

Ermittlung des Dauerstandsverhaltens  
von Verbundträgern aus Vollholz und  
Holzwerkstoffen

**T 1434**

T 1434

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

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

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

T 1434: Ermittlung des Dauerstandsverhaltens von Verbundträgern  
aus Vollholz und Holzwerkstoffen

Bericht zum Forschungsvorhaben

"Ermittlung des Dauerstandsverhaltens  
von Verbundträgern aus Vollholz und  
Holzwerkstoffen"

Prof. Dipl.-Ing. Claus Scheer

Dipl.-Ing. Reinhard Kolberg

Berlin, November 1984

Vorwort

Die vorliegende Untersuchung wurde von den Verfassern im Auftrage der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau durchgeführt und vom Institut für Bautechnik, Berlin gefördert. Der Versuchsstand befand sich auf dem Gelände des Hermann-Föttinger-Instituts der Technischen Universität Berlin. Die Versuchsträger wurden von der Fa. Lübbert Holzleimbau, Mainz zur Verfügung gestellt. Für die Planung und den Aufbau des Versuchstandes danken wir Herrn Dipl.-Ing. Andresen.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Einleitung	1
2. Auswertung der Forschungsarbeit "Entwicklung von Verbundquerschnitten aus Vollholz und Holzwerkstoffen" im Hinblick auf die Dauerstandsversuche	2
3. Vorversuche	4
4. Ermittlung des Trägeraufbaus	6
5. Dauerstandsversuch	8
5.1 Versuchsstand und Belastung	8
5.2 Messungen	10
5.3 Versuchsergebnisse und Diskussion	12
6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	16
7. Literatur	17

## 1. Einleitung

Durch den Holzleimbau hat der konstruktive Holzbau einen nicht geahnten Aufschwung erfahren. Brettschichtträger werden in bewährten, im Laufe der Zeit verfeinerten Fabrikationsmethoden schon jahrzehntelang hergestellt. Erst in letzter Zeit sind Bestrebungen im Gange, neue Querschnittsformen aus Vollholz und Holzwerkstoffen zu entwickeln, um den äußerst wertvollen Rohstoff Holz sparsamer einsetzen und weiterhin preisgünstig konstruieren zu können.

In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen des Anfang 1981 abgeschlossenen Forschungsvorhabens "Entwicklung von Verbundquerschnitten aus Vollholz und Holzwerkstoffen" ein Trägerquerschnitt entwickelt, bei dem der Steg aus Flachpreßplatten bestand, die mit Gurten aus Brettschichtholz stumpf verleimt waren. Durch Großversuche und Vergleichsrechnungen mit dem Finite-Elemente-Programm TOPAS, welche die Versuchsergebnisse voll bestätigten, konnte die Brauchbarkeit des Trägers nachgewiesen werden. Die Ergebnisse zeigten, daß der entwickelte Querschnitt eine gute Alternative zum reinen Brettschichtträger darstellte.

Im vorliegenden Forschungsvorhaben "Ermittlung des Dauerstandsverhaltens von Verbundträgern aus Vollholz und Holzwerkstoffen", das als Ergänzung bzw. Fortführung zum o. g. Forschungsvorhaben anzusehen ist, wurden zunächst weitere Kurzzeit-Großversuche durchgeführt, um umfangreichere Aussagen über Grenzen bzw. Richtwerte für eine günstige Anordnung der Stegstöße zu erhalten. Mit Hilfe dieser Ergebnisse wurden zwei Trägeraufbauten für die darauffolgenden Dauerstandsversuche festgelegt, deren Ziel es war, Aussagen über das Verformungsverhalten von Verbundträgern mit dem entwickelten Querschnittsaufbau unter Klimabeanspruchung zu erhalten. Die Dauer der Untersuchung betrug 24 Monate.

Der Versuchsstand bleibt erhalten und die Verformungen werden weiterhin festgehalten.

Sollte der Versuchsstand zu einem bisher noch unbestimmten Zeitpunkt abgebaut werden, wäre zu empfehlen, die Träger einer Tragfähigkeitsuntersuchung zu unterziehen.

2. Auswertung der Forschungsarbeit "Entwicklung von Verbundquerschnitten aus Vollholz und Holzwerkstoffen" (1981) im Hinblick auf die Dauerstandsversuche

Für die o.g. Forschungsarbeit wurden zwei Träger untersucht. Beide hatten den gleichen Querschnittsaufbau:  $h/b = 56/8$  cm (8/8 cm Brettschichtholzgurte); sie unterschieden sich durch die Anordnung und Ausführung der Flachpreßplattenstöße. Während beim Träger 1 die in der Mitte angeordnete vertikale Flachpreßplatten-Stoßfuge verleimt war, befanden sich beim Träger 2 stumpf gestoßene unverleimte Fugen in den Sechstelpunkten. Die Träger hatten aufgrund dieser unterschiedlichen Stegausführung stark voneinander abweichende Bruchverhalten und Tragfähigkeiten. Das Versagen des Trägers 1 erfolgte durch Biegezugbruch. Der Bruch erfolgte im Bereich der Lasteinleitung, also in einem Bereich, wo sich maximale Biegebeanspruchung mit maximaler Schubbeanspruchung überlagerten. Das Versagen erfolgte bei einer Belastung mit zwei Einzellasten von etwa 40 KN. Bei einer Tragfähigkeit nach DIN 1052 von 9,5 KN ergab sich daraus eine Sicherheit von 4,2 gegenüber der Bruchlast.

