

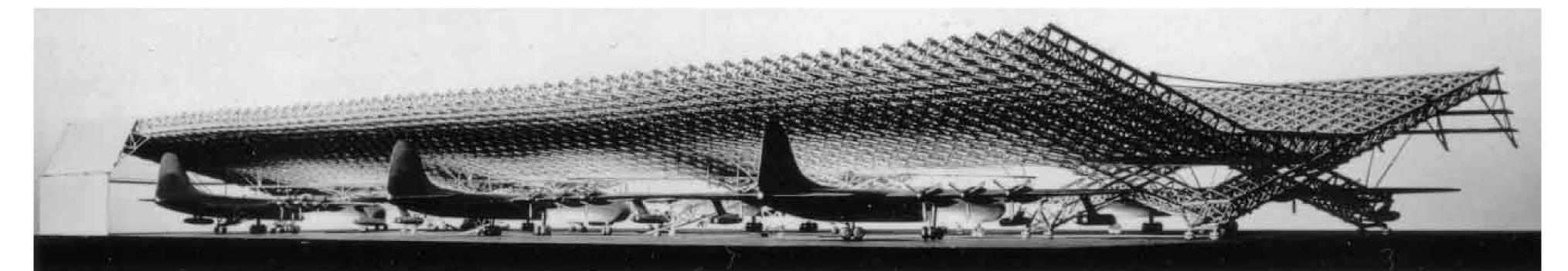
USAF Hangar Projekt

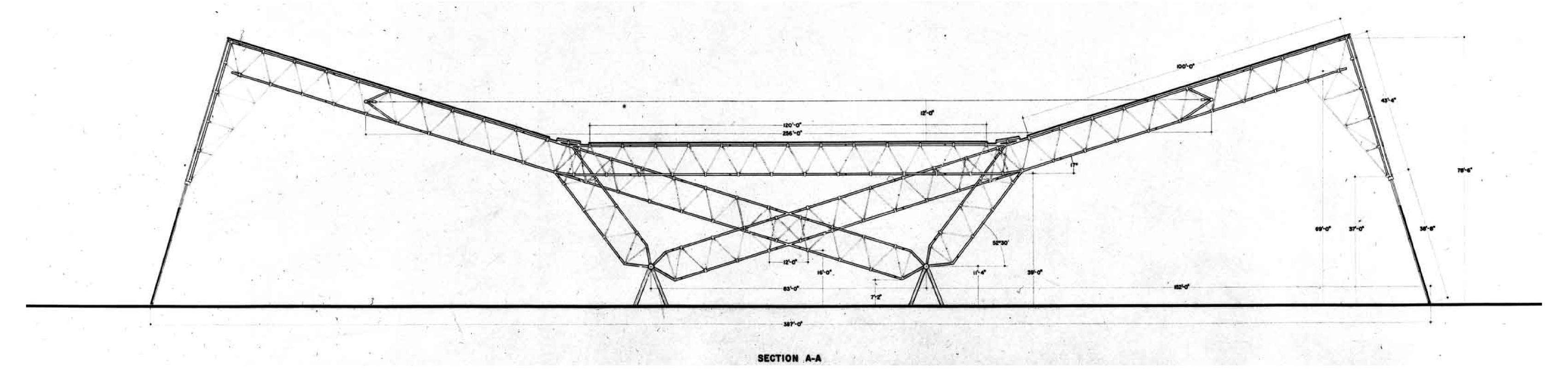
Konrad Wachsmann

1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980









[...] Die aus standardisierten Knotenpunkten und Stäben vorher zusammenzusetzenden, einzelnen Konstruktionselemente waren aus Transportgründen auf einen maximalen Raum von 10x3x1 m dimensional zu begrenzen und mussten unterhalb eines Gewichts von 5 t liegen. Die Konstruktion musste so leicht wie möglich sein. Die Halle musste an jedem Platz und unter jeder klimatischen Bedingung und, wenn nötig unter Zuhilfenahme ungelernter Arbeitskräfte und Kränen, ohne Baugerüste errichtet werden können.

Dieser herausfordernden Programmstellung schien nur durch ein System einer bis in alle Einzelheiten aufgelösten Konstruktion entsprochen werden zu können, in der sich jede substantielle Masse von Material in kleine Stäbe und Verbindungselemente zerlegt.

