

Ein optimales Flächentragwerk für Dachkonstruktionen

Autor(en): **Schmidt, Horst / Kühn, Eberhard / Weissbach, Karlheinz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **8 (1968)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-8755>

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.

Ein optimales Flächentragwerk für Dachkonstruktionen

An Optimum Plate Structure for Roofing

Une structure bi-dimensionnelle optimale pour toitures

HORST SCHMIDT
Prof.Dr.-Ing.

EBERHARD KÜHN
Dipl.-Ing.

KARLHEINZ WEISSBACH
Dipl.-Ing.

Institut für Stahlbeton, Dresden, DDR

1. Aufgabenstellung

Es war die Aufgabe gestellt, für eine industrielle Serienfertigung ein großflächiges, montagefähiges Dachelement für hallenartige Bauwerke mit einem mechanisierten Fertigungsverfahren so zu entwickeln, daß der Absatz durch die optimale Erfüllung der nachfolgend diskutierten Forderungen gesichert wird.

2. Einflußfaktoren

2.1. Funktionelle und gestalterische Forderungen

Der Witterungsschutz ist nicht mehr die alleinige Aufgabe eines Daches. Die vielfältigen Funktionen, die Bauwerke für die Industrie, den Handel, den Verkehr und die Gesellschaft erfüllen müssen, bedingen sehr unterschiedliche Forderungen an die Dachausbildung. Die Ausführung einer individuellen Dachkonstruktion für eine spezielle Bauaufgabe ermöglicht die hierbei gestellten funktionellen und gestalterischen Forderungen maximal zu erfüllen. Soll aber eine Dachkonstruktion entsprechend der obigen Aufgabenstellung nicht nur die funktionellen und gestalterischen Forderungen befriedigen, sondern ein Optimum aus allen hier genannten Einflußfaktoren darstellen, dann müssen alle möglichen funktionellen und gestalterischen Forderungen derjenigen Bauwerke, für die die großflächigen Dachelemente eingesetzt werden sollen, in die Betrachtung der Optimierung mit einbezogen werden. Wie C o u r b o n im Vorbericht schreibt, sind wir leider noch nicht in der Lage alle Einflußfaktoren einer Tragwerksoptimierung so aufzubereiten, daß mittels eines elektronischen Rechners eine exakte Optimierung erfolgen kann.

In Tafel 1 sind die funktionellen und gestalterischen Forderungen geordnet zusammengestellt, die nach einer "ingenieurmäßigen Optimierung", d.h., einer allein von Erfahrungen und Erkenntnissen abgeleiteten Einschätzung, die mit den neuentwickelten Dachelementen ausgeführten Dachkonstruktionen erfüllen müssen, können oder nicht befriedigen brauchen.

Tafel 1 Funktionelle und gestalterische Forderungen

die voll erfüllt werden müssen	die durch Variationen erfüllt werden müssen	die ausgeschlossen bleiben
<ul style="list-style-type: none"> -Schutz gegen Niederschläge -Entwässerung -Begehbarkeit -Anpassungsfähig an alle rechteckigen Grundrisse, ein- und mehrschiffig -Ausbildung relativ großer sützenfreier Räume -Gute architektonische Gestaltung des Gesamtbauwerkes -Ansprechende Innengestaltung -Geringster Unterhaltungsaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> -Geringer Wärmeaustausch mit der Umwelt (1) -Anordnung von Oberlichten (2) -Anhängen einer Zwischendecke (3) -Anhängen von Ausrüstungen normaler Größenordnung (3) -Ausbildung von kleinen und mittleren Durchbrüchen (4) -Schallisolierend (5) -Befriedigung brandschutztechnischer Bedingungen(6) 	<ul style="list-style-type: none"> -Anpassung an vom Rechteck abweichende Grundrisse -Anhängen von schweren Lasten -Ausbildung großer Durchbrüche -Keine Schneesackbildung

(1) Variation der Wärmedämmstoffe und ihre Dicke

(2) Konstruktive Möglichkeiten und Zusatzbelastung vorsehen

(3) Befestigungsmöglichkeiten und Zusatzbelastung durch geringfügige Veränderung der Normalelemente vorsehen

(4) Tragfähigkeit auch mit Aussparungen sichern

(5) Anordnung geeigneter Isolierschichten

(6) In Sonderfällen durch Anordnung einer Brandschutzzwischen-
decke

2.2. Forderungen aus den Grundsätzen der Industrialisierung des Bauwesens

Die Veränderung des gesamten Bauwesens von der handwerklichen Fertigung zur industriemäßigen Großproduktion bedingt, daß die den Witterungsunbilden ausgesetzte, schwere körperliche Arbeit weitestgehend reduziert und durch Maschinen übernommen wird; daß ein großer Teil der Arbeitsprozesse von den ortsveränderlichen Baustellen in stationäre, hochmechanisierte Werke verlegt wird, wo serienmäßig weitgehend komplettierte Bauelemente für die Montage vorgefertigt werden, um in kürzester Zeit eine gestellte Bauaufgabe erfüllen zu können. In Tafel 2 sind die entsprechenden Forderungen an ein industriemäßig gefertigtes Dachelement aufgeführt.

