

# Neuartige Dachkonstruktion im Stahlhochbau: Entwurf und Ausführung einer Lagerhalle in Münchwilen AG

Autor(en): **Calatrava, Santiago**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **101 (1983)**

Heft 40

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75201>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Neuartige Dachkonstruktion im Stahlhochbau

## Entwurf und Ausführung einer Lagerhalle in Münchwilen AG

Von Santiago Calatrava, Zürich

Für eine Lagerhalle von 26×56 m im Grundriss wurde die Dachkonstruktion als einheitliches, leichtes Tragsystem ausgebildet. Es besteht aus Dachhaut und Dreigurtbindern, die mit Trapezblech ausgefacht sind. Das statische Verhalten der Träger wurde mit Versuchen belegt. Im vorliegenden Fall war die Hallenbreite durch die einzubauende Kranbahn beschränkt. Das System eignet sich aber auch für grössere Spannweiten.

### Die Halle

Die Notwendigkeit einer Erweiterung der Anlage der Stahlbaufirma *Jakem* in Münchwilen AG bot die Gelegenheit für den *Bau eines neuen Hallentyps*. Diese heutzutage seltene bis einmalige Gelegenheit, ein neues Konstruktionskonzept zu realisieren, wurde in diesem Fall unter Berücksichtigung einer Reihe von Einzelheiten, die den experimentellen Charakter illustrieren, durchgeführt.

Die Halle überdeckt 1460 m<sup>2</sup> bei einer Spannweite von 26×56 m und einer Lichtraumhöhe von 10 m.

Das statische System ist durch die Scheibenwirkung des Daches gekennzeichnet, das am Rand auf zwei Reihen Pendelstützen aufgelagert ist, die ihrerseits auf Einzelfundamenten gelagert

sind und durch die Windverbände der Seiten- und Giebelfassaden räumlich stabilisiert werden.

Wandkonstruktion, Stützen, Riegel, Verbände sowie die Fundamente weisen keine besonderen konstruktiven Merkmale auf. Sie wurden zweckentsprechend in traditioneller Stahlbauweise ausgebildet. Als besondere Beanspruchung der Stützen sei der fahrbare *Balkenkran* mit einer Hubkraft von 12 t und einer Spannweite von 26 m erwähnt.

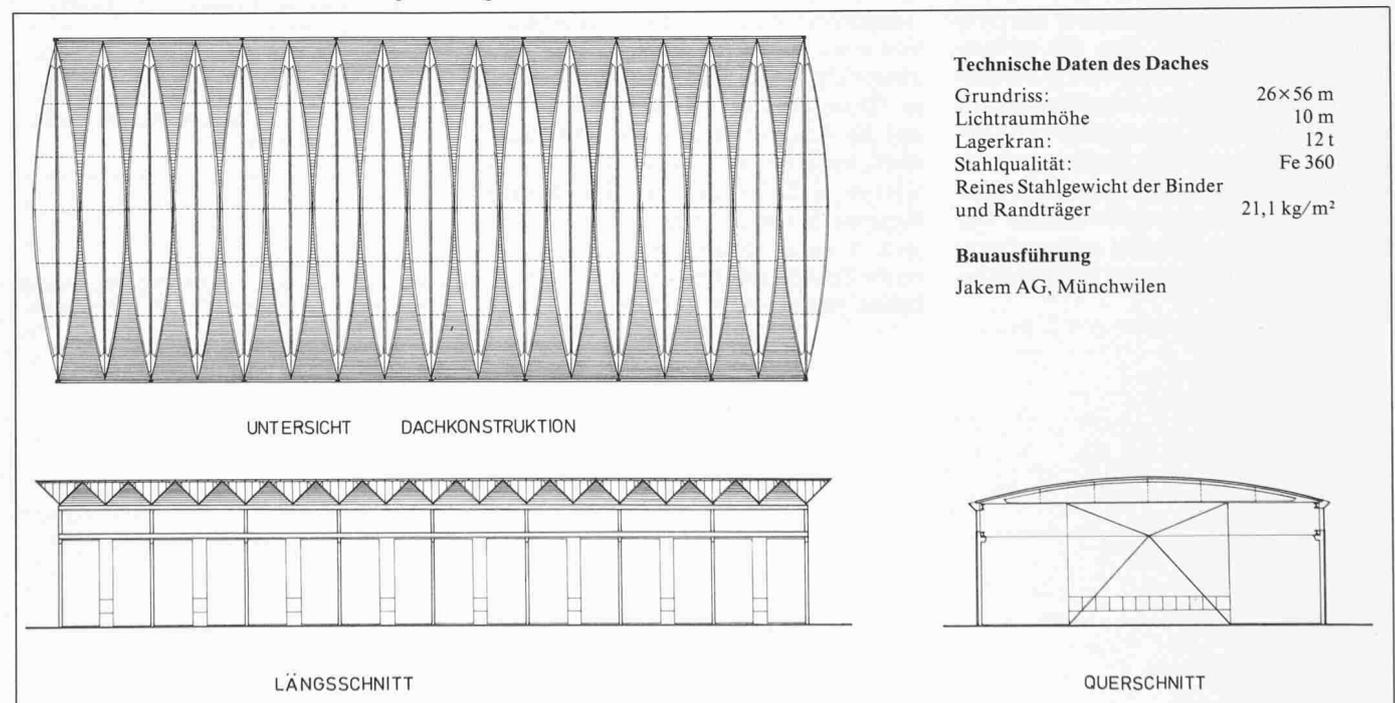
Das *Dach* ist als Scheibe ausgebildet und ist in seinem konstruktiven Charakter und im statischen Verhalten das *besondere Element* des Baus. Es entsteht durch die Aneinanderreihung von Dreigurtträgern mit parabelförmigem Obergurt. Durch die obere Dachhaut (bestehend aus Trapezblechen) werden die Träger so in Zusammenhang ge-

