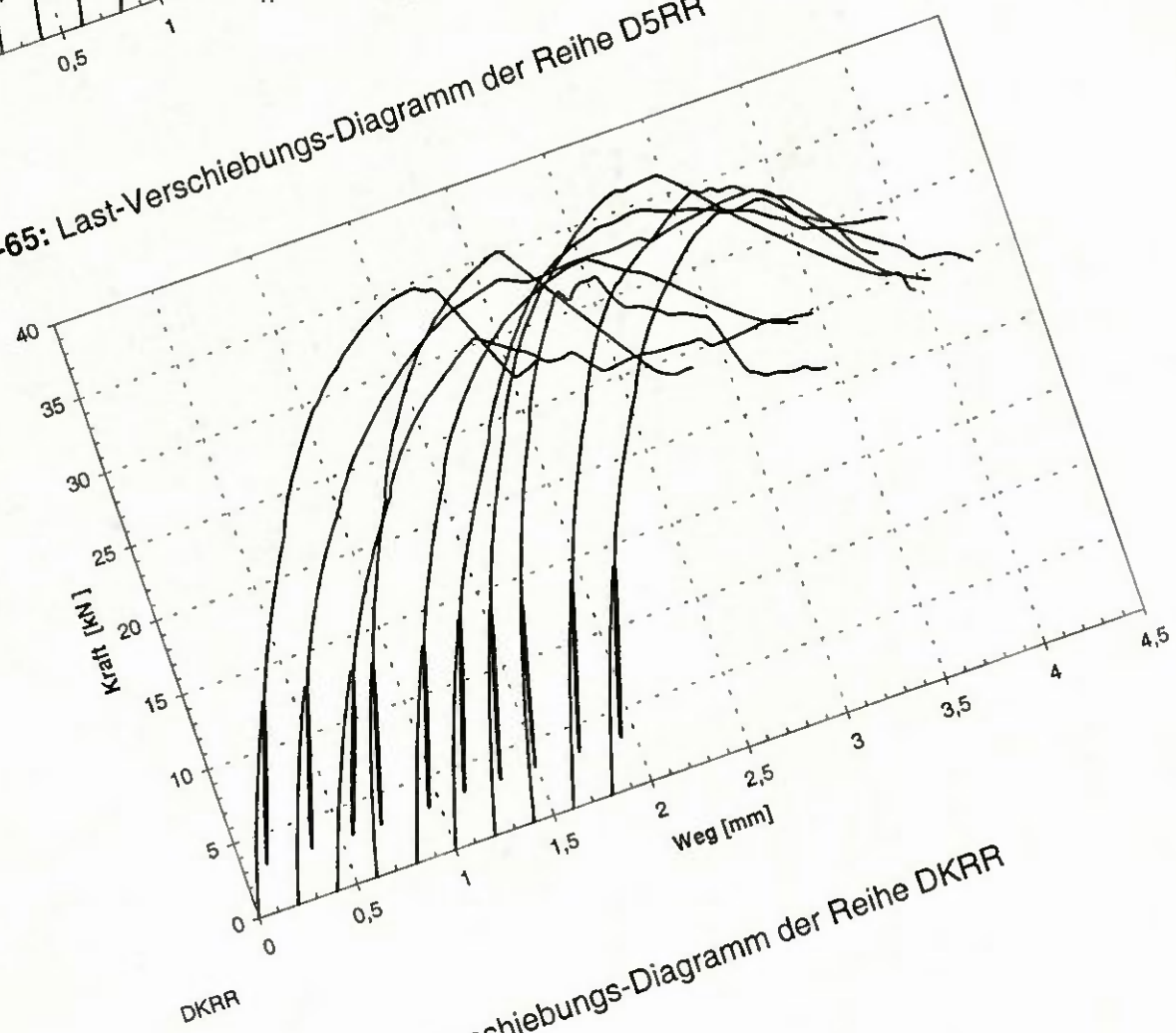


Abb. C-66: Last-Verschiebungs-Diagramm der Reihe DKRR

Anlagen D

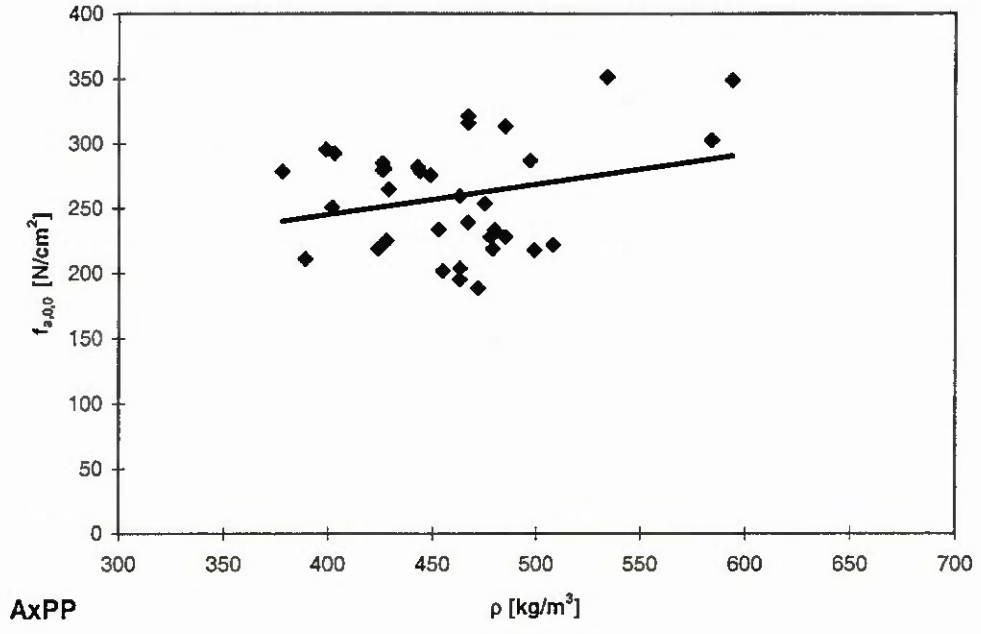


Abb. D-1: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen AxPP

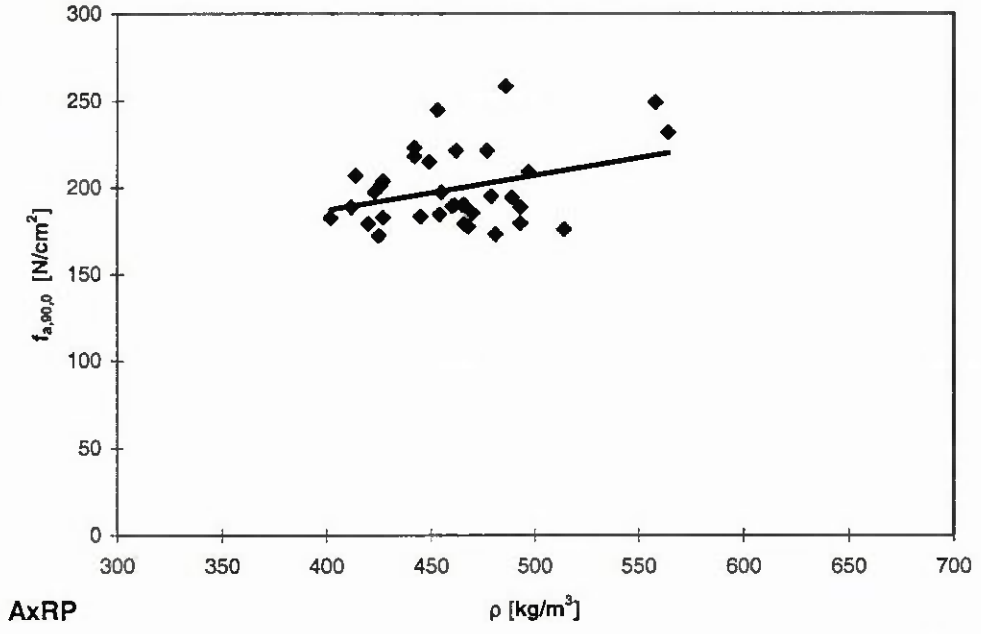


Abb. D-2: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen AxRP

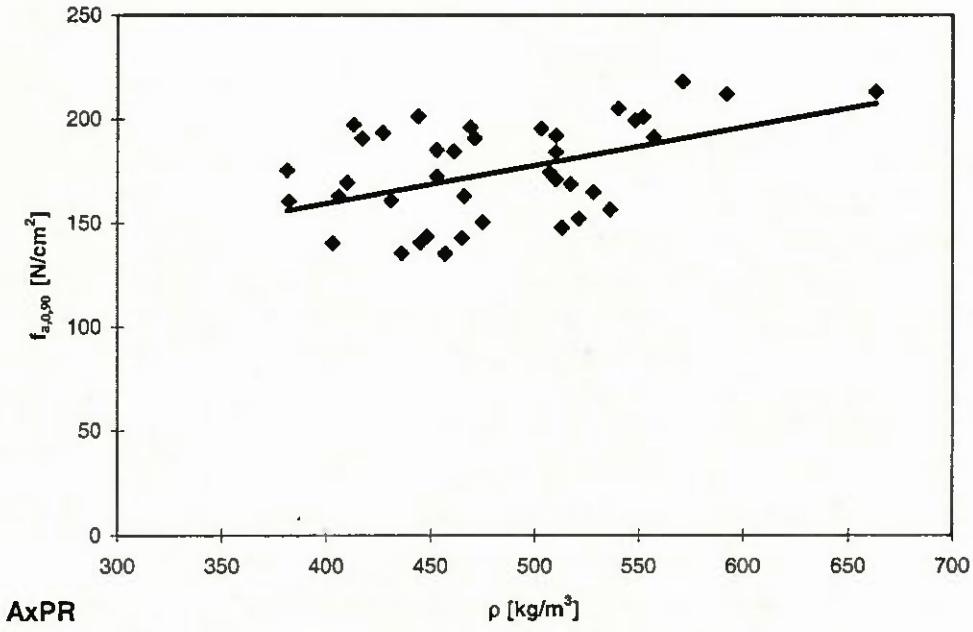


Abb. D-3: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen AxPR

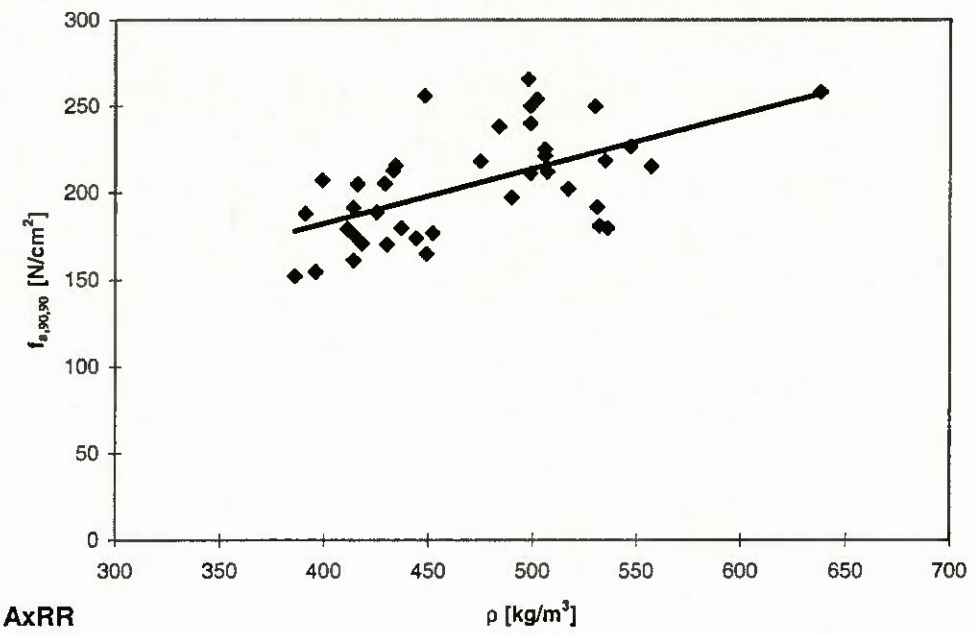


Abb. D-4: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen AxRR

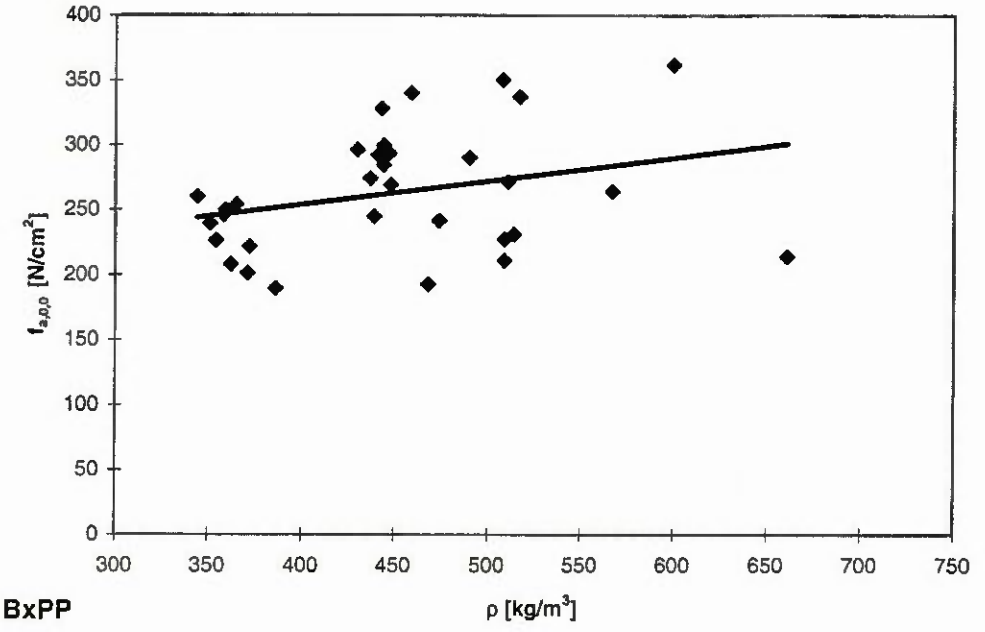


Abb. D-5: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen BxPP

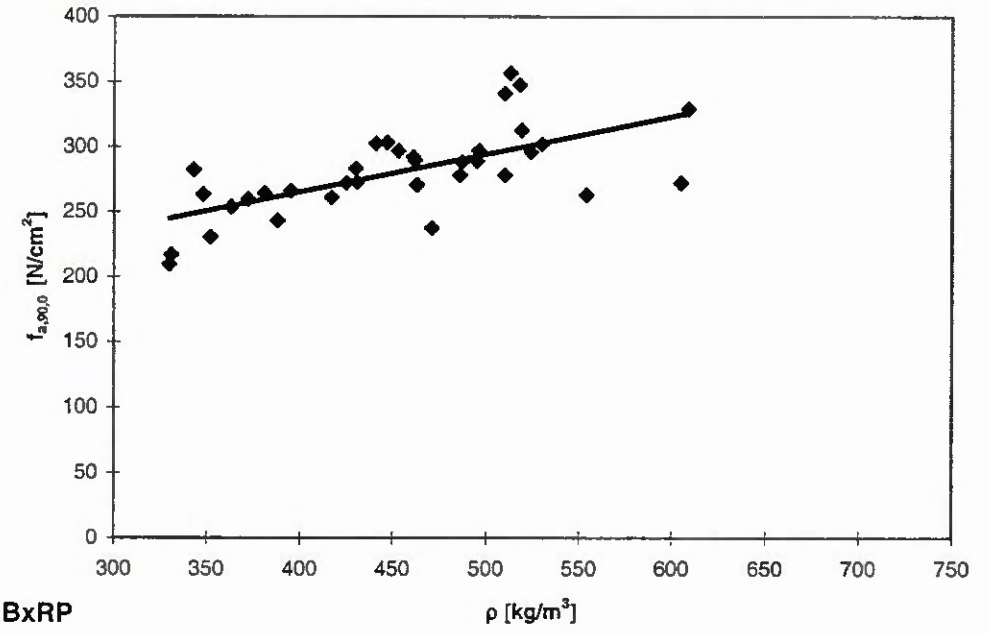


Abb. D-6: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen BxRP