Tafel 2 Forderungen der industriemäßigen Großproduktion

die voll erfüllt werden müssen	die erfüllt werden können
- Mechanisierte Fertigung in stationären Produktionsstätten	- Komplettiert mit Wärmedämmung
- Rationelle Serienfertigung variabler Elemente	- Komplettiert mit Dachhaut
- Kürzeste Lieferfristen	- Unterseite sichtflächenfertig
- Arbeitsprozesse auf der Baustelle für Montage und Verbindung weitestgehend reduzieren	

2.3. Eigenschaften und Preise der verfügbaren Baumaterialien

Die Baumaterialien beeinflussen die Optimierung einer Dachkonstruktion direkt durch die feststehenden Zahlengrößen, wie Festigkeitswerte, Verformungsgrößen, spezifisches Gewicht, durch ihre Dauerbeständigkeit, ihr Verhalten im Feuer und die sehr zeitvariablen Preise und Unterhaltungskosten. Die Auswahl der optimalsten Baustoffe aus der sich ständig erweiternden Palette der Grundbaustoffe und ihrer vielgestaltigen Kombinationsmöglichkeiten ist zur Zeit nur durch vorliegende Erfahrungen möglich. In vielen Fällen können jedoch eine Anzahl von Baustoffen aussortiert werden, die die vorgegebenen Bedingungen nicht ausreichend erfüllen.

Unter Beachtung der wirtschaftlich noch nicht befriedigend gelösten dauerbeständigen Konservierung der Stahlkonstruktionen und ihrer schnellen und großen Verformung im Feuer wurde der Stahlbau ausgeschlossen. Auch das Holz mußte hier trotz der Fortschritte in der Unbrennbarmachung gestrichen werden. Der Einsatz von Kunststoffen für tragende Konstruktionen war durch die noch zu geringen Erfahrungen ihres Dauerverhaltens und ihrer sehr hohen Preise unmöglich. Die bestehenden Preisrelationen nach Tafel 3 bedingten neben den anderen statisch-konstruktiven Vorteilen die Wahl des Spannbetons für die hier gestellte Aufgabe.

Tafel 3 Preisrelationen Bewehrungsstahl zu Beton

	Stahl im Mittel pro m ³ Beton bei Flächen- tragwerken [1] kg	Verhältnis der Materialkosten Stahl pro m ³ /m ³ Beton
Stahlbeton	190 ÷ 230	1,29/1,00 ÷ 1,57/1,00
Spannbeton	100 ÷ 130	0,79/1,00 ÷ 1,02/1,00

2.4. Statisch-konstruktive Forderungen

Die Gebrauchswerteigenschaften und die Lebensdauer werden entscheidend durch die Erfüllung der statisch-konstruktiven Forderungen beeinflusst. Vordringlich muß eine ausreichende Stand-sicherheit des Bauwerkes gewährleistet werden trotz, aus ökonomischen Gründen bedingten, minimalen Einsatzes von Baustoffen. Entsprechende Sicherheiten müssen auch für die Transport- und Montagezustände der Dachelemente vorhanden sein. Ein weiterer

gewichtiger Faktor ist die Dauerbeständigkeit unter den unterschiedlichsten Einflüssen. Es dürfen innerhalb der Nutzungszeit keine Veränderungen eintreten, die die Funktion des Bauwerkes einschränken oder gar zu Schäden führen. Tafel 4 enthält die statisch-konstruktiven Forderungen für eine ausreichende Sicherheit und Lebensdauer. Die Optimierung der Querschnittsbildung ist hierbei nach einer "delikatsten Formgebung" sehr genau möglich [2] [3].

