

Holzbauexkursion

29. Mai - 01. Juni 2012

Baden-Württemberg



Vorwort

Vom 29.Mai bis 01.Juni 2012 besichtigten wir, eine Gruppe von Studenten des 6. bis 10. Semesters, im Rahmen der Pfingstexkursion des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktionen Produktionsstätten sowie Bauwerke rund um das Thema „Holz“. Die Route führte uns von Karlsruhe quer durch Baden-Württemberg und sogar nach Frankreich zum Flugzeughangar des Euro-Airports Basel/Mulhouse.

Die herausragenden Bauwerke sowie die Einblicke in die industrielle Fertigung von Holzprodukten brachten uns den Baustoff Holz auf besondere Weise noch näher.

Unser Dank gilt den nachfolgend aufgeführten Personen, beziehungsweise Mitarbeitern der Firmen und Institutionen, die uns herzlich aufgenommen, uns informative und interessante Einblicke in ihre Arbeit gegeben und sich Zeit für unsere Fragen genommen haben:

Herr Schmidtke, Büro für Baukonstruktionen

Herr Sauter, Stephan Holzbau GmbH

Herr Andreas und Ulrich Hettich , HECO-Schrauben GmbH &Co. KG

Herr Baur, Ingenieurbüro Baur

Herr Eckert, Lignotrend Produktions GmbH

Herr Müll, Holzbau Amann GmbH

Herr Pastuszek, Europa-Park Rust

Teilnehmer

Sandra Ballheimer	Dominik Horvat	Moritz Piffko
Hannah Baumann	Helen Hoof	Tobias Riehle
Merlin Best	Catherine Kler	Katharina Rohr
Daniel Deutsch	Marco Kramer	Nicolas Rönicke
Otmar Dreyer	Philipp Kunkel	Liana Sonntag
Vincent Egger	Nico Meyer	Yvonne Steige
Ann-Katrin Grün	Judith Müller	Kristina Teichmann
Thorsten Heid	Hilde Obermeyer	Philipp Wagner
Silija Heidecke	Lisa-Mareike Ottenhaus	

Begleitpersonen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Blaß

Dipl.-Ing. Marcus Flaig

Dipl.-Ing. Markus Enders-Comberg

Programm

Dienstag, 29. Mai

Abfahrt am KIT

Besichtigung historischer Holzkonstruktionen im Kloster Maulbronn

Besichtigung der Brettschichtholz- und Brettsperrholzproduktion der Firma Paul Stephan GmbH & Co. KG in Gaildorf

Übernachtung in der Jugendherberge in Tübingen

Mittwoch, 30. Mai

Besichtigung der Schraubenproduktion der Firma HECO-Schrauben GmbH & Co. KG in Schramberg-Sulgen

Besichtigung der tragenden Holzkonstruktion des Aussichtsturms auf dem Hasenhorn in Todtnau

Übernachtung in der Jugendherberge in Schluchsee

Donnerstag, 31. Mai

Besichtigung der Produktionsanlage für Decken- und Wandelemente der Firma Lignotrend Produktions GmbH in Weilheim-Bannholz

Besichtigung der Tragkonstruktion des Flugzeughangars auf dem Euro-Airport Basel/Mulhouse

Übernachtung im Motel in Herbolzheim

Freitag, 01. Juni

Besichtigung der Tragkonstruktion und Probefahrt des Wodan Timbur Coasters im Europapark Rust

Rückfahrt nach Karlsruhe

Besichtigung von historischen Holzkonstruktionen im Kloster Maulbronn

Am Dienstagmorgen, dem ersten Tag unserer Exkursion, wurden wir von Herrn Schmidtke vom Büro für Baukonstruktionen im Kloster Maulbronn empfangen.

Geschichtliches

Das Kloster wurde im Jahre 1147 von Zisterziensern gegründet. 1556 wurde es in eine evangelische Klosterschule umgewandelt. Im Jahre 1993 ernannte die UNESCO die Klosteranlage zum Weltkulturerbe. Durch die mehrfache Umnutzung kam es über die Jahrhunderte zu mehreren Um- und Anbauten in der Klosteranlage. Außerdem resultierte durch den Klosterbetrieb eine Teilung in einen weltlichen und geistlichen Bereich.

Fruchtkasten

Tragkonstruktion

Zunächst führte uns Herr Schmidtke in den Fruchtkasten, ein Gebäude das sonst den Touristen nicht zugänglich ist. Der Fruchtkasten diente als Kornspeicher zur flächigen Lagerung und Trocknung von Getreide. Das Getreide wurde dazu durch ein Tor an der Westseite des Gebäudes eingebracht und verteilt. Besonders auffällig ist, dass die äußere und innere Struktur der Gebäudes völlig unabhängig voneinander sind: Deckenbalken wurden z.B. scheinbar willkürlich am Rande von Fensterbögen aufgelagert, anstatt über dem Scheitelpunkt oder im tragenden Mauerwerk.

Der Anordnung der Stützen der Dachkonstruktion liegt jedoch eine durchdachte Logik zugrunde. Diese wurden nicht etwa übereinander, sondern um feldbreite versetzt angeordnet: Dadurch wird zwar das Biegemoment der Balken maximal, die Lasten werden aber gleichmäßig in die Fundamente abgetragen. Gleichzeitig ergeben sich jedoch auch eine geringere Steifigkeit der Gesamtkonstruktion und die bereits erwähnte erhöhte Biegebelastung der Riegel, weshalb diese mit zwei Hölzern übereinander ausgebildet wurden.

Als weiteres Element der Tragkonstruktion wurde für die Dachkonstruktion ein liegender Dachstuhl errichtet, der durch Trag- und Aussteifungselemente in Dachebene eine hohe Steifigkeit besitzt und ca. 60% der Lasten übernimmt.

Zur Zeit der Umnutzung als Internat wurde ein Sprengwerk ins Untergeschoss des Fruchtkastens eingebracht, um Platz für eine Turnhalle zu schaffen. Der Plan, die

Obergeschosse des Fruchtkastens als Museum zu nutzen, konnte jedoch nicht realisiert werden. Hierzu wären die Verkehrslasten zu hoch gewesen. Außerdem konnte der Brandschutz aufgrund einer mangelnden zweiten Treppe als Fluchtweg nicht gewährleistet werden.