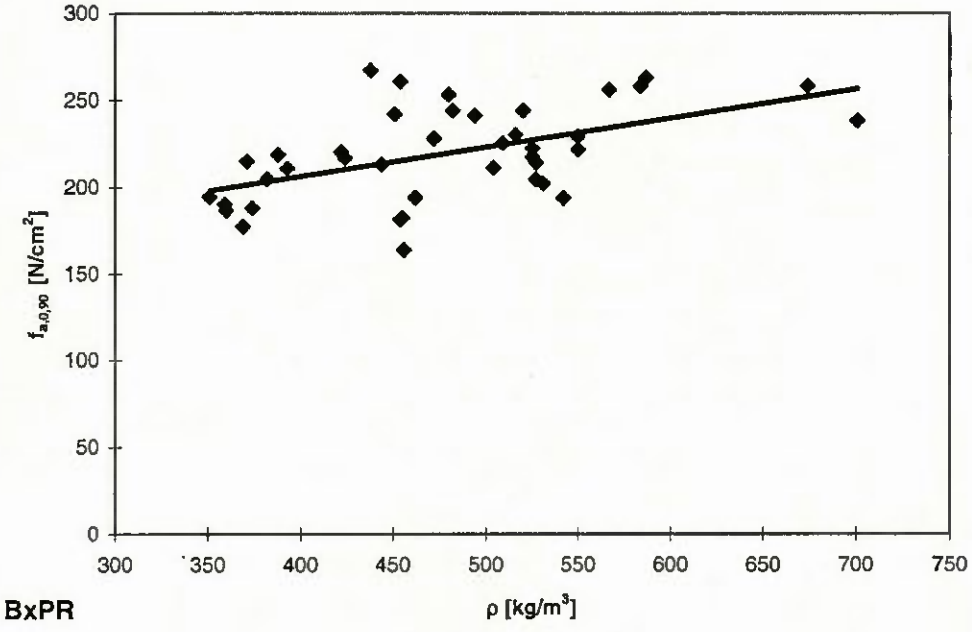


Abb. D-7: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen BxPR

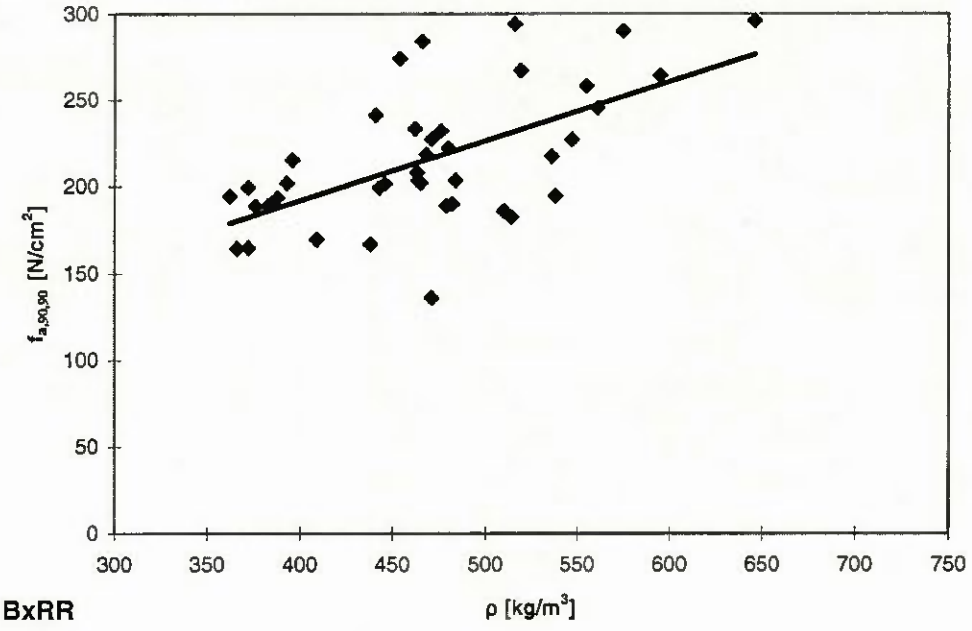


Abb. D-8: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen BxRR

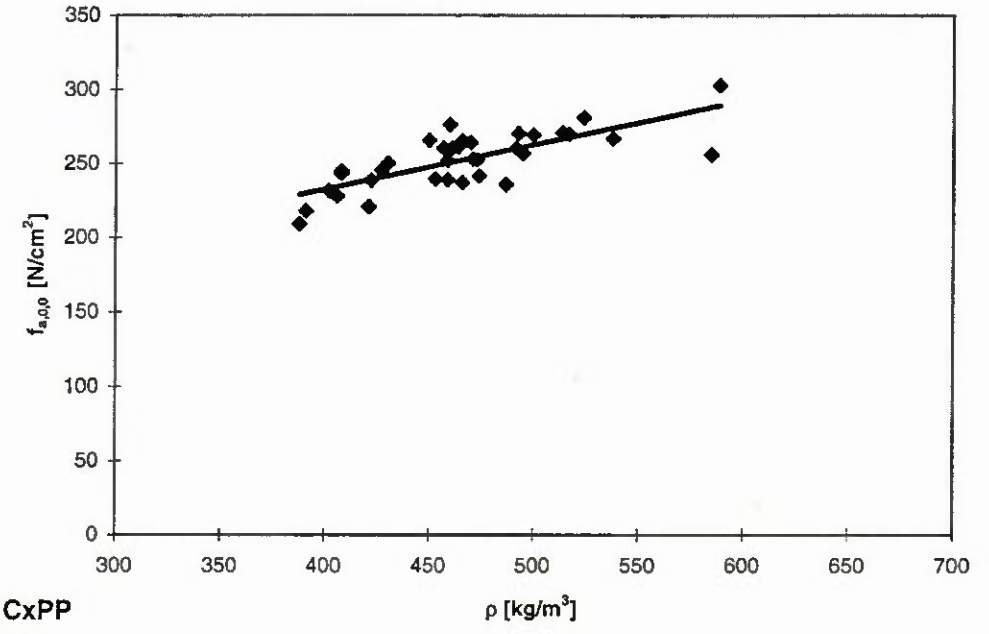


Abb. D-9: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen CxPP

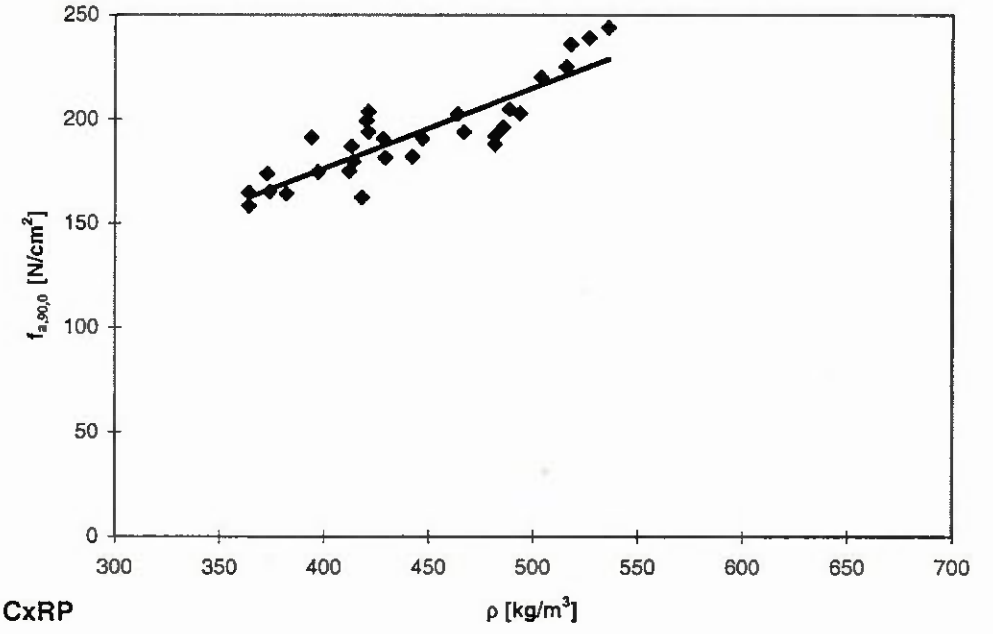


Abb. D-10: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen CxRP

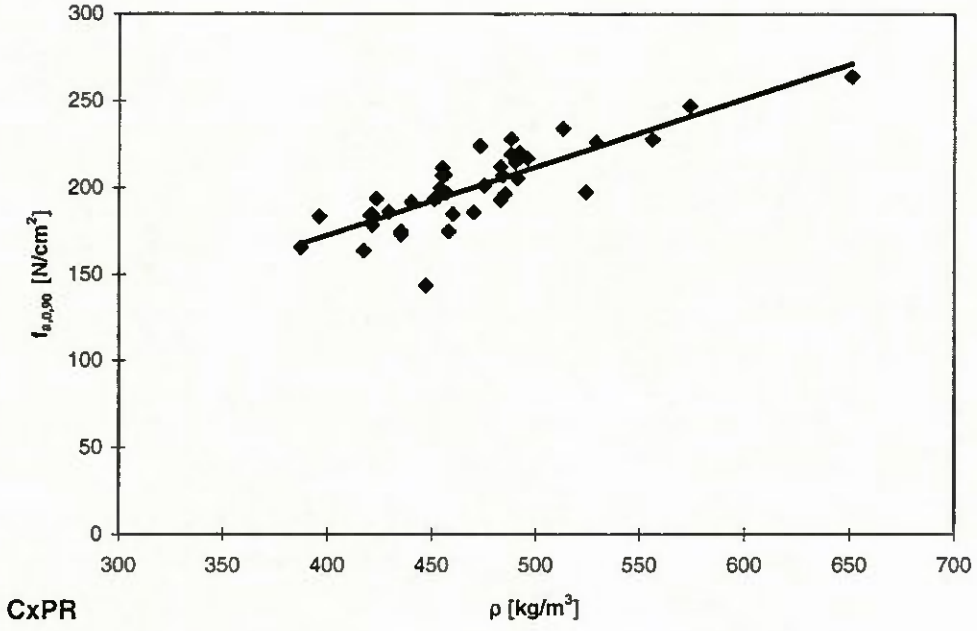


Abb. D-11: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen CxPR

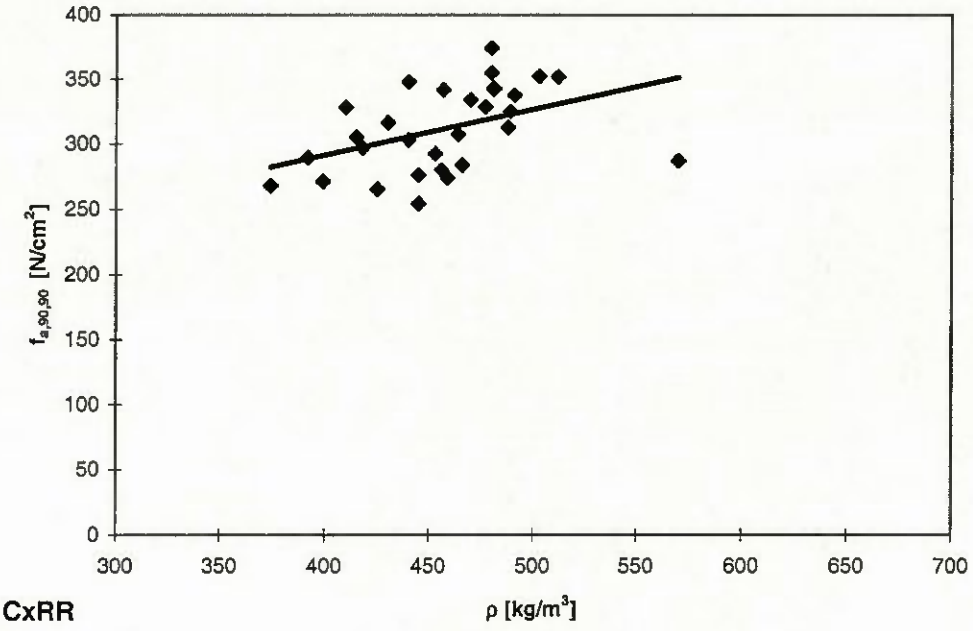


Abb. D-12: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen CxRR

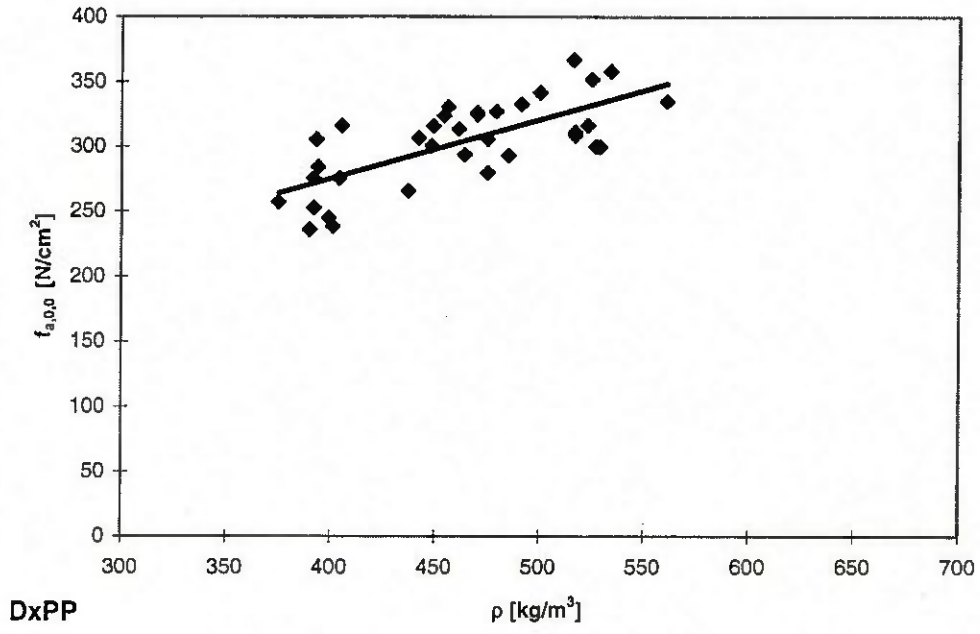


Abb. D-13: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen DxPP

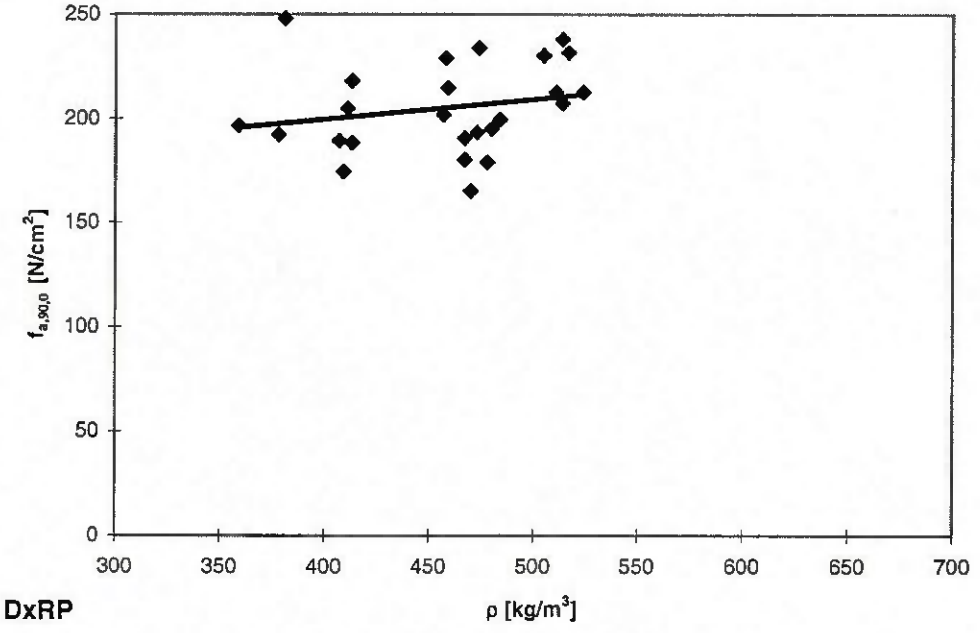