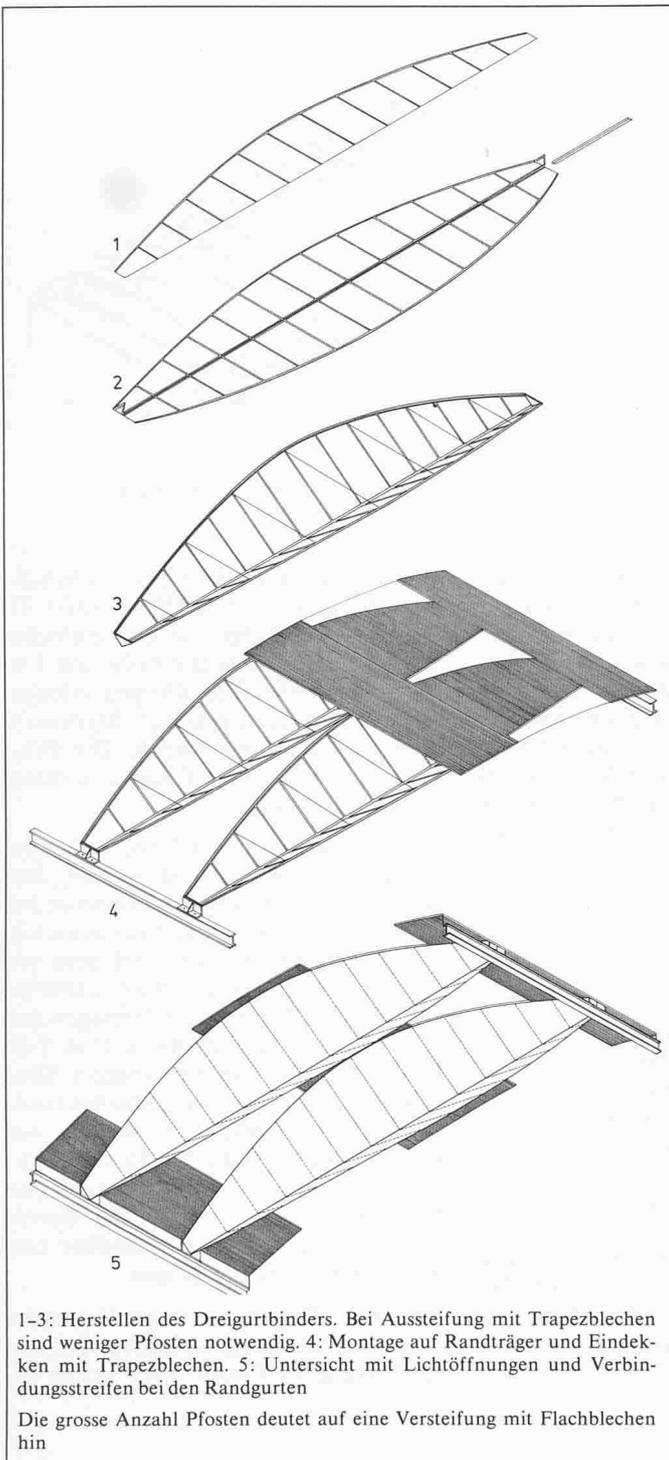
bracht, dass ein *einheitliches statisches Gebilde* entsteht. Dieses ist in der Lage, die vertikalen Belastungen aufzunehmen und die seitlichen Horizontalkräfte an die Fassadenverbände weiterzuleiten (Bild 1).

Die Dreigurtträger sind aus zwei Ebenen, blechversteiften Trägern gebildet, die eine extreme Schlankheit aufweisen. Sie bestehen aus geradem Untergurt, parabolischem Obergurt, Pfosten und Schubversteifung aus Trapezblechen, die an den Gurten und Pfosten verschraubt und miteinander vernietet sind (Bild 2). Die Obergurte werden für die Montage mit Hilfe von Distanzhaltern auseinandergelassen und die Untergurte mit Schrauben schubfest miteinander verbunden. Das *Trapezblech* als flächendeckendes Baumaterial wird hier unter Ausnutzung seiner Schubfestigkeit bzw. Biege-Schubfestigkeit verwendet. Es wird durch gewindeschneidende Schrauben schubfest an die Obergurte montiert. Da die aneinandergereihten Obergurte einen parabolischen Zylinder bilden, ist die Fläche abwickelbar und kann entsprechend mit Trapezblechen in Längsrichtung bedeckt werden, die sich in Längs- und Querrichtung überlagern und mit Blindnieten schubfest gemacht sind.

