



Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences



2023  
Abschlussarbeiten  
Travaux de fin d'études  
Graduation Theses

**Bachelor of Science in Holztechnik**  
**Bachelor of Science en Technique du bois**  
**Master of Science in Wood Technology**

- ▶ Holz
- ▶ Bois
- ▶ Wood

# Inhalt

## Table des matières

## Contents

<b>Titel</b>	<b>Titre</b>	<b>Title</b>
2 Editorial	2 Éditorial	2 Editorial
3 Holztechnik an der BFH	3 La technique du bois à la BFH	3 Wood Technology at BFH
5 Steckbrief	5 Fiche signalétique	5 Fact Sheet
8 Interviews mit Studierenden	8 Interviews d'étudiant-e-s	8 Interviews with students
10 Zusammenarbeitsformen	10 Formes de collaboration	10 Collaboration
12 Industriepartner	12 Partenaires industriels	12 Industry partners
15 Liste der Studierenden	15 Liste des étudiant-e-s	15 List of students
16 Abschlussarbeiten Bachelor	16 Travaux de fin d'études de bachelor	16 Bachelor's graduation theses
59 Abschlussarbeiten Master	59 Travaux de fin d'études de master	59 Master's graduation theses
70 Infoveranstaltungen	70 Séances d'information	70 Information events
71 Alumni*ae BFH	71 Alumni BFH	71 Alumni BFH

### **Impressum**

Berner Fachhochschule

[kommunikation.ahb-ti@bfh.ch](mailto:kommunikation.ahb-ti@bfh.ch)

### **Online**

[bfh.ch/ahb/book](http://bfh.ch/ahb/book)

### **Layout**

Hot's Design Communication SA

### **Druck**

[staempfli.com](http://staempfli.com)

### **Impressum**

Haute école spécialisée bernoise

[communication.ahb-ti@bfh.ch](mailto:communication.ahb-ti@bfh.ch)

### **Online**

[bfh.ch/ahb/book-fr](http://bfh.ch/ahb/book-fr)

### **Mise en page**

Hot's Design Communication SA

### **Impression**

[staempfli.com](http://staempfli.com)

### **Imprint**

Bern University of Applied Sciences

[communication.ahb-ti@bfh.ch](mailto:communication.ahb-ti@bfh.ch)

### **Online**

[bfh.ch/ahb/book](http://bfh.ch/ahb/book)

### **Layout**

Hot's Design Communication SA

### **Printing**

[staempfli.com](http://staempfli.com)



**Prof. Dr Reto Frei**  
**Leiter Fachbereich Holz**  
**Responsible Division Bois**  
**Head of Wood Division**

#### **Liebe Leserin, lieber Leser**

Ökobilanzierung, biobasierte Klebstoffe, energieeffizientes Bauen, Infrastrukturbauten aus Holz – das Thema Nachhaltigkeit bewegt die Gesellschaft und unsere Studierenden bewegen das Thema. Sie zeigen, was mit Holz möglich ist und welchen Beitrag Holzingenieur\*innen an eine nachhaltig gebaute Umwelt leisten.

Aber nicht nur dies: Sie optimieren Prozesse, entwickeln Produkte, testen Verklebungen und setzen sich intensiv mit dem mehrgeschossigen Holzbau auseinander.

Die hier präsentierten Abschlussarbeiten zum Bachelor Holztechnik und Master Wood Technology zeigen eindrucksvoll die Vielfalt des Studiums. Und sie zeigen, wie unsere Absolvent\*innen mit sehr viel Leistungsbereitschaft, Kompetenz, Fachwissen und Kreativität Herausforderungen angehen und bewältigen.

Jahr für Jahr freue ich mich über die zahlreichen Abschlussarbeiten, die in Kooperation mit Unternehmen entstehen. Es ist schön zu sehen, wie unsere Absolvent\*innen ihr Wissen und Können aus dem Studium in die Praxis einbringen. Wir entlassen sie nun endgültig in die Arbeitswelt und sind sicher, dass sie diese aktiv mitgestalten und bereichern werden.

Ich gratuliere allen Absolventinnen und Absolventen herzlich zum erfolgreichen Abschluss ihres Studiums und wünsche ihnen für ihren weiteren beruflichen und privaten Lebensweg alles Gute.

#### **Chère lectrice, cher lecteur,**

Analyse du cycle de vie, colles biosourcées, construction à haute efficacité énergétique, constructions d'infrastructure en bois : le thème de la durabilité agite la société et nos étudiant-e-s le prennent à cœur, montrant le potentiel du bois et la contribution des ingénieur-e-s bois à un environnement construit durable.

Mais ce n'est pas tout: ils et elles optimisent les processus, développent des produits, testent des adhésifs et se penchent de façon intensive sur les bâtiments multi-étages en bois.

Les travaux de fin d'études du Bachelor en Technique du bois et du Master Wood Technology publiés ici montrent toute la diversité de nos formations et manifestent la manière avec laquelle nos étudiant-e-s relèvent et surmontent les défis avec force motivation, compétence, expertise et créativité.

Année après année, j'éprouve toujours autant de joie à lire les nombreux travaux de fin d'études réalisés en coopération avec des entreprises. C'est un réel plaisir de voir comment nos étudiant-e-s mettent en pratique les connaissances et les compétences acquises. Nous les lâchons maintenant définitivement dans le monde du travail avec la conviction qu'ils et elles y participeront activement en l'enrichissant.

Je félicite chaleureusement tou-te-s nos diplômé-e-s pour la réussite de leurs études et leur souhaite le meilleur pour la suite de leur parcours professionnel et privé.

#### **Dear Reader**

Life cycle assessment, bio-based adhesives, energy-efficient construction, infrastructure buildings made of wood – the issue of sustainability grips society and our students have a grip on the issue. They show what is possible with wood and what contribution wood engineers make to a sustainable built environment.

But not only that: they optimise processes, develop products, test bonding solutions and grapple intensively with multi-storey timber construction.

The graduation theses presented here for the Bachelor of Science in Wood Technology and Master of Science in Wood Technology demonstrate impressively the diversity of the degree programme. And they show how our graduates tackle and overcome challenges with a great deal of motivation, proficiency, technical expertise and creativity.

Year after year, I am pleased to see the numerous graduation theses that are produced in cooperation with companies. It is wonderful to see how our graduates put their knowledge and skills from their studies into practice. We are now finally sending them out into the world of work and have no doubt that they will actively shape and enrich it.

My warmest congratulations to all graduates on the successful completion of their studies. I wish them all the best for their professional and private lives going forward.