Abb. D-14: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen DxRP

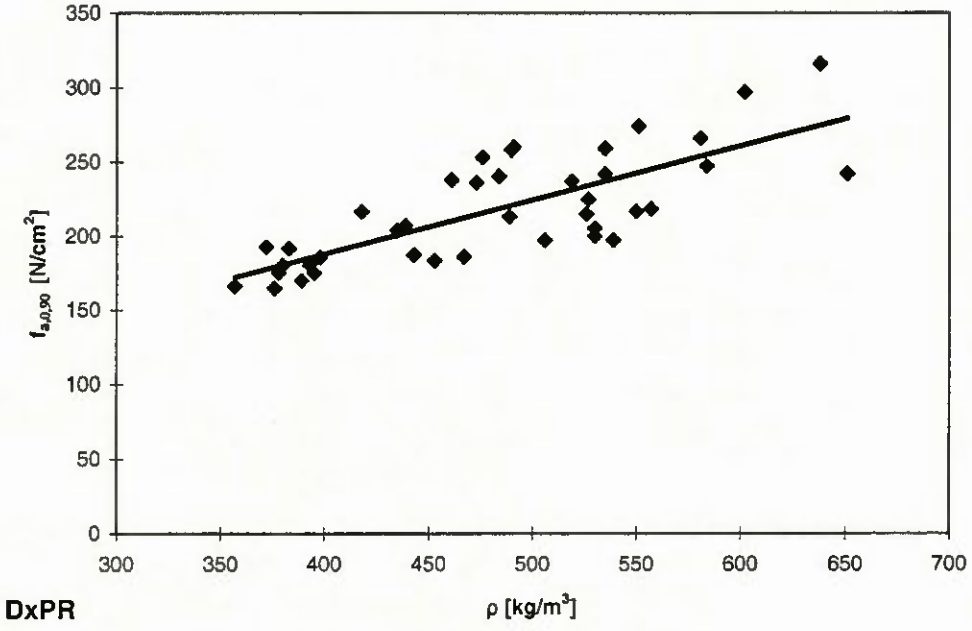


Abb. D-15: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen DxPR

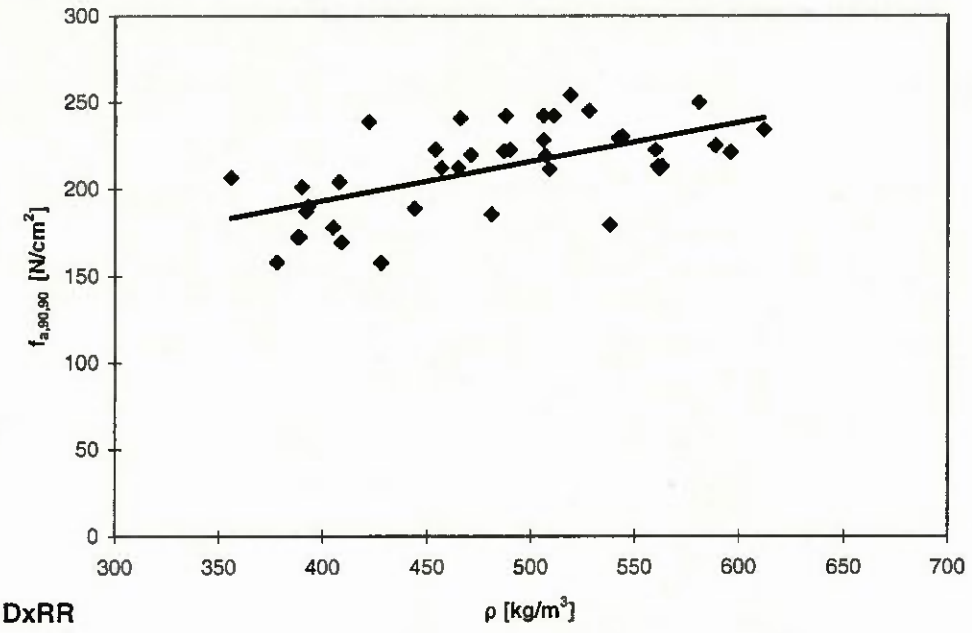


Abb. D-16: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen DxRR

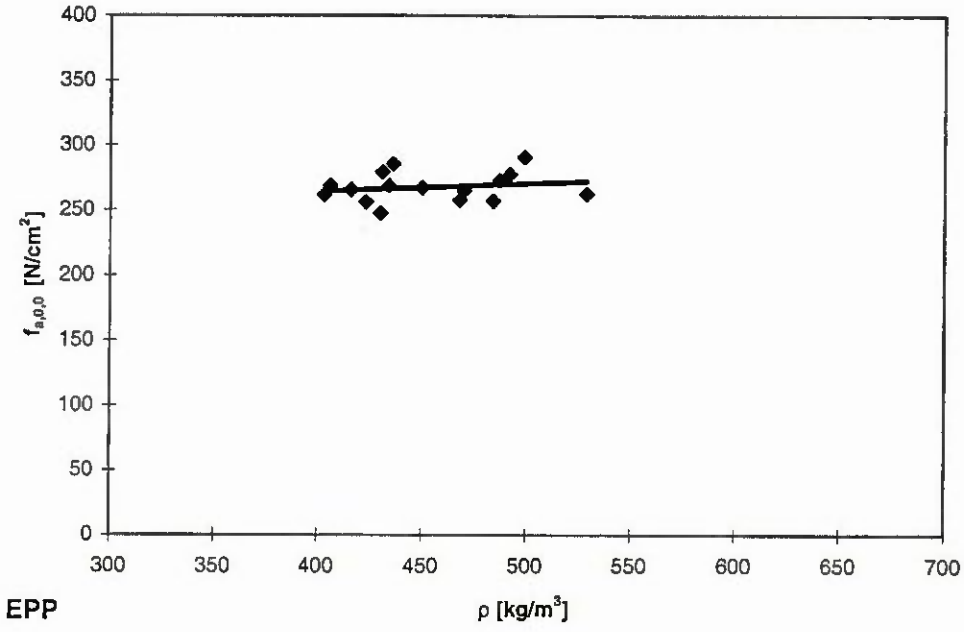


Abb. D-17: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen EPP

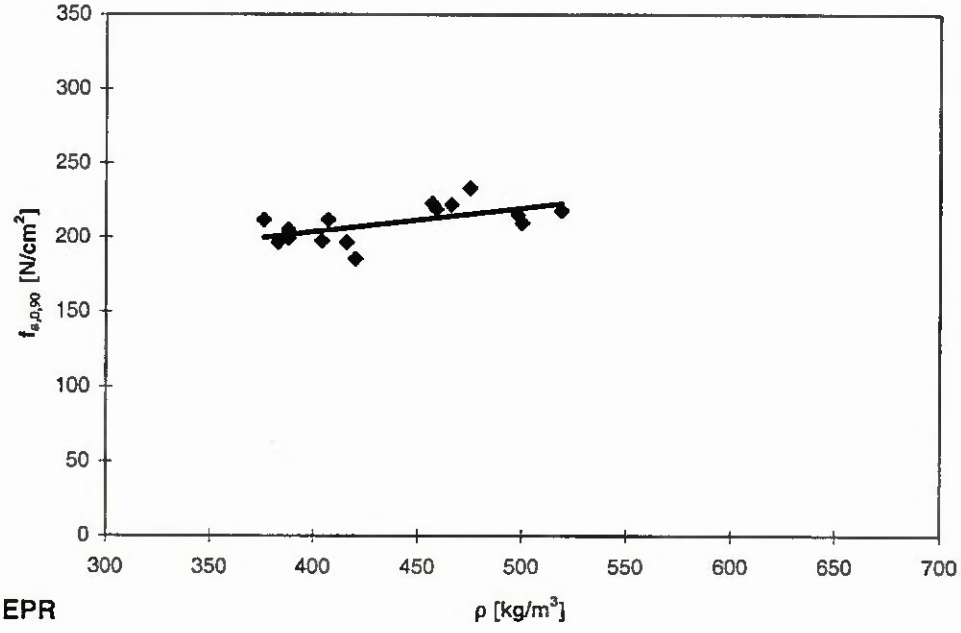


Abb. D-18: Nageltragfähigkeit-Rohdichte-Abhängigkeit der Reihen EPR

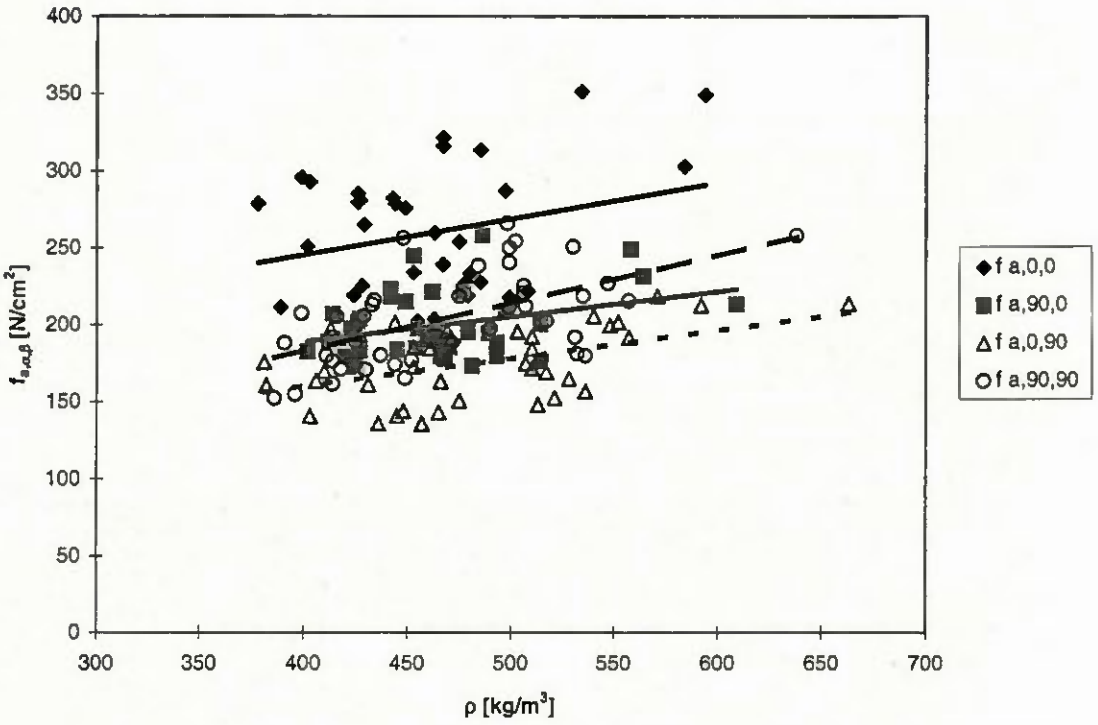


Abb. D-19: Vergleich der Abhängigkeiten für Nagelplatte A

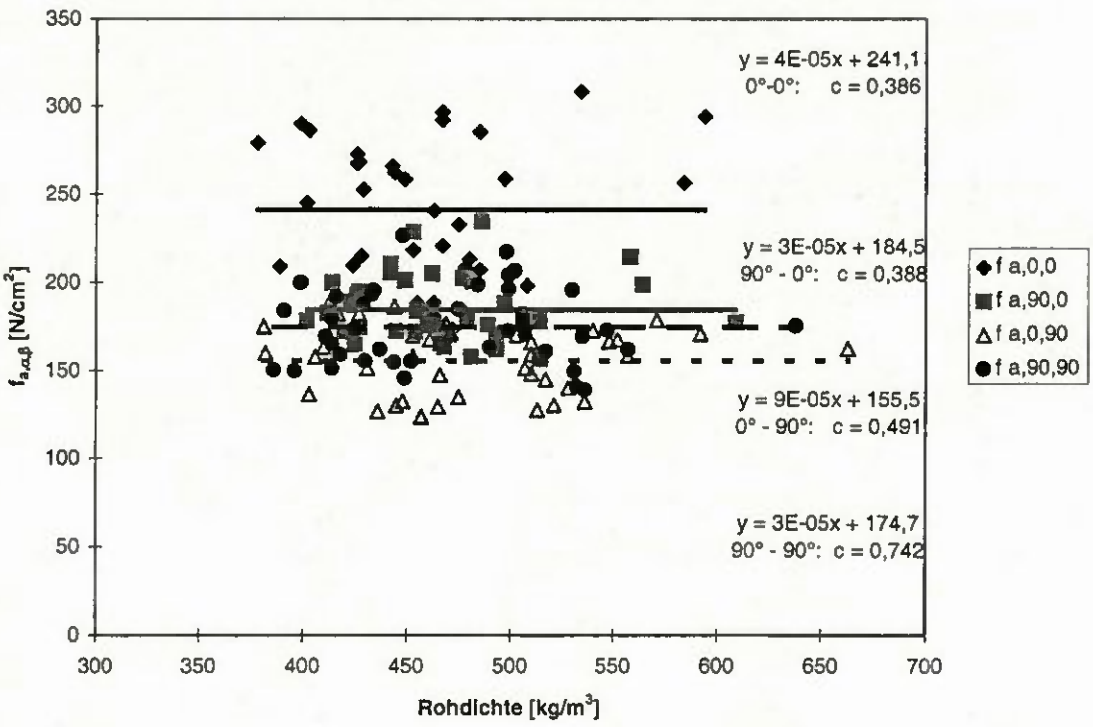


Abb. D-20: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte in Abhängigkeit von der Rohdichte für Nagelplatte A

