

**Fährterminal mit gewölbter
Dachstruktur aus Stahl**
Ferry terminal with a vaulted
roof structure in steel

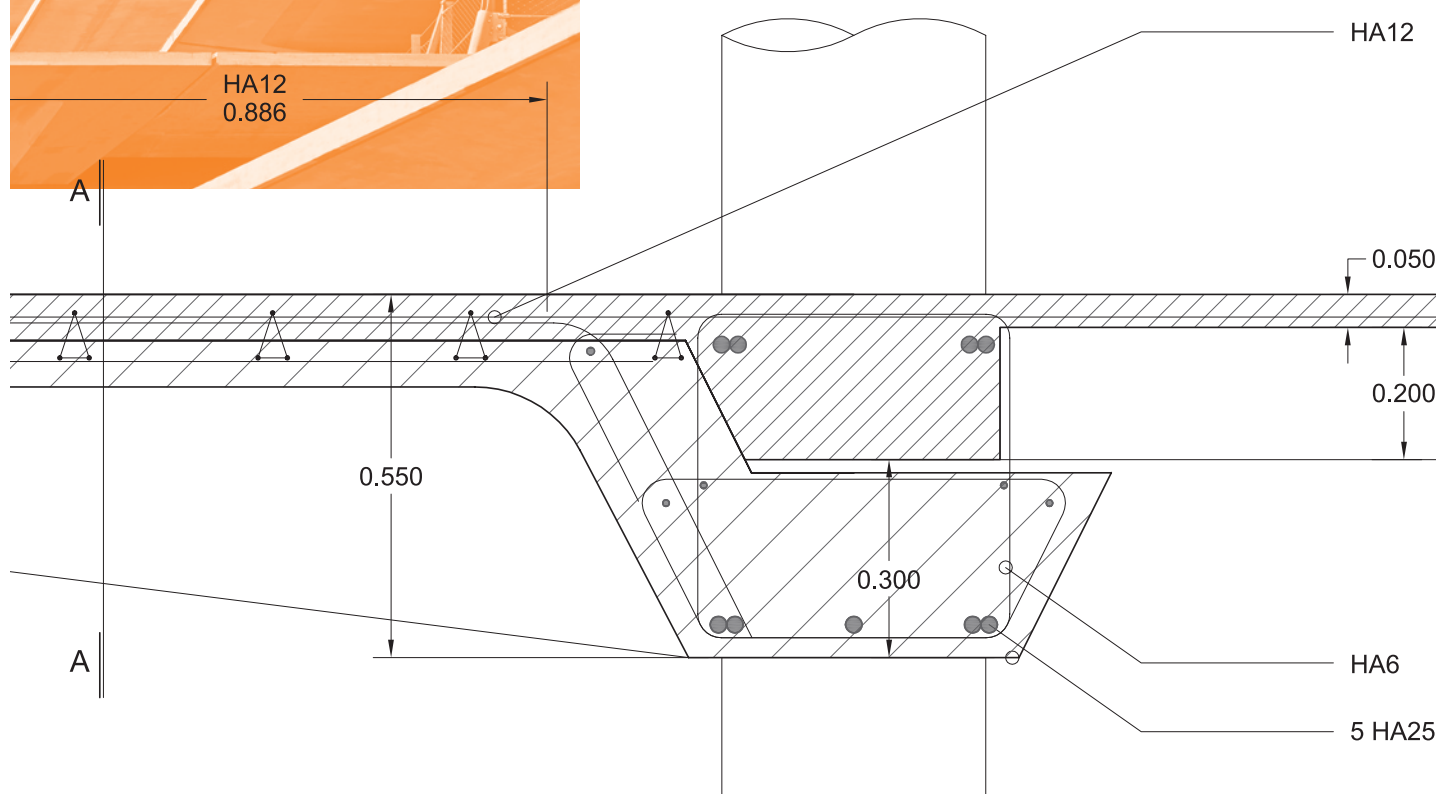
