Zeitschrift: Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 15 (1961)

Heft: 10: 1930-1960

Artikel: Sandwichplatten aus Kunststoff = Panneaux "Sandwich" en matière plastique = Sandwich panels for the construction of an elementary school

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-330870

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Marvin E. Goody, Frank J. Heger, Chen Y. Yang und Joseph Schiffer, Architekten;
Ralph Hansen, Marktforscher;
Luigi Contini, Donald Mahaney, Robert Whittier und Michael Giglotti, Ingenieure

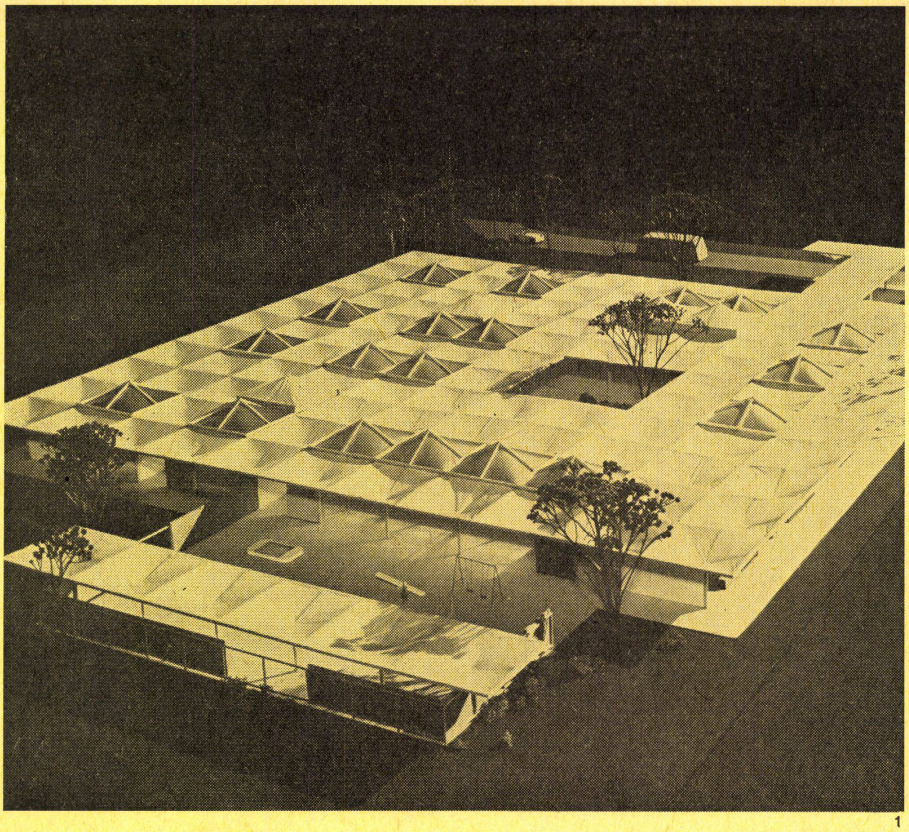
Sandwichplatten aus Kunststoff

für den Bau einer Elementarschule

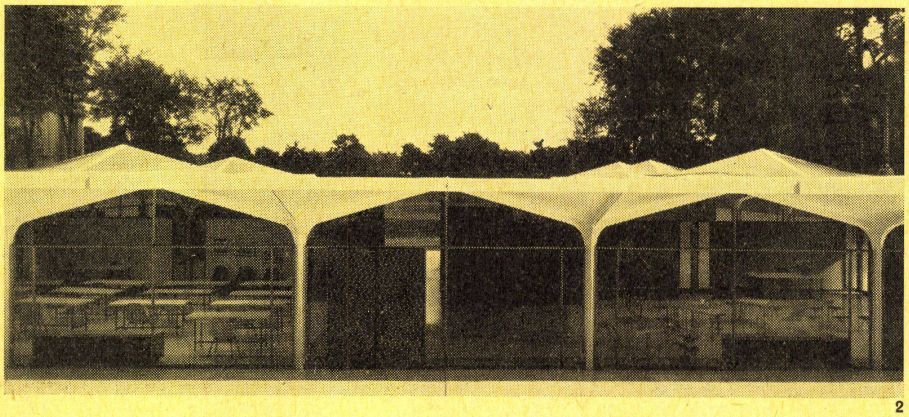
Panneaux «Sandwich» en matière plastique pour la construction d'une école élémentaire

Sandwich Panels for the construction of an Elementary School

Entwicklungsarbeiten seit 1958, Montage 1959 (die Projektierungsarbeiten werden weitergeführt)



1



2

Aufgabe

Die Abteilung für Architektur am Massachusetts Institute of Technology beschäftigt sich seit 1954 mit der Entwicklung von Kunststoffen für Bauaufgaben. Die Forschungsarbeiten werden zusammen mit der Ingenieurabteilung der Chemical Company Monsanto durchgeführt.

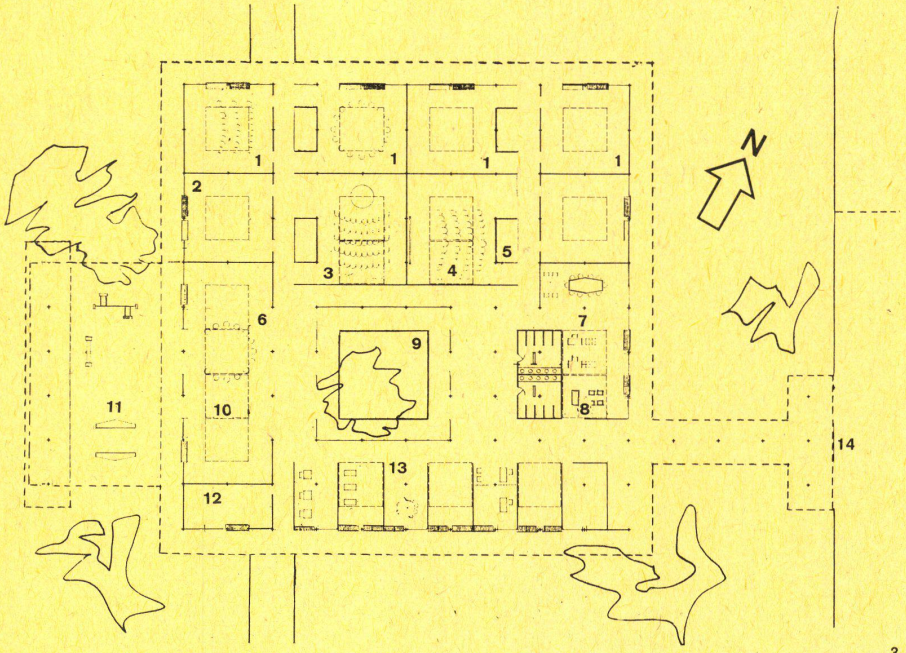
Der Forschung und Planung liegt die Idee des Bauens mit Platten zugrunde, die aus einem Kern von relativ porösem Material und zwei dünnen, steifen Außenschichten bestehen. Solche Sandwichplatten können Lasten tragen, benötigen lediglich ein Minimum von teuren Baustoffen und sind deshalb billig. Kunststoff ist leicht; es ist also einfach, die Platten zu verladen, zu tragen und zu montieren.

Um die praktische Anwendung der Sandwichplatten zu demonstrieren, wurde eine Elementarschule projektiert.

Der Bau sollte eine Gestalt besitzen, die den für das Material typischen Eigenschaften entspricht, um damit für künftige Bauten die beste Anwendung von Kunststoff und Sandwichplatten empfehlen zu können.

Probleme des Schulbaus und der Vorfabrikation

Als Studienobjekt wurde eine Elementarschule gewählt. Weil die Lehrpläne und Lehrmethoden dauernden Änderungen unterworfen sind und in verschiedenen Landes-



3

1 Schulräume / Salles d'école / Class-rooms
2 Leitungspaket / Installations / Mechanical service units
3 Spezialräume / Salles spéciales / Special activities
4 Sammlung / Objets pour l'enseignement / Visual aid
5 Nebenraum / Salle d'utilité / Utility
6 Beleuchtung (Kreise) / Lampes (cercles) / Lights (cercles)
7 Versammlungsraum / Salle de réunion / Conference room
8 Administration
9 Hof / Cour / Court
10 Mehrzweckraum / Salle à multiples fonctions / All purpose
11 Spielhof / Cour de jeu / Play court
12 Mechanische Installationen / Installations mécaniques / Mechanical installations
13 Arbeitszellen / Cellules de travail / Work cubicles
14 Eingang / Entrée / Entrance

1
Modellansicht der projektierten Schule, zusammengesetzt aus vorfabrizierten Kunststoff-, Stahl- und Glaselementen.
Vue de maquette de l'école projetée, entièrement construite en éléments préfabriqués en matière synthétique, acier et verre.
View of model of projected school made of prefabricated elements of steel, glass and synthetic products.