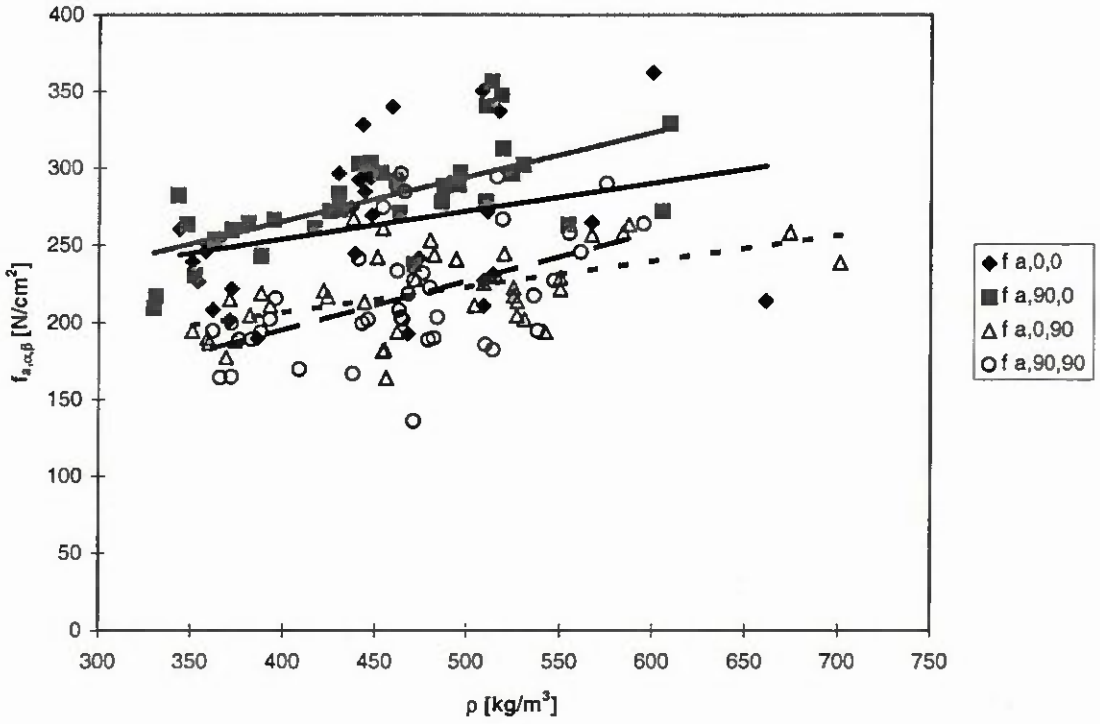


Abb. D-21: Vergleich der Abhängigkeiten für Nagelplatte B

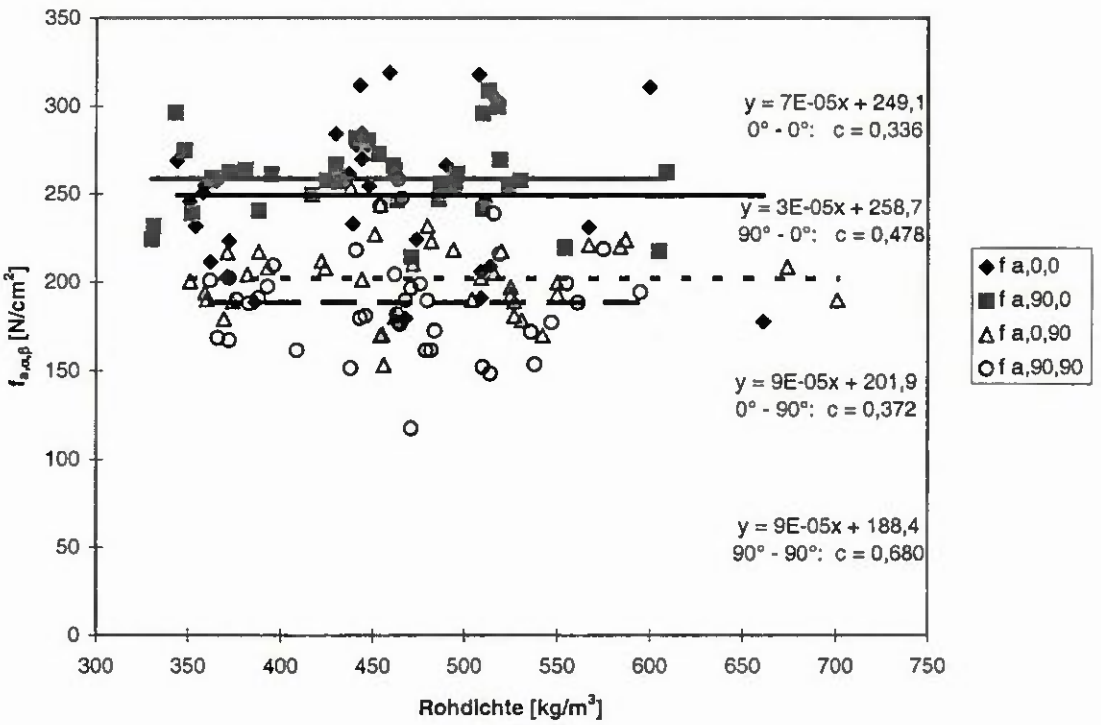


Abb. D-22: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte in Abhängigkeit von der Rohdichte für Nagelplatte B

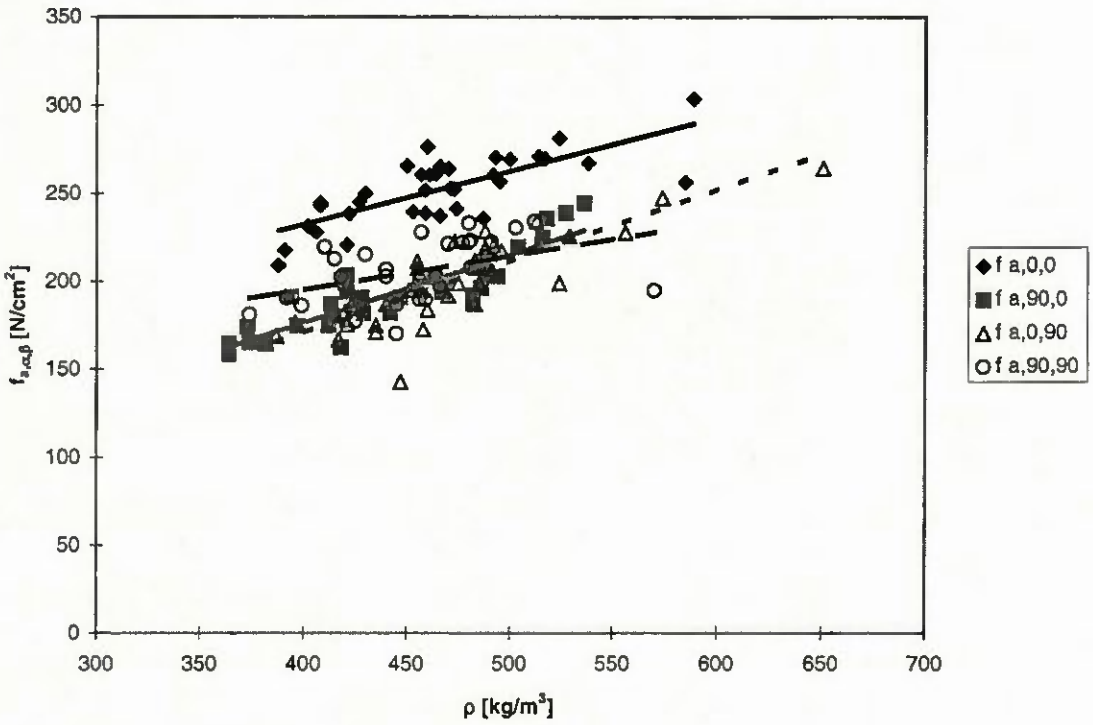


Abb. D-23: Vergleich der Abhängigkeiten für Nagelplatte C

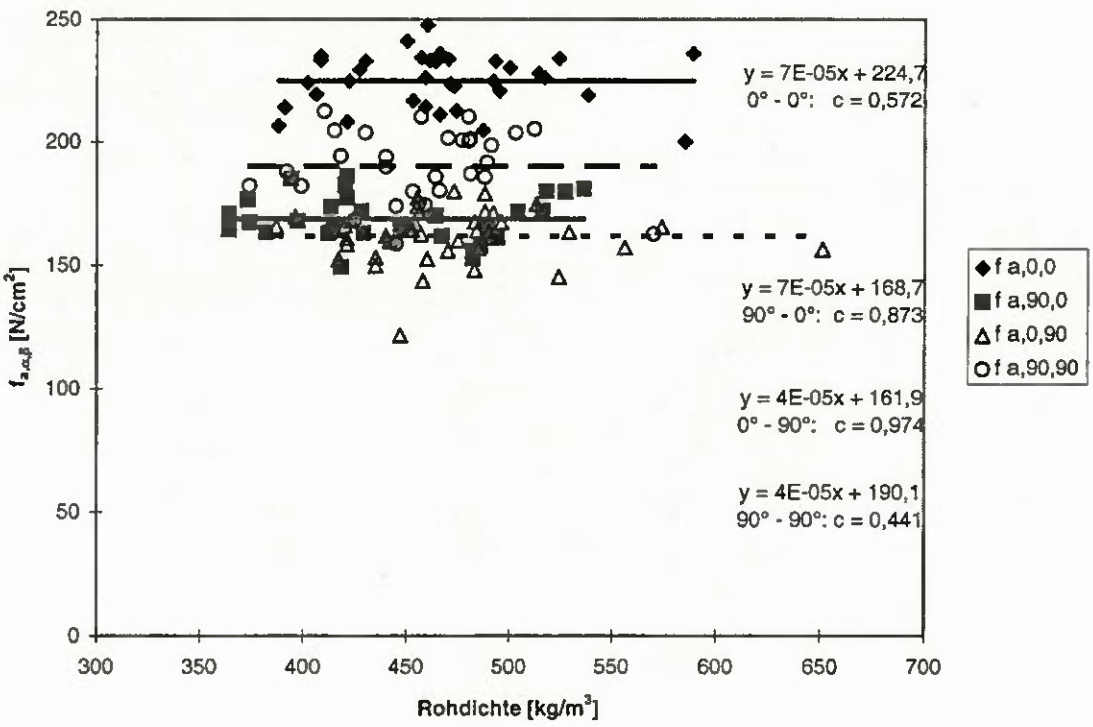


Abb. D-24: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte in Abhängigkeit von der Rohdichte für Nagelplatte C

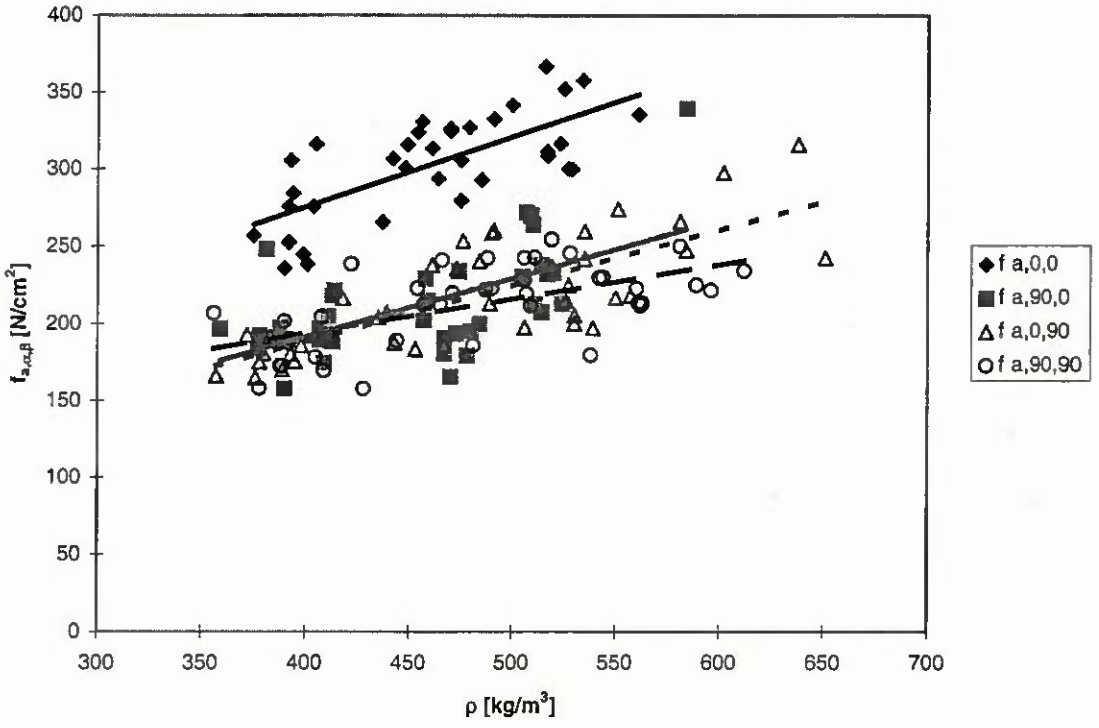


Abb. D-25: Vergleich der Abhängigkeiten für Nagelplatte D

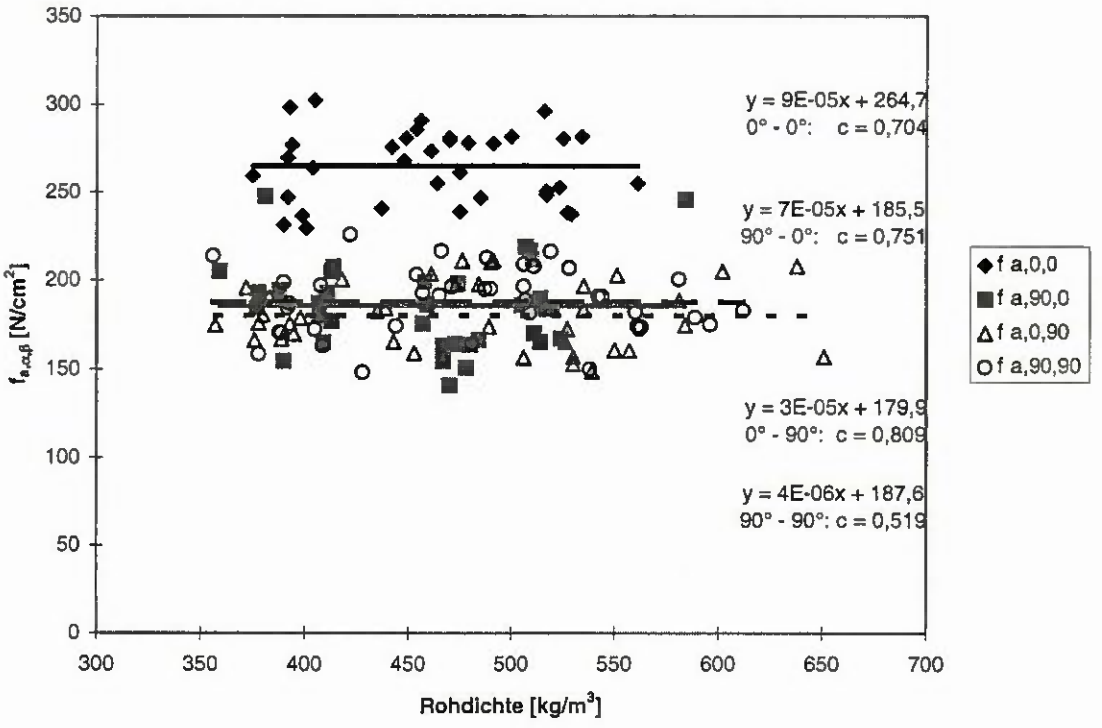


Abb. D-26: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte in Abhängigkeit von der Rohdichte für Nagelplatte D

