



## **Die Messehallen von Magdeburg**

*Rolf Bernauer  
Ingenieurbüro Bernauer  
D88662 Überlingen  
Tel. 07551 64878*

Projektdaten:

Bauherr: MMG Magdeburger Messe Vermietungsges. mbH  
D-55130 Mainz

Architekt: W&P Architekten Ingenieure  
D-30175 Hannover  
Dipl. Ing. Jürgen Berneit DWB  
Dipl. Ing. Walter Müller-Werkmeister

Statik Massivbau: Planungsbüro Rohling AG  
D-39114 Magdeburg

Statik für Holzbau : Ingenieurbüro Bernauer  
D-88662 Überlingen  
Dipl. Ing. Rolf Bernauer

Holzbaufirmen: Firma Losberger, Holzleimbau  
D-75031 Eppingen-Richen

Wiesner-Hager  
A-4950 Altheim

Holzbau Amann  
D-79809 Weilheim-Bannholz

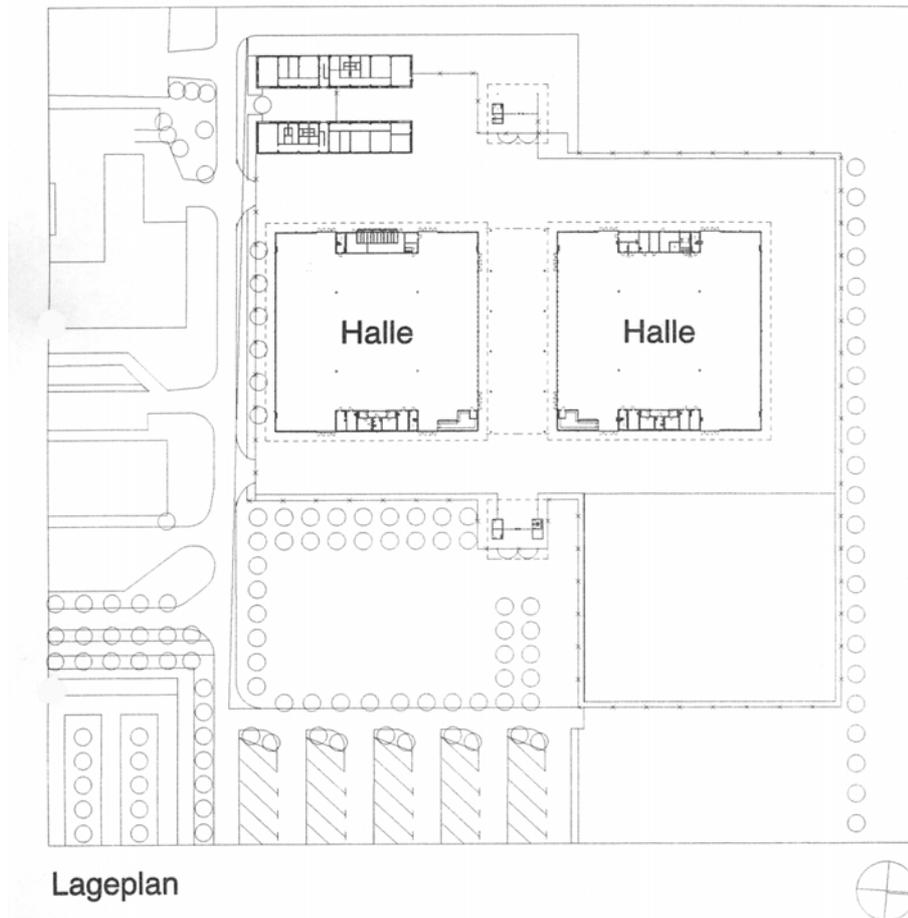
Gebäudedaten – Ausstellungshallen:

Grundstücksgröße:	76.000 m <sup>2</sup>
Bebaute Fläche:	7.500 m <sup>2</sup>
Brutto – Rauminhalt:	70.000 m <sup>3</sup>
Außenabmessung:	60x60 m
BS – Holzverbrauch:	460 m <sup>3</sup>
Wandbauteile einschl. Schiebetore:	2.300 m <sup>2</sup>
Dachschalung:	8.700 m <sup>2</sup>
Nutzbare Höhe:	6 m
Dachneigung:	5°
Brandschutz:	F 30

Wände: Pfosten-/Riegel-Konstruktion, gedämmte Ausfachung, beidseitig mit 3-Schichtplatte aus Nadelholz beplankt.