2
Ausschnitt der Südfassade. Die Erhebungen über dem Dach sind Oberlichter aus Kunststoff.
Partie de la façade sud. Les parties élevées sur le toit sont des vitrages supérieures en matière synthétique.
Detail of south elevation. The protruberances on the roof are skylights made of synthetic products.

3
Grundriß 1:750.
Plan.

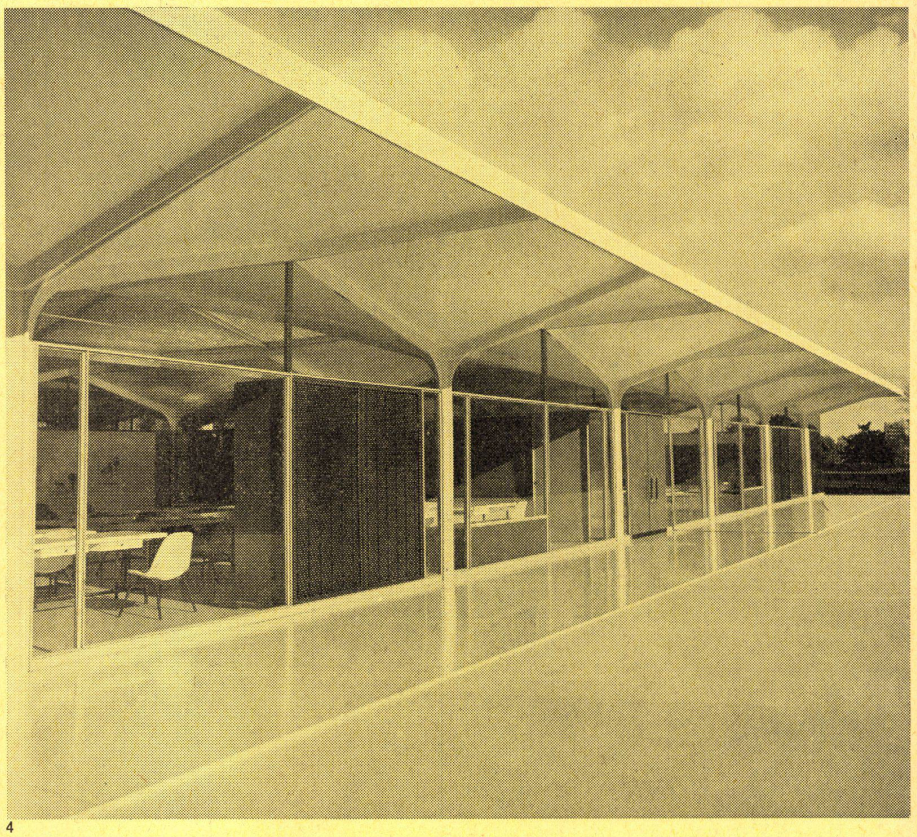
teilen die Schülerzahl je nach Jahrgang stark sinkt oder anschwillt, brauchen wir heute anpassungsfähige Bauten. Die Schulhäuser müssen je nach den Bedürfnissen erweitert, für andere Zwecke umgebaut oder sogar demontiert und an einem anderen Ort wieder aufgestellt werden können. Ferner sollte im Jahrhundert der Zeitknappheit die Errichtung eines Schulhauses nicht Monate und Jahre, sondern nur einige Wochen dauern. Das alles setzt voraus, daß die Elemente der Schulbauten vorfabriziert sein müssen.

Ein Vorteil der Vorfabrikation liegt in der Massenproduktion. Anderseits stellen die Behörden, die Eltern, das Schulkomitee und die Lehrerschaft für ihre Schule ganz individuelle Anforderungen. Eine vorfabrizierte Schule muß also innerhalb ihres allgemeinen Systems variabel sein, so daß die verschiedenen Wünsche eines individuellen komplexen Bauprogramms befriedigt werden können.

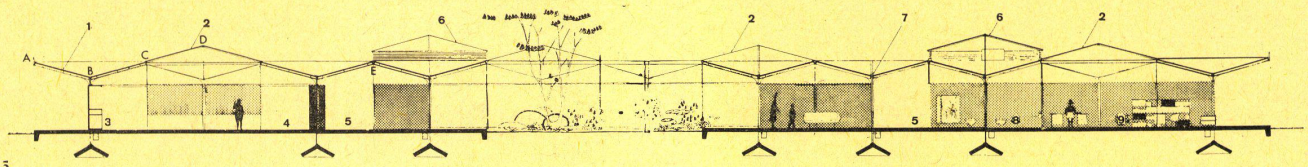
Entwurf

Um diesen Forderungen zu genügen, wurde in dem hier gezeigten Projekt ein System von modularen vorfabrizierten Elementen verwendet, die vom Tragskelett unabhängig sind und zu verschiedenen Grundrißformen angeordnet werden können (Abb. 10—12).

Das Team entschloß sich, nicht eine »Schule für die Zukunft« zu bauen, sondern einen Bau zu projektieren, der mit den heute gebräuch-



4



5

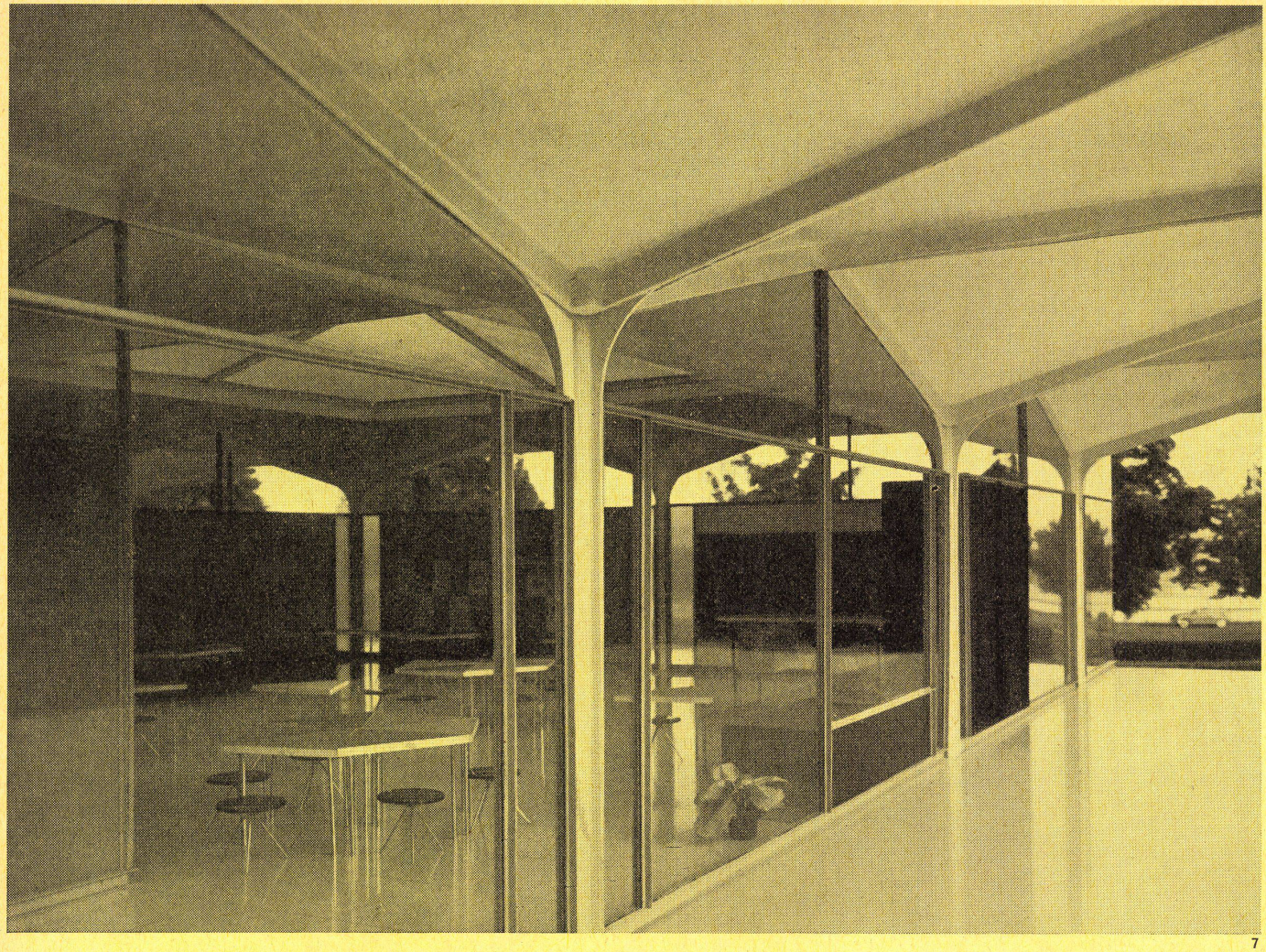
4
Auf Stahlrohrstützen sind je vier stahlgerahmte HP-Schalen aus Kunststoff geschraubt.
4 hp voiles de matière synthétique montées sur piliers tubulaires d'acier et câdres d'acier.
4 synthetic-product hp shells mounted on tubular steel pillars and framed in steel.

