

Zurück erbeten an
DGfI Geschäftsstelle

Zweitausfertigung



FORSCHUNGS- UND
MATERIALPRÜFUNGSANSTALT
BADEN-WÜRTTEMBERG - OTTO-GRAF-INSTITUT -

FMPA

80/32

PRÜFUNGSBERICHT

Antragsteller: Entwicklungsgemeinschaft
Holzbau in der Deutschen
Gesellschaft für Holzforschung e.V.
Prannerstraße 9/1
8000 München 2

Betrifft: Forschungsvorhaben
"Durchbrochene Leimbinder in
Brettschichtbauweise"
hier: Anschlußversuche zu unseren
Forschungsvorhaben
H 30721, Bericht vom 31.7.1974
H 31993, Bericht vom 18.5.1975
H 31933/1, Bericht vom 20.1.1976

Datum des Berichtes: 8.2.1980

Auftrag: I.4-33596

Textseiten: 13

Beilagen: 20



7000 STUTTGART 80 (VAIHINGEN)
Pflaffenwaldring 4
Fernsprecher (0711) 784-1

Entwicklungsgemeinschaft
Holzbau in der Deutschen
Gesellschaft für Holzforschung e.V.
Prannerstraße 9/1

8.2.1980 I.4-Ro/br

8000 München 2

Betr.: I.4-33596
Forschungsvorhaben
"Durchbrochene Leimbinder in Brettschichtbauweise"
hier : Anschlußversuche zu unseren Forschungsvorhaben
H 30721, Bericht vom 31.7.1974
H 31993, Bericht vom 18.5.1975
H 31933/1, Bericht vom 20.1.1976

1. Einleitung

Im Rahmen von in unserem Institut bisher durchgeführten Untersuchungen mit 8 und 16 m langen durchbrochenen Brettschichtträgern hatte sich gezeigt, daß solche Träger durch im Bereich der Durchbrüche aufgeleimte abgesperrte Platten wirkungsvoll verstärkt werden können, d.h., daß die in den Eckbereichen der Durchbrüche auftretenden Zugkräfte durch diese aufgeleimten Platten aufgenommen werden und dadurch ein Aufreißen der Träger verhindert wird.

Im ersten Teil dieser Versuche wurden 4 x 8 m lange Träger mit im Querkraftbereich liegenden quadratischen Durchbrüchen durch Wolff-Stegplatten mit einer Gesamtdicke von 70 % der Trägerbreite verstärkt (Bericht H 30721).

Beim zweiten Versuchsteil erfolgte die Verstärkung bei 16 m langen Trägern durch aufgeleimte Baufurnierplatten mit einer Gesamtdicke von 50 % der Trägerbreite (Bericht H 31993), wobei die Durchbrüche in den Viertelpunkten der Träger angeordnet waren.

Im dritten Versuchsteil wurden die Verstärkungen an zwei weiteren 16 m langen Trägern (Bezeichnung III und IV) erneut verringert. Die Durchbrüche befanden sich jeweils im Viertelpunkt bzw. im Auflagerbereich, die Verstärkungen betragen 36 % bzw. 50 % der Trägerbreite (Bericht H 31933/1).

In allen vorgenannten Fällen hatten die Verstärkungen ausgereicht, die volle Tragfähigkeit der Träger zu erhalten, d.h. es wurde kein Festigkeitsabfall gegenüber Trägern ohne Durchbrüche festgestellt.

Aufgrund der bisher gewonnenen Ergebnisse konnten Richtlinien formuliert werden, nach denen Durchbrüche von Brettschichtträgern verstärkt werden können; vergl. die Fachzeitschrift "Holz als Roh- und Werkstoff" 35 (1977) Seite 133.

In dem nunmehr vorliegenden vierten Teil sollte an weiteren zwei 16 m langen Trägern untersucht werden, ob die Abmessungen der Verstärkungsplatten hinsichtlich ihrer Dicke weiter verringert werden können.

Weiterhin sollte (wie bereits im dritten Versuchsteil) untersucht werden, ob die Anbringung der Verstärkungen mittels Nagelpreßleimung erfolgen kann.

2. Herstellung der Träger

Es standen zwei weitere gerade, 16 m lange Brettschichtträger mit den Querschnittsabmessungen von 100 cm x 14 cm zur Verfügung. Die Träger sind von uns mit V und VI bezeichnet worden. Die Träger entsprachen nach DIN 1052 der Güteklasse I und waren mit einem Harnstoffharzleim bei einem Feuchtigkeitsgehalt zwischen 9 % und 13 % verleimt. Die Lamellendicke betrug 33 mm. In Abb. 1, Beilage 1, sind Form und Abmessungen der Träger schematisch dargestellt.

2.1. Herstellen der Durchbrüche und Aufleimen der Verstärkungen

Die Durchbrüche wurden in unserem Institut hergestellt, ebenso erfolgte das Aufleimen der Verstärkungen durch uns. Die Abmessungen der Durchbrüche wurden wie bei den Trägern des dritten Versuchsteils festgelegt.

Durchbrüche im Träger:

Länge: $l = \text{Trägerhöhe } H = 1000 \text{ mm}$
Höhe : $h = 0,4 H = 400 \text{ mm}$

Verstärkungsplatten:

Rand seitlich: $l_1 = 0,25 l = 250 \text{ mm}$
Rand oben und
unten : $h_1 = 0,4 h = 160 \text{ mm}$
Gesamtlänge : $l_2 = l + 2 \times 0,25 l = 1500 \text{ mm}$
Gesamthöhe : $h_2 = h + 2 \times 0,4 h = 720 \text{ mm}$

Lage der Durchbrüche:

Wie bei den Trägern des dritten Versuchsteils, jeweils im Viertelpunkt (links) und im Auflagerbereich (rechts); vergl. auch Abb. 1, Beilage 1, sowie den Bericht H 31993/1. Hinsichtlich der weiteren Herstellung der Durchbrüche gilt das unter Punkt 2.1. unseres Berichtes H 31993 Gesagte.

Als Verstärkungsmaterial wurden wiederum AW 100 Buchen-Bau-furnierplatten nach DIN 68705, Teil 3, gewählt.

Im Gegensatz zum dritten Versuchsteil waren die Platten im Bereich der linken Durchbrüche anstatt 25 mm nur noch 15 mm dick und die im Bereich der rechten Durchbrüche anstatt 35 mm nur noch 25 mm dick.

Die Gesamtdicke ergab sich zu:

links: $d = 0,21 B \stackrel{A}{=} 30 \text{ mm}$

rechts: $d = 0,36 B \stackrel{A}{=} 50 \text{ mm.}$

Plattenaufbau und Furnierdicke (mm):

links : 7 lagig 2,2 + 2,2 + 2,0 + 2,2 + 2,0 + 2,2 + 2,2

rechts : 11 lagig 2,0 + 2,5 + 2,2 + 2,2 + 2,5 + 2,2 + 2,5 + 2,2
+ 2,2 + 2,5 + 2,0

Bei allen Durchbrüchen verlief die Faserrichtung der Deckfurniere der Verstärkungsplatten in Trägerlängsrichtung.

Die Verstärkungen wurden mit einem Resorcinharzleim bei beidseitiger Leimangabe und einer Auftragsmenge von rd. 450 g/m^2 sowie einer Temperatur von rd. $19 \text{ }^\circ\text{C}$ und einer rel. Luftfeuchtigkeit von rd. 47 % in unserer Prüfhalle verleimt.

Der Preßdruck wurde mit Hilfe von glatten Nägeln nach DIN 1151 aufgebracht. Im Gegensatz zum dritten Versuchsteil wurden die Nagelabstände nicht nach DIN 1052, Teil 1, Abschnitt 11.5.9. eingehalten sondern in Anlehnung an einen Vorschlag von Herrn Prof. Möhler, Karlsruhe, so über die Plattenfläche gleichmäßig verteilt, daß auf rd. 65 cm^2 ein Nagel angeordnet war.

Vor der Nagelpreßleimung wurden die Nagellöcher in den Platten mit 0,85 dn vorgebohrt.

Nagelgröße: Verstärkung links 31 x 65,
Verstärkung rechts 34 x 90.

In den Abb. 2 und 3, Beilagen 2 und 3, sind die Nagelbilder im Bereich der Verstärkungen links und rechts schematisch wiedergegeben.

3. Versuchsdurchführung

3.1. Trägerprüfung

Die Träger wurden mit einer Spannweite von 15 m als Träger auf 2 Stützen im Biegeversuch geprüft. Abb. 4, Beilage 4, zeigt den in die Biegeprüfmaschine eingebauten Träger VI. Es war zunächst vorgesehen, auch hier 8 Laststellen gleichmäßig über die Trägerlänge zu verteilen. Da jedoch in diesem Fall die Last der äußersten rechten Laststelle direkt im Bereich des Durchbruches gewirkt hätte, wäre es bei der Auswertung der Ergebnisse der Dehnungsmessungen zu Schwierigkeiten gekommen. Aus diesem Grund wurden die Versuche mit nur 6 Laststellen entsprechend Abb. 1, Beilage 1, durchgeführt.