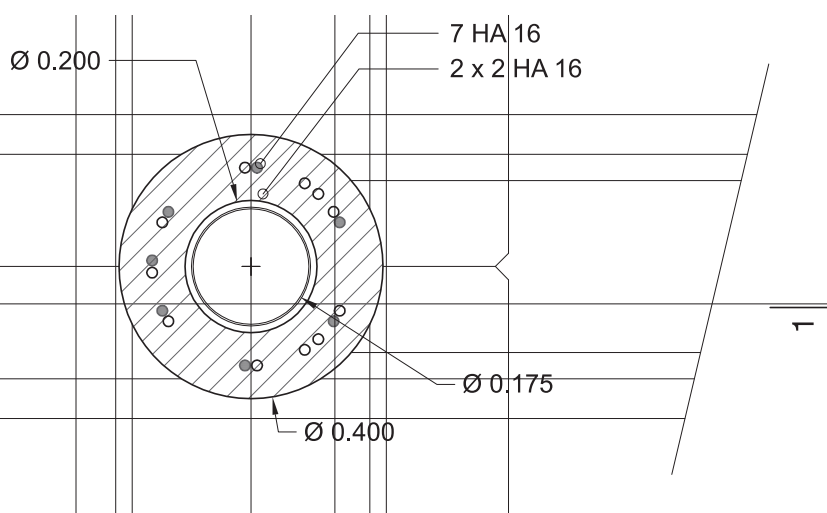
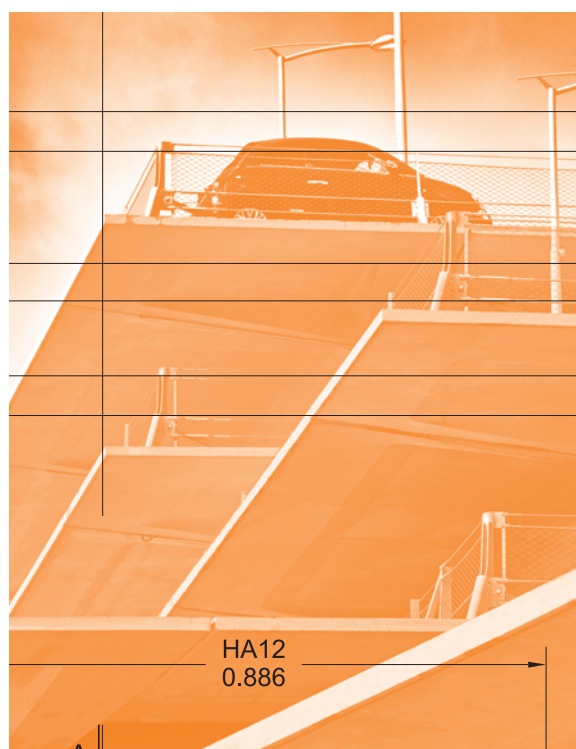
**Parkdecks aus filigranen
Betonfertigteilen**
Parking decks with delicately
proportioned precast units

