

Über die Verwendung von Stabnetzwerkkonstruktionen im landwirtschaftlichen Bauen

Entsprechend den aus der Verwirklichung des neuen ökonomischen Systems der Planung und Leitung der Volkswirtschaft sich ergebenden Erfordernissen auf dem Gebiet des Bauwesens und der Landwirtschaft, wie sie sich in den Beschlüssen der 4. Baukonferenz widerspiegeln, ist der Bauaufwand radikal zu senken und der ökonomische Nutzen der Investitionen bedeutend zu erhöhen.

Bisher wurden Gebäude und Anlagen in der Landwirtschaft, im Gartenbau und anderen Einrichtungen, die der landwirtschaftlichen Produktion oder ihrem Absatz (Kreisbetriebe für Landtechnik, VEAB u. a.) dienen, fast ausschließlich mit tra-

ditionellen Baustoffen errichtet. Es gab erste Versuche, zu Leichtbaukonstruktionen, rationelleren Montagetechnologien und zur Mastenbauweise überzugehen, immer aber mit traditionellen Baustoffen; das heißt, bis jetzt wurden vornehmlich schwere und mittelschwere Bauten errichtet.

Die weitere ökonomische Entwicklung erfordert:

- eine beträchtliche Materialeinsparung, besonders an Stahl, Beton und Holz;
- den Übergang zur industriellen Vorfertigung von Bauelementen in entsprechenden Losgrößen, indem viele Einzelelemente durch Typisierung zu einem kleineren Sortiment zusammengefaßt werden, das aber viele Gestaltungsmöglichkeiten für verschiedenartigste Verwendungszwecke und entsprechende Konstruktionen ermöglicht;
- die Selbstmontage maximal zu entwickeln;
- beträchtliche Senkung der Kosten;
- leichte Befahrbarkeit von Hallen u. dgl. durch entsprechende freitragende Konstruktionen und Spannweiten.

1. Leichtmetallbauweise durch Stabnetzwerkkonstruktionen

Die bisher gängige Bauweise für Unterstellhallen, Bergeräume u. dgl. war vom Konstruktionssystem her zu schwer angelegt. Der Aufwand an Bauwerksmasse, speziell Stahl, Beton, Holz, aber auch an Investitionen, die Form der Fertigung entsprachen nicht den Funktionen von Unterstellhallen für die Technik, Schüttflächen für Getreide, Sortier- und Lagerstationen u. dgl. Sie vereinigten im Gegenteil nahezu alle Nachteile in sich. Im Ergebnis einer entsprechend kritischen Analyse wurden von der sozialistischen Arbeits- und Forschungsgemeinschaft „Stabnetzwerkkonstruktion“ neue Wege in der Konstruktion beschritten, durch die die üblichen Rahmen- bzw. Binderkonstruktionen mit Unterzügen usw. lünnfallig wurden. Es entstand die Stabnetzwerkkonstruktion. Bei der Verwendung von Stabnetzwerkkonstruktionen für leichte eingeschossige Gebäude und Überdachungen, d. h. für moderne leichte Bauweisen, kann man zwei prinzipielle Ausführungsmöglichkeiten unterscheiden:

- a) homogene bzw. quasihomogene Schalenkonstruktion aus Kunststoffen
- b) Fachwerkkonstruktion, die als ebenes oder räumliches Fachwerk aufgebaut sein kann.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Stabnetzwerkkonstruktionen erarbeitet. Schon während der Bearbeitung zeigte sich, daß diese Konstruktionen für viele unterschiedliche Zwecke Verwendung finden können. Stabnetzwerkkonstruktionen sind räumliche Fachwerke mit einfach oder doppelt gekrümmten Oberflächen (s. Abbildungen).

2. Stabnetzwerkkonstruktion im Gewächshausbau

Ein Versuchsbau wurde als Gewächshaus mit einer Spannweite von 12 m ausgeführt (Bild 1 und 2). Diese Konstruktion ist als einschalige Konstruktion für Spannweiten bis zu 17 und 24 m und als mehrschalige Stabwerkkonstruktion bis zu bedeutend größeren Spannweiten weiterentwickelt worden. Für diese Stabnetzwerke, die auch tonnenförmige, kuppelförmige oder kegelförmige Gestalt haben können, kann man verschiedene Dacheindeckungen wählen. Am günstigsten sind jedoch Eindeckungen aus flexiblen Materialien, also Folien oder Gewebe, da sie nur an den Knotenpunkten befestigt zu werden brauchen und die Tragwerkkonstruktion nur mit Normalkräften und nicht mit Biegekräften belasten (Bild 3). Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, daß bei der Folien- und Gewebeeindeckung eine Reihe von Problemen auftreten, die auf noch mangelnden Erfahrungen mit diesen

* Institut für Gärtnerische Betriebsökonomie der Humboldt-Universität zu Berlin.