Das Ergebnis fast zweijähriger Entwicklungsarbeit war ein universeller Knotenpunkt, der sich ringartig um die Hauptrohre schließt, von dem die Nebenröhre nach allen Richtungen in jeder beliebigen Kombination und jedem Winkel ausstrahlen können. Dieser Knotenpunkt ist imstande, bis zu 20 Konstruktionsstäbe aufzunehmen. Das bedeutet eine fast unbegrenzte Anpassungsfähigkeit an jedes beliebige geometrische System, zumal entsprechend der verschiedenartigen Beanspruchungen der einzelnen Stäbe sich auch exzentrische Anschlüsse als erlaubbar erwiesen.

Die Abstände der Knotenpunkt unterliegen einer

modularen, räumlichen, immer gleichen Ordnung nach drei Richtungen von etwa 3,30 m.

Der Knotenpunkt selbst besteht aus einer Kombination von Einzelgliedern die aus 4 Standardelementen gewählt werden. Diese sind Gesenkschmiedestücke, die, aus hochgradigem Nickelstahl hergestellt, vier verschiedenen Zwecken dienen.

Eines davon ist ein Element, an das die Konstruktionsrohre in Präzisionsvorrichtetischen angeschweißt werden, wodurch die flächigen Gitterteile des räumlichen Fachwerks entstehen.

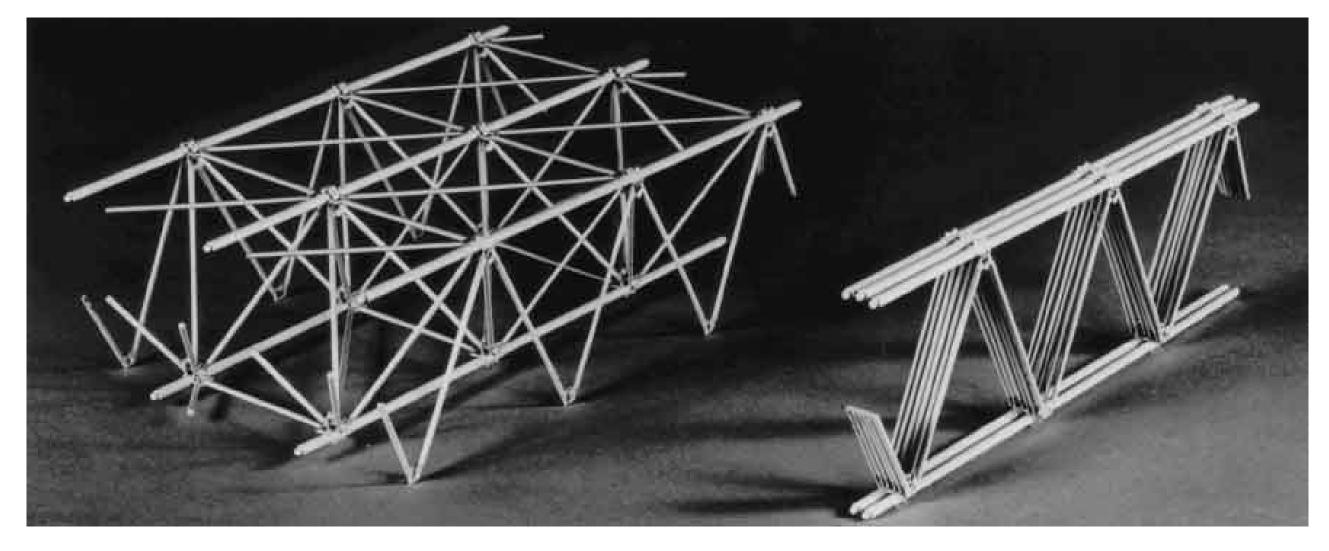
Ein anderes Teil, angeschweißt an die Hauptrohre, fixiert genau die Position des Knotenpunkts in dem gesamten System.