Träger 2 mit den unverleimten stumpf gestoßenen Stegfugen in den Sechstelpunkten ging infolge Überschreitens der aufnehmbaren Querkzugsspannungen in den Gurten am Übergang von Spanplattensteg zum Brettschichtgurt im Bereich der dem Auflager nächsten Fuge zu Bruch. Erhöhte Spannungen in Querrichtung, hervorgerufen durch den unterbrochenen Steg, konnten vom Spanplattenmaterial zwar aufgenommen werden, zerstörten aber das nur sehr gering querkzugsfeste Brettschichtholz. Diese Spannungsverhältnisse wurden auch durch Gegenrechnung mit dem Finite-Elemente-Programm TOPAS bestätigt. Die Bruchlast des Trägers 2 betrug 22 KN; im Verhältnis zur zulässigen Last entsprach dies einer Sicherheit von 2,3.

Da sich die Träger 1 und 2 hinsichtlich der Spanplattenanordnung sehr stark voneinander unterschieden, blieb zu klären, ob andere Stegausführungen, wie z.B.: Fuge im Bereich geringer



Querkraft, aber nicht verleimt oder: Fugen weiter vom Auflagerbereich entfernt angeordnet, neue Erkenntnisse für eine technisch leicht ausführbare, aber auch hinsichtlich der Tragfähigkeit günstige Lösung bringen könnten.


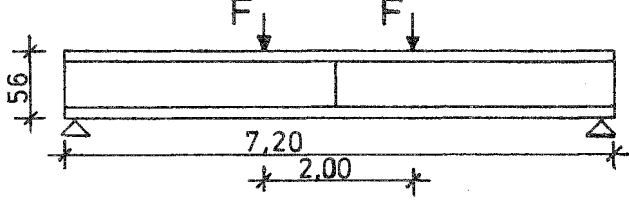
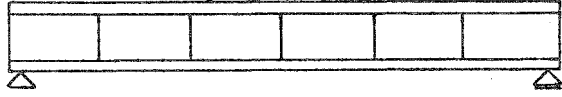
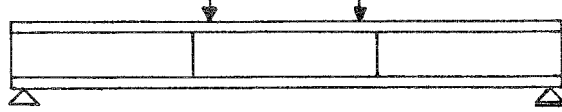
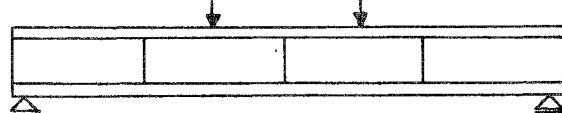
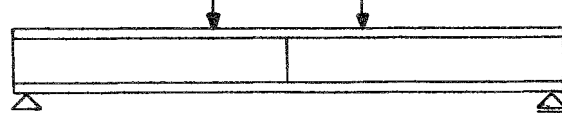
### 3. Vorversuche

Drei weitere Großversuche wurden als Vorversuche durchgeführt, die hinsichtlich Versuchsaufbau und Durchführung den Versuchen zu den Trägern 1 und 2 entsprachen.

Bei gleichem Querschnitt wurde nur die Anordnung der Spanplatten im Steg variiert. Beim Träger 3 befanden sich die unverleimten Plattenstöße in den Drittelpunkten und beim Träger 4 in den Viertelpunkten. Träger 5 hatte den gleichen Aufbau wie Träger 1, allerdings mit unverleimtem Stegstoß. Eine Übersicht über die Bruchlasten, die Sicherheiten gegenüber der rechnerischen Tragfähigkeit nach DIN 1052 und die Bruchursachen für alle fünf Träger zeigt Tabelle 1 (Seite 5).

Die Träger 2, 3 und 4 zeigen trotz unterschiedlicher Fugenanordnung das gleiche Bruchverhalten bei annähernd gleicher Bruchlast. Von Bedeutung ist hier ausschließlich, daß sich ein Spanplattenstoß im querkraftbeanspruchten Bereich befand. Träger 5 verhielt sich wie Träger 1, wobei es bedeutungslos war, ob die Fuge verleimt war oder nicht, da sie in einem nicht durch Querkraft beanspruchten Bereich lag. Das hier maximale Moment konnte durch die Gurte aufgenommen werden, so daß sich für diese Ausführung eine relativ hohe Tragkraft (wie beim Träger 1) ergab.