5
Längsschnitt 1:300. Details A—E siehe Seite 389
Section longitudinale / Longitudinal section

A Dachfuß / Base du toit / Roof foot
B Verbindung von 2 HP-Schalen / Raccord de deux voiles hp / Assembly of 2 hp shells
C Verbindung eines Schirms mit dem Dachoberlicht / Raccord d'un parapluie avec vitrage / Assembly of skylight and umbrella
D Verbindung von zwei Dachoberlichtplatten / Raccord de deux plaques de vitrage / Assembly of two skylights
E Verbindungsstelle von 2 „Schirmen" / L'assemblage de 2 «parapluies» / Junction of the 2 "umbrellas"
1 Kunststoff-Sandwichplatte, Fluoreszenzröhren und Akustikplatte / Plaque sandwich, tubes fluorescents et plaque acoustique / Sandwich panel of synthetic products, fluorescent tubes and sound-insulation panel
2 Oberlicht aus einer Kunststoff-Sandwichplatte mit Wabenkern / Vitrage supérieur-sandwich / Skylight made of sandwich panels in synthetic products with honeycomb interior
3 Heizungs- und Lüftungstruhe / Meuble de chauffage et aération / Heating and ventilation coffer
4 Klassenzimmer / Salle de classe / Classroom
5 Korridor / Corridor
6 Aufbau des Installationsraumes / Superstructure des installations / Superstructure of installations room
7 Ablaufrohr / Tuyau d'écoulement / Drain pipe
8 Toilette / Toilettes / Lavatories
9 Administration

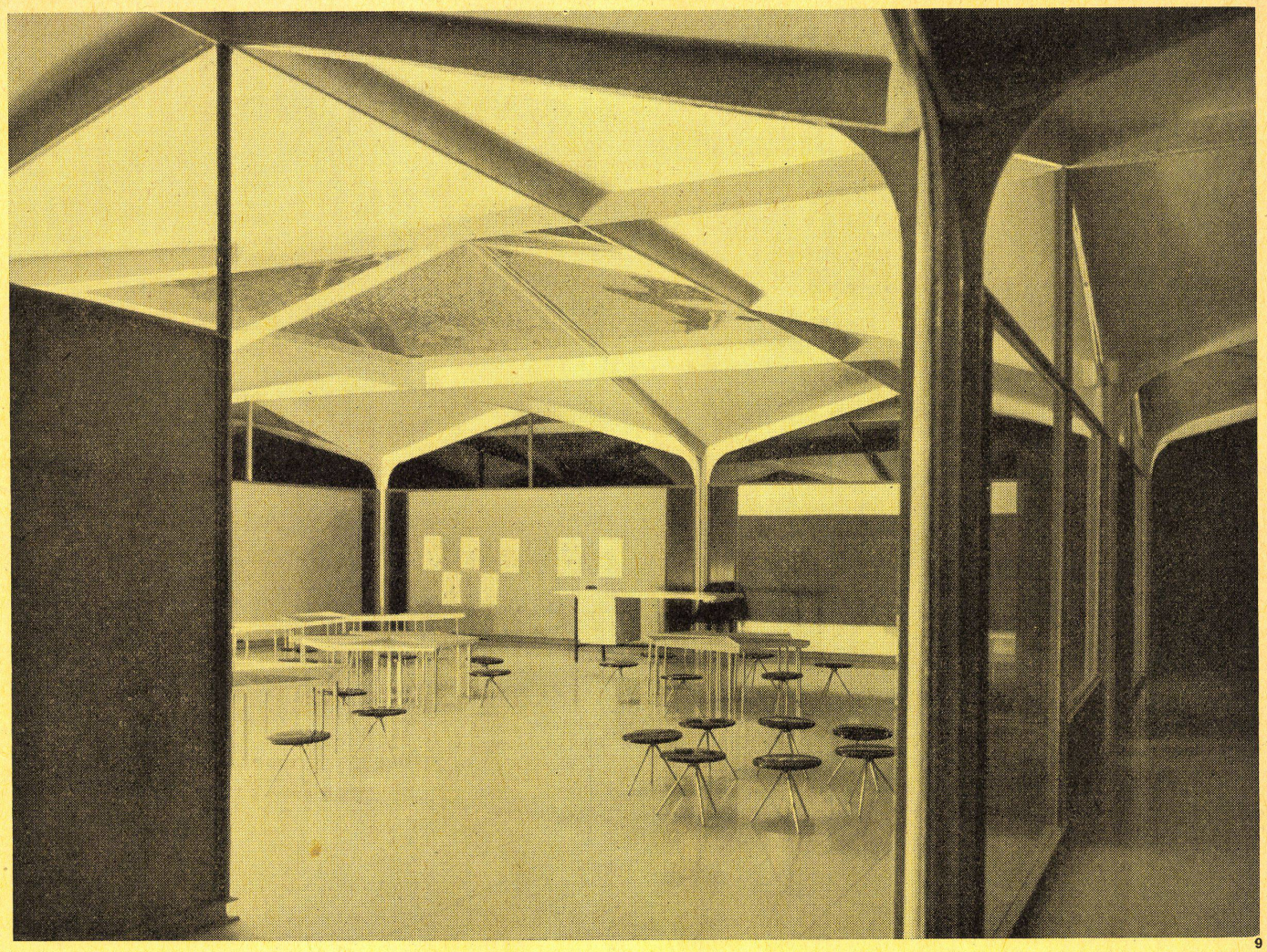
6
Korridor. Den Rohrstützen sind vier Rippen angeschweißt, an welchen die Wand- und Türelemente befestigt werden.
Corridor. Les piliers tubulaires sont soudés aux côtes latérales qui supportent en même temps les éléments-paroi et éléments-portes.
Corridor. The tubular pillars are welded to four lateral ribs, to which the wall and door elements are attached.

6



7

8



9

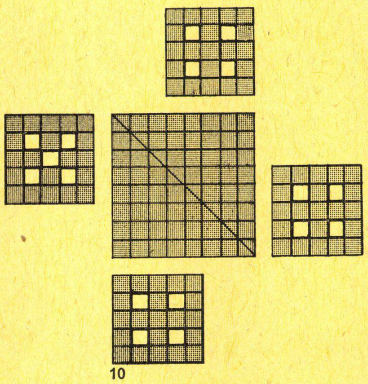
lichen Standardmaterialien und innerhalb eines beschränkten Baukredites realisiert werden kann. Ein Bau aus Kunststoff ist heute in den USA nur wenig teurer als ein konventionell konstruierter Bau.