Schäden

Im Laufe der Jahrhunderte erfuhr der Fruchtkasten mehrere Schäden: Wiederholte Brandschäden führten zu einer Rotfärbung des tragenden Mauerwerks aus Sandstein und dadurch zu einem Festigkeitsabfalls des Sandsteins auf 1/3 seiner ursprünglichen Festigkeit.

Aufgrund von schadhafte, undichten Gauben verfaulten im Laufe der Zeit die Auflagerbereiche an der Nordseite der Dachkonstruktion, wodurch der ganze Dachstuhl nach Norden kippt. Um 1900 wurden erste Reparaturversuche mithilfe von Zugstangen unternommen. Diese brachten jedoch keinen dauerhaften Erfolg. Im Rahmen der Denkmalpflege wurde vom Büro für Baukonstruktionen eine andere Lösung entwickelt: Alle schadhafte Bereiche wurden repariert und durch den Einbau von Stahlträgern eine durchgehende Stützenreihe durch über die gesamte Höhe des Gebäudes errichtet. Dadurch erhöht sich die Steifigkeit der Konstruktion. Gleichzeitig werden neue Lasten in die entsprechende Fundamenteile abgetragen, was jedoch unbedenklich ist, da die ursprüngliche Verkehrslast aus Kornlagerung entfällt.

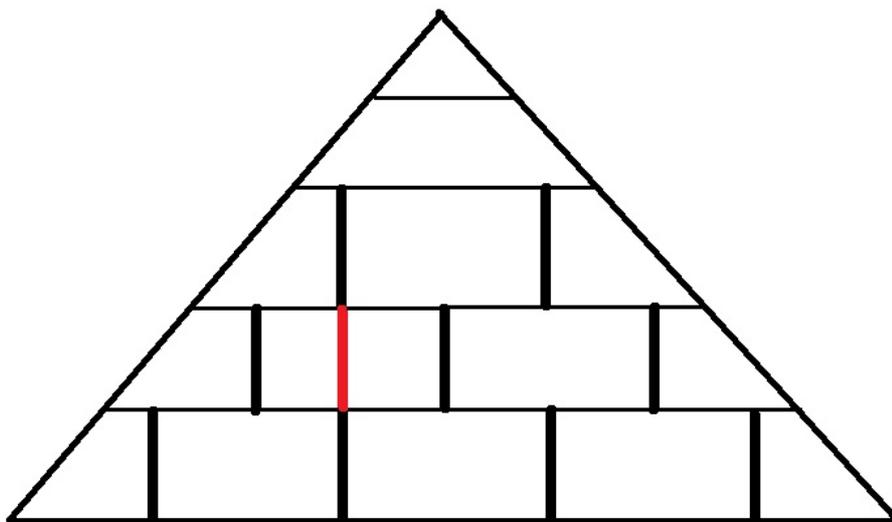


Abbildung 1: Statisches Modell Fruchtspeicher Maulbronn (rot: Stahlstütze)



Abbildung 2: Eingebaute Stahlstützen



Abbildung 3: Pfettenauflager in Mauerbogen, Schaden und Reparatur mit Stahlaufleger



Abbildung 4: Liegender Stuhl mit Reparaturstellen

Dachreiter der Hauptkirche

Den Zisterziensern war die Errichtung von Kirchtürmen verboten. Allerdings kamen die Mönche im Laufe der Zeit auf die Idee, Dachreiter als Kirchturmersatz zu errichten. Diese sind nur auf das Kirchendach aufgesetzt und haben keine eigene Konstruktion bis zu den Fundamenten. So erhielt auch das Kloster Maulbronn einen Dachreiter auf der Hauptkirche.

Der ursprüngliche Zustand der Deckenkonstruktion war eine Holzbalkenlage. Auf diese wurde zur Errichtung des Dachreiters eine sternförmige Balkenlage mit 8 Turmstützen errichtet. Einige Zeit später wollte das Kloster auch Kirchturmglöcken haben. Dazu wurde eine weitere Balkenlage (die sogenannte Chaos-Balkenlage) auf diesem ersten Stern errichtet, um darauf einen zweiten Stern und wiederum 8 Stützen für den Glöckenstuhl zu errichten.

Eine weitere Modeerscheinung war der Einbau von Gewölbedecken. Dazu wurde aus der Balkenlage der Holzbalkendecke einfach eine Öffnung ausgeschnitten und ein Gewölbe eingebaut.

Probleme und Reparaturmaßnahmen

Durch die Schwingung der Glocken wird zu viel Last auf das Gewölbe übertragen. Deshalb wurde vom Büro für Baukonstruktionen ein Stahlsprengwerk zur Verstärkung geplant, um die Lasten abzufangen und in die Mauern einzuleiten. Aufgrund der vielen Holzstreben und Pfosten, die sich bereits in der Dachreiterkonstruktion befanden, gestaltete sich der Einbau als sehr schwierig. Um keinen Horizontalschub aus dem Sprengwerk in die Mauerkrone zu leiten wurden Zugstreben in der Auflagerebene des Sprengwerks eingebracht. Diese mussten dabei über das eingebaute Gewölbe geführt werden, wodurch weitere Hänger erforderlich waren um die Umlenkkräfte aufzunehmen.

Zusätzlich wurde die Mauerkrone mittels eingeklebter Gewindestangen nach unten verspannt, um Horizontalkräfte besser aufnehmen zu können. Eine vollständige Entkopplung der Glockenkonstruktion und Turmkonstruktion war jedoch nicht möglich, sodass Schwingungen durch das Glockengeläut immer noch zu erhöhten Belastungen führen. Durch Einbau des Sprengwerks wurden jedoch eine erhöhte Steifigkeit der Konstruktion und eine Entlastung der schwächsten Struktur, d.h. des Gewölbescheitels, erzielt.



