

## Zeman & Co GmbH

Contact Jörgen Robra  
 Address Schönbrunner Straße 213-215  
 1120 Wien, Austria  
 Phone +43 1 814 14 - 0  
 Email robra@zeco.at  
 Website www.zeman-stahl.com



Stahlbau und Hallenbau, Stahlkonstruktionen, Industriehallen, Industriegebäude, Sporthallen sowie Ausstellungs- und Veranstaltungsobjekte: Wir planen und konstruieren, produzieren und montieren sämtliche Elemente der Stahlkonstruktion sowie die Dachausbildung, Wände und Fassaden. Eben die gesamte Gebäudehülle. Durch die präzise Vorbereitung der Organisationsabläufe und die durchdachte Vorfertigung von Leichtbauelementen schaffen wir die Voraussetzungen für eine rasche, ordentliche und termingerechte Montage. Sie wird von einem bestens eingespielten Team von Spezialisten ausgeführt.

Doch auch damit ist es noch nicht genug - wir beschäftigen uns auch mit Maschinenbau. Wie das

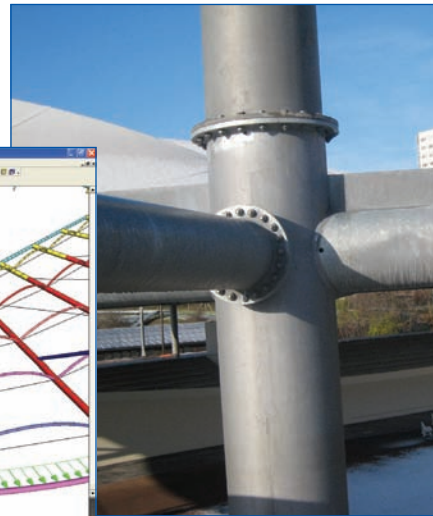
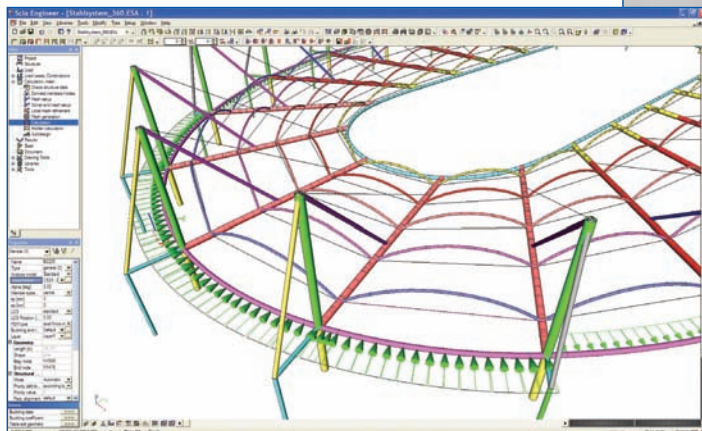
zusammen passt? Mit diesen Maschinen kann man z.B. Leichtbauelemente oder Wellstegträger für den Stahlbau und Hallenbau produzieren.

Hans Zeman gründete seinen Stahlbaubetrieb 1965. Heute besteht der Zeman Konzern europaweit aus 20 Betrieben mit über 450 Mitarbeitern.

Unser Erfolgsrezept: Innovation, Qualität, Tempo und Termintreue. Und das alles zu Preisen, die Sie überzeugen werden.

Nutzen Sie unsere jahrzehntelange Erfahrung. Profitieren Sie von unserem Know How.

Statiksystem Geometrie



### Roof of a Cycling Track, Erfurt

#### Short Description

In Erfurt the old cycling track has been replaced by a new one. The aim of the replacement was not only to match this traditional sport complex to international standards but also to erect a roof over the complex in order to make the workouts and the competitions independent from weather conditions.

For the roofing a membrane structure was chosen. In general the structural calculation of the steel construction for membrane buildings poses a certain challenge because its behaviour is comparatively complicated and the usual calculation method is time-consuming.

By means of the following paper a calculation method is shown that is not only timesaving but also realisable by means of software that is commonly used for structural steelwork.

#### Project Information

**Owner:** Erfurter Sportbetrieb  
**Architect:** Baukonzept Planungsgesellschaft mbH  
**General Contractor:** Zeman & Co GmbH /  
 CENOTEC GmbH  
**Engineering Office:** Ingenieurbüro Teschner GmbH

**Construction Start:** 30/03/2006  
**Construction End:** 03/11/2006  
**Location:** Erfurt, Austria



Die Radrennbahn Andreasried in Erfurt kann auf eine lange Geschichte verweisen. Es handelt sich bei der 1885 eingeweihten Bahn um die älteste Radrennbahn der Welt. Rasch entwickelte sich ein Radsportzentrum, dass bis heute in Verwendung steht. In den vergangenen Jahren wurden die Funktionsgebäude saniert und modernisiert. 2005 wurde die 333 m lange bestehende Bahn in eine 250 m lange Bahn umgebaut. Zu diesem Zweck wurde der vorhandene ca. 5m hohe Damm zu 2/3 abgetragen und unter Verwendung des alten Damms neu errichtet. Gleichzeitig wurde die Errichtung eines Stahldachtragwerkes mit einer transluzenten Membran aus hochfestem PVC-beschichteten Polyestergerewebe als Dachhülle ausgeschrieben. Der Auftrag für das Dachtragwerk konnte durch die Arbeitsgemeinschaft Dach Erfurt bestehend aus den Firmen Zeman & Co GmbH und Ceno Membrane Technology gewonnen werden.