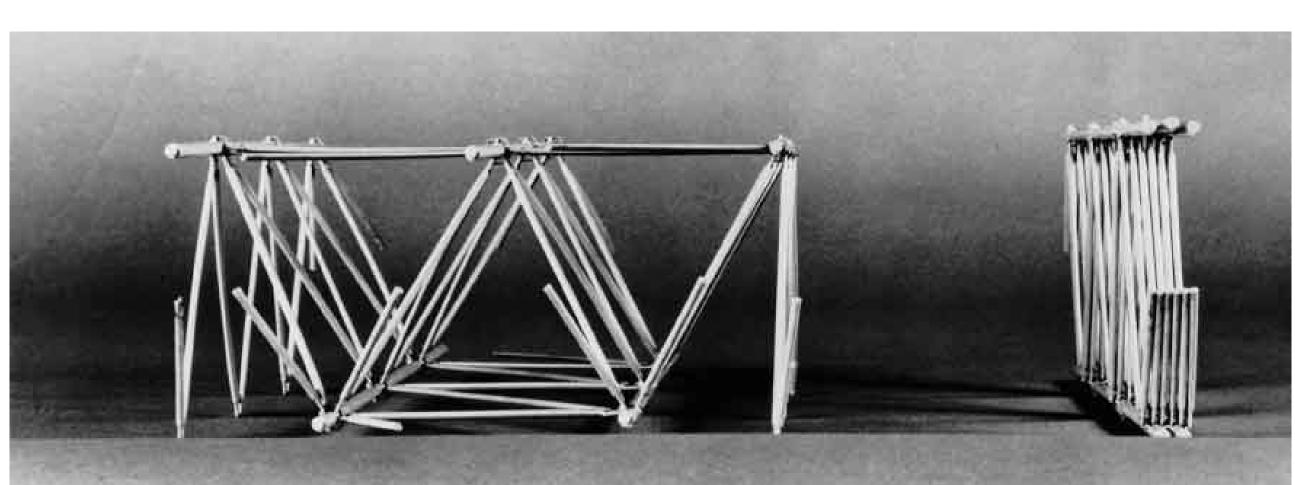
Ein drittes Element ist Teil einer Art Gliederkette, die den Zusammenhalt der Konstruktion in einem Knotenpunkt darstellt.

Das vierte Teil ist ein Füllstück, das dort verwendet wird, wo durch die begrenzte Zahl von Konstruktionsstäben Rohranschlussteile nicht notwendig sind. Aus diesen Füllstäben aber entwickeln sich außerdem speziell geformte Anschlüsse für jene Teile, die nicht zur Konstruktion selbst gehören, wie zum Beispiel Anschlüsse für Dachplatten und Oberlichter, Wandplatten und Fensterrahmen Fußböden, Laufschienen für Tore oder Kräne usw., aber auch alle Anschlüsse des gesamten Installationsnetzes.

Die kontinuierlich durchgehenden Rohre werden

aus ca. 10 m langen Stücken zusammengesetzt, für deren Anschlüsse eine besondere Verbindungsmethode entwickelt wurde. Diese bestehen aus zwei pufferartigen Kernstücken, die in jedes Rohrende in Vorrichtetischen eingeschweißt sind. Zwei schellenartige Halbschalen verbinden die Rohrenden miteinander. Es entstand ein Anschluss, der sowohl auf Druck- und Zugbeanspruchung berechnet ist und dem Leistungsstandard des Rohrquerschnitts entspricht. Diese Anschlüsse befinden sich in ihrer eigenen modularen Ordnung außerhalb des modularen Systems der Knotenpunkte. Die Halbschalen sind so geformt, dass sie die Peripherie des Rohrquerschnitts nicht überschreiten und daher ein glattes, kontinuierlich durchlaufendes,







Die Bilder links zeigen maszstabsgetreue Ausschnittmodelle der Konstruktion. Sie sollen die modulare Zerlegbarkeit und Wiederverwenbarkeit sowie den geringen Bedarf an Baugerät bei der Montage veranschaulichen. Das dreidimensionale Faltwerk lässt sich in zweidimensional gerichtete Fachwerkelemente zerlegen. Diese können, da sie um das Hauptrohr beweglich sind, zusammendamit geschoben platzsparend und transportiert werden. Dafür sind sowohl Hautrohre, als auch Gitterstäbe durch zu öffnende Stossverbindungen trennbar. Für die Wiedermontage werden die Pakete zunächst am Boden entfaltet, vormontiert und dann als Module in das Tragwerk eingefügt.

Das rechte Bild veranschaulicht die Grösse der Elemente. Hier handelt es sich um frühere Versuche zu Aufbau und Montage, was an den Konotenpunkten, die noch nicht die endgültige Form haben deutlich zu erkennen ist.

Die Zerlegbarkeit der Konstruktion Wachsmanns, eine ihrer wichtigsten Eigenschaften und bei den meisten Konstruktionen Wachsmanns auch eines der Hauptziele scheint hier an ihre Grenzen zu stossen.