Dach: Raumfachwerk 48x48 m, Sparren umlaufend alle 3 m an das Raumtragwerk gehängt, mit einer Länge von 9m und 3m auskragend.

Dachaufbau: Bohlschalung und Alu-Profilbahnabdeckung.



Aus der Sicht der Architekten:

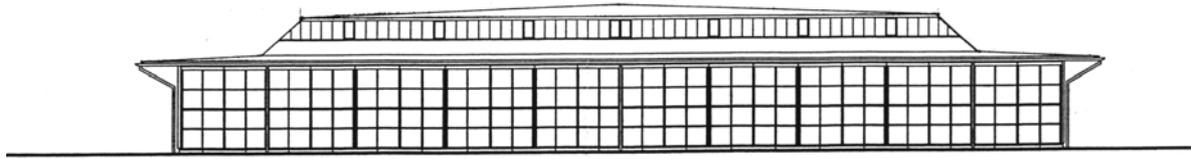
Die Einbettung der Regionalmesse Magdeburg in die Umgebung des Tessenow-Ensembles und des Bundesgartenschau-Parks brachte es mit sich, daß sich die städtebauliche Maßstäblichkeit bewußt von der Maßlosigkeit anderer Messeplätze unterscheiden sollte.

Heinrich Tessenow hat in seinem Werk stets nach Einfachheit und Vernunft getrachtet. Er suchte im Ausgleich der Extremen das Vermittelnde – dieses Vorbild war Richtmaß für den Entwurf und die Ausführungsdetails.

So spiegelt diese Planung praktische Sachlichkeit ohne Pathos, mit Respekt vor Tradition und Umgebung wieder.

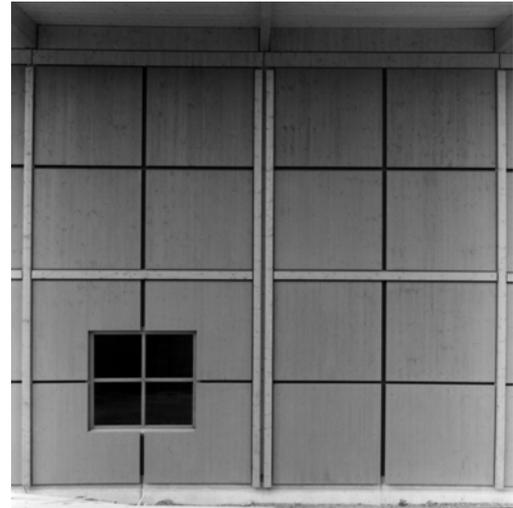
Unter der Prämisse, daß ein streng limitiertes Budget einzuhalten war, lautete die Planungsvorgabe der Architekten: „ Das Einfache ist nicht immer das Beste, aber das Beste ist immer einfach“.

Tessenows Liebe zum Handwerk war Vorbild bei den Planungsüberlegungen und hat dazu beigetragen, daß abweichend von den üblichen Messestandards hier ein Messeprojekt realisiert wird, das vorwiegend aus Holz konstruiert ist und bei dem sich die handwerkliche Sorgfalt bis ins letzte Detail fortsetzt. Dadurch wird eine unvergleichbare Charakteristik und Qualität für den Messeplatz Magdeburg entstehen.

