

AUSBILDUNG VON QUERANSCHLUESSEN BEI
ANGEHAENGTE LASTEN AN
BRETTSCHICHTTRAEGER ODER VOLLHOLZBALKEN

Untersuchungen'

durchgeführt im Auftrage der Entwicklungsgemein-
schaft Holzbau in der Deutschen Gesellschaft für
Holzforschung e.V.

und des

Institut für Bautechnik, Berlin

von

Karl Möhler und Wichard Siebert

Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen

Universität Karlsruhe (TH)

1980

Inhaltsverzeichnis

1. Zweck des Forschungsvorhabens
2. Versuchskörper und Versuchsmaterial
3. Versuchsdurchführung
4. Ergebnis der Versuche
5. Auswertung der Versuche
6. Zusammenfassung

Literaturangabe

22 Anlagen

Anhang (8 Seiten + 5 Anlagen)

Ausbildung von Queranschlüssen bei angehängten Lasten an Brettschichtträgern oder Vollholzbalken

1. Zweck des Forschungsvorhabens

Bei den heute üblichen verhältnismäßig hohen Brettschichtträgern ist es häufig erforderlich, Kräfte senkrecht zur Faserrichtung des Holzes einzuleiten, vorwiegend bei angehängten Lasten. Als Verbindungsmittel werden in der Regel Dübel, Stabdübel oder Nägel verwendet. Je nach Anordnung der Verbindungsmittel können bei derartigen Anschlüssen hohe Querkzugbeanspruchungen zum Aufreißen des Brettschichtholzes führen, bevor die zulässige Anschlußkraft der Verbindungsmittel erreicht oder mit genügender Sicherheit überschritten ist. Da die DIN 1052 für derartige Queranschlüsse keine Angaben enthält, war es Aufgabe dieses Forschungsvorhabens - im Anschluß an die Untersuchungen über "Großflächige Queranschlüsse bei Brettschichtholz" [1] - in praxisnahen Versuchen die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten derartiger Queranschlüsse unter besonderer Berücksichtigung der Querkzugbeanspruchungen zu untersuchen und Hinweise für die Bemessung der Verbindungsmittel bzw. der unter Berücksichtigung der Querkzugbeanspruchung aufnehmbaren Anschlußkraft zu geben.

.//.

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine

(Amtliche Materialprüfungsanstalt)

Universität (TH) Karlsruhe

Leitung: o. Prof. Tekn. dr Rolf Baehre und o. Prof. Dr.-Ing. Karl Möhler
Abt. Ingenieurholzbau

Ausbildung von Queranschlüssen bei angehängten Lasten an Brettschichträgern oder Vollholzbalken

1. Zweck des Forschungsvorhabens

Bei den heute üblichen verhältnismäßig hohen Brettschichträgern ist es häufig erforderlich, Kräfte senkrecht zur Faserrichtung des Holzes einzuleiten, vorwiegend bei angehängten Lasten. Als Verbindungsmittel werden in der Regel Dübel, Stabdübel oder Nägel verwendet. Je nach Anordnung der Verbindungsmittel können bei derartigen Anschlüssen hohe Querkzugbeanspruchungen zum Aufreißen des Brettschichtholzes führen, bevor die zulässige Anschlußkraft der Verbindungsmittel erreicht oder mit genügender Sicherheit überschritten ist. Da die DIN 1052 für derartige Queranschlüsse keine Angaben enthält, war es Aufgabe dieses Forschungsvorhabens - im Anschluß an die Untersuchungen über "Großflächige Queranschlüsse bei Brettschichtholz" [1] - in praxisnahen Versuchen die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten derartiger Queranschlüsse unter besonderer Berücksichtigung der Querkzugbeanspruchungen zu untersuchen und Hinweise für die Bemessung der Verbindungsmittel bzw. der unter Berücksichtigung der Querkzugbeanspruchung aufnehmbaren Anschlußkraft zu geben.

.//.

1. Zweck des Forschungsvorhabens

Bei den heute üblichen verhältnismäßig hohen Brettschichträgern ist es häufig erforderlich, Kräfte senkrecht zur Faserrichtung des Holzes einzuleiten, vorwiegend bei angehängten Lasten. Als Verbindungsmittel werden in der Regel Dübel, Stabdübel oder Nägel verwendet. Je nach Anordnung der Verbindungsmittel können bei derartigen Anschlüssen hohe Querkzugbeanspruchungen zum Aufreißen des Brettschichtholzes führen, bevor die zulässige Anschlußkraft der Verbindungsmittel erreicht oder mit genügender Sicherheit überschritten ist. Da die DIN 1052 für derartige Queranschlüsse keine Angaben enthält, war es Aufgabe dieses Forschungsvorhabens - im Anschluß an die Untersuchungen über "Großflächige Queranschlüsse bei Brettschichtholz" [1] - in praxisnahen Versuchen die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten derartiger Queranschlüsse unter besonderer Berücksichtigung der Querkzugbeanspruchungen zu untersuchen und Hinweise für die Bemessung der Verbindungsmittel bzw. der unter Berücksichtigung der Querkzugbeanspruchung aufnehmbaren Anschlußkraft zu geben.

.//.

2. Versuchskörper und Versuchsmaterial

Es wurden drei unterschiedliche Trägersausführungen nach Bild 1 bis 3 (Anlage 1 bis 3) hergestellt, wobei in der 1. Versuchsreihe Träger 10/120/400 cm verwendet wurden. Die 60 cm hohen Träger der 2. und 3. Versuchsreihe wurden aus dem unbeschädigten Bereich der 120 cm hohen Träger hergestellt. Die Träger, deren Breite einheitlich 10 cm betrug, bestanden aus Brettschichtholz der Güteklasse II. Als Verbindungsmittel wurden Appel-Dübel \varnothing 65 mm, Stabdübel \varnothing 16 mm aus St 37 und Nägel 42 x 110 nach DIN 1151 verwendet. An Proben, die nach den Versuchen aus unzerstörten Trägerbereichen entnommen wurden, wurden folgende Eigenschaftswerte ermittelt:

Holzfeuchtigkeit: 10 bis 11 %

Rohdichte: $\rho_N = 0,40 - \underline{0,47} - 0,51 \text{ g/cm}^3$

Druckfestigkeit $\beta_{D||} = 36,1 - \underline{49,4} - 52,9 \text{ N/mm}^2$

$\beta_{D15||} = 29,1 - \underline{40,4} - 43,5 \text{ N/mm}^2$

Querzugfestigkeit: Probengröße 10 x 10 x 21,4 cm, N = 6

$\beta_{z\perp} = 0,75 - \underline{0,92} - 1,20 \text{ N/mm}^2, v = 18 \%$

Probengröße 10,0 x 20,0 x 110,4 cm, N = 11

$\beta_{z\perp} = 0,35 - \underline{0,64} - 0,79 \text{ N/mm}^2, v = 24 \%$

Scherfestigkeit: $\tau_{||} = 5,7 - \underline{8,2} - 10,3 \text{ N/mm}^2, v = 20 \%$

Elastizitätsmodul senkrecht zur Faserrichtung:

$E_{\perp} = 195 - \underline{214} - 263 \text{ N/mm}^2, v = 12 \%$

(6 Proben 10 x 10 x 21,4 cm)

Der Aufbau der Versuchskörper mit Anordnung der Meßstellen geht

.//.

ebenfalls aus den Bildern 1 bis 3 hervor. Die Belastung wurde jeweils über 6 cm dicke und 26 bzw. 30 cm breite Vollhölzer eingeleitet. Die Fotos Bild 4 und 5 (Anlage 4) zeigen Probekörper unter der Prüfpresse vor und nach Auftreten der Quersugrisse in Höhe der oberen Dübelreihe.

3. Versuchsdurchführung

Sämtliche Träger waren vor Anbringung der Queranschlüsse mehrere Monate in der normalklimatisierten Prüfhalle gelagert. Die Körper V 1 bis V 10 wurden jeweils nach Fertigstellung dem Belastungsversuch unterzogen. Für die Versuche V 11 bis V 22 wurden jeweils drei gleiche Körper hergestellt, von denen jeweils einer nach Lagerung im Normalklima geprüft wurde (V 11, V 13, V 15, V 17), ein weiterer nach Wechselklimatisierung (V 12, V 14, V 16, V 18), wobei die Körper im Klimaschrank während drei Zyklen je zwei Wochen bei Klima 22°C/96 % und je eine Woche bei Klima 50°C/ 30 % gelagert waren und anschließend 12 bis 18 Tage normalklimatisiert wurden. Jeweils der dritte Versuchskörper wurde bis zum Bruch belastet, nachdem er ca. eine Woche mit einer konstanten Kraft beansprucht worden war. (V 19, V 20, V 21 mit 60 kN, V 22 mit 72 kN). Bei sämtlichen Versuchskörpern wurde die Belastung stufenweise mit Zwischenentlastungen mit einer konstanten Belastungsgeschwindigkeit von 40 kN/min bis zum Bruch aufgebracht. Es wurden die Verschiebungen der Laschen gegen die Trägerober- und Unterkante sowie die Querdehnungen des Brettschichtholzes im oberen Bereich der Anschlüsse gemessen, da hier das Auftreten der Quersugrisse zu erwarten war.

4. Ergebnis der Versuche

Die Tabellen 1 bis 3 (Anlagen 5 bis 7) enthalten eine Zusammenstellung der Versuchsergebnisse. Darin ist neben den geometrischen Größen H , a , D und W die Last $\max F_Q$ enthalten, bei der ein deutlicher Querschnittsbruch auftrat und die Last in der Regel nicht mehr gesteigert werden konnte. Außerdem sind die nach DIN 1052 zulässige Belastung des Anschlusses $zul F$ und die Sicherheitszahl $\gamma = \max F_Q / zul F$ angegeben sowie der kleinere Wert der am oberen und unteren Trägerrand gemessenen Verschiebungen bei $zul F$ und $\max F_Q / 3$. Bei den Körpern mit 120 und 175 cm Stützweite sind außerdem noch in Tabelle 2 und 3 als Klammerwerte die nach Auftreten des Querrisses erreichten Höchstlasten $\max F$ angegeben sowie in Tabelle 2 für die dauerbelasteten Körper die Verschiebungen nach 0,1,3 und 6 Tagen sowie die zugehörige Belastung. Der Bruch wurde stets durch Ueberschreiten der Querschnittsfestigkeit etwa in der angenommenen Rißlinie im Abstand a vom unteren Rand eingeleitet. Dabei war der Querschnittsbruch um so deutlicher, je näher die Rißlinie am unteren Rand lag. Bei den Anschlüssen im unteren Trägerviertel ($a/H = 0,25$) erfolgte er mit einem lauten Knall und plötzlichem Aufreißen des Brettschichtträgers, was ein sofortiges Abfallen der Last zur Folge hatte.

War der Anschluß in Trägermitte angeordnet ($a/H = 0,5$), so konnte die Last nach dem Querschnittsbruch in mehreren Fällen noch weiter gesteigert werden. Bei den Anschlüssen im oberen Trägerteil ($a/H = 0,75$) war der Querschnittsbruch am wenigsten deutlich ausgeprägt. Der Riß kündigte sich durch längeres Knistern an; anschließend konnte die Last noch erhöht werden, bis der Träger

endgültig durch Schubbruch oder Ueberschreiten der Querdruckfestigkeit am Auflager versagte. Die dabei erreichte Last ist als Klammerwert in der Spalte $\max F_Q$ angegeben.

Aus den mit induktiven Wegaufnehmern gemessenen Verschiebungen wurden die Lastverschiebungs-Diagramme für jeden Versuchskörper aufgezeichnet. Die Bilder 6 bis 14 (Anlage 8 bis 16) geben beispielhaft die Diagramme für die untersuchten Anschlußarten wieder. Hieraus geht deutlich der unterschiedliche Verlauf hervor, der bei den Anschlüssen im unteren, mittleren und oberen Trägerbereich auftrat. Normales Verformungsverhalten, wie es bei nachgiebigen Holzverbindungen ohne Querszugbruchgefahr vorliegt, zeigen nur die Versuchskörper mit oberem Anschluß, während bei den übrigen mehr oder weniger frühzeitig der Querszugbruch die erreichbaren Verschiebungen begrenzt. Die Anordnung der Quersdehnungsmessstellen war unterschiedlich, so daß bei einzelnen Versuchskörpern der Verlauf der Quersdehnungen über die Trägerhöhe, bei den meisten Versuchen jedoch in Trägerlängsrichtung, im Bereich des zu erwartenden Querszugrisses ermittelt werden konnte. Bild 15 und 16 (Anlage 17 und 18) zeigen beispielhaft die gemessenen Quersdehnungswerte über die Trägerhöhe für 5 verschiedene Versuchskörper bei verschiedener Belastungshöhe. Bild 17 (Anlage 19) zeigt für einige Körper den Quersdehnungsverlauf in Längsrichtung im Bereich der erwarteten Rißlinie bei verschiedenen Laststufen, während in Bild 18 (Anlage 20) die entsprechenden Linien bei der Laststufe "zul F" dargestellt sind. Während in Querrichtung eine deutliche Dehnungsspitze im Abstand a von der Trägerunterkante angezeigt wird, tritt in Längsrichtung der Maximalwert im unmittelbaren Anschlußbereich auf und fällt dann mehr oder weniger steil nach außen beidseitig ab. Bereits 30 bis 90 cm von der Krafteinleitungsachse entfernt

treten keine Querdehnungen mehr auf. Die gemessenen Querverformungen waren bei Anschlüssen im unteren Trägerbereich am größten, während bei Krafteinleitung im oberen Trägerteil meist nur sehr kleine, teilweise sogar negative Werte auftraten.

Bei den dem Wechselklima unterworfenen Versuchskörpern V 12, V 14, V 16 und V 18, die nach Beendigung der Klimalagerung zahlreiche Risse an den Längs- und besonders an den Stirnflächen aufwiesen, konnte kein Abfall der Quersugbruchlasten gegenüber den Vergleichskörpern festgestellt werden. Da die Wechsellagerungsversuche mit unbelasteten Körpern durchgeführt wurden, kann dieses positive Ergebnis nicht auf das Verhalten unter Dauerlast übertragen werden [2,3]. Bei den Körpern unter Dauerlast traten, wie aus Tabelle 2 hervorgeht, während 6 Tagen Verschiebungszunahmen bis zu ca. 40 % auf, die auf eine Vergrößerung latenter Quersugrisse hindeuteten. Es war im anschließenden Bruchversuch auch mit Ausnahme eines Trägers ein deutlicher Abfall gegenüber der Quersugbruchlast des Vergleichsträgers festzustellen.

5. Auswertung der Versuche

Für die Auswertung der Versuche wurde jeweils diejenige Kraft $\max F_Q$ herangezogen, bei welcher der Anriß durch Ueberschreitung der Quersugfestigkeit erfolgte, auch wenn in mehreren Fällen noch größere Kräfte aufgenommen werden konnten.