Die Belastung der Träger erfolgte in Laststufen von $\Delta F = 36 \text{ kN}$, was einer Biegespannung in Trägerlängsmittle von $\sigma_B = 3,62 \text{ N/mm}^2$ entsprach.

Nach Erreichen jeder Laststufe wurden folgende Messungen vorgenommen.

3.1.1. Durchbiegungen

Jeweils in den Viertelpunkten und in Trägerlängsmittle wurden die Durchbiegungen der Träger in ihrer Höhenmitte auf beiden Seiten gemessen.

Aus Abb. 1, Beilage 1, sind die Lastanordnung und Lage der Durchbiegungsmeßstellen ersichtlich.

3.1.2. Dehnungen

Hierbei waren, ausgehend von den Ecken in den Druckbereichen, jeweils 3 und in den Zugbereichen jeweils 5 Dehnungsmeßstellen quer zur Faserrichtung auf beiden Seiten der Träger in einem Abstand von 100 mm angeordnet.

Die Messung der Dehnungen erfolgte mit einem Setzdehnungsmesser (Meßbasis 100 mm).

Um die tatsächlichen Dehnungen des Trägerbereiches zu erfassen, wurden in die Baufurnierplatten Löcher mit einem Durchmesser von 15 mm bis auf die Trägersoberflächen gebohrt und die Meßmarken unmittelbar auf dem Träger angebracht.

In den Abb. 2 und 3, Beilagen 2 und 3, sind die Meßstellen und deren Bezeichnungen schematisch dargestellt.

3.2. Prüfung der Buchen-Baufurnierplatten

An jeweils drei Abschnitten der Buchen-Baufurnierplatten wurden die Scher- und Biegefestigkeit nach DIN 68705, Teil 1, hinsichtlich der Verleimungsart AW 100 nach DIN 68705, Teil 3, ermittelt.

3.3. Scherfestigkeit zwischen Verstärkungsplatten und Träger

Nach den Biegeversuchen an den Trägern wurden im Bereich der Verstärkungen an unbeschädigten Stellen Proben zur Ermittlung der Scherfestigkeit zwischen den Verstärkungsplatten und dem Träger entnommen und in Anlehnung an DIN 52187 geprüft. Je Durchbruch wurden 10 Proben entnommen; je 5 auf der Vorder- und 5 auf der Rückseite der Träger.

4. Versuchsergebnisse

4.1. Trägerprüfung

4.1.1. Durchbiegungen

In Zusammenstellung 1, Beilage 5, sind die bei den Trägern V und VI gemessenen Durchbiegungswerte enthalten. In den Abb. 5 und 6, Beilagen 6 und 7, sind die Werte grafisch dargestellt. Die Durchbiegung im Viertelpunkt links war jeweils kleiner als die im Viertelpunkt rechts, was auf die aussteifende Wirkung der Verstärkungen im linken Viertelpunkt zurückzuführen ist.

4.1.2. Dehnungen

In den Zusammenstellungen 2 bis 5, Beilagen 8 bis 11, sind die bei den einzelnen Laststufen gemessenen Dehnungen der beiden Träger V und VI aufgeführt.

Die Einzelwerte von Vorder- und Rückseite wurden hierbei jeweils zu einem Mittelwert zusammengefaßt.

In den Abb. 7 bis 10, Beilagen 12 bis 15, ist der Verlauf der Dehnungen in den Eckbereichen grafisch dargestellt.

Aus Gründen der besseren Übersicht wurden nur die Dehnungen jeder zweiten Laststufe aufgetragen.

Das Dehnungsverhalten war ähnlich wie das des Trägers III aus dem dritten Versuchsteil. Auch bei den Trägern V und VI waren im Abstand im Mittel von rd. 15 cm von den auf Zug beanspruchten Ecken keine positiven Dehnungen mehr vorhanden. Hier wurden, wie auch bei Träger III, die vorhandenen Querkräfte weitgehend von der Verstärkung aufgenommen. Mit fortschreitendem Versuchslauf nahmen die Dehnungen bei den beiden Trägern jedoch deutlich zu. Als Größtwerte lagen folgende Dehnungen bei einer Prüfkraft von $F = 288 \text{ kN}$ vor.

Träger	linker Durchbruch ‰	rechter Durchbruch ‰
V	+ 3,08	+ 4,64
VI	+ 2,20	+ 4,08

Den Werten ist zu entnehmen, daß die Auflagerkraft die Dehnungen in den rechten Eckbereichen beeinflusste.

4.1.3. Höchstlasten und Bruchbeschreibung

Die Höchstlast betrug bei Träger V $\max F = 359 \text{ kN}$ und bei Träger VI $\max F = 360 \text{ kN}$.

Das Bruchverhalten war wie folgt:

Träger V

Bei Erreichen der Höchstlast $\max F$ erfolgte ein Primärbruch im Bereich der Trägerlängsmittle in der unteren Brettlage an einer Astansammlung. Der Bruch setzte sich in der Zugzone fort (Sekundärbruch) und lief auch durch die Verstärkungsplatten im linken Durchbruch. Der rechte Durchbruch blieb nach Augenschein unbeschädigt.

In Abb. 11, Beilage 16, ist der Träger V nach dem Versuch abgebildet. Abb. 12, Beilage 17, zeigt den Bruchverlauf im Bereich der linken Verstärkung.

Träger VI

Bei Erreichen der Höchstlast $\max F$ erfolgte rd. 469 cm vom linken Auflager entfernt ein Biegezugbruch in der unteren Brettlage (Primärbruch), der sich in der Zugzone fortsetzte (Sekundärbruch) und ebenfalls den linken Durchbruch samt Verstärkungen erfaßte. Auch bei diesem Träger blieb der rechte Durchbruch augenscheinlich unversehrt. In Abb. 13, Beilage 18, ist der Träger VI nach dem Versuch fotografisch wiedergegeben. Abb. 14, Beilage 19, zeigt den Bruchverlauf im Bereich des linken Durchbruchs.

Im Gegensatz zu den Trägern III und IV aus dem dritten Versuchsteil wurden bei den hier untersuchten Trägern V und VI die Verstärkungsplatten in den Viertelpunkten zerstört. Der Bruch könnte hier durch die für die Meßstellen angebrachten Bohrungen begünstigt worden sein. Weiterhin deuten die bei $F = 288 \text{ kN}$ gemessenen Dehnungen darauf hin, daß die Verformungen in den auf Querkzug beanspruchten Stellen bereits außerhalb des elastischen Bereichs lagen.

Bei früher durchgeführten Untersuchungen hatte sich gezeigt, daß eine Rißbildung in der Regel bei einer Querdehnung von rd. 2 % bis 3 % einsetzt.

Die im Bereich der rechten Durchbrüche gemessenen größeren Dehnungen lagen ebenfalls bei $F = 288 \text{ kN}$ außerhalb des elastischen Bereichs.

In der folgenden Zusammenstellung 6 sind die Ergebnisse bei Erreichen der Höchstlast max F aufgeführt. Zur Ermittlung des E-Moduls wurde die Prüfkraft $F = 72 \text{ kN}$ (2. Laststufe) eingesetzt.

Zusammenstellung 6

Ergebnisse der Trägerprüfung

Träger	Höchstlast max F kN	Größte Biege- spannung max σ_B N/mm ²	Größte Schub- spannung max τ N/mm ²	E-Modul E N/mm ²
V	359	36,1	1,92	9400
VI	360	36,2	1,93	8600

Bei der Ermittlung der Spannungen und des E-Moduls wurden die Durchbrüche nicht berücksichtigt.

Unter Zugrundelegung einer zulässigen Biegespannung von $\text{zul } \sigma_B = 14 \text{ N/mm}^2$ betrug das Verhältnis $\frac{\text{max } \sigma_B}{\text{zul } \sigma_B}$

bei beiden Trägern rd. 2,6. Für Träger VI betrug das Verhältnis bezogen auf die Bruchstelle außerhalb der Längsmittle

$$\frac{\sigma_B}{\text{zul } \sigma_B} = 2,24.$$

Die Holzfeuchtigkeit der Träger wurde unmittelbar nach den Versuchen mit Hilfe eines elektrischen Handmeßgerätes zu rd. 8,8 % ermittelt.

4.2. Prüfung der Buchen-Baufurnierplatten

Die Buchen-Baufurnierplatten entsprachen den Anforderungen hinsichtlich der Verleimungsart AW 100, DIN 68705, Teil 3. Folgende Ergebnisse wurden ermittelt (aufgeführt sind nur Gesamtmittelwerte):

Scherfestigkeit	nach Kaltwasserlagerung		nach Kochwechsellagerung	
	(15 mm)	(25 mm)	(15 mm)	(25 mm)
max τ , N/mm ²	2,46	3,63	2,14	3,04
Biegefestigkeit	in Plattenlängsrichtung		in Plattenquerrichtung	
	(15 mm)	(25 mm)	(15 mm)	(25 mm)
max σ_B , N/mm ²	85,8	85,6	52,4	62,3
E-Modul				
E, N/mm ²	9400	9700	4600	6800

Der Gesamtmittelwert der Plattendicke und der Feuchtigkeitsgehalt der Platten betrug bei der

Nennstärke 15 mm: 14,7 mm und 8,8 % und bei der
Nennstärke 25 mm: 25,1 mm und 7,6 %.