** VEB Typenprojektierung bei der Deutschen Bauakademie Berlin

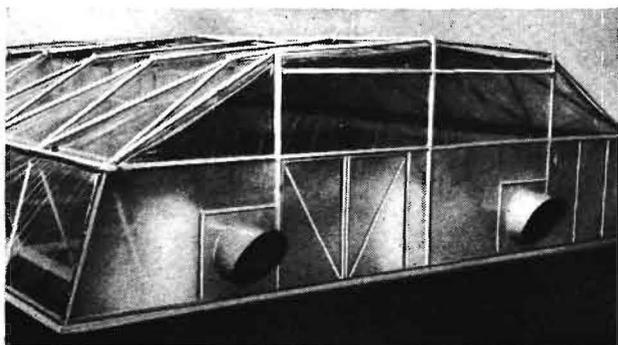
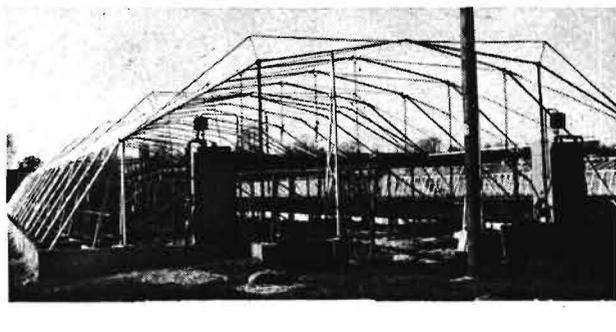


Bild 1. Modell eines Stabnetzwerkgewächshauses. Die Folie wurde unter die Tragkonstruktion gespannt. Spannweite 12 m

Bild 2. M- und E-Baukonstruktion für ein Gewächshaus mit 12 m Spannweite



(Schluß von Seite 156)

allen auch deshalb, weil vielfach erst große Serien die Voraussetzung schaffen, moderne und leistungsfähige Technologien für die Fertigung anzuwenden.

Zusammenfassung

Wie gezeigt werden konnte, ergibt sich eine Fülle von Problemen und Aufgaben, die im Interesse der weiteren Durchsetzung der Leichtbauweise insbesondere aus Kunststoffen in den folgenden Jahren in Angriff genommen und gelöst werden müssen. Einige weitere Fragen und Probleme im Zusammenhang mit der notwendigen Verbesserung der Eigenschaften der Kunststoffstoffe bezüglich Witterungs- und Lichtbeständigkeit u. a. konnten hier nicht erörtert werden. Bei aller Problematik, die noch besteht, darf man aber andererseits feststellen, daß es in einem relativ kurzen Zeitabschnitt gelungen ist, bauliche Lösungen zu entwickeln, zu prüfen und zum Teil produktionsreif zu gestalten, die eine neue Etappe beim Bau von Gemüseproduktionsstätten eingeleitet haben. In dieser Etappe des verstärkten Plasteinsatzes zum Leichtbau stehen wir noch am Anfang einer gewiß interessanten und erfolversprechenden Entwicklung. A 6337

Materialien beruhen. Es wurden daneben Konstruktionen entwickelt, die mit Asbestzementplatten, glasfaserverstärkten Polyesterplatten oder mit anderen leichten Dachplatten abgedeckt sind, für deren Verwendung ausreichende Erfahrungen vorliegen.