Tafel 4 Statisch-konstruktive Forderungen

Eigenschaften des Bauteils	Statisch-konstruktive Forderungen
Tragfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - groß - wenig schwankend durch Fertigungstoleranzen - Sicherheit gegen Bruch $\nu = 2,0 \div 2,5$ - keine Stabilitätsbrüche
Verformbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - begrenzt - geringe Auswirkungen von Schwinden und Kriechen sowie bei Temperaturänderungen
Rißbildung	<ul style="list-style-type: none"> - unerwünscht, durch Vorspannen vermeiden oder auf Haarrisse begrenzen
Querschnittsgestaltung	<ul style="list-style-type: none"> - großes Trägheitsmoment für beide Hauptachsen bei geringster Querschnittsfläche - kleines Verhältnis der abgewinkelten oberen Fläche zur Grundfläche
Verhalten bei Transport und Montage	<ul style="list-style-type: none"> - unempfindlich, keine größeren Rißerscheinungen, Abplatzungen oder bleibende Verformungen
Verbindungen untereinander und mit anderen Bauteilen	<ul style="list-style-type: none"> - einfach und schnell ausführbar - dauerbeständig und wartungsfrei
Korrosionsbeständigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - ausreichend durch dichten Beton mit entsprechender Betondeckung für Spannstahl ≥ 25 mm für die schlaife Bewehrung ≥ 10 mm
Feuerwiderstand	<ul style="list-style-type: none"> - mindestens 1/2 Stunde nach vorgeschriebener Brandbelastung ohne zusätzliche Maßnahmen

2.5. Fertigungsbedingte Forderungen

Eine mechanisierte Serienfertigung mit hoher, gleichbleibender Qualität stellt an die Gestaltung der Elemente bestimmte Forderungen, wenn mit einem Minimum an Kosten produziert werden soll. In Tafel 5 sind die auf Grund von umfangreichen Untersuchungen ermittelten fertigungspezifischen Forderungen an ein dünnwandiges und großflächiges Dachelement niedergeschrieben. Als Fertigungsverfahren kommt für derartig großflächige Fertigteile nur ein Standverfahren auf Matrizen in Frage. Wegen der ungewöhnlichen Geometrie und Größe dieser Konstruktionen können andere Verfahren, wie beispielsweise die Aggregatfließfertigung, nicht angewandt werden.

Tafel 5 Fertigungsbedingte Forderungen

Fertigungsbedingte Forderungen	Die Erfüllung der Forderung ermöglicht:
- Unveränderlicher Querschnitt über die ganze Länge (keine Querrippen)	- Einsatz hintereinander laufender Aggregate nach dem Prinzip der Gleitfertigung zum Aufbringen, Verteilen, Verdichten und Glätten des Betons - Mechanisierung aller Arbeitsprozesse - Einfache Ausbildung der Matrice
- Dicke über die Breite unveränderlich oder nur wenig unterschiedlich (keine Längsrippen)	- Gleichbleibende intensive Verdichtung des Betons über die ganze Breite - Gleichmäßige Betonqualität im gesamten Querschnitt
- Querneigung im Querschnitt kleiner als 40°	- Verzicht auf eine Doppelschalung
- Keine oder nur eine geringe Längskrümmung (30 cm Stich bei 18 m Gesamtlänge)	- Einsatz geschweißter Bewehrungsmatten - Mechanisierung des gesamten Bewehrungsbaues - Gerade Spanngliedführung, wenn keine Längskrümmung vorhanden ist.
- Keine Auflagerverstärkungen	- Fertigung beliebiger Längen auf einer Matrice
- Unkomplizierte Bewehrung mit angemessener Betondeckung (Fertigungstoleranzen berücksichtigen)	- Geringer Arbeitszeitaufwand für die Vorfertigung und den Einbau der Bewehrung - Einhaltung der Qualitätsforderungen hinsichtlich der Betondeckung
- Betongüte \leq B 450	- Anwendung der Gleitfertigung mit relativ einfachen Aggregaten
- Variation der Elemente zur Aufnahme unterschiedlicher Nutzlasten nur durch Änderung der Anzahl und Durchmesser der Bewehrungseisen sowie einer gleichmäßigen Verstärkung der Dicke	- Fertigung aller Variationen auf der gleichen Matrice mit dem gleichen Fertigungsaggregat
- Fertigungsausrüstung einfach und wenig störanfällig	- Geringe Investkosten - Geringe laufende Kosten

2.6. Transport- und Montagebedingungen

Für einen wirtschaftlichen Transport und eine zügige Montage der Dachelemente ist die Erfüllung folgender Bedingungen von grosser Bedeutung.

- Breiten- und Längenabmessungen müssen sowohl Straßen- und Eisenbahntransport ermöglichen
- Quer- und Längsschnitt müssen eine günstige Stapelung gestatten (möglichst viele Elemente übereinander)
- Die Elemente müssen einfach anzuschlagen und ohne weitere Hilfsmittel montierbar sein (ohne Traverse, ohne Hilfsrüstungen)

-Die Masse der Fertigteile muß auf die im Einsatz befindlichen Hebezeuge abgestimmt sein.