4.3. Scherfestigkeit zwischen den Verstärkungsplatten und dem Träger

In der Zusammenstellung 7, Beilage 20, sind die Versuchsergebnisse (Grenz- und Mittelwerte) aufgeführt. Nach den Festigkeitswerten und dem Holzfaserbelag war die Verleimung zufriedenstellend.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen von in unserem Institut bisher durchgeführten Untersuchungen an 8 m und 16 m langen durchbrochenen Brettschichtträgern wurden weitere Versuche mit zwei 16 m langen, im Bereich der Durchbrüche verstärkten Trägern durchgeführt. Die Dicke der Verstärkungen wurde gegenüber den Trägern des dritten Versuchsteils (Bericht H 31993/1) von 36 % bzw. 50 % auf 21 % bzw. 36 % der Trägerbreite abgemindert. Als Verstärkung wurden wiederum AW 100 - Buchen-Baufurnierplatten verwendet. Die Platten wurden mit einem Resorcinharzleim und mit Hilfe von Nagelpreßleimung aufgebracht.

Die im Bereich der größten Querkzugbeanspruchung gemessenen Querdehnungen an den Ecken der Durchbrüche deuten darauf hin, daß hier die Verformungen bei fortgeschrittenem Versuchsverlauf bereits außerhalb des elastischen Bereichs lagen.

Bei beiden Trägern trat der Primärbruch bei Erreichen der Höchstkraft $\max F$ jeweils außerhalb der Durchbrüche ein. Im Gegensatz zu den Trägern des dritten Versuchsteils wurden jedoch die Verstärkungen im Bereich der linken Durchbrüche (Viertelspunkte) durch den Sekundärbruch zerstört, die Durchbrüche im Auflagerbereich (rechts) blieben jeweils unbeschädigt.

Die Folgebrüche im Bereich der oben erwähnten Verstärkungen dürften durch für Meßzwecke eingebrachte Bohrungen begünstigt worden sein; weiterhin könnten die in den Eckbereichen kurz vor Erreichen der Höchstlast ermittelten Verformungen den Bruchverlauf beeinflußt haben.

Bei beiden Trägern wurde ein Verhältnis von $\frac{\max \sigma_B}{\text{zul } \sigma_B}$ von rd. 2,6 ermittelt.

Abteilung I-Baustoffe, Referat I.4-Holz

Der Bearbeiter

Rohlfing

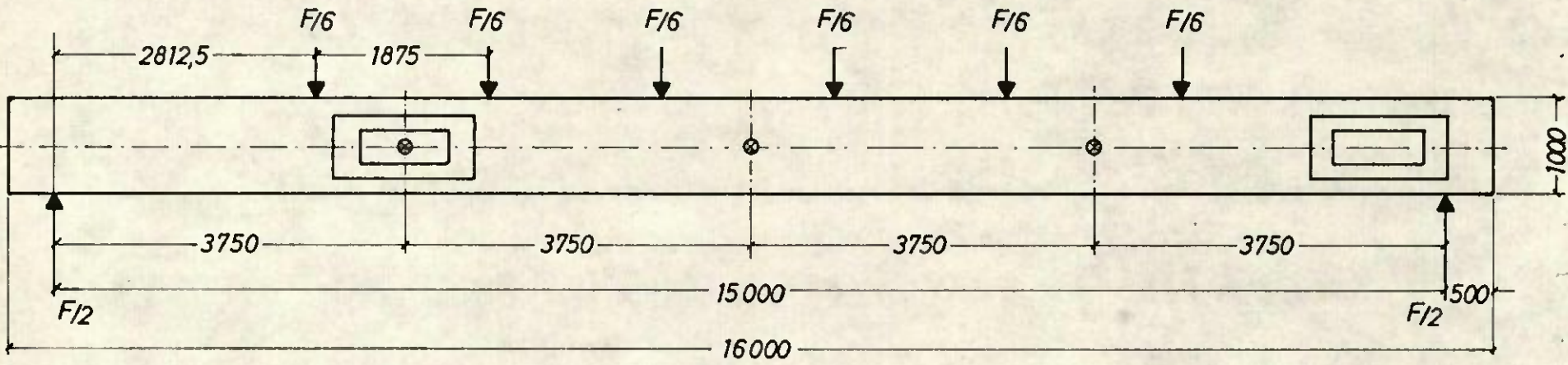
(Ing.grad. Rohlfing)



Der Referatsleiter

Kolb

(Akad.Direktor Kolb)



⊗ Meßstellen für Durchbiegung

Abb. 1 Abmessungen und schematische Lastanordnung der durchbrochenen Träger V und VI.



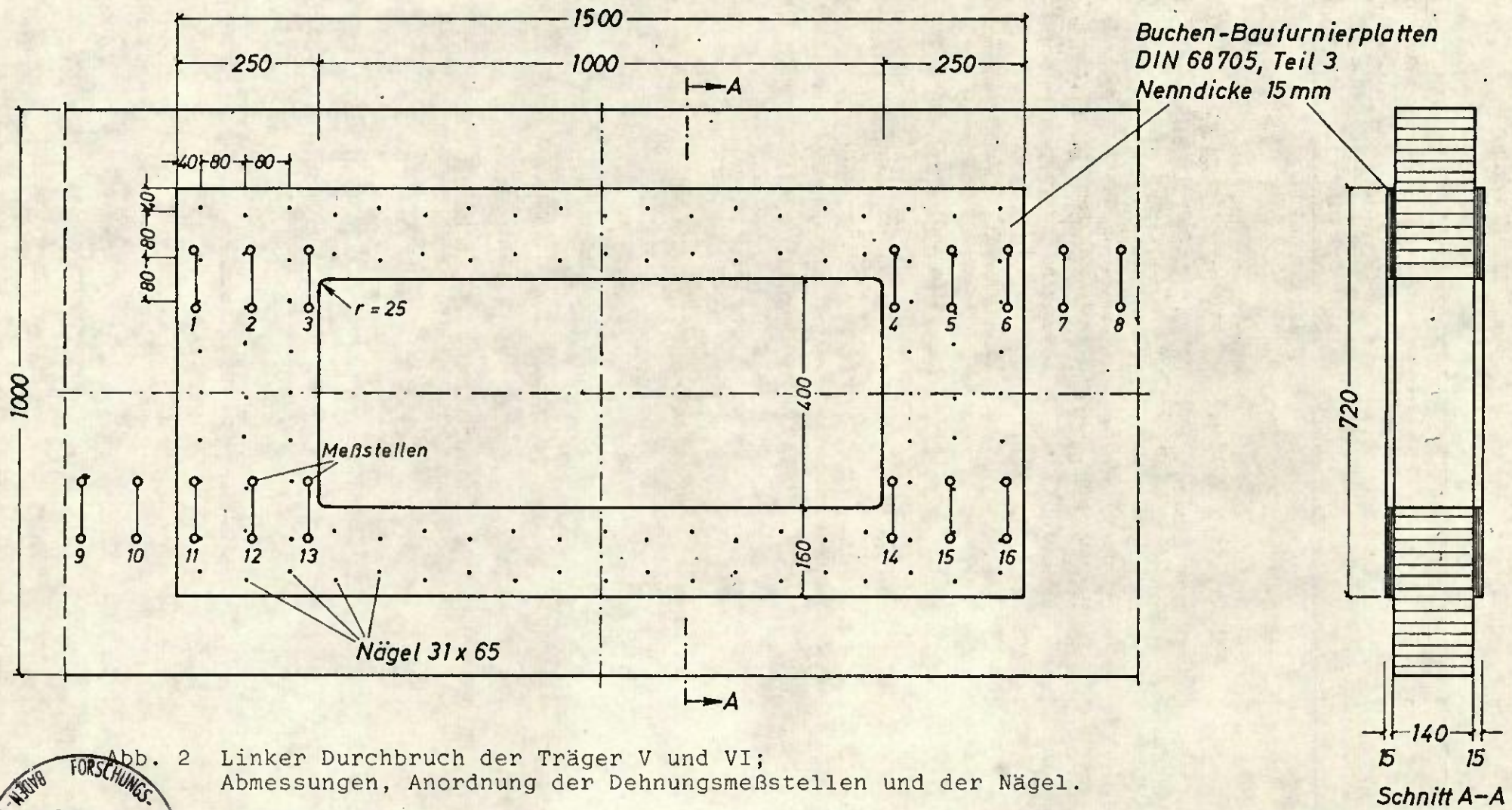


Abb. 2 Linker Durchbruch der Träger V und VI; Abmessungen, Anordnung der Dehnungsmeßstellen und der Nägel.



Dr. A. Gahr, W. A. H. K.