Tab.1: Übersicht über die in Kurzzeitversuchen geprüften Verbundträger

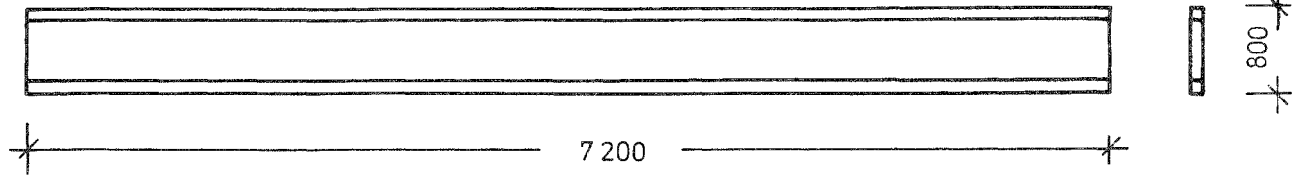
Träger Nr.	Trägerquer-schnitt	Ansicht der Träger und Lastbild	Bruchlast F je Last-stelle [kN]	Sicherheit gegen-über der rechn. Tragfähigkeit nach DIN 1052	Bruchursache
1			40	4,2	Biegezug
2			22	2,3	Querzug im Bereich der dem Auflager nächsten ver-tikalen Fuge
3			20	2,1	im Flachpreß-plattensteg
4			20	2,1	
5			48	5,0	Biegezug

#### 4. Ermittlung des Trägeraufbaus

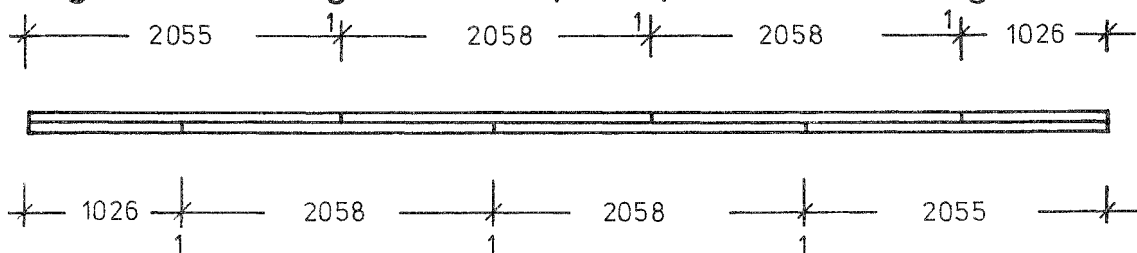
Aus den vorliegenden Versuchen kann der Schluß gezogen werden, daß der günstigste Trägeraufbau der ist, bei dem Stegstöße nur in nicht oder nur gering querkraftbeanspruchten Bereichen liegen. Dies läßt sich aber schon bei durch Gleichlast beanspruchten Trägern kaum und bei unsymmetrischer Last oder wechselnder Last gar nicht verwirklichen. Infolge der begrenzten Spanplattenlängen sind bei größeren Stützweiten auch immer mehrere Stöße notwendig. Daher wurde in Zusammenarbeit mit der begleitenden Arbeitsgruppe ein Trägeraufbau mit um halbe Spanplattenlänge gegeneinander versetzten Stegstößen für die Dauerstandsversuche festgelegt, obwohl ein Träger dieser Art fertigungstechnisch etwas aufwendiger ist. Es sollten zwei Träger untersucht werden, wobei bei einem (Träger A) die Spanplatten untereinander (nicht die Spanplattenstöße) verleimt werden sollten. Außerdem wurde ein größerer Querschnitt 8/80 cm (8/8 cm Brett-schichtholzgurte) festgelegt. Die Stege bestanden aus zwei 38 mm dicken Flachpreßplatten V 100 nach DIN 68763. Der genaue Querschnittsaufbau und die Fugenanordnung der Flachpreßplatten können Abb. 1 (Seite 7 ) entnommen werden.

**Abb. 1:**  
**VERSUCHSTRÄGER**

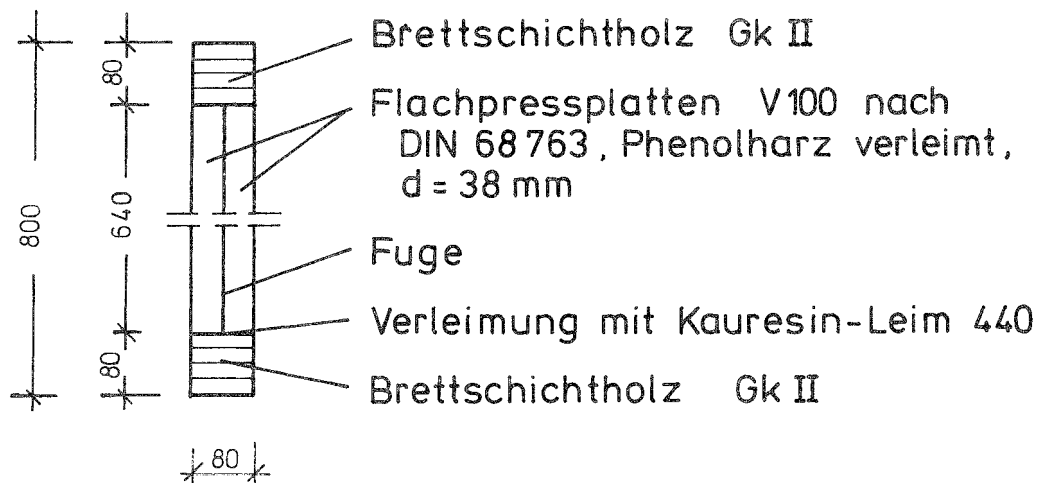
Ansicht M. 1:50



Fugenanordnung der Flachpressplatten (Stossfugen)



Querschnitt M. 1:10



Träger A : Verleimung der Fuge zwischen den Flachpressplatten mit Kauresin-Leim 440.