2.1. Die Tragkonstruktion für die Gewächshäuser

wird von einem tonnenförmigen Raumbastwerk gebildet (Bild 1 und 2). Die Stäbe dieses Tragwerkes sind Stahlrohre (geschweißtes Siederohr) mit 40 bis 60 mm Außendurchmesser, die entweder an die Knotenpunkte aus abgekanteten Blechen angeschraubt oder zwischen zwei Knoten aus Temperguß eingeklebt werden (Bild 4). Die letztere Ausführung scheint dabei die technisch bessere zu sein, da sie einen idealen Korrosionsschutz bietet und die Zinkschutzschicht der Stäbe und Knoten durch die Verklebung nicht angegriffen wird, was z. B. bei Schweißarbeiten der Fall wäre. Statt der Stahlrohre könnten auch Aluminium- oder Kunststoffstäbe (z. B. Stäbe aus glasfaserverstärkten Plasten) verwendet werden. Um die Stäbe nicht auf Biegung zu beanspruchen, müssen alle Lasten der Dachhaut und Inneneinrichtung nur an den Knotenpunkten in die Tragkonstruktion geleitet werden. Dadurch kann die Konstruktion leicht sein, und gegenüber den traditionellen Gewächshäusern werden 50 bis 60 % Stahl eingespart. Die Größe der einzelnen Gewächshauschiffe ist entsprechend der TGL 116-0134 (Gewächshäuser) mit 12 m wie beim Versuchsbau und weiter in 6 m Abständen festgelegt. In der Längsrichtung sind im Abstand von 3 m Stützen vorhanden. Mehrere Schiffe können zu Blöcken zusammengefaßt werden, dadurch lassen sich größere Flächen gewinnen, die eine günstigere Nutzung ermöglichen. Ein fertiges Projekt für 5000 m² liegt vor, wofür zunächst noch ein Muster- und Experimentalbau errichtet wird. Um die Einrichtung, wie Wärmeversorgungsanlagen, Wasserversorgung usw., auf bestimmte Größen abzustimmen, sind entsprechend typisierte Anlagen zu bevorzugen. Unter Berücksichtigung dieser — und im Bild gezeigten — geometrischen Parameter- und Segmentkombination für die tonnenförmige Stabnetzkonstruktion des Versuchsgewächshauses in Wollup ergaben Be-

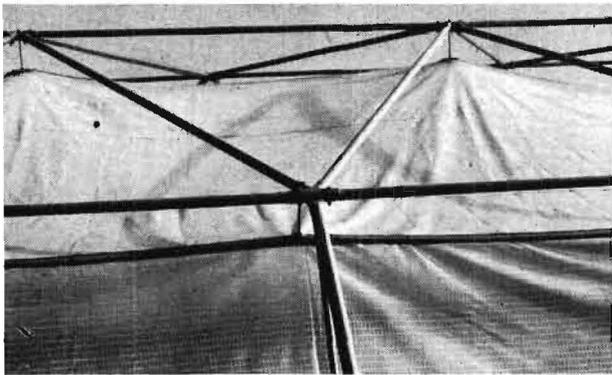


Bild 3. Stabnetzgewächshaus mit untergespannter dederonnetzverstärkter PVC-Folie

Bild 4. Knotenpunkte für Stabnetzwerke aus Temperguß. Sie sind zweischalig, die Stäbe werden zwischen die beiden Schalen geklebt



lastungsversuche, daß unter Vollast keine nennenswerten Verformungen auftreten. Vom Institut für Industrie und Ingenieurhochbau, Weimar (Prof. SPEER), wurden gemeinsam mit dem Institut für Leichtbau, Dresden, unter Zuhilfenahme der maschinellen Rechentechnik statische Untersuchungen vorgenommen. Die Anwendung eines Rechenautomaten war notwendig, da bei einer solchen Konstruktion eine Vielzahl von Gleichungen zu lösen ist. Es hat sich dabei herausgestellt, daß auch dem ZRA 1 für die Weiterentwicklung der Stabnetzwerke wegen seiner geringen Speicherfähigkeit Grenzen gesetzt sind. Der schnelle Aufschwung der maschinellen Rechentechnik auch in unserer Republik wird es aber schon in nächster Zeit ermöglichen, mit Hilfe des Großrechners Elliot 503 statische Berechnungen noch differenzierter und exakter durchzuführen und damit weitere Materialeinsparungen vorzunehmen. Die gegenwärtigen Stahlmassen je m² überdeckter Fläche betragen 8 bis 10 kg ohne Fundamentbewehrung. Durch Verbesserung der Berechnung werden sich nochmals 30 % an Stahl einsparen lassen.