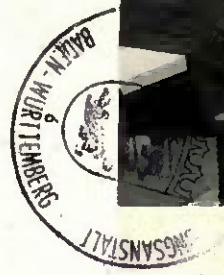


Abb. 4 Träger VI während des Versuchs in der Biegeprüfmaschine.

Zusammenstellung 1

Durchbiegungen der Träger V und VI bei den einzelnen Laststufen;
jeweils Mittelwerte aus 2 Einzelwerten

Prüflast F kN	Träger V			Träger VI		
	Durchbiegung in mm in		Längsmittle	Durchbiegung in mm in		Längsmittle
	Viertelpunkten links	rechts		Viertelpunkten links	rechts	
0	0	0	0	0	0	0
36	10,2	10,9	14,6	10,9	11,0	15,1
72	20,3	21,0	29,0	22,5	22,9	31,5
108	30,8	32,1	43,9	33,2	33,9	46,7
144	41,1	43,3	58,8	43,5	44,4	61,2
180	52,2	55,0	74,4	55,0	55,9	77,1
216	62,7	66,0	89,3	65,0	66,8	92,1
252	73,3	77,3	104,6	77,1	80,2	110,4
288	84,0	88,5	120,0	88,6	92,1	126,5



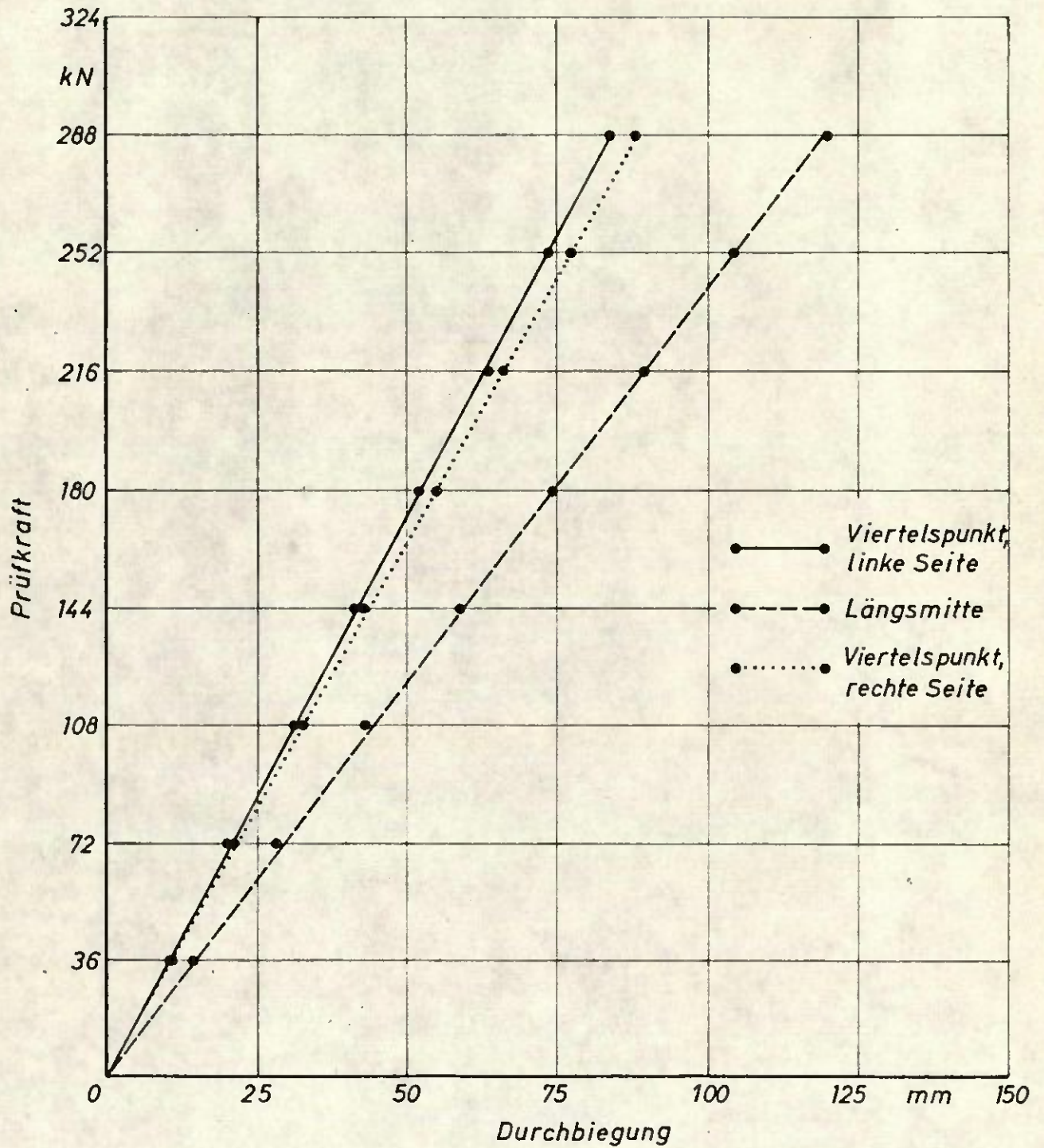


Abb. 5 Durchbiegungen in den Viertelspunkten sowie in der Längsmittle bei Träger V.



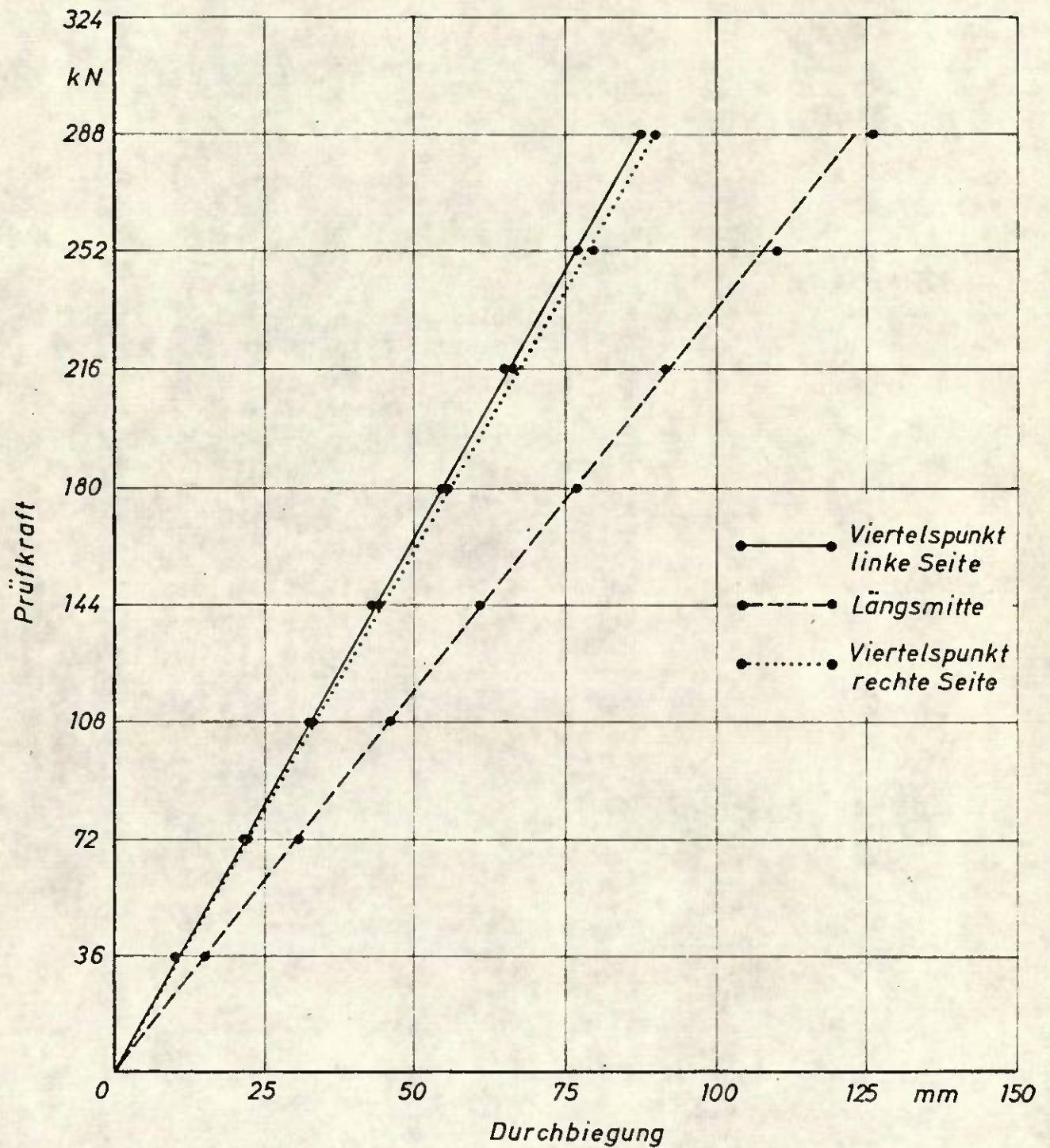


Abb. 6 Durchbiegungen in den Viertelpunkten sowie in der Längsmittle bei Träger VI.