3. Beschreibung des Flächentragwerkes

Beim Entwurf und der Konstruktion des im Bild 1 dargestellten vorgespannten trapezförmigen Faltenwerkträgers (VT-Falte) wurden alle vorgenannten Einflußfaktoren einbezogen, um ein optimales Tragwerk zu erhalten [4]. Dementsprechend wurde ein großflächiges Dachelement entwickelt, das infolge seiner Anpassungsmöglichkeiten vorteilhaft im Industrie-, Gesellschafts- und Landwirtschaftsbau eingesetzt werden kann. Durch seine variable Längengestaltung mit Stützweiten von 12,0 bis 18,0 m,

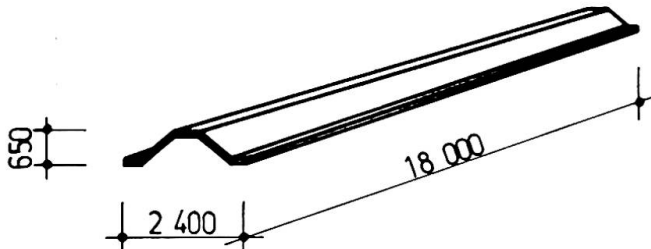


Bild 1 VT-Falte 18
Standardelement

Belastungsschema	Bereich	Eigenlast g (kp/m ²)	Flächenlast pF (kp/m ²)	Randlast PR (kp/m)
	A	155	130	0
		155	100	20
	B	155	250	0
		155	100	90
	C	180	320	0
		180	100	120

Bild 2 Grenzwerte der Belastung

die unterschiedliche Belastbarkeit (Flächenlasten, Randlasten und Einzellasten) und die große Tragfähigkeit bei Vermeidung jeglicher Stabilitätsgefährdung konnten die maßgebenden funktionellen Forderungen, wie Anpassung an alle rechteckigen Grundrisse, Anordnung von Oberlichtern, Anbringung von Einzellasten (bis 500 kp), Anhängen von Zwischendecken, Ausbildung von Durchbrüchen usw. allesamt erfüllt werden. Es können ein- und mehrschiffige Hallen als Kalt- und Warmdach mit Außen- oder Innenentwässerung und beliebigem rechteckigem Grundriß bis 18 m Spannweite ausgeführt werden. Gewisse Schwierigkeiten bereitet das Anbringen von Oberlichtern, da die Fuge im Tiefpunkt der Falten liegt und damit Probleme der einwandfreien Abdichtung der Oberlichte eintreten. Auch die gestalterischen Forderungen sind durch die geometrisch einfache Querschnittsgestaltung mit glatter Unterseite ohne Rippen und Verstärkungen und durch die Möglichkeit der Anordnung von Dachüberständen bis 2,5 m weitgehend befriedigt. Durch die Anwendung der beschränkten Vorspannung in Verbindung mit dem Einsatz von geschweißten Bewehrungsmatten aus St IVb wurde der Stahleinsatz auf ein Minimum reduziert und der Preis des Elementes niedrig gehalten. Die erreichten Materialkennwerte betragen für die Standardausführung

$$\text{Beton (B 450)} = 0,064 \text{ m}^3/\text{m}^2 / \text{Stahl} = 6,00 \text{ kg/m}^2.$$

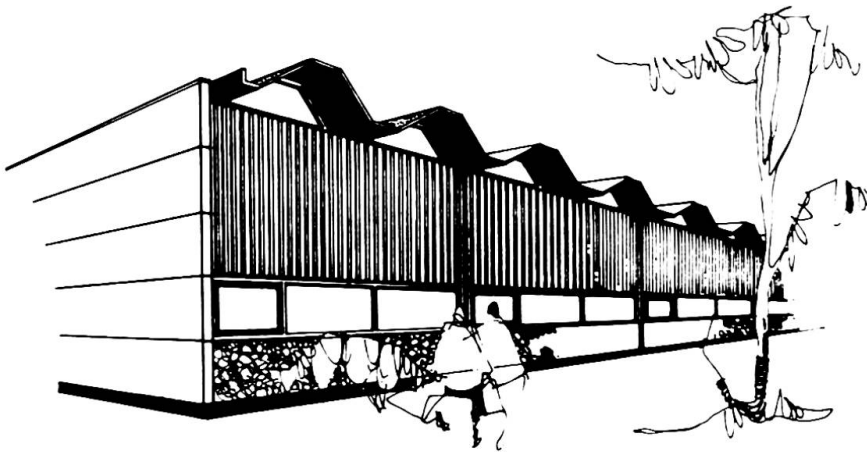


Bild 3 Perspektive eines Gebäudes mit VT-Falten

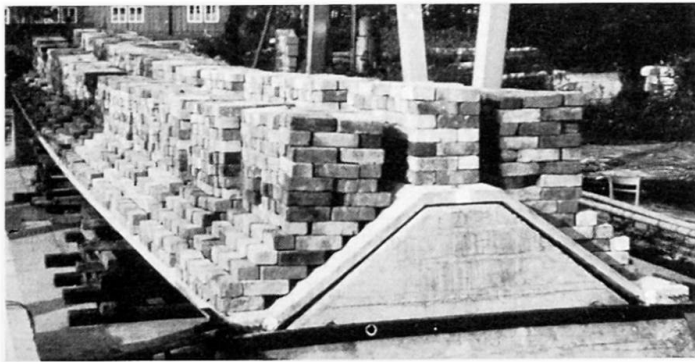


Bild 4 Testversuch (Ziegelbelastung)