Dieses so entstandene Dachgebilde ergänzt sich mit den *Dachrandträgern*. An diese werden die daraufliegenden Dreigurtträger an beiden Enden verschraubt und das Dachblech mit Hilfe von *Verbindungsstreifen* aus abgekantetem Blech schubfest verbunden, so dass die Randträger die Randgurte der gesamten Dachscheibe bilden (Bild 3, 4).

Bild 1. Hallenkonstruktion. Untersicht, Längsschnitt, Querschnitt





1-3: Herstellen des Dreigurtbinders. Bei Aussteifung mit Trapezblechen sind weniger Pfosten notwendig. 4: Montage auf Randträger und Eidecken mit Trapezblechen. 5: Untersicht mit Lichtöffnungen und Verbindungstreifen bei den Randgurt

Die grosse Anzahl Pfosten deutet auf eine Versteifung mit Flachblechen hin

Bild 2. Erstellen des Daches

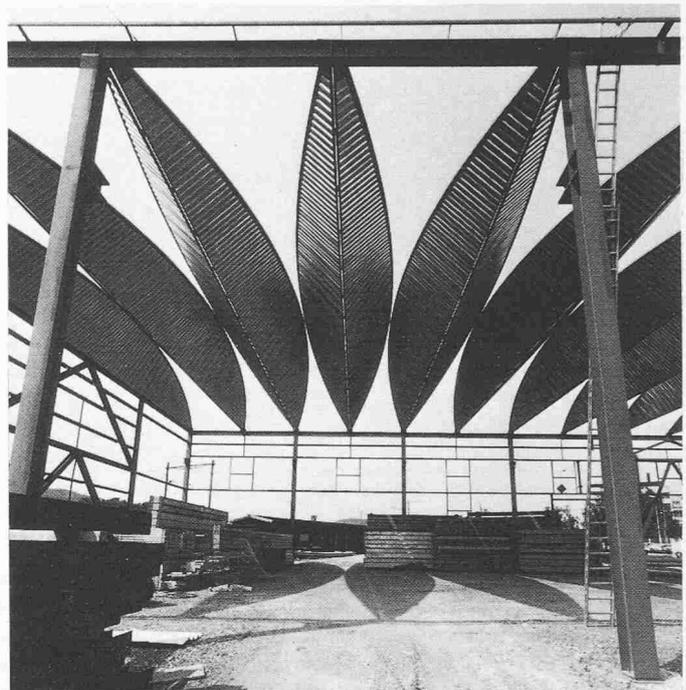


Bild 3. Innenansicht der Halle (Querrichtung)

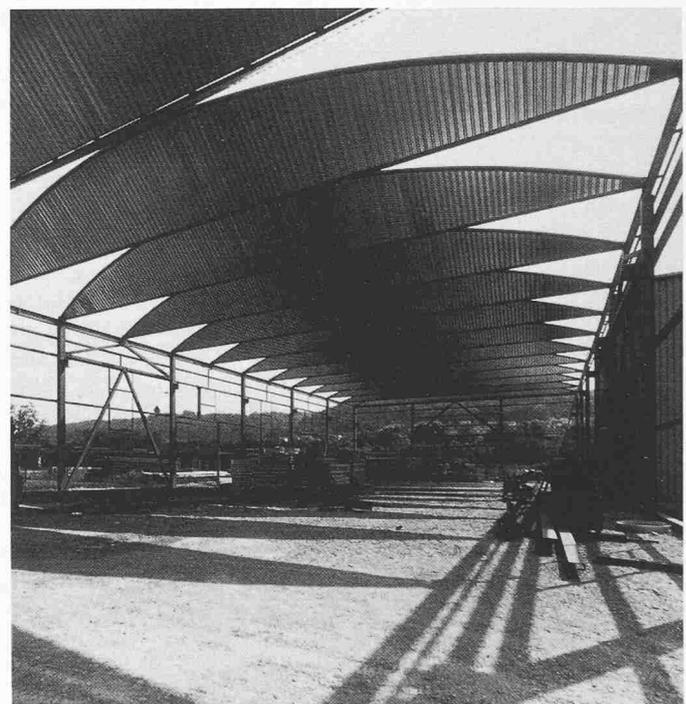


Bild 4. Innenansicht der Halle (Längsrichtung)

### Statisches Verhalten des Daches

Die vertikalen Belastungen werden durch die Dreigurtträger aufgenommen und an die Ränder weitergeleitet. Dank des stützliniennahen Verlaufs des Obergurtes werden die Träger nur mit Normalkraft beansprucht. Die Obergurte werden durch das Dachblech und das Versteifungsblech der Binder gegen Knicken kontinuierlich gehalten, was zu einer optimalen Ausnützung des Druckwiderstandes des Obergurtes führt.

Wegen der charakteristisch leichten Dachkonstruktion kann unter Windbelastung bei innerem Stau und äusserem Sog die abhebende Kraft grösser sein als das Eigengewicht des Daches. In diesem Fall wird der Untergurt des Dreigurtträgers auf Druck beansprucht, der analog zu den Obergurten durch die zwei Blechebenen der Binder kontinuierlich gehalten wird.