Träger B : Keine Verleimung der Fuge zwischen den Flachpressplatten.

## 5. Dauerstandsversuch

### 5.1 Versuchsstand und Belastung

Zur Versuchsdurchführung wurde ein Versuchsstand im Freien errichtet. Der Versuchsstand war eine Stahlkonstruktion, deren Auflagerteile und die jeweils drei Kippaussteifungen in den Viertelpunkten auf Betonfundamenten gegründet waren (Bilder 1 und 2).

Die Binderstützweite betrug 7 m. Die Belastung erfolgte durch zwei Einzellasten pro Binder, die in jeweils 1 m Entfernung von der Trägermitte wirkten. In Zusammenarbeit mit der begleitenden Arbeitsgruppe wurde als Größe der Last die 1,5 - fache zulässige Last nach DIN 1052 festgelegt; dies entsprach zwei Einzellasten pro Träger von je 29,07 KN. Für die Aufbringung dieser Lasten wurden mit Stahlteilen gefüllte Container über Stahlseile und Gewindestangen aufgehängt (Bild 3). Zur Aufnahme der Meßuhren waren oberhalb der Verbundträger Stahlträger von Auflager zu Auflager angeordnet, so daß eventuelle Setzungen der Auflager kompensiert wurden. Der gesamte Versuchsstand war durch eine Holzkonstruktion mit Bitumenwellplatten überdacht, um eine direkte Bewitterung zu vermeiden (die auf den Bildern offene vordere Seite des Versuchsstandes wurde später geschlossen).

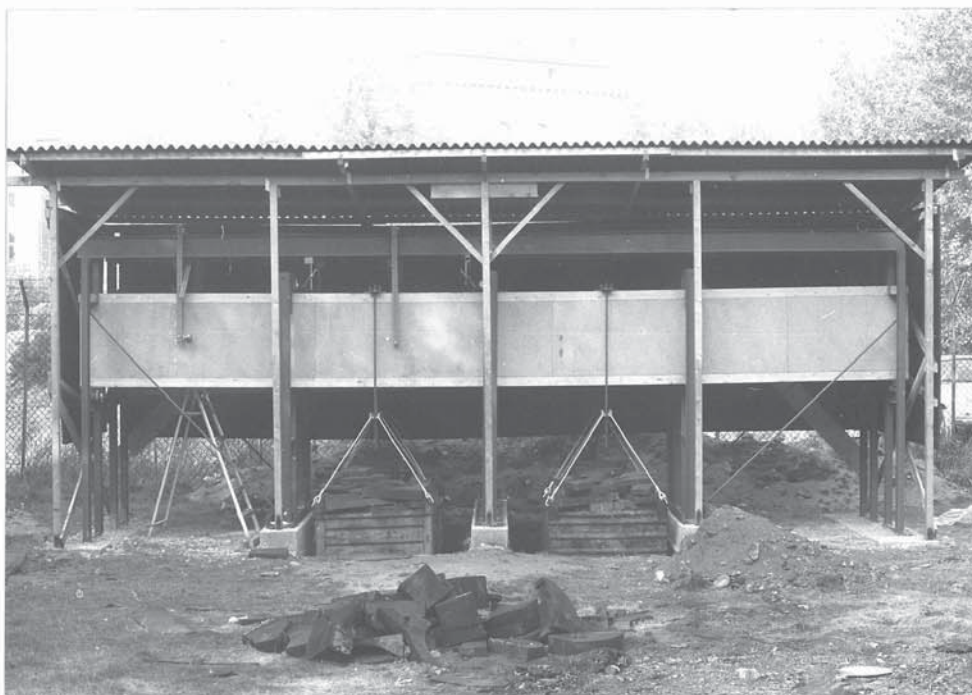


Bild 1  
Gesamtansicht  
des Versuchs-  
standes





Bild 2  
Auflagerkonstruk-  
tion



Bild 3  
Belastung und Kipp-  
aussteifungen

## 5.2 Messungen

Die Vertikalverformungen der Versuchsträger wurden mit mechanischen Meßuhren in Trägermitte und im Viertelpunkt aufgenommen (Bild 4). Außerdem wurden die horizontalen Verformungen der Stege (senkrecht zur Binderebene) gemessen (Bild 5). Temperatur und Luftfeuchte wurden von einem Thermohydrographen aufgezeichnet.