Abbildung 5: Konstruktion Dachreiter mit beiden Sternen



Abbildung 6: Umlenkung Zugbänder



Abbildung 7: Kopfpunkt Sprengwerk

Lisa-Mareike Ottenhaus, Philipp Kunkel

Stephan Holzbau GmbH

Unternehmen

Die Stephan Holzbau GmbH wurde 1855 gegründet. Seit 1950 besitzt das Unternehmen die Leimberechtigung, mit der größere Träger hergestellt werden können. Da sich die Ed. Züblin AG ein eigenes Standbein im Bereich Holzbau aufbauen möchte, wurde das Unternehmen 2011 in diesen Konzern eingegliedert. Heute arbeiten 75 Mitarbeiter bei Stephan, davon 50 bei der Brettschicht- und Sperrholzherstellung und im Bereich der Montage. Zusätzlich gibt es eine technische Abteilung mit vier Ingenieuren und zwei Meistern. Außerdem werden in der kaufmännischen Abteilung, die den Verkauf und die Kalkulation betreibt, für die Arbeitsvorbereitung und Bauleitung Mitarbeiter beschäftigt.

Pro Jahr werden rund 12.000 m³ Holzprodukte hergestellt, davon 1.500 m³ Brettsperrholz und 10.500 m³ Brettschichtholz. Die maximale Holzlänge, die bearbeitet werden kann, beträgt 45 m. Hauptsächlich Fichte, aber auch Lärche und Douglasie, die aus Süddeutschland, Österreich und Skandinavien stammen, werden verwendet.

In der Produktion könnten GL24h/c bis GL36h/c hergestellt werden. Allerdings setzt sich die Festigkeitsklasse GL36 kaum durch, da diese Klasse einen besonderen Anspruch an die Festigkeit der einzelnen Lamellen stellt, welche die Produktion unwirtschaftlich macht. Am meisten wird deshalb die Festigkeitsklasse GL28c in Auftrag gegeben.

Die Fertigung ist individuell für alle Projekte. Es wird keine Stangenware gefertigt. Von Auftragseingang bis zur Montage vergehen meist vier bis sechs Wochen. Die statische Berechnung für diese Aufträge wird im eigenen Hause erstellt.

Produktionsablauf Brettschichtholz

Die Lamellen werden bereits maschinell vorsortiert und getrocknet eingekauft, und in der Halle gelagert. Trotzdem wird die Feuchtigkeit nochmals überprüft (12 bis 13 %) und in zwei Sortierklassen visuell nachsortiert. Mehrere Klassen würden zu aufwendig für die Produktion. Pro Schicht können 8.000 bis 9.000 lfm Lamellen verarbeitet werden. Die Höhe beträgt dabei 46 bis 49 mm, bei einer Breite von 115-245 mm und Brettlänge von vier bis fünf Metern.

Bei der zweiten Station werden die Lamellen an den Enden keilgezinkt und einseitig mit einem Zweikomponentenkleber geleimt (siehe Abbildung 8). Normalerweise wer-

den die Zinken gefräst und gleichzeitig geleimt, aber durch diese Herstellungsweise wird eine größere Passgenauigkeit erreicht. Mit einem Pressdruck von bis zu acht Tonnen werden die Bretter dann zusammengepresst. Zur Kontrolle der Verbindungen gibt es einen optischen Scanner, um eine ausreichende Leimdeckung sicherzustellen. Über Nacht härten dann die Verleimungen aus.



Abbildung 8: Lamelle mit Keilzinkung

Nun wird der Träger auf die richtige Länge gesägt. Je nach geforderter Güte können die Äste oder andere Fehlstellen ausgebessert werden. Für eine schönere Optik und größere Widerstandsfähigkeit werden der Oberfläche nach Wunsch die Weichholzanteile herausgebürstet. Bei Bedarf können auch noch Vollgewindestangen eingedreht werden, um die Querkrafttragfähigkeit im Firstbereich zu erhöhen (siehe Abbildung 10).

Bei dem ganzen Produktionsprozess muss ein gleichmäßiges Raumklima herrschen, um Risse zu vermeiden. Damit dieses Ziel erreicht wird, befindet sich in Mitten der Halle ein Klimaschreiber. So werden die aktuellen Daten gemessen und die Temperatur auf mindestens 18°C gehalten. Bei Bedarf kann durch einen Ventilator Wasser verstäubt werden, um die Luftfeuchtigkeit wieder konstant zu halten. Nach der Lagerung im Abholbereich sind die Träger verladefertig.

Danach werden die Lamellen untereinander mit Melamin verklebt und gepresst. Der Leim beläuft sich auf 400 bis 450 Gramm pro Quadratmeter. In der Produktion kann zwischen einer freien Presse für Sonderaufträge und einer vollautomatischen Presse für Standardquerschnitte unterschieden werden. Nach einer Aushärtezeit von vier bis sechs Stunden bei Beheizung, ansonsten über Nacht, werden die Träger in der Binderhobelmaschine gefräst.



Abbildung 9: Träger während des Pressens und Aushärtens



Abbildung 10: Nachbearbeitung der Träger

Brettsperrholz

Mit einer speziellen Vakuumpresse können Brettsperrholzplatten mit einer maximalen Größe von 3,8 x 19,8 m in drei bis sieben Lagen hergestellt werden. Allerdings wird diese Produktion vermutlich bald zugunsten der Brettschichtholzherstellung eingestellt. Dies soll eine Spezialisierung auf ein bestimmtes Produkt weiter vorantreiben.

Zusätzliche Bearbeitungsmöglichkeiten

In einer weiteren Produktionshalle können die Träger und Platten weiter individuell geformt werden.

Die Weinmann-Anlage bearbeitet vollautomatisch flächige Bauteile, wie beispielsweise Wand- und Deckenelemente. Dabei werden Sägen, Fräsen und Bohrer eingesetzt. Vor allem bei Abschrägungen, für beispielsweise Versätze, müssen die Träger von Hand mit Sägen bearbeitet werden. So sind alle denkbaren Formen herstellbar.

Catherine Kler, Liana Sonntag, Ann-Kathrin Grün, Merlin Best

HECO Schrauben



Die Firma „HECO-Schrauben GmbH & Co.KG“ ist ein Familienunternehmen mit Hauptsitz in Schramberg-Sulgen. Rund 160 Mitarbeiter werden hier beschäftigt.