Dachelemente

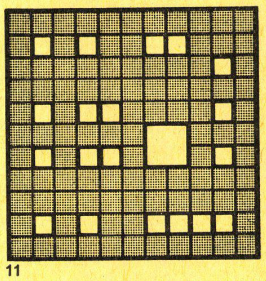
Als Form für die Dachplatten wurde aus den verschiedenen möglichen Systemen das hyperbolische Paraboloid gewählt (Abb. 13). Obwohl die Form gekrümmt ist, wird das hyperbolische Paraboloid gebildet von zwei Scharen gerader Erzeugenden, die im rechten Winkel zueinander auf einer schiefen Ebene bewegt werden. Aus diesem Grunde kann man die HP-Platten sehr einfach aus geraden Teilen herstellen; wenn sie gegossen werden, ist dazu nur eine sehr einfache Schalung nötig. Die geraden Kanten der sattelförmigen Elemente erleichtern die Befestigung von Dachplatte zu Dachplatte oder von der Dachplatte zur Stütze, und die geraden Erzeugenden vereinfachen die Aufstellung von Wänden, die Montage von Fluoreszenzröhren und anderen geradlinigen Elementen auf der gekurvten Oberfläche.

Das hyperbolische Paraboloid hat die besondere Eigenschaft, unter einförmiger Belastung nur Membranspannungen hervorzurufen. Bei einer anders gekrümmten oder flachen Platte treten neben den Membranspannungen noch Biegemomente auf. Da bei der gewählten HP-Fläche die Biegemomente wegfallen, ist sie bedeutend stärker als eine flache Platte gleicher Konstruktion. Um die richtige Dicke für Wärmedämmung und die richtige Biegeresistenz zu schaffen, wurde die Sandwichkonstruktion gewählt.

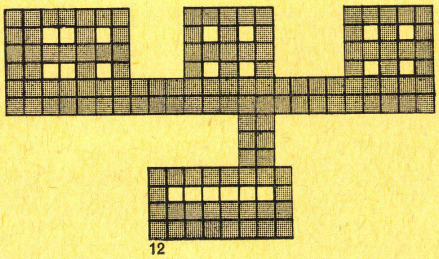
Die zentralen Stützen bestehen, da sie biegeresistent sein und das Dachwasser ableiten müssen, aus runden Rohren mit Stegen.



10



11



12

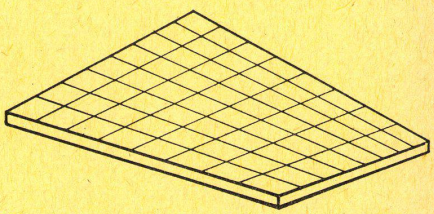
7
Blick in einen Klassenraum.
Vue dans une salle de classe.
View into a classroom.

8
Raum Nr. 4 (s. Grundriß Seite 384) mit Oberlichtern, bestehend aus einer Kunststoff-Sandwichplatte mit Wabenkern.
Local No 4 avec vitrage supérieur-sandwich.
Room 4 with skylights consisting of synthetic products with honeycomb interior.

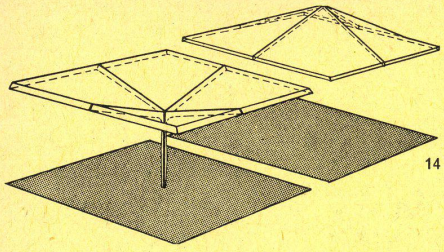
9
Ein Oberlicht in einem Normalklassenzimmer.
Un vitrage supérieur dans une salle normale de classe.
A skylight in an ordinary classroom.

10—12
Variationsmöglichkeiten mit dem Dachplatten- und Stützensystem. Eingeschossige Schulanlagen können im Grundriß beliebig angeordnet werden. Die weißen Quadrate stellen Oberlichter dar.
Possibilités de variation des plaques de toiture et du système porteur. Toutes les dispositions sont possibles au rez-de-chaussée. Les carrés clairs représentent les vitrages supérieurs.
Possible variations in roof panels and bearing system. Everything may be carried out on the ground floor. The white squares stand for skylights.

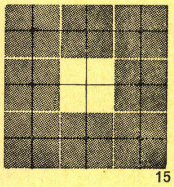
13
HP-Fläche mit geraden Erzeugenden.
Surface hp et ses droites de formation.
Hp surface with straight generatrices.



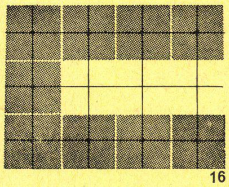
13



14



15



16

14
Die Einheit eines Schirms mit vier HP-Kunststoffplatten auf einer Stahlrohrstütze links, und ein Oberlichtelement rechts.

L'unité d'un parapluie de 4 plaques hp sur un pilier tubulaire à gauche et un élément-vitrage à droite.

"Umbrella" unit with 4 hp panels of synthetic products on a tubular pillar to the left and a skylight element to the right.

15 und 16
Grundkombination von Stützen und Oberlichtern im Grundriß.

Combinaisons de base des piliers et vitrages supérieurs en plan.

Basic combination of pillars and skylights in plan.

17
Rahmenelement einer Dachplatte aus Stahlblech.

Eléments-câdres d'une plaque de toiture en tôle d'acier.

Sheet steel frame elements for a roofing panel.

18
Das gleiche Rahmenelement wird zum Verstärken der Kanten der Oberlichtplatten verwendet.

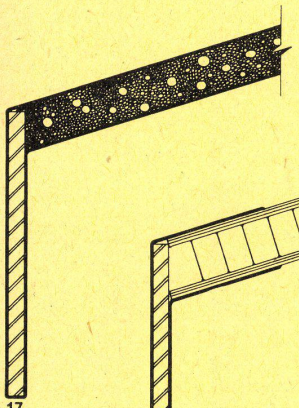
Le même élément-câdre sert de raidissement aux plaques-vitrage.

The same frame element acts as a bracing for the edges of the skylight panels.

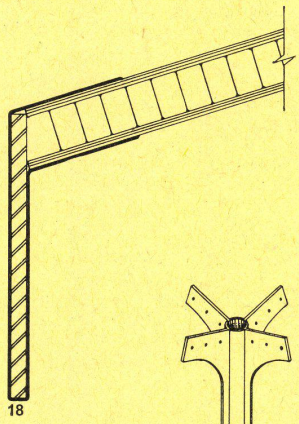
19
Rohr als Stütze und Ablaufrohr mit angeschweißten Stegen zum Montieren der Dachplatten und der Wände.

Tube-pilier et en même temps écoulement avec pièces d'assemblage pour le montage des éléments de toiture et des parois.

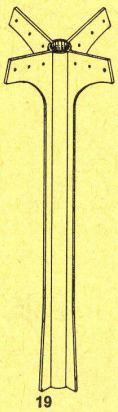
Tube as support and drainpipe with welded struts for the assembly of roof panelling and walls.



17



18



19

Ein nach innen gekehrter »Schirm«, der aus 4 hyperbolischen Paraboloidplatten besteht, die auf eine zentrale Stütze geschraubt sind, bildet das Basisbauelement (Abb. 14 links). Jedes Dachelement ist an den 4 Kanten von einem verstärkenden Stahlrahmen eingefaßt (Abb. 17). Die Platten haben eine Fläche von 2,4 m im Quadrat; diese Größe wurde von Verlade- und Transportbedingungen (Größenbeschränkung) bestimmt. Der Schirm hat eine Fläche von 4,8 x 4,8 m. Wenn er zusammengefügt ist, bildet er ein lückenloses Dach.

Das Dachwasser wird von den HP-Schalen eines Schirms unabhängig von den anschließenden Schirmen durch die zentrale Rohrstütze abgeleitet. Es können also »Schirme« angefügt oder weggenommen werden, ohne daß das Dach während des Umbaus undicht wird.

Zwischen die Schirmelemente können Oberlichter gesetzt werden (Abb. 14 rechts und 20—22). Das Oberlicht von 4,8 x 4,8 m ist der Form nach eine Umkehrung des Schirmes und besteht aus vier 2,4 x 2,4 m großen lichtdurchlässigen Kunststoffplatten mit einem Honeycomb-Kern (Waben aus Papier, Aluminium oder Kunststoff). Das Oberlicht wird von den angrenzenden Schirmen getragen. Ein Stahlkabel kompensiert die asymmetrische Belastung der stützenden Schirme und gleicht die Druckspannung aus.

Mit einem Oberlichtelement in der Mitte kann ein stützenloser Raum von 9,6 x 9,6 m geschaffen werden, von einem Maß also, das der Größe der Klassenräume entspricht (Abb. 9 und 15). 2 Moduleinheiten zu 2,4 m = 4,8 m entsprechen der Abmessung der Büros; eine Moduleinheit von 2,4 m entspricht der Breite der kleinen Büros.