Die bis jetzt durchgeführten Untersuchungen haben die Notwendigkeit gezeigt, bei Leichtbaukonstruktionen exakter zu rechnen, zu konstruieren und zu produzieren. Die Knotenpunkte können als Guß- oder Schweißteile in Serien von 20 000 bis zu 100 000 in einem Formwerkzeug hergestellt werden und sind dann bei diesen großen Loszahlen sehr billig (Kosten je Knotenpunkt nach ersten Kalkulationen etwa 4,00 MDN). Die Teile können gut transportiert werden, da sie nicht sperrig sind und der Transportraum optimal ausgenutzt wird. Die Montage hat gezeigt, daß sie tatsächlich im wesentlichen von ungelerten Arbeitskräften ausgeführt werden kann. Lediglich wenn man die Teile miteinander verklebt, ist es notwendig, eine Fachkraft zur Aufsicht bereitzustellen.

2.2. Abdecken der Stabnetzwerkstrukturen mit verschiedenen Folien

Für die Abdeckung kommen verschiedene Folien in Frage, hauptsächlich PVC- oder Polyäthylenfolien. Die Folien können leicht stabilisiert und durch aufgeschweißte Dederonnetze mechanisch verstärkt werden. Die praktischen Versuche haben aber gezeigt, daß es in Zukunft günstig sein wird, mit sehr billigen Folien zu arbeiten und diese so an der Konstruktion zu befestigen, daß man sie mit geringem Arbeitsaufwand aufhängen und abnehmen kann. Die lichtstabilisierte und mit Dederonnetzen verstärkte PVC-Folie kostet $\approx 4,50$ MDN/m². Der Preis für die billigsten Folien, die verwendet werden können (0,1 mm Polyäthylen), liegt bei 1/4 dieses Preises. Da man auch bei stabilisierten PVC-Folien annehmen muß, daß sie nicht länger als 2 bis 3 Jahre genutzt werden können, empfiehlt sich deshalb die Verwendung der billigen, oft austauschbaren Folie, bei der es dann auch keine Reinigungsprobleme gibt, da sie jeweils nur für eine Saison verwendet werden. Die Tendenz zur Verwendung von billigen Folien für solche Gewächshäuser entspricht internationalen Erscheinungen. Aus amerikanischen Berichten ist z. B. zu entnehmen, daß ebenfalls am Problem der vollmechanisierten Auslegung von billigen Folien gearbeitet wird.

Im Ergebnis dieser Feststellungen wurden systematische Untersuchungen der Folienabdeckungen von Stabnetzwerkstrukturen sowohl in technologischer als auch in materiell-technischer Hinsicht begonnen.

In Auswertung der in den letzten Wochen gewonnenen Erfahrungen ist zu empfehlen, daß die Folien nur bedingt zur Kraftableitung mit herangezogen werden. Es wurde ein Seilnetz projiziert, auf das die Folie gelegt wird und das die lotrechten Kräfte in der negativen Z-Richtung aufnimmt. Über diese Folie wird ein zweites Netz gespannt, das die abhebenden Kräfte (positive Z-Richtung) aufnimmt. Dadurch wird es möglich, die Flattererscheinungen auszuschalten und überdies mit einem Minimum an Arbeitskräften die Folie durch Hochziehen mit den Netzen zu montieren bzw. durch Herablassen zu demontieren. Dann ist ein saisonweises Auswechseln der Folie leichter möglich.

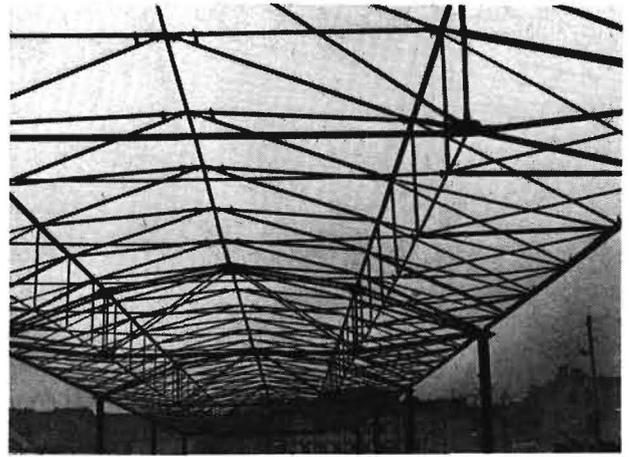
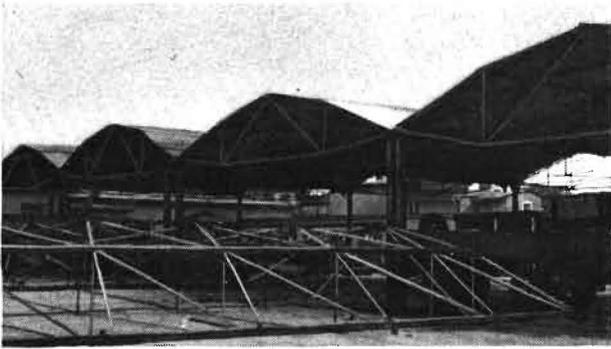


