



Rahmenkuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- Stäbe in Meridian- und Ringrichtung, begeistete Knoten

Vorteile:
- einfaches rotationsymmetrisches Prinzip
- gleiche Elemente innerhalb eines Meridianringes

Nachteile:
- materialaufwendig
- hoher manueller Montageaufwand (Knotenverbindungen)
- ungeeignet für Vorfertigung
- Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- ungeeignet für ungleiche Belastungen
- Auftreten von Biegung
- Auftreten von Maschenverzerrung
- keine echte Schalenabgewärkung



Rippenkuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- aus einer Anzahl gleicher radial verlaufender Rippen aus Stahlfeder oder Fachwerk
- Verbindung der Rippen am Scheitel gelenkig oder star

Vorteile:
- ästhetisches Tragwerk aus Holz oder Stahl
- einfache Montage mit zentralen Montageort

Nachteile:
- Verdichtung der Stäbe am Scheitel
- ballustrangige Träger → Auftreten von Biegung (Knotenverbindungen)
- ungeeignet nur für Holz
- keine Schalenabgewärkung
- Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- ungeeignet für ungleiche Belastungen
- Auftreten von Biegung
- Auftreten von Maschenverzerrung
- keine echte Schalenabgewärkung

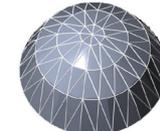


Schwederkuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- Stäbe in Meridian- und Ringrichtung, Diagonalausstellung in den Verecken

Vorteile:
- Ausnutzung der Schalenabgewärkung

Nachteile:
- Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- Herstellungsaufwand wegen ungleicher Stablagen und ungleicher Knotenwinkel
- Eignung nur für Regalkörper



Kieviß- Kuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- aus Sektoren, die durch Scharen von Lamellen in Richtung der den Sektor begrenzenden Hauptrippen mit einer Breitenreise verstell werden

Vorteile:
- Schalenabgewärkung

Nachteile:
- Herstellungsaufwand wegen ungleicher Stablagen und ungleicher Knotenwinkel
- Eignung nur für Regalkörper



Dreiläufige Rostschale

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- aus drei Scharen von Stäben

Vorteile:
- Schalenabgewärkung
- keine Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- homogene Netzstruktur
- beliebig geformte Flächen möglich

Nachteile:
- nur für flache Kalden geeignet

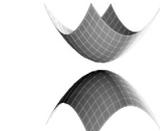


Geodätische Kuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- Projektion eines regelmäßigen Polyeders (Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekaeder, Ikosaeder) auf eine Kugeloberfläche

Vorteile:
- keine Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- Schalenabgewärkung
- beliebig geformte Flächen möglich
- mechanischer Formfindungsprozess

Nachteile:
- ungeeignet für flache Kalden wegen schragender Ränder
- Vorkommen von Sonderstablagen
- Eignung nur für Regalkörper



Gitterschale

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- Verformung eines Vierecknetzes, anschließende Flächierung der Knoten und Ränder zur Ausstellung

Vorteile:
- keine Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- Schalenabgewärkung
- beliebig geformte Flächen möglich
- mechanischer Formfindungsprozess

Nachteile:
- Maschen erzeugen verwendende Flächen
- nur für bestimmte Materialien geeignet (Holz)



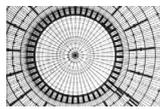
Netzwerkschale

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- Grundraster aus Viereckschichten, Verspannung mit Diagonallatten, Maschen können als Translationkörper aufgesetzt werden

Vorteile:
- keine Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- homogene Netzstruktur
- gleiche Stablagen (bei Regalkörpern)
- ebene Maschen
- Schalenabgewärkung
- beliebig geformte Flächen möglich

Nachteile:
- erfordert präzise Montage
- nicht für sehr starke Krümmungsbereiche freier Form geeignet

Beispiele



Halle au Blé, Paris, 1911/1913
Architekt: François Bélanger
Ingenieur: F. Brunet
Maße: Spannweite 41 m

Konstruktion: Primärkonstruktion aus Eisen, Sekundärkonstruktion aus Stahl; Stäbe in Meridian- und Ringrichtung, die erste Stabwertschale bezeichnet
Material: Eisen/ Glas



Kindome Seattle, 1976
Architekten: Naramore, Skilling & Praeger
Ingenieur: unbekannt
Maße: Ø= 200 m, h = 75 m

Konstruktion: die Primärstruktur besteht aus radial verlaufende Rippen, 80 cm breit, 2,30 m hoch, dazwischen liegen 40 gekrümmte Schalen-elemente
Material: Beton, zusätzliche mehrlagige Beschichtung aus ausgeglichter Asphaltzweischicht, Dampfsperre, Glasfaserdämmung, Polystyrolmatten, Dämmung, Gipsplatten und PVC-Membran