Zusammenstellung 2

Träger V, Dehnungen bei den Meßstellen 1-16 in Abhängigkeit von der Prüflast im Bereich des linken Durchbruches; jeweils Mittelwert aus zwei Meßwerten

Prüflast F kN	Dehnung in % bei Meßstelle															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
36	-0,04	-0,08	-0,20	+0,20	±0,00	-0,04	-0,12	-0,16	-0,16	-0,08	-0,04	+0,04	+0,20	-0,36	-0,08	-0,04
72	-0,04	-0,12	-0,40	+0,40	+0,04	-0,12	-0,16	-0,24	-0,20	-0,16	-0,04	+0,04	+0,44	-0,68	-0,20	-0,04
108	-0,04	-0,16	-0,56	+0,80	+0,08	-0,12	-0,28	-0,36	-0,32	-0,20	-0,08	+0,08	+0,68	-1,04	-0,28	-0,04
144	±0,00	-0,16	-0,72	+1,12	+0,16	-0,20	-0,40	-0,52	-0,40	-0,32	-0,12	+0,12	+0,92	-1,40	-0,44	-0,08
180	±0,00	-0,20	-0,92	+1,56	+0,20	-0,24	-0,48	-0,64	-0,48	-0,32	-0,12	+0,20	+1,60	-1,76	-0,48	-0,12
216	-0,04	-0,28	-1,12	+1,92	+0,20	-0,32	-0,60	-0,72	-0,60	-0,40	-0,12	+0,28	+2,00	-2,12	-0,60	-0,12
252	-0,04	-0,28	-1,32	+2,40	+0,28	-0,36	-0,76	-0,96	-0,68	-0,40	-0,12	+0,40	+2,64	-2,56	-0,72	-0,12
288	-0,08	-0,40	-1,56	+3,00	+0,36	-0,40	-0,84	-1,08	-0,72	-0,44	-0,08	+0,56	+3,08	-3,00	-0,88	-0,04



Zusammenstellung 3

Träger V, Dehnungen bei den Meßstellen 17 - 32 in Abhängigkeit von der Prüflast im Bereich des rechten Durchbruches; jeweils Mittelwert aus zwei Meßwerten

Prüflast kN	Dehnung in % bei Meßstelle															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
0	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
36	+0,00	-0,04	-0,04	+0,08	+0,28	-0,36	-0,12	-0,04	+0,04	-0,08	-0,40	+0,20	+0,04	-0,20	-0,32	-0,40
72	-0,08	-0,12	-0,08	+0,12	+0,64	-0,68	-0,16	+0,04	+0,08	-0,16	-0,76	+0,56	-0,04	-0,28	-0,60	-0,96
108	-0,16	-0,16	-0,08	+0,16	+1,08	-1,04	-0,24	+0,08	+0,12	-0,24	-1,20	+0,84	-0,08	-0,48	-1,00	-1,48
144	-0,20	-0,28	-0,16	+0,24	+1,64	-1,60	-0,28	+0,24	+0,16	-0,32	-1,68	+1,40	+0,04	-0,64	-1,44	-2,16
180	-0,28	-0,36	-0,20	+0,32	+2,40	-2,08	-0,16	+1,12	+0,16	-0,44	-2,20	+2,04	+0,12	-0,84	-1,96	-2,92
216	-0,36	-0,40	-0,20	+0,48	+3,12	-2,68	-0,16	+1,48	+0,20	-0,56	-2,64	+2,56	+0,12	-1,04	-2,36	-3,56
252	-0,40	-0,44	-0,20	+0,64	+3,92	-3,20	-0,20	+1,92	+0,28	-0,60	-3,16	+3,12	+0,20	-1,20	-2,84	-4,24
288	-0,36	-0,52	-0,20	+0,88	+4,64	-3,80	-0,24	+2,24	+0,28	-0,76	-3,72	+3,84	+0,24	-1,44	-3,36	-4,48



Zusammenstellung 4

Träger VI, Dehnungen bei den Meßstellen 1 - 16 in Abhängigkeit von der Prüflast im Bereich des linken Durchbruches; jeweils Mittelwert aus zwei Meßwerten

Prüf- last F kN	Dehnung in % bei Meßstelle															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00
36	-0,08	-0,04	-0,16	+0,24	+0,04	-0,20	-0,16	-0,20	-0,12	-0,20	-0,04	+0,04	+0,12	-0,16	-0,12	-0,12
72	+0,04	-0,04	-0,36	+0,48	+0,04	-0,24	-0,32	-0,36	-0,20	-0,28	-0,20	+0,08	+0,24	-0,36	-0,24	+0,04
108	-0,04	-0,12	-0,56	+0,64	+0,04	-0,32	-0,40	-0,44	-0,24	-0,28	-0,16	+0,16	+0,48	-0,52	-0,32	-0,04
144	-0,04	-0,12	-0,76	+0,92	+0,04	-0,40	-0,56	-0,60	-0,36	-0,40	-0,16	+0,20	+0,76	-0,64	-0,36	-0,04
180	-0,04	-0,08	-0,96	+1,20	+0,08	-0,40	-0,64	-0,68	-0,44	-0,40	-0,16	+0,20	+1,00	-0,84	-0,44	-0,04
216	±0,00	-0,16	-1,16	+1,52	+0,12	-0,48	-0,84	-0,88	-0,56	-0,52	-0,20	+0,28	+1,32	-1,04	-0,56	-0,08
252	+0,04	-0,16	-1,36	+1,84	+0,12	-0,64	-1,08	-1,16	-0,64	-0,64	-0,20	+0,32	+1,56	-1,28	-0,68	-0,08
288	-0,04	-0,20	-1,64	+2,20	+0,16	-0,76	-1,20	-1,24	-0,76	-0,76	-0,24	+0,28	+1,88	-1,48	-0,84	-0,12



Zusammenstellung 5

Träger VI, Dehnungen bei den Meßstellen 17 - 32 in Abhängigkeit von der Prüflast im Bereich des rechten Durchbruches; jeweils Mittelwert aus zwei Meßwerten

Prüflast F kN	Dehnung in % bei Meßstelle															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
0	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
36	-0,12	+0,00	-0,08	+0,12	+0,32	-0,32	+0,04	+0,12	+0,20	+0,12	-0,24	+0,36	+0,24	+0,12	-0,16	-0,24
72	-0,16	-0,08	-0,16	+0,16	+0,68	-0,72	-0,12	+0,04	+0,20	-0,04	-0,60	+0,52	+0,16	-0,16	-0,48	-0,68
108	-0,24	-0,20	-0,20	+0,20	+0,96	-1,04	-0,20	+0,08	+0,20	-0,08	-1,08	+0,64	+0,12	-0,32	-0,76	-0,96
144	-0,36	-0,24	-0,24	+0,32	+1,64	-1,40	-0,32	+0,08	+0,28	-0,16	-1,56	+0,84	+0,12	-0,48	-1,08	-1,36
180	-0,52	-0,36	-0,28	+0,44	+2,20	-1,80	-0,40	+0,08	+0,20	-0,24	-2,00	+1,12	-0,04	-0,68	-1,36	-1,76
216	-0,56	-0,44	-0,36	+0,52	+2,76	-2,20	-0,52	+0,08	+0,36	-0,28	-2,40	+1,44	-0,04	-0,88	-1,64	-2,16
252	-0,64	-0,52	-0,40	+0,60	+3,52	-2,68	-0,64	+0,08	+0,40	-0,36	-2,96	+2,00	-0,04	-1,00	-1,96	-2,64
288	-0,72	-0,56	-0,44	+0,76	+4,08	-3,16	-0,56	+0,32	+0,40	-0,48	-3,48	+2,56	+0,08	-1,16	-2,68	-3,20