# Holztechnik an der BFH

## La technique du bois à la BFH

## Wood Technology at BFH

An der Berner Fachhochschule BFH wird anwendungsorientiert gelehrt und geforscht. Das Zusammenspiel von Lehre, Forschung und Entwicklung sowie Weiterbildung gewährleistet am Departement Architektur, Holz und Bau Praxisnähe, innovative und zukunftsgerichtete Lösungen, gepaart mit unternehmerischem Spirit. Der Fachbereich Holz ist einer der drei Fachbereiche des Departements, der Studiengänge und Vertiefungen auf Bachelor- und Masterstufe sowie auf Stufe Höhere Fachschule anbietet. Wer hier studiert, kann dies interdisziplinär, mit viel Nähe zur Wirtschaft und im internationalen Kontext tun.

### **Bachelor Holztechnik: Vielfältig, fundiert, zukunftsweisend**

Ob Ingenieurholzbau, Tragwerksplanung, Innenausbau, Gebäudehülle, Verfahrens- und Fertigungstechnik oder Produktentwicklung, Prozess- und Produktionsmanagement – in diesem Studium dreht sich alles um den nachwachsenden Rohstoff Holz und seine vielseitigen Einsatzmöglichkeiten. In Projekt- und Forschungsarbeiten mit Unternehmen verbinden Studierende von Anfang an Theorie und Praxis. Im Fokus stehen klimagerechte, zukunftsorientierte und innovative Lösungen für den modernen Holzbau, nachhaltige Produkte und optimierte Prozesse mit Holz.

Absolventinnen und Absolventen des Bachelor-Studiums sind überall dort beliebte Fachkräfte, wo fundiertes und vernetztes technologisches Wissen und betriebswirtschaftliches Denken in der Holzwirtschaft und verwandten Bereichen gefragt sind. Der Abschluss eröffnet beste Berufschancen im In- und Ausland.

Aufbauend auf dem Bachelor-Studium können Absolvent\*innen ein Master-Studium zur weiteren Spezialisierung im eigenen Fachgebiet absolvieren. Das Weiterbildungsangebot richtet sich an Ingenieur\*innen, die ihre Kompetenzen erweitern oder

L'enseignement et la recherche à la Haute école spécialisée bernoise BFH sont axés sur les applications. Au sein du département Architecture, bois et génie civil, l'interaction entre les cours, la recherche et le développement, et la formation continue garantit une proximité avec la pratique, des solutions innovantes et orientées vers l'avenir, le tout couplé à l'esprit d'entreprise. La division Bois est l'une des trois divisions du département à proposer des filières d'études et des spécialisations au niveau bachelor, master et École supérieure. Les étudiant-e-s peuvent y suivre un cursus interdisciplinaire, offrant une grande proximité avec l'économie, dans un contexte international.

### **Bachelor en Technique du bois : polyvalent, crédible, tourné vers l'avenir**

Qu'il s'agisse d'ingénierie et de construction en bois, d'ingénierie des structures, d'aménagement intérieur, d'enveloppe du bâtiment, de procédés et de techniques de fabrication, de développement de produits ou de gestion des processus et de la production, ce cursus aborde tout ce qui a trait au matériau renouvelable « bois » et à ses diverses applications. D'entrée, les étudiant-e-s associent la théorie et la pratique dans le cadre de projets et de travaux de recherche menés avec des entreprises. L'accent est mis sur des solutions innovantes respectueuses du climat et orientées vers l'avenir pour la construction bois moderne ainsi que sur des produits durables et des processus optimisés faisant appel au bois.

Les titulaires de ce bachelor sont des spécialistes apprécié-e-s partout où des connaissances technologiques approfondies et interconnectées et une réflexion sur la gestion d'entreprise sont demandées dans l'économie du bois et les domaines apparentés. Le diplôme ouvre d'excellentes perspectives professionnelles en Suisse et à l'étranger.

Teaching and research activities at Bern University of Applied Sciences (BFH) place a strong focus on application. At the School of Architecture, Wood and Civil Engineering, the fusion of teaching, research and development and continuing education – coupled with an entrepreneurial spirit – guarantees practice-driven, innovative and future-oriented solutions. The Wood Division is one of the school's three divisions. It offers degree programmes and specialisations at bachelor's, master's and higher technical school levels. Studying here offers you an interdisciplinary approach, close links with industry and an international environment.

### **Bachelor of Science in Wood Engineering: diverse, well-founded, future-oriented**

Timber engineering, structural design, joinery, building envelope, processes and manufacturing techniques, product development, process and production management: in this degree programme, everything revolves around the renewable raw material wood and its versatile applications. Students combine theory and practice from the very beginning in projects and research work with companies. The focus is on climate-friendly, future-oriented and innovative solutions for modern timber construction, sustainable products and optimised processes with wood.

Graduates of the bachelor's programme are sought-after professionals wherever sound, comprehensive technological knowledge and a business-management mindset are in demand in the wood industry and related fields. The degree opens up superb career opportunities at home and abroad.

Bachelor's degree graduates can undertake a master's programme to pursue in-depth specialisation in their particular field. The continuing-education programmes are

4 ergänzen wollen. Nebst den Tätigkeiten in den Bereichen Lehre und Weiterbildung wird anwendungs- und marktorientierte Forschung betrieben, um den Wissenstransfer in die Wirtschaft und die Nähe zur Industrie zu gewährleisten.

### **Master Wood Technology: Praxisnah, nachhaltig, international**

Mit diesem Master-Studiengang spezialisieren sich Studierende auf komplexe, erdbebengerechte Holzbaustrukturen und Tragwerke, auf Innovationsmanagement und digitale Fertigung oder auf biobasierte Materialtechnologien. Der Studiengang zeichnet sich durch eine praxisnahe Ausbildung und die Einbindung in aktuelle Industrie- und Forschungsprojekte mit starkem Bezug zu Nachhaltigkeitsthemen aus.

Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs eröffnen sich ausgezeichnete berufliche Chancen in der Gestaltung einer nachhaltigen, zukunftsorientierten Holzwirtschaft. Sie verfügen über die notwendigen Kompetenzen, um das Zusammenspiel mit benachbarten Branchen zu verstehen sowie Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zu koordinieren und durchzuführen. Die Tätigkeit wird zunehmend internationaler und interdisziplinärer.