Die Ergebnisse der Versuche zeigen, daß die aufnehmbare Kraft $\max F_Q$ von vielen Faktoren abhängt. Die wesentlichen sind nachstehend aufgeführt:

- a) Quersugfestigkeit des Brettschichtholzes
- b) Anzahl der Verbindungsmittelreihen über die Trägerhöhe
- c) Abstand a der oberen Verbindungsmittelreihe vom unteren Trägerrand im Verhältnis zur Trägerhöhe
- d) die Trägerhöhe.

In einem besonderen Auswerteverfahren unter Verwendung in neuester Zeit bekannt gewordener Untersuchungen [4,5] wurde auf Grund theoretischer Ueberlegungen die nachstehende Gleichung zur Berechnung der zu erwartenden maximalen Quersugbruchlast abgeleitet (siehe Anhang).

$$\max F_Q^R = \frac{f(a,H)}{10} \cdot \frac{(b' \cdot W' \cdot h_1)^{-0,2} \cdot b' \cdot W'}{s} \quad (\text{kN}) \quad (1)$$

Hierin sind (siehe auch Bild 19, Anlage 21):

b' = wirksame Querschnittsbreite (hier = Trägerbreite b) (cm)

W' = wirksame Anschlußbreite (cm)

für Appeldübel: $W' = m \cdot 2,15 d_d$

für Stabdübel: $W' = m \cdot 5 d_{st}$

für Nägel: $W' = m \cdot 5 d_n$

m = Anzahl der Verbindungsmittel in einer Reihe

W_0 = Achsabstand der beiden äußeren Verbindungsmittel einer Reihe

h_1 = Abstand der obersten Verbindungsmittelreihe vom oberen Trägerrand (cm)

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_1}{h_i} \right)^2}{n} ; \quad h_i = \text{Abstand der } i\text{-ten Verbindungsmittelreihe vom oberen Trägerrand (cm)}$$

n = Anzahl der Verbindungsmittelreihen senkrecht zur Kraftrichtung

$$\frac{f(a,H)}{10} = 0,68 + 1,37 \frac{H}{100} + 0,2 \frac{a}{H} + 0,4 \frac{a}{100} \quad (\text{siehe Bild 19})$$

In Tabelle 4 (Anlage 22) sind für die insgesamt hiernach auswertbaren 27 Versuche die maßgebenden Größen zusammengestellt und das Verhältnis von $\max F_Q$ / $\max F_Q^R$ angegeben. Hieraus geht hervor, daß die rechnerisch ermittelten Bruchlasten $\max F_Q^R$ gut mit den Versuchswerten $\max F_Q$ übereinstimmen - vor allem, wenn man die dauerbelasteten Träger 19 bis 22 außer Betracht läßt.

Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß durch die Koppelung der Größen b' und W' die falsche Annahme der einen Größe (z.B. b') bei den nahezu gleichen geometrischen Verhältnissen durch die zweite Größe (W') ausgeglichen wird und zu einer trügerischen Übereinstimmung von $\max F_Q^R$ und $\max F_Q$ führen kann.

Die auffallende Abweichung der beiden Werte bei Versuch 6 weist auf möglicherweise unberechtigte Annahmen hin, und in weiteren Untersuchungen sollten genauere Werte für die wirksamen Breiten b' und W' der verschiedenen Verbindungsmittel ermittelt und mit diesen Werten die Faktoren $f(a,H)$ korrigiert werden.

6. Zusammenfassung

In 29 Versuchen wurden die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten von Queranschlüssen bei Trägern aus Brettschichtholz GKL II untersucht, wobei durch die Art der Krafteinleitung neben den Lochleibungsspannungen vorwiegend Zugspannungen quer zur Faserrichtung im Brettschichtholz auftraten. Die Belastung wurde über Vollholzstäbe von 6 cm Dicke, die mittels verschiedener Verbindungsmittel (Appel-Dübel \varnothing 65 mm, Stabdübel \varnothing 16 mm, Drahtnägel 42 x 110) an die 10 cm breiten Brettschichtholzträger angeschlossen waren, eingeleitet. Bei den statischen Versuchen mit Zwischenentlastungen zur Ermittlung bleibender Verformungen wurden bei einer Belastungsgeschwindigkeit von 40 kN/min die Anschlußverschiebungen sowie die Querdehnungen im höchstbeanspruchten Trägerbereich gemessen. Für die Versuche wurden drei Trägerformen gewählt:

Typ I: Höhe $H = 120$ cm; Stützweite $l = 350$ cm

Typ II: Höhe $H = 60$ cm; Stützweite $l = 120$ cm

Typ III: Höhe $H = 60$ cm; Stützweite $l = 175$ cm

Außer den Versuchen mit Probekörpern, die vor dem statischen Versuch im Normalklima 20/65 DIN 50014 gelagert waren, wurden jeweils vier Versuche mit Trägern Typ II nach Lagerung im Wechselklima sowie nach 7-tägiger Dauerbelastung durchgeführt. Bei sämtlichen Versuchen wurde das Versagen durch das Auftreten von Querszugrissen in den Brettschichtträgern eingeleitet. Für die Auswertung der Versuchsergebnisse wurden jeweils die Querszugrißlasten $\max F_Q$ herangezogen, bei denen der Querszugbruch auftrat, auch wenn bei einzelnen Versuchskörpern die Belastung bis zum endgültigen Versagen noch gesteigert werden konnte.

Es zeigte sich, daß die Querkzugrißlast $\max F_Q$ im wesentlichen von der Querkzugfestigkeit des Holzes, der querbeanspruchten Trägerfläche $b' \cdot W'$, der Anzahl n der Verbindungsmittelreihen und deren Anordnung über den Trägerquerschnitt sowie von der Trägerhöhe H abhängt. Mit den Festlegungen nach Bild 19 (Anlage 21) kann die Querkzugbruchlast näherungsweise nach der Formel:

$$\max F_Q = \frac{(W' \cdot b' \cdot h_1)^{-0,2} \cdot W' \cdot b'}{s} \cdot \frac{f(a, H)}{10} \quad (\text{kN}) \quad (1)$$

bestimmt werden.

Da bei der Vielzahl der die Querkfestigkeit derartiger Anschlüsse beeinflussenden Faktoren die Anzahl der Versuche relativ gering war, kann eine allgemein anwendbare Bemessungsformel nicht angegeben werden. Die Anwendung der Gl. (1) muß daher auf Anschlüsse beschränkt werden, die im Rahmen der untersuchten Probekörper liegen. Weitere Untersuchungen zur Gewinnung allgemein anwendbarer Bemessungsformeln sind erforderlich.

L i t e r a t u r a n g a b e

- [1] Möhler/Lautenschläger: Großflächige Queranschlüsse bei Brettschichtholz
Untersuchungen durchgeführt im Auftrag der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen, Universität Karlsruhe (TH) 1978
- [2] Kolb/Frech: Langfristiges Verhalten von Brettschichtholz verleimt mit Harnstoffharzleim
Forschungsbericht H 32435 vom 28.01.1977 der Amtlichen Forschungs- und Materialprüfanstalt für das Bauwesen "Otto-Graf-Institut" Universität Stuttgart im Auftrag der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau
- [3] Kolb/Goth: Kraftschlüssige Fugenfüllung durch Epoxid-Harz - Alterungsverhalten -
Forschungsbericht H 33088/1 vom 20.02.1978 der Amtlichen Forschungs- und Materialprüfanstalt für das Bauwesen "Otto-Graf-Institut" Universität Stuttgart im Auftrag der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau
- [4] J.D. Barrett, R.O. Foschi, and S.P. Fox:
Perpendicular - to - Grain Strength of Douglas - Fir
Canadian Journal of Civil Engineering Volume 2.
Number 1. 1975
- [5] CIB Structural Timber Design Code
Fourth draft, June 1979

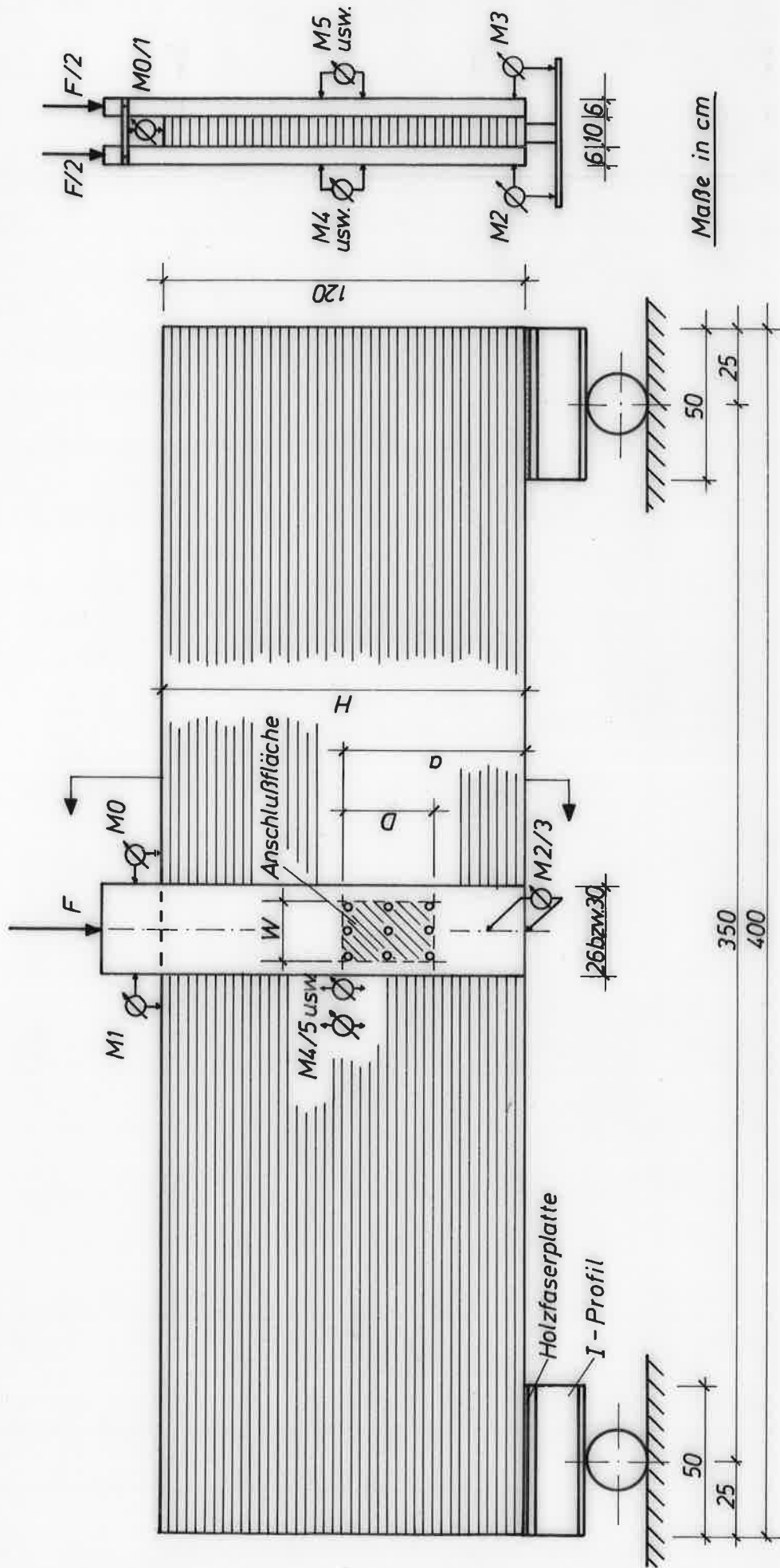
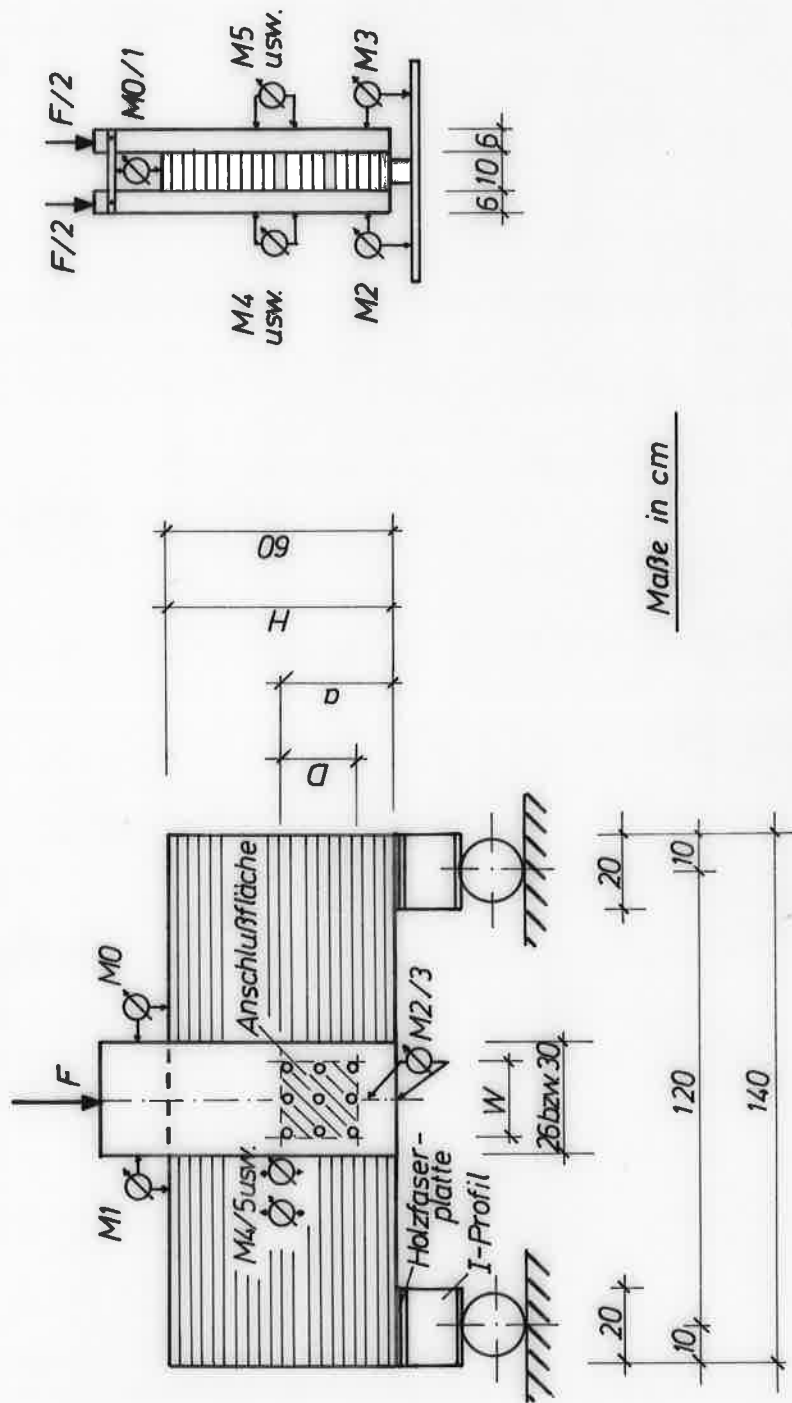


