



SAH Statusseminar vom 24. April 2012

UVEK-Verwaltungsgebäude, Ittigen-Bern

Organisation: SAH Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung, c/o Lignum, Holzwirtschaft Schweiz

Zusammenfassungen der Referate

Ausgewählte Beiträge werden in überarbeiteter Form im Heft 1/2012 des Bulletins „Holzforschung Schweiz“ erscheinen.

Geschosdecke für Gewerbe und Industrie (WHFF)

Stefan Zöllig, timbatec gmbh, Holzbauingenieure, Thun

Flächentragwerk aus Laubholz

Flavio Wanninger, IBK, ETH, Zürich

Einfluss von Temperaturänderungen des Gussasphaltbelages auf die Eigenfrequenzen und Dämpfungen von Fussgängerbrücken aus Holz

René Steiger, Abteilung Ingenieur-Strukturen, Empa, Dübendorf

Asphaltbeläge für Strassenbrücken aus Holz

Florian Scharmacher, Berner Fachhochschule AHB, Biel

Mobiles Röntgen zur Qualitätskontrolle von Holztragwerken

Mareike Vogel, Berner Fachhochschule AHB, Biel

Sustainable Renovation of historical buildings (CEM – SURHIB)

Elisa Diguele, Berner Fachhochschule AHB, Biel

Geometrical description and structural analysis of a molecular timber structure

Seyed Sina Nabaei, Laboratory für timer constructions, IBOIS, EPFL, Lausanne

Curved Origami Beam

Laurent Humbert, Laboratory für timber constructions, IBOIS, EPFL, Lausanne

Improving the dimensional stability of spruce wood by cell wall modification

Etienne Cabane, Holzbasierte Materialien, Empa Dübendorf, ETH Zürich, Department of Biomaterials, Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, Potsdam

Verklebung von Laubholz

Sebastian Clauss, Institut für Baustoffe (IfB), Holzphysik, ETH Zürich

Enzymatische Holz-Funktionalisierung mit bioaktiven Molekülen für einen effektiven Holzschutz

Mark Schubert, Angewandte Holzforschung, Empa, St. Gallen

Planungssicherheit bei der Materialwahl bezüglich Raumluftqualität

Urs Luginbühl, VGQ, Biel

Geschosdecke für Gewerbe und Industrie (WHFF)

Stefan Zöllig, timbatec gmbh, Holzbauingenieure, Thun

Flächentragwerk aus Laubholz

Wanninger Flavio MSc ETH Bau-Ing. ETH Zürich Institut für Baustatik und Konstruktion IBK Wolfgang-Pauli-Str. 15 8093 Zürich wanninger@ibk.baug.ethz.ch

Frangi Andrea Prof. Dr. ETH Zürich Institut für Baustatik und Konstruktion IBK Wolfgang-Pauli-Str. 15 8093 Zürich frangi@ibk.baug.ethz.ch

Es ist vorgesehen, Laubholz als tragendes Element in einer Decke einzusetzen. Ein vorgespannter Rahmen aus Brettschichtholz soll das Skelett bilden. Die Decken sollen als zweidimensional lastabtragende Flächentragwerke aus Laubholz gebaut werden. Die Decke besteht aus einer 5-lagigen Brettsperrholzplatte, welche über Pfosten und die schubsteifen Auflagerbereiche mit auf Zug beanspruchten Buchenlamellen verbunden ist. Die Fugen sind verklebt. Die Spannweite der Decke beträgt in beide Richtungen 6.56 m.