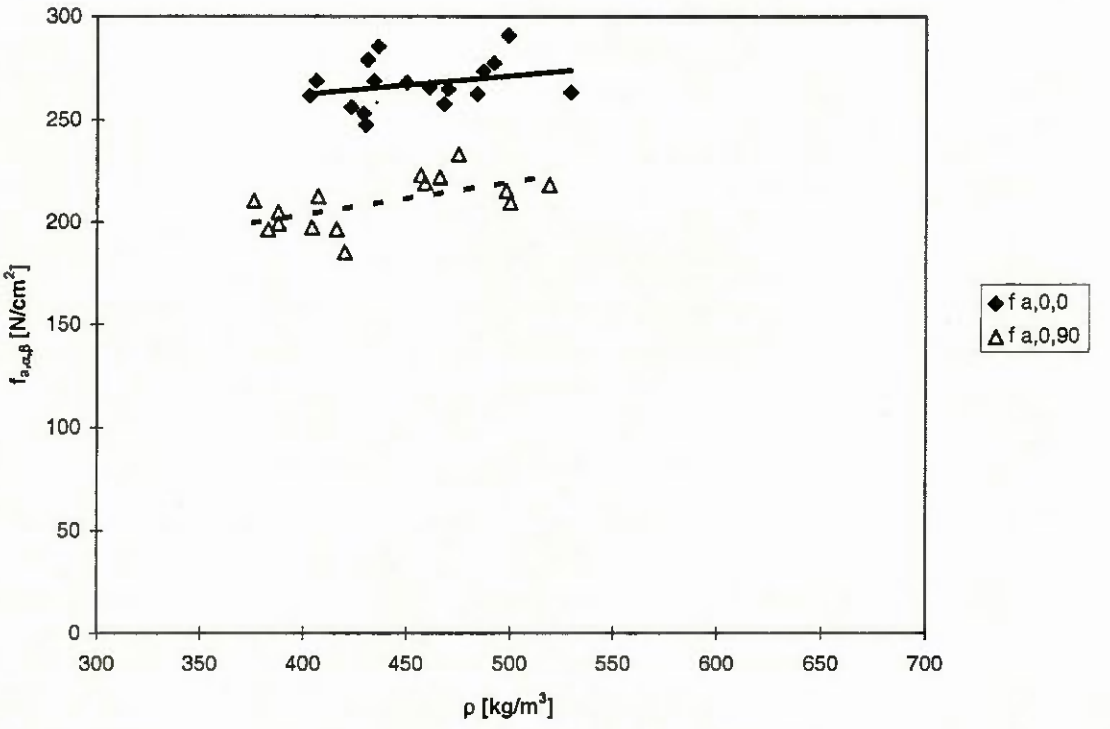


Abb. D-27: Vergleich der Abhängigkeiten für Nagelplatte E

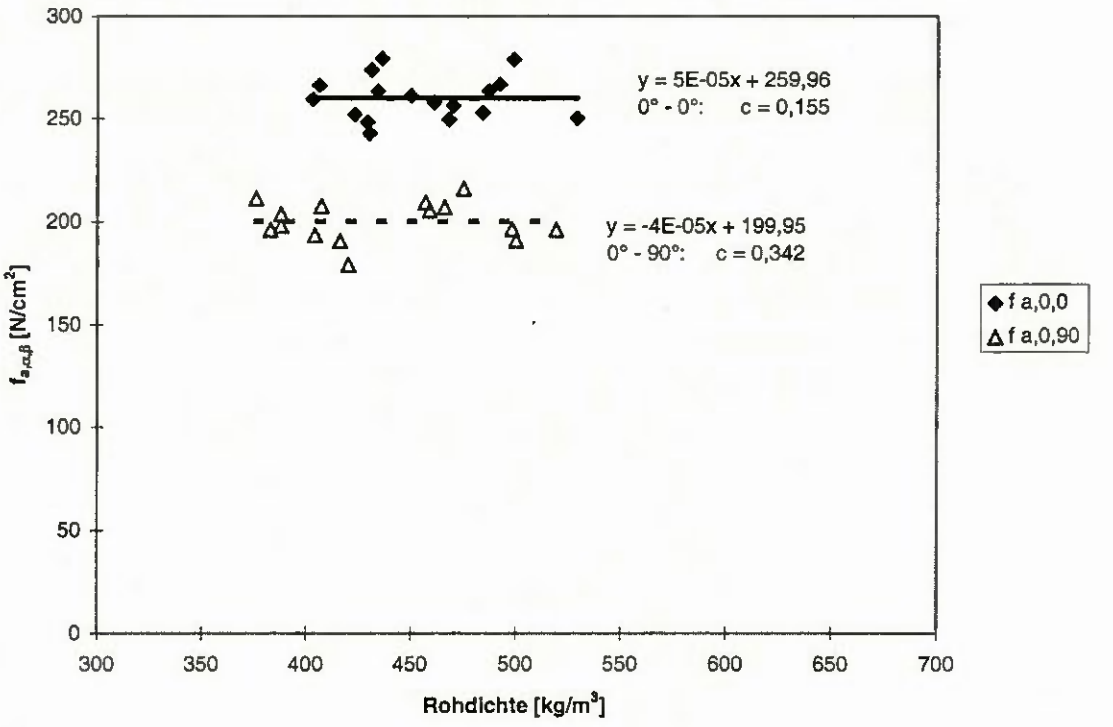


Abb. D-28: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte in Abhängigkeit von der Rohdichte für Nagelplatte E