Bild 1: Versuchsanordnung V1 bis V10, V 23
Träger Typ I



**Bild 2: Versuchsanordnung V11 bis V22, V27, V28
Träger Typ II**

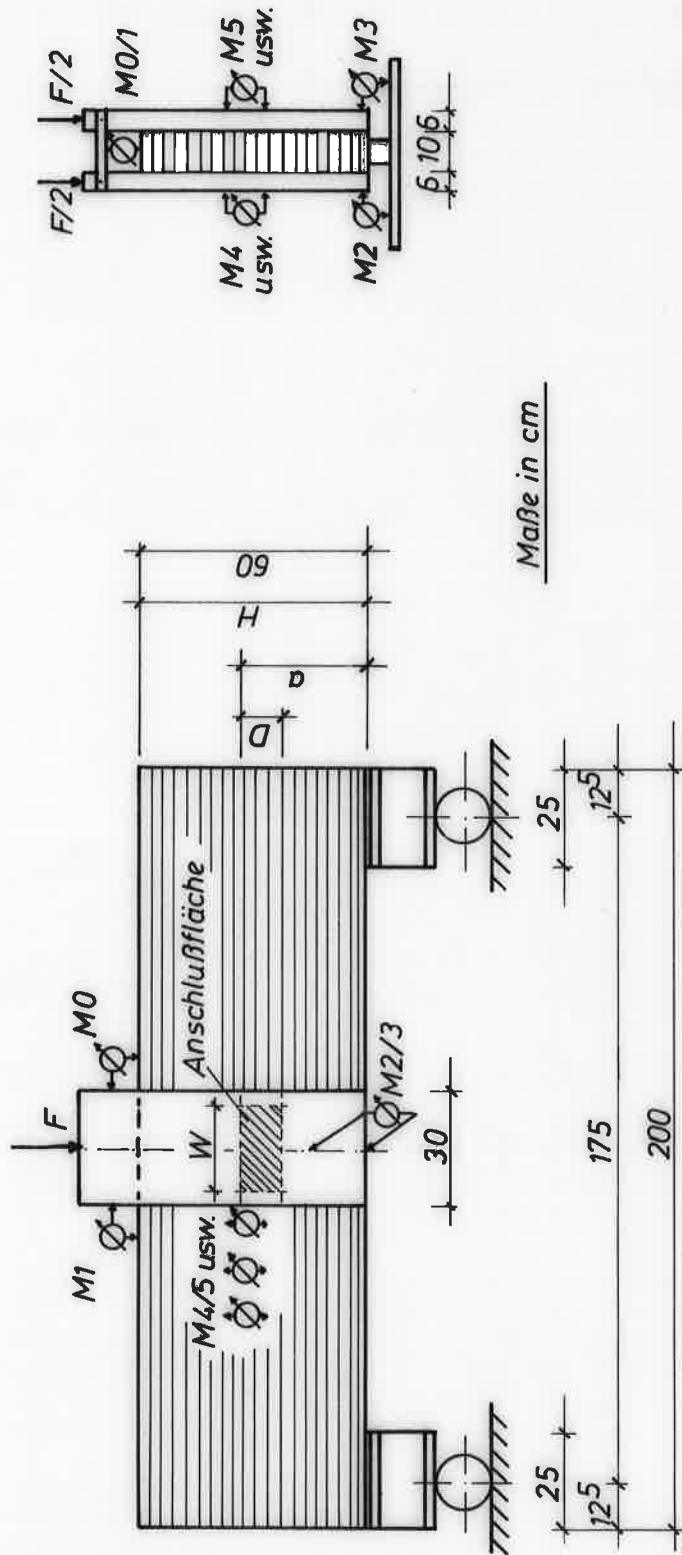


Bild 3 : Versuchsanordnung V 24 bis V 26
Träger Typ III

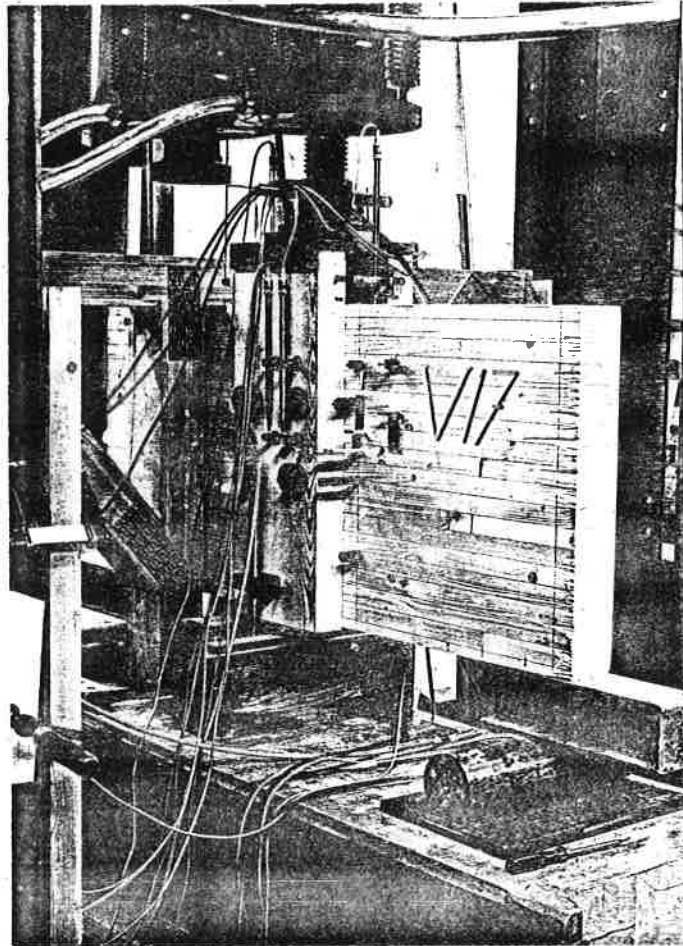


Bild 4: Träger 10/60/140 cm mit 4 Appel-Dübeln unter der Prüfpresse

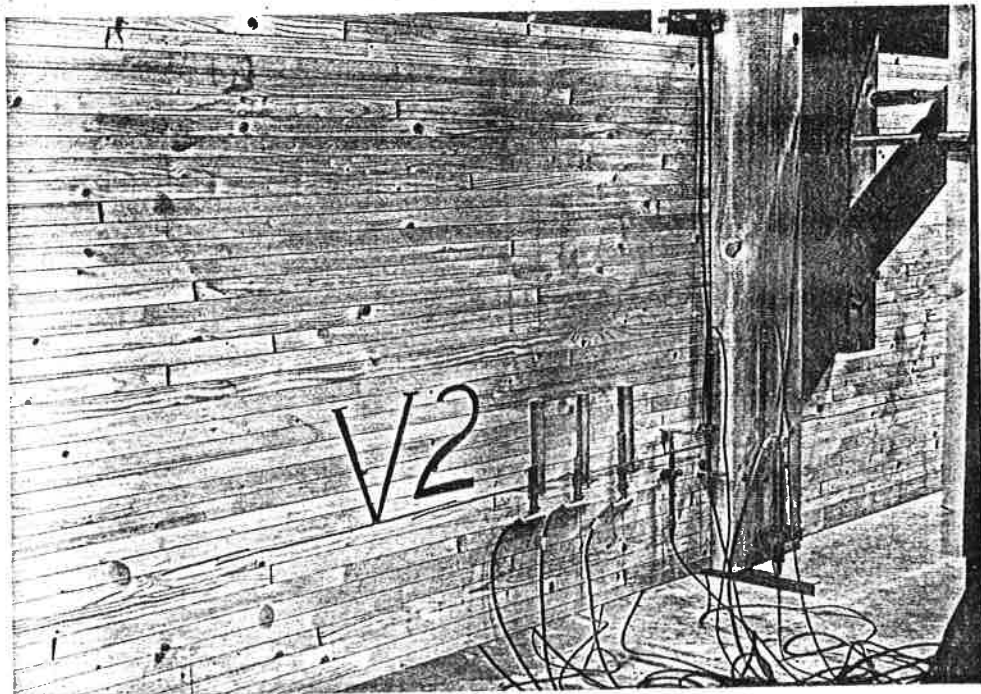


Bild 5: Träger 10/120/400 cm mit 6 Stabdübeln \varnothing 16 mm nach Erreichen der Höchstlast von 90 kN. (Querzugriß)

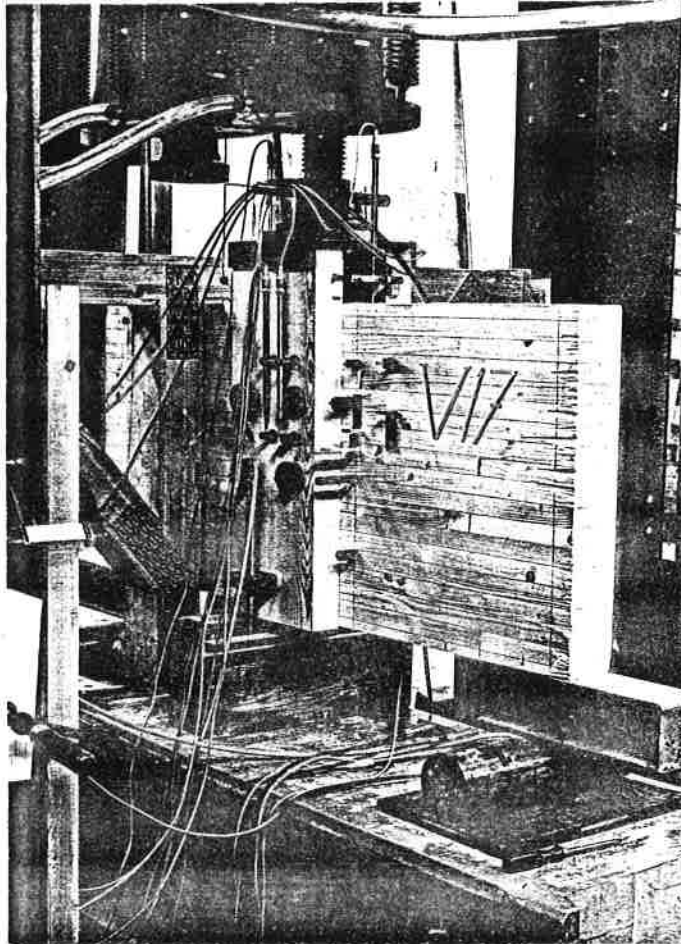


Bild 4: Träger 10/60/140 cm mit 4 Appel-Dübeln unter der Prüfpresse

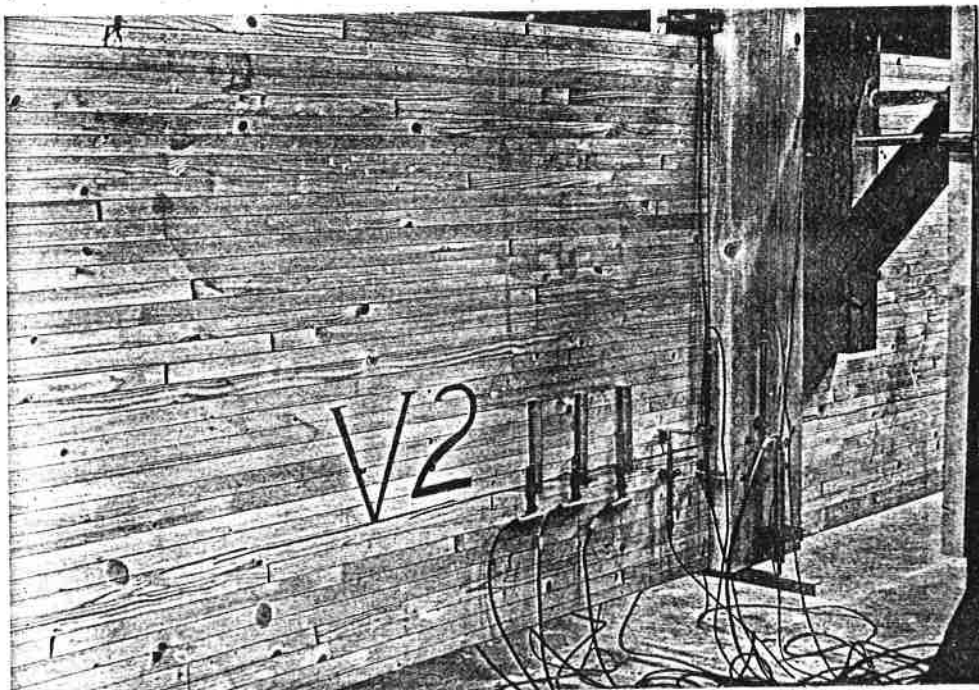


Bild 5: Träger 10/120/400 cm mit 6 Stabdübeln \varnothing 16 mm nach Erreichen der Höchstlast von 90 kN. (Querzugriß)

Bild 4: Träger 10/60/140 cm mit 4 Appel-Dübeln unter der Prüfpresse

Bild 5: Träger 10/120/400 cm mit 6 Stabdübeln \varnothing 16 mm nach Erreichen der Höchstlast von 90 kN. (Querzugriß)