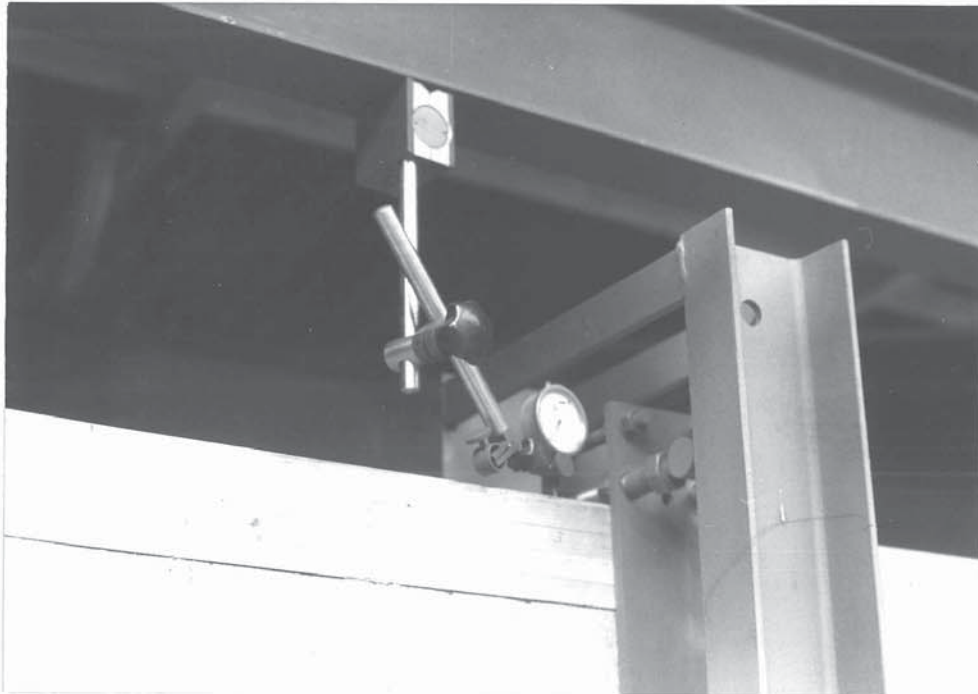


Bild 4  
Meßuhr zur  
Aufnahme der  
Vertikalver-  
formung



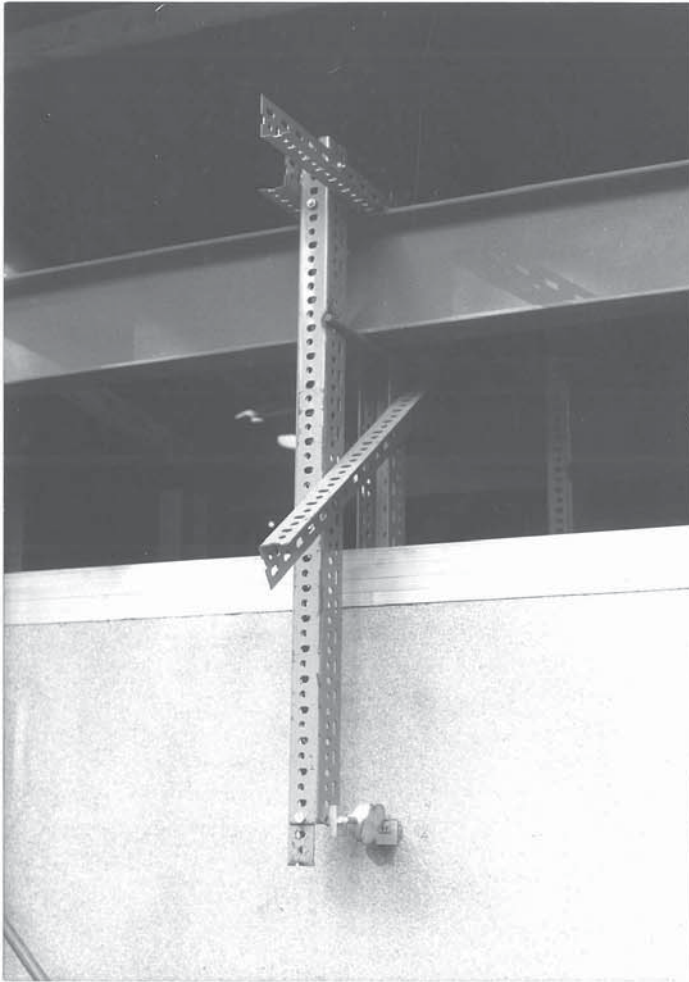


Bild 5

Meßuhr zur Aufnahme  
der Horizontalver-  
schiebung der Steg-  
platten

3

### 5.3 Versuchsergebnisse und Diskussion

Beim Aufbringen der Last, das sich über mehrere Stunden erstreckte, zeigten beide Träger ein lineares Last-Verformungsverhalten. Die Durchbiegung in Trägermitte betrug nach aufgebrachtener Last bei Träger A 19,45 mm ( $= l/360$ ) und bei Träger B 19,46 mm ( $= l/360$ ); die rechnerische Durchbiegung nach DIN 1052 beträgt 20,2 mm ( $= l/346$ ). In den Diagrammen 1 und 2 (Seite 14 und 15) sind die Absolutverformungen beider Träger in Trägermitte und in  $l/4$  in Zusammenhang mit den Tagesmittelwerten der Temperatur und der Luftfeuchte über den Versuchszeitraum von zwei Jahren dargestellt. Betrachtet man die Verformungskurven, so kann man feststellen, daß nach relativ kontinuierlicher Steigerung im ersten Jahr jeweils mit Abnahme der Temperatur und Steigerung der relativen Luftfeuchte, also mit Herbstbeginn eine Verformungszunahme ausbleibt bzw. sich die Verformungen sogar zurückbilden. Mit trockener und wärmer werdendem Wetter im Frühjahr steigen sie dann wieder an. Dies gilt für beide Träger gleichermaßen. Ähnliche Beobachtungen, d.h. starke Zunahme der Verformungen während der Trockenperiode und Abnahme der Verformungen bei der anschließenden Befeuchtung haben erstmals Armstrong und Kingston sowie Christensen 1962 bei Versuchen mit Vollholz (faserparallele Belastung) gemacht [1]. Dieses Kriechphänomen wurde durch weitere Forschungsarbeiten in der Folgezeit bestätigt. Der Einfluß von Wechselklima kann aber als nicht einheitlich angesehen werden, da z.B. Gressel [1] gelegentlich Verformungsabnahmen auch während der Trockenperiode festgestellt hat.