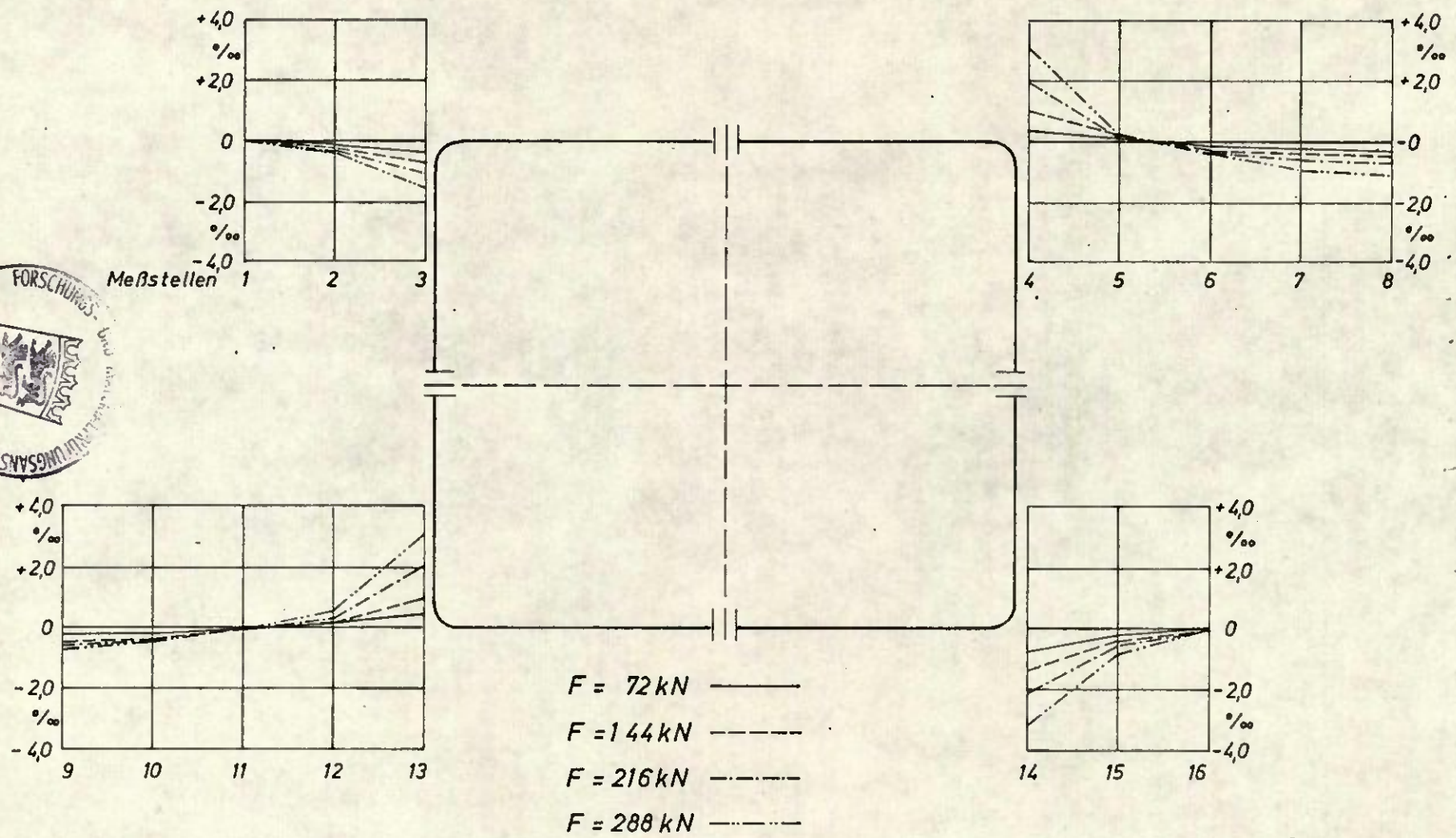


Abb. 7 Träger V; Verlauf der Dehnungen quer zur Faserrichtung an den Meßstellen 1 bis 16 im Bereich des linken Durchbruches bei den einzelnen Laststufen.

89
AA Gahr Wirt-
2. 20. 80

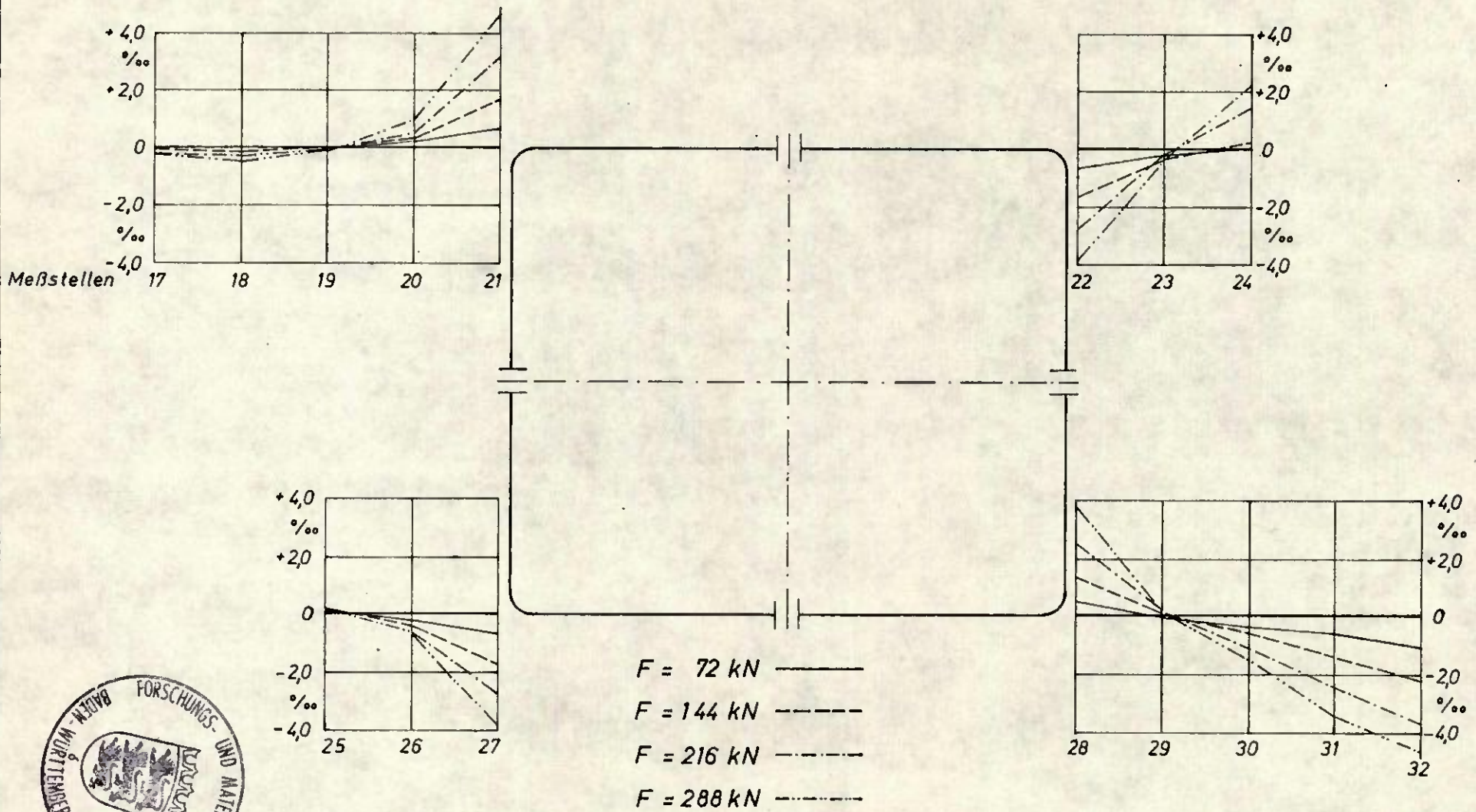


Abb. 8 Träger V; Verlauf der Dehnungen quer zur Faserrichtung an den Meßstellen 17 bis 32 im Bereich des rechten Durchbruches bei den einzelnen Laststufen.