### **Erfahren Sie über diese Links mehr über**

- › das Departement Architektur, Holz und Bau: [bfh.ch/ahb](http://bfh.ch/ahb)
- › ein Bachelor-Studium: [bfh.ch/ahb/bachelor](http://bfh.ch/ahb/bachelor)
- › ein Master-Studium: [bfh.ch/ahb/master](http://bfh.ch/ahb/master)
- › Weiterbildungsangebote an der BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/weiterbildung](http://bfh.ch/ahb/weiterbildung)
- › die Forschung an der BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/forschung](http://bfh.ch/ahb/forschung)
- › Entrepreneurship an der BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/entrepreneurship](http://bfh.ch/ahb/entrepreneurship)

À l'issue de leur cursus de bachelor, les étudiant-e-s peuvent se spécialiser dans leur domaine en effectuant un master. L'offre de formation continue s'adresse aux ingénieur-e-s qui souhaitent étendre ou enrichir leurs compétences. Outre les activités dans la formation et la formation continue, ce domaine de spécialité propose des activités de recherche axées sur le marché et la pratique, garantissant ainsi le transfert des connaissances dans le monde de l'économie et la proximité avec l'industrie.

### **Master Wood Technology : axé sur la pratique, durable, international**

Dans cette filière de master, les étudiant-e-s se spécialisent dans les structures et les charpentes complexes et parasismiques et élargissent leurs compétences en gestion de l'innovation, en fabrication numérique et en technologie des matériaux. Le cursus se caractérise par une formation axée sur la pratique et une intégration dans des projets industriels et de recherche actuels qui ont un lien étroit avec le développement durable.

Les diplômé-e-s de cette filière bénéficient d'excellentes perspectives professionnelles dans l'organisation d'une économie du bois durable et tournée vers l'avenir. Ils et elles ont les compétences nécessaires pour comprendre les interactions avec les secteurs proches et pour coordonner et réaliser des tâches de recherche et de développement. L'activité devient de plus en plus internationale et interdisciplinaire.

### **Quelques liens vers des informations sur**

- › le département Architecture, bois et génie civil: [bfh.ch/ahb/fr](http://bfh.ch/ahb/fr)
- › les études de bachelor: [bfh.ch/ahb/fr/bachelor](http://bfh.ch/ahb/fr/bachelor)
- › les études de master: [bfh.ch/ahb/fr/master](http://bfh.ch/ahb/fr/master)
- › l'offre de formation continue à la BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/formationcontinue](http://bfh.ch/ahb/formationcontinue)
- › la recherche à la BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/recherche](http://bfh.ch/ahb/recherche)
- › l'entrepreneuriat à la BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/entrepreneurship](http://bfh.ch/ahb/entrepreneurship)

aimed at engineers who wish to extend or enhance their skills. In addition to our activities in teaching and continuing education, we conduct application-led, market-oriented research to ensure an efficient knowledge transfer and close ties to industry.

### **Master of Science in Wood Technology: practice-based, sustainable, international**

In this master's degree programme, students specialise in complex, earthquake-resistant timber-framed load-bearing structures and develop expertise in innovation management and digital manufacturing or in bio-based materials technologies. The programme offers outstanding application-led training with involvement in current industry and research projects and a strong emphasis on sustainability issues.

Graduates of the degree programme have excellent career opportunities in shaping a sustainable, future-oriented timber industry. They have the necessary skills to understand the interplay with neighbouring industries and to coordinate and carry out research and development tasks. The activity is becoming increasingly international and interdisciplinary.

### **Here are some links to learn more about**

- › the Architecture, Wood and Civil Engineering Department: [bfh.ch/ahb/en](http://bfh.ch/ahb/en)
- › bachelor's degree programmes at BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/en/bachelor](http://bfh.ch/ahb/en/bachelor)
- › master's degree programmes at BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/en/master](http://bfh.ch/ahb/en/master)
- › continuing education courses at BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/continuingeducation](http://bfh.ch/ahb/continuingeducation)
- › research at BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/en/research](http://bfh.ch/ahb/en/research)
- › Entrepreneurship at BFH-AHB: [bfh.ch/ahb/entrepreneurship](http://bfh.ch/ahb/entrepreneurship)

# Steckbrief

## Fiche signalétique

### Fact Sheet

5

#### Titel/Abschluss

Bachelor of Science (BSc)

#### Studienform

Vollzeitstudium (6 Semester) oder Teilzeitstudium (8 Semester)

#### Unterrichtssprache

Deutsch, einzelne Unterrichtseinheiten auf Französisch oder Englisch

#### Vertiefungen

Nach einem breiten Grundstudium im ersten Studienjahr wählen Studierende entsprechend ihren Interessen und Kompetenzen aus zwei Vertiefungsrichtungen und setzen damit Schwerpunkte für ihre berufliche Laufbahn oder ein anschließendes Master-Studium:

- **Timber Structures and Technology TST:** Konzepte, Berechnungsmethoden und Ausführungsprozesse beim Planen und Bauen komplexer Gebäude und Tragwerke aus Holz. Kompetenzen in Konstruktion, Statik, Bauphysik, Brandschutz und Kostenrechnung.
- **Process and Product Management PPM:** Konzeption, Umsetzung und Führen von Prozessen zur Nutzung von Holz für intelligente und klimagerechte Produkte. Kompetenzen in digitaler Fertigung, Produktionsmanagement, Betriebs- und Anlagenplanung sowie Betriebsökonomie.

#### Abschlussarbeit

Die Abschlussarbeit stellt den letzten Leistungsausweis für den beruflichen Einstieg als Holzingenieurin oder Holzingenieur dar und dient als Empfehlung für künftige Arbeitgeber.

#### Kontakt

Bei Fragen zum Studium, zu Projekt- und Abschlussarbeiten für Ihr Unternehmen – kontaktieren Sie uns.

Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme!  
+41 32 344 02 80 (Sekretariat)  
infoholz.ahb@bfh.ch

#### Mehr Informationen

[bfh.ch/bsc-holztechnik](http://bfh.ch/bsc-holztechnik)

#### Titre/Diplôme

Bachelor of Science (BSc)

#### Forme des études

Études à plein temps (6 semestres) ou à temps partiel (8 semestres)

#### Langue d'enseignement

Allemand, quelques unités d'enseignement en français ou en anglais

#### Spécialisations

Après une formation de base étendue en première année, vous choisissez, en fonction de vos intérêts et de vos compétences, parmi deux orientations et imprimez un cap à votre future carrière ou à vos futures études de master :

- **Timber Structures and Technology TST :** concepts, méthodes de calcul et processus d'exécution lors de la planification et de la construction de bâtiments et de structures complexes en bois. Compétences en construction, en statique, en physique du bâtiment, en protection incendie et en calcul des coûts.
- **Process and Product Management PPM :** conception, mise en œuvre et gestion de processus permettant une utilisation du bois pour des produits intelligents et respectueux du climat. Compétences en fabrication numérique, en gestion de la production, en planification de l'exploitation et des installations et en économie d'entreprise.