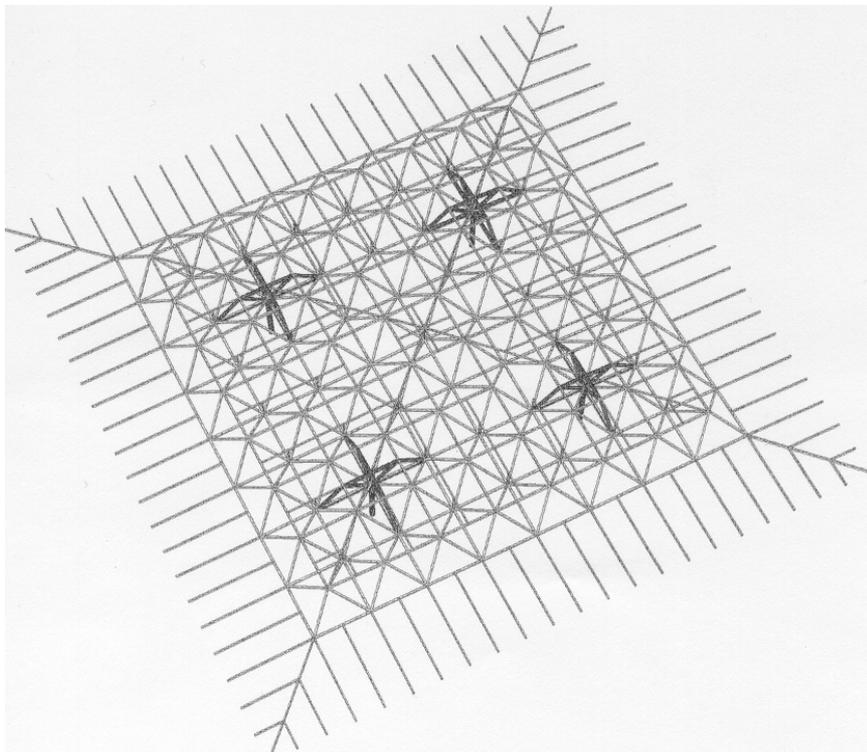


Ansicht

Fassade



Aus der Sicht des Tragwerkplaners:



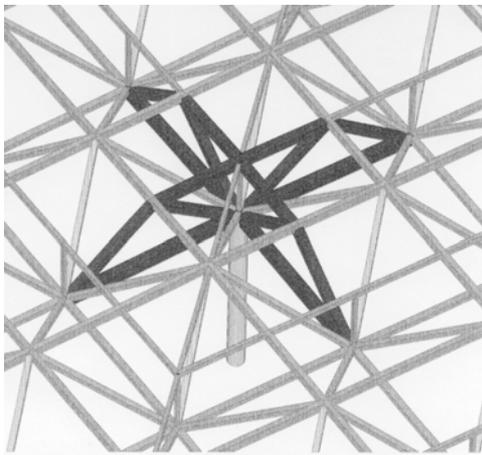
Im oberen Bild das statische System einer Halle aus der Vogelperspektive; die Hallenabmessungen betragen 60/60 m, davon sind 48/48 m mit einem Raumfachwerk überdacht. An den Rändern wurden Sparren im Abstand von 3 m an das Tragwerk angehängt.



Die Sparren kragen 3 m über die Fassade; sie bilden dadurch, in 6 m Höhe, einen respektablen konstruktiven Wetterschutz. Ober- und Untergurte sind in Zeltdachform um ca.  $3^\circ$  geneigt. Die Konstruktionshöhe beträgt 2,50m.

Bis auf einen 3 m breiten Lastanteil der Fassadenstützen entlang der Hallenränder trägt sich die gesamte Last aus der Dachkonstruktion auf 4 Stützen in Hallenmitte ab. Sie stehen 18 m von den Fassaden entfernt und haben unter sich einen Abstand von 24 m.

Die in der Statik ermittelte Auflagerkraft von 1185 kN konnte nicht über die standardmäßigen Formteile in die Hauptstützen eingeleitet werden.



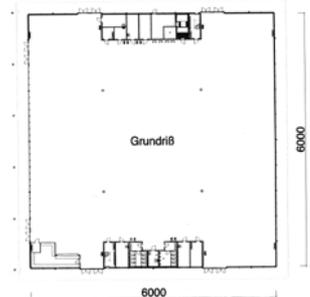
Durch Anordnung einer ebenen, sich überkreuzenden Primärkonstruktion über den Stützen, wurde die Strebenanzahl verdoppelt. Das System ist im linken Bild gesondert dargestellt. Dies ermöglichte die Einleitung dieser für den Holzbau doch relativ hohen Auflagerkraft. Das rechte Bild zeigt, daß sich die zusätzliche Konstruktion dem Grundsystem anpaßt bzw. sich in das Gesamtbild des Tragwerkes einfügt.