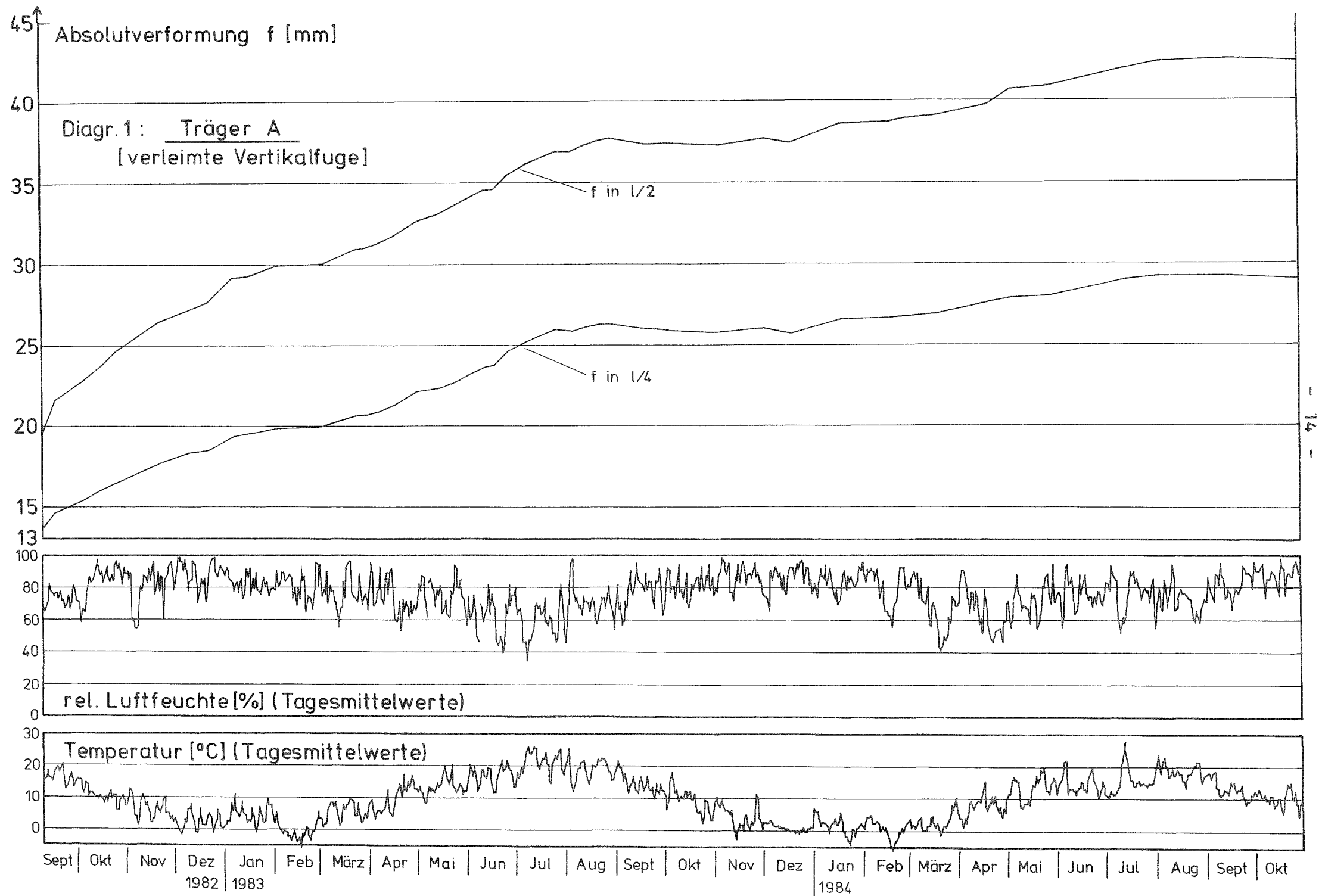
Da die Verbundträger aus Brettschichtholz und Spanplatten bestehen, haben beide Materialien Einfluß auf das Verformungs- bzw. Kriechverhalten. Eine genaue Trennung ist hier nicht möglich. Für das Spanplattenmaterial kann generell gesagt werden, daß das Kriechen mit steigender Feuchte zunimmt [1, 2, 3]. Aufgrund dieser Tatsache und der vorhandenen Verformungskurven