2.18

structure

Zeitschrift für Tragwerksplanung und Ingenieurbau
Review of Structural Design and Engineering

published by
DETAIL



Praxisgerechte Holzbauplanungen durch die frühe Einbindung von Fachfirmen

Practical Timber Structures Design
through the Early Involvement of Specialist Firms

Text:
Wolfgang Müll

Der Autor ist gelernter Zimmerer und Bauingenieur. Nach dem Studium war er sechs Jahre lang bei Losberger Holzleimbau tätig. Seit 1998 ist er Projektleiter bei Holzbau Amann GmbH.

The author is a qualified carpenter and structural engineer. After completing his studies, he worked for six years at Losberger Holzleimbau. He has been project manager at Holzbau Amann GmbH since 1998.

Die ungeheure Produktvielfalt an Holzwerkstoffen und Verbindungsmitteln, vielfältige bauphysikalische Aspekte, sich ständig ändernde Normen und anerkannte Regeln der Technik und nicht zuletzt die Interaktion all dieser Punkte können die Planung von Holzbauten sehr aufwendig machen. Ein Weg, um angesichts dieser Komplexität dennoch praxisgerechte und kostensichere Planungen entwickeln zu können, eröffnet die frühzeitige Einbindung von Fachfirmen. Vom gemeinsamen Entwickeln der Details können alle Beteiligten profitieren. Im Folgenden werden einige Projekte vorgestellt, bei denen dieser Weg zum Erfolg geführt hat.

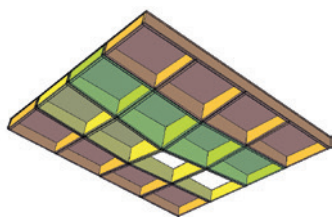
Hager Forum in Obernai

Beim Hager Forum im französischen Obernai war Holzbau Amann beratend für die Architekten Sauerbruch Hutton und das Tragwerksplanungsbüro Werner Sobek Frankfurt tätig (Abb. A-F). Die Planer entwarfen einen 39 x 156 m großen Trägerrost im Raster von 3 x 3 m, der nur auf wenigen Stahlpendelstützen aufgelagert war. Durch die Ausbildung einer weit auskragenden Dachscheibe aus Holz sollten sich horizontale Lasten im Bereich der massiven Treppenhäuser ableiten lassen. Die Holzquerschnitte waren zu den Stützen hin gevoutet, um den Kräftefluss ablesbar zu machen. Vorgesehen waren 3 m breite und bis zu 12 m lange, miteinander verschraubte Einzelelemente aus zwei Brettschichtholzbalken mit aufgeleimter Brettsperrholzplatte. Die am Übergang zwischen Dach und Stützen auftretenden Querkkräfte und Momente sollten von nicht sichtbaren Stahllaschen und Vollgewindeschrauben aufgenommen werden (Abb. B). Angesichts der geplanten Elementfertigung und der sich daraus ergebenden Fragestellungen zu Fertigungsmöglichkeiten, Verbindungstechniken und Montagetoleranzen konnten die Architekten den Bauherrn davon überzeugen, uns als ausführende Firma frühzeitig beratend einzubinden. Zu unseren Aufgaben zählte unter anderem das Erstellen der Ausführungsstatik und die Einhaltung der gestalterischen Anforderungen der Architekten. Folgende Aspekte machten die Konstruktion jedoch sehr aufwendig: die hohen Lastenträger bei den Stahlstützen, die in die Stützen integrierte Entwässerung, die R60-Brand-schutzanforderung, die schub- und biegesteife Verbindung der Dachelemente ohne sicht-

The enormous diversity of wood-based materials and connections, the manifold aspects of building physics, continually changing standards and recognised rules of technology and not least the interaction of all these points can make designing timber buildings very time consuming and costly. One way to deal with this complexity and yet be sure of designing structures that are practical and within budget is to involve specialist firms at an early stage. Combining skills to develop details together can be to the benefit of all project stakeholders. This article discusses a few projects in which this approach has led to success.

Hager Forum in Obernai

For the Hager Forum in the French town of Obernai, timber construction company Holzbau Amann provided early advice to the architects Sauerbruch Hutton and structural engineers Werner Sobek (Fig. A-F). The original design was a 39 m x 156 m timber grillage with a grid module of 3 m x 3 m, which was to be supported on only a small number of steel columns. A timber roof with long edge cantilevers was envisaged to allow the roof loads to be transferred into the area of the concrete stairwells. The timber cross sections deepened towards the columns to clearly express the flow of forces. The plans showed individual elements being bolted together. The 3 m wide and up to 12 m long elements were manufactured out of two glued laminated timber beams with a glued-on, cross laminated timber panel. The shear forces and moments occurring in the transition between roof and columns were to be transmitted by concealed steel plates and continuously threaded bolts (Fig. B). Having decided on prefabrication, the archi-