#### Travail de fin d'études

Le travail de fin d'études constitue le dernier travail à fournir avant l'entrée dans la vie professionnelle des ingénieur-e-s du bois. Il sert de recommandation pour les futurs employeurs.

#### Contact

En cas de questions concernant les études, les travaux de projet ou les travaux de fin d'études, n'hésitez pas à nous contacter.

Nous sommes impatient-e-s d'avoir de vos nouvelles!

+41 32 344 02 80 (secrétariat)  
infoholz.ahb@bfh.ch

#### Informations complémentaires et autres annuaires

[bfh.ch/bsc-technique-du-bois](http://bfh.ch/bsc-technique-du-bois)

#### Title/degree

Master of Science (MSc)

#### Mode of study

Full-time study (4 semesters) or part-time study (5-6 semesters)

#### Teaching language

English

#### Specialisations

The options for combining semester-long specialisation projects, elective modules and the graduation thesis allow students to individualise their personal profile. Choosing one of three specialisations sets the course for a professional career:

- **Complex Timber Structures CTS:** multi-story timber and hybrid construction; seismic safety, fire protection and building physics; structural surveying and refurbishment; complex free-form and shell structures; BIM and digital processes in civil engineering.
- **Management of Processes and Innovation MPI:** innovation management; digital manufacturing in the wood industry; wood technology; ecodesign.
- **Innovation in Bio-based Materials BBM:** technology, processes and development of bio-based materials and products; ecodesign and life cycle assessment of products and buildings, innovation management.

#### Graduation thesis

The graduation thesis will address an issue faced by a company or an ongoing research project at BFH. This project may mark an entry into a specialised position in the professional world or serve as a starting point for a career in academic research.

#### Contact

Should you have any questions on our study programme or on project assignments or graduation theses for your company, please feel free to contact us.

We look forward to hearing from you.  
+41 32 344 02 80 (secretariat)  
mwt.ahb@bfh.ch

#### More information and other yearbooks

[bfh.ch/msc-wood-technology](http://bfh.ch/msc-wood-technology)

# Interviews mit Studierenden

## Interviews d'étudiant-e-s

## Interviews with students

6



Selina Regamey, BSc Holztechnik

### Warum haben Sie sich für dieses Studium entschieden?

Während meiner Ausbildung zur Hochbauzeichnerin durfte ich viele Chalets im Berner Oberland mitgestalten. Bei einigen Projekten arbeiteten wir damals mit Holzbauingenieurbüros zusammen und mein Interesse an der Statik war geweckt. An einem Infoanlass meiner Berufsmaturitätsschule wurde der Studiengang BSc Holztechnik vorgestellt und für mich stand fest, wenn ich ein Studium in Angriff nehmen will, dann muss es in diese Richtung gehen. Ich wollte die Zusammenhänge des Werkstoffes Holz mit

der Statik, der Bauphysik und anderen Fachgebieten im Bauwesen besser kennen und verstehen lernen.

### Was machte Ihnen im Studium besonders Freude?

Nach den ersten drei Semestern, in denen wir mit vielen Grundlagen über Holz, Holzwerkstoffe, Statik etc. konfrontiert wurden, wurde es für mich persönlich ab dem vierten Semester und der Vertiefung in die Fachrichtung TST interessanter. Durch die vielen unterschiedlichen Fächer erhielten wir einen ersten Einblick in die Tätigkeitsfelder eines Holzbauingenieurs

oder einer Holzbauingenieurin. Besonders die Projektarbeiten im Auftrag von Industriepartnern waren sehr lehrreich und brachten Abwechslung in den sonst doch eher theoretischen Studienalltag.

### Wie erlebten Sie die Stimmung auf dem Campus?

Die Stimmung auf dem Campus war immer angenehm, wenn wir dann mal dort waren. Nach den drei Corona-Semestern im Home-Office habe ich es genossen, im fünften und auch im achten Semester wieder vor Ort zu studieren.

### Wo waren Sie im Praktikum und wie hat es Ihnen gefallen?

Mein Praktikum habe ich bei der Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG in Bern absolviert. Es war eine sehr lehrreiche Zeit und es hat mir sehr gut gefallen. In dem Jahr, das ich dort verbrachte, arbeitete ich an verschiedenen Projekten mit dem Schwerpunkt Tragwerksplanung. Dazu kamen Bestandesaufnahmen sowie die Planung von Sanierungsmaßnahmen. Ausserdem durfte ich auch in die Themenbereiche Brandschutz und Bauphysik hineinschauen.

### Was sind Ihre Ziele und Pläne nach dem Studium?

Nach Abschluss des Studiums darf ich zurück zu Timbatec und dann definitiv in den Berufsalltag starten. In den ersten Jahren nach dem Studium möchte ich mein Wissen erweitern und vertiefen. Berufserfahrung möchte ich zuerst in der Tragwerkplanung sammeln und mich später vertieft dem Themenbereich Brandschutz widmen. Was neben der Arbeit natürlich nicht zu kurz kommen darf, ist das Reisen ;).

### Welchen Tipp haben Sie für jemanden, der dieses Studium in Betracht zieht?

Wer Interesse am Werkstoff Holz und dessen unterschiedlichen Einsatzgebieten hat, ist in diesem Studiengang richtig. Ein grosser Pluspunkt und sehr empfehlenswert ist das Praktikum, das man in einem Unternehmen im In- und Ausland absolvieren kann. Dort kann das in den ersten fünf Semestern erworbene Wissen erstmals praktisch angewendet werden.

7



Daniel Dinizo, MSc Wood Technology

### Why did you decide to study this programme?

My family has a long tradition of working with wood, so it was natural for me to orient myself in this field. After working in the industry for a few years, I realised that to truly understand and unlock the full potential of wood as a material, I needed to deepen my knowledge and skills. This motivated me to become a student again. Joining this program felt like a calling, as it allowed me to not only follow in my family's legacy of working with wood, but also to discover my roots and develop a true passion for sustainable materials.

### What makes the Master Wood Technology unique?

Our program brings together a diverse group of international students, which

creates a vibrant and dynamic environment both in and outside the classroom. As a leading institute for wood technology, BFH emphasises sustainable practices and has allowed me to specialise in innovation management. The program also offers opportunities for students to work part-time as research assistants, which ensures hands-on experience and the opportunity to visualise the latest developments in the field.