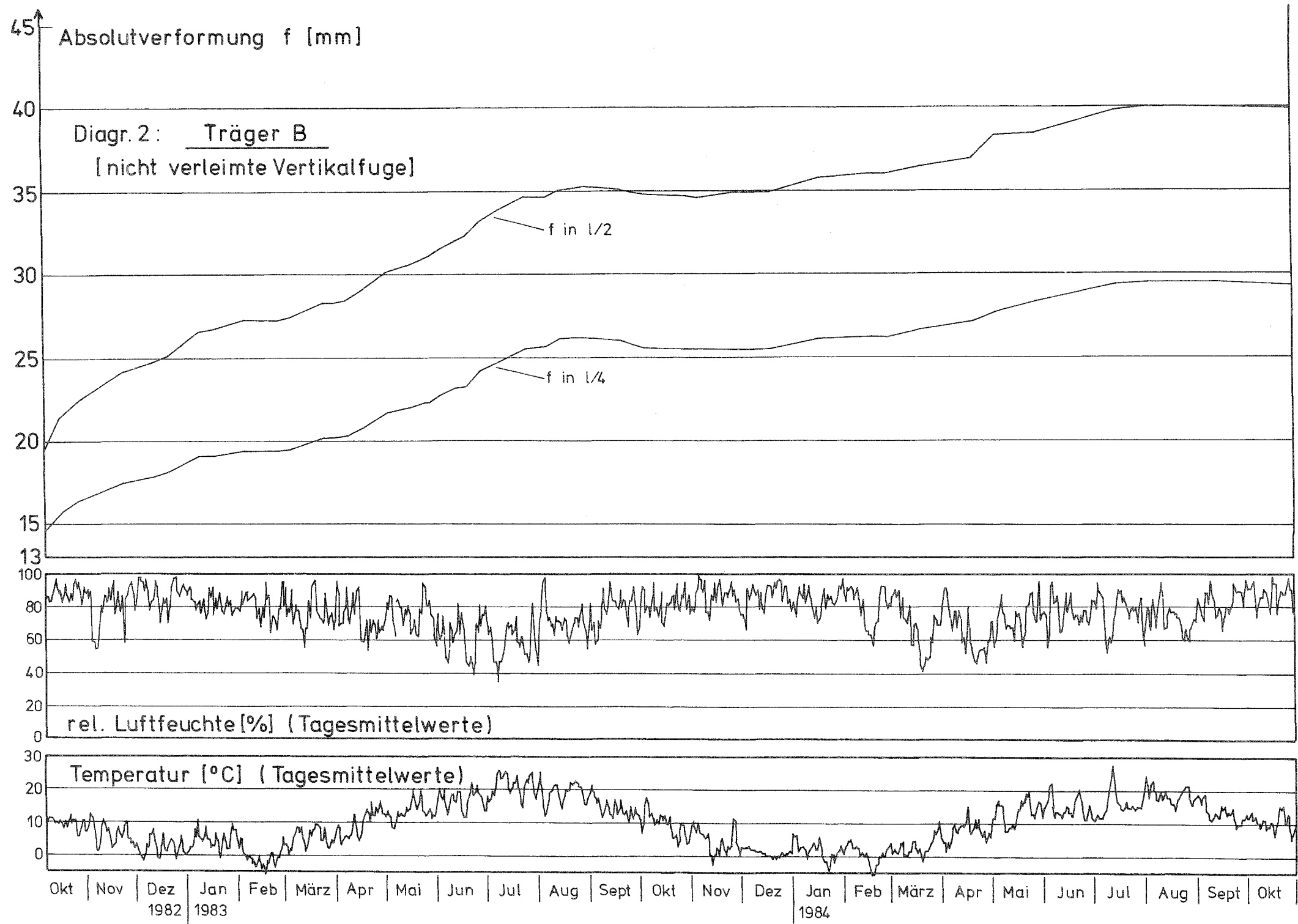
kann deshalb angenommen werden, daß das Kriechverhalten überwiegend durch die Brettschichtholzgurte bestimmt wird. Bestätigt wird diese Annahme durch Dauerbelastungsversuche mit Verbundträgern, die Cizek [4] durchführte und dabei feststellte, daß Träger mit Stegen aus Spanplatten ungefähr dasselbe Kriechen aufwiesen wie Holzträger.

Die Absolutwerte der Verformung in Trägermitte betragen nach zwei Jahren 42,4 mm bzw. 39,8 mm, wobei eine weitere geringe Steigerung in den folgenden Jahren wahrscheinlich ist. In diesen Werten sind allerdings starke Eindrückungen der Brettschichtholzuntergurte im Auflagerbereich enthalten. Obwohl die Auflagerpressung  $\sigma_{DL} = 1,8 \text{ MN/m}^2 < 2,0 \text{ MN/m}^2 = \text{zul } \sigma_{DL}$  war, zeigten sich Eindrückungen von im Mittel 10,0 mm beim Träger A und 6,6 mm beim Träger B; dies entspricht Verformungsmoduln von  $V_{DL} = 14,4 \text{ MN/m}^2$  bzw.  $V_{DL} = 21,8 \text{ MN/m}^2$ , also Werte, die wesentlich unter dem DIN-Wert von  $E_{\perp} = 300 \text{ MN/m}^2$  liegen. Die gleiche Beobachtung machten Möhler und Maier [5] bei einer Untersuchung des Kriechverhaltens von Fichtenholz bei Querdrukbeanspruchung.