Das stützenlose Oberlicht wird zwischen 2 Schirme gesetzt und durch ein Spannkabel verbunden. In den Abb. 21 und 22 bedeuten die Vierecke mit den Diagonalen Oberlichter, die anderen Vierecke Schirme. Die Mittellinien bezeichnen die Richtung der horizontalen Spannkabel.

Abb. 23 zeigt die Kombination Oberlicht—Schirm. Die Dachoberfläche wird einer gleichmäßigen Schneebelastung ausgesetzt. Die resultierenden Schubkräfte, die mit S bezeichnet sind, werden auf die Metallrahmen übertragen. Diese Schubkräfte können durch Druckkräfte P in den Stützen der Schirmelemente ausgeglichen werden, falls an der Spitze eine fiktive Kraft P eingesetzt wird. Da aber an dieser Spitze in Wirklichkeit keine äußere Kraft einwirkt, muß diese fiktive Kraft wieder wegfallen. Das ist in Abb. 24 gezeigt: es wurde eine entgegengesetzte Kraft P eingesetzt, und es werden die inneren Reaktionsspannungen und die äußeren Reaktionskräfte dargestellt. In Abb. 24 sind a, b und c konstant und von den Dimensionen der Konstruktionselemente abhängig. Zu beachten ist, daß die Größe P zweimal der resultierenden Schubkraft S in Abb. 23 entspricht. Indem also Spannkabel verwendet wurden, erhält man ohne Biegemoment ein Kräftegleichgewicht.

Nun wollen wir eine Anordnung betrachten, in der mehrere Oberlichter in der Richtung der Spannkabel liegen. Wenn wir derselben Methode, wie sie für Abb. 21 und 22 angewendet wurde, folgen, gelangen wir zu einer Beschränkung: um Biegemomente in den Stützen und Rahmenplatten und um eine Druckspannung in den Spannkabeln zu vermeiden, müssen die Oberlichter durch einen (und nur durch einen) Schirm zwischen vertikalen Spannkabeln getrennt werden. Es ist zu bemerken, daß diese Beschränkung sich nur auf die Richtung der horizontalen Spannkabel bezieht (Abb. 25).

Es wurde angenommen, daß die Schale nur allen 4 Kanten entlang gestützt wird und daß die Kantenelemente in der Längsrichtung eine unendlich große und in der seitlichen Richtung eine zu vernachlässigende Steifigkeit haben. Unter diesen Voraussetzungen produziert eine einheitliche Belastung der Schale längs der Kanten eine einheitlich verteilte Schubkraft S, die man in folgende Formel setzen kann: $S = \frac{wb^2}{2c}$.

w steht für die einheitliche Belastung, b ist die horizontale Projektion der Kantenlänge, und c ist die Höhe (Abb. 26 und 27).

Die Schubspannung ist gleich der Schubkraft S, dividiert durch die doppelte Dicke des Oberflächenmaterials. Die Zug- und Druckspannungen entsprechen den Schubspannungen. Die Richtungen dieser Kräfte werden in Abb. 27 gezeigt.

Dachplatten und Stützen

Das ungefähre Totalgewicht für eine ganze 2,4 x 2,4 m große Dachplatte beträgt 113 kg. Das ist ungefähr ein Zehntel des Gewichts einer entsprechend großen Betonplatte. Jede Platte besteht aus zwei 1,5 mm dicken und mit Glasfasern verstärkten Folien aus Polyakrylester und einem Schaumkern von 25 mm (Abb. 28). Die Stahlprofile, mit denen die Kanten der Platten verstärkt sind, haben eine Höhe von 17 cm (Abb. 17 und 18); sie übernehmen die Spannungen in den Platten und dienen als Versteifung.

Die Stützen bestehen aus Rohren von 12,5 cm Durchmesser und 4 Stegen, die auf die Rohre geschweißt sind (Abb. 6 und 19). Die Stege sind oben verbreitert zu Verbindungsflächen für die Montage der Dachplatten; gegen die Basis sind sie um 2,5 cm verbreitert, um die Biegeresistenz zu vergrößern. Die Stege werden zudem zur Verbindung der Stütze mit Wandplatten und Verglasung gebraucht (Abb. 31 und Konstruktionsblatt).

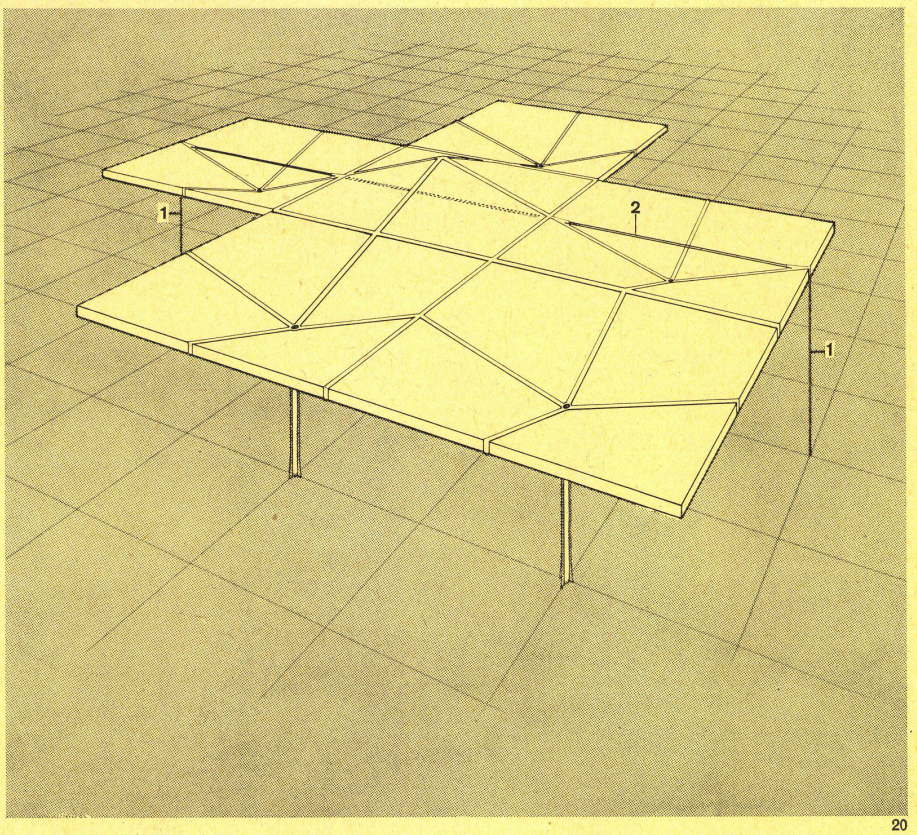
Die Stütze ist noch weit davon entfernt, ein rationell hergestelltes Element zu sein. Sie verursacht sehr viel handwerkliche Arbeit (Schweißen, Verputzen) und ergibt wegen der Form der Stege einen großen Materialabfall. Aber das Profil der Stahlstütze dürfte einem Stützenprofil in Kunststoff entsprechen, wenn die Entwicklung auf dem Gebiet des Plastiks so weit fortgeschritten ist, daß der neue Baustoff auch eine hohe Tragfestigkeit aufweist.

Montage

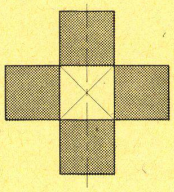
Fundamente und Stahlbetonplatten bilden die Basis. In diese sind die Stützen eingespannt. Dann werden die Dachplatten aufgesetzt und mit dem Säulenkopf verschraubt (Detail B von Abb. 29). Eine Platte kann von Hand von 4 Männern, die eine niedrige fahrbare Plattform benutzen, in die richtige Stellung gehoben werden. Wenn das Bauobjekt sehr groß ist, wird für die Montage besser ein Kran verwendet, der es ermöglicht, daß die Oberlichter und der ganze Schirm auf dem Boden montiert werden. Da die Elemente verschraubt sind, kann man die Bauelemente wieder demontieren und an einem anderen Ort neu zusammenfügen.

Alle Plattenfugen werden mit einem Dichtungsstück aus Neoprene abgedeckt. Dann wird ein Vinylüberzug auf den Stahlrahmen geschweißt (Abb. 29). Die Ausdehnung jedes Elementes und kleine Deformationen innerhalb des ganzen konstruktiven Gefüges haben keine nachteiligen Folgen, weil Dichtungsstück und Vinylüberzug genügend elastisch sind.