1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 194

USAF Hangar Projekt

Falten, Zerlegen: Transport

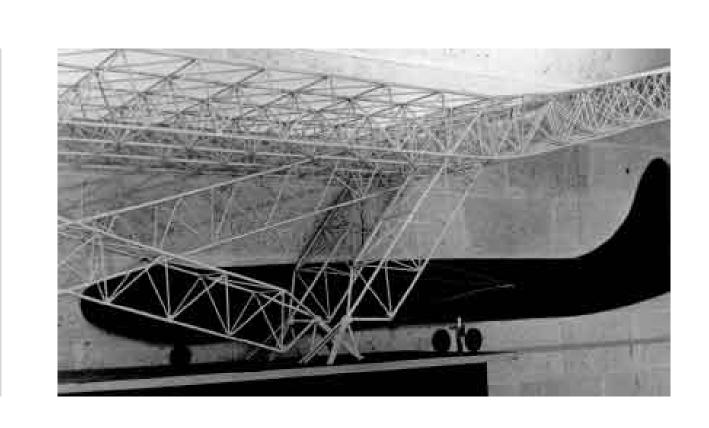
1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980

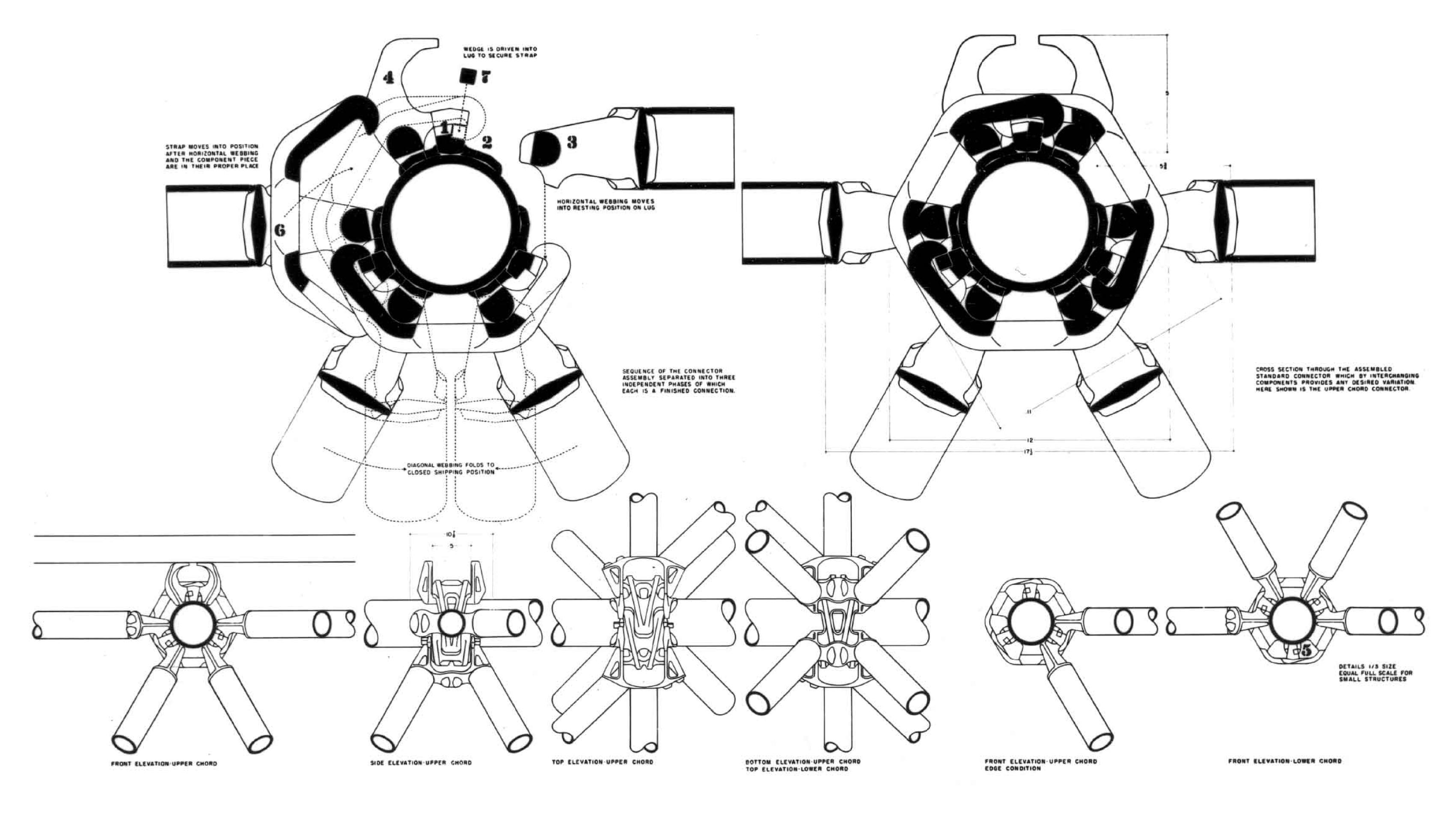


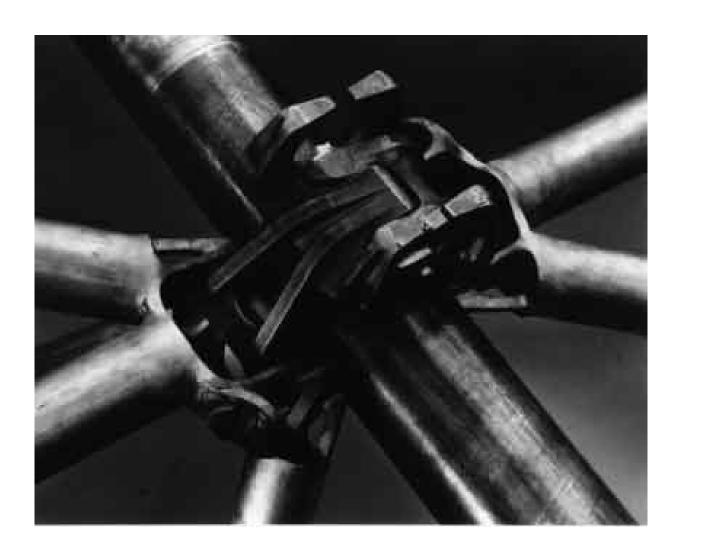


Das damals grösste Flugzeug der Welt, die "Spruce Goose", wurde in den Jahren 1942-47 von Henry Kaiser und Howard Hughes entwickelt und gebaut. Sie hat eine Spannweite von 96m und sollte bis zu 700 Personen transportieren. Der erste und einzige Flug des Prototypen endete aber bereits nach nur einer Meile. Heute wird das Flugzeug in Los Angeles in einem eigens errichteten Hangar ausgestellt. Die