Gasometer 1 und 2 Leipzig, 1885, 1909
Ingenieur: unbekannt
Maße: Ø 96,94 m

Konstruktion: Primärstruktur aus Zug- und Druckringen in Meridianrichtung, Zugstäbe zur Auslastung; erstmals wird eine Schwederkuppel 1883 zur Überdachung eines Gasbehälters in Berlin gebaut. Das Gasometer in Leipzig (s.o.) ist eine der letzten erhaltenen Schwederkuppeln
Material: Eisen/ Glas



Harrison County Stadium auch genannt Astrodome, Houston, Texas, 1965
Architekt: Lloyd Morgan u. Jones, Wilson, Morris, Crane u. Anderson
Ingenieur: G.R. Kiewit, L.O. Bass
Maße: Ø 195,7 m, h = 63,4 m

Konstruktion: Primärstruktur aus Zug- und Druckringen in Meridianrichtung, dazwischen X-förmige Lamellen, 6 horizontale Zugringe unterteilen die Rasten zwischen den Lamellen in dreieckige Flächen, welche normalerweise mit meridian verlaufenden Pfetten unterteilt sind, die äußeren Rastmähle, eine Membran und Fensterlamelle, tragen, die Kuppel stützt sich gegen den äußeren Zugring
Material: Stahl/ Kunststoffmembran



Pariser Platz 3 Berlin, 1996-1999
Architekten: Frank O. Gehry & Assoc., Inc., Planung AG für Bauwesen Neufert Mittmann Graf Partner, Tragwerksproj., Schlich, Bergemann und Partner
Maße: Ø 61 m, h = 20 m

Konstruktion: Primärstruktur als Dreieckstruktur aus 2490 Stahlstäben, Ausstattung durch Bögen, mit Stahlblechen verspannt, Sekundärstruktur aus ca. 1900 verschiedenen Dreiecksstreben; Zwischenstreben Wärmeschutzglas
Material: Stahl/ Glas



US-Pavillon, Montreal/Canada, Expo 1967
Architekt und Ingenieur: Buckminster Fuller & Sasaki
Maße: Ø = 76,2 m, h = 61 m

Konstruktion: Stabwerk aus Stahl als Primärstruktur
Eindeckung aus Plexiglas als Sekundärstruktur
Material: Stahl/ Plexiglas



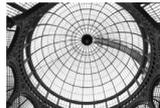
Multihalle Mannheim, 1970-1975
Architekt: K. Inulshöfer, J. Langner; Formfindung: Frei Otto; Ing.-Büro: T. Happold
Maße: L_{max} = 85 m, b_{max} = 60 m, h_{max} = 20 m

Konstruktion: Primärstruktur aus 2 Lagen Holzlaten die ein viereckiges Maschennetz bilden; Maschenweite: 50 cm; jedes 6. Latteknäuel durch Diagonalele verspannt; keine volle Schalenabgewärkung, transluzente, anfranzösischen Kunststoffe Membran als Sekundärstruktur
Material: Holzlaten, Kunststoffmembran



Kuppel über dem Hallenbad in Nekarstein, 1990
Architekt: Kolibri + Bechler; Ingenieure: Schlich, Bergemann und Partner
Maße: Ø= 25,00 m, h_{max} = 5,75 m

Konstruktion: Netzcupol als Primärstruktur; Flachstabten 60 x 40 mm; Maschenweite: 1,0 x 1,0 m; Verspannung durch kunststoffummantelte, vorgepannte Spiralleiste, doppelt durchlaufend
Sekundärstruktur: 10 mm dickes VSG, Sekundärstruktur: sphärisch gekrümmtes Membran; Stahlschuh-hohles
Material: Stahl/ Glas



Gewächshaus Sponk Park, 1820 - 1827
Architekt und Ingenieur: Ch. Fowler
Ingenieur: J. Roeborn
Maße: L= 86 m, b= 14 m (Mittellatte), h= 18 m (Kuppel)

Konstruktion: Primärstruktur aus Spanten und Spanten aus schmalen Eisenprofilen mit ausstufenden Ringen, sie folgen der Falllinie; Stützglieder: Gussstahle Binder in 8 m mit bogentragendem Untergurt, durch eingeschränkten Ringen, Stabkondstruktur; Glasflächen überdoppelt aufgelegt;
Material: Eisen/ Glas



Kohlenhallerhalle Duisburg-Walsum, 1990
Architekt: Staag AG; Ingenieur: J. Brönninghoff, J. Roeborn
Maße: Ø = 110 m