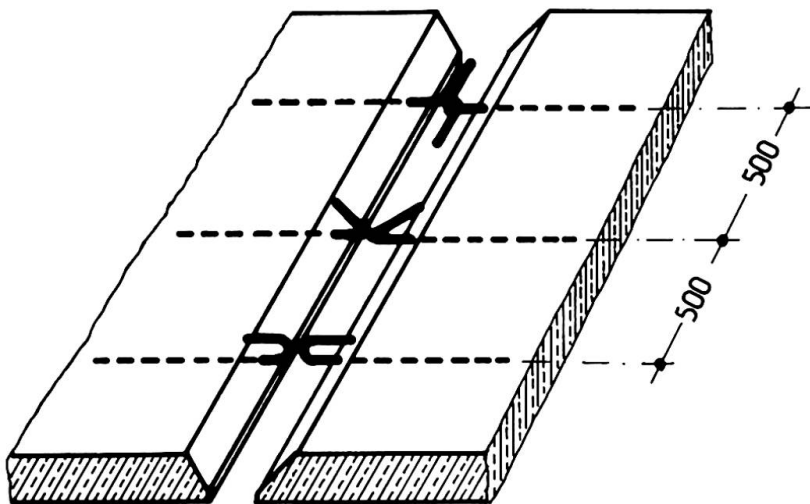


Bild 5 Fugenausbildung

Die statisch-konstruktiven Forderungen konnten vor allem durch Einsatz von Spannbeton und die Wahl des nach unten geöffneten Querschnittes erfüllt werden. Da die Längsränder der Falte unter Belastung Zugspannungen erhalten, war von vornherein ein Versagen des Bauteils infolge fehlender Stabilität des freien Randes ausgeschlossen. Daraus resultiert letztendlich die hohe Tragfähigkeit der Falte und ihre Unempfindlichkeit bei Transport und Montage. Die Vorspannung schränkte vor allem die Durchbiegung auch unter Beachtung von Kriechen und Schwinden ein und verhinderte das Auftreten von Rissen in sämtlichen Gebrauchszuständen. Zur Erfüllung des Korrosionsschutzes, vor allem des Spannstahles, ist ein dichter Beton von 30 mm vorgesehen. Die Fertigungstoleranz zur Mindestbetondeckung beträgt 5 mm. Diese Betondeckung kann im Bedarfsfall

auch auf 35 mm verstärkt werden, wobei zusätzlich noch der Vorspannungsgrad "volle Vorspannung" möglich ist. Für die schlaffe Bewehrung beträgt die theoretische Betondeckung 13 mm, wobei eine Fertigungstoleranz von 3 mm zugelassen wird. Die gewählte Querschnittsform wiederum ergibt bei geringem Materialeinsatz ein hohes Widerstandsmoment in senkrechter und waagerechter Richtung und trägt somit wesentlich zum guten Tragverhalten bei. Außerdem wirken sich Fertigungstoleranzen in der Elementendicke und der Lage der Mattenbewehrung nur geringfügig auf das Gesamttragvermögen aus, so daß auch in der Serienproduktion nahezu gleichbleibende Bruchsicherheiten die Falte charakterisieren. Die Verbindung der Falte mit der Unterkonstruktion erfolgt in einfacher Weise durch Verlegen in eine Mörtelfuge, während die Verbindung der Falten untereinander durch Ausbetonieren der Längsfuge geschieht, in die aus der Falte herausstehende Rundeisen hineinragen.

4. Fertigung des Flächentragwerkes

Im Ergebnis der Optimierung vorgenannter Einflußfaktoren wurde das nachfolgend beschriebene Fertigungsverfahren einschließlich seiner Ausrüstungen entwickelt und in die Produktion eingeführt[5].