Die horizontal auf die Dachscheibe wirkenden Kräfte werden durch das System Binder, Dachblech und Randträger an den Giebelscheiben eingeleitet.

Durch die gekrümmte Form des Dachquerschnittes entstehen vertikale Umlenkkräfte, die vom Dreigurtbindersystem aufgenommen werden.

Die Randträger werden zusätzlich mit Normalkraft beansprucht und wirken als Randgurte der Dachscheibe. Damit ist das Ziel eines gemeinsamen Wirkens aller Bestandteile des Daches erreicht.

Die traditionelle Dachkonstruktion, aus voneinander unabhängigen Bauteilen wie Binder, Pfetten, Verbänden und Dachhaut hergestellt, wandelt sich. So sind keine Windverbände und Pfetten

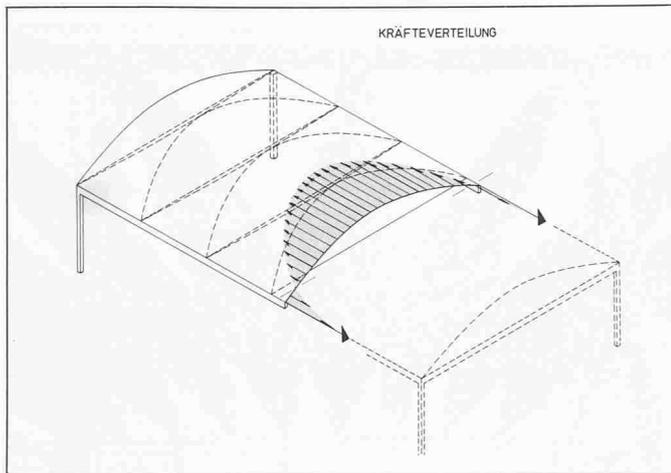


Bild 5. Die Biegesteifigkeit des Hallendachs in Längsrichtung

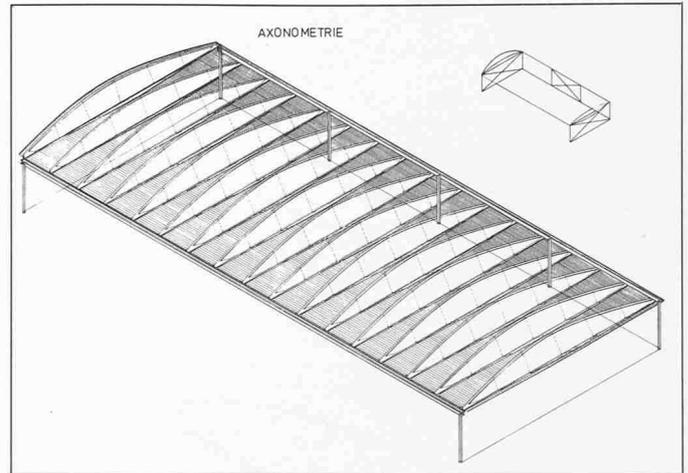


Bild 6. Die Dachkonstruktion ermöglicht grosse seitliche Öffnungen

erkennbar, Dachhaut und Binder bilden ein einheitliches Konstruktionsgebilde, dessen Rechtfertigung nicht nur im sparsamen Einsatz des Materials, sondern auch in der zusammenhängenden Arbeitsweise der Teile zu finden ist.

### Wirkung als längsgespanntes Tonnendach

In struktureller Hinsicht schöpfen die bis anhin erläuterten Eigenschaften des Daches seine *vielseitige Tragwirkung* nicht aus. Es wäre möglich, durch Einleiten von Normalkraft in das Abdeckblech die *Biegesteifigkeit* des Tonnendaches in *Längsrichtung* wirksam zu machen (Bild 5). Randträger und Abdeckblech bilden in diesem Fall einen biegesteifen Querschnitt. Sie wirken zusammen mit dem Dreigurtträger, der einerseits das Abdeckblech hält und versteift und andererseits die Einleitung der Schubkraft in die Randaufleger ermöglicht.

Das Dach, als Tragsystem so angewen-

det, erlaubt die *stützenfreie Überbrückung* von grossen Spannweiten bzw. die Ausbildung von *grossen seitlichen Öffnungen*, die die Anwendung des Daches für die Konstruktion zum Beispiel von Hangars durchaus tauglich machen (Bild 6). Vorwiegend in diesen Fällen treten die konstruktiven Vorteile des Daches in bezug auf Tragwirkung, Tragfähigkeit und Leichtigkeit am wirksamsten in Erscheinung.