2.20.80

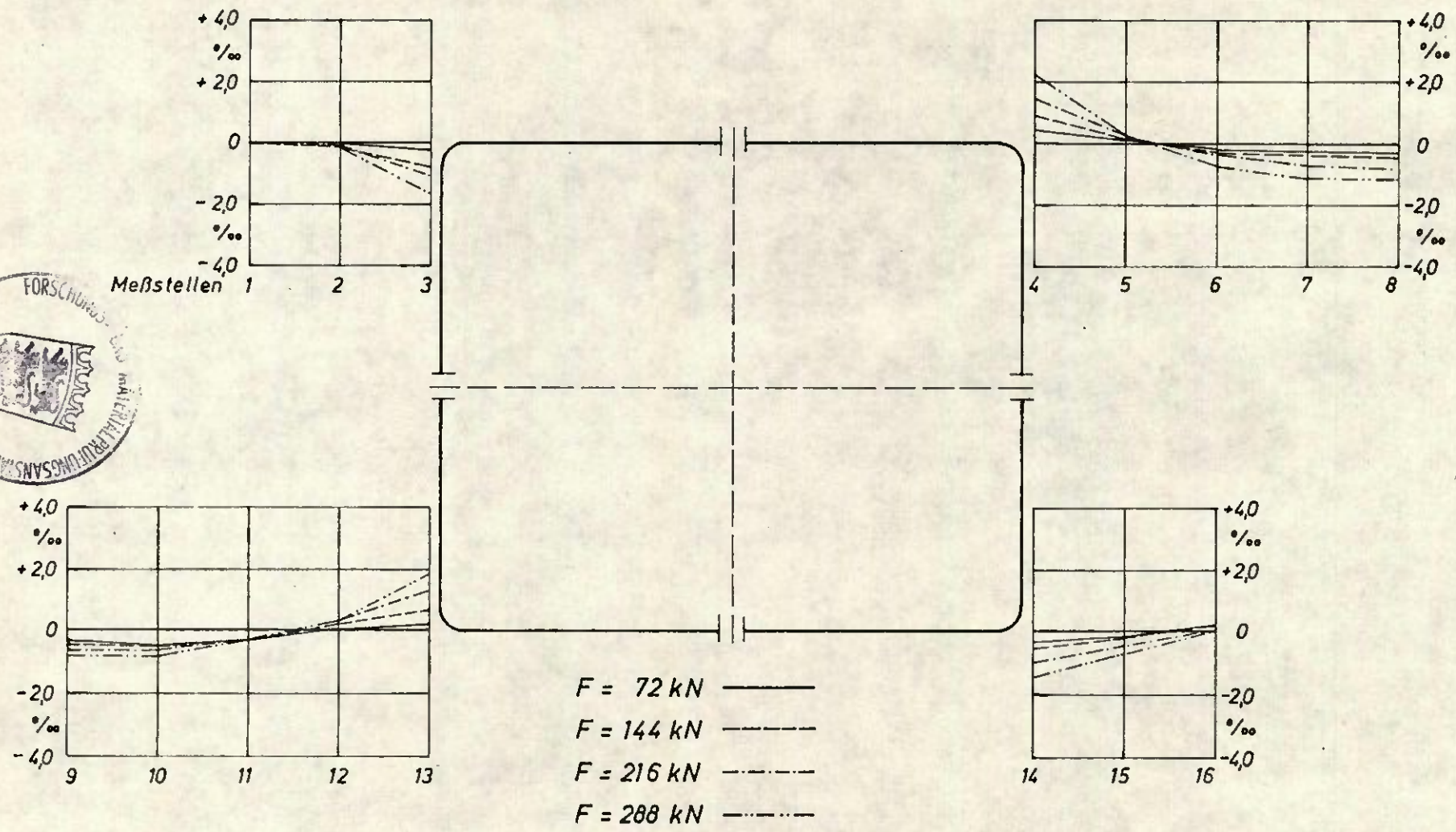


Abb. 9 Träger VI; Verlauf der Dehnungen quer zur Faserrichtung an den Meßstellen 1 bis 16 im Bereich des linken Durchbruches bei den einzelnen Laststufen.

Dr. G. W. Wichmann
2.8.80

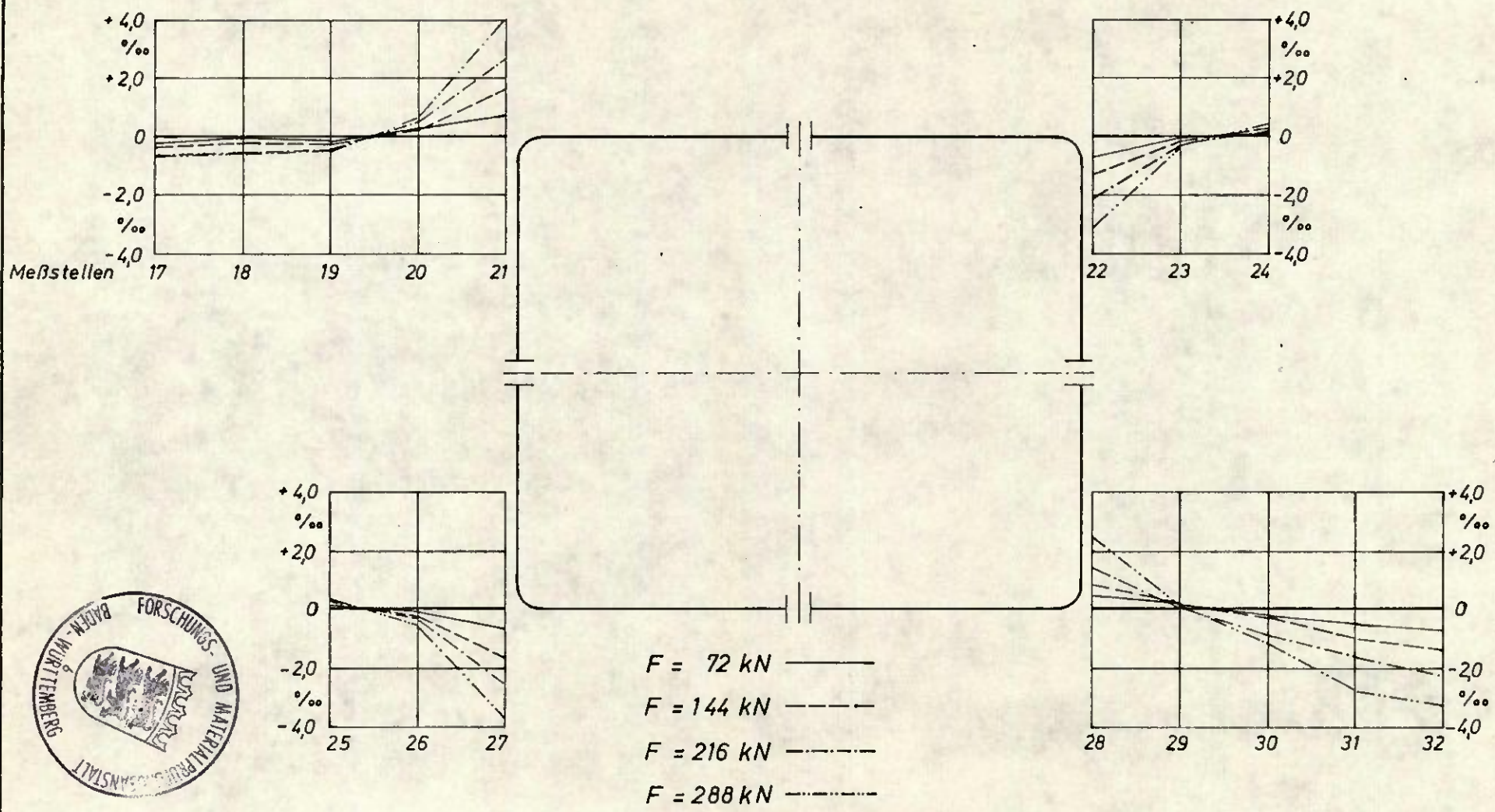


Abb. 10 Träger VI; Verlauf der Dehnungen quer zur Faserrichtung an den Meßstellen 17 bis 32 im Bereich des rechten Durchbruches bei den einzelnen Laststufen.

28.11.



Abb. 11 Träger V nach dem Versuch in der Biegeprüfmaschine.
Erreichte Höchstlast $\max F = 359 \text{ kN}$.

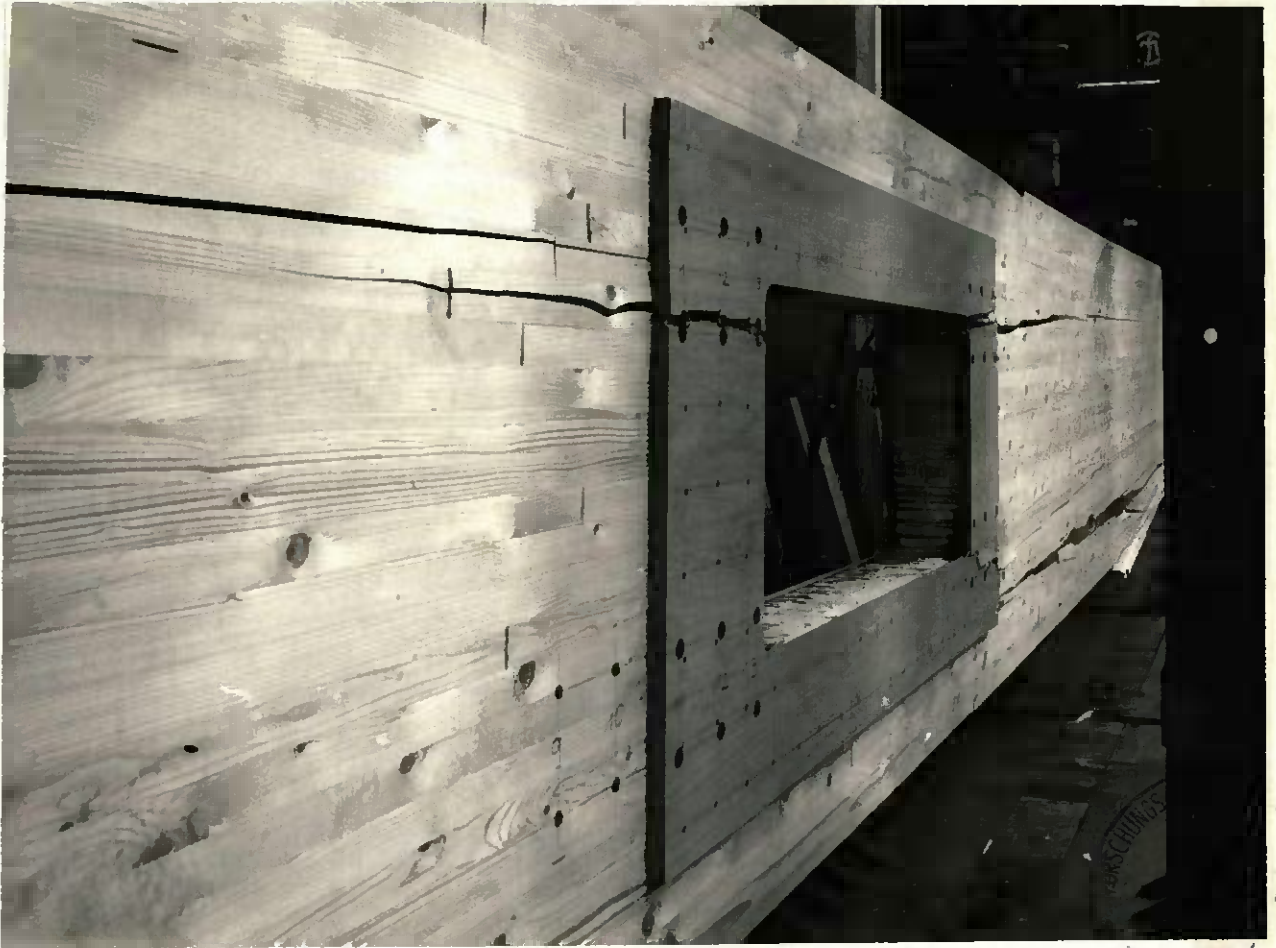


Abb. 12 Linker Durchbruch im Viertelpunkt von Träger V;
Bruchverlauf im Bereich der Verstärkung (Sekundärbruch).