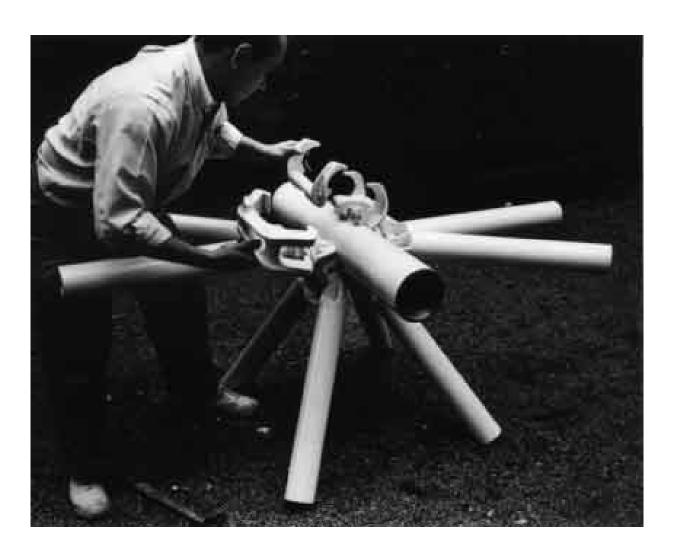
"Spruce Goose" ist ein Beispiel für die enormen Anstrengungen und den technischen Fortschritt während und nach dem 2. Weltkrieg, die bald Transatlantikflüge und Passagierflugverkehr für Jedermann ermöglichen sollten. Der technikbegeisterte Konrad Wachsmann ist sicher von diesem verbreiteten Streben, "schnellerhöher-weiter" in seiner Arbeit beeinflusst worden.











endloses Profil ermöglichen. Sie werden mit einem einfachen Einsteckschlüssel, der, nachdem er eingeführt ist, um 90° gedreht wird, in ihrer endgültigen Position gehalten.

[...]