Die Symmetrie des Grundrisses und der Stützenstellung in beiden Richtungen waren bei diesem Projekt ideale Voraussetzungen für ein Raumfachwerk. Bei diesen Gegebenheiten stellte sich in beiden Richtungen die gleiche Lastabtragung ein, und somit konnten im

Raumtragwerk die geringsten Stabkräfte erreicht werden. Obwohl hier die Untergurtlage größtenteils im Druckbereich ist und die Stäbe für die Brandbeanspruchung F30 bemessen wurden, führte dies zu diesem filigranen Tragwerk.



- Im Raumtragwerk ist jeder Knoten im System eingebunden, sodaß im Gegensatz zu linearen Bindern keine unkontrollierten Verformungen auftreten können. Beim Projekt Magdeburg brachte dies die notwendige Sicherheit für das umlaufende Lichtband, welches ausgerechnet zu den verformungsempfindlichen, auskragenden Tragwerksrändern zugeordnet war.
- Die räumlichen Tragstrukturen benötigen keine zusätzlichen Verbände oder Scheiben. Ein Raumtragwerk läßt sich sehr gut den gegebenen Steifigkeitsverhältnissen anpassen, da die Aussteifung in jedem Knotenpunkt erfolgen kann. Bei Magdeburg wurde dies über die, im Vergleich zu den Stützen, sehr steifen, massiven, zweigeschossigen Einbauteilen kostengünstig realisiert.



### Fertigung

Die Stäbe des Tragwerkes werden im Werk gefertigt. Sie bestehen aus einteiligen Querschnitten, an deren Enden Stahlformteile eingeschlitzt sind. Je nach den Querschnitten oder Anforderungen wird Vollholz oder Brettschichtholz verwendet. Der Abbund an den Stabenden sowie die Dübelbilder der Stabformteile sind typisiert. Die notwendigen Überhöhungen des Systems werden bei den Stablängen berücksichtigt. Dies erfordert eine eindeutige Numerierung der Stäbe im Abbundwerk.

Sämtliche Stäbe mit den eingebauten Stabformteilen können dann in kompakten Stapeln auf die Baustelle transportiert werden. Ein deutlicher Vorteil gegenüber werkseitig zusammengebauten Bindern. Die Entfernung zwischen dem Abbundwerk und der Baustelle spielen eine untergeordnete Rolle.



Für Gurt- und Diagonalstäbe werden jeweils separate Knotenformteile verwendet. Dies ermöglicht einen spannungslosen Zusammenbau, da weder innerhalb der Gurtstablage, noch bei den Raumdiagonalen statisch überbestimmte Systeme ( Dreiecke ) während der Montage entstehen. Erst am Schluß der Montage werden die Knotenformteile mittels Verbindungsschrauben zusammengezogen bzw. fixiert.



Auf der Baustelle werden entsprechend der Überhöhung die Knotenformteile für die Untergurtstäbe ausgelegt. Die Stäbe werden mit Hilfe von Bolzen und Sicherungsringen an den Formteilen befestigt. Das geht recht schnell, weil je Stab nur zwei Gelenkbolzen einzubauen sind. Die zweiten Knotenformteile für die Diagonalen werden aufgelegt und die Raumdiagonalen werden an diese angeschlossen. In diesem Schema werden die weiteren Ebenen des Tragwerks zu Ende montiert. Der Aufbau am Boden geht bei konsequenter Aneinanderreihung der Stäbe, wie oben beschrieben, vollkommen zwängungsfrei vor sich, wodurch Anpassungsarbeiten oder Gewaltakte mit dem dicken Hammer nicht vorkommen.





Dem Anwender stehen bei meinem System jeweils 3 Modellstärken zur Verfügung.

So können bei Gurtstäben folgende Stabkräfte in die Knoten eingeleitet werden:

Formteilgröße 1	bis	101 KN
Formteilgröße 2	bis	166 KN
Formteilgröße 3	bis	235 KN

Bei den Raumdiagonalen wurden folgende Einteilungen gewählt:

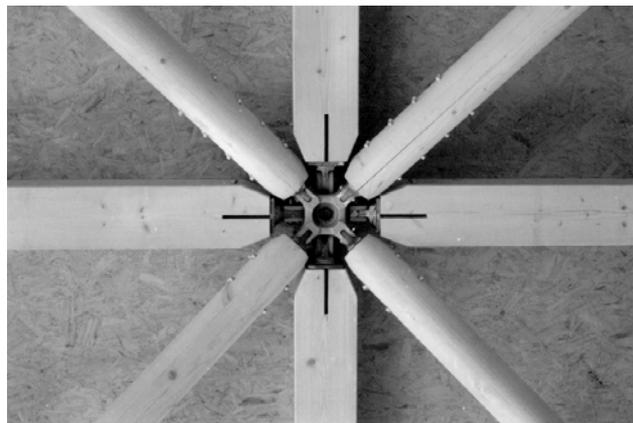
Formteilgröße 1	bis	66 KN
Formteilgröße 2	bis	101 KN
Formteilgröße 3	bis	187 KN