### You founded the start-up NaturLoop during your time at BFH. What is the business idea behind it?

Together with a former student, I was offered the opportunity to transform a research project into a spin-off company. This led to an exciting journey! At NaturLoop, we apply principles and

methodologies of the wood sector to develop wood-like materials from underutilised resources. Our first product, Cocoboard, converts coconut husks and a natural adhesive into a fiberboard suited for furniture and interior architecture.

### What knowledge and skills from the master's programme help you in your everyday work at NaturLoop?

The program has given me an overview of the entire wood industry and has allowed me to dive deep into a few topics that I am most interested in. This inspired me to focus my thesis on measuring the environmental performance of our product. The whole journey of founding and developing NaturLoop has felt synchronistic, and it has been incredibly rewarding to apply what I have learned in the master's programme to my everyday work.

### In what ways did BFH support you in starting and developing your business?

BFH has provided us with invaluable support. The infrastructure and equipment have allowed us to efficiently test and improve our product, while the quality office space and collaboration opportunities with external colleagues provided a productive work environment. We have also been fortunate to be part of the BFH network, which has facilitated valuable connections with partners and customers. By having these resources provided, our team has been able to stay focused on our primary goal of developing a high-quality, environmentally friendly product.

### What is on your agenda after graduation?

After graduating, I am most excited to dedicate all of my focus to NaturLoop and help it thrive. We are close to launching Cocoboard on the European market and I am confident that if we succeed in this next step, the door to creating a sustainable impact will be unlocked.



# Interviews mit Studierenden

## Interviews d'étudiant-e-s

### Interviews with students

8



Jean-Gabriel Tschopp, BSc en Technique du bois

#### Pourquoi avez-vous choisi cette filière d'études ?

J'ai choisi de suivre des études d'ingénieur bois à l'école de Bienne afin de consacrer quatre années complètes à étudier le bois. Après avoir obtenu un CFC d'ébéniste, j'ai souhaité améliorer mes connaissances dans le domaine du bois. L'école de Bienne possède un parc machine moderne et dispose d'un laboratoire où des projets sont en phase de test. Les cours proposés par l'école permettent d'avoir une vue d'ensemble sur les possibilités de la branche du bois. En effet, selon les modules choisis, l'étudiant peut se former dans différents domaines comme le marketing, la finance, la gestion d'entreprise ou le calcul statique de bâtiment. Toutes ces formations sont à mes yeux une bonne base pour devenir un responsable dans une entreprise de menuiserie.

#### Qu'est-ce qui vous enchante le plus dans cette formation et dans quoi mettez-vous le plus d'élan ?

Ce qui me plaît dans cette formation, c'est d'avoir pu étudier plusieurs matières différentes et ainsi acquérir des connaissances globales dans la filière bois. Les projets, proposés par l'école en collaboration avec des entreprises partenaires, m'ont beaucoup intéressés. J'ai ainsi pu mettre en pratique mes connaissances et compétences dans un contexte réel et concret, en travaillant sur des projets innovants et ambitieux. C'est très motivant et stimulant pour moi, et cela me donne l'opportunité de développer davantage mes compétences et d'avoir un lien avec le monde du travail.

#### Avez-vous travaillé en parallèle ?

Durant mes études, j'ai profité de mes vacances en été pour travailler dans une

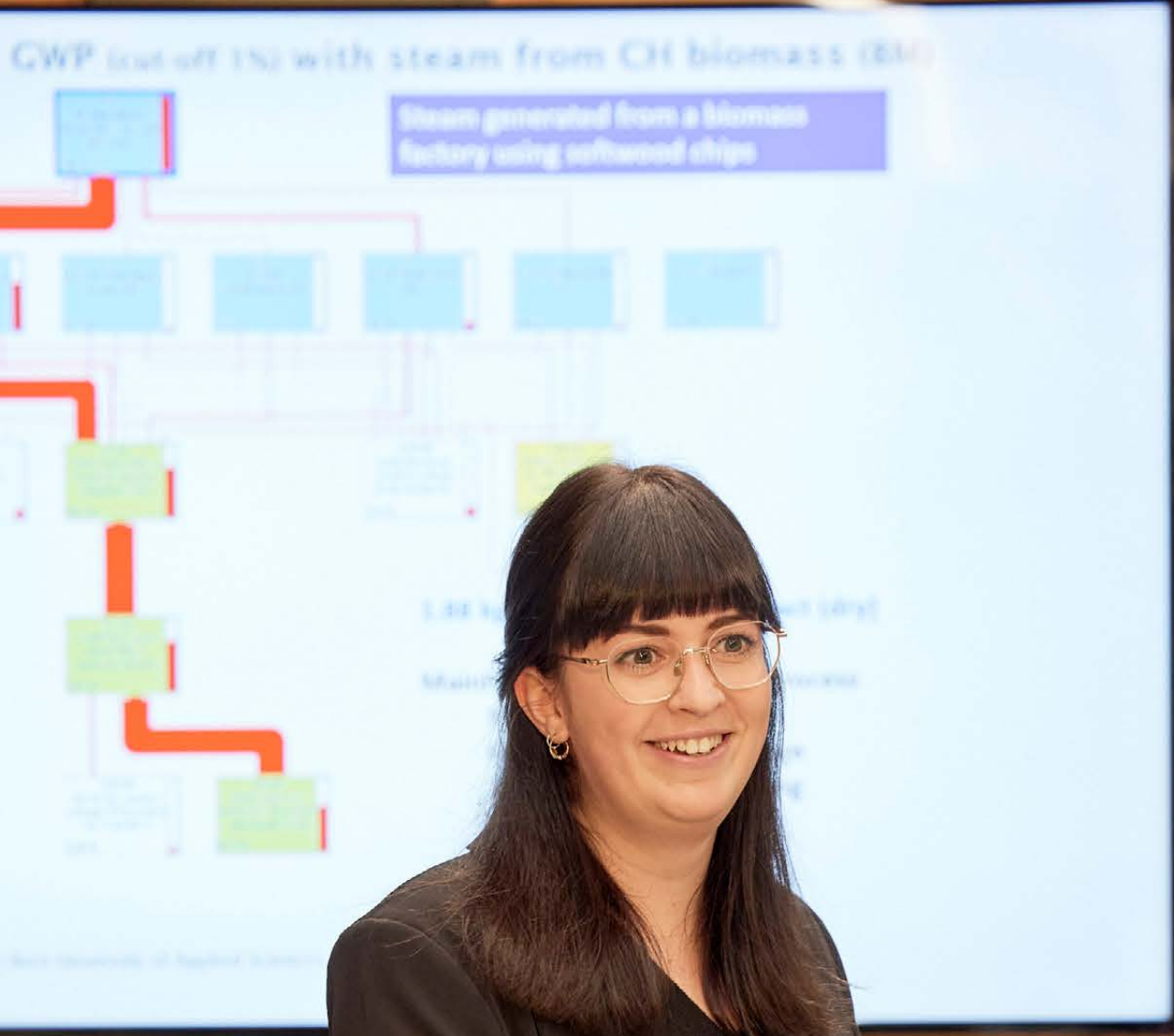
menuiserie. Cela m'a permis de retrouver le contact du bois en travaillant dans un atelier. Puis, en travaillant au bureau technique de cette menuiserie, j'ai pu faire le lien entre les cours théoriques et le monde du travail. Ce travail, en parallèle de mes études, m'a donné l'occasion d'apporter des exemples concrets durant les cours ainsi que de comparer la théorie avec la pratique. Le dernier point est financier, ce travail durant les vacances m'a permis de garder une autonomie financière.