A

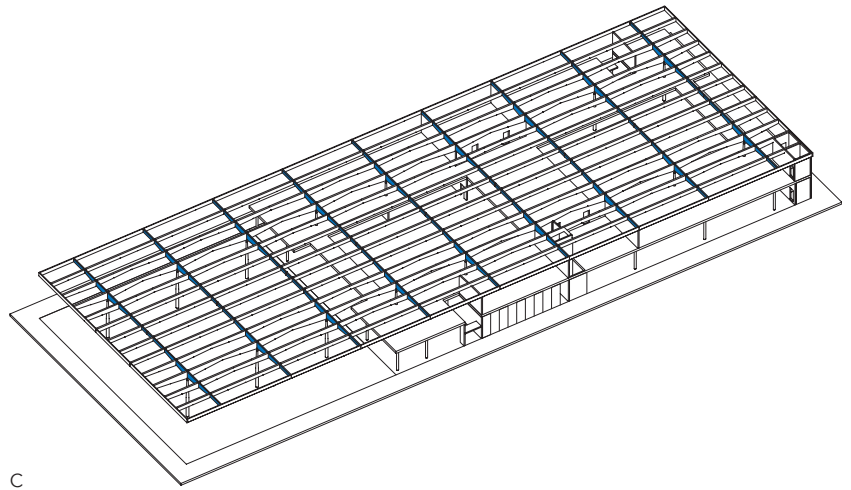


B

bare Verbindungsmittel sowie die klimatische Beanspruchung durch eine Kühl-Heizdecke direkt unter der Dachkonstruktion. Dies führte dazu, von der Ausführung mit verleimten Elementen abzusehen.

Als Alternative dachten wir zunächst über eine Binder-Pfetten-Lösung nach, die jedoch bei Berücksichtigung der von den Architekten gewünschten Trägerhöhen wegen der fehlenden Trägerrostwirkung zu hohen Verformungen geführt hätte. Stattdessen entwickelten wir ein gerichtetes Hybridtragwerk aus Stahl-Hauptträgern in Gebäudequerrichtung mit Brettschichtholzverkleidung sowie Holz-Nebenträgern in Längsrichtung (Abb. C, E).

Die Anschlüsse der teilweise gevouteten Holzträger an die Stahlträger erfolgte biegesteif, sodass die Durchlaufwirkung in Längsrichtung und somit der statische Trägerrost erhalten blieb. Die oberseitige Brettspertholzbeplankung wurde über eine enge Vernagelung mit den Nebenträgern ebenfalls zur vertikalen Lastabtragung herangezogen. Auf diese Weise konnten die ursprünglich geplanten Trägerhöhen umgesetzt werden. Um der klimatischen Beanspruchung der horizontalen Holzbeplankung Rechnung zu tragen, wurden Hirnholzanstriche, eine Messanlage der relativen Luftfeuchte und Temperatur vorgesehen sowie ein Holzfeuchtemonitoring eingerichtet. Über diesen letztlich ausgeführten Alternativvorschlag haben wir uns im Rahmen einer offenen und vertrauensvollen Zusammenarbeit intensiv mit Werner Sobek ausgetauscht. Die Beratung durch eine Fachfirma hat sich für den Bauherrn ausgezahlt: Für den Bauablauf war alles sehr gut vorbereitet und auch



C

tests foresaw the decisions to be made about the methods of manufacture, connection techniques and installation tolerances and persuaded the client to involve us as the contractor to provide advice at an early stage. One of our tasks was to complete the structural engineering design of the erection phase and ensure the structure complied with the architectural requirements.