Bei der Modellgestaltung der Formteile wurde darauf Wert gelegt, daß die Formteilgrößen untereinander kombiniert werden können. Dies hat den Vorteil, daß die Knotenformteile bzw. die Stabquerschnitte optimal den Stabkräften angepaßt werden können. So ist es z.B. möglich, daß das Knotenformteil für Gurtstäbe mit einer kleineren Formteilgröße für die Raumdiagonalen kombiniert werden kann. Dies ist immer im mittleren Bereich eines Tragwerkes der Fall.

Diese Aufteilung des Knoten in einzelne Bereiche erwies sich bei dem Projekt Magdeburg als sehr vorteilhaft, als folgendes Problem auftrat:

Nach statischer Berechnung stellte man fest, daß einzelne Gurtstabkräfte größer als die max. zulässigen Belastungen waren. Eine Veränderung des statischen Systems war aufgrund von äußeren Gegebenheiten nicht möglich, und so mußte eine Lösung innerhalb des Systems gefunden werden.

Dadurch, daß beim "SYSTEM BERNAUER" Knotenformteile für die einzelnen Stablagen unter 45 Grad gedreht aufeinander gestapelt werden, war die Lösung sehr einfach durch ein weiteres Knotenformteil zu erreichen. Da dieses dann wieder in der Anschlußrichtung der Gurtstäbe liegt, konnten somit die Gurtstäbe über 2 Augenlaschen angeschlossen werden. Somit können Gurtstabkräfte von  $235+187=422$  KN ohne Probleme in die Knoten eingeleitet werden. Es ist sogar möglich, eine Gurtstabkraft über 3 Augenlaschen anzuschließen und somit  $235+187+187=609$  KN einzuleiten. Siehe hierzu linkes Bild.

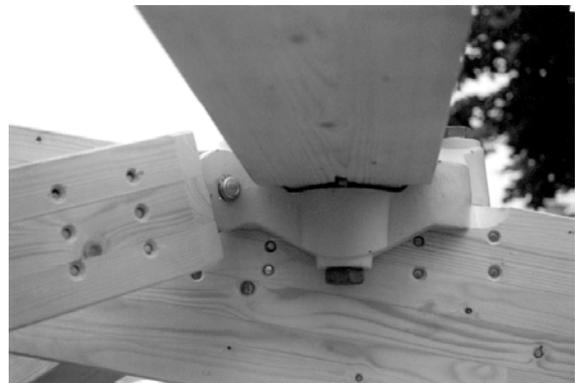


Die Querschnittsformen sind in meinem Verbindungssystem beliebig. Siehe Bild rechts oben.

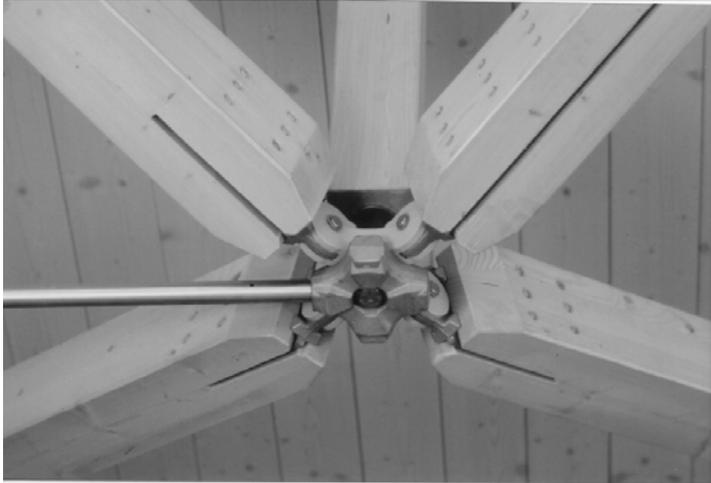
Mit den bisher vorgestellten Knotenformteilen ist das Konstruieren eines Dachvorsprungs sehr aufwendig, da das Durchstoßen der Raumdiagonalen durch eine Fassade sehr unbefriedigende Detaillösungen zur Folge hat. Siehe Bild rechts.