#### Où étiez-vous en stage et sur quoi avez-vous travaillé ?

J'ai effectué mon stage à l'étranger, en Autriche, dans la ville d'Innsbruck. L'entreprise s'appelle Holz Manufaktur Auer. Venant d'un canton romand, cela a contribué à enrichir mes connaissances en allemand. Durant ces dix mois de stage, j'ai occupé une place de chef de projet au bureau technique. J'ai participé à la conception d'un projet d'agencement, à l'amélioration des processus de fabrication de l'entreprise, ainsi qu'au marketing de l'entreprise. Un autre projet, en plus de mon mémoire de bachelor, a été le développement d'un configurateur de meubles en ligne, avec la création des dossiers de production automatisée.

#### Que diriez-vous à quelqu'un qui aurait envie d'entreprendre ce genre d'études ?

N'hésitez pas à prendre contact avec un-e étudiant-e pour mieux connaître la filière « ingénieur bois », nous partageons volontiers notre expérience. Pour les étudiant-e-s francophones, il ne faut pas considérer comme un obstacle le fait que les cours sont en allemand. Le premier semestre demande un peu d'adaptation concernant la langue, mais les collègues suisse-allemands sont là pour nous soutenir. En Suisse, le secteur du bois couvre la Suisse romande et la Suisse alémanique, et le fait de maîtriser l'allemand est un atout pour le futur.



# Zusammenarbeitsformen

## Formes de collaboration

### Collaboration

10 Neue Erkenntnisse gewinnen, Synergien schaffen, Praxisnähe erfahren: Die Berner Fachhochschule arbeitet in der angewandten Forschung und Entwicklung eng mit der Wirtschaft und der Industrie zusammen. Dadurch wird die Verknüpfung von Forschung und Lehre gestärkt, und es fließt neues Wissen in den Unterricht ein. Dies führt zu einer qualitativ hochwertigen und praxisnahen Lehre. Damit Unternehmen bereits heute die Spezialistinnen und Spezialisten von morgen kennenlernen oder sich an eine Thematik herantasten können, besteht die Möglichkeit, Projekt- oder Abschlussarbeiten in Zusammenarbeit mit Studierenden durchzuführen. Als Wirtschaftspartner können Sie Themen vorschlagen. Werden Themen gewählt, bearbeiten Studierende diese alleine oder in kleinen Gruppen in dafür vorgesehenen Zeitfenstern selbstständig. Dabei werden die Studierenden von ihrer Fachperson sowie einer Dozentin oder einem Dozenten der Berner Fachhochschule betreut. Die Rechte und Pflichten der beteiligten Parteien werden in einer Vereinbarung geregelt.

Möchten Sie Themen für studentische Arbeiten vorschlagen und mehr über eine mögliche Zusammenarbeit erfahren? Kontaktieren Sie uns und überzeugen Sie sich vom Innovationspotenzial unserer Studierenden.

[bfh.ch/ahb/projektidee](https://bfh.ch/ahb/projektidee)

Acquérir de nouvelles connaissances, créer des synergies, découvrir la pertinence pratique : dans le domaine de la recherche appliquée et du développement, la Haute école spécialisée bernoise travaille en étroite collaboration avec l'économie et l'industrie. Le lien entre la recherche et la formation est ainsi renforcé et l'enseignement profite des nouvelles connaissances. Il en résulte une formation de grande qualité, axée sur la pratique. Pour que les entreprises puissent faire aujourd'hui déjà la connaissance des spécialistes de demain ou aborder un sujet particulier, elles ont la possibilité de réaliser des projets ou des travaux de fin d'études en collaboration avec des étudiant-e-s. En tant que partenaire économique, vous pouvez proposer des thèmes. S'ils sont choisis, les étudiant-e-s les traitent ensuite de manière autonome, seul-e-s ou en petits groupes, dans les créneaux horaires prévus à cet effet. Ils et elles sont encadré-e-s par votre spécialiste ainsi que par un-e enseignant-e de la Haute école spécialisée bernoise. Une convention régit les droits et obligations des parties au projet.

Souhaitez-vous proposer des thèmes pour des travaux d'étudiant-e-s et en savoir plus sur une éventuelle collaboration? Contactez-nous et laissez-vous convaincre par le potentiel d'innovation de nos étudiant-e-s.

[bfh.ch/ahb/idee-projet](https://bfh.ch/ahb/idee-projet)

Gain new insights, create synergies, experience practical relevance: Bern University of Applied Sciences BFH works closely with business and industry in areas of applied research and development. This strengthens the link between research and education, allowing new knowledge to flow into our teaching, which leads to high-quality and practice-oriented degree programmes. In order for companies to meet our future specialists or to explore a topic, they can carry out projects or theses in cooperation with our students. As a business partner, you can suggest topics. Once these topics are selected, the students work on the projects independently, either individually or in small groups, within designated time frames. They are supervised by both your specialist and a BFH lecturer. The rights and obligations of the parties involved are set out in a written agreement.

Would you like to suggest topics for student projects and find out more about a possible cooperation? Contact us and convince yourself of the innovation potential of our students.