Anlagen E

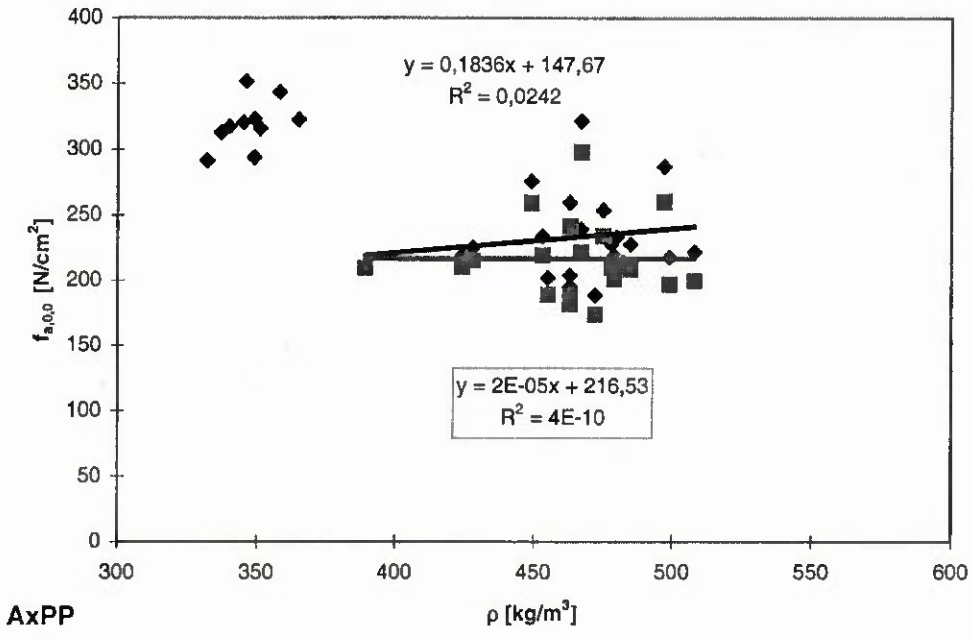


Abb. E-1: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen AxPP

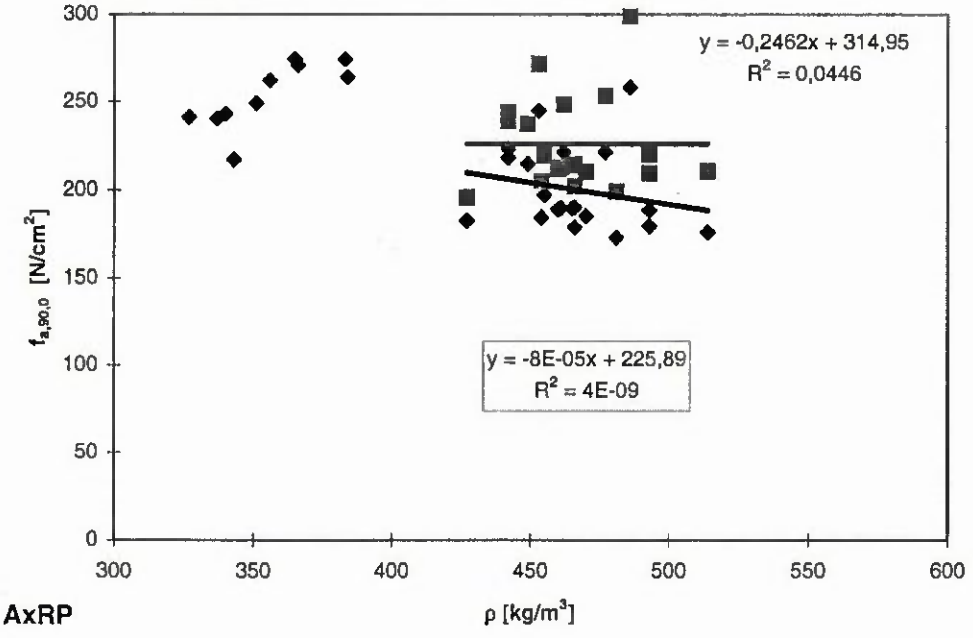


Abb. E-2: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen AxRP

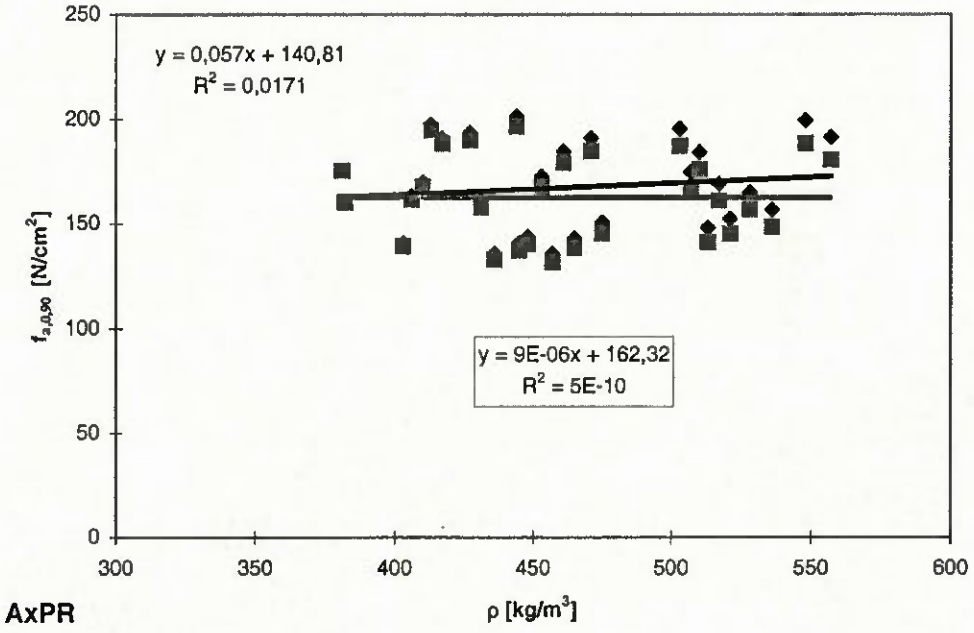


Abb. E-3: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen AxPR

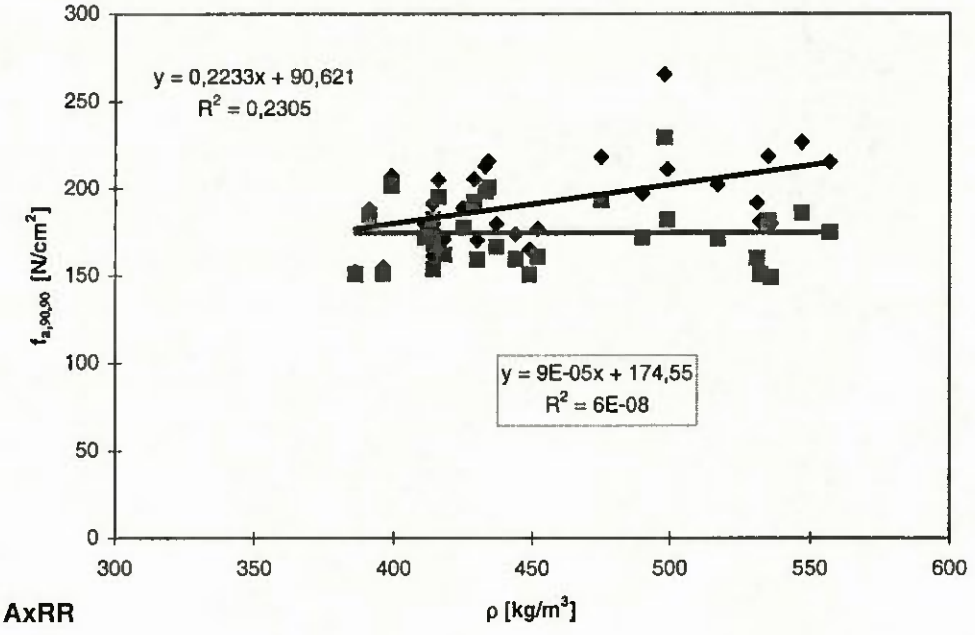


Abb. E-4: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen AxRR

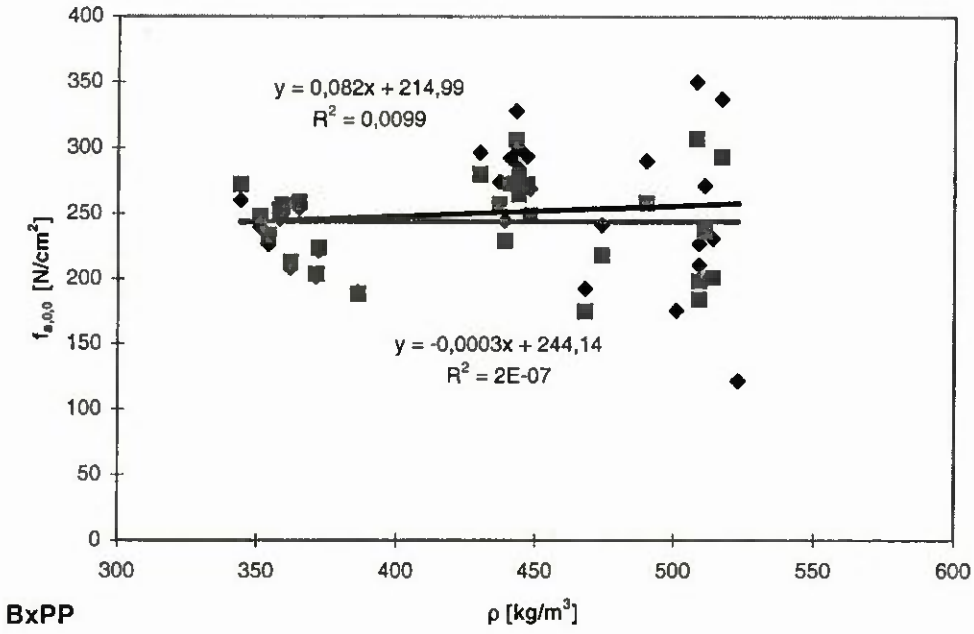


Abb. E-5: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen BxPP

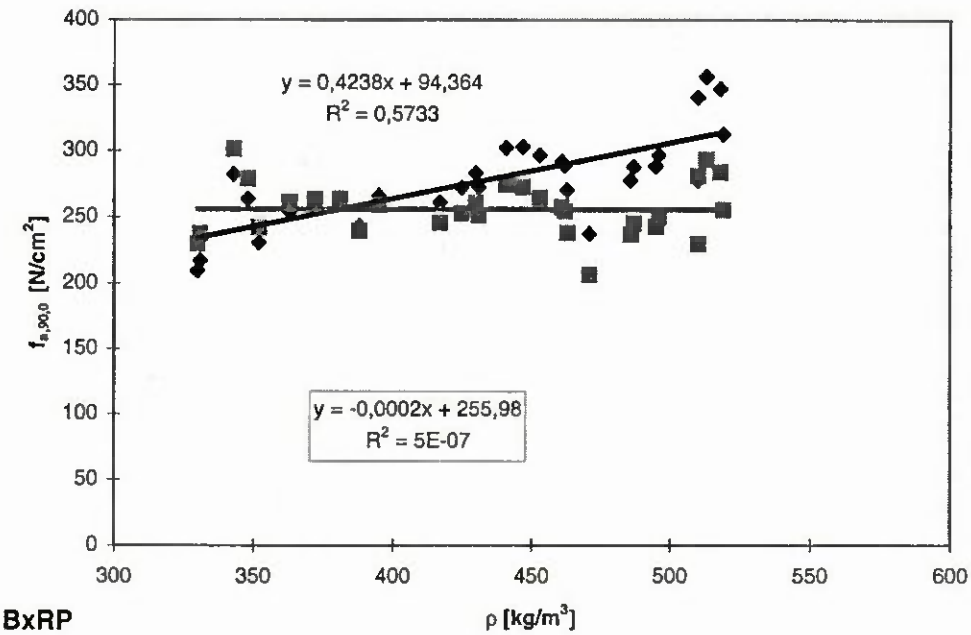


Abb. E-6: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen BxRP

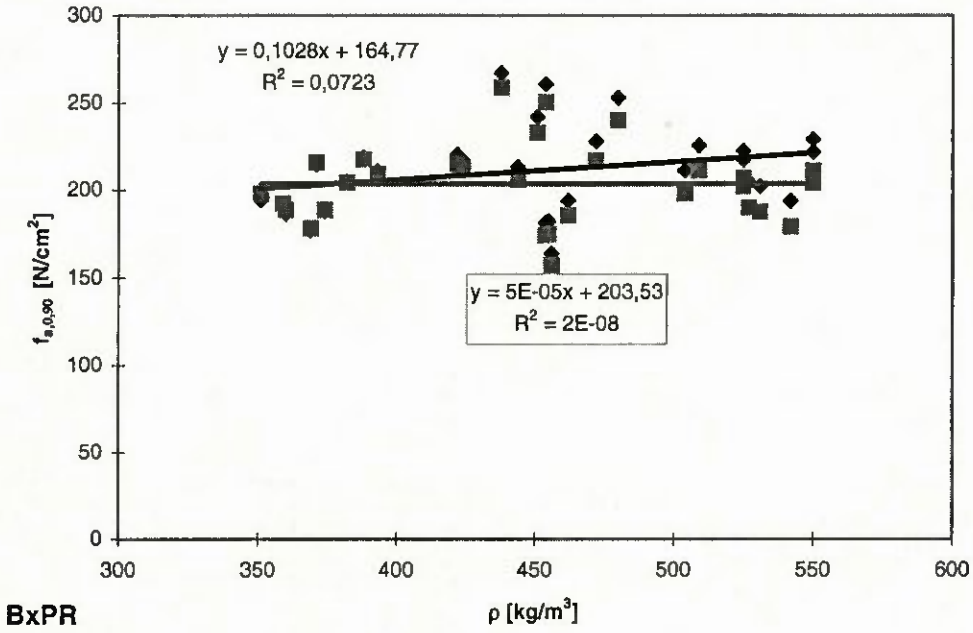


Abb. E-7: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen BxPR

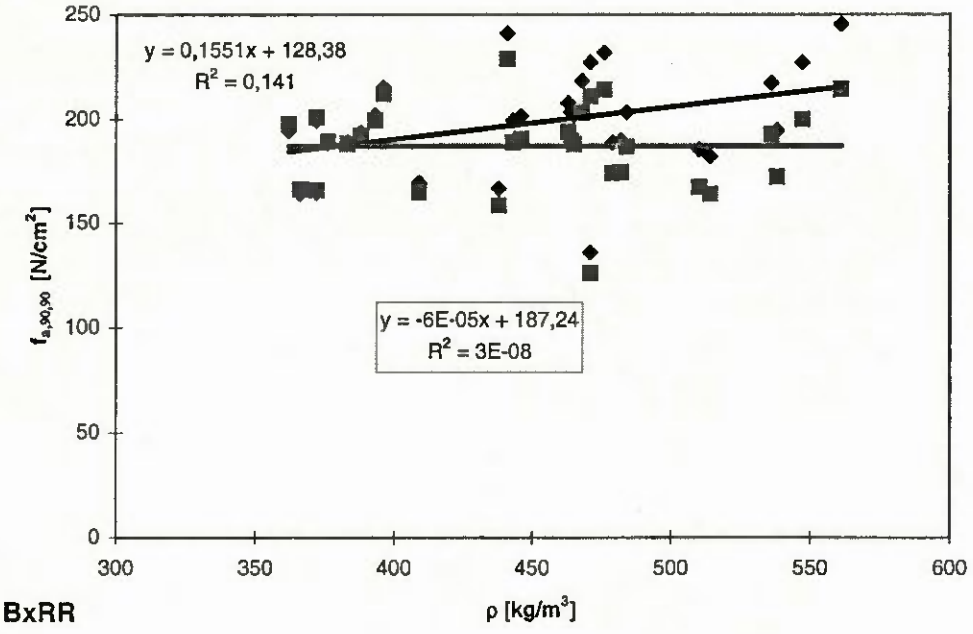


Abb. E-8: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen BxRR

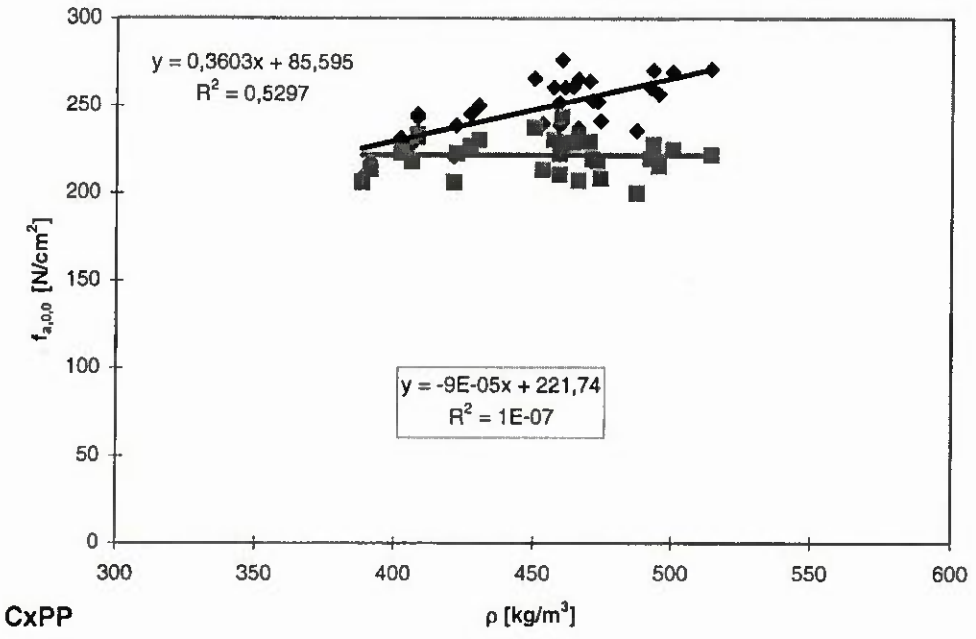


Abb. E-9: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen CxPP

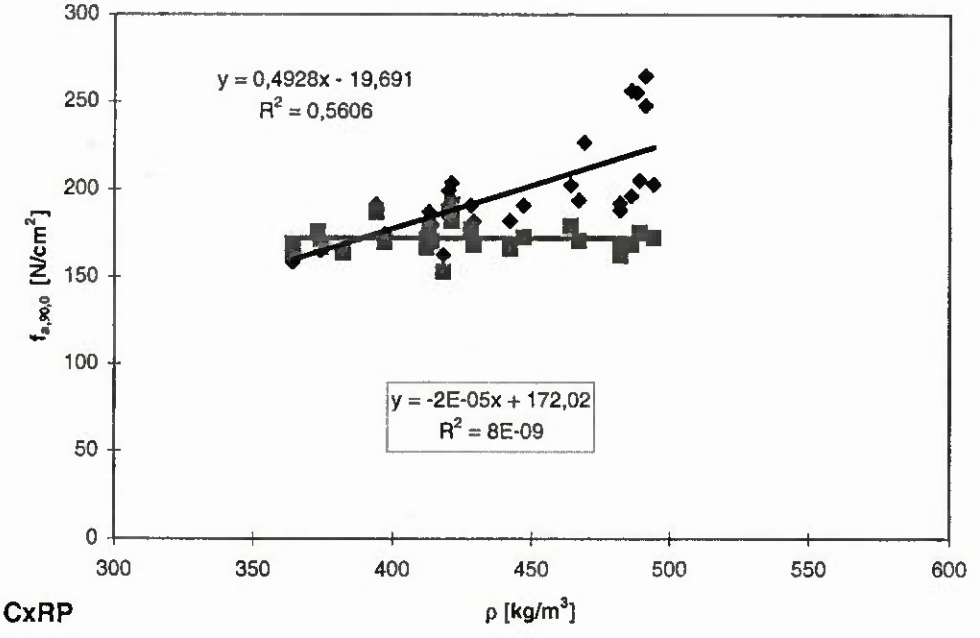


Abb. E-10: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen CxRP

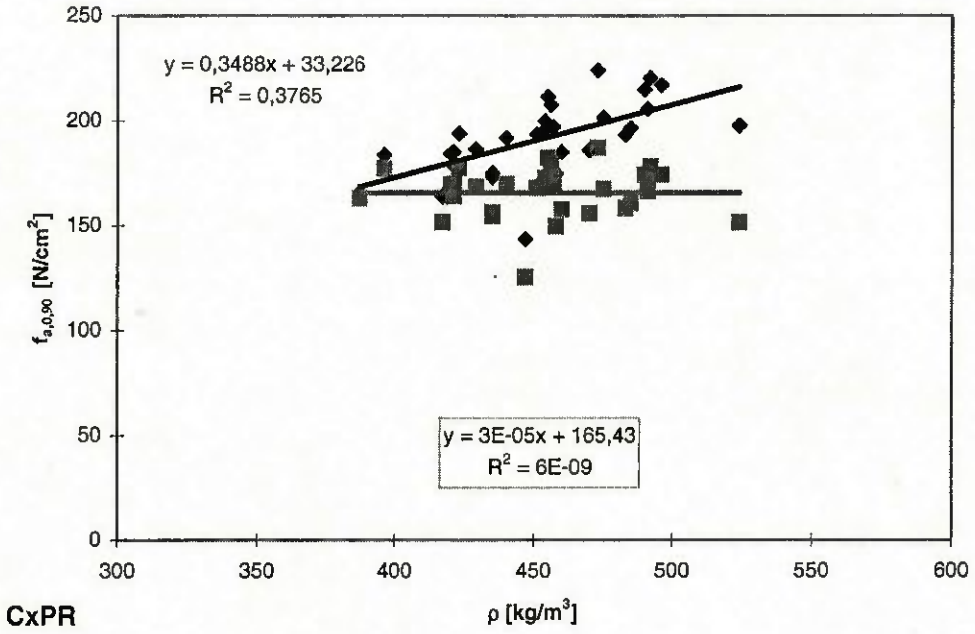


Abb. E-11: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen CxPR

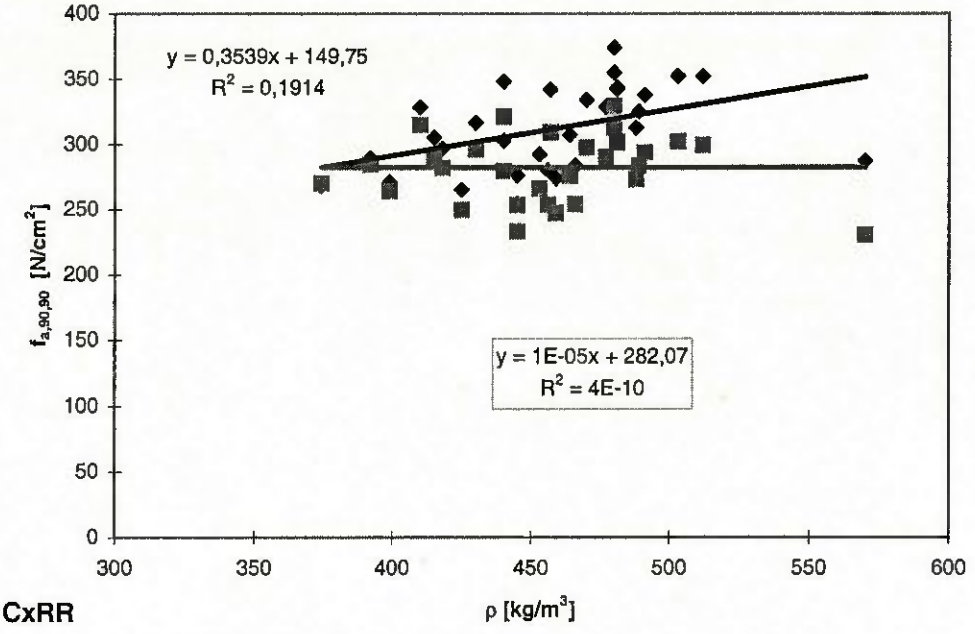


Abb. E-12: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen CxRR

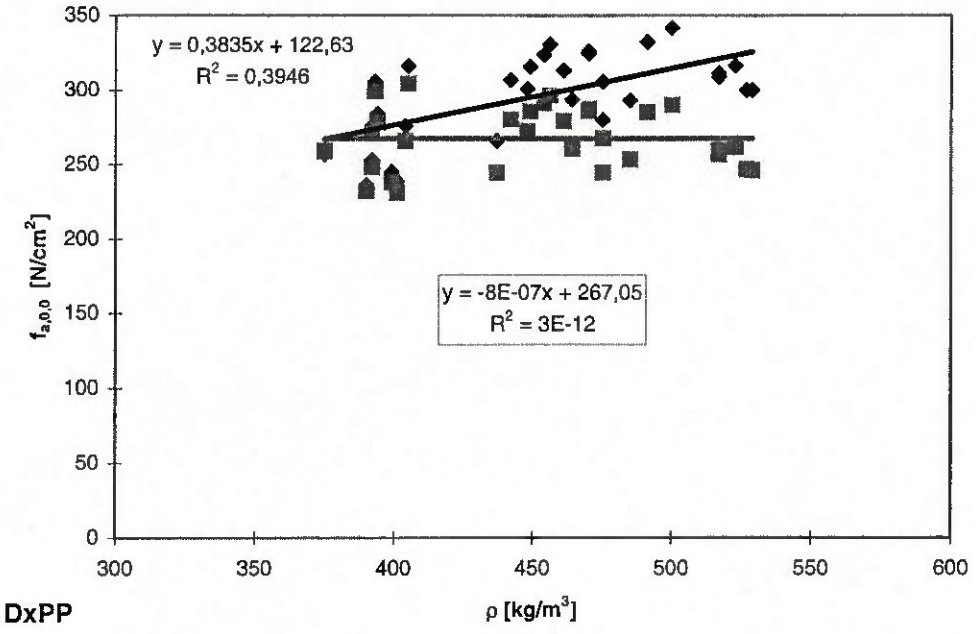


Abb. E-13: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen DxPP

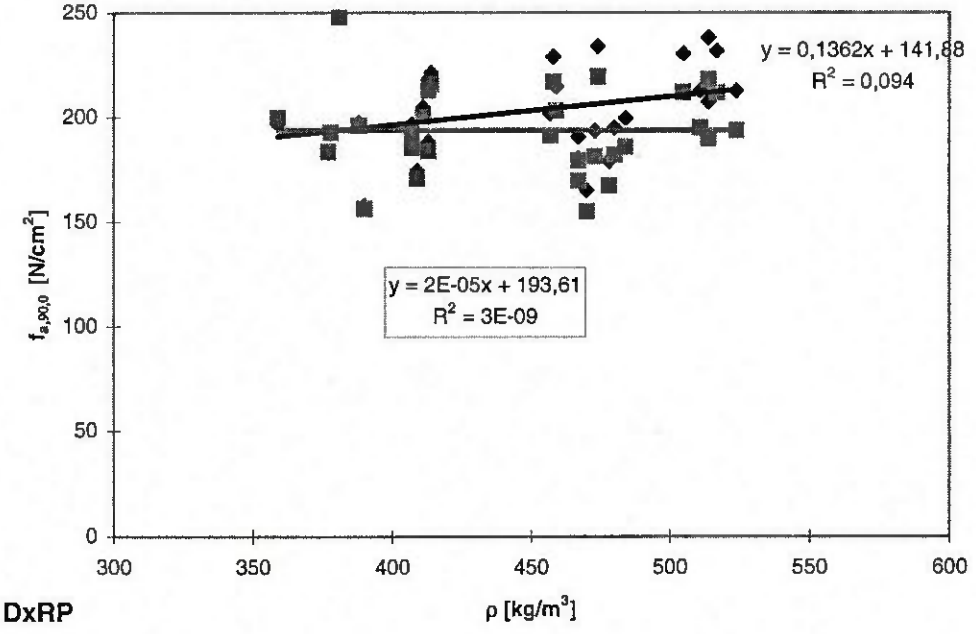


Abb. E-14: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen DxRP

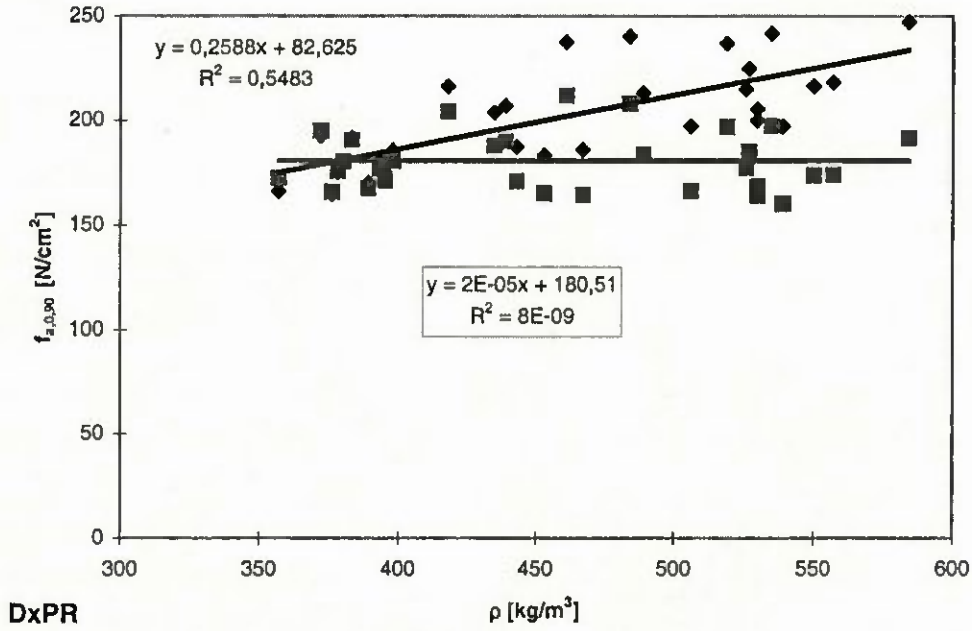


Abb. E-15: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen DxPR

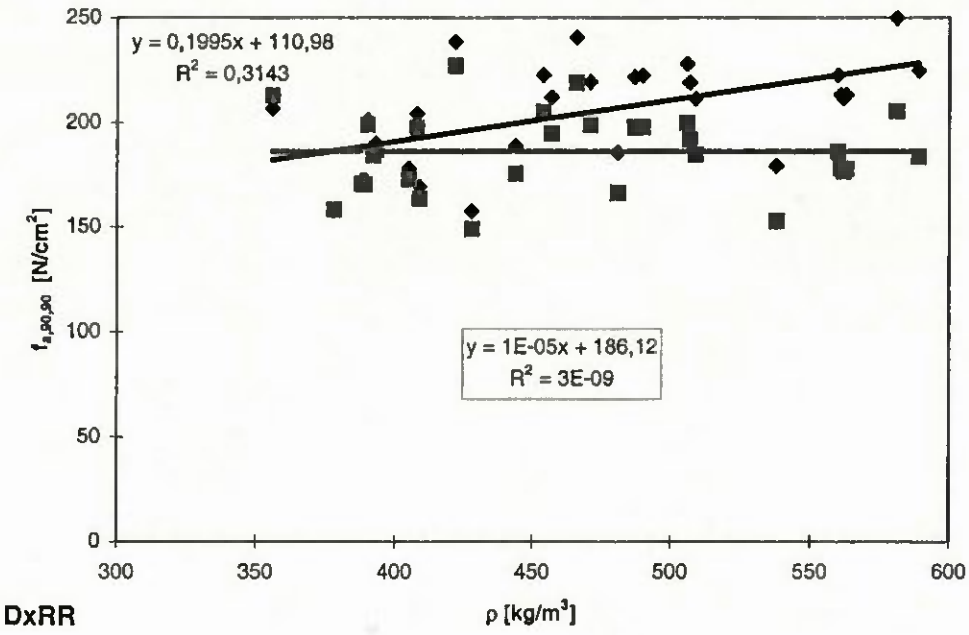


Abb. E-16: Umgerechnete Nageltragfähigkeitswerte für die Reihen DxRR

Einfluss der Rohdichte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen

H.J. Blaß, L. Kurzweil

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität Karlsruhe 1999

Um den Einfluß der Rohdichte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen zu untersuchen, wurden insgesamt 660 Versuche durchgeführt. Neben dem Einfluß der Rohdichte auf die Verankerungsfestigkeit von Nagelplatten sollte der Exponent c ermittelt werden, mit dem die in Versuchen ermittelten Höchstlasten bezüglich der Rohdichte korrigiert werden sollten, wenn die Versuchshölzer gemäß DIN EN 28970, Verfahren 2 ausgesucht werden.

Für die Versuche wurden vier unterschiedliche Nagelplattentypen verwendet, wobei jeweils die Plattendicke und die Nageldichte variiert wurden. Als Holzarten wurden Fichte/Tanne und Kiefer eingesetzt, so daß Rohdichten zwischen 330 kg/m^3 und 700 kg/m^3 erreicht wurden. Die Holzfeuchte zum Zeitpunkt der Herstellung der Prüfkörper lag in den meisten Fällen bei etwa 25%, bei einigen Versuchsreihen lag sie bei etwa 14%. Geprüft wurden die Verbindungen mit einer Holzfeuchte von im Mittel 13%. Die Form der Prüfkörper sowie die Maße der Nagelplatten wurden in Anlehnung an die Prüfnorm für Nagelplattenverbindungen prEN 1075 festgelegt, wobei die Verankerungsfestigkeit für die Winkelkombinationen von α und β von 0°-0°, 90°-0°, 0°-90° und 90°-90° bestimmt wurde. Bei allen Versuchen wurde das zur Untersuchung des Trag- und Verformungsverhaltens von Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln dienende Belastungsverfahren nach DIN EN 26891 angewendet.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß mit zunehmender Rohdichte auch die Tragfähigkeit der Nagelplattenverbindungen ansteigt. Bei Verwendung von Hölzern einer Sortierklasse, deren charakteristische Rohdichte höher liegt als die der Sortierklasse S10, fällt dieser Anstieg jedoch vergleichsweise gering aus, so daß empfohlen wird, in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen den Einfluß der Rohdichte auf die zulässigen Nagelbelastungen nicht aufzunehmen. Dagegen wurde festgestellt, daß die Holzfeuchte während des Einpressens der Nagelplatten zumindest für einige Winkelkombinationen von α und β einen signifikanten Einfluß auf die Tragfähigkeit der Verbindungen hat.

Aus den Versuchsergebnisse konnten Exponenten c bestimmt werden, die von der Plattendicke bzw. Nageldichte sowie den Winkelkombinationen von α und β abhängig sind. Werte für den Exponenten c liegen zwischen 0,5 und 0,7.

Effect of Timber Density on the Anchorage strength of Punched Metal Plate Fasteners

H.J. Blaß, L. Kurzweil

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität Karlsruhe 1999

Altogether 660 tests were carried out to determine the effect of timber density on the anchorage strength of punched metal plate fasteners. Additionally the exponent c according to prEN 1075 was determined, used to evaluate test results of connections with punched metal plate fasteners, if the timber was chosen according to the second method according to DIN EN 28970.