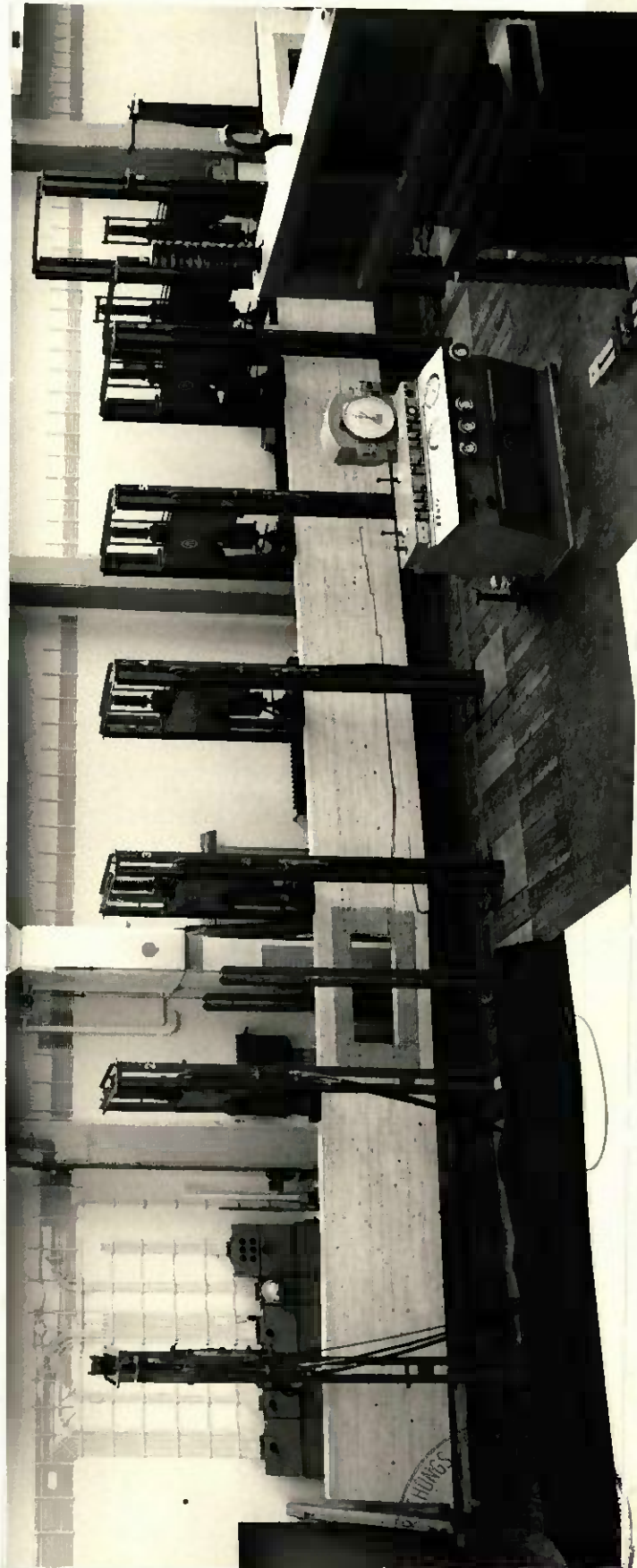


Abb. 13 Träger VI nach dem Versuch in der Biegeprüfmaschine.
Erreichte Höchstlast max $F = 360 \text{ kN}$.



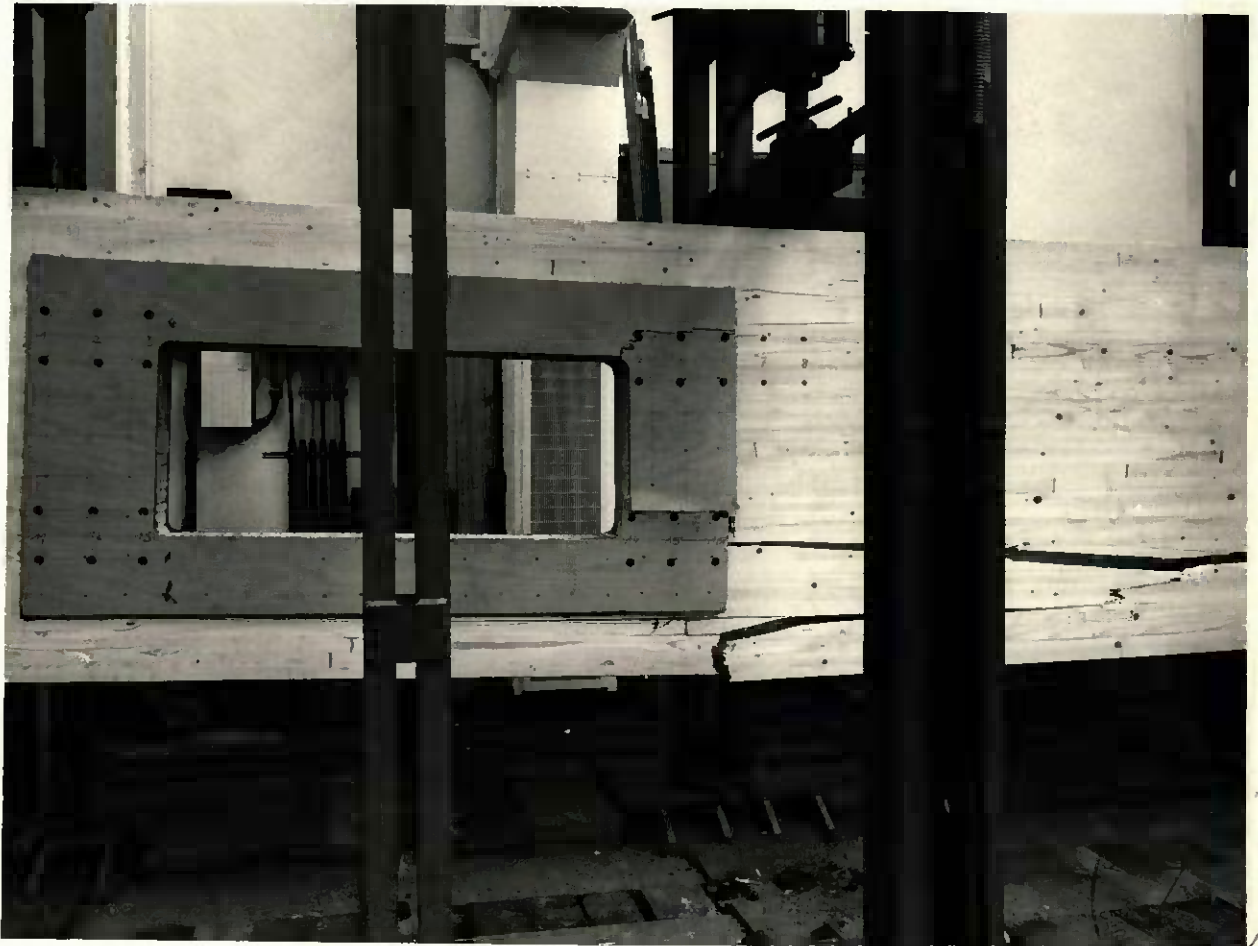


Abb. 14 Linker Durchbruch im Viertelpunkt von Träger VI;
Bruchverlauf im Bereich der Verstärkung.



Zusammenstellung 7

Ergebnisse der Scherversuche (Grenz- und Mittelwerte)
Furnierplatte/Brettschichtholz

Träger	Scherfestigkeit max τ in N/mm ² Durchbruch		Holzfaserbelag in % Durchbruch	
	links	rechts	links	rechts
V	8,76.. <u>9,43</u> .. 10,71	7,33.. <u>8,70</u> .. 10,84	60.. <u>81</u> .. 95	80.. <u>94</u> .. 100
VI	8,76.. <u>9,62</u> .. 10,40	8,62.. <u>9,77</u> .. 10,62	55.. <u>87</u> .. 100	80.. <u>91</u> .. 100