We identified several aspects that made construction more costly and complicated when considered from the point of view of glued timber elements and looked for alternatives. Our first thought was a rafter-purlin alternative, but the shallowness of the beam required by the architect would have led to very high deflections because of the lack of grillage action. Instead, we developed a directional hybrid structure with steel main beams clad in glued laminated timber running transversely to the structure and timber secondary

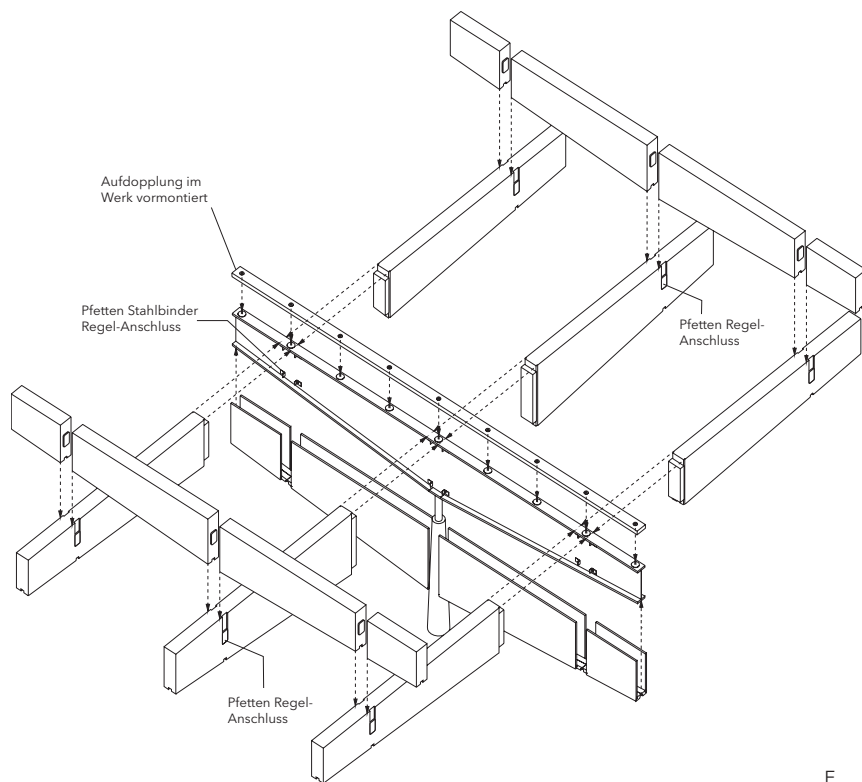
A-D Hager Forum in Obernai
A, B Entwurf Tragwerksplanung (Werner Sobek Frankfurt), mögliche Vorfertigung der Elemente im Bereich des Stützenknotens
C Werkstattplanung (Holzbau Amann), Isometrie Stahlbinder (blau) mit Pfetten

A-D Hager Forum in Obernai
A, B structural engineering design (Werner Sobek Frankfurt), possible prefabricated elements near the column joints
C workshop design (Holzbau Amann), isometric steel roof members (blue) with purlins



D

Jan Bitter



E, F Hager Forum in Obernai Werkstattplanung (Holzbau Amann), Einzelteile der Konstruktion

E, F Hager Forum in Obernai workshop design (Holzbau Amann), detailed construction components

das begrenzte Zeit- und Kostenbudget wurde eingehalten. Unsere Alternative war um 250 000 Euro günstiger umsetzbar als die ursprüngliche Lösung.

Hermès-Shop im Kaufhaus GUM in Moskau

2014 erhielten wir eine Anfrage zum Bau einer Treppenverkleidung aus Holz. Die von RDAI-Architectes und dem Ingenieurbüro Bollinger + Grohmann entwickelte konstruktive Idee besteht aus 145 stehenden, gekrümmten Hölzern mit einem Querschnitt von 40 x 60 mm, die eine Freiformfläche ausbilden (Abb. G-J). Die Struktur der Treppenverkleidung wurde uns als Rhinomodell zur Verfügung gestellt, zusammen mit der Frage, ob und zu welchem Preis eine Umsetzung denkbar sei.