[<http://www.heco-schrauben.de/easy/modules/cms/main.php5?cPageId=11>]



[<http://www.nrwz.de/nrwz/schramberg/00041391/>]

Abbildung 11: Die Brüder Guido, Andreas und Stefan Hettich

Verfolgt wird eine langfristige Unternehmensstrategie. Zu den Schlüsselzielen gehört, den Standort in Deutschland sicherzustellen. Zudem soll HECO auch in Zukunft Schraubenhersteller und ausschließlich Partner für den Fachhandel bleiben. „Sicher ist Sicher“- ist nicht nur Slogan, sondern auch gelebte Praxis der Firma.

Geschichte:

Karl Hettich legt 1888 den Grundstein für das spätere Schraubenunternehmen: er erfindet eine Pendelhemmung für die Uhrenindustrie und spannt die ganze Familie in die Produktion ein.

Nachdem Paul Hettich 1930 die „Hettich KG“ gründet, steigt die Firma Hettich auch in die Schraubenproduktion ein. Ein Enkel des Firmengründers wandelt 1967 die Firma zur „Ludwig Hettich & Co Schraubenfabrik“ um. Das ist die Geburtsstunde von „HECO“.

2009 entsteht ein Zweigwerk in Rumänien, um auch in der Kleinschraubenherstellung konkurrenzfähig zu bleiben.

Produktportfolio:

HECO-Schrauben sind patentierte Eigenentwicklungen, die einer strengen externen Qualitätsüberwachung unterliegen.

Das Unternehmen fertigt 4 Hauptprodukte, die 80% des Gesamtumsatzes ausmachen:

Eine Universalschraube mit verzahntem Gewindebereich (HECO-Fixplus), einen Schraubanker für die Befestigung in Beton und Mauerwerk (MULTI-MONTI), eine Holzschraube mit Spitzen- und Schaftrippen, die das Aufsplittern des Holzes vermindern sollen (HECO-TOPIX) und eine Schraube zur Befestigung von Holzbauteilen in Beton (MULTI-MONTI-TimberConnect MMS-TC).

Das neueste Produkt ist HECO-UNIX, eine Vollgewindeschraube mit veränderlicher Gewindesteigung.

Fertigungsfolge:

Die Herstellung von Schrauben erfolgt durch reine Kaltverformung. Die Firma bekommt Drahtkeuls aus ausschließlich europäischer Produktion. Da keine Ziehstation vorhanden ist, wird Draht in verschiedenen Ausgangsdurchmessern geliefert. Der Stahlbedarf beträgt ca. 600 Tonnen im Monat.

Die Keuls kommen bedarfsgesteuert in die Fertigung, wo der Draht abgewickelt und über verschiedene Rollen gerade ausgerichtet wird. Je nach Schraubenlänge werden einzelne Drahtstücke zugeschnitten, die anschließend in die Presse gelangen. Dort wird im ersten Schritt eine Vorform des Kopfes erzeugt, im zweiten Schritt wird der Antrieb eingestanzt und der Kopf fertiggestellt.



Abbildung 12: Vom Schraubenrohling bis zur fertigen Schraube

In der Walzerei werden die Schraubenrohlinge über eine Rutsche zur Walzmaschine geführt, in der sich ein Kolben befindet, der bei jedem Hub eine Schraube auswalzt. Bei diesem Flachbackenwalzprozess ist eine Backe fest montiert, während eine zweite translatorisch an ihr vorbei bewegt wird und somit das Gewinde der Schraube ausbildet.

Da die nun äußerlich fertigen Schrauben eine hohe Eigenspannung haben, müssen sie noch gehärtet werden. Hierzu werden sie zuerst in einer Waschanlage entölt, um dann in einen etwa 950°C heißen Ofen zu gelangen. Dort diffundiert Kohlenstoff in die Schraube, wodurch sich das Stahlgefüge verändert. Das Abschrecken erfolgt in einem Ölbad. Da die Schrauben nun hart aber spröde sind, müssen sie ein zweites Mal erhitzt werden. In der Regel beträgt die Temperatur dabei 350°C.

Während den einzelnen Fertigungsschritten müssen die Schraubenrohlinge von den Produktionsmitarbeitern ständig überprüft werden. Dies geschieht an den verschiedenen Prüfständen nach einem bestimmten Prüfplan.

Zudem werden in der Qualitätssicherung ständig Versuche zu beispielsweise Biege- winkel, Einschraub- und Bruchdrehmoment und Zugfestigkeit durchgeführt und in Protokollen dokumentiert. Weitere Qualitätsprüfungen werden „für teures Geld an Uni's ausgeliefert“.

Um die fertigen Schrauben zu galvanisieren, müssen diese die Produktionsstätte verlassen. Fertig oberflächenbehandelt kommen sie ins Haus zurück, um dann eine letzte Endkontrolle zu passieren.

Nun sind die Schrauben für Verpackung und anschließenden Versand bereit.

Vielen Dank an die Firma HECO und an Familie Hettich für die tolle Besichtigung!!

Kristina Teichmann, Silja Heidecke, Hannah Baumann und Yvonne Steige

Aussichtsturm auf dem Hasenhorn

Als zweite Station an Tag zwei unserer Exkursion besuchten wir den Aussichtsturm auf dem Hasenhorn, dem Hausberg von Todtnau im Schwarzwald. Um zu dem Turm zu gelangen fuhren wir zunächst mit dem Sessellift auf eine Höhe von 1065m und legten den restlichen Weg zu Fuß zurück. Der Turm befindet sich auf einer Höhe von 1156m und wurde 2009 errichtet. Bereits 2006 entstand die Idee dort einen Turm zu errichten. Nach einem Borkenkäferbefall und der dadurch entstandenen Freifläche auf dem Gipfel beschloss die Gemeinde die



Umsetzung der Pläne. Finanziert wurde das Projekt zur Hälfte von der Seilbahngesellschaft und dem Land Baden-Württemberg.

Abbildung 13: Aussichtsturm auf dem Hasenhorn

Die Baukosten betragen inklusive der Erschließung 170.000€. Die Stadt Todtnau stellte das Holz zur Verfügung.