Der Grundriss des Dachtragwerkes mit einer maximalen Länge von ca. 124 m und einer maximalen Breite von ca. 89 m entspricht der ovalen Form der Radrennbahn und überdeckt die Zuschauerplätze und die Bahn vollständig. Der Innenraum ist stützenfrei, so dass das Dachtragwerk nur durch die 20 am äußeren Dachrand auf der Dammkrone befindlichen Pylone getragen wird. Diese sind an den Stützenfüßen eingespannt.

Von den Pylonen kragen die Binder bis zu 31 m in das Gebäudeinnere aus. Im Bereich der beiden Bahnkurven ist die Kraglänge mit 22 m etwas geringer. Die Grundstruktur Pylon / Kragbinder ist durch ein System von Zug- und Druckstäben überspannt, so dass für die relativ große Spannweite ein ausreichend steifes Tragwerk entsteht.

Mithilfe eines äußeren und inneren Ringträgers sind die Binder miteinander verbunden. Der äußere Ringträger verläuft durch die Anschlusspunkte Pylon / Binder und hat im Grundriss die Form einer Ellipse. Der innere Ringträger ist im Bereich der Bahnkurven kreisförmig und verläuft in den Bereichen dazwischen gerade. Durch die Ringträger wird, besonders im Bereich der Bahnkurven, ein räumliches Tragverhalten erzeugt, da deren Bogenwirkung wie ein horizontales Auflager wirkt.

Zwischen den Bindern sind gekrümmte Stahlrohre (Membranbögen) gespannt, welche die Membran in den notwendigen zweiachsig vorgespannten Zustand versetzen.

Zum größten Teil besteht die Konstruktion aus Stahlrundrohren mit Durchmessern bis zu 620 mm. Da das Tragwerk keine Verbände aufweist, wurden, abgesehen von den Bauteilen der Überspannung, alle Anschlüsse biegesteif ausgebildet. Im Verlaufe der Ausführungsplanung durch die Zeman & Co GmbH ergab sich für die

Stahlkonstruktion die Notwendigkeit einer erneuten statischen Berechnung.

Eine Herausforderung stellte dabei die Ermittlung der durch die Membranwirkung erzeugten Lasten dar. Die üblich Vorgangsweise, die Angaben der Belastungsnormen unter Berücksichtigung der Einflussbreiten auf die Stahlkonstruktion zu beziehen, ist bei Membrankonstruktionen nicht ohne weiteres möglich, da neben den Vertikallasten bedingt durch den Membraneffekt hohe Horizontallasten auftreten. Außerdem können, je nach geometrischen Verhältnissen, bei andrückender Gesamtlast örtlich abhebende Lasten auftreten oder umgekehrt.

Eine mögliche Vorgangsweise zur Berücksichtigung dieser Effekte ist die Berechnung an einem 3D-Gesamtmodell, in dem sowohl die Membran als auch die Stahlkonstruktion modelliert wird.

Um Rechenzeit zu sparen und um einfachere und verständlichere Modelle zu erhalten, wurde bei diesem Projekt von einer Berechnung am Gesamtmodell abgesehen. Statt dessen wurde eine dreistufige Vorgangsweise gewählt, bei der die Membran und die Stahlkonstruktion mit Hilfe von zwei voneinander unabhängigen 3D-Modellen berechnet wurde:

1. Berechnung der Membrane
2. Übertragung der Membranauflagerkräfte in das Modell Stahlkonstruktion
3. Berechnung der Stahlkonstruktion

Diese Vorgangsweise hat den Vorteil, das im Verlaufe der Optimierung des Stahltragwerkes nur der Schritt 3 wiederholt werden muss. Beim diesem Bauwerk ergab sich durch Ausnutzung der Doppelsymmetrie eine

weitere Vereinfachung, da für die Membranberechnung nur ein Viertel des Tragwerkes modelliert werden musste.

Zur Übertragung der Membranauflagerkräfte als Belastungen in die vier Sektoren der Stahlkonstruktion wurde ein spezielles Computerprogramm erstellt. Um das dreidimensionale Tragverhalten richtig abbilden zu können musste die Stahlkonstruktion als volles System modelliert werden.

Die anschließende Berechnung erfolgte nichtlinear am imperfekten System nach Theorie II.

Ordnung. Die Anfangsimperfektionen wurden in Form von Ersatzlasten berücksichtigt, wobei eine Anfangsschrägstellung der Pylone von H/200 zugrundegelegt wurde.

Die beschriebene Vorgangsweise bietet sich insbesondere an, wenn Membranstatik und Stahlbaustatik nicht in der selben Hand liegen.

Zwar werden, verglichen mit einer Modellierung als Gesamtmodell, Verträglichkeitsbedingungen verletzt, jedoch ist üblicherweise Steifigkeit der Stahlkonstruktion gegenüber der Steifigkeit des Membranfeldes relativ groß, so dass kaum Kräfte vom einem Membranfeld zum nächsten übertragen werden. Der in Kauf genommene Fehler ist somit gering.