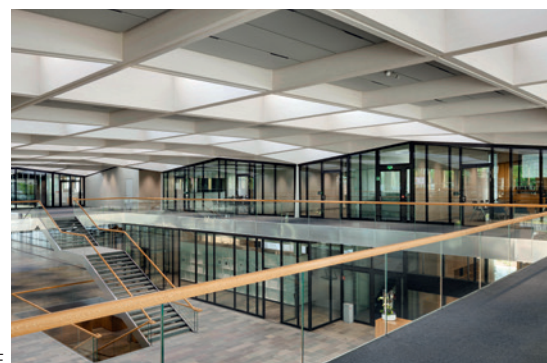
Mit gekrümmten Leisten hatten wir im gleichen Team bereits beim Projekt »Hermès Rive Gauche« in Paris gearbeitet und so war uns die Erwartung des Architekten an die Ausführungsqualität bekannt. Der besondere Schwierigkeitsgrad dieses Treppengeländers lag darin, doppelt gekrümmte und zugleich tordierte Leisten herzustellen. Beim Verleimen entstehen nicht unerhebliche Rückstellkräfte, weshalb die tatsächliche Form nach Öffnen der Verleimungsschablone oft nicht mehr der Form der Verleimungsschablone entspricht. Im Zuge der Ausführungsplanung wurden zunächst gemeinsam mit Bollinger + Grohmann und den Planern von design to production Unstetigkeiten in der Modellierung beseitigt. Beispielsweise mussten »Knicke« und zu enge Radien angepasst werden.

Die Architektenplanung sah vor, dass die einzelnen Leisten ohne jegliche Verbindung nebeneinander stehen. Um die Leisten im vorgesehenen gleichmäßigen Fugenbild zu

beams running longitudinally (Fig. C, E). The connections of the partially haunched timber beams at the steel beams were stiff in bending so that the continuous beam effect in the longitudinal direction and the structural action of the grillage were maintained. The top layer of cross laminated timber boards was connected by nails at close centres to the secondary beams to ensure distribution of the vertical load. These measures made it possible to achieve the originally planned depth of beam. In order to take the loads due to climatic influences acting on the horizontal timber boards into account, cross-cut timber veneer, a measuring device for relative humidity and temperature and a system to monitor the moisture content of the wood were installed. We worked in a mutually open and trusting relationship with Werner Sobek to develop this final alternative, which was adopted. The advice from a specialist timber engineering firm paid off for the client: everything was very well prepared ahead of construction on site and the limited budget for time and cost was not exceeded. Our alternative was EUR 250,000 cheaper than the original solution.

Hermès Shop in the GUM store in Moscow

We received an enquiry for the manufacture of a feature staircase from timber at the end of 2014. The idea had been developed jointly by RDAI Architectes and consulting engineers Bollinger + Grohmann and consisted of 145 vertical, curved timbers with a cross section of 40 mm x 60 mm, which together create a free-form surface (Fig. G-J). The structure of the feature staircase was made available to us in the form of a Rhino model along with the questions of practical feasibility and cost. We had already developed curved timber sections working with the same multidisciplinary team for the »Hermès Rive Gauche« in Paris and therefore we were familiar with the expectations of the architect in terms of the finished quality. The particularly difficult challenge presented by these stair balustrades was that they were manufactured out of doubly curved sections which twisted at the same time. Any incongruities in the model were eliminated in the detailed design working in conjunction with Bollinger + Grohmann and »design to production«. For example, eliminating





G



H



I

platzieren, schlugen wir zunächst Abstandshalter zwischen den Leisten vor. Nachdem dies von den Architekten abgelehnt wurde, erarbeiteten wir den letztlich ausgeführten Vorschlag, den Handlauf und den oberen Abschluss als Abstandshalter zu verwenden. Der Handlauf entstand als doppelt gekrümmte Holzleiste, während der obere Geländerabschluss aus einer einachsig gebogenen Flachstahlleiste besteht. Vor der endgültigen Beauftragung fertigten wir zur Bestätigung der Umsetzbarkeit einige Musterleisten (Abb. I).