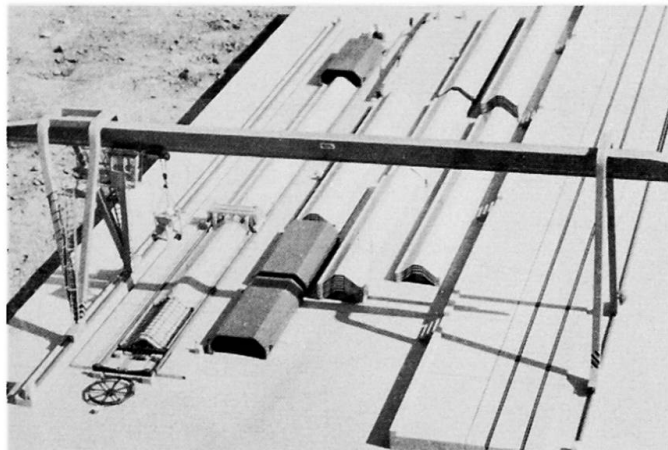


Bild 6 Modellaufnahme einer Fertigungsstätte für VT-Falten

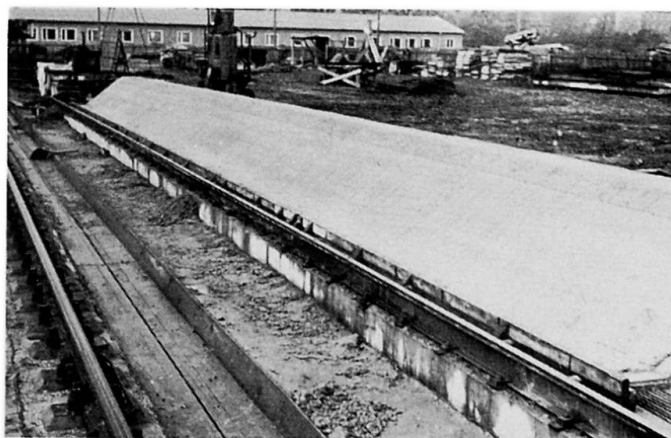


Bild 7 Stahlbeton-Matrize zur Fertigung von VT-Falten

Die Ausrüstung für die Fertigung von VT-Falten besteht aus einer Matrize mit zugehörigen Dampfhauben, einem Verdichtungs- und Glättaggregat mit Zugvorrichtung, einer Einzeldrahtspannpresse und geeigneten Hebezeugen. Die Fertigung kann sowohl in einer Halle als auch mit provisorischem Witterungsschutz im Freien erfolgen. Die Stahlbetonmatrize mit einer Gesamtlänge bis zu 80 m besteht aus hohlkastenförmigen Einzelteilen. Der Zusammenbau erfolgt mit Hilfe von Spanngliedern. Das Verdichtungs- und Glättaggregat besteht aus einem Fahrwerk mit Abstreich-, Rüttel- und Glättbohle.

Die eigentliche Fertigung beginnt mit der Vorbereitung der Bewehrung. Nach dem Abkanten der Bewehrungsmatten und dem Ölen der Matrize werden zunächst die im Auflagerbereich der Falten untenliegenden Matten und die Spaltzugbewehrung verlegt. Danach wird die Spannbewehrung ausgelegt und verankert. Anschließend wird die 12 cm hohe Seitenschalung befestigt und die oberen Bewehrungsmatten ausgelegt, mit Abstandhal-

tern versehen und die Spannbewehrung vorgespannt. Der Beton wird mit einem am Kran hängenden Kübel auf die Matrize aufgebracht und vorläufig noch von Hand vorverteilt. Das Fertigungsaggregat – mit einer Geschwindigkeit von 0,7 m/min über die Matrize gezogen – verteilt und verdichtet den Beton und glättet die Oberfläche. Nach der Fertigung wird das Element mit Hauben abgedeckt und mittels Dampf schnellerhärtet