[bfh.ch/ahb/project-idea](https://bfh.ch/ahb/project-idea)

### Studentische Arbeiten | Travaux d'étudiant-e-s | Student projects

Das Modell einer flexiblen Zusammenarbeit mit Industrie und Wirtschaft wird in studentischen Arbeiten erfolgreich umgesetzt:  
La flexibilité du modèle de collaboration avec l'industrie et l'économie se concrétise avec succès dans les travaux d'étudiant-e-s:  
The model of flexible cooperation with industry and business is successfully implemented in student projects:



Semesterarbeiten, Bachelor-Arbeit, Master-Arbeit  
Travaux de semestre, travail de bachelor, travail de master  
Semester projects, bachelor thesis, master thesis



Wochen bis Monate  
De quelques semaines à plusieurs mois  
Several weeks or months



Kostenbeitrag zulasten des Auftraggebers  
Frais à charge du donneur d'ordre  
Costs are at the expense of the client

### Auftragsforschung und Dienstleistungen | Recherche sous contrat et prestations de service | Contract Research and Services

Wir bieten Auftragsforschung und erbringen vielfältige Dienstleistungen für unsere Kundinnen und Kunden (inkl. Nutzung der BFH-Infrastruktur sowie des Forschungsnetzwerkes). | Nous effectuons des recherches sous contrat et fournissons une vaste palette de prestations de services à nos clientes et clients – y compris l'utilisation des infrastructures BFH et du réseau de recherche. | We carry out contract research and provide a wide range of services for our clients, such as exclusive use of the BFH infrastructure and the research network.



Planung, Coaching, Tests, Expertisen, Analysen;  
durchgeführt von Expertinnen und Experten  
Planification, coaching, tests, expertises, analyses par des expert-e-s  
Planning, coaching, tests, expertise, analysis: done by experts



Wochen bis Monate  
De quelques semaines à plusieurs mois  
Several weeks or months



Marktgängige Preise  
Prix du marché  
Prevailing prices

### F&E-Kooperationen | Coopérations R&D | R&D Collaboration

Die BFH-AHB erbringt Leistungen im Bereich der angewandten Forschung und Entwicklung:  
La BFH-AHB fournit des prestations de service dans le domaine de la recherche appliquée et du développement:  
BFH-AHB provides services in Applied Research and Development:



Kooperationen mit Fördermitteln – mittlere und  
grössere Projekte mit:  
Coopérations bénéficiant de subventions – projets de moyenne  
et grande envergure avec:  
Public Aid – medium and large-sized projects with:  
Innosuisse, SNF / FNS / SNSF, EU / UE



Monate bis Jahre  
De quelques mois à plusieurs années  
Several weeks or months



Teilfinanziert durch  
öffentliche Fördergelder  
Financement partiel par  
des subventions publiques  
Partly public funding

# Industriepartner

## Partenaires industriels

## Industry partners

12 Eine enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern ist uns äusserst wichtig. Zahlreiche Abschlussarbeiten sind in Kooperation mit Firmen aus der ganzen Schweiz entstanden. Wir bedanken uns bei diesen Firmen für die fruchtbare Zusammenarbeit!

[bfh.ch/ahb/forschung](http://bfh.ch/ahb/forschung)

À nos yeux, une collaboration étroite avec des partenaires industriels est extrêmement importante. De nombreux mémoires se font en partenariat avec des entreprises de toute la Suisse. Nous remercions ces entreprises pour cette fructueuse collaboration!

[bfh.ch/ahb/recherche](http://bfh.ch/ahb/recherche)

A close cooperation with industrial partners is very important to us. Numerous bachelor's theses have been produced in cooperation with companies from Switzerland. We thank these companies for the fruitful collaboration!

[bfh.ch/ahb/en/research](http://bfh.ch/ahb/en/research)

Alpnach Schränke AG, Alpnach Dorf  
Australian Sustainable Hardwoods ASH, AUS Victoria  
B3 Kolb AG, Romanshorn  
Balteschwiler AG, Laufenburg  
Blumer-Lehmann AG, Gossau  
Bois Initial SA, Morges  
Cambium Ingénierie SA, Yverdon  
Centre de Formation Technique Menuiserie CFTM, Kamerun  
Charpente Concept A, Perly  
Erne AG Holzbau, Laufenburg  
Holzbaubüro Reusser GmbH, Winterthur  
Holzmanufaktur Auer, Innsbruck  
holzprojekt gmbh, Luzern  
Ingewood Sarl, St-Maurice  
MAB Möbel AG, Muotathal  
Makiol Wiederkehr AG, Beinwil am See  
neue Holzbau AG, Lungern  
Pirmin Jung Schweiz AG, Rain  
schaerholzbau produktion ag, Altbüron  
Schindler & Scheibling AG, Uster  
Schuler Consulting GmbH, Pfalzgrafenweiler  
SJB Kempter Fitze AG, Herisau  
Strüby Konzept AG, Seewen SZ  
Stuberholz AG, Schüpfen  
Timbatec Holzring, Schweiz AG, Thun  
Veriset AG, Root  
Vifian Möbelwerkstätten AG, Schwarzenburg  
Walter Bieler AG Ing.büro Holzbau, Bonaduz  
Walter Bochsler AG, Urdorf



# Liste der Studierenden

## Liste des étudiant-e-s

### List of students

14 Im Folgenden präsentieren wir Ihnen die Zusammenfassungen der Abschlussarbeiten des Jahres 2023.

Die Studierenden sind in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Die Studierenden haben die Texte – teils mit Unterstützung der betreuenden Dozierenden – selbst verfasst.

Ci-après, nous vous présentons les résumés des travaux de fin d'études de l'année 2023.

Les étudiant-e-s sont présenté-e-s par ordre alphabétique.

Les étudiant-e-s ont rédigé les textes de façon autonome, parfois avec l'aide des enseignant-e-s qui les encadrent.

On the next pages, we have summarised the 2023 graduation theses.

The students are listed in alphabetical order.

The texts were written by the students themselves, with some support from their lecturers.

#### Bachelor

Brühlmann Kay .....	16	Gross François .....	31	Salamin Etienne Joseph.....	46
Buri Philipp Christian.....	17	Haas Josias Sathya.....	32	Schaad Fabian .....	47
Clément Maxime .....	18	Hofer Samuel .....	33	Schläpfer Dominik Pascal.....	48
Dorn Liam Calvin Hilton .....	19	Imboden Marc.....	34	Schneider Benedikt Eric.....	49
Durrer Nico .....	20	Jud Nico Sandro .....	35	Sigg Dominik Martin .....	50
Fässler Markus .....	21	Kaufmann Ramon .....	36	Stadler Yanick.....	51
Fehse Phil.....	22	Kayser Sebastian Nikolaus.....	37	Truschner Janine .....	52
Fellmann Marco .....	23	Latscha Florent Léon .....	38	Tschopp Jean-Gabriel .....	53
Fliri Gianluca .....	24	Lüthi Jan David .....	39	Wolfsberg Beat.....	54
Frei Florian .....	25	Martella Stefano Gabriele .....	40	Wüthrich Florian.....	55
Freund Nic Joey.....	26	Meuli Andrea Mirco .....	41	Wüthrich Lukas.....	56
Fromm Enrico .....	27	Müller Florian .....	42	Zoller Nicolas Fabio.....	57
Gammeter Lukas.....	28	Regamey Selina .....	43		
Giroud Pierre Martin .....	29	Riesen Jasmin .....	44		
Giussani Alan.....	30	Ruppen Jonathan .....	45		