Logistikhalle Eckert in Waldhut-Tiengen

In der Regel sind Hallenbauten mit Stahldachkonstruktionen gegenüber Holztragwerken preislich im Vorteil. Gründe hierfür sind vor allem die niedrigen Stahlträgerhöhen und die daraus resultierenden geringeren Gebäudehöhen sowie die häufig ausgeführten Zweigelenkrahmen mit einfachen biegesteifen Ecken und geringen Fundamentkosten. Bestehen jedoch Brandschutzanforderungen, wendet sich das Blatt. Gemäß Industriebaurichtlinie können bei tragenden Konstruktionen in R30 bis zu 3000 m² große Brandabschnitte ausgeführt werden, ohne dass eine Brandmeldeanlage erforderlich wird. Im Vergleich zum Stahlbau, der einen dämmschichtbildenden Anstrich benötigt, ist die R30-Anforderung im Holzbau ohne nennenswerte Mehrkosten möglich. Ohne Anforderungen an den Feuerwiderstand (R0) sind ohne Brandmeldeanlage hingegen nur 1800 m² große Brandabschnitte möglich. In diesem Fall wurden wir direkt vom Bauherrn gebeten, eine Alternative zu einem für eine Logistikhalle geplanten Stahldachtragwerk auszuarbeiten (Abb. K-M). Der Bebauungsplan gab eine Mindestdachneigung von

any radii that were too tight or sharp kinks. The architectural design envisaged that the individual verticals in the balustrade would stand up adjacent to one another without any form of connection. To position the sections such that the desired even gap pattern would be achieved, we suggested placing spacers between them. After this idea had been rejected by the architect, we developed what was the finally approved proposal to use the handrail and the top closure as spacers. The handrail was created out of doubly curved timber sections, while the top balustrade closure consisted of a singly curved flat steel profile. We made sample sections to confirm feasibility before the final order was placed (Fig. I).

Eckert Logistics Hall in Waldhut-Tiengen

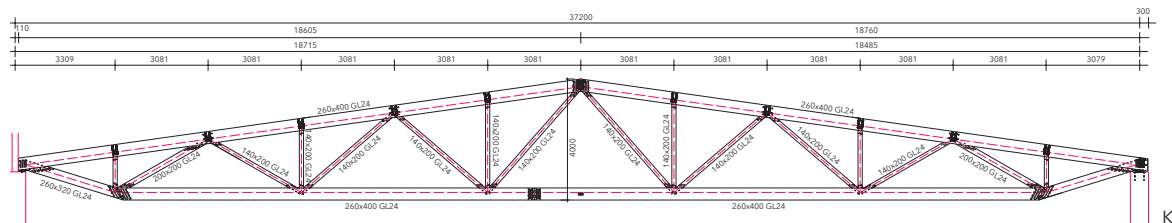
Single-storey industrial buildings with steel roofs are usually cheaper than similar ones with timber roofs. The main reason for this is the smaller structural depth of the steel beams, the resulting lower overall building height and the frequently adopted two-pin frames with simple moment-stiff corners and low foundation costs. However, when fire protection requirements apply, the price advantage is reversed. According to industrial building construction regulations, load-bearing structures can be designed to have R30 fire resistance with fire compartments up to 3,000 m², without the need to fit a fire detection system. Compared to steelwork, which requires an insulating coating, the R30 requirement imposes no significant additional costs on timber structures. On the other hand, with no requirement for fire resistance (R0) and no fire detection system, the permissible size of fire compartments is restricted to 1,800 m².