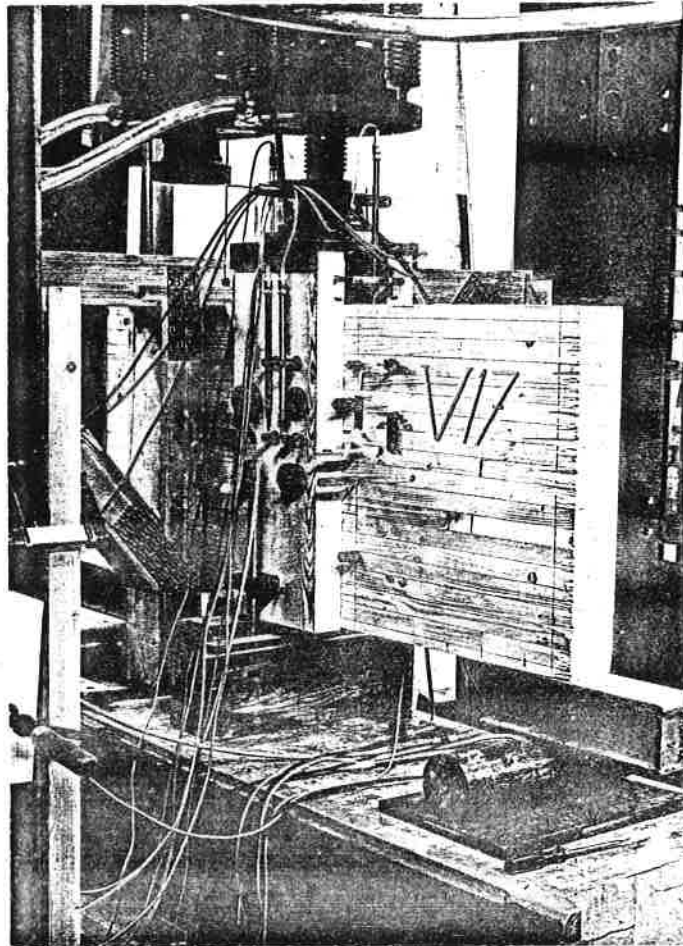


Bild 4: Träger 10/60/140 cm mit 4 Appel-Dübeln unter der Prüfpresse

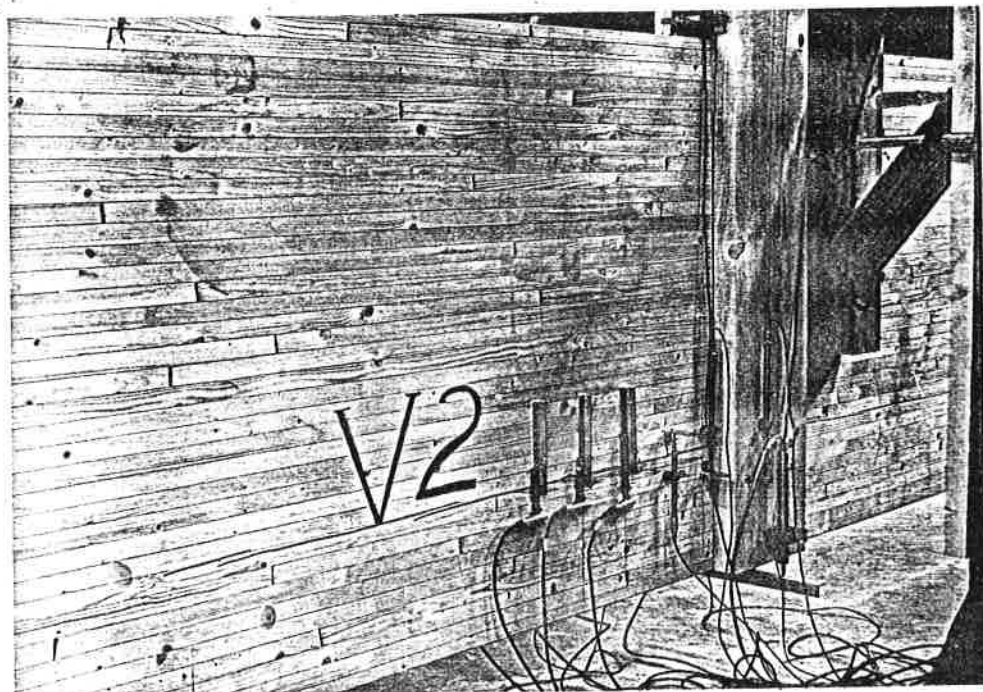


Bild 5: Träger 10/120/400 cm mit 6 Stabdübeln \varnothing 16 mm nach Erreichen der Höchstlast von 90 kN. (Querzugriß)

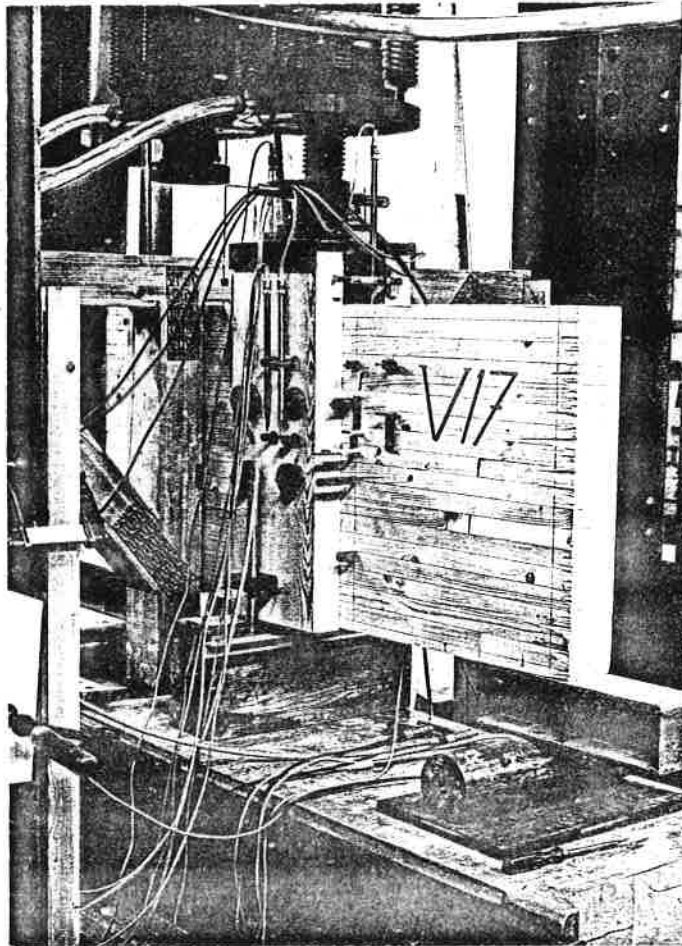


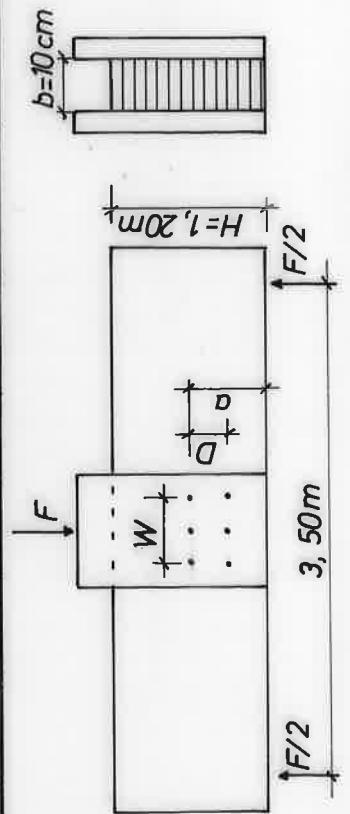
Bild 4: Träger 10/60/140 cm mit 4 Appel-Dübeln unter der Prüfpresse



Bild 5: Träger 10/120/400 cm mit 6 Stabdübeln \varnothing 16 mm nach Erreichen der Höchstlast von 90 kN. (Querzugriß)

Versuch Nr.	Verbindungs- mittel	m/n +)	H cm	a cm	D cm	W cm	Querzug- anriß max F_Q kN	Verbind- mittel zul F kN	$v = \frac{\max F_Q}{\text{zul F}}$	Verschie- bung bei zul F mm	$\frac{1}{3} \max F_Q$ kN	Verschie- bung bei $\frac{1}{3} \max F_Q$ mm
V1	2x4 Appel - dübel $\varnothing 65$	2/2	120	30	20,5	20,5	112,75	72,0	1,57	1,1	37,6	0,3
V2	6 Stab - dübel $\varnothing 16$	3/2	"	"	8,0	"	90	58,8	1,53	0,9	30,0	0,35
V3	12 Stab - dübel $\varnothing 16$	3/4	"	"	24,0	"	112	117,5	0,95	>0,4	37,3	0,15
V4	4 Stab - dübel $\varnothing 16$	2/2	"	"	8,0	"	65	39,2	1,66	0,75	21,7	0,3
V5	2x40 Nägel 42H10 vorgebohrt	10/4	"	"	6,3	"	74,5	62,0	1,20	0,65	24,8	0,15
V6	2x4 Appel - dübel $\varnothing 65$	1/4	"	60	48,5	1 Reihe	183,5	65,7	2,79	0,95	61,2	0,8
V7	2x4 Appel - dübel $\varnothing 65$	2/2	"	"	20,5	20,5	117	72,0	1,63	1,5	39,0	0,2
V8	2x4 Appel - dübel $\varnothing 65$	2/2	"	30	"	30,0	89,5	72,0	1,24	1,45	29,8	0,2
V9	18 Stab - dübel $\varnothing 16$	3/6	"	60	50,0	20,5	179,5	176,3	1,02	0,55	59,8	0,1
V10	2x40 Nägel 42H10 vorgebohrt	10/4	"	"	21,0	"	118,5	62,0	1,91	0,4	39,5	0,2

+) m = Anzahl der Verbindungsmittel in einer Reihe
 n = Anzahl der in Krafrichtung hintereinander
 liegenden Verbindungsmittelreihen



System:

Tabella 1: Versuchsergebnisse

Versuch Nr.	Verbindungs- mittel	m/n)	H cm	a cm	D cm	W cm	Querzug- anriß max F _Q (max F) kN	Verbind- mittel zul F kN	$\nu = \frac{\text{max } F_Q}{\text{zul } F}$	Verschie- bung bei zul F mm	$\frac{1}{3} \text{ max } F_Q$ kN	Verschie- bung bei $\frac{1}{3} \text{ max } F_Q$ kN	Dauerstandversuche					
													Last kN	Verschiebung (mm) nach Tagen				
													0	1	3	6		
V11	12 Stabdübel Ø16	3/4	60	30	24,0	20,5	110	117,5	0,94	> 0,5	36,7	0,25						
V12	"	"	"	"	"	"	144 (150)	"	1,23	0,75	48,0	0,3						
V19	"	"	"	"	"	"	79 (170)	"	0,67	0,6	26,3	0,1		60	0,21	0,26	0,27	0,29
V13	6 Stabdübel Ø16	3/2	"	45	8,0	"	120 (180)	58,8	2,04	0,7	40,0	0,4						
V14	"	"	"	"	"	"	135 (200)	"	2,30	0,9	45,0	0,6						
V20	"	"	"	"	"	"	100 (190)	"	1,70	0,65	33,3	0,4		60	0,74	0,90	0,95	0,99
V15	2x4 Appeldübel Ø65	2/2	"	30	20,5	"	117,5	72,0	1,63	1,0	39,2	0,3						
V16	"	"	"	"	"	"	138 (152)	"	1,92	1,9	46,0	1,25						
V21	"	"	"	"	"	"	110 (125)	"	1,53	0,4	41,7	0,15		60/76*	1,12	1,58	1,58	1,58
V17	"	"	"	45	"	"	153 (160)	"	2,13	1,2	51,0	0,7						
V18	"	"	"	"	"	"	160 (200)	"	2,22	2,0	53,3	1,5						
V22	"	"	"	"	"	"	155 (200)	"	2,15	0,3	55,0	0,2		72	1,45	1,77	1,84	1,88

() Klammerwerte: Höchstlast ; * Last stieg nach 7-14 Std auf 76kN und wurde nach 20Std auf 60 kN reduziert
 V12, V14, V16, V18 nach Klimawechsel
 V19 bis V22 : Verschiebungen bei zul F und 1/3 max F ohne bleibende Verschiebungen aus Dauerstandversuch
 +) siehe Tabelle 1



Tabelle 2: Versuchsergebnisse

Versuch Nr.	Verbindungs- mittel	m/n +)	H cm	a cm	D cm	W cm	Querzug- anriß max F_Q (max F) kN	Verbind.- mittel zul F kN	$\frac{\max F_Q}{\nu \cdot \text{zul F}}$	Verschie- bung bei zul F mm	$\frac{1}{3} \max F_Q$ kN	Verschie- bung bei $\frac{1}{3} \max F_Q$ mm
V23	6 Stabdübel Ø 16	3/2	120	90	8	20,5	125 (190)	58,8	2,13	0,8	41,7	0,5
V24	"	"	60	15	"	"	69,5	"	1,18	0,5	23,2	0,1
V25	"	"	"	30	"	"	75 (103)	"	1,28	0,7	25,0	0,2
V26	"	"	"	45	"	"	133,5 (220)	"	2,27	0,8	44,5	0,5
V27	"	"	"	15	"	"	62,5	"	1,06	0,7	20,8	0,2
V28	4 Stabdübel Ø 16	2/2	"	"	"	"	56	39,2	1,43	0,7	18,7	0,3

+) siehe Tabelle 1

b = 10 cm

l = 3,50 m (V23)

l = 1,75 m (V24 bis V26)

l = 1,20 m (V27, V28)

System:

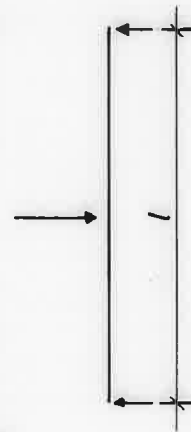


Table 3: Versuchsergebnisse

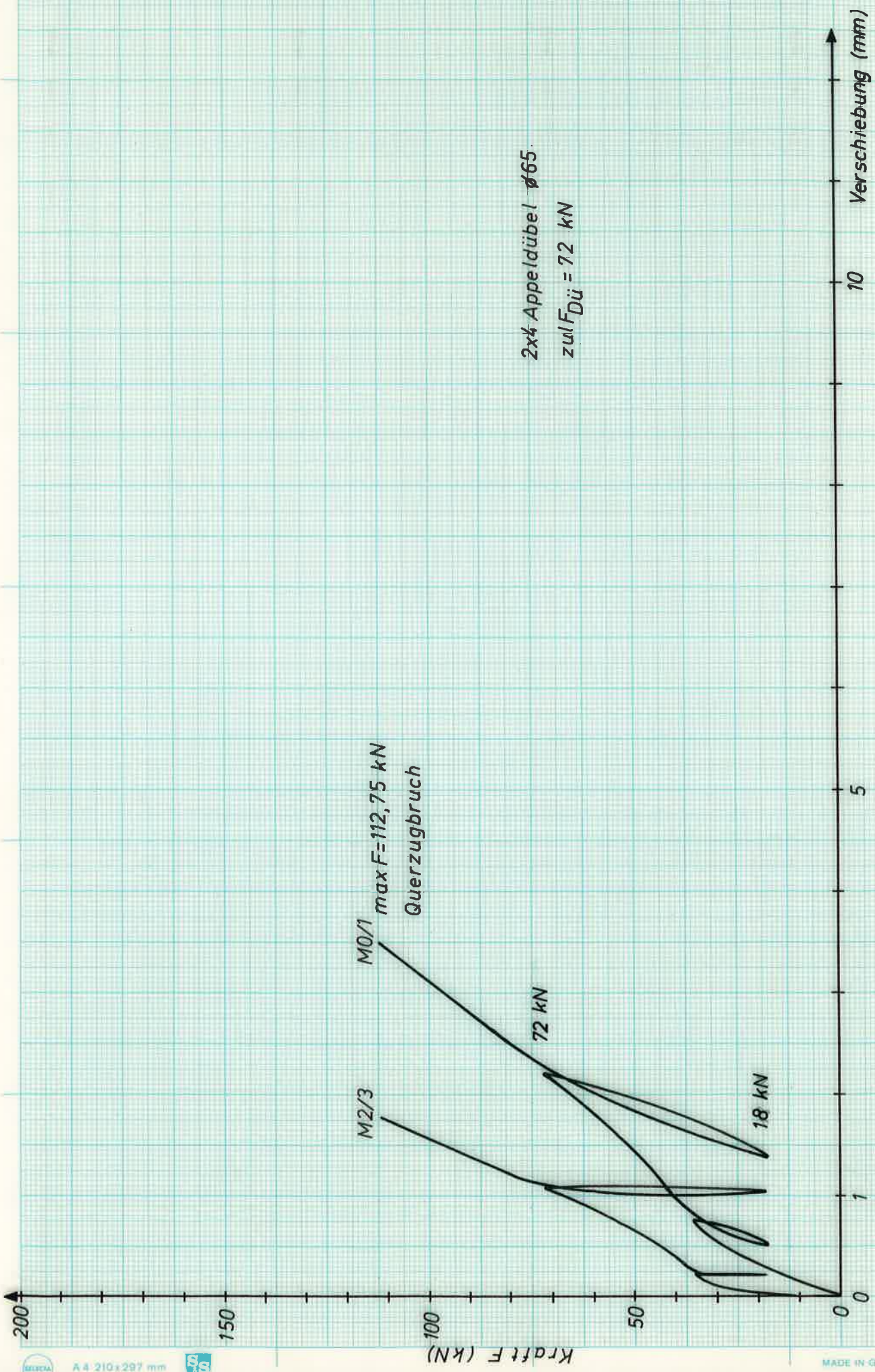
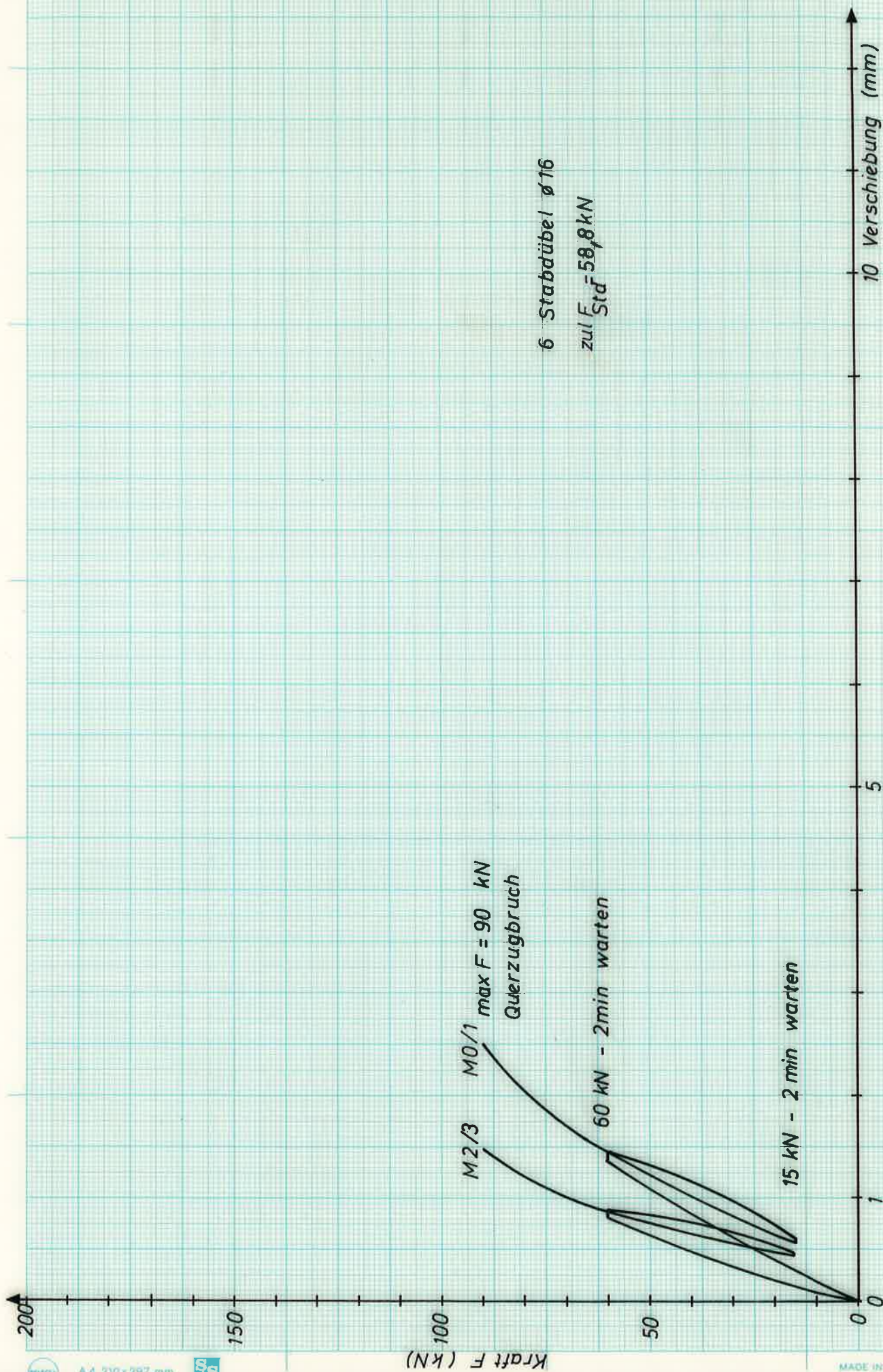
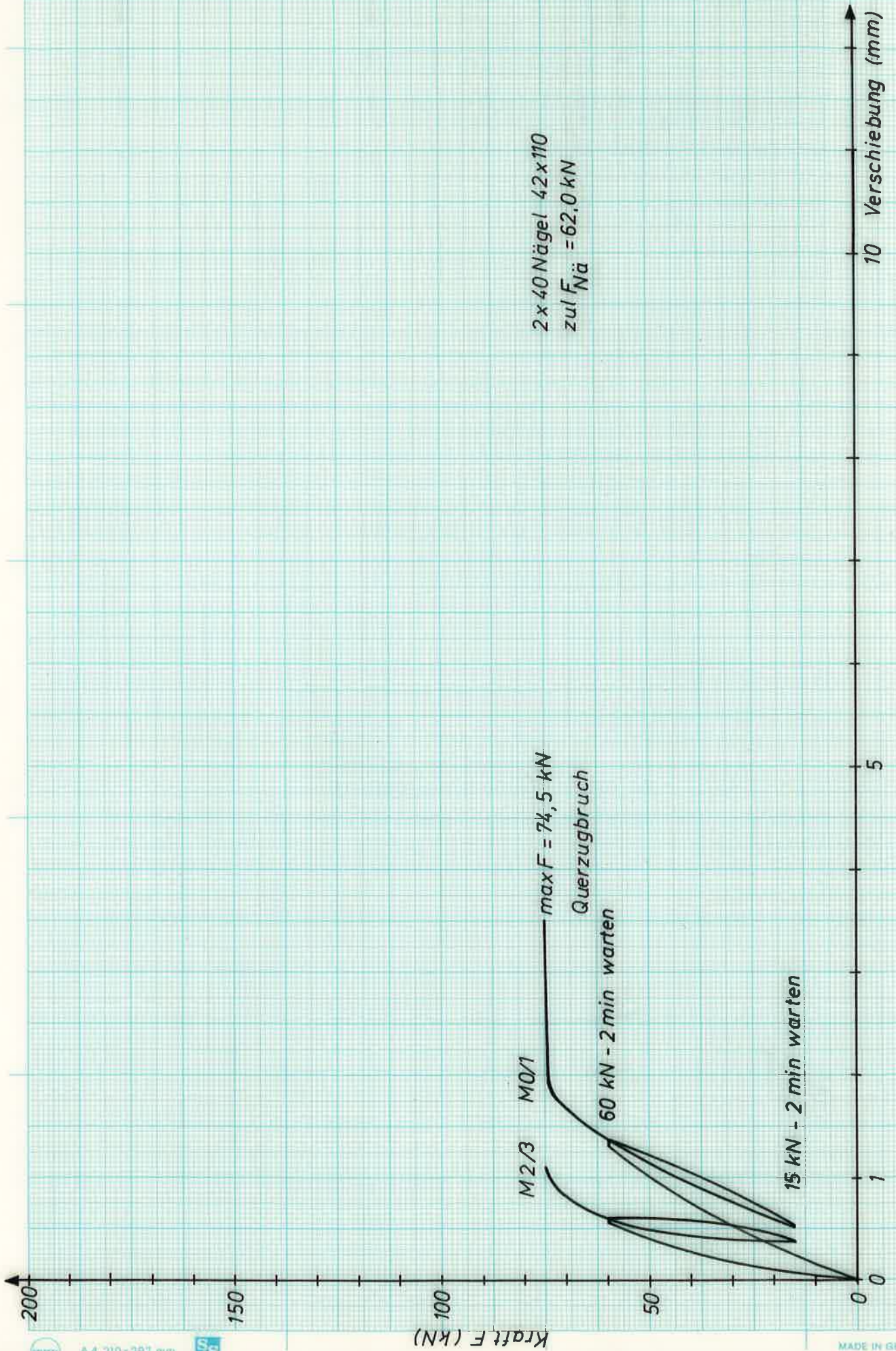