#### Master

Carton Fabio Giuseppe Giorgio Vittorio ..	59	Kramer Lukas .....	64
Cavero Herrera Matias.....	60	Lazarczyk Karol Szczepan .....	65
Dinizo Daniel Egidio .....	61	Räber Valentin .....	66
Fuchs Patrick .....	62	Rodriguez Garcia Ramiro Gustavo.....	67
Haddad Sally.....	63	Wick Adrian Willi.....	68

**Bachelor-Arbeiten**

Travaux de bachelor

Bachelor's theses



# Vollholzwände aus Brettstapeln für tragende Innenwände und deren Gebäudeaussteifung

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Dr. Steffen Franke, Lukas Furrer

16

Im Wohnbau, in welchem immer weniger Aussenwände zur Aussteifung angesetzt werden, gewinnen Innenwände für die Gebäudeaussteifung immer mehr an Bedeutung. Im Rahmen dieser Bachelorthesis wurden Vollholzwände aus Brettstapeln für tragende Innenwände und deren Gebäudeaussteifung untersucht und definiert, ob sie in der Lage sind, hohe vertikale und horizontale Lasten aufzunehmen.



Kay Brühlmann  
078 839 53 26  
kaybruhlmann@hotmail.com

## Ausgangslage

Brettstapelelemente werden im heutigen Holzbau hauptsächlich als Decken- oder Dachelemente im Gebäudebau eingesetzt und werden rechtwinklig zur Scheibenebene beansprucht. Die Firma Strüby Holzbau AG wird sich im Jahr 2024 eine neue Brettstapel-Produktionsmaschine anschaffen. Brettstapelelemente sollen in Zukunft nicht nur für Decken eingesetzt werden können, sondern auch für Wände, die eine tragende sowie aussteifende Funktion haben.

## Zielsetzung

Die vorliegende Bachelorthesis beschäftigt sich deshalb mit den Frage:

- Ist eine Vollholzwand aus Brettstapel für tragende Innenwände und dessen Gebäudeaussteifung, welche eine möglichst effiziente Herstellung und einfachen Wandaufbau aufweisen realisierbar?
- Können unbeplankte Brettstapelelemente für Innenwände eingesetzt werden, die eine aussteifende Funktion haben?
- Wie muss die Wand mit weiteren Massnahmen ausgesteift werden falls die oben genannte Frage mit Nein beantwortet werden muss, damit sich die Wand für die Gebäudeaussteifung eignet?
- Wie gut eignet sich eine Brettstapelwand für die vertikale Lastabtragung hinsichtlich Linienlasten und Punktlasten?

## Methode

Um dies zu erreichen, wird auf Basis von Berechnungsnormen die vertikale und horizontale Lastabtragung

von unbeplankten Brettstapeln berechnet. Im Weiteren wird mittels Versuche der Brettstapel ohne Beplankung und mit Beplankung untersucht. Der Schwerpunkt der Versuche liegt auf der beplankten Brettstapelwand. Die Beplankung wird verklammert, ohne bei der Verklammerung auf die Lamellenfugen im Brettstapel zu achten. Damit Vergleichswerte vorliegen, wird eine beplankte Brettstapelwand mit einer optimalen Verklammerung in der Unterkonstruktion ebenfalls getestet.

## Ergebnisse

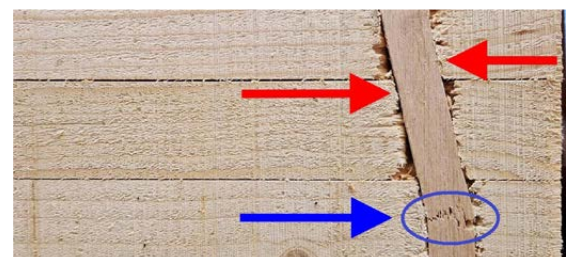
Die Untersuchungen der vertikalen Lastabtragung für Brettstapelwände haben gezeigt, dass ein sehr schlanker Wandaufbau möglich ist. Für Punktlasten hingegen müssen konstruktive Massnahmen ergriffen werden, um sie auf den Brettstapel zu verteilen.

Eine weitere Erkenntnis dieser Thesis war, dass unbeplankte Brettstapelelemente sich nicht zur Gebäudeaussteifung eignen. Obwohl die Schubtragfähigkeit des Brettstapels genügend hoch ist, ist die Schubsteifigkeit viel zu niedrig. Die Resultate haben ausserdem gezeigt, dass sich Brettstapelwände mit zweiseitiger zweilagiger Beplankung mit Diamant X Platten zur Gebäudeaussteifung eignen, solange auf den Randabstand der Verklammerung im Brettstapel geachtet wird. Durch die Versuche stellte sich nicht klar heraus, ob die Beplankung auf den Brettstapel verklammert werden kann, ohne auf die Verklammerung bei den Lamellen zu achten. Es zeigen sich Tendenzen auf, die aber weiter abgesichert werden müssen.



Brettstapelinnenwand, zweilagig einseitig beplankt mit Diamant X Platten

bfh.ch/ahb/book



Aufgetrennter Brettstapel, Biegebruch (blau), Erreichen der Lochleibungsfestigkeit (rot)

# Etude comparative de variantes de dalle pour le projet Actaris (GE)

Filière d'études : Bachelor of Science en Technique du bois | Orientation : Timber Structures and Technology  
Encadrants : Prof. Martin Geiser, Prof. Christoph Renfer

17

Les dalles dans les immeubles d'habitation à plusieurs étages doivent répondre à de nombreuses exigences. Le choix d'un système de dalle se fait souvent dans une phase initial du projet, alors que toutes les conditions ne sont pas encore définies. Cette étude de variantes est réalisée au moment de l'exécution, ce qui permet une comparaison exacte des coûts et des effets constructifs sur l'ensemble du projet.

## Situation initial

Le rapport se base sur la soumission du projet « Actaris ». Il comprend trois bâtiments, dont le plus grand est une construction en bois de 9 étages avec des noyaux en béton. Une recherche bibliographique et l'expérience de Charpente Concept SA indiquent que