G-J Hermès-Shop im Kaufhaus GUM in Moskau
I Musterleisten
J konstruktiver Entwurf (Bollinger + Grohmann), Übersicht unterschiedlicher Holz-Biegeradien

G-J Hermès Shop in the GUM department store in Moscow
I sample sections
J construction design (Bollinger + Grohmann), overview of different timber bending radii



J



K-M Logistikhalle Eckert
in Waldhut-Tiengen,
K Werkstattplanung
(Holzbau Amann),
Übersicht Knoten/
Binder
Maßstab 1:250

K-M Eckert logistics hall
in Waldhut-Tiengen,
K workshop design
(Holzbau Amann),
Overview of truss joints/
members
scale 1:250

8° vor. Die Stützweite war mit 37,5 m in Verbindung mit dieser Neigung geeignet für ein Holzfachwerk. Als Systemhöhe wählten wir 3,5 m. Um Systemhöhe zu sparen, planten wir Einfeldpfetten – ein Durchlauffaktor für die Bemessung der Fachwerkträgers musste daher nicht angesetzt werden. Die Verbindungen sind mit mehrschnittigen Schlitzblechen und dünnen Stabdübeln ausgeführt. Für die Bemessung und die zugehörigen Werkstattzeichnungen der Fachwerkknoten benötigten wir nur rund einen Tag. Aufgrund unserer Untersuchungen beauftragte der Bauherr die Holzbauvariante, die keineswegs nur preisliche Vorteile bietet, sondern auch für eine angenehme Raumatmosphäre sorgt. Mit dem neuen hochfesten Holzwerkstoff Baubuche sind bei Fachwerkträgern noch geringere Systemhöhen möglich. Derzeit planen wir eine Produktionshalle mit einer Spannweite von 40 m und einer Trägersamthöhe von 3 m. Der Untergurtquerschnitt aus Baubuche GL 70 beträgt dabei lediglich 28 × 24 cm (b/h).

We were requested directly by the client to prepare an alternative to a steel roof construction which had been planned for a logistics hall (Fig. K-M). The development plan for the area called for a minimum roof slope of 8°. The 37.5 m span between columns and the roof angle made it suitable for a timber truss solution. We decided on a system height of 3.5 m. To keep the system height to a minimum, we designed for single-span purlins - which meant a continuity factor could not be used in the design of the trusses. The connections were formed with multiple-shear slotted steel plates and thin dowels. Based on our input, the client commissioned the timber variant, which not only offered cost advantages but also created a pleasant room atmosphere. The new, high-strength timber-based construction material Baubuche, a laminated veneer lumber made from beech, allows timber trusses to have still shallower system heights. We are currently designing a production hall roof with a span of 40 m and an overall truss height of 3 m.

Gemeinsam zum Ziel

Die enge Zusammenarbeit zwischen Architekt, Tragwerksplaner und Fachfirmen, die über ihre Netzwerke verfügen, kann für alle Beteiligten sehr lohnenswert sein, wenn sie unvoreingenommen aufeinander zugehen und offen für Neues sind. Die Rückkopplung mit den Ausführenden macht Architekten und Ingenieuren klar, wie sich ihre Planungen optimal umsetzen lassen. So entstehen Details, die sowohl den Gestaltungsansprüchen der Architekten entsprechen als auch praxisgerecht und kostensicher umsetzbar sind. Ausführende Firmen sollten dabei nicht vergessen, vor der Beratung eine Vergütungsvereinbarung für die zu erbringende Beratungsleistung mit dem Bauherrn zu treffen.

Working together to achieve the objective

Close co-operative working between the architect, structural engineer and specialist firms, possibly in small networks, can pay dividends for all project stakeholders if they work together in a non-partisan manner and are open to new ideas. The feedback circle with the contractors allows architects and engineers to see how their designs may be optimally realised. This applies particularly to details, which can both fulfil the design ideals of the architect and provide practical and cost-secure solutions. Contractors should, of course, never forget to conclude an agreement for payment with the client for the advice they provide before they provide it.