Das Deckensystem wurde auf ihre Tragwirkung in der Bauhalle der ETH Zürich untersucht. Vor dem Versuch des gesamten Deckensystems wurden die Auflagerbereiche anhand von Vorversuchen auf ihr Tragverhalten gesondert überprüft. Dabei wurden unterschiedliche Auflagervarianten untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass eine Kombination der Verbindungsmittel Schrauben und der Verklebung die besten Resultate liefern. Die Schrauben wirken dabei als Bewehrung, welche den Querzug aufnehmen. Weiter konnte gezeigt werden, dass die Bruchlast gesteigert werden kann, wenn man die Verstärkung des Auflagerbereichs aus Buche herstellen würde. In diesem Bericht wird lediglich auf die Versuche am gesamten Deckenelement eingegangen, für die Auflagerversuche wird auf Arnet et al. verwiesen [1].

Bei der Decke wurden zu Beginn ein kleinerer Versuch vorgenommen: eine dynamische Belastung. Der Versuch wurde dabei vor und nach der Montage der Buchenlamellen durchgeführt. So konnte gezeigt werden, dass durch das Anbringen der Lamellen eine grosse Zunahme der Steifigkeit resultiert.

Weitere statische Versuche mit unterschiedlichen Lastkombinationen lieferten Aufschlüsse über das Tragverhalten der Decke. Es konnte ermittelt werden, dass die angestrebte zweidimensionale Lastabtragung gut funktioniert. Die Hauptrichtung mit den untenliegenden Buchenholzlamellen trägt etwa 60 % der Lasten ab, die Nebenrichtung übernimmt 40 % der Lasten. Bei einer gleichmässigen Belastung in den Viertelpunkten kann das Tragverhalten mit einem unterspannten Balken angenähert werden, was mit einer einfachen Handrechnung geprüft werden konnte. Die gemessenen Werte (Durchbiegung, Kraft in der Zuglamelle) stimmen gut mit der Handrechnung überein. Bei der einseitigen Belastung sowie bei der Belastung mit einem Zylinder im Viertelpunkt war zudem festzustellen, dass eine Vierendeel-Tragwirkung vorhanden ist.

Einfluss von Temperaturänderungen des Gussasphaltbelages auf die Eigenfrequenzen und Dämpfungen von Fussgängerbrücken aus Holz

René Steiger, Glauco Feltrin, Empa, Abteilung Ingenieur-Strukturen, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, rene.steiger@empa.ch, glauco.feltrin@empa.ch

Die Fahr- und Gehbahn moderner Holzbrücken wird oft geschlossen in Form von Platten ausgebildet und als Abrieb- und Witterungsschutz mit einem Gussasphaltbelag versehen. Bei der heutigen Bemessungspraxis von Fussgängerbrücken bezüglich Schwingungen wird der Belag als ständige Last, d.h. als zusätzliche Masse, berücksichtigt. Zwischen der Brückenplatte und dem Gussasphaltbelag herrscht jedoch ein Verbund, der die Eigenfrequenzen und modalen Dämpfungen verändern kann. Da der Gussasphaltbelag zudem grossen Temperaturunterschieden ausgesetzt ist und seine Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften stark temperaturabhängig sind, ist zu erwarten, dass sich die Eigenfrequenzen und modalen Dämpfungen einer Holzbrücke in Abhängigkeit der Temperatur entsprechend ändern.

Durch Messungen an einer Fussgängerbrücke konnte gezeigt werden, dass die Eigenfrequenzen mit abnehmenden Belagstemperaturen zunehmen. Bezogen auf die Eigenfrequenzen bei hohen Belagstemperaturen betrug die Zunahme ca. 25%. Es konnten auch bedeutende Änderungen der modalen Dämpfungen beobachtet werden (+ 100%). Die modalen Dämpfungen erreichen bei Belagstemperaturen zwischen ca. 15°C und 30°C ein Maximum. Bei tieferen und bei höheren Belagstemperaturen nehmen die modalen Dämpfungen wieder ab. Die beobachteten Messergebnisse konnten mit numerischen Modellen, welche die Änderung der Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften des Gussasphalts berücksichtigen, nachvollzogen werden. Da die Veränderungen der Eigenfrequenzen und modalen Dämpfungen gross sind, sollten sie bei der Bemessung von Fussgängerbrücken bezüglich Schwingungen berücksichtigt werden.