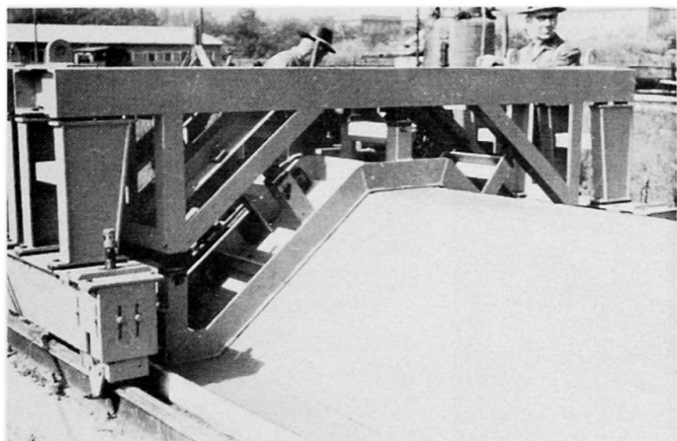


Bild 8 Aggregat zum Verteilen, Verdichten und Glätten des Betons

5. Durchgeführte Versuche

Zur Optimierung der Querschnittsform bei Ausschöpfung aller vorhandenen Tragreserven wurden eine Anzahl Testversuche und anschließend Tragfähigkeitsversuche des ausgewählten Elementes durchgeführt. Auf Modellversuche wurde nicht zurückgegriffen, da sie bei der Dünnwandigkeit des Elementes verbunden mit der gewünschten Genauigkeit der Versuche keine ausreichenden Ergebnisse liefern. Die Testversuche sollten in erster Linie entscheiden, ob das Element mit nach oben oder nach unten geöffneten Querschnitt ausgeführt werden sollte und ob man auf eine Längskrümmung der Falte verzichten kann. Der nach oben offene Querschnitt zeigte eine sehr große Empfindlichkeit gegenüber nicht exakter Lage der Mattenbewehrung und gab keine Garantie für eine gleichbleibende Güte des Elementes in der Serienproduktion. Außerdem lassen sich die Querbiegemomente dieses Querschnittes nur durch eine nicht erwünschte Längskrümmung auf die Werte des nach unten offenen Querschnittes ohne eine Längskrümmung reduzieren. Weiterhin liegen hierbei die freien Ränder im Druckbereich und sind dadurch stabilitätsgefährdet. Es wurde deshalb der unter 3 beschriebene nach unten offene Querschnitt ohne Längskrümmung des Elementes ausgewählt.

Durch Vorversuche wurde festgestellt, daß bei einer starren, nicht mitschwingenden Matrize (Stahlbeton oder Stahl) bei reichlicher Bewehrung in den Hochpunkten des Querschnittes, geeigneter Betonkonsistenz und Betondicken von 40 bis 70 mm ein Abrutschen des Betons bei Oberflächenverdichtung bis zu einer Neigung von 40° nicht auftritt und gute Betonqualitäten (B 450) und eine hohe Dichtigkeit erreicht werden können. Bei Fertigungsversuchen mit Faltenträgern zeigte sich, daß ein nach unten offener Querschnitt auch hinsichtlich seiner Fertigung günstigere Voraussetzungen bietet. Das gilt besonders für den Einbau und die Einhaltung der Lage der Bewehrung. Außerdem wird hierbei die Spannbewehrung gradlinig geführt und der Aufwand für die Ausrüstung ist wesentlich geringer als für einen Faltenträger mit nach oben offenem Querschnitt und einer Längskrümmung. Die zahl-

reichen Fertigungsversuche wurden unter unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt. Dabei wurde das Verfahren und die Ausrüstung ständig verbessert, so daß schließlich eine produktionsreife Anlage mit optimalen Kennwerten zur Verfügung steht.