Mit der Planung wurde der Ortsansässige Ingenieur Thomas Baur beauftragt, der mit uns den Turm besichtigte und uns die Einzelheiten der Konstruktion und der Errichtung erläuterte. Der Turm ist bis zur Spitze 21m hoch. Die Aussichtsplattform befindet sich auf 15,5m und hat eine Fläche von 15m². Von dort aus hat man eine atemberaubende Aussicht auf die umliegenden Gipfel des Schwarzwaldes und bei guter Sicht sogar auf die Alpen.

Die Haupttragkonstruktion besteht aus 120 Jahre alten Douglasien-Rundholzstämmen aus dem Todtnauer Stadtwald. Diese wurden im Januar 2009 bei Leermond und günstiger Mondphase geschlagen. Insgesamt wurden 25 fm Rundholz und 12 m³ hergetrenntem Schnittholz verbaut. Der Zentrale Mittelstamm hat eine Länge von 20m, ein Volumen von 5,7 fm, am Fuß einen Durchmesser von 75 cm und am Kopf von 45 cm. Der Mittelstamm ist mit 4 Streben abgestützt, welche vom Boden bis zur Aussichts-

plattform reichen. Die Dach- und Plattformkonstruktion ist auf vier weitere Stämme aufgelagert. Auf etwa halber Höhe sind diese acht Rundholzstämme untereinander mit Stahlelementen verbunden, um eine ausreichende Torsionssteifigkeit zu gewährleisten. Die Verbindung der Holzstämme wurde durch eingeschlitzte Stahlbleche mit Stabdübeln realisiert. Der Anschluss der Stahlteile erfolgte durch angeschraubte Formbleche. Die Treppenkonstruktion besteht aus zehn geraden Treppenläufen und neun Zwischenpodesten und ist vollständig aus Stahl gefertigt. Sie wiegt beachtliche 6,3 t.

Zur Bemessung wurden Windgeschwindigkeiten bis 150km/h, was den Spitzenwerten



auf dem Feldberg entspricht, angenommen.

Weiterhin wurde von 480 kg/m² Schneelast ausgegangen und die Treppen und Aussichtsplattformen für eine Personenanzahl von 380 ausgelegt, was einer Verkehrslast von 500 kg/m² entspricht. Die Windlasten werden über Zuganker (6m lange, verpresste Bohrpfähle) an den

Abbildung 14: Tragkonstruktion

Strebenfundamenten in den Boden abgeleitet. Die Zuglast pro Einzelfundament beträgt maximal 16 t.

Die Errichtung gestaltete sich als schwierig, da die Bergkuppe bis dato nicht erschlossen war und erst neue Wege für Baumaschinen angelegt werden mussten. Im Rahmen der landschaftlichen Begleitplanung wurde das Gebiet dabei auch für Wanderer zugänglich gemacht. Die eigentliche Errichtung dauerte nur zwei Wochen. Zur Montage, die von der Firma Kürner & Burger aus Schonach durchgeführt wurde, standen ein Autokran und eine Hebebühne zur Verfügung. Die mit CAD Programmen aufwändig konstruierte Treppe wurde von oben montiert um sicher zu stellen, dass der Anschluss an die Plattform passgenau ausgeführt werden konnte.

Die Konstruktion erlaubt es im Schadensfall einzelne Bauteile auszutauschen. Um die angestrebte Schadensfreiheit von 20 Jahren gewährleisten zu können wurden alle Bauteile nach dem vollständigen Abbund kesseldruckimprägniert. Dieses Verfahren begrenzte die maximale Stammlänge und damit die Höhe des Turmes. Zusätzlich wurden an den Streben soweit möglich Holzbeplankungen als konstruktiver Holzschutz angebracht. Um eine unkontrollierte Schwindrissbildung auf den bewitterten Oberseiten zu vermeiden, wurden die Stämme an der Unterseite 5cm eingeschnitten. Um an den Verbindungsmitteln den Wassereindrang ins Holz zu minimieren wurden an den Formblechen Unterlegscheiben aus Gummi angebracht. An den Stabdübelverbindungen wurden die Löcher mit Holzpfropfen verschlossen.

Im Anschluss an die Besichtigung wurde uns der Abstieg vom Berg durch Deutschlands spektakulärste und längste Rodelbahn erleichtert.

Angekommen in der Jugendherberge in Seebrugg am Schluchsee und nach dem gemeinschaftlichen Abendessen genoss ein großer Teil unserer Gruppe ein Bad im eiskalten Schluchsee.

Vinzent Egger, Dominik Horvat, Marko Kramer, Tobias Riehle

Besichtigung der Lignotrend Produktionsanlage in Weilheim-Bannholz

„Holzbau gestalten. Sichtbar. Hörbar. Fühlbar. Wir sind überzeugt, dass sich die nachhaltige, auf nachwachsendem Rohstoff basierende Holzbauweise weiter etabliert, wenn konsequent auf Qualität gesetzt wird und die vielen Möglichkeiten zur Gestaltung deutlich gemacht werden, die das Bauen mit Holz erlaubt.“

Auf dieser Philosophie basierend gründete Werner Eckert 1992, mit der Idee tragende Wandbauteile herzustellen, das Unternehmen Lignotrend.

1993 wird die Produktion der Lignotrend-Wandelemente durch Lizenznehmer aufgenommen.

Ab 1997 beginnt durch die Produktion der Lignotrend-Deckensysteme die eigene Produktion in Weilheim-Bannholz.

Bis heute hat sich Lignotrend durch stetige Erweiterungen der Produktionsanlagen und der Produktpalette als mittelständiges Unternehmen etabliert.

Aktuell liegt die Produktionskapazität bei 20.000 bis 25.000 m³ Holz pro Jahr. Lignotrend beschäftigt derzeit 50 Mitarbeiter in der Produktion und 30 Mitarbeiter in Verwaltung, Marketing und Vertrieb.

Im Rahmen unserer Exkursion haben wir den Standort in Weilheim-Bannholz besichtigt. Herr Ralph Eckert hat uns empfangen und hat uns, nach einer einführenden Präsentation über das Unternehmen, durch die Produktion geführt.

Die Rohware, d.h. die Brettlamellen, besteht zu 95% aus Weißtanne und kommt fast ausschließlich aus der Region. Durch die Weißtanne kann man eine astreine, lebhaftere Oberflächenqualität erreichen. Für Fassaden werden auf Grund von Witterungsbedingungen auch Lärche und Douglasie verwendet.