### Die Versuche

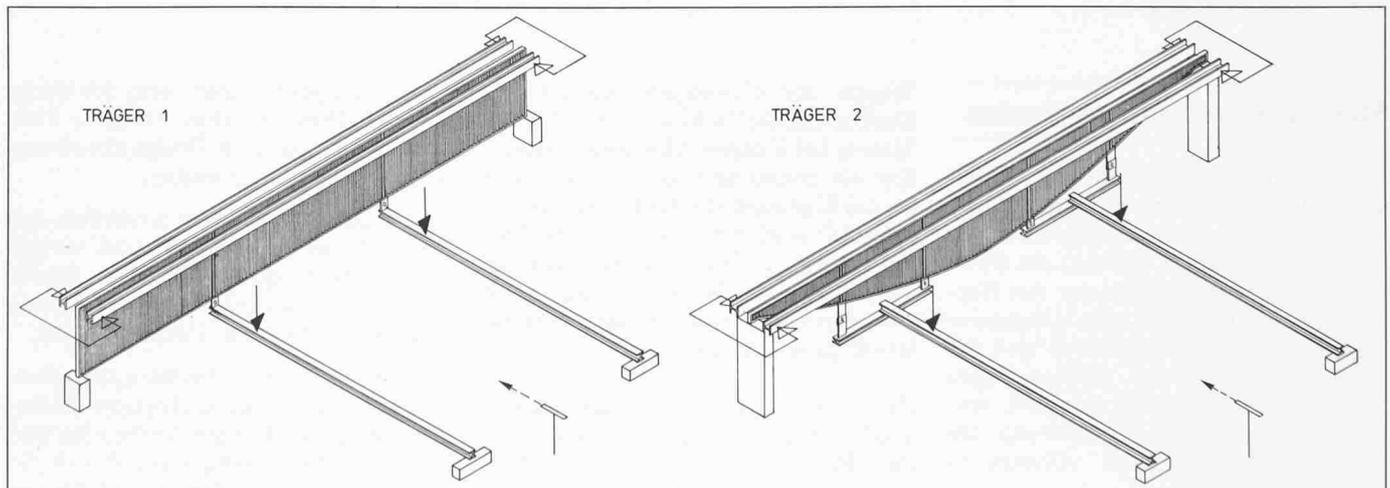
Zur Ermittlung des statischen Verhaltens von blechversteiften Trägern werden *Versuche* in einem für diesen Zweck eingerichteten Prüfstand durchgeführt. Die Versuchsanordnung ist in Bild 7 ersichtlich. Als Belastung wurden Stahlprofile des Nachbarlagers verwendet, die mit Hilfe eines Krans gehoben und in Laststufen von etwa 1500 kg aufgelegt wurden. Mit Hilfe eines Nivelliergerätes wurde die Durchbiegung im Obergurt gemessen. Zwei Träger wurden geprüft:

**Träger 1:** Parallelgurtträger mit Schubversteifung aus Trapezblech (Bild 8). Der geprüfte Träger ist ein *einfacher Balken* von 10 m Spannweite und 1 m statischer Höhe. Die übrigen Abmessungen und konstruktiven Merkmale sind in Bild 12 ersichtlich. Die Belastung wurde in zwei Punkten symmetrisch eingeleitet.

Das Versuchsergebnis zeigt, dass eine *Abweichung* zwischen der aus der Anwendung der elastischen Theorie bei Idealisierung des Trägerquerschnittes ermittelten Verformung und dem am Prüfstand gemessenen Wert entsteht. Der *Bruch* entsteht durch Versagen der Schubanschlüsse vom Blech zum Träger im Randbereich des Trägers. Dies bewirkt das *plötzliche fortschreitende Ausbeulen der Bleche* im Bereich der Gurtanschlüsse (Bild 10). Das Verhältnis des Eigengewichts des Trägers zur Bruchlast beträgt 1 zu 120. Die *Durchbiegung* in der Mitte unmittelbar von dem Versagen betrug 40 mm.