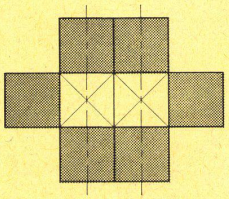
Die Polyakrylester-Schichten brauchen keine weiteren Schutzüberzüge, wenn sie unter idealen Bedingungen hergestellt wurden.



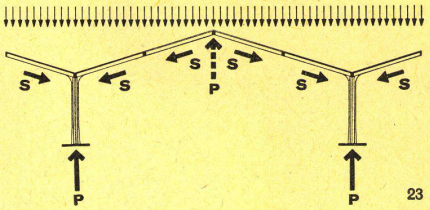
20



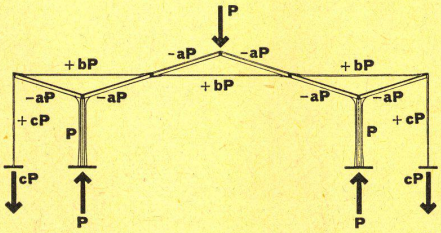
21



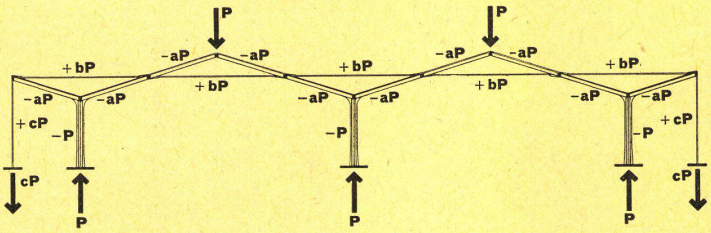
22



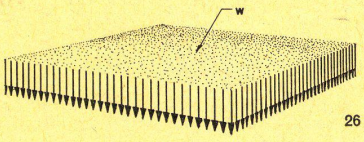
23



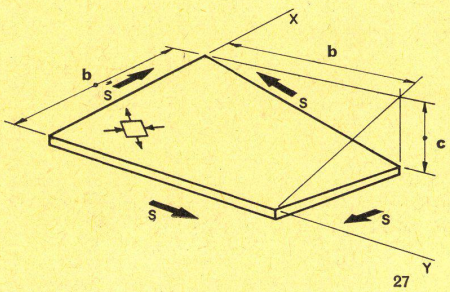
24



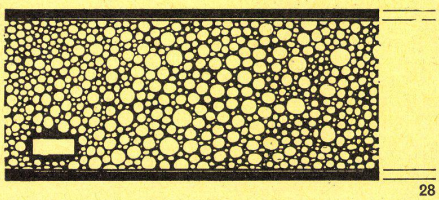
25



26



27



28

20
Kombination von Schirmen und einem Oberlicht und die Anordnung der Spannkabel in horizontaler und vertikaler Richtung.

Combinaison des «parapluies» et d'un vitrage supérieur et disposition des câbles en direction verticale et horizontale.

Combination of the "umbrellas" and a skylight and the arrangement of vertical and horizontal tie rods.

1 Vertikale Spannkabel / Câble tendeur vertical / Vertical cable
2 Horizontales Spannkabel / Câble tendeur horizontal / Horizontal cable

21 und 22
Anordnung der Spannkabel in der Kombination der »Schirme« mit den Oberlichtern.

Disposition des câbles dans le cas de combinaison parapluie et vitrage supérieur.

Arrangement of the tee rods when "umbrellas" and skylight are combined.

23
Spannungen bei gleichförmiger Belastung mit fiktiver Kraft P im Scheitelpunkt. Schirm und Oberlicht.

Tensions dans le cas d'une charge également répartie P au point culminant. Elément-parapluie et vitrage supérieur.

Stresses with equally distributed load P at highest point. "Umbrella" element and skylight.

24
Das Spannkabel ist über zwei Elemente gespannt. Zusätzliche Spannungen, wenn die fiktive Kraft P am Scheitel wegfällt.

Le câble tendeur sur un espace de 2 éléments. Tensions supplémentaires lorsque la force fictive P disparaît.

The tie rod spanning two elements. Additional stresses when load P at highest point is absent.

25
Das Spannkabel über drei Elemente gespannt. Zusätzliche Spannungen, wenn die fiktive Kraft P am Scheitel wegfällt.

Le câble sur un espace de 3 éléments. Tensions supplémentaires lorsque la force P disparaît.

The tie rod spanning three elements. Additional stresses when load P at highest point is absent.

26 und 27
Membranspannungen unter einförmiger Belastung bei einer HP-Schale.

Tensions de membrane dans le cas d'une charge uniformément répartie pour un voile hp.

Membrane stresses in the case of an equally distributed load P on a hp skin.

28
Schnitt durch Kunststoffsandwichplatte mit beidseitig glasfaserverstärkter Polyesterschicht und Kern aus Polystyrolschaum.

Section d'un élément sandwich avec couche de polyester renforcée de fibres de verre des deux côtés et noyau-mousse.

Section through a sandwich panel made of synthetic products with a polyester layer reinforced by glass fibres on either side and a foam core of polystyrol.

Wände

Die Innen- und Außenwände bestehen aus Glas- oder Sandwichplatten, die zwischen Stützen gesetzt und in einen Rahmen aus Holz, Metall oder Vinyl gefaßt sind (Abb. 31). Die Fassadenplatten sind den Dachplatten ähnlich, besitzen aber einen Farbanstrich.

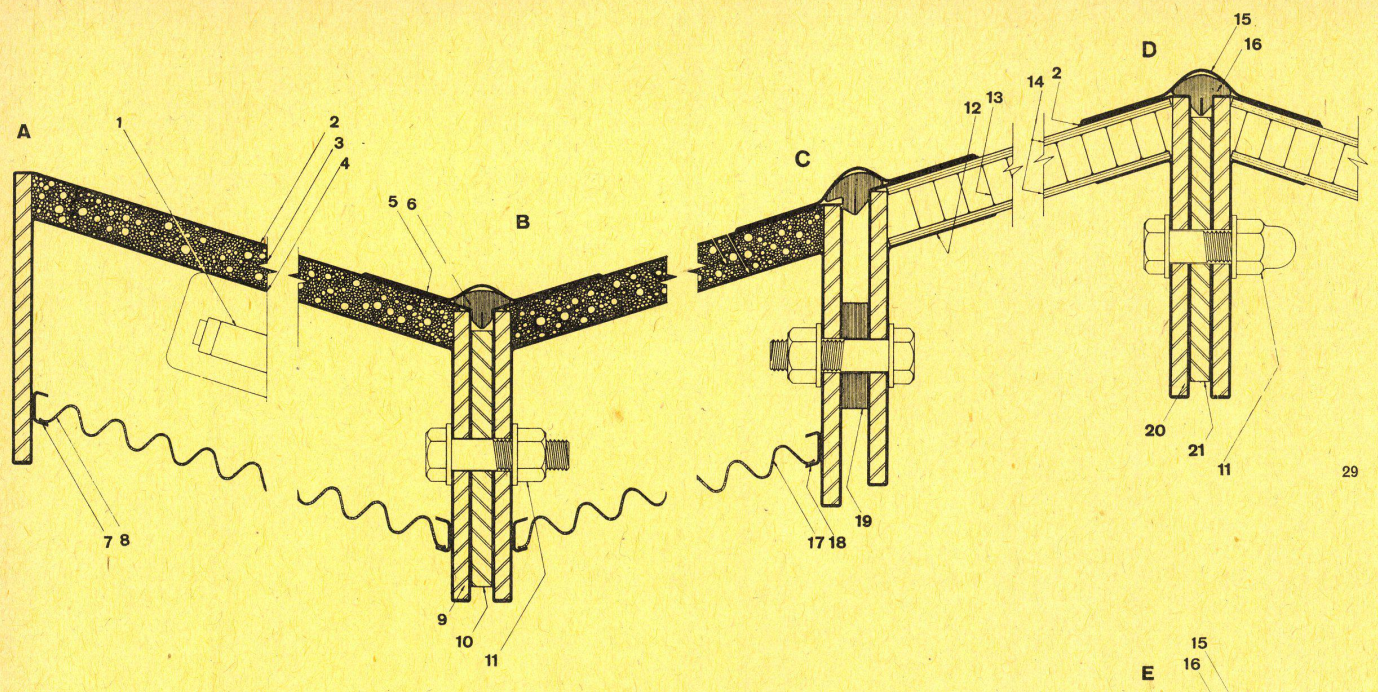
Die Wandplatten reichen nicht bis unter die Dachplatte, sondern nur bis zu einer Höhe von 2,1 m. Darüber ist Klarglas eingesetzt (Abb. 32). Dadurch wird die Offenheit der Konstruktion betont und der Effekt des ununterbrochenen räumlichen Flusses und der konstruktiven Unabhängigkeit des Daches verstärkt. Zweifellos ist der Abschluß von Wand- und Dachplatten nicht in allen Teilen befriedigend gelöst; daher wird die formale Seite hier plötzlich wichtiger als die technische Seite.