Zum Verkleben der einzelnen Brettlamellen wird ein formaldehydfreier PUR-Kleber verwendet.

Der Weg von der Rohware zum fertigen Element:

- die angelieferte Rohware (gehobelte und zugeschnittene Brettlamellen) wird nach einer zusätzlichen Kontrolle (Holzfeuchte ca. 9%, Schimmelbefall) der computergesteuerten Beschickungsanlage zugeführt

- die Mitarbeiter am Legetisch erhalten die fertig zugeschnittenen Einzelbretter in der, für das jeweilige Element, notwendigen Reihenfolge
- belemte Brett lamellen werden kreuzweise und auf Abstand zu Rohlingen zusammengestellt
- die Rohlinge werden unter hohem Druck in einer Hochfrequenzpresse gleichmäßig verklebt (hohe Temperatur vernichtet die Schädlinge im Holz)
- Lasergesteuerter Zuschnitt
- Sichtkontrolle und Ausbesserung einzelner Fehlstellen
- durch Keilzinkanschlüsse werden Rohelemente zu Elementen mit vorgegebenen Dimensionen zusammengefügt
- Endkontrolle der Abmessungen und der Oberfläche



Abbildung 15: Mitarbeiter am Legetisch



Abbildung 16: Endkontrolle

Die fertigen Elemente werden im Vormontagebereich wenn nötig mit Ausschnitten und Fräsungen versehen.

In die planmäßig vorgesehenen Aussparungen, die bei der kreuzweisen Verleimung entstehen, können Installationen (Sanitär, Raumklima, Elektrik) ohne größeren Aufwand eingebaut werden.

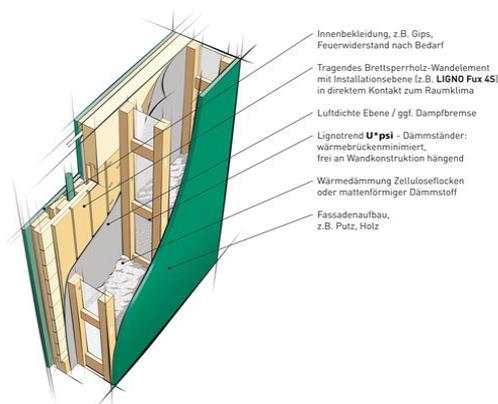
Die Einsatzbereiche, der bei Lignotrend hergestellten Holzbauteile, erstrecken sich von Wand- und Fassaden, Dach- und Decken-, Akustik- bis hin zu Verbundelementen.



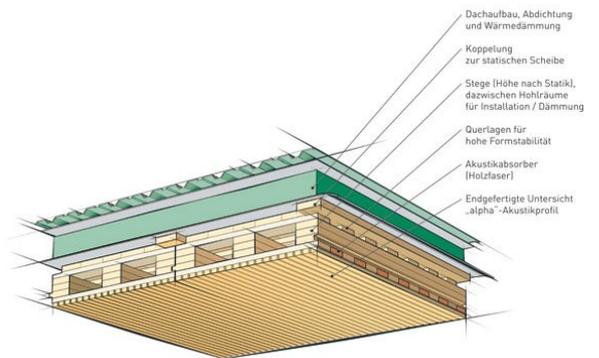
Abbildung 17: Element im Querschnitt

Die wesentlichen Produkte von Lignotrend sind:

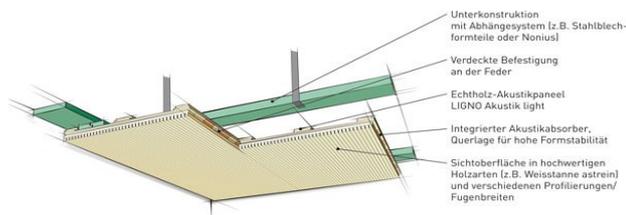
Wand- und Fassadenelemente



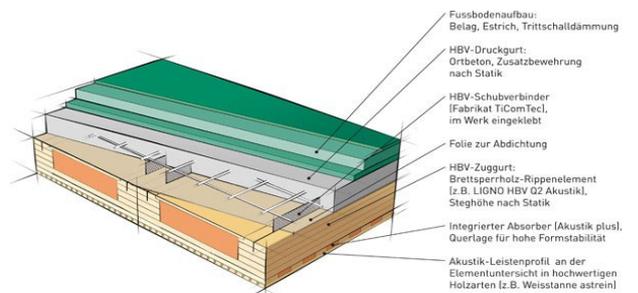
Decken- und Dachelemente



Akustikelemente



Verbundelemente



Quelle: <http://www.lignotrend.de/holzbau-produkte/elemente>

Abbildung 18: Lignotrend-Produkte

Durch neue Innovationen in Sachen Schallschutz, Raumakustik, Spannweite, Sicht-Oberfläche, Feuerwiderstand und Wärmedämmung ist man auch für die Zukunft bestens gerüstet. So wurde zur Zeit der Besichtigung eine neue Presse (Hydraulikpresse) installiert. Sie soll in wenigen Wochen einsatzbereit sein. Durch die Hydraulikpresse soll der Stromverbrauch, welcher zu 2/3 aus dem bisherigen Mikrowellen-Press-Ofen besteht, gesenkt werden.

Durch die patentierte Technik der einzelnen Elemente konnte Lignotrend bei namhaften Projekten wie der Messehalle in Hamburg, der „Blinden Kuh“ in Basel (Restaurant) und der „Neuen Monte-Rosa-Hütte“ mitwirken.

Philipp Wagner, Daniel Deutsch, Nicolas Rönicke, Otmar Dreyer

Flugzeughangar des EuroAirport Basel-Mulhouse



Abbildung 19: Flugzeughangar des Euro-Airport

<http://amacaerospace.com/bilder/press-images/View-of-our-3-wide-body-hangars.jpg>

Allgemeines

Der 2007 gegründete AMAC Aerospace mit Sitz am EuroAirport Basel-Mulhouse-Freiburg hat sich auf die Wartung sowie den Um- und Ausbau von Geschäfts- und Privatflugzeugen spezialisiert.