Bild 5. Stabnetzwerke mit 9×12 m Stützenabstand für Getreideschüttflächenüberdachungen. Im Vordergrund vormontierte Konstruktion

Bild 6. Freiflächenüberdachungen wie Bild 5, aber ohne Eindeckung

Tafel 1.
Vorschlag für die Anwendung der Stabnetzwerkkonstruktion im landwirtschaftlichen Bauen

Verwendungszweck	Stabnetz-Konstrukt. als ...	Größeneinheit n = Längen bis 100 m	Eindeckung mit	Innenmechanisierung bzw. Technologie	errichtet als ...
1. Unterstellhalle f. Maschinen, Geräte	Tonne	$n \times 12, 18, 24$ m	Wellasbest	Gestaltung entsprechend Fahrbreiten übliche Lade- u. Entladetechnik	Einzelanlage im Betrieb (VEG, LPG, GPG) VEAB
2. Traktoren-, LKW-Schuppen					
3. Schüttfläche für Getreide					
4. Unterstell-, Sortier- und Verpackungshalle für Kartoffeln, Gemüse, Obst, Baumschulware (Japans)					
5. Lager für Saat- und Pflanzgut; Pflanzenschutzmittel, Hilfsmaterial					
6. Lagerraum, Silo-überdachung u. a.					
7. Gewächshäuser		$n \times 1, 18$ m	Folien verschiedener Art od. Polyester	s. Dt. Gartenbau (1965 H. 8)	im Betrieb oder als Kooperationseinrichtg.
8. Leichtkühlflächen u. Kühllager		$n \times 18$ m	vorgefertigte Isolierplatten als Wände u. Decken	s. Dt. Gartenbau (1965) H. 7; Obstbau 1965, H. 3	am zweckmäßigsten Kooperationseinrichtung
9. Düngerhalle		$n \times 12, 18$ m	Wellasbest	noch Vorschlag	
10. Ställe (z. B. Rindermast, Schafe u. a.)		$n \times 12$ m	Wellasbest		Einzel- oder Kooperations-einrichtung.
11. Chemisches Zentrum (für mineralische Düngemittel, Kalk, Pflanzenschutzmittel)	Kuppel	Lagerkapazität 2 800 t = 20 000 ha LN	Folie	s. WTF (1964) H. 12	Kooperations-einrichtung
12. Trafostation	}	$n \times 6, 12$ m	Wellasbest	s. Typenprojekte	Einzelhaus im Betrieb
13. Pumpstation					

	[MDN/m ²]	[%]
Dachkonstruktion	20,60	49
Stützen	12,50	30
Montageanteil	4,70	11
Frachtkosten	2,93	7
Sonstiges	1,00	3
Wellasbestabdeckung	41,73	100
Anteil der Fundamente	8,70	
Gesamtkosten des fertigen Daches	3,70	
	54,13	

Tafel 2.
Kosten für freistehendes Dach Typ „Waren“

3. Stabnetzwerkkonstruktionen für andere Verwendungszwecke

Für den VEAB Waren/Müritz wurden Schüttflächenüberdachungen entwickelt, die einen Stützabstand von $9 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ haben, ebenfalls aus verschweißtem Siederohr bestehen und deren Konstruktionsmasse (reine Stahlkonstruktion) rund 9 kg/m^2 überdeckter Fläche beträgt. Diese Dachtragwerke wurden mit Wellasbestplatten abgedeckt; der Preis für die fertigen Dächer mit Stützen und Dacheindeckung (ohne Fußboden) beträgt nur $\approx 50 \text{ MDN/m}^2$ überdeckter Fläche (Bild 5 und 6). Zur Verwendung dieser Dächer kamen Anregungen,

sie außer für Gewächshäuser zum Unterstellen von Maschinen, für Turnhallen, Sortierstationen, als fahrbare Dächer für den Straßenbau usw. zu verwenden. Der Vorteil bei diesen Dächern ist, daß man als Dacheindeckungsmaterial Baustoffe verwenden kann, deren Verhalten bei den verschiedensten Witterungseinflüssen bekannt ist.