Förderquelle: Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung, BAFU, Projekt Nr. 2010.04

Asphaltbeläge für Strassenbrücken aus Holz

Florian Scharmacher; Andreas. Müller, Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, Solothurnstrasse 102, 2504 Biel/Bienne, florian.scharmacher@bfh.ch

Die Ausbildung von Regeldetails für Geh- und Radwegbrücken aus Holz bereitet Planern und ausführenden Fachbetrieben keine Schwierigkeiten. Bei Strassenbrücken mit Holztragwerk und bituminösem Fahrbahnbelag besteht allerdings noch ein akuter Forschungsbedarf. Die Ausführung von Fahrbahnbelägen mit bituminösen Baustoffen bringt verschiedene Probleme mit sich. Die notwendige Energie zur Verdichtung von Walzasphalt kann bei Holzbrücken nicht bzw. nur schlecht aufgebracht werden. Der Einbau von Gussasphalt führt zu Wasserdampfentwicklungen mit der Gefahr von Blasenbildung und entsprechend verminderter Fahrbahnqualität.

In einem ersten Schritt werden vorhandene Strassenbrücken mit einem Holztragwerk in einem Katalog erfasst und insbesondere bzgl. ihrer Fahrbahnbeläge und Abdichtungen bewertet. In einem zweiten Schritt werden u.a. Vorgaben zur Ausbildung eines schubfesten Verbunds des Fahrbahnbelags mit der Fahrbahnplatte erstellt. In einem Detailkatalog werden bewährte aber auch neu entwickelte Detaillösungen für den Holzbrückenbau zusammengestellt. Ergänzend hierzu werden Vorschläge zur Anpassung der Norm SN 640 451 erarbeitet.

Ziel ist es, ergänzende Arbeitshilfen zur bestehenden Literatur (z. B. Musterzeichnungen für Holzbrücken) und zur Normung zu erstellen. Diese bieten Auftraggebern und Planern entsprechende Möglichkeiten zur Auswahl geeigneter Konstruktionen.

Förderquelle: BAFU

Mobiles Röntgen zur Qualitätskontrolle von Holztragwerken

Mareike Vogel, Florian Scharmacher; Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, Solothurnstrasse 102, 2504 Biel/Bienne, mareike.vogel@bfh.ch

Die Beurteilung bestehender Holztragwerke ist in den meisten Fällen nur mit Hilfe zerstörungsfreier Untersuchungsmethoden möglich. Bisherige Methoden sind entweder nur punktuell einsetzbar oder aufgrund mangelhafter Darstellung schwer zu interpretieren. Die mobile Röntgentechnologie hingegen ermöglicht den Blick ins Bauteilinnere mit einer sehr guten Darstellung eines vergleichsweise grossen Messbereichs. Das Röntgenverfahren arbeitet zerstörungs- und quasi kontaktfrei. Durch den mobilen Einsatz der Röntgen- sowie Auswertetechnologie mittels eines Scanners ist eine in-situ Anwendung, Auswertung und Bewertung bestehenden Konstruktionen möglich.

Die Vorstellung der bisherigen Ergebnisse umfasst die Darlegung sehr zufriedenstellender Ergebnisse bei der Untersuchung von metallischen Verbindungsmitteln und von zimmermannsmässigen Verbindungen. Es ist möglich, diese genau zu lokalisieren und eventuelle Verformungen zu erkennen und darzustellen. Ebenfalls gute Darstellungen wurden bei Rissen und unterschiedlichen Holz-Rohdichten erzielt.

In dem laufenden Projekt werden Untersuchungen mit weiteren Materialien und unterschiedlichen Rohdichten durchgeführt. Ebenfalls ist die Darstellung von Fehlverklebungen/Delaminierungen und holzerstörenden Insekten und Pilzen noch nicht ausreichend untersucht worden. In situ sind weitere Messungen von diversen Anschlüssen, auch zur Verbesserung des Handlings der Geräte vorgesehen.