Die äußere Hülle des Gebäudes wird aus Sandwichplatten gebildet, die aus zwei äußeren Aluminiumflächen bestehen, die durch ein wabenförmiges Kernmaterial zu Membranplatten verbunden sind. Diese Standardplatten werden sowohl für die Dachdeckung, die Fußböden der eingebauten Etagen, die Wandplatten zur Trennung der Büros und Laboratorien, für die

Ausfüllung der Torkonstruktionen usw. verwendet.

Die hier gezeigte Konstruktion einer Flugzeughalle folgt in ihrem Profil den Anforderungen, die an die Unterbringung sehr großer Flugzeuge mit sehr hohen Steuerrudern aber relativ niedriger Rumpfhöhe gestellt werden, und umschließt dadurch ein Minimum an Luftraum, was vom Standpunkt wirtschaftlicher Luftkühlung oder -heizung sehr wichtig ist.

Zur Verringerung der Durchbiegung der außerordentlich weiten Auskragung ist ein Kabelsystem vorgesehen, das in gleichen

1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 194

USAF Hangar Projekt

der universelle Knoten

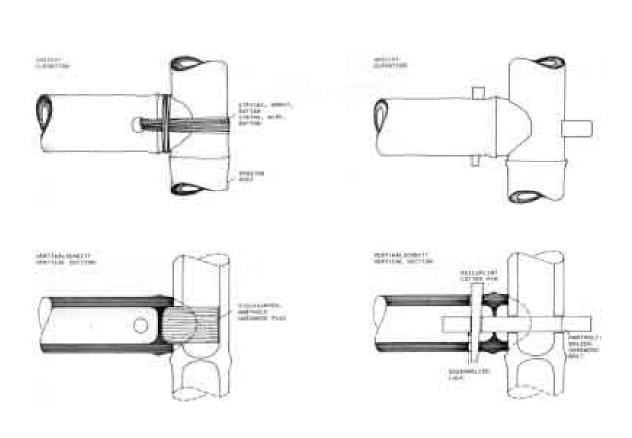
1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980