Inzwischen wurden im Bezirk Neubrandenburg durch den Kreisbetrieb für Landtechnik Röbel für mehrere Schüttflächen und für ähnliche Zwecke Konstruktionen serienmäßig hergestellt und errichtet. Auch in den sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben des Bezirkes Berlin ist die Errichtung einer größeren Zahl derartiger Konstruktionen im Jahre 1966 vorgesehen.

Die Konstruktion kann einfach oder auch aneinandergereiht im Baukastensystem angewandt werden. Schließlich gestattet sie, Hallenkomplexe, die bisher isoliert voneinander stehen, miteinander zu verbinden und so rationell Hallen zu schaffen. Beispiele zeigen auch, daß mit Straßenbaumaschinen Betonflächen geschaffen und darauf dann die Stabnetzwerkkonstruktionen errichtet wurden. Es ergeben sich vielfältige

Überdachte Fläche (200 m ²) Anfangskosten	Investsumme		Einsparung K _Δ (MDN)	eingesparte Summen (K _n) ²	
	[MDN/m ²]	[MDN]		bei 3% Zinsen nach 10 Jahren [MDN]	25 Jahren [MDN]
— übliche Bauweise	125	25 000	—	—	—
— Leichtbauweise Variante 1	80	16 000	9 000	12 087	18 801
— Variante 2 ¹	60	12 000	13 000	17 459	27 457

Tafel 3.
Hallen (Sortier-, Verpackungs-
räume Unterstellgruppen u. ä.)

¹ Variante 2 = Stabnetzkonstruktion ² errechnet nach $K_n = K_{\Delta} \left(1 + \frac{z}{100}\right)^n$

Verwendungsmöglichkeiten (Tafel 1). Die bis jetzt bekannten Kosten bestätigen die Richtigkeit des beschrittenen Weges (Tafel 2). Durch weitere Verbesserung der Konstruktion, wie z. B. durch Verwendung von Dreiböcken zur Abstützung, läßt sich der Materialaufwand noch wesentlich senken, indem man den Stützenanteil bei derartigen Hallen verringert. Schließlich kann — wie bereits erwähnt — durch weitere Berechnung der Statik nochmals Material eingespart werden. Werden zwei Dächer aneinandergereiht, so betragen die Kosten für die montierte Dachkonstruktion ohne Fundament und Dachhaut 38,63 MDN/m² überbauter Fläche und bei fünf aneinandergereihten Dächern schließlich nur noch 36,73 MDN/m². Der Vergleich derartiger Konstruktionen mit den bisher üblichen Standardausführungen zeigt eine wesentliche Einsparung, wodurch nach sieben Jahren allein durch die eingesparte Investitionssumme und die dementsprechend eingesparte Zinssumme die Fläche in gleicher Größe noch einmal errichtet werden kann (gleiche Preise vorausgesetzt), so daß neben der in der normativen Nutzungszeit abbeschriebenen Summe für die Neubeschaffung der Halle im gleichen Zeitraum noch zwei bis drei Hallen zusätzlich errichtet werden können (Tafel 3).

Für ein Mineräldüngerlager wurden Kuppelkonstruktionen mit 24 m Durchmesser entwickelt, die als Dacheindeckung ein PVC-beschichtetes Dederongewebe erhalten sollen. Kuppelkonstruktionen sind statisch sehr günstig. Eine Halbkugelhülle mit 24 m Dmr. beansprucht eine Stahlmasse von nur 13 kg/m² überdeckter Fläche. Bei Vervollkommnung der Berechnungsmethoden in der nächsten Zukunft wird sich der Stahlbedarf auch hierbei um mindestens 30 % senken lassen. Die Kuppelkonstruktionen sind auch deswegen sehr interessante Bauformen, weil bei der Kuppel Dach und Wand eine einheitliche Konstruktion bilden, das heißt, daß in der angegebenen m²-Masse die gesamte Stütz- und Wandkonstruktion mit enthalten ist. Gegenwärtig ist es notwendig, die Montagetechnologien für solche Kuppelkonstruktionen zu lösen und so günstig zu gestalten, daß der niedrigen Konstruktionsmasse auch ein niedriger Aufwand bei der Montage entspricht.