Im Jahr 2008 ließ der Bauherr AMAC Aerospace aufgrund der steigenden Nachfrage einen zweiten, im Jahr 2009 einen dritten Hangar – diesmal für Großraumflugzeuge – bauen.

Für beide Flugzeughallen wählte AMAC Aerospace eine Holzkonstruktion, da er überzeugt davon ist, dass es sich in einer Holzhalle angenehmer arbeiten lässt als in einer Stahlhalle.

Das Bauvorhaben des dritten Hangars mit einer Bauzeit von August 2009 bis August 2010 war ein internationales Projekt. Beteiligt waren der schweizer Bauherr AMAC Aerospace AG, ein schweizer Generalunternehmer, ein französischer Planer / Architekt, ein schweizer Statiker und der deutsche Holzbauer Holzbau Amann.

Herr Dipl.-Ing. Müll von Holzbau Amann hat mit uns den neuesten Flugzeughangar besichtigt und uns Interessantes über die Tragkonstruktion der Halle berichtet.



Abbildung 20: Das Tonnendach aus dem Inneren des Hangars

<http://amacaerospace.com/bilder/press-im 1>

Der neue Hangar hat mit seinen Abmessungen von 90 m Breite, 92 m Länge und 25m Höhe eine Nutzfläche von 8280m² und bietet Platz für mehrere Flugzeugtypen. Die Formgebung der Halle mit flachem Tonnendach resultiert aus dem Lichtraumprofil der Flugzeuge. Das größte davon, eine Boeing 747-B, bestimmt die Umrisse des Gebäu-

des. In der Giebelwand befindet sich eine „Nasenbox“ für die Spitze dieses Flugzeugs. Die Statik wurde nach EC mit französischen Anforderungen berechnet.

Das Haupttragwerk des Hangars besteht aus sieben Brettschichtholz-Bögen. Das statische System bildet ein Zweigelenkbogen, wobei die Montagestöbe etwa in den Momenten-Nullpunkten liegen. Als Hohlkastenprofil ausgebildet besteht ein Bogen aus zwei Bogenbindern und als Verbindung in den beiden äußeren Dritteln aus quadratischen Balken, sowie in dem mittleren Drittel aus einem Satteldachbinder, auf dem der First aufliegt. Vorteile des Hohlkastenprofils sind eine Reduzierung der Knicklänge und eine Erhöhung der Schub- und Knicksteifigkeit.

Da die Zweigelenkbögen aus drei Teilen von je 33 m bestehen, konnten sie im Werk gefertigt werden und auf LKWs liegend zur Baustelle transportiert werden. Dort wurden sie verbunden und, beginnend an der dem Tor gegenüberliegenden Seite, eingebaut. Die Abstützung erfolgte während der Bauzeit von den Betonstützen an der Stirnseite der Halle aus. Von dort ausgehend gewährleisteten provisorische Verstrebenungen zwischen den Bögen die Stabilität während der Bauphase. Insgesamt betrug die Montagezeit für die Dachkonstruktion des dritten Hangars ca. 8 Wochen.

Das Aussteifungssystem

Der Hangar muss aufgrund seines Standortes und der großen Hallenabmessungen beachtliche Lasten aufnehmen können. Diese Tatsache führte zu einem ungewöhnlichen Aussteifungssystem. In der Dachkonstruktion findet man 2 Stabilisierungsebenen zur Abtragung der zu erwartenden Lasten.

In der Dachebene, an den oberen Binderrändern bzw. an den Fachwerkobergurten sind die üblichen Stahlauskreuzungen als Windverbände angebracht.

Zusätzlich gibt es weitere Stahlverbände und Druckriegel in der Systemlinie der Binder, dieses zusätzliche Aussteifungssystem hat sich als notwendig herausgestellt. Den Anschluss am Binder hat man mit durchgesteckten Stahlteilen realisiert, an denen sowohl die Druckriegel als auch die Zugstangen befestigt sind. Die untersten Stahlstangen sind am Widerlager angeschlossen.

Bei der Dimensionierung waren die zusätzlich wirksam werdenden Kräfte zu beachten, die durch den stellenweise unvermeidbaren ausmittigen Anschluss der Verbände an den Fachwerkurten hervorgerufen wurden.

Schwierigkeiten bereitete der Lastfall Erdbeben. Der Baugrund liegt in der Erdbebenzone 3, somit sind sehr hohe Lasten anzusetzen. Um diese Kräfte abtragen zu kön-

nen, hat man mit duktilen Verbindungsmitteln, wie Nägel, Schrauben und Gewindestangen gearbeitet. Diese können durch Verformung Erdbebenlasten besser aufnehmen als steife Verbindungsmittel und so die Gefahr des Versagens der Konstruktion im Holzbauteil minimieren.

Die Torkonstruktion

Der Entwurf der Torkonstruktion war keine triviale Aufgabe. Eine Herausforderung dabei war die beachtliche Abmessung mit einer Breite über die gesamte Giebelwand und einer Grundhöhe von vierzehn Metern, die für die Seitenleitwerke von größeren Maschinen allerdings nicht ausreichen ist. Daher ist die Höhe lokal durch ein kleines und ein großes Seitenleitwerkstor erweitert worden, was jedoch eine Alternative für den horizontalen Verband erforderte, da ein durchgängiger vertikaler Riegel nicht möglich war. Hinzu kamen die ungewöhnliche Tortiefe von 3.30 m, die sich aus der versetzten Schienenanordnung der verschiebbaren Torsegmente ergibt und die extremen Beanspruchungslasten, die sich über die stützenlose Fläche summieren. Für deren Abtragung wurde aus dem äußeren Hallenbogen ein aufwendiges Spezialkonstrukt mit einer angehängten Raumfachwerkkonstruktion. Das Problem dabei war, dass die oberen Leitschienen als Lagerung für eine gleitende Verschiebung bei Schnee und Wind nur geringe Verformungen erfahren dürfen, damit sich die Tore beim Öffnen und Schließen über die gesamte Gebäudebreite nicht verklemmen. Eine Simulation ergab eine vertretbare Durchbiegung von 25cm, wobei der Anteil der Kriechverformung



Abbildung 21: Die Torkonstruktion

schon nach zwei Jahren bereits 8 cm betrug. Die Durchführung dieser Konstruktion mit den Torelementen selbst bedeutete immerhin ein Auftragsvolumen, das etwa fünfzig Prozent dem des Resttragwerkes entsprach.