Konstruktion: Primärstruktur aus 16 Ringen angeordnet, ein Stück im Zenit über sternförmiges Ringelement aus Stahl gelenkig verbunden, Ränder auf Stahlbetonstützen gelagert, durch eingeschränkten Ringen, Lastabtragung linear in radialer Richtung über Normalkräfte und Biegung in den Bindern, Material: BSH, 214 x 20 cm²



Gasometer C Simmering, Wien, 1896-1899, Revitalisierung 2001
Ingenieure: Kapoun, T. Herman
Architekt Revitalisierung: W. Hockbauer
Maße: Ø= 60m, h_{max} = 74 m

Konstruktion: Primärstruktur aus Stahlstäben in Meridian- und Ringrichtung, Auskreuzung mit Stahlblechen, auf Zugelastwerk gelagert; Sekundärstruktur: unregelmäßig Holzversteckung mit Zwickelbedeckung
Material: Eisen



Superdome New Orleans, 1975
Architekt: Curtis and Davis
Ingenieure: Binkley Engineering, Svedstrup & Parcel Associates
Maße: Ø = 210 m, h= 82,3 m

Konstruktion: Stabwerk aus Stahl
Material: Stahl



Überdachung des Great Court, British Museum, London, 2000
Architekt: Norman Foster
Ingenieure: Buro Happold, Zenker & Handzel
Maße: L= 95 m, b= 74 m

Konstruktion: Netz aus Dreieckselementen, die eine Schale bilden; Spannweite im Norden 28,1 m, Stab 5,4 m; Spannweite im Osten und Westen 14,4 m, Stab 5,1 m; Spannweite im Süden 22,8 m, der Stab 6,4 m; das Dach ist auf dem Reading Room und auf den umliegenden Museumsgebäuden gelagert; Sekundärstruktur: Isolierglas
Material: Stahl/ Glas



Climatron, St. Luis, Botanical Garden Missouri, 1959
Planende Firma: Murphy and Mackey
Domes nach R. Buckminster Fuller
Maße: Ø= 53,4 m (175Fuß), h= 21,4 m (70 Fuß)

Konstruktion: äußeres Fachwerkblet aus Aluminiumdruckblech als Primärstruktur, die Latzen werden in 5 Bodenstützen angedrückt, zwischen den 5 Punkten sind Bögen ausgebildet; erste Anwendung eines geodätischen Domes für ein Pflanzenhaus; Sekundärstruktur: 3025 dreieckige Paneele aus Plexiglas in hocheigenem Netz
Material: Plexiglas



Expopavillon Hannover 2000
Architekt: Shigeru Ban, Ingenieure: Happold Ingenieurbüro, Berater: Frei Otto
Maße: L= 72 m, b= 34 m, h= 15,5 m

Konstruktion: Primärstruktur aus Papierrollen, Ø 120 mm; Raster: 1 m; Giebelwände durch vier Stahlstützen in Lagerung; ausgestellt, Aufleger: Sandkasten; Sekundärstruktur: Papier und polyurethanschaum; Polyestermembran erhöht die Bruchdehnigkeit; Material: Papierrollen, Textilbander, verformte Bogenränder, Stahlblech, PTFE-beschichtete Glasfasermembran



Hofüberdachung im Museum für Hamburgische Geschichte, 1989
Arch.: Von Gerken, Mang und Partner
Ing.: Schlich, Bergemann und Partner
Maße: qr Spannweite: 17,80 m, l = 15,00 m, kl. Spannweite: 13,70 m, h = 15,00 m

Konstruktion: Netz als Primärstruktur, gleich breite Maschenweite von etwa 1,7 x 1,7, Flachstabprofile Ø 40 mm; Verspannung durch durchlaufende Diagonalleiste; Sekundärstruktur: 10 mm dickes VSG, direkt auf die Flachstabprofile aufgelegt und punktformig mit Tellern im Knotenbereich gehalten
Material: Stahl/ Glas



Kibble Palace, Glasgow, 1872
Architekt: John Kibble
Maße: L= 45,75 m, Ø Zentralkuppel: 44,50 m, h= 11 m (mit Latene 39 m)

Konstruktion: Primärstruktur aus zur Mitte hin verdichtendem Netzwerk von dünnen Profilen als Raumtragwerk; Kräftefluss in Glaseneben; die Glasgewölbe werden in der großen Kuppel von gasensenen Säulen unterstützt; Abhebung der Dachlast über zwei tragfähige Binder in die Säulen; Knoten zur Querausstellung; Glas als verstellendes Element
Material: Eisen/ Glas