Jetzt wurde die Berechnung eines sogenannten translationschalenförmigen Stabnetzwerkes abgeschlossen, das einen Stützenabstand von 9 × 18 m hat und mit Wellasbestzementplatten, Wellpolyesterplatten, kaschierten Folien oder kaschierten Streckmetallen abgedeckt werden kann (Bild 7). Es ist zu erwarten, daß der Preis je m² für diese Konstruktionen auch nicht wesentlich höher liegen wird als der für die Dächer in Bild 5 und 6. Alle bis jetzt genannten Konstruktionen sind bereits durchgerechnet und durchkonstruiert, werden in der Praxis erprobt bzw. zur Erprobung vorbereitet.

Als nächste Entwicklung wurde versucht, von der Geometrie der Stabnetzwerke ausgehend, leichte Unterstellvorrichtungen aus plattenartigen Halbzeugen (Preßplatten, Tafeln aus glasfaserverstärkten Kunststoffen, Tafeln aus Streckmetallen usw.) zu entwickeln, z. B. eine Kuppel mit etwa 5 m Durchmesser (Bild 8). Diese Konstruktionen werden sich besonders für den Selbstbau eignen. Es können geeignete Tafeln bezogen werden, die mit Hilfe von ausleihbaren Schablonen gebohrt und beschnitten werden, die Form des Baukörpers ergibt sich bei der Montage von selbst. Allerdings liegen die bis jetzt untersuchten Spannweiten für solche kuppelartige Gebilde nur bei etwa 6 m.

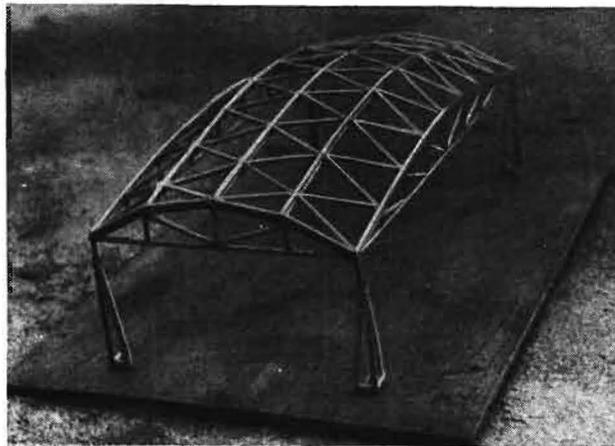


Bild 7. Modell eines translationschalenförmigen Stabnetzwerkes mit 9 × 18 m Stützabstand

Bild 8. Modellfoto einer leichten Montagekupplung, die aus ebenen Platten zusammengesetzt wurde. Das Ausführungsprojekt hat 5 m Dmr.



4. Zusammenfassung

Die in der letzten Zeit untersuchten Stabnetzwerke ermöglichen materialsparende billige Konstruktionen, die sich hervorragend industriell herstellen lassen, leicht zu transportieren und zu montieren sind und schon jetzt einen breiten Anwendungsbereich vor allem für Bauten ohne besondere Anforderungen zeigen.

Literatur

- SEIDEL, E./O. PATZEL: Moderne Leichtbauweisen. Bauern-Echo (1965) Nr. 119 u. Nr. 124
 SEIDEL, E./B. MEYER/O. PATZELT: Ein Vorschlag zur Einrichtung chemischer Zentren im Bereich Frankfurt (Oder). WTF (1964) H. 12
 SEIDEL, E./O. PATZELT: Ein Vorschlag zur Einführung der Leichtbauweisen im Gartenbau der DDR (unveröffentlicht)
 SEIDEL, E./O. PATZELT: Leichtbauweise im Gartenbau. Der Deutsche Gartenbau (1963) H. 8

A 6374