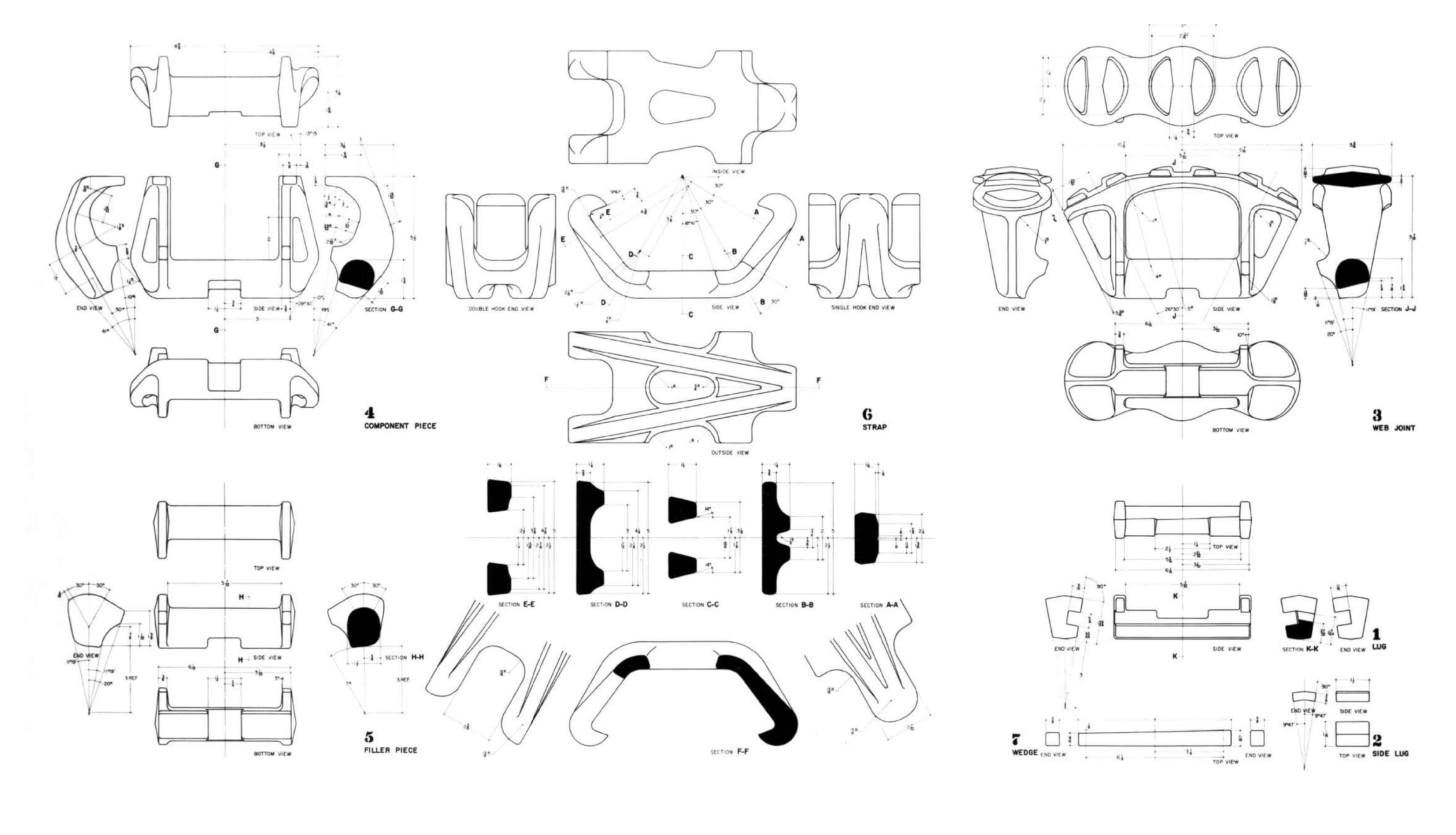


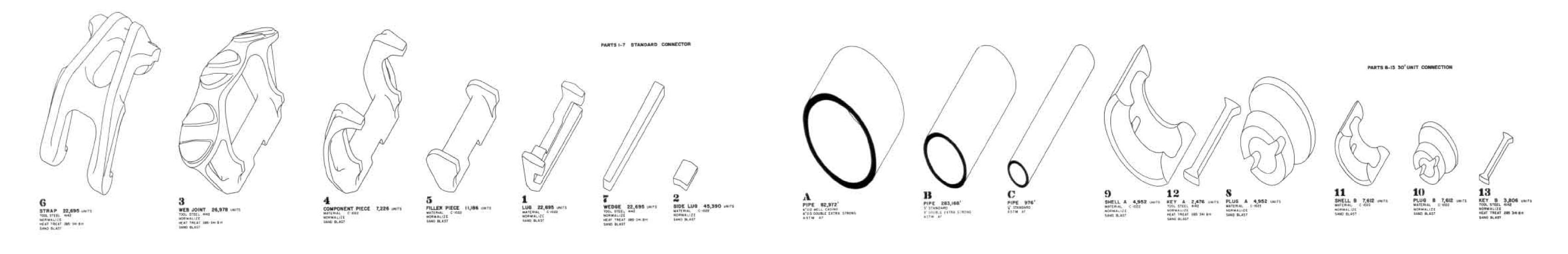


Bambus - Konstruktionen könnten Wachsmann und sein Team davon überzeugt haben, dass durch die Verwendung von Rohrquerschnitten auch im Stahlbau die günstigste Lösung für grosse Tragwerke zu erzielen ist. In asiatischen Ländern werden bis heute grossflächige Baugerüste nur unter Verwendung von Bambus und Bindeseilen erstellt.

(Bilder: ZERI-Foundation)







1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1938 1939 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940

USAF Hangar Projekt

die Teile des Knotens

1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980

Richard Buckminster Fuller

widmete sich seit 1940 der Entwicklung von Schalentragwerken und der Transformierung der günstigen statischen Eigenschaften in Stabtragwerke. 1951 meldete er seine geodätischen Kuppelkonstruktionen zum Patent an. 1967 wurde auf der Weltausstellung in Montreal der amerikanische Pavillon als geodätische Kuppel errichtet.









Abständen von ca. 10 m verteilt ist. In den Tälern der Dachschale, wo die aufsteigenden Dachflächen die horizontale Mitteldachplatte berühren, liegen Abwässerungsrinnen und durchgehende Oberlichtbänder.

Zur besseren Instandhaltung der gesamten Konstruktion müssen alle Konstruktionsteile, Rohre und Knotenpunkte, mit einem harten Plastiküberzug versehen werden, der auch mit dem Hammer nicht angeschlagen werden kann.