Sandra Ballheimer, Katharina Rohr, Helen Hoof und Moritz Piffko

Wodan Timbur Coaster – Europapark Rust

Am letzten Tag unserer Exkursion besichtigten wir den „Wodan Timbur Coaster“ im Europapark in Rust. Die Holzachterbahn von der amerikanischen Firma „Great Coaster International“, die weltweit als führender Hersteller von Holzachterbahnen gilt, wurde ab Sommer 2011 über neun Monate hinweg errichtet.



Abbildung 22: Der „Wodan Timbur Coaster“

Gegründet ist sie auf zwei Typen von Fundamenten: auf einer 35cm dicken Bodenplatte in Bereichen, in denen viele Stützen gründen und auf 60 bis 70cm mächtigen Streifenfundamenten. Der Anschluss zu den Pfosten erfolgte mittels Stahlblechformteilen. Es wurden circa 1.000m³ Beton verarbeitet.

Die Holzkonstruktion besteht aus kesseldruckimprägniertem Kiefernholz aus Deutschland. Insgesamt wurden 21.000 Bauteile aus 1.000 m³ Holz, 2 Mio. Nägel und 100.000 Schrauben verwendet. Aufgebaut ist das Tragwerk aus Fachwerkböcken, die belastungsabhängig im Abstand von 1,5m - 3,0m aufgestellt sind. Diese wurden aus Brettern, Bohlen und Kanthölzern mit standardisierten Lieferlängen zusammengebaut. Die bis zu 36m hohen Pfosten der Böcke konnten durch Längsstöße mit seitlichen Laschen realisiert werden. Beginnend mit dem kleinsten wurden die Böcke nacheinander aufgestellt und in Längsrichtung mit Streben ausge-



Abbildung 23: Die Aussteifung der Fachwerkböcke in Längsrichtung

steift. Sie wurden zunächst mit Nägeln provisorisch befestigt. Nach Fertigstellung eines Abschnitts wurden die Streben zusätzlich mit Bolzen gesichert.

Mithilfe eines aufwändigen 3-D Modells wurden Überschneidungsbereiche der Tragkonstruktion identifiziert und dort bei Bedarf angepasst, d. h. Streben und Riegel abweichend zur Standardkonstruktion angeordnet. In Durchgang- und Durchfahrtsbereichen, bei denen größere Bockabstände nötig waren, wurden Stahlträger eingesetzt. Dies sind die einzigen Stellen, an denen Stahl und nicht Holz als tragendes Baumaterial eingesetzt wurde.

Auch die Schienenkonstruktion ist aus Holz gefertigt, wobei hier aus Gründen der Dauerhaftigkeit Yellow Pine aus Georgia zum Einsatz kam. Die zwei parallel geführten Schienenstränge bestehen aus je acht übereinander genagelten Brettern, auf denen Stahlbänder als Lauffläche für die Räder und zur seitlichen Führung angebracht sind.



Abbildung 24: Die Schienenkonstruktion, bestehend aus acht übereinander genagelten Brettern und Stahlbänder als Lauffläche für die Räder

Unterhalb der Schienenstränge wurden zusätzlich zur Befestigung mit den Fachwerkböcken noch Holzbohlen mit Hilfe von Schrauben angebracht. Sie verhindern dass sich der Abstand der Schienenstränge zueinander verändert und dienen somit der Sicherheit. In den Kurven mussten noch zusätzliche Zugstäbe aus Stahl unterhalb der Schienen angebracht werden. Diese nehmen die hohen Fliehkräfte auf und stabilisieren so das Schienensystem noch weiter.

Die „Wodan“ ist die elfte Achterbahn im Europapark Rust und die erste aus Holz. Sie wurde im Frühjahr 2012 für den Fahrbetrieb geöffnet. Für die bis zu 40m hohe und 1050m lange Achterbahn entstanden Kosten von ca. 10 Mio. Euro. Dafür liefert sie dreieinhalb Minuten Fahrspaß mit bis zu 100km/h und einer maximalen Vertikalbeschleunigung von bis zu 3,5 G auf einem Gefälle von maximal 52 Grad. Obwohl sie weder die größte, längste oder schnellste ihrer Art ist, ist sie durch die rasanten Richtungswechsel doch keineswegs langweilig. Kinder ab sechs Jahren bzw. 1,20m dürfen mit ihr fahren, dadurch passt die Achterbahn ins Konzept des Europapark, möglichst familienfreundlich zu sein. Was jedoch die „Wodan“ von anderen Holzachterbahnen unterscheidet ist der angelegte Weg den der Besucher bis zum Wageneinstieg zurücklegt. Hier wurde von Seiten der Betreiber großen Wert gelegt, dass die Besucher einen möglichst großen Einblick in die Konstruktion und ihre Komplexität erhalten. Man wollte erreichen, dass die Besucher somit zusätzlich durch das Flair der Bauart ins Staunen und damit von der „Wodan“ in den Bann gezogen werden.



Abbildung 25: Bei der Führung durch die Tragkonstruktion

Wir als Holzbauer waren durch die tiefen Einblicke in die Konstruktion und mal das etwas andere Verwenden unseres favorisierten Baustoffes sichtlich beeindruckt und fasziniert. Was unsere Exkursionsgruppe angeht hat das von den Betreibern gewollte in den Bann ziehen definitiv funktioniert.

Wir möchten uns ganz herzlich beim Architekten der Achterbahn, Herrn Pastuszak bedanken, der uns in seiner Führung die Konstruktion erklärte und uns mit Details zum Tragwerk und zur Montage versorgte, außerdem für die Möglichkeit, im Anschluss der Besichtigung noch vor den Besuchern des Parks die Holzachterbahn in einer Probefahrt zu testen.

Judith Müller, Nico Meyer, Thorsten Heid, Hilde Obermeyer



Abbildung 26: Nach der Führung bekamen wir noch die Möglichkeit, die Achterbahn selbst zu testen