**Träger 2:** Träger mit bogenförmigem Gurt und Schubversteifung aus Trapezblech (Bild 9). Dieser wird analog zu

Bild 7. Schematische Darstellung des Prüfstandes



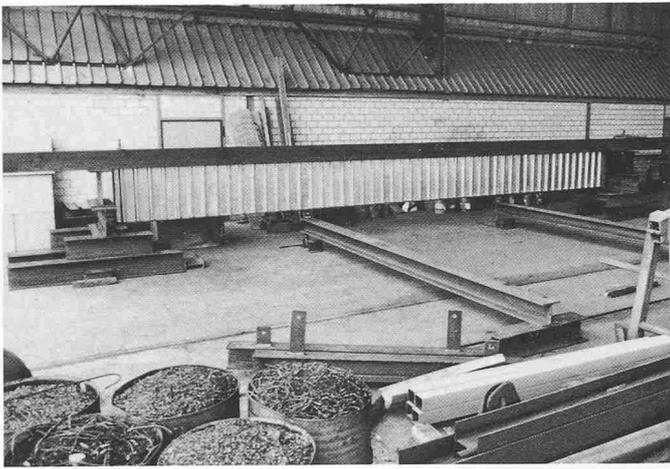


Bild 8. Träger 1

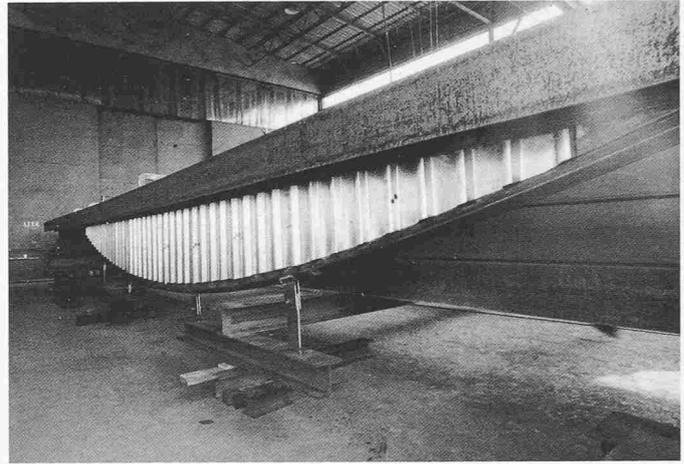


Bild 9. Träger 2

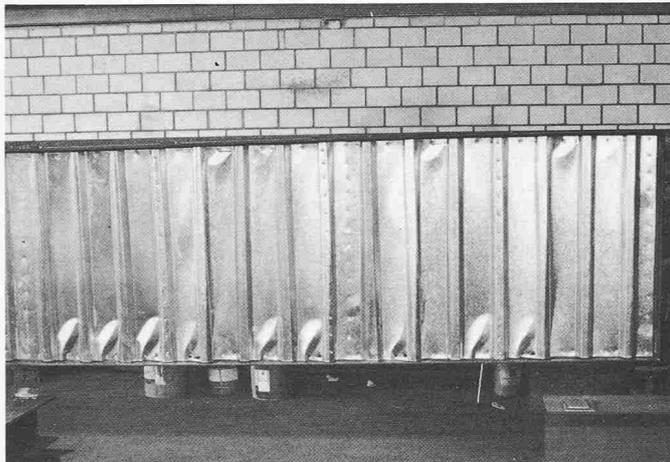


Bild 10. Plötzliches fortschreitendes Beulen des Trapezbleches

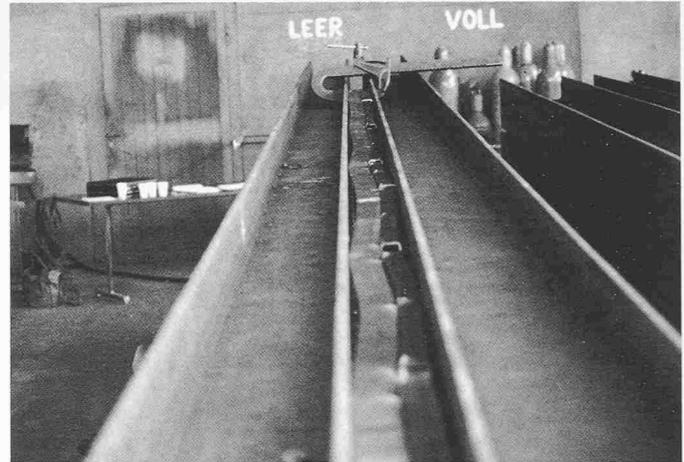
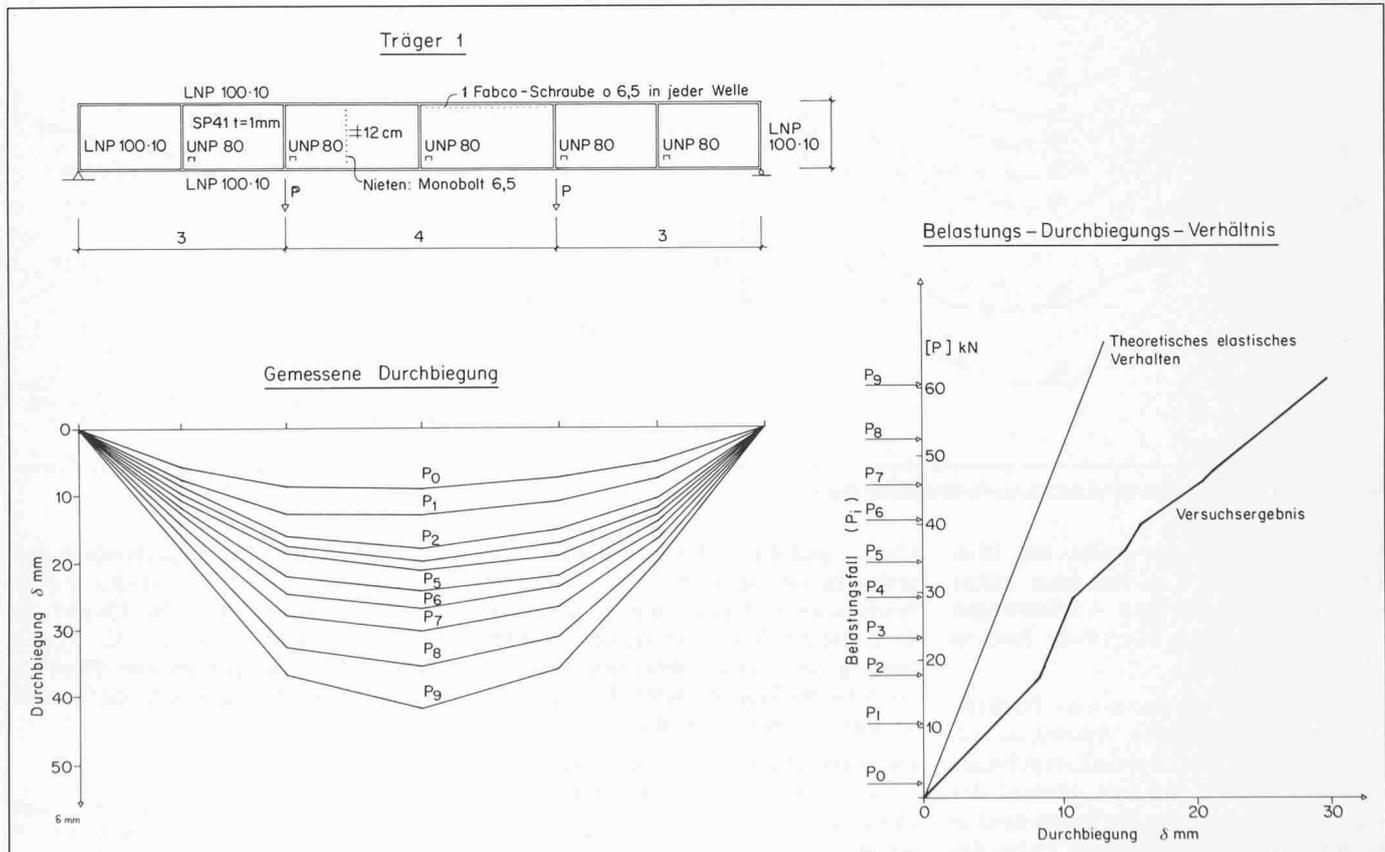