Die heruntergezogenen Dachschürzenstützen tragen große, jalousieartig verglaste Flächen, die sich In Einheiten nach oben bewegen, wenn das Flugzeug mit seinem hohen Steuerruder sich herein oder heraus bewegt. Dadurch wird hoher Wärmeverlust bei geöffneten Toren vermieden, und die Torflächen können relativ niedrig gehalten werden.

Diese Arbeit, ein typisches Projekt von Entwicklungs- und Forschungstätigkeit im Aufgabenkreis der Untersuchungen der "Abteilung für fortgeschrittene Bauforschung" am "Institute of Design" in Chicago, wurde in der Hauptsache von einem Arbeitsteam entwickelt, das aus Studenten der höheren Semester und einigen Fakultätsmitgliedern als beratende Mathematiker und Statiker bestand. Dazu kam die periodische Mitarbeit verschiedener Wissenschaftler und Forschungsinstitute und die Beratung der wissenschaftlichen Abteilungen der Auftraggeber.

Während statische Untersuchungen theoretische Analysen unabhängig von der eigentlichen Entwicklungsarbeit unternommen wurden und dementsprechend kaum von richtungsweisendem Einfluss auf das Projekt waren, war dieses in hohem Maße inspiriert durch Laboratoriumsversuche an Modellen. Spielte schon in der Entwicklung das Modellieren eine wesentlich größere Rolle als das Zeichnen, so wurden die Modellversuche in den Laboratorien zu ganz entscheidenden Faktoren. Nicht nur an den üblichen Testmaschinen, sondern ebenso mit Hilfe elektrischer Spannungsmessgeräte und der Anwendung von "brittle coating tests", fotografischen Untersuchungen

Kunststoffmodellen mit polarisierenden Gläsern und schließlich durch Belastungsproben an Plastikmodellen könnten durch Beobachtungen des Kräfteverlaufs in den statisch relativ komplizierten Einzelelementen die endgültigen Formen durch laufende Korrekturen ermittelt werden.

Die Arbeitsvorgänge an dieser Aufgabe sind ein eklatantes Beispiel dafür, wie durch objektive, anonyme Zusammenarbeit, unter Umgehung jeglicher vorgefasster Absichten oder etwaiger Gestaltungsideen, mit den besten Mitteln und wissenschaftlichen Erkenntnissen der Zeit, die Lösung der Aufgabe, die selbst aus dem Anspruch der Gegenwart entstand, gefunden wurde.

Ganz indirekt, fast wie ein Nebenprodukt, ergab sich schließlich ein Bauwerk, das durch das technologisch Mögliche ganz neue Raumerlebnisse vermittelte, indem Begriffe der Überwindung der Masse oder des freien dynamischen Raums sich in bisher unbekannten Proportionen ausdrückten.

Es wurde bis heute klein Bauwerk mit Wachsmanns universellem Knoten gebaut. Die Entwicklung der einzelnen Komponenten aber wurde bis in die Vorserienproduktion getrieben.

Die Bilder unten zeigen den Arbeitsablauf bei der Fertigung der gesenkgeschmiedeten Teile. Dem Endprodukt geht zunächst eine Negativform voraus, in der ein Rohling unter einem maschinellen Hammer in seine Form getrieben wird. Das überschüssige Material des Rohlings wird dabei zu einem flachen Kranz um das Werkstück herum gepresst. Nachdem das Werkstück gehärtet wurde wird dieser Kranz in einem Stanzverfahren entfernt. Die Reste der Rohlinge, aus hochwertigem Nickel-Stahl, werden eingeschmolzen und wieder der Fertigung zugeführt.





1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 194

USAF Hangar Projekt

industrielle Fertigung

1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980



Die Konkurrenz: Der MERO-Knoten

Dr.-Ing. Max Mengeringhausen (1903-1988) entwickelte in den 40er Jahren ein System für den Bau von Raumtragwerken und gründete daraufhin 1943 die Firma MERO. Bald hatte sich das MERO-Sytem für Tragwerke aus Stahl, Edelstahl, Aluminium und vereinzelt auch Holzraumfachwerke durchgesetzt und ist heute

allgegenwärtig. Als besonderes Referenzobjekt ist der Deutsche Pavillon auf der EXPO in Osaka, 1970 zu nennen. Die MERO Bausysteme basieren auf einem Knoten für bis zu 18 Stäbe und bieten weitgehend frei wählbare Stablängen und Anschlußwinkel. Er eignet sich aber eher für kleinere Stabdurchmesser.