Alle Wandplatten sind ungefähr 5 cm dick, damit sie eine genügende Wärme- und Schalldämmung aufweisen und elektrische Kabel aufnehmen können.

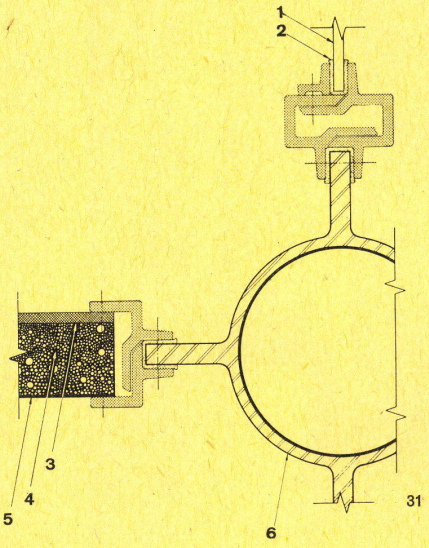
Alle Fugen sind so gedichtet, daß sich die Platten ohne Nachteil ausdehnen oder deformieren können. Die Fugen der Außenwandplatten sind mit feuchtigkeitssicheren Versiegelungsmassen gedichtet.

Baustoffe

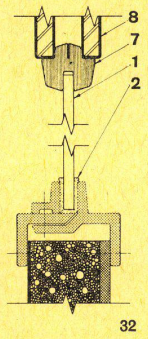
Für die Plattenoberflächen wird Polyakrylester verwendet. Polyester dient als Bindemittel für die verstärkende Glaswolle, und Akrylharz



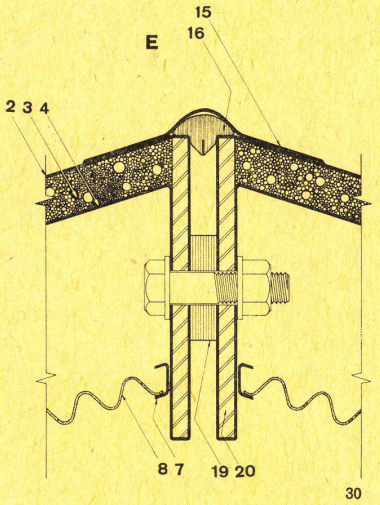
29



31



32



30

29
Der »Schirm«. Details A—D 1:4 (s. Schnitt Abb. 5).

Le «parapluie». Details A—D (voir coupe ill. 5).

The "umbrella". Details A—D (see section ill. 5).

A Dachfuß / Pied de toit / Roof foot
B Verbindung von 2 hp-Schalen / Raccord de deux hp-voiles / Assembly of 2 hp shells
C Verbindung eines Schirms mit dem Dachoberlicht / Raccord d'une parapluie avec vitrage / Assembly of skylight and umbrella
D Verbindung von zwei Dachoberlichtplatten / Raccord de deux plaques de vitrage / Assembly of two skylights

30
Schnitt Detail E durch die Verbindungsstelle der Dachplatten zweier »Schirme«. 1:4.

Section à travers l'assemblage des éléments de 2 «parapluies». Detail E.

Section through the junction of the roofing panels of the two "umbrellas". Details E.

1 Fluoreszenzröhre / Tube fluorescent / Fluorescent tube
2 Mit Glasfasern verstärkte Polyesterschicht / Couche de polyester renforcée par des fibres de verre / Layer of polyester reinforced by glass fibres
3 Schaumkern aus Polystyrol / Noyau-mousse de polystyrol / Polystyrol foam core
4 Feuerhemmende, mit Fiberglas verstärkte Polyesterschicht / Couche polyester renforcée de fibres de verre, anti-feu / Anti-fire polyester layer reinforced by glass fibres
5 Elastische Vinylabdeckung / Revêtement de vinyl élastique / Elastic vinyl facing
6 Elastische Dichtung aus Neoprene / Etanchéité élastique en neoprène / Elastic neoprene flashing
7 Plastikprofil / Profil de plastique / Plastic profile
8 Akustikdecke / Plafond acoustique / Acoustic ceiling
9 Stahlblechrahmen mit Stahlkern / Câdre en tôle d'acier avec noyau d'acier / Sheet steel frame with steel core
10 Auf Rohrstütze aufgeschweißte Stege aus Stahl / Surface de glissement soudée au pilier tubulaire / Steel running surface welded to tubular pillar
11 Stützen und Deckenplatten werden verschraubt / Les éléments-pilier et éléments-plafond vissés / Pillar and ceiling elements screwed into position
12 Feuerhemmende, mit Fiberglas verstärkte Polyesterschicht / Couche anti-feu de polyester renforcée de fibres de verre / Anti-fire layer of polyester reinforced by glass fibres
13 Wabenkern aus Aluminiumfolien / Noyau en feuilles d'aluminium / Aluminium foil honeycomb core
14 Lichtdurchlässige Akrylplatte / Plaque d'acryl translucide / Transparent acryl panel
15 Elastische Vinylabdeckung / Revêtement élastique de vinyl / Elastic vinyl facing
16 Elastische Dichtung aus Neoprene / Etanchéité élastique en néoprene / Elastic neoprene flashing
17 Akustikdecke / Plafond acoustique / Acoustic ceiling
18 Plastikprofil / Profil de plastique / Plastic profile
19 Distanzhalter / Fixateur / Spacer
20 Stahlblechrahmen mit Stahlkern / Câdre de tôle d'acier avec noyau d'acier / Sheet steel frame with steel core
21 Auf Rohrstütze aufgeschweißte Stege aus Stahl / Surface de glissement d'acier soudée sur le pilier tubulaire / Steel running surface welded to tubular pillar
22 Stützen- und Deckenplatten werden verschraubt / Les éléments-pilier et éléments-plafond sont vissés / Pillar and ceiling elements screwed into position

31
Horizontalschnitt durch Rohrstütze und Wandanschlüsse 1:4.

Section horizontale à travers le pilier tubulaire et raccord de paroi.

Horizontal section through tubular pillar and wall joints.

32
Vertikalschnitt durch Wand-Oberlicht und Anschlüsse an die Stahlrahmen der Dachplatten 1:4.

Section verticale du vitrage supérieur et raccords des câdres d'acier des éléments-plafond.

Vertical section of skylight and joints of the steel frames to the roofing panels.