Aus diesem Grund habe ich ein anderes Formteil entwickelt. Die Gurtstäbe werden in zwei Richtungen übereinander angeordnet und können dadurch jeweils durchlaufen. Siehe Bild rechts. Dies gibt mir die Möglichkeit, daß die Systemstäbe an der Traufe sowie am Ortgang auskragen und somit den Dachvorsprung bilden. Das Knotenformteil für den Anschluß der Raumdiagonalen ist hier zwischen den Gurtstäben angeordnet. Diese Weiterentwicklung führte zu den einfachen Detaillösungen in der Fassade. Siehe untenstehende Bilder.



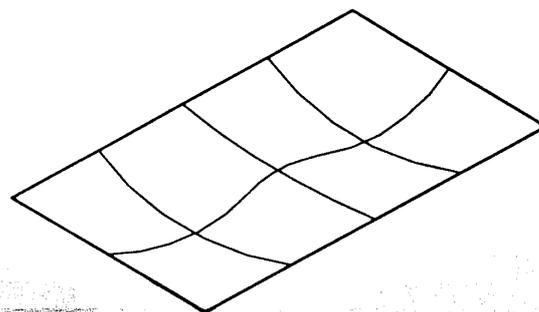
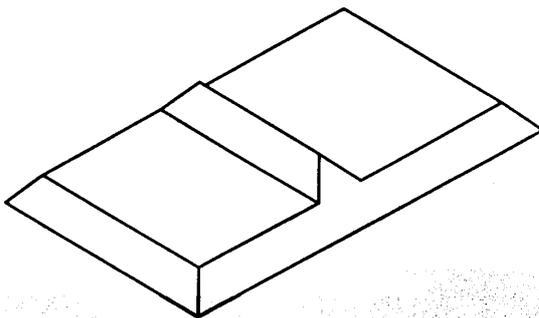
Um dem System-Bernauer eine weitere Gestaltungsmöglichkeit zu geben, habe ich ein Formteil für ein Rundstahl unterspanntes Raumtragwerk entwickelt. Die zuvor beschriebenen Kombinationsmöglichkeiten sind auch bei diesem Knotenformteil gegeben. Wie Sie aus den nachstehenden Bildern erkennen können, wirken solche Strukturen noch transparenter.



### Statische Anmerkungen

Das System ergibt immer punktförmig gestützte Platten, die auch gewölbt oder gefaltet sein können. Das innere Trägheitsmoment kann innerhalb der Platte durch die Systemhöhe variiert werden. So ist es z.B. auch möglich, Platten mit großen Unterschieden zwischen Länge und Breite statisch günstig zu strukturieren. Das untere Bild zeigt ein einfaches Beispiel. Die unvorteilhaft längliche Platte wird in günstige, annähernd quadratische Felder unterteilt. Der erhöhte, in der Mitte querverlaufende Teil stellt quasi einen Überzug, also eine elastische Stützung dar.

Besondere Vorteile bietet das System, wenn bei großflächigen Tragwerken um jeden Zentimeter Höhe „gekämpft“ wird. Die Plattenwirkung erlaubt Systemhöhen, die allgemein deutlich unter denen einachsiger Haupttragwerke liegen. Die Plattenwirkung sorgt für eine umfangreiche Lastverteilung auf das Gesamttragwerk und so können Einflußspitzen erheblich „gekappt“ werden. Sehr „sparsame“ Konstruktionen werden möglich.