Bild 6 : Verschiebung Lasche - Träger Versuch 1



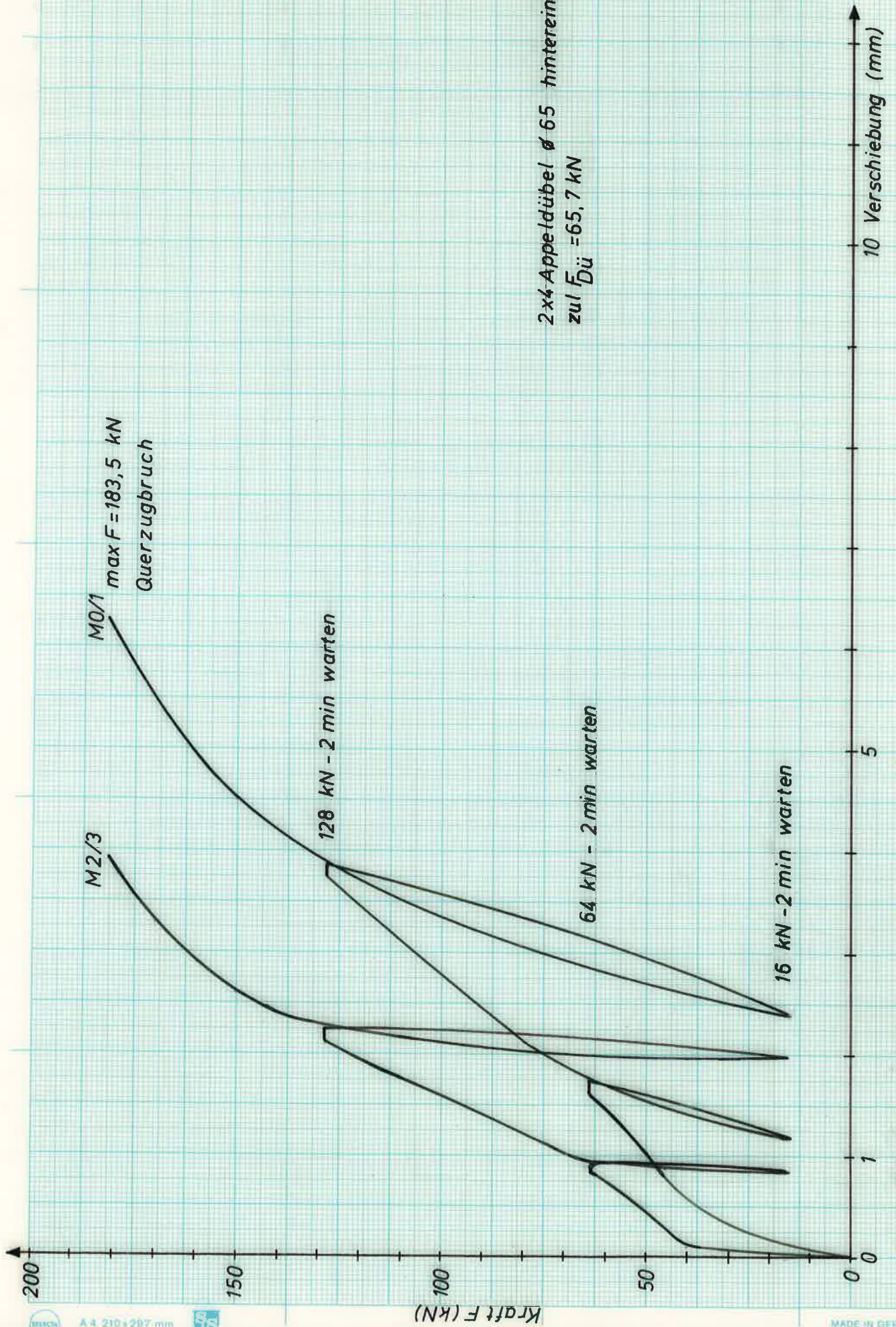
Versuch 2

Bild 7 : Verschiebung Lasche - Träger



Versuch 5

Bild 8: Verschiebung Lasche - Träger



Versuch 6

Bild 9: Verschiebung Lasche - Träger

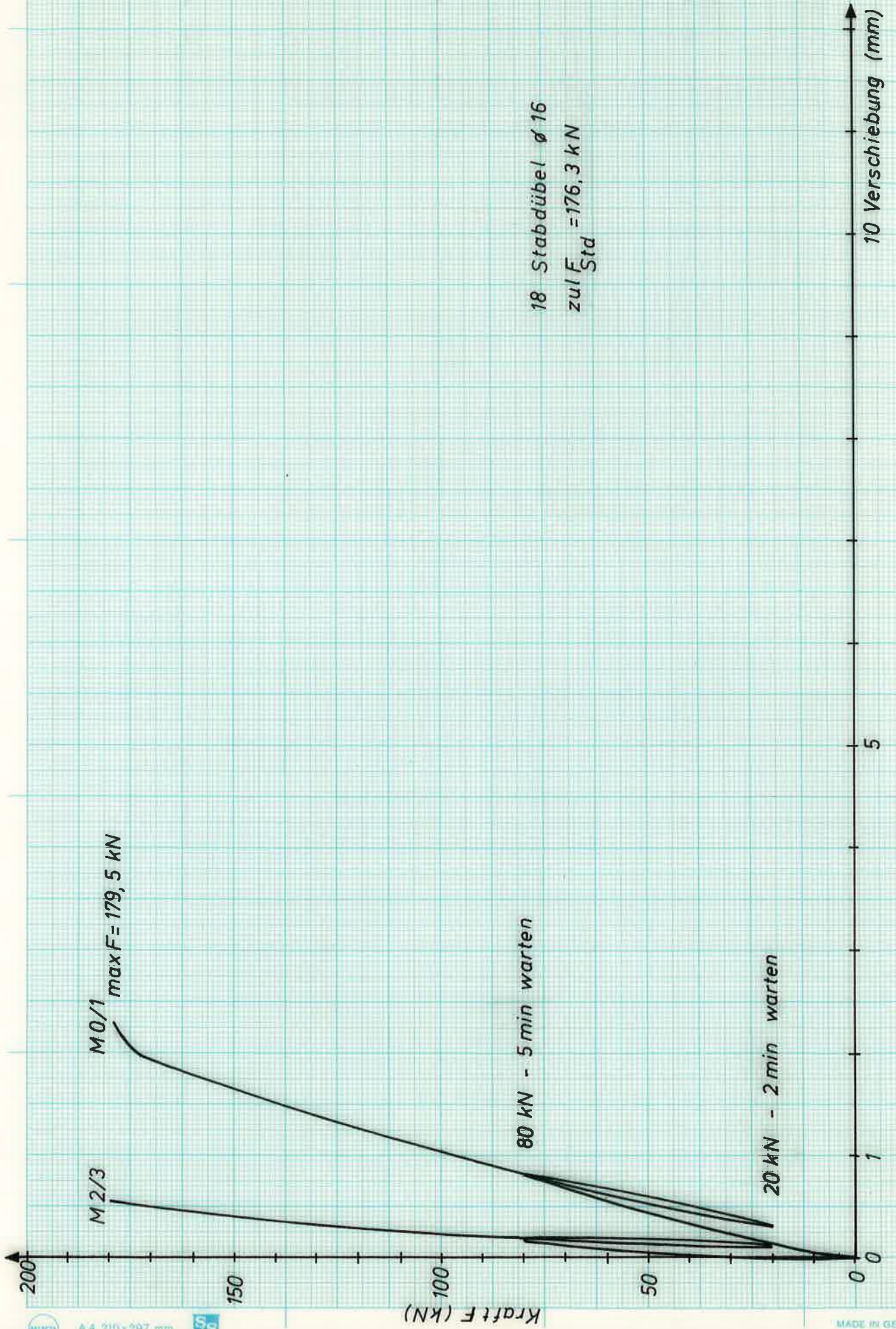
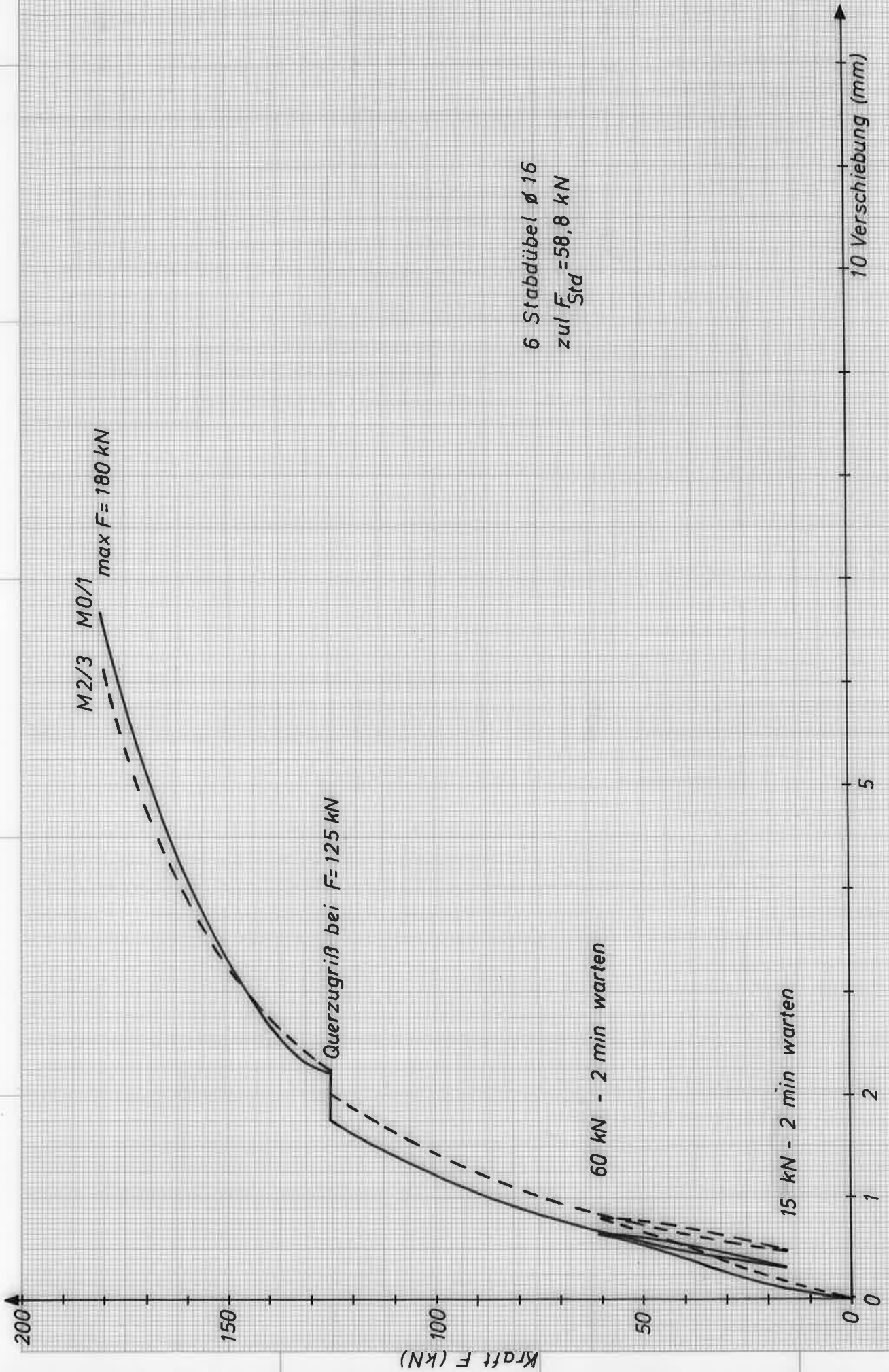


Bild 10: Verschiebung Lasche - Träger Versuch 9



6 Stabdübel $\varnothing 16$
 zul $F_{Std} = 58.8$ kN

Versuch 13

Bild 11 : Verschiebung Lasche - Träger

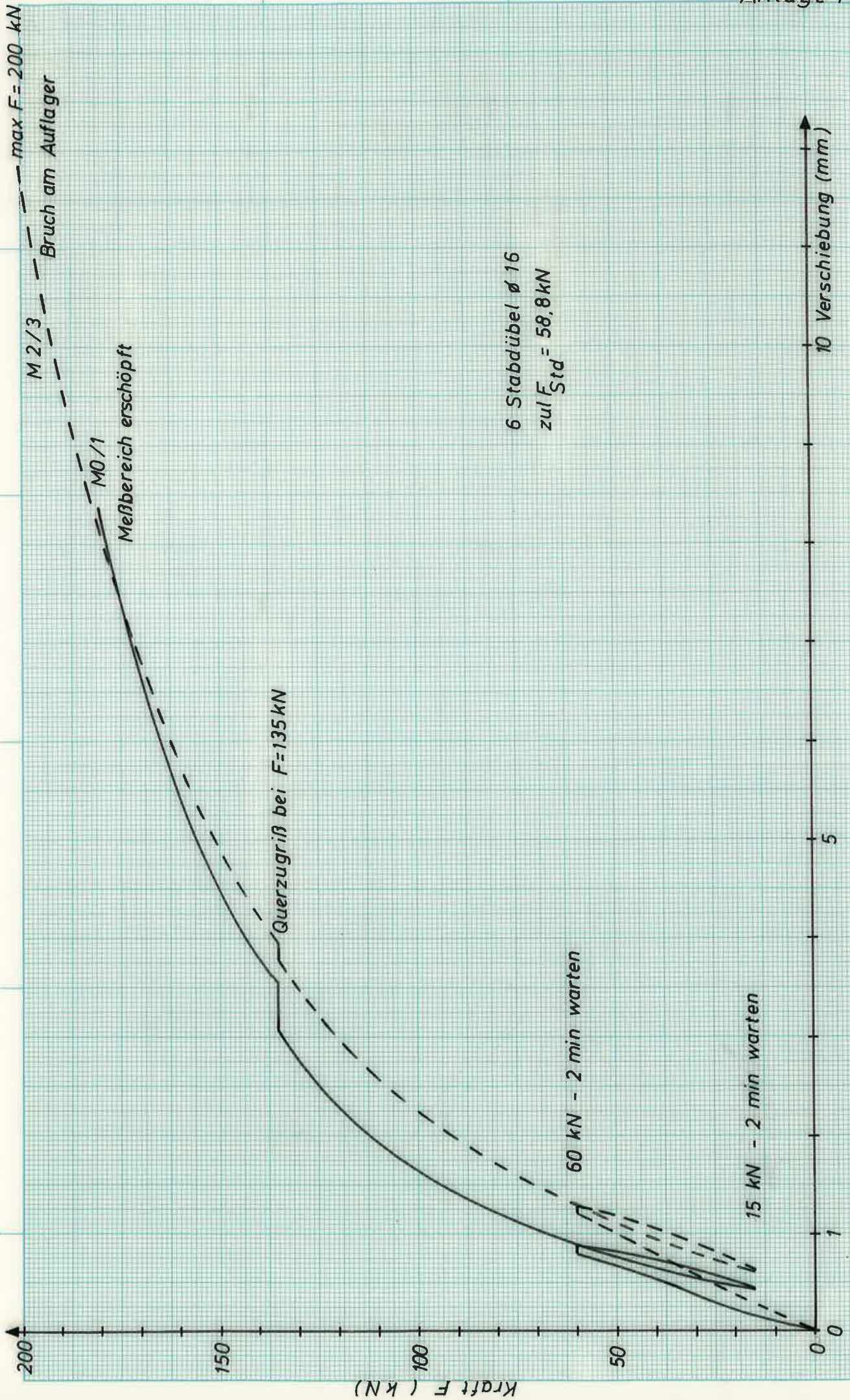
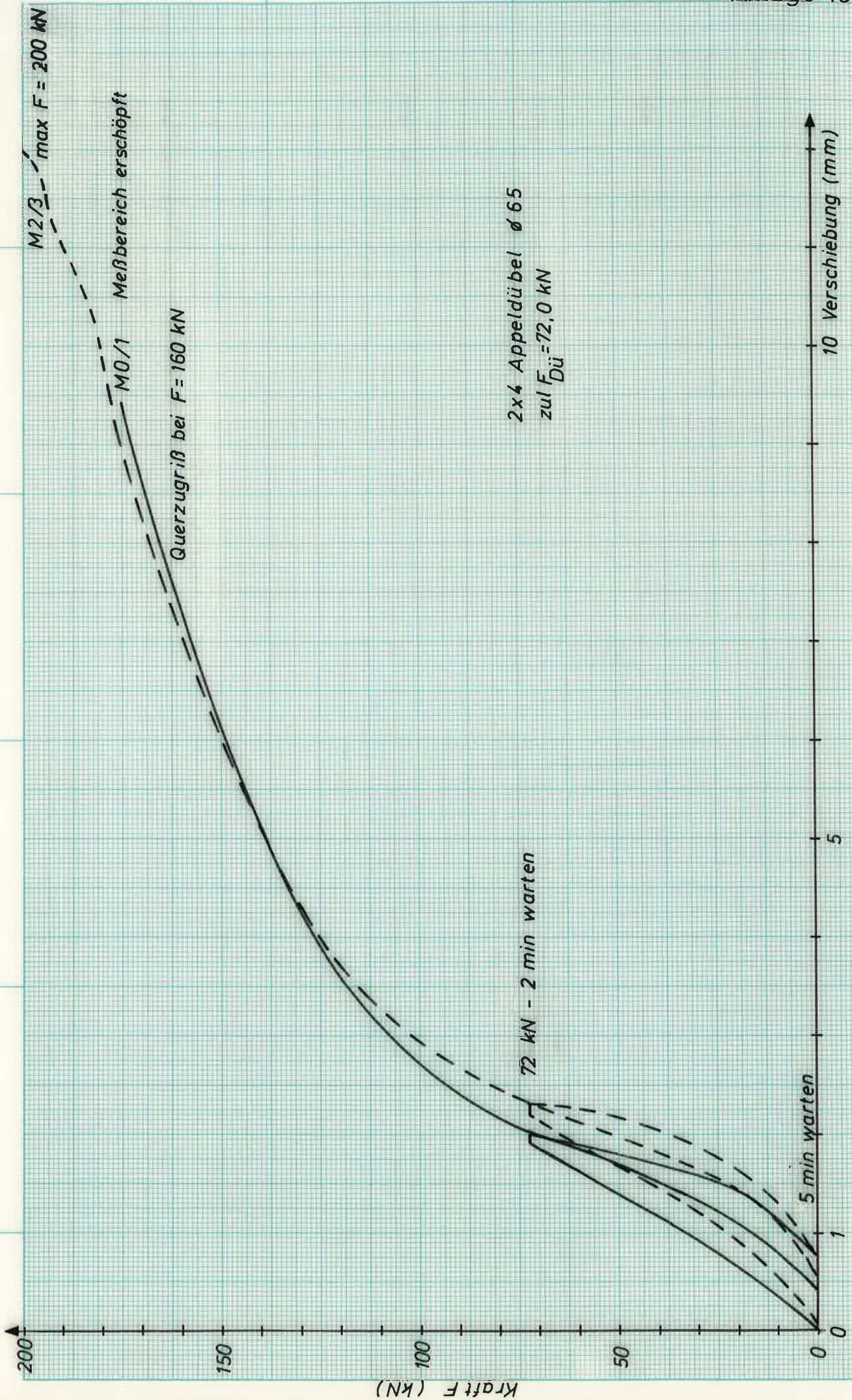