Four different nail-plate types were used for the tests, where the thickness and the nail-density of the plates were varied. The timber for the specimens was spruce and pine, timber density ranged between 330 kg/m^3 and 700 kg/m^3. The moisture content at the time of manufacturing the specimen was in most cases about 25%, some series were manufactured at 14%. The moisture content at testing was at the average 13%. The shape of the specimens was chosen according to prEN 1075. The tests were carried out with combinations of α and β of 0°-0°, 90°-0°, 0°-90° and 90°-90° and according to the load protocol of DIN EN 26891.

The test results show that higher timber density leads to a higher anchorage capacity. However, this increase is relatively small and consequently it is not worthwhile to take into account the effect of timber density on the anchorage capacity of nail-plates in technical approvals. On the other hand the tests showed that the moisture content at the point of manufacturing of the nail-plate joints has for some combinations of α and β a significant effect on the anchorage capacity.

The values for the exponent c depend on the plate thickness and the combinations of α and β and range between 0,5 and 0,7.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll der Einfluss der Rohdichte auf die Verankerungsfestigkeit von Nagelplattenverbindungen unter Zugbeanspruchung geklärt werden. Hierzu wurden Versuche mit repräsentativen Nagelplatten durchgeführt, bei denen die Winkel α und β sowie die Rohdichte variiert werden. Diese Versuchsergebnisse werden mit dem Ziel ausgewertet, Werte für den Exponenten c vorschlagen zu können.

2 Experimentelle Untersuchungen

Für die Zugversuche wurden vier verschieden Nagelplattentypen verwendet, wobei sowohl die Plattendicke als auch die Nageldichte (Nä / cm^2) variiert wurden. Es wurden zwei Nagelplattentypen mit einer Plattendicke von jeweils bei 1,0 mm bei Nageldichten von 1,076 bzw. 1,240 Nä/cm^2 und zwei Plattentypen mit einer Dicke von 2,0 mm bei Nageldichten von 0,286 bzw. 0465 Nä/cm^2 eingesetzt. Die Versuche wurden mit Winkelkombinationen von α und β von 0°-0°, 90°-0°, 0°-90° und 90°-90° durchgeführt, wobei Versuchshölzer der Holzart Fichte/Tanne (Fi/Ta) mit drei unterschiedlichen Rohdichteklassen verwendet wurden. Diese wurden zu einem späteren Zeitpunkt durch Versuche mit Kiefernholz ergänzt. Je Nagelplatte, Winkelkombination und Rohdichteklasse bzw. Holzart wurden zehn Prüfkörper hergestellt. Der gesamte Versuchsumfang betrug schließlich 660 Versuche.

Bei der Herstellung der Mehrzahl der Versuchskörper wurden Holzfeuchten von etwa 25% festgestellt, einige Versuchskörper wiesen zum Zeitpunkt der Herstellung Holzfeuchten von etwa 14% bzw. 18% auf. Geprüft wurden die Verbindungen bei Holzfeuchten von im Mittel 13%.

Bei der Versuchsdurchführung wurde das Belastungsverfahren nach DIN EN 26891 angewendet, die Maschinenlast und die gegenseitige Verschiebung der beiden miteinander verbundenen Hölzer wurden kontinuierlich bis zum Versagen der Verbindung aufgezeichnet.

3 Versuchsergebnisse

3.1 Allgemein

Nach der Tragfähigkeitsprüfung wurde für jeden Versuchskörper die Rohdichte, die Holzfeuchte und Druckfestigkeit an herausgeschnittenen Proben bestimmt. Anhand von Last-Stoßaufweitungs-Diagrammen lässt sich das Trag- und Verformungsverhalten beurteilen. Für alle Versuchsreihen wurden Punktdiagramme erstellt, aus denen die Abhängigkeit der Verankerungsfestigkeit $f_{a,\alpha,\beta}$, die sich aus der im Versuch ermittelten und auf die wirksame Anschlussfläche A_{ef} bezogenen

Höchstlast ergibt, von der zugehörigen Rohdichte ersichtlich wird. In Abb. 1 ist die typische Beziehung zwischen Verankerungsfestigkeit und Rohdichte für eine Versuchsreihe dargestellt.

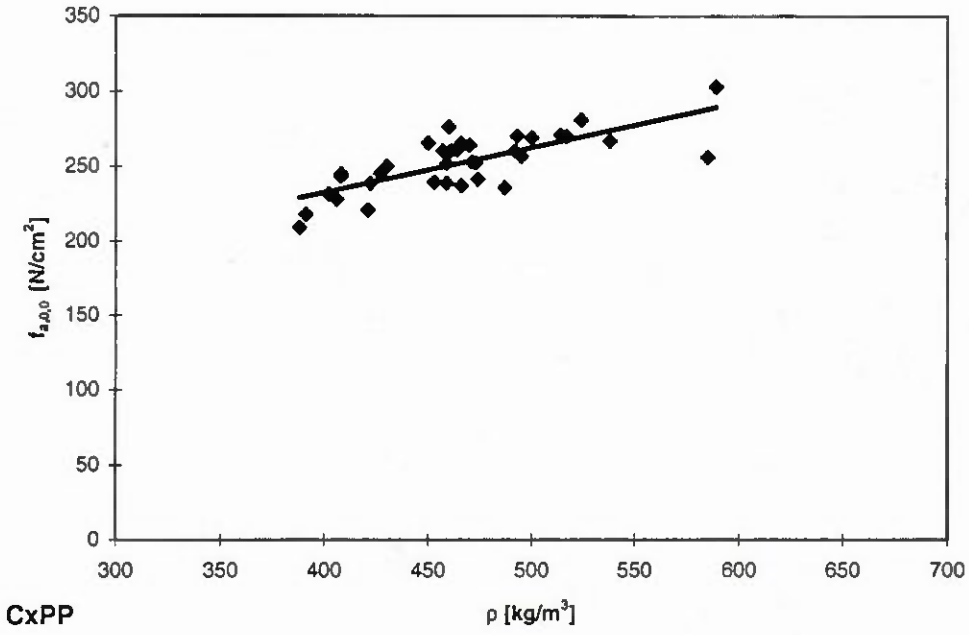


Abb. 1: Typische Verankerungsfestigkeit-Rohdichte-Beziehung

Insgesamt zeigt sich, dass Nagelplatten mit einer größeren Nagellänge engere Korrelationen zwischen Verankerungsfestigkeit und Rohdichte aufweisen als Nagelplatten mit kurzen Nägeln. Dies ist damit begründbar, dass im Rahmen dieser Untersuchungen, bei denen die mittlere Jahrringbreite 3,4 mm betrug, kurze Nägel im Mittel das 2,4-fache der Jahrringbreite aufwiesen, während die langen Nägel durchschnittlich in 4,4 bzw. 6,2 Jahrringen eingebettet waren. Dies bedeutet für lange Nägel einen Homogenisierungseffekt bezüglich ihrer Bettung im Holz, während für kurze Nägel größere Schwankungen der lokalen Lochleibungsfestigkeit zu erwarten sind.

3.2 Besonderheiten

Bei den mit einer Holzfeuchte von etwa 15% hergestellten Versuchskörpern wurden deutlich höhere Traglasten erreicht als bei den mit etwa 25% Holzfeuchte hergestellten. Ebenso wiesen die ersten wesentlich größere Verschiebungssteifigkeiten auf. Um einen möglichen Einfluss der Holzfeuchte zum Zeitpunkt des Einpressens auf das Trag- und Verformungsverhalten der Verbindungen zu untersuchen, wurde eine Hälfte der Versuchskörper mit Kiefernholz "nass", die andere "trocken" mit etwa 18% Holzfeuchte hergestellt. Geprüft wurden alle Versuchskörper bei etwa 13% Holzfeuchte. Die Ergebnisse der Versuchsreihen mit $\beta = 0°$

bestätigten die oben beschriebenen Beobachtungen, währen bei Versuchen, bei denen die Belastungsrichtung rechtwinklig zur Faserrichtung war, kein Einfluss der Holzfeuchte während des Einpressens festgestellt werden konnte.