Projekt: Praxisrelevante Zustandserfassung und Verstärkung von Brettschichtholzbauteilen, Bundesamt für Umwelt, BAFU

Sustainable renovation of historical buildings (CEEM – SURHIB)

C. Geyer; E. Diguele; B. Wehle; J. Pichler, Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, Solothurnstrasse 102, 2504 Biel/Bienne, elisa.diguele@bfh.ch

The project's aim is the development of internal insulation systems with high reliability, which improve the energy efficiency of Swiss historical buildings covering the time period from 1850 to 1920. Once the original building construction materials were identified, the hygrothermal behaviour of the constructions was analyzed by simulations with the software WUFI.

After this previous study of the building envelope, different insulation systems were systematically investigated in order to identify potentials and risks by their internal implementation. The behaviour of two types of mineral wool (rock wool and glass wool), wood fibre, and cellulose fibre was analyzed. All mentioned building materials were provided by different industrial partners. Furthermore the investigations have been extended to calcium silicate boards. This is a standard material for internal insulation which has proven good results because of its hygrothermal properties.

The second step was to develop efficient and reliable solutions which improve the energy performance, as well as the thermal comfort of the building, making sure that the construction will not be damaged by moisture or mould growth. These optimized solutions were implemented to a catalogue which not only includes the key numbers of typical thermal bridges, but also provides a set of renovation measures including construction details. Thereby this thermal bridge catalogue, describes as a guideline document the influencing factors and boundary conditions, that have to be considered for a successful implementation of an internal insulation.

Projekt: Internal insulation and adapted insulation systems, Bundesamt für Energie BFE

Geometrical description and structural analysis of a modular timber structure

Seyed Sina NABAEI, Yves Weinand, Laboratory for timber constructions, IBOIS, EPFL, Lausanne, ina.nabaei@epfl.ch

The geometric concept and structural analysis of a planar reciprocal frame structure is presented in this paper. The basic module of the structure is consisted of two mutually supporting timber folded panels which are slipped in, consecutively, along their cuts, to build up an arc. (fig 1) The core idea is to investigate the possibility of designing complex space structures where the final form is determined by the geometry of the element as well as the employed connection technology. The stability of the inter-module connection is provided by contact boundary condition over the slide joints. The fundamental mechanical properties of the structure are examined using Finite Element Method. The static behavior is studied under the self-weight load case as well as the modal dynamic response. According to analysis results and by aid of a CAD parametric model, structural and geometrical alternatives are proposed to improve the structural performance. A prototype based on this geometric principal has been fabricated and assembled at EPFL.