Bild 11. Versagen des Obergurtes. Der Obergurt wird von HEB-Trägern und mit Distanzhaltern gegen seitliches Ausknicken gehalten

Bild 12. Träger 1. Biegelinien und Belastungs-Durchbiegungsdiagramm



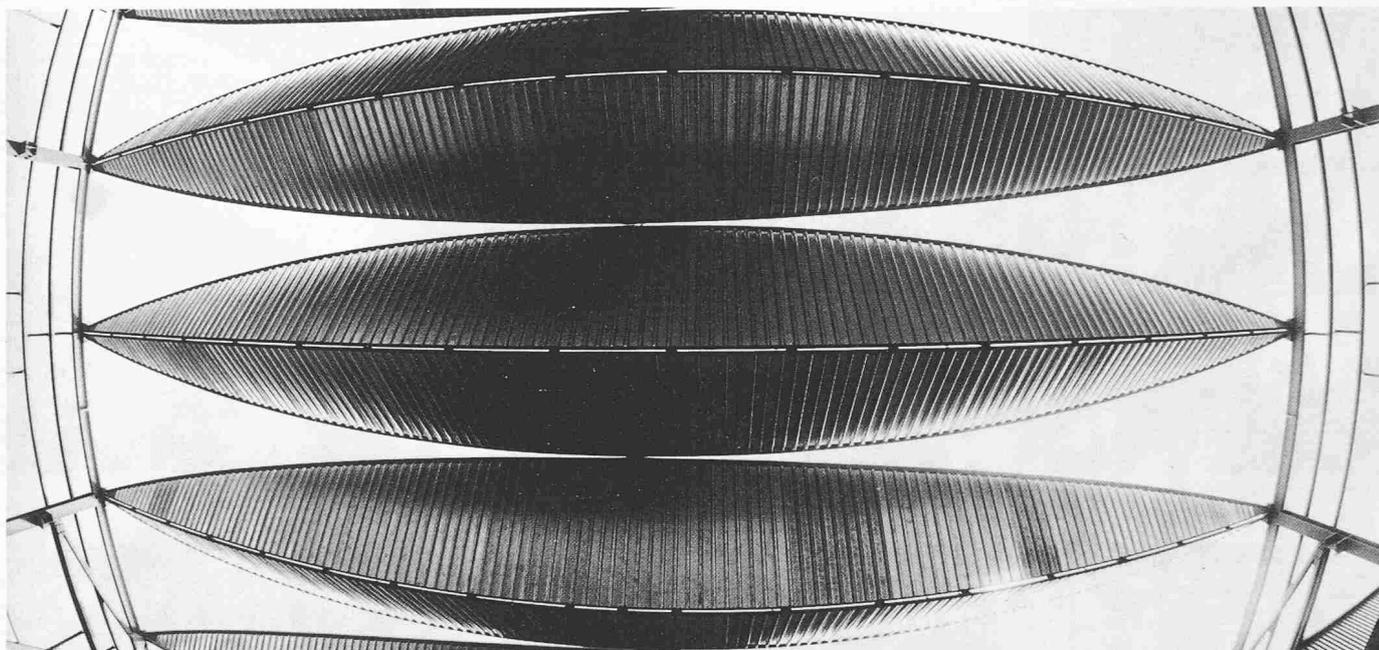


Bild 13. Aneinandergereihte Dreigurtbinder. Untersicht

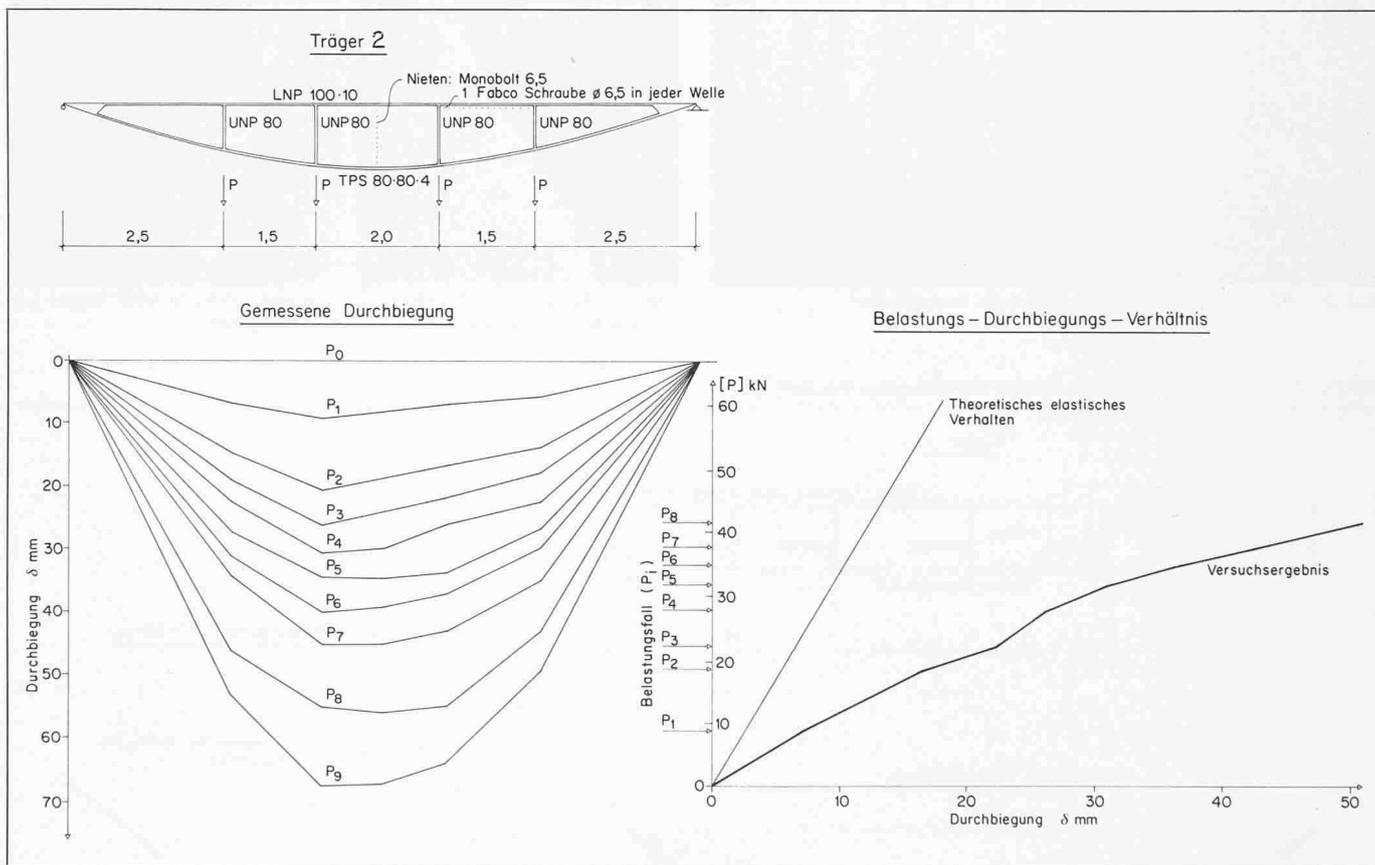


Bild 14. Träger 2. Biegelinien und Belastungs-Durchbiegungsdiagramm

Träger 1 als einfacher Balken mit 10 m Spannweite und 1 m statischer Höhe verwendet; die übrigen Abmessungen und konstruktiven Merkmale sind in Bild 14 ersichtlich.

Die Belastung wurde in vier Punkten symmetrisch eingeleitet. Analog zu Träger 1 zeigen die Versuchsergebnisse ebenfalls keinen linearen Verlauf der Kurve im Belastungs-Verformungsdiagramm. Durch die krumme Form des

Gurtes und durch die auf 4 Punkte verteilte Belastung kann der Träger mit noch höheren Lasten beansprucht werden, und der Bruch erfolgt bei einer Belastung des etwa 200fachen Eigengewichtes des Trägers durch Versagen des geführten Obergurtes (Bild 11).

Die Versuche wurden von G. Bianchetti, dipl. Bau-Ing. ETH, Institut für Hochbautechnik (ETH Zürich), ausgewertet.

Die Arbeiten wurden unterstützt von D. Gianora, Ing. HTL, Techn. Leiter der Firma Jakem AG. Die Photos der Halle wurden vom Institut für Photographie (ETH) aufgenommen. Die Photos der Versuche stammen von Furrer-Stoffel, Zürich.

Adresse des Verfassers: Dr. S. Calatrava, dipl. Arch. und dipl. Ing. ETH/SIA, Schlüsselgasse 20, 8001 Zürich.