Abb. 2 zeigt ein typisches Last-Stoßaufweitungs-Diagramm, wobei die ersten fünf Kurven zu Versuchskörpern einer "nassen" und die weiteren fünf zu einer "trockenen" Versuchsreihe gehören. Hierbei wird das oben beschriebene Verhalten ersichtlich.

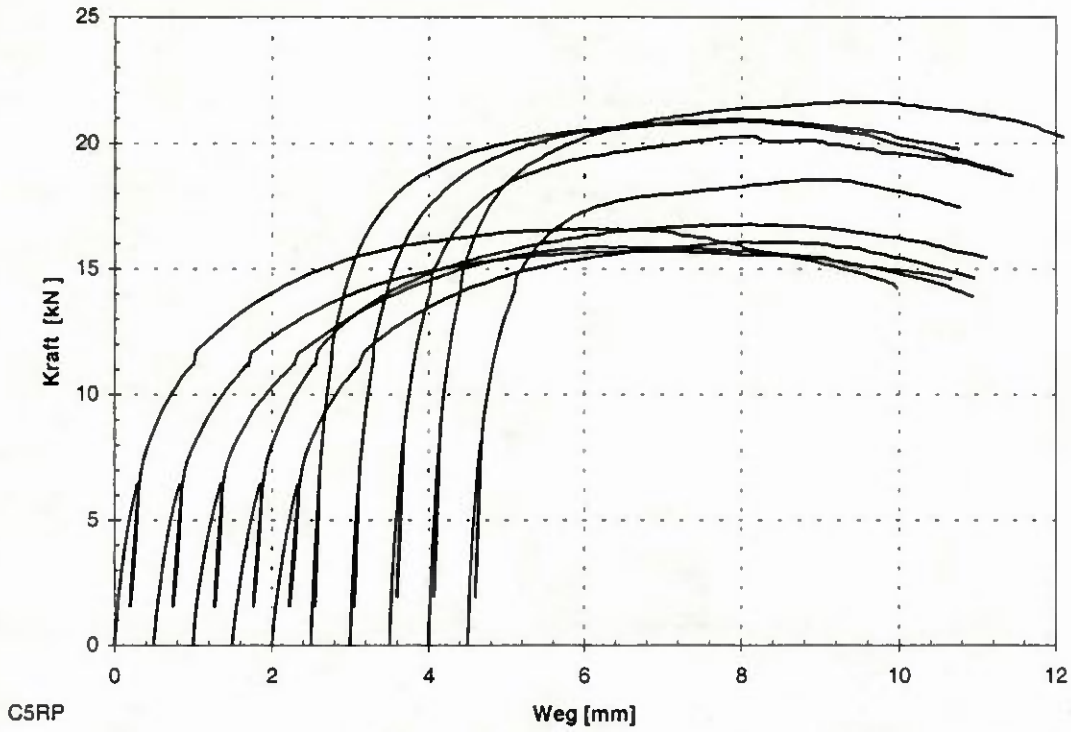


Abb. 2: Last-Stoßaufweitungs-Beziehung für "nasse" und "trockene" Versuchskörper

3.3 Bestimmung des Exponenten c

Der in DIN EN 28970 angegebene Exponent c, mit dem die Versuchsergebnisse bezüglich der Rohdichte umzurechnen sind, wenn das für die Versuche verwendete Holz nach dem in dieser Norm aufgeführten Verfahren 2 ausgewählt wurde, wurde wie folgt bestimmt. Gleichartige Versuche wurden zusammengefasst und in einem Diagramm dargestellt, wobei die aus der Höchstlast resultierende Verankerungsfestigkeit über der Rohdichte des zugehörigen Versuchsholzes aufgetragen wurde. Für diese Wertepaare wurde eine Regressionsgerade bestimmt, deren Steigung in der Regel von Null verschieden war. Ein Einfluss der Rohdichte auf

die Verankerungsfestigkeit besteht nicht, wenn die Steigung der Regressionsgeraden gleich Null ist. Hierfür werden die Tragfähigkeitswerte gemäß der Gleichung

$$F_{cor} = F_0 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho} \right)^c$$

umgerechnet und der Exponent c wird bestimmt. In Abb. 3 ist die Abhängigkeit der Verankerungsfestigkeit von der Rohdichte, wie sie sich aus den Versuchen ergibt, und nach der Umrechnung der Versuchsergebnisse mit einem Exponent c von 0,572 dargestellt.

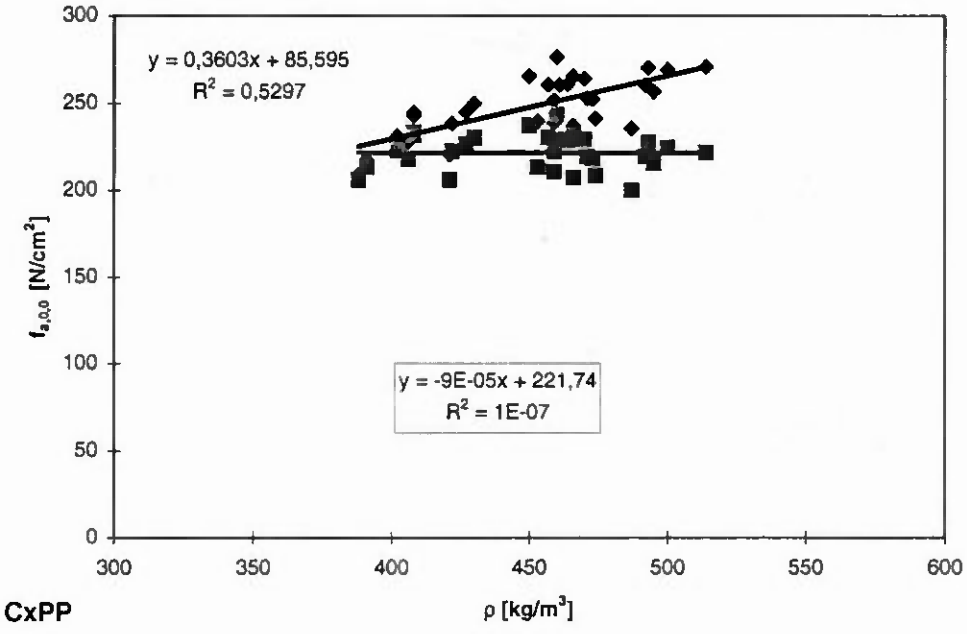


Abb. 3: Tragfähigkeitswerte vor und nach der Umrechnung mit Exponent c

.Die Ergebnisse der Umrechnungen sind für die vier Nagelplattentypen in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Exponenten c

	0°-0°	90°-0°	0°-90°	90°-90°	Mittel
Reihe A	0,386	0,388	0,491	0,742	0,502
Reihe B	0,336	0,478	0,372	0,680	0,467
Reihe C	0,572	0,872	0,973	0,441	0,715
Reihe D	0,704	0,751	0,809	0,519	0,696
Mittel	0,499	0,622	0,661	0,596	0,595

Eine graphische Darstellung dieser Ergebnisse, in der die Exponenten c für jede Nagelplatte über der angegebenen Winkelkombination von α und β aufgetragen sind ist in Abb. 4 wiedergegeben.

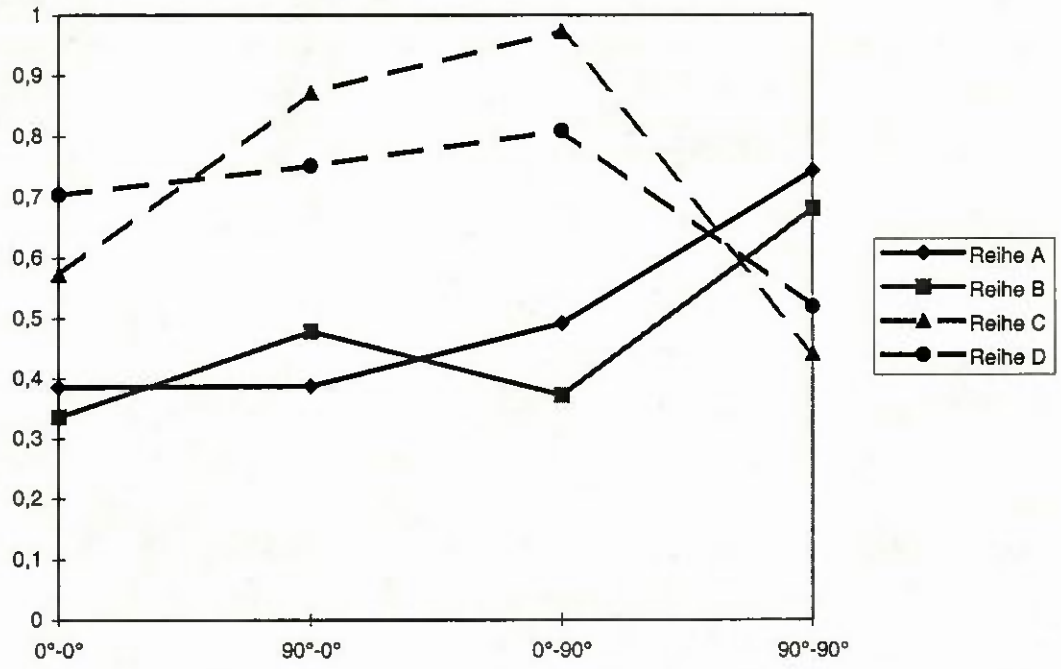


Abb. 4: Exponenten c für die einzelnen Nagelplatten

Folgende Punkte sind hierbei bemerkenswert:

1. Die Exponenten sind von der Kombination der Winkel α und β abhängig, insbesondere weichen sie bei der Kombination 90°-90° deutlich von den Werten für die restlichen Winkelkombinationen ab.
2. Die Exponenten sind für Nagelplatten mit gleicher Plattendicke ähnlich - Nagelplatten A und B besitzen eine Dicke von 1 mm, C und D eine Dicke von 2 mm.

Mit den zuvor bestimmten Exponenten c wurden die aus den Versuchen ermittelten Verankerungsfestigkeiten für höhere Sortierklassen als S10 umgerechnet. Hierbei zeigt sich, dass die rechnerische Zunahme bei MS13 im Mittel 2,9%, bei MS17 im Mittel 5,8% beträgt. Da diese Steigerungen sehr gering und wirtschaftlich kaum von Bedeutung sind, wird im Rahmen von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen eine Erhöhung der zulässigen Nagelbelastungen bei Verwendung von Hölzern einer höheren Sortierklasse als S10 nicht empfohlen.

4 Schlussfolgerung

Um den Einfluss der Rohdichte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen zu untersuchen, wurden insgesamt 660 Versuche durchgeführt. Neben dem Einfluß der Rohdichte auf die Verankerungsfestigkeit von Nagelplatten sollte der Exponent c ermittelt werden, mit dem die in Versuchen ermittelten Höchstlasten bezüglich der Rohdichte korrigiert werden sollten, wenn die Versuchshölzer gemäß DIN EN 28970, Verfahren 2 ausgesucht werden.

Für die Versuche wurden vier unterschiedliche Nagelplattentypen verwendet, wobei jeweils die Plattendicke und die Nageldichte variiert wurden. Als Holzarten wurden Fichte/Tanne und Kiefer eingesetzt, so daß Rohdichten zwischen 330 kg/m^3 und 700 kg/m^3 erreicht wurden. Die Holzfeuchte zum Zeitpunkt der Herstellung der Prüfkörper lag in den meisten Fällen bei etwa 25%, bei einigen Versuchsreihen lag sie bei etwa 14%. Geprüft wurden die Verbindungen mit einer Holzfeuchte von im Mittel 13%. Die Form der Prüfkörper sowie die Maße der Nagelplatten wurden in Anlehnung an die Prüfnorm für Nagelplattenverbindungen prEN 1075 festgelegt, wobei die Verankerungsfestigkeit für die Winkelkombinationen von α und β von 0°-0°, 90°-0°, 0°-90° und 90°-90° bestimmt wurde. Bei allen Versuchen wurde das zur Untersuchung des Trag- und Verformungsverhaltens von Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln dienende Belastungsverfahren nach DIN EN 26891 angewendet.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß mit zunehmender Rohdichte auch die Tragfähigkeit der Nagelplattenverbindungen ansteigt. Bei Verwendung von Hölzern einer Sortierklasse, deren charakteristische Rohdichte höher liegt als die der Sortierklasse S10, fällt dieser Anstieg jedoch vergleichsweise gering aus, so daß empfohlen wird, in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen den Einfluß der Rohdichte auf die zulässigen Nagelbelastungen nicht aufzunehmen. Dagegen wurde festgestellt, daß die Holzfeuchte während des Einpressens der Nagelplatten zumindest für einige Winkelkombinationen von α und β einen signifikanten Einfluß auf die Tragfähigkeit der Verbindungen hat.

Aus den Versuchsergebnisse konnten Exponenten c bestimmt werden, die von der Plattendicke bzw. Nageldichte sowie den Winkelkombinationen von α und β abhängig sind. Werte für den Exponenten c liegen zwischen 0,5 und 0,7.

Einfluss der Rohdichte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen

Kurzfassung

H.J. Blaß, L. Kurzweil

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität Karlsruhe 1999

1 Zielsetzung

Nagelplatten werden häufig als Knoten- oder Stoßbleche eingesetzt und dabei planmäßig auf Zug, Druck oder Abscheren beansprucht. Hierbei können zwei verschieden Versagensformen auftreten, und zwar kann zum einen die Nagelplatte selbst versagen, zum anderen die Verankerungsfestigkeit erreicht werden. Diese wird überwiegend durch die Biegetragfähigkeit der ausgestanzten Nägel und durch die Lochleibungsfestigkeit des verwendeten Holzes bestimmt. Letztere wiederum ist eng mit der Rohdichte des Holzes korreliert und ist von den Winkeln α zwischen Belastungsrichtung und Plattenhauptrichtung sowie β zwischen Belastungsrichtung und Faserrichtung des Holzes abhängig. Da die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen bisher nicht rechnerisch bestimmt werden kann, ist in prEN 1075 ein Verfahren zur Prüfung der Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen angegeben. Hierbei ist zu beachten, dass für die Prüfkörper, bei denen die Tragfähigkeit der Verbindung von den Holzeigenschaften mitbestimmt wird, das Holz gemäß einem der beiden in DIN EN 28970 angegebenen Verfahren ausgewählt wird. Das Verfahren 1 zielt darauf ab, für die Versuche Holz mit einer Rohdichte zu verwenden, die im Mittel der charakteristischen Rohdichte der Hölzer entspricht, auf die die Prüfergebnisse bezogen werden sollen, während bei Verfahren 2 in der Regel eine Rohdichteverteilung der Versuchskörper erreicht wird, die der mittleren Rohdichte der angestrebten Festigkeitsklasse entspricht. Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse soll das Holzauswahlverfahren berücksichtigt werden, indem bei Anwendung des Verfahrens 2 die im Versuch ermittelten Höchstlasten bezüglich der Rohdichte umgerechnet werden müssen. Die Höchstlast F_{max} aus dem Versuch wird danach mit einem Faktor

$$\left(\frac{\rho_k}{\rho}\right)^c$$

multipliziert, wobei ρ_k die charakteristische Rohdichte der angestrebten Festigkeitsklasse, ρ die Rohdichte des verwendeten Versuchsholzes und c ein Exponent ist, der dem Einfluss der Rohdichte auf die Tragfähigkeit der Verbindung Rechnung tragen soll und theoretisch oder experimentell zu bestimmen ist.