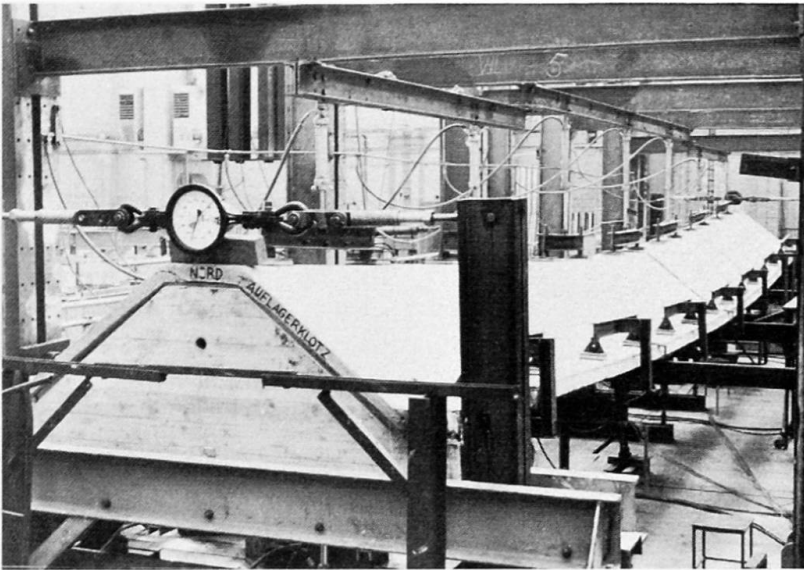


Bild 9 Tragfähigkeitsversuch
VT-Falte 18



Bild 10 Transport einer VT-Falte

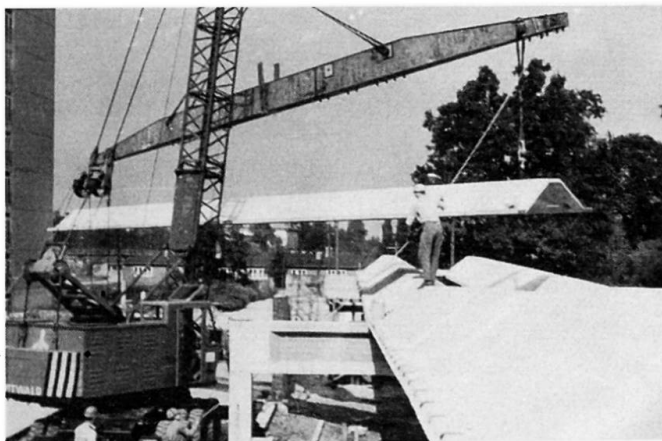


Bild 11 Montage von VT-Falten

Aus den Tragfähigkeitsversuchen konnte die exakte Tragfähigkeit des Elementes ermittelt und alle vorhandenen Reserven ausgeschöpft werden. So wurden die aufnehmbaren Flächenlasten, die aufnehmbaren Linienlasten pro Faltenwerksrand und die möglichen Einzellasten ermittelt. Weiterhin wurden Größe, Form und Zahl der möglichen Aussparungen geprüft, maximale Dachüberstände ermittelt, die aufnehmbaren Torsionsmomente (einseitige Belastung) festgestellt und alle zugehörigen Durchbiegungen und Verformungen gemessen. Im Gegensatz zu den Testversuchen, bei denen die Belastung mittels Ziegelsteinen erfolgte, sind bei den Tragfähigkeitsversuchen hydraulische Lasteintragungen mit exakten Messungen durchgeführt worden. Zur Ermittlung der Spannungen im Element wurden Dehnungsmessungen des Betons, des schlaffen Stahls und des Spannstahles vorgenommen.

Bei durchgeführten Transportversuchen erwies sich die VT-Falte als sehr unempfindlich gegenüber Schwingungen und zeigte keinerlei Risse oder Verformungen, obwohl einesteils mit hohen Geschwindigkeiten (60 km/h) und andererseits auch über unwegsames Baugelände gefahren wurde. Die Montageversuche, die in Zusammenhang mit der Errich-

tung eines kleinen Experimentalbaues durchgeführt wurden, zeigten durch die Obergurtaufhängung der Falte eine sehr stabile Lage der Falte während der Montage und gestatteten ein ungleiches und ruckartiges Anheben und Absetzen sowie andere ungünstige Montagebeanspruchungen, ohne daß Beschädigungen oder Verformungen der Elemente eingetreten sind. Gleichzeitig ergab sich durch diese Unempfindlichkeit der Falte und durch die einfache Auflagerung auf Mörtelfuge eine zügige Montage. Innerhalb einer Stunde konnten 3 Falten mit insgesamt 140 m² Grundrißfläche montiert werden.

Literatur:

- [1] Schmidt, H. u. Kühn, E.: Internationaler Stand und Entwicklungstendenzen von Montageraumtragwerken aus Stahl- und Spannbeton
Bauplanung-Bautechnik 21 (1967)
S. 177
- [2] Basler, E.: Allgemeine Merkmale der Vorfabrikation
Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie Wildegge (1963)
- [3] Rühle, H. u. Tobisch, F.: Zur Optimierung von Schalen- und Faltenträgern
Bauplanung-Bautechnik 22 (1968)
S. 79
- [4] Kühn, E. u. Riethmüller, R.: Entwicklung und Erprobung eines vorgespannten Faltwerkträgers als großflächiges Dachelement
Bauplanung-Bautechnik 22 (1968)
S. 73
- [5] Weißbach, K.: Fertigung von Faltwerkträgern
Baustoffindustrie (1968) S. 42

ZUSAMMENFASSUNG

Nach Diskussion und systematischer Zusammenstellung aller wesentlichen Einflußfaktoren auf die Entwicklung eines großflächigen, montagefähigen, industriell zu fertigenden Dachelementes erfolgte eine "ingenieurmäßige Optimierung" durch Auswertung von Erfahrungen, Erkenntnissen und zielgerichteten Tragfähigkeits-, Fertigungs-, Transport- und Montageversuchen. Der Diskussionsbeitrag nennt die Einflußfaktoren und erläutert kurz die durchgeführten Versuche. Das Ergebnis, ein optimales Flächentragwerk und ein dazu entwickeltes Fertigungsverfahren werden beschrieben.

SUMMARY

The "Engineering optimisation" took place after discussing and compiling all the essential factors influencing the development of an industrially producible and erectable large size roof unit through the analysis of experience, knowledge and aimed experiments to determine its ultimate strength and suitability for prefabrication, transportation and erection. The paper mentions the influencing factors and illustrates briefly the experiments carried out. The results, an optimum plate structure and a prefabrication process developed for it, are described.

RÉSUMÉ

Après discussion et rapprochement systématique de tous les facteurs essentiels dans le développement d'un élément de toiture avec une grande surface de couverture à monter et à fabriquer industriellement, on procéda à une optimisation "dans le style de l'ingénieur", c.-à-d. en se servant des expériences, des connaissances, des essais de charge adéquats, des essais de fabrication, de transport et de montage. La contribution à la discussion indique les facteurs influents et explique en peu de mots les essais exécutés. Le résultat, une structure bi-dimensionnelle optimale et un procédé de fabrication pour la-dite construction, sont décrits.