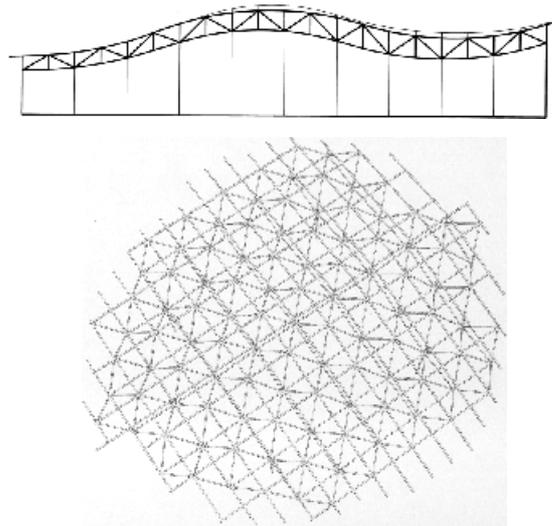
### Primärkonstruktionen

Die zuvor beschriebene statische Wirkung, kann auch mit Hilfe von ebenen Primärkonstruktionen z.B im Oberlichtbereich zwischen getrennten Systemen erreicht werden. Siehe Systemskizzen links unten. Oder man erreicht zusätzliche Auflagerpunkte durch Überspannung mit Pylonen.



### Formen

Architektonisch hat das System viel „Spielraum“. Rundhölzer oder andere Stabquerschnitte können einen zusätzlich optischen Reiz schaffen. Die Beschränkung auf das quadratische und diagonale Grundrißraster ist allerdings Voraussetzung. Dies bedeutet jedoch nicht, daß z.B. nur rechteckige Dachgrundrisse in Frage kommen



### Software

Die gestalterische Freiheit dieses Systems und die optimalen Anpassungsmöglichkeiten der Formteile und Stabquerschnitte an die Schnittkräfte erfordert einen großen Planungsaufwand. Dazu kommt der erhöhte Arbeitsaufwand eines Raumfachwerkes, bei dem eine Wiederholung von gleichen Stäben auch bei symmetrischen Systemen vernachlässigbar ist.

Aus diesem Grund konnte dieses Verbindungssystem nur mit einer speziellen Software in die Praxis umgesetzt werden. Mit großem zeitlichem und auch finanziellem Aufwand habe ich nun ein Modul entwickelt, welches zu den statischen Ausgaben eines räumlichen Stabwerksprogrammes den graphischen Teil für die Tragwerksplanung abdeckt, die Stücklisten, Stahlteilzeichnungen und Details für die Werkplanung bzw. Kostenermittlung generiert und die Eingaben für die Abbundanlage liefert. Dabei werden automatisch die

entstehenden Exzentrizitäten, der Schlupf der Verbindungsmittel, das Lochspiel der Gelenkbolzen und eine Überhöhung des Tragwerkes in Abhängigkeit von der Durchbiegung berücksichtigt.

Damit für die Zukunft der Service sichergestellt ist, habe ich mich entschlossen, eine Partnerschaft mit qualifizierten Softwarehäusern einzugehen. Hiermit ist auch eine Weiterentwicklung in das Betriebssystem "Windows" verbunden.

#### Kosten:

Mit Hilfe der Software ist das System leicht zu beherrschen. Die Kosten für die Knotenteile sind gegenüber zum Beispiel individuell gefertigten Schweißteilen fixiert. Der Abbund mit Herstellen der Stabanschlüsse ist durch die Standardisierung auf gut beurteilbare Typen beschränkt. Die Montage ist klar überschaubar und nur mit geringen Ungewißeiten behaftet. Allerdings müssen die Möglichkeiten für den Kraneinsatz gegeben sein. Von Vorteil kann wiederum sein, daß der Einsatz der Großkräne nur wenige Stunden dauert. Vom neutralen Architekten beider Projekte wurden die Kosten dieser Dachtragwerke pro Quadratmeter ermittelt und miteinander verglichen. Beide Projekte wurden innerhalb von einem halben Jahr ausgeschrieben bzw. ausgeführt. Links die Mehrzweckhalle Elchingen mit meinem Raumfachwerk und rechts die Mehrzweckhalle Reute bei Bad Waldsee mit linearen Fachwerkbindern. Das Ergebnis habe ich wörtlich der Sonderveröffentlichung der Südwestpresse zur Einweihung der Elchinger Halle entnommen.



“Dieses räumliche Tragwerksystem ist durch geringen Materialverbrauch, Rationalisierung durch die Vorfertigung vieler gleicher Teile und die Montagefreundlichkeit des Systems um ca 40% billiger als übliche lineare Tragwerke.“

Die Kosten sind hauptsächlich von dem gewählten Rasterabstand abhängig. Als günstig hat sich ein Raster zwischen 5 und 6m erwiesen.