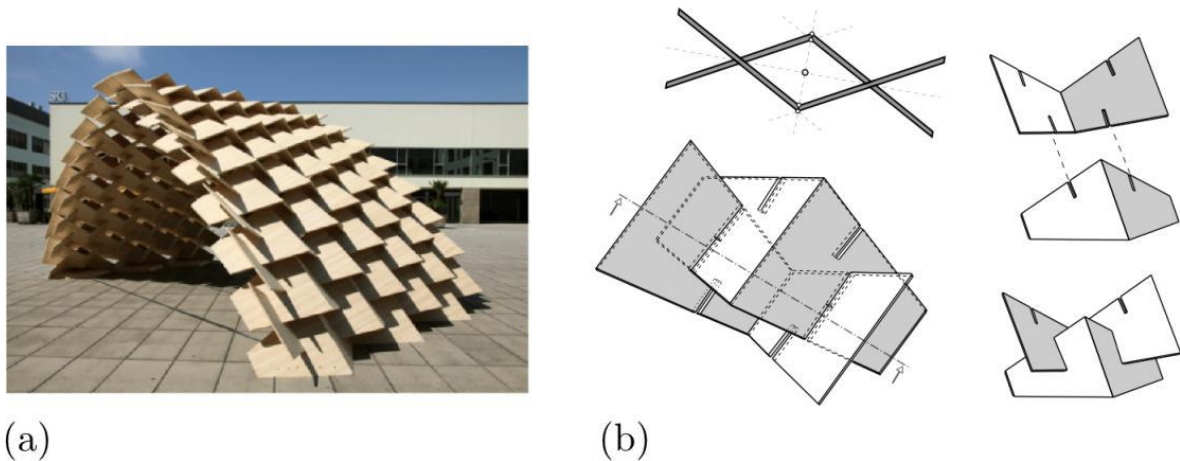


Fig. 1: (a) Modular timber structure prototype assembled © photo Alain Herzog (b) the basic module

Curved Origami Beam

Hani BURI, Architect, Phd, Laurent Humbert, Mechanical engineer, Phd, Yves Weinand, Professor IBOIS, EPFL, Lausanne, hani.buri@epfl.ch

The objective of this work is to investigate the structural behaviour of curved folded plate structures build with timber panels. The first part presents the generating process of curved folded plates and the relevant geometrical parameters of a curved origami beam. In the second part, the structural behaviour of curved prototypes, fabricated in at the laboratory scale, is investigated experimentally and compared to a numerical model.

This work investigates the development of a Curved Origami Beam made with timber panels. In the last fifteen years the timber industry has developed new, large size, timber panels. Composition and dimensions of these panels and the possibility of milling them with Computer Numerical Controlled machines shows great potential for folded plate structures. To generate the form of these structures we were inspired by Origami, the Japanese art of paper folding. Common paper tessellations are composed of straight creases. To form curved creases, we use a model developed to create doubly corrugated surfaces with straight creases and planar faces. This model permits to build folded plate structures by assembling planar timber panels. Doubly corrugated surfaces are defined by the corrugation profile and the cross section profile, where the corrugation profile defines the geometry of a simply corrugated surface and the cross section profile it's bending in space. However, using undulating corrugation profiles, curved creased origami structures can be generated.

In this work, curved origami figures are used to develop a structural and load bearing timber component. The proposed element is composed of four panels that form a box beam with varying section. The geometric properties of the element can be defined by a set of parameters that can be adapted to structural and architectural needs.

Static four point bending tests are typically conducted to evaluate the structural behaviour of the curved beam for first comparison with an origami beam composed of planar elements. The beam is monitored using both traditional linear variable differential transducers (LVDTs) and a contactless stereo-vision system. The experimental results are also valuable for assessing the numerical model developed for this structure. Further investigations aim to address the structural behaviour of large scale beams and the use of dovetail joints for their assembly.



Improving the dimensional stability of spruce wood by cell wall modification

Mahmut Ali Ermeydan¹, Etienne Cabane^{2,3} and Ingo Burgert^{1,2,3}

¹Department of Biomaterials, Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, Potsdam

²Empa, – Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Applied Wood Materials Laboratory, 8600 Dübendorf

³ETH Zurich, Institute of Building Materials, 8093 Zurich

Wood is known for its excellent mechanical performance in view of a low density but also for unfavorable properties such as a low dimensional stability upon moisture changes and a low durability. In this presentation new approaches for improving the dimensional stability of spruce wood by cell wall modification are discussed. Heartwood formation is used as a source of bio-inspiration and underlying principles of cell wall modification are transferred in order to produce spruce wood with a lowered water uptake and improved performance.

Verklebung von Laubholz: Grundlegende und anwendungsorientierte Forschung zur Optimierung der Verklebungseigenschaften.