1 Sicherheitsglas / Verre de sécurité / Safety glass
2 Dichtung / Etanchéité / Flashing
3 Platte als Ansteckbrett oder Wandtafel / Plaque d'exposition ou tableau noir / Panel to act as bulletin board or blackboard
4 Schaumkern / Noyau-mousse / Foam core
5 Mit Glasfasern verstärkte Polyesterschicht / Couche de polyester renforcée de fibres de verre / Polyester layer reinforced by glass fibres
6 Rohrstütze, die zugleich als Ablaufrohr dient / Pilier tubulaire, en même temps écoulement / Tubular pillar-cum-drainpipe
7 Elastische Glasleiste aus Neoprene / Liste de verre élastique en néoprene / Elastic neoprene glass batten
8 Stahlrahmen der Dachplatten / Câdre d'acier des éléments-plafond / Steel frame for ceiling elements

schützt die Außenwände vor Beschädigungen durch die ultravioletten Strahlen der Sonne. Die Feuerfestigkeit der Kunststoffe wird durch das Zufügen von Chloriden gesteigert.
Polyesterschaum wird für den Kern verwendet, weil er eine gute Wärmedämmung bildet und doch genügend Festigkeit aufweist, um Lasten innerhalb der Sandwichplatten weiterzuleiten. Polystyrol wird in erster Linie wegen der geringen Kosten verwendet, obwohl Isocyanate wegen der besseren Wärmespeicherung vorzuziehen wäre.
Der Vorteil der Sandwichplatten, dünn, leichtgewichtig und deshalb billig und leicht transportabel zu sein, ist gleichzeitig ein Nachteil für die Akustik. Grundsätzlich sind für eine gute Schalldämmung Gewicht und Masse nötig; gewöhnlich braucht man eine dicke Steinmauer oder eine Doppelwand, um die Minimalanforderungen einer guten Schallisolation zu erfüllen. Es wird noch weitere Studien erfordern, um eine ideale Methode der Schalldämmung mit dünnen Platten zu entwickeln. Eine Möglichkeit, den Schall besser zu dämmen, besteht darin, das Gewicht des Kerns zu erhöhen, indem man Schaum von höherer Dichte verwendet. Das würde weder das Bruttogewicht sehr erhöhen noch eine Änderung in der Fabrikation der Platten verursachen, da die Schaumplatte jetzt überaus leicht ist; dagegen würden die Kosten höher. Eine andere Lösung liegt vielleicht in einer Platte mit mehreren Schichten aus abwechselnd absorbierendem und reflektierendem Material.

Mechanische Installationen

Heiz- und Lüftungselemente und Rohrleitungen werden unabhängig in »mechanischen Paketen« vom Zwischenwandsystem geführt. Indem der Bau von mechanischen Einrichtungen freigehalten wird, bleibt der Grundriß äußerst leicht veränderbar. Die »Pakete« besitzen Anschlüsse für alle Einrichtungen, so daß jederzeit ein Rohr-, Heiz- oder Kühlelement angeschlossen werden kann. Die Klimaluken liegen an den Außenwänden, so daß Frischluft-, Umluft-, Riechluft- und Abluftkanäle nötig sind. Innenliegende Räume werden über Dach ventiliert: über einen Dachschirm wird ein zweiter Schirm gestülpt, der aus 4 Platten besteht, die wie ein Oberlicht montiert sind. Zwischen den beiden Schirmen entsteht ein Zwischenraum: der Apparat für die Heizung und die Luftkühlung ist dazwischen eingeschlossen (Abb. 5).
Fluoreszenzröhren sind an der Decke parallel zu den Geraden, den Erzeugenden der hyperbolischen Paraboloide, montiert. Eine Platte aus gewelltem oder zellenartigem Kunststoff über diesen Röhren verdeckt die Kabel und dient als Reflektor.
Wo eine besondere Schallabsorption notwendig ist, werden Sandwichplatten mit einem absorbierenden Kern zwischen 2 dünnen perforierten Vinylschichten als Deckenplatten verwendet. Sind diese Platten lichtdurchlässig, dienen sie auch als Lichtdiffusor (Abb. 8).

Bibliographie

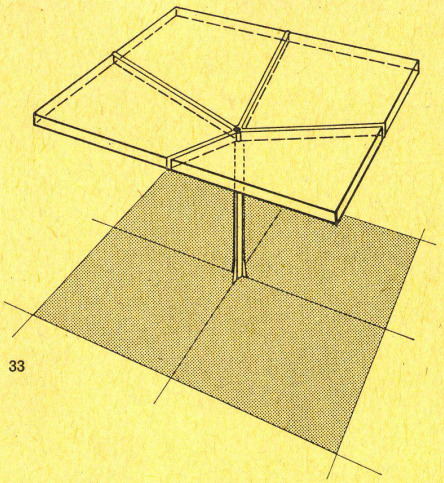
Ralston Anthony, On the Problem of Buckling of a Hyperbolic Paraboloid Shell Loaded by its Own Weight. Journal of Mathematics and Physics, Bd. 35, 1956.

Reissner Eric, On Some Aspects of the Theory of Thin Elastic Shells. Journal der Boston Society of Civil Engineers. Bd. 42, 1955.

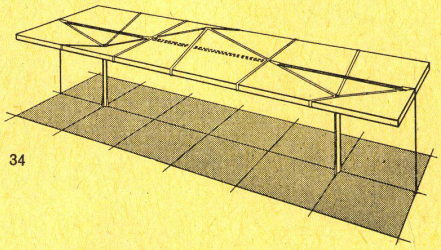
Reissner Eric, Small Bending and Stretching of Sandwich-Type Shells. National Advisory Comittee for Aeronautics, Technical Note Nr. 1832, 1949.

Sonneborn R. H., Fiberglas Reinforced Plastics. Reinhold Publishing Corporation, New York 1954.

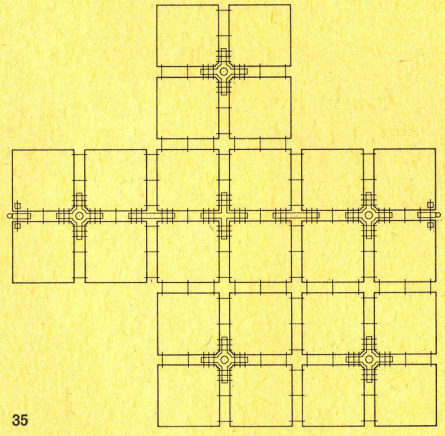
Tsien H. S., A Theory for the Buckling of Thin Shells. Journal of Aeronautic Science, Bd. 9, 1942.



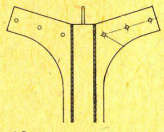
33



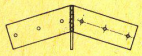
34



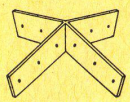
35



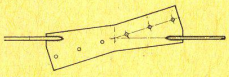
36



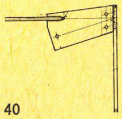
37



38



39



40

33
Der »Schirm«.
Le «parapluie».
The "umbrella".

34
Kombination von zwei Schirmen mit einem Oberlicht mit horizontalen und vertikalen Zugbändern.
Combinaison de deux «parapluies» avec vitrage supérieur; tension verticale et horizontale.
Combination of the two "umbrellas" with skylight with horizontal and vertical tie rods.

35
Kombination von Schirmen und Oberlichtern.
Combinaison de parapluies et vitrages supérieurs.
Combination of umbrellas and skylights.

Dachplatte / Elément-toit / Roofing panel

Oberlichtplatte / Elément-vitrage / Skylight panel

Rohrstütze (s. Abb. 36) / Pilier tubulaire (voir fig. 36) / Tubular pillar (see ill. 36)

Distanzplatten zwischen Oberlichtelementen an der Spitze (s. Abb. 37 und 38) / Fixateurs entre les éléments-vitrage au sommet (voir fig. 37 et 38) / Splice plates between topmost skylight elements (see ill. 37 and 38)

Distanzplatte als Verbindung zwischen »Schirm« und Oberlichtplatten bei Spannkabeln (s. Abb. 39) / Fixateur comme assemblage entre le «parapluie» et les éléments-vitrage (voir fig. 39) / Splice plate as a junction between "umbrella" and skylight elements near tie rods (see ill. 39)

Distanzplatte beim Übergang der horizontalen zu den vertikalen Spannkabeln (s. Abb. 40) / Fixateur dans le passage des câbles verticaux et horizontaux (voir fig. 40) / Splice plate for vertical and horizontal tie rods (see ill. 40)

Schraube / Visse / Screw

36
Rohrstütze mit angeschweißten Stegen 1:4.
Pilier tubulaire et surface glissante soudées.
Tubular pillar with welded running surfaces.

37 und 38
Kreuzförmige Distanzplatte zwischen den Platten an der Spitze des Oberlichtes 1:4.
Fixateur en croix entre les éléments au sommet du vitrage.
Cruciform splice plate between elements at topmost point of skylight.

39
Distanzplatte zwischen Schirm und Oberlicht und angeschweißten Spannkabeln 1:4.
Fixateur entre le «parapluie» et le vitrage supérieur et câble tendeur soudé.
Splice plate between the "umbrella" and skylight and welded tie rods.

40
Distanzplatte. Übergang zwischen vertikalem und horizontalem Spannkabel 1:4. Die Spannkabel sind an die Platte geschweißt.
Fixateur. Passage entre les câbles verticaux et horizontaux. Les câbles tendeurs sont soudés au fixateur.
Splice plate. This is for vertical and horizontal tie rods. The tie rods are welded to the panels.