Bild 12: Verschiebung Lasche - Träger Versuch 14



Versuch 18

Bild 13 : Verschiebung Lasche -Träger

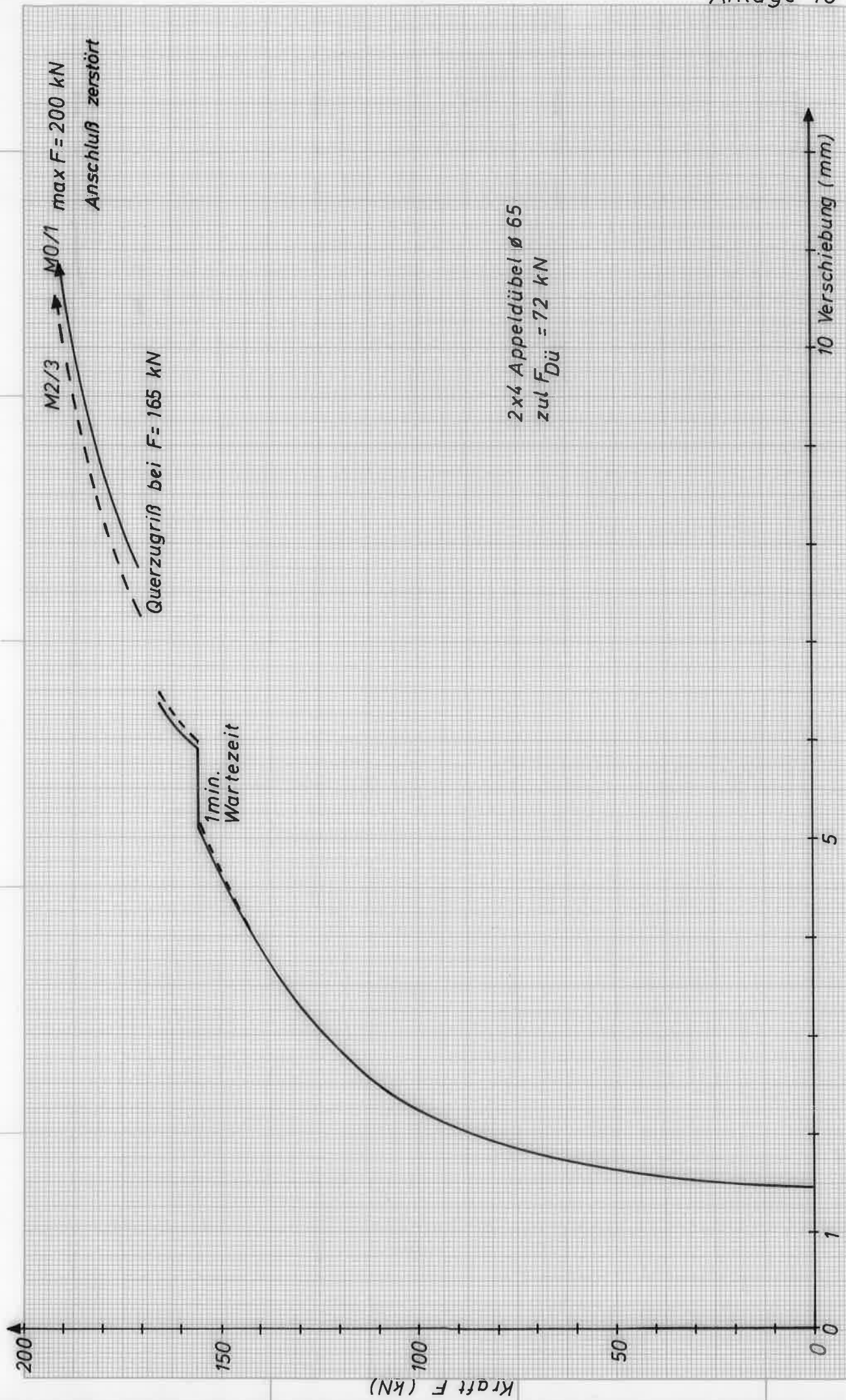


Bild 14: Verschiebung Lasche - Träger Versuch 22

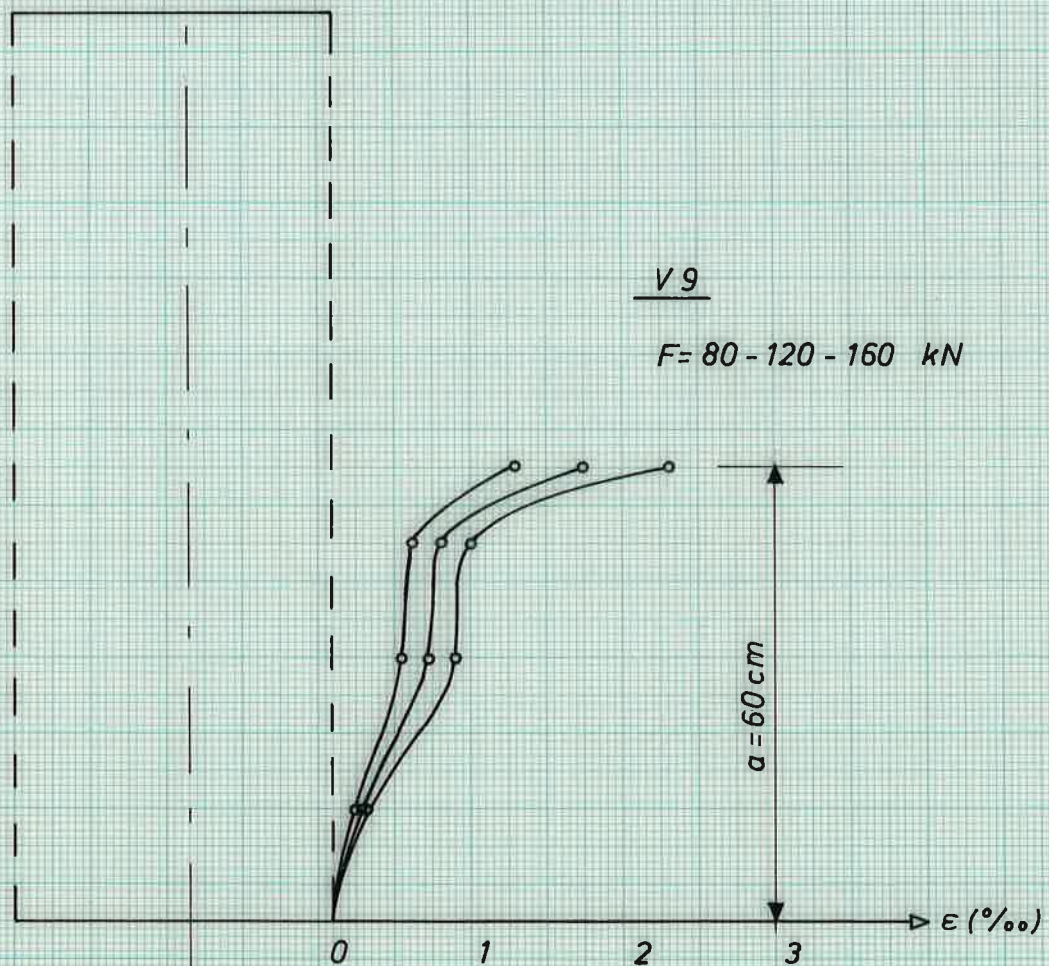
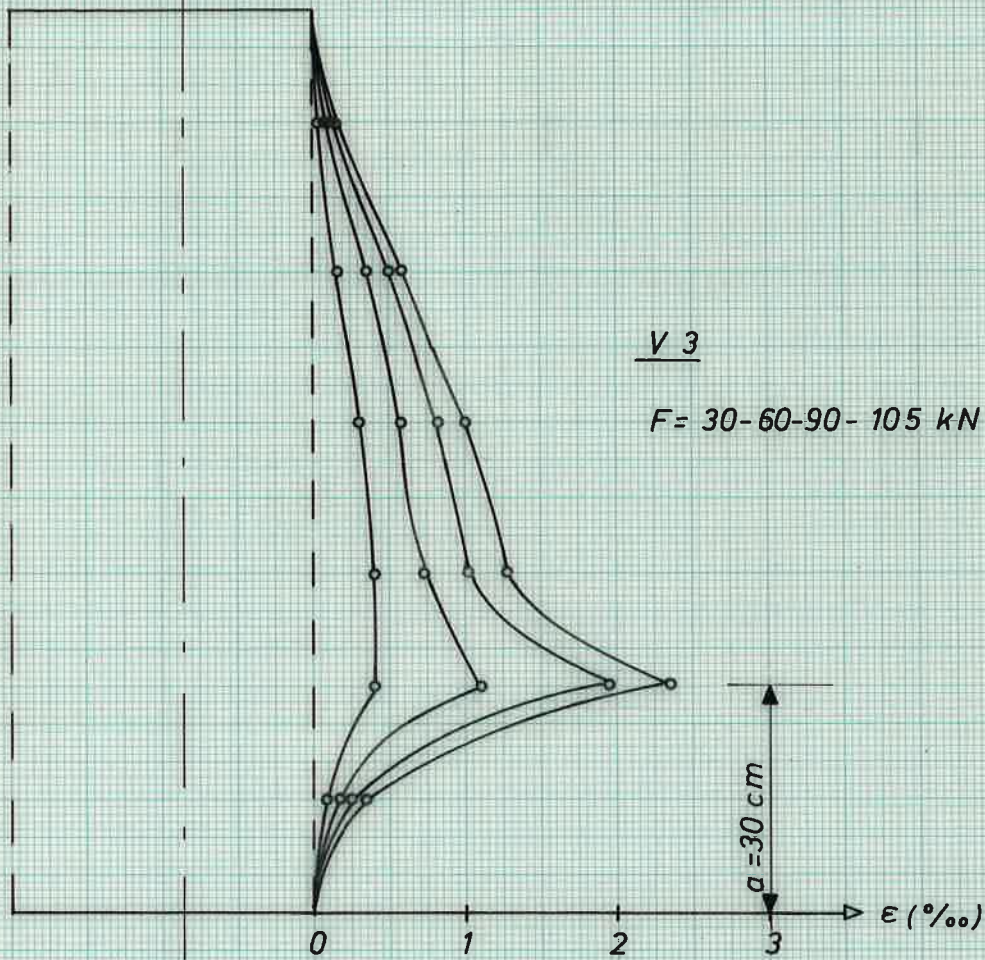


Bild 15: Querdehnungen über Trägerhöhe bei verschiedenen Laststufen

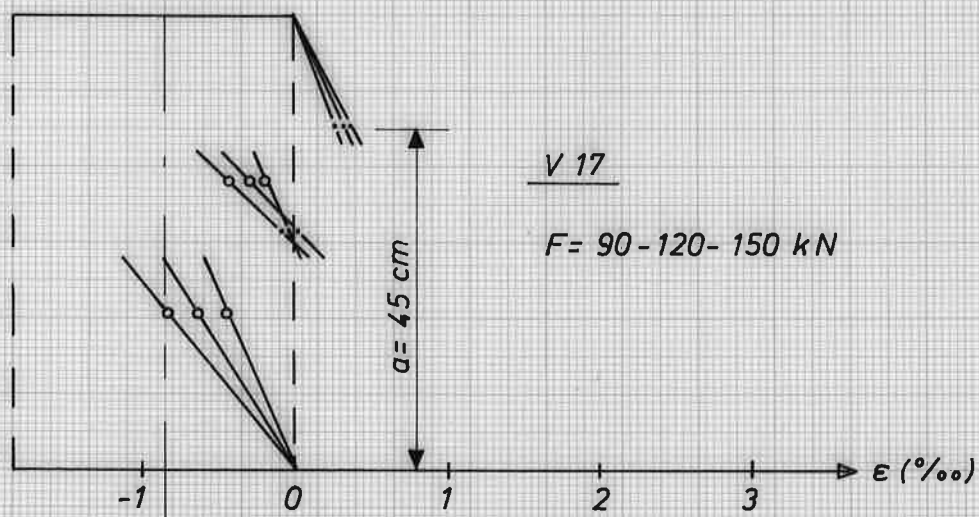
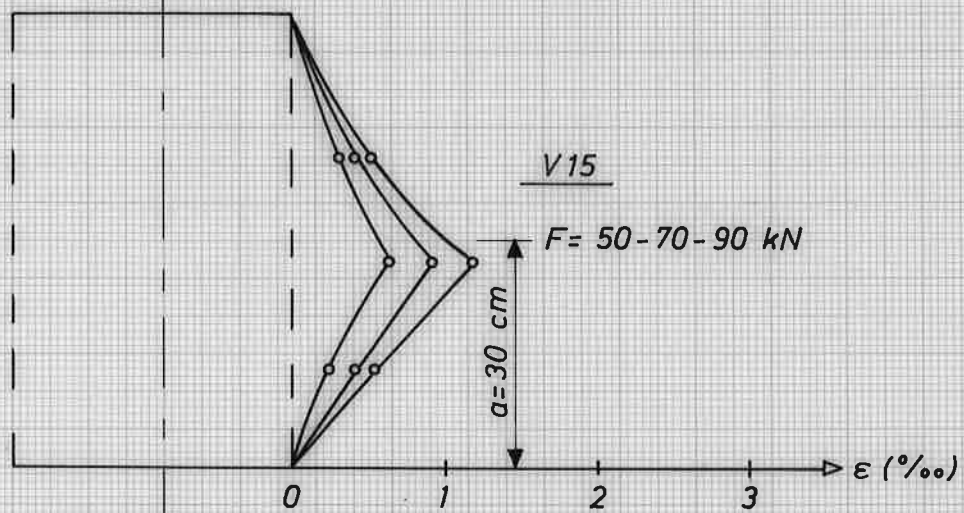
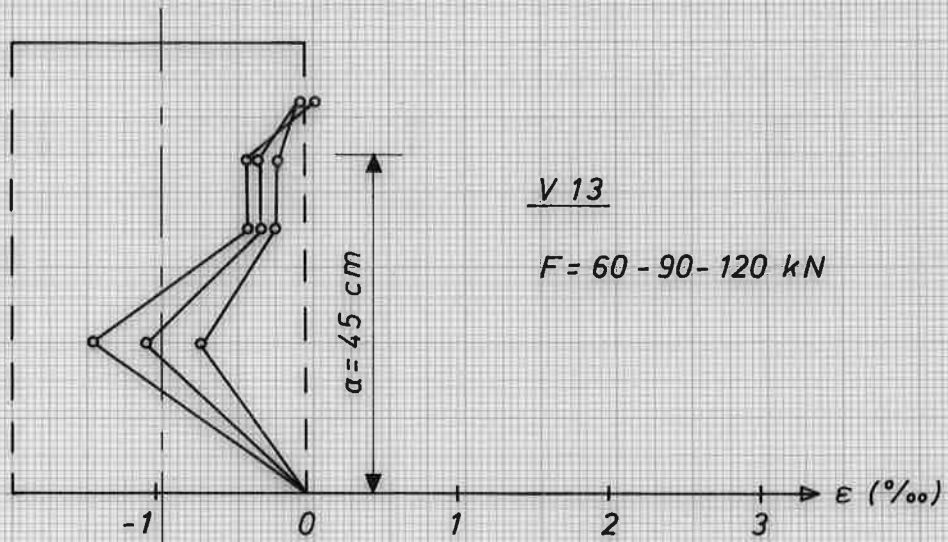