Sebastian Clauss, Peter Niemz, et. Al, IBK, Holzphysik, ETH Zürich, Wolfgang-Pauli-Str. 15 8093 Zürich, sclauss@ethz.ch

Aufgrund des steigenden Angebots und der guten mechanischen Eigenschaften vieler heimischer Laubhölzer ist deren Verwendung im Baumwesen von grösser werdendem Interesse. Jedoch stellt der Werkstoff deutlich grössere Anforderungen an den gesamten Verarbeitungsprozess. In verschiedenen Projekten hat sich die Arbeitsgruppe Holzphysik am IfB der ETH Zürich mit den Vor- und Nachteilen verschiedener Laubhölzer auseinandergesetzt, um Lösungswege für eine bessere Ausnutzung des Potentials dieses Werkstoffes zu erarbeiten. Dabei stand insbesondere die Verklebung des Werkstoffes im Fokus der Betrachtung.

Da sich Laubhölzer anatomisch stark von den im Bauwesen verwendeten Nadelhölzern unterscheiden, wurde der Porenraum von Laubholz dreidimensional rekonstruiert, um das Eindringverhalten des Klebstoffes in die Holzstruktur zu optimieren. Das feuchteabhängige Materialverhalten von Laubhölzern ist wesentlich ausgeprägter als das heimischer Nadelhölzer. In experimentellen Arbeiten wurde das elastische Materialverhalten in allen anatomischen Richtungen ermittelt und in FE-Berechnungsmodelle integriert. An Verklebungen mit Laubholz wurden verschiedene modifizierte Klebstoffe auf ihre Resistenz gegenüber Feuchte überprüft, um klebstoffseitig Verbesserungen für die Verklebung von Laubholz unter starker feuchteinduzierter Beanspruchung zu erarbeiten. Um das häufig beobachtete Problem der Delaminierung besser zu verstehen, werden derzeit bruchmechanische Untersuchungen an Laubholzverklebungen durchgeführt, damit letztlich die Zuverlässigkeit von Laubholzverklebungen deutlich verbessert werden kann.

Der Tagungsbeitrag beschreibt den Komplex der Laubholzverklebung mit verschiedenen Schwerpunkten im Bereich der universitären Forschung an der ETH Zürich.

Einzelne Projekte wurden durch den Schweizerischen Nationalfond, COST (European Cooperation in Science and Technology), den Fond der Wald- und Holzforschung und die Industrie finanziell unterstützt.

Enzymatische Holz-Funktionalisierung mit bioaktiven Molekülen für einen effektiven Schutz vor Mikroorganismen

Mark Schubert, Abteilung Angewandte Holzforschung, Arbeitsgruppe Holzschutz/Biotechnologie, EMPA St. Gallen, mark.schubert@empa.ch

Fichtenholz (*Picea abies* L.) wurde mit einer kommerziellen Laccase von *Trametes versicolor* in Gegenwart von diversen bioaktiven Molekülen (u.a. ätherische Öle) behandelt, um eine antimikrobielle Holzoberfläche zu generieren. Die Effektivität der enzymatischen Holzbehandlung wurde mit Auswaschungsversuchen und Biotests (Bläue- und holzabbauenden Pilzen) untersucht. Nach der Laccase-katalysierten Oxidation der ätherischen Öle war deren antimikrobielle Wirkung signifikant reduziert. Die enzymatische Oxidation einer anorganischen Verbindung dagegen führte, selbst nach einer intensiven Auswaschung, zu einer erhöhten Resistenz des Holzes gegen alle Mikroorganismen. Die Wirksamkeit der enzymatischen Holz-Funktionalisierung mit bioaktiven Molekülen war vergleichbar mit einem gebräuchlichen chemischen Holzschutzmittel (Wirkstoffe IPBC und Propiconazole). Die Modifizierung der Lignozellulose durch die Laccase katalysierte Holzbehandlung wurde mittels FTIR-ATR untersucht und die Ergebnisse weisen auf eine strukturelle Veränderung des Ligningerüsts hin.

Förderquelle: WHFF-Projekt 2009.03

Planungssicherheit bei der Materialwahl bezüglich Raumlufthqualität

Urs Luginbühl, VGQ, Biel