Überdachung Rundmischbett Zernthorweg Hamburg, 2000
Architekt: Achtmann u. Partner
Ingenieure: Frotzer u. Köppl Planung u. Beratung im Bauwesen GmbH
Maße: Ø= 115m, h= 39 m

Konstruktion: die Primärstruktur besteht aus eingespanssten Dreieckströgen, im Zentrum durch vierförmigen Ring verbunden; Pfettenhöhe: 1,30 m, Profil: Ø= 244,3 mm
Sekundärstruktur: Membran als Dachbahn, zur Primärstruktur innenliegend
Material: Stahl/ PVC-beschichtete Membran aus Polyester, 0,8mm dick



Gasometer D Simmering, Wien, 1896-1899, Revitalisierung 2001
Ingenieure: Kapoun, T. Herman
Architekt Revitalisierung: W. Hockbauer
Maße: Ø= 60m, h_{max} = 74 m

Konstruktion: Primärstruktur aus Stahlstäben in Meridian- und Ringrichtung, Auskreuzung mit Stahlblechen, auf Zugelastwerk gelagert; Sekundärstruktur: unregelmäßig Holzversteckung mit Zwickelbedeckung
Material: Eisen



Nqora Stadion, Kuala Lumpur, 1984
Architekt: Ratanya Consult Group, Ingenieure: MERO, Raumstruktur GmbH
Maße: Durchmesser = 91,6 m; Scheitelhöhe: 15 m

Konstruktion: ähnliche Struktur wie Kiewit-Kuppel, Primärstruktur: 2-lagige Raumfachwerk aus äußeren und innerer Stablage im Abstand von 1,6 m, durch Diagonalleisten verbunden; Stäbe mit Meridian-Knoten verschraubt; Kuppelrand an jedem 2. Knoten mit Stahlblech gestützt; Sekundärstruktur: Dachhaut aus Aluminium Membran
Material: Stahl/ Aluminium



Hangar 8, Salzburg, 2004
Architekten: Aastler Völcker Burgstaller Ingenieure: Bolinger und Grotzmann
Maße: L= 63 m, b= 58 m, h= 12,5 m

Konstruktion: Primärstruktur: Rundrohre (Nebenrohre Ø 82,5 mm) und ein eigenes Rahmenwerk aus äußeren und inneren Stablage im Abstand von 1,6 m, durch Diagonalleisten verbunden; Stäbe mit Meridian-Knoten verschraubt; Kuppelrand an jedem 2. Knoten mit Stahlblech gestützt; Sekundärstruktur: Dachhaut aus Aluminium Membran
Material: Stahl/ ETE-Folie



Eden Project, Bodvaev St. Austell, Cornwall, 2001
Architekt: Nicholas Grimshaw & Partners
Tragwerkplanung: Antony Hunt Associates
Maße der 2 x 4 Biome: Kuppel ABCD: L= 240 m, b= 110 m, h_{max} = 55m; Kuppel EFGH: L= 150 m, b= 60 m, h_{max} = 33m

Konstruktion: Primärstruktur: 2-lagiges Raumfachwerk, an den Verschiebungslinien der Kuppeln wurden Bogenträger mit über 100 m Spannweite angeordnet; Sekundärstruktur: 2-lagige Gitterschalen aus Eichenholzstäben, 3,5 x 4 cm, diagonale Versteifung mit 1,0 m Latene; Sekundärstruktur: Spulstruktur aus Latten; Sekundärstruktur: Eichen- und Zedelholz, Wärmedämmung mit Aluminiumschichtung



Weald and Downland Museum Chichester, Sussex, 2001
Architekt: Edward Cullinan Architects; Ingenieure: Richard Harris, Büro Happold
Maße: L= 50 m, b= 15 m, h_{max} = 9,5 m

Konstruktion: Primärstruktur: selbsttragende 2-lagige Gitterschalen aus Eichenholzstäben, 3,5 x 4 cm, diagonale Versteifung mit 1,0 m Latene; Sekundärstruktur: Spulstruktur aus Latten; Sekundärstruktur: Eichen- und Zedelholz, Wärmedämmung mit Aluminiumschichtung



Fusspfadhaus Zorn, Berlin, 1997
Architekt: Jürgen Gribb; Tragwerkplanung: Schlich, Bergemann + Partner
Maße: ca. 65 m x 40 m, h = 7 m über Terrain, Ø kl. Kuppel: 24,5 m

Konstruktion: Primärstruktur: Vierecknetz (Raster: 1,2 x 1,2 m) aus Flachstäben, 40 x 40 mm; Ausstattung durch durchgehende verspannte Diagonalleiste; stete Randträger
Sekundärstruktur: Glas
Material: Stahl/ Glas