Berücksichtigt man diese Eindrückungen, so ergeben sich für die eigentliche Trägerverformung folgende Werte: Träger A:  $42,4 - 10,0 = 32,4 \text{ mm}$  ( $=1/216$ ) und Träger B:  $39,8 - 6,6 = 33,2 \text{ mm}$  ( $=1/210$ ) bzw. Kriechfaktoren  $f_t / f_o$  von 1,66 und 1,71.

An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, daß sich Träger A und B trotz unterschiedlicher Stegausbildung (verleimte bzw. nicht verleimte vertikale Fuge zwischen den Platten) nahezu völlig gleich verhalten haben. Auch bei den Messungen der Horizontalverschiebungen der Stege konnten weder beim Träger A noch beim Träger B (nicht verleimte Platten) ein Ausbeulen oder Aufwölbungen der Spanplatten festgestellt werden.





Absolutverformung  $f$  [mm]

Diagr. 2: Träger B  
[nicht verleimte Vertikalfuge]

f in 1/2

f in 1/4

rel. Luftfeuchte [%] (Tagesmittelwerte)

Temperatur [°C] (Tagesmittelwerte)

Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | März | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sept | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | März | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sept | Okt  
1982 | 1983 | 1984

## 6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

In der vorliegenden Forschungsarbeit wurde das Dauerstandsverhalten eines Verbundquerschnittes aus Vollholz und Holzwerkstoffen, der in einem vorangegangenen Forschungsvorhaben entwickelt worden war, über einen Zeitraum von zwei Jahren untersucht. Die Verformungen  $f_0$  am Beginn des Versuchszeitraumes lagen geringfügig unter der rechnerischen Verformung nach DIN 1052. Am Ende des Zeitraumes ergaben sich Kriechfaktoren  $f_t / f_0$  von 1,66 bzw. 1,71 (noch kein endgültiger Stillstand des Kriechens). Diese Werte können als gut bezeichnet werden, da Kriechfaktoren von Holz Werte von 2,0 [1,4] und Kriechfaktoren von Spanplatten noch höhere Werte erreichen können [1,3,6,7,8]. Ein Kriechfaktor von 2,0 für zul q als Dauerlast (Belastung im Versuch: 1,5 · zul q) wurde auch im Entwurf zur DIN 1052 T1 durch einen Abminderungsfaktor für Elastizitäts- und Schubmoduln von 0,5 berücksichtigt. Ein noch zu lösendes technisches Problem stellt die Ausführung einer Überhöhung gerade bei längeren Trägern dar. Ansonsten hat auch der Dauerstandsversuch gezeigt, daß der entwickelte Verbundquerschnitt eine gute Alternative zum reinen Brettschichtträger darstellt. Für die Ausbildung der Spanplattenstege ist die beim Dauerstandsversuch angewandte Methode ohne die Verleimung der Platten untereinander zu empfehlen, da hierdurch kein Vorteil erzielt wurde. Der Standsicherheitsnachweis der Verbundträger kann nach Abschnitt 8.3.1 des Entwurfs zur DIN 1052 T1 (mit  $\gamma = 1$ ) erbracht werden.

## 7. Literatur

- [1] Gressel, P. 1972, Zeitstandbiegeverhalten von Holzwerkstoffen in Abhängigkeit von Klima und Belastung. Holz als Roh- und Werkstoff 30, S. 259 - 266, S. 347 - 355, S. 479 - 488
- [2] Grillwald, W. und Luthardt, H. 1966, Beitrag zur Dauerstandfestigkeit von Vollholz und Holzspanplatten. Holztechnologie 7, S. 25 - 29
- [3] Perkitny, T. und Perkitny J. 1966, Vergleichende Untersuchungen über die Verformungen von Holz, Span- und Faserplatten bei langdauernder konstanter Biegebelastung. Holztechnologie 7, S. 265 - 270
- [4] Čižek, L. 1961, Dauerfestigkeit und rheologische Eigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen. Holz als Roh- und Werkstoff 19, S. 83 - 85
- [5] Möhler, K. und Maier, G. 1970, Kriech- und Relaxationsverhalten von lufttrockenem und nassem Fichtenholz bei Querdruckbeanspruchung. Holz als Roh- und Werkstoff 28, S. 14 - 20
- [6] Kufner, M. 1970, Das Kriechen von Holzspanplatten bei langzeitiger Biegebeanspruchung. Holz als Roh- und Werkstoff 28, S. 429 - 446
- [7] Möhler, K. und Ehlbeck, J. 1968, Versuche über das Dauerstandsverhalten von Spanplatten und Furnierplatten bei Biegebeanspruchung. Holz als Roh- und Werkstoff 26, S. 118 - 124
- [8] Clad, W. und Schmidt-Hellerau, Ch. 1981, Zeitstandsversuche mit Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 39, S. 217 - 222, S. 241 - 248