Bild 16: Querdehnungen über Trägerhöhe bei verschiedenen Laststufen

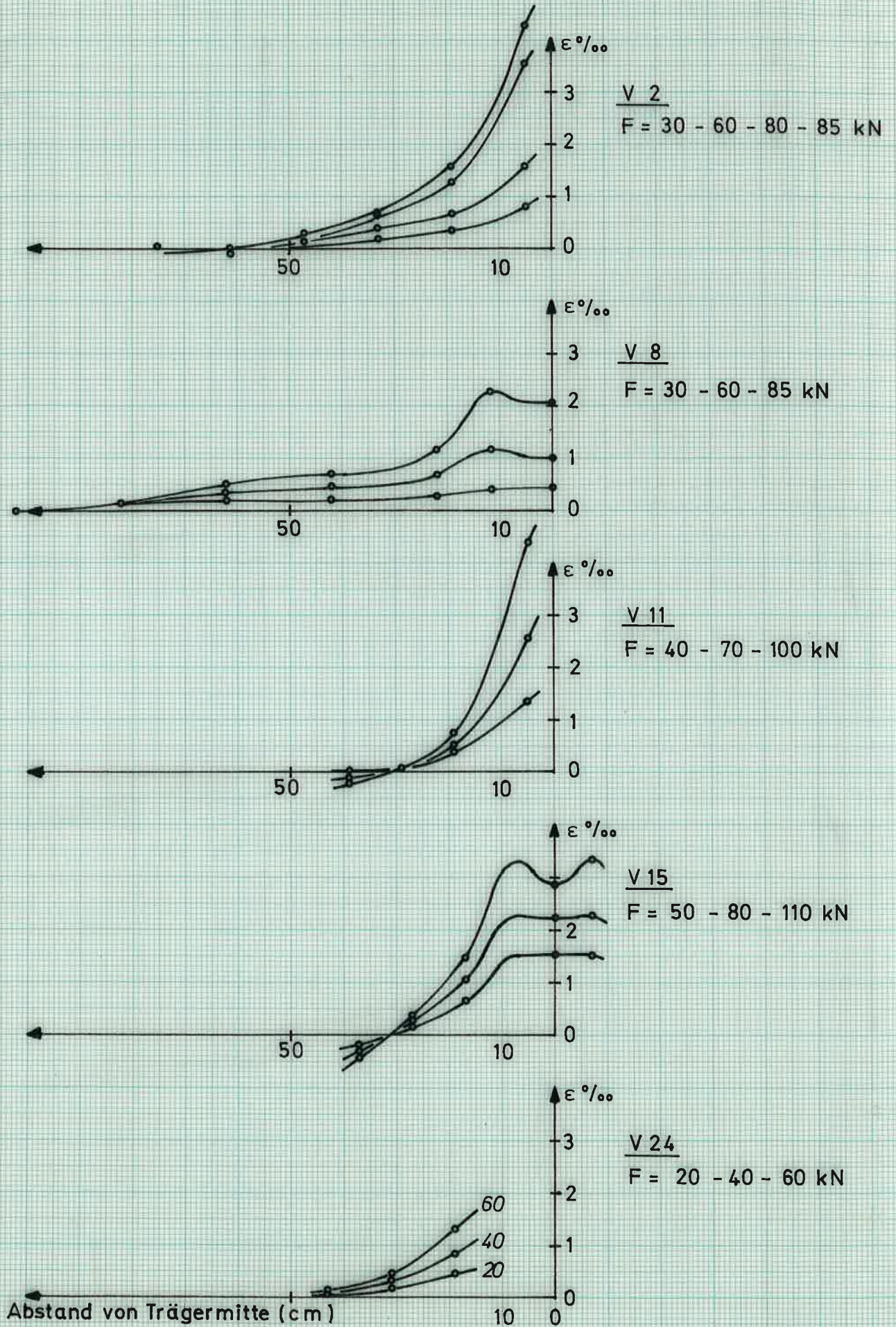


Bild 17 : Querdehnungen im Reißbereich bei verschiedenen Laststufen

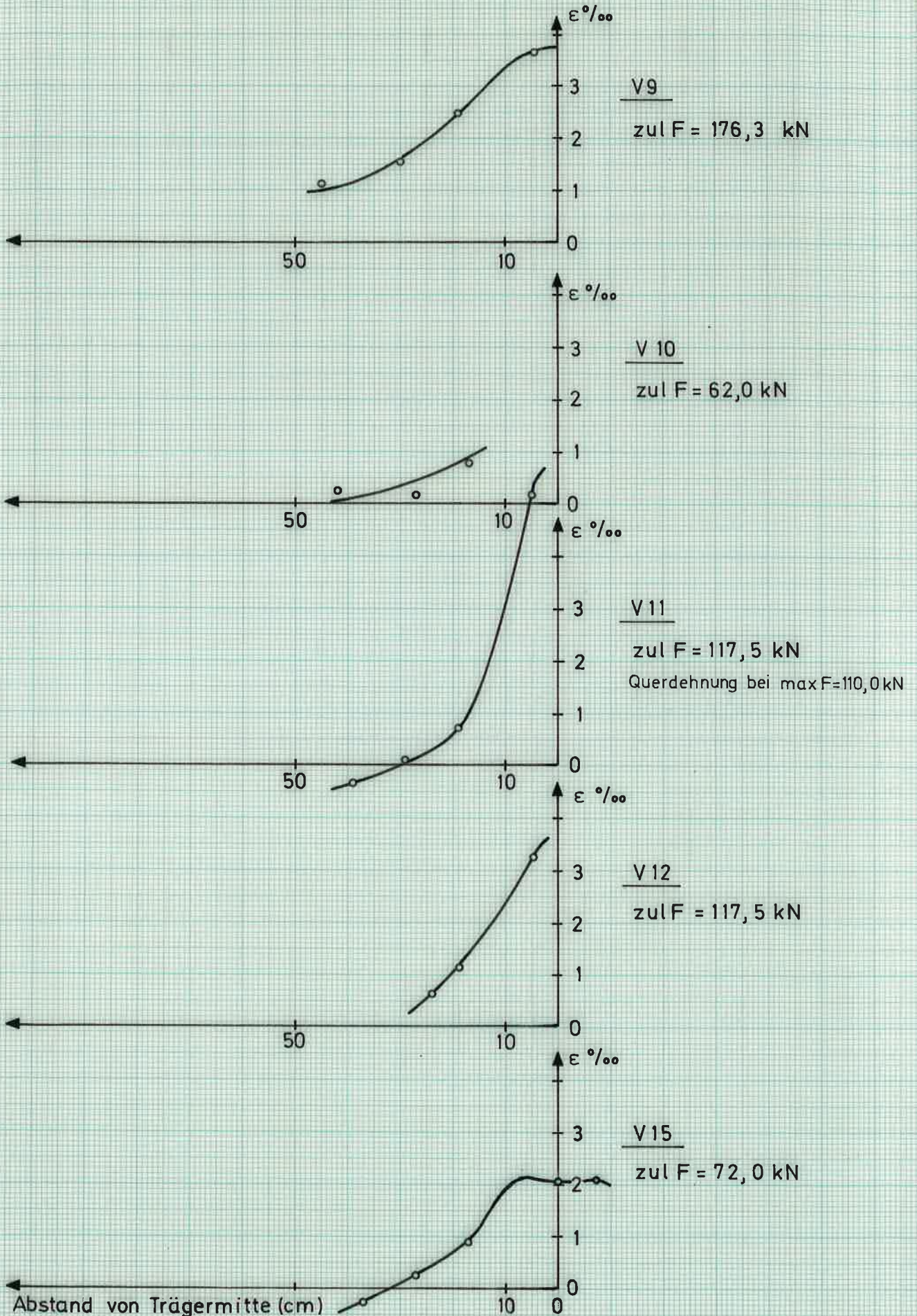


Bild 18: Querdehnungen im Rißbereich bei zul F

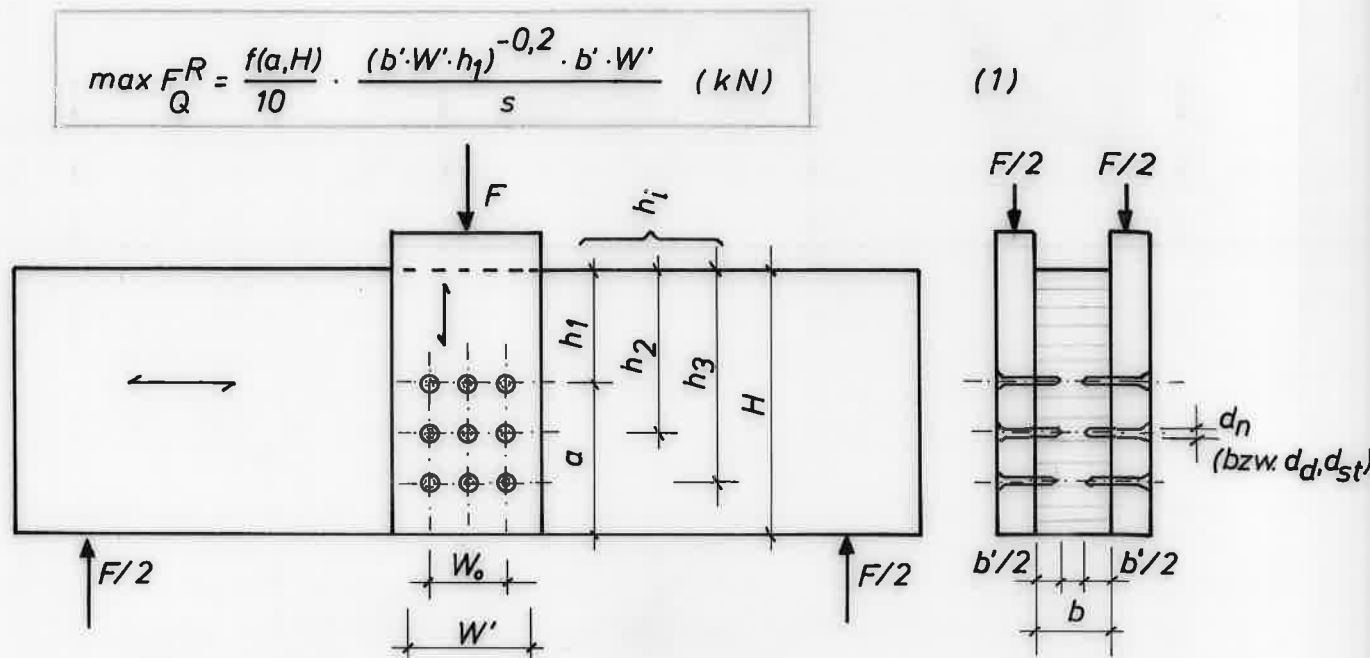


Bild 19: Bezeichnung der Größen in Gleichung (1)

b' = wirksame Querschnittsbreite (cm) $\leq b$

W' = wirksame Anschlußbreite (cm)

für Appeldübel $\varnothing \leq 95 \text{ mm}$: $W' = m \cdot 2,15 d_d$; $b' = 10 \text{ cm}$ (beidseitig)

für Stabdübel $\varnothing \leq 20 \text{ mm}$: $W' = m \cdot 5 d_{st}$; $b' = 6 d_{st}$

für Nägel, vorgebohrt: $W' = m \cdot 5 d_n$; $b' = 2 \cdot 12 d_n$ (beidseitig)

m = Anzahl der Verbindungsmittel in einer Reihe

W_0 = Achsabstand der beiden äußeren Verbindungsmittel einer Reihe

h_1 = Abstand der obersten Verbindungsmittelreihe vom oberen Trägerrand (cm)

$s = \frac{\sum_{i=1}^n (h_1/h_i)^2}{n}$; h_i = Abstand der i -ten Verbindungsmittelreihe vom oberen Trägerrand (cm)

n = Anzahl der in Kraftrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittelreihen

$$\frac{f(a,H)}{10} = 0,68 + 1,37 \frac{H}{100} + 0,2 \frac{a}{H} + 0,4 \frac{a}{100}$$

H = Trägerhöhe (cm)

a = Abstand der obersten Verbindungsmittelreihe vom unteren Trägerrand (cm)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Versuch Nr.	H cm	h ₁ cm	a/H	W' cm	$\frac{\sum_{s=1}^n (h_1/h_j)^2}{n}$	max F _Q KN	f(a/H) 10	f(H)	g(a/H) 10	f(a, H) 10	max F _Q ^R KN	max F _Q max F _Q ^R
1	120	90	0,25	28	0,874	112,75	2,67	3,19	0,90	2,49	105	1,07
2	24	0,922	90,0	2,54	3,04	0,86	..	88	1,02
3	0,797	112,0	2,74	3,27	0,92	..	102	1,10
4	16	0,922	65,0	2,54	3,03	0,86	..	64	1,02
5	21	0,935	74,5	2,38	2,84	0,80	..	78	0,96
8	28	0,874	89,5	2,12	2,53	0,71	..	105	0,85
6	..	60	0,5	(14)	0,617	183,5	4,93	(5,51)	(1,66)	2,66	(99)	(1,85)
7	28	0,829	117,0	2,42	2,71	0,82	..	128	0,91
9	24	0,567	179,5	2,88	3,22	0,97	..	166	1,08
10	21	0,752	118,5	2,80	3,13	0,94	..	112	1,06
23	..	30	0,75	24	0,812	125,0	2,50	2,62	0,84	2,83	142	0,88
27	60	45	0,25	24	0,860	62,5	1,44	1,71	0,75	1,61	70	0,89
28	16	0,860	56,0	1,78	2,12	0,93	..	51	1,10
11	..	30	0,5	24	0,589	110,0	1,60	1,78	0,83	1,72	119	0,92
15	28	0,732	117,5	1,87	2,09	0,97	..	108	1,09
13	..	15	0,75	24	0,713	120,0	1,83	1,92	0,96	1,83	120	1,00
17	28	0,634	153,0	1,84	1,93	0,96	..	152	1,01
24	60	45	0,25	24	0,860	69,5	1,60	1,90	0,83	1,61	70	0,99
25	..	30	0,5	..	0,812	75,0	1,50	1,68	0,78	1,72	86	0,87
26	..	15	0,75	..	0,713	133,5	2,04	2,14	1,06	1,83	120	1,11
12	60	30	0,5	24	0,589	144,0	2,09	2,33	1,09	1,72	119	1,21
16	28	0,732	138,0	2,20	2,46	1,14	..	108	1,28
14	..	15	0,75	24	0,713	135,0	2,06	2,16	1,07	1,83	120	1,13
18	28	0,634	160,0	1,92	2,02	1,00	..	152	1,05
19	60	30	0,5	24	0,589	79,0	1,15	1,28	0,60	1,72	119	0,66
21	28	0,732	110,0	1,75	1,96	0,91	..	108	1,02
20	..	15	0,75	24	0,713	100,0	1,53	1,60	0,80	1,83	120	0,83
22	28	0,634	155,0	1,86	1,95	0,97	..	152	1,02

Tabelle 4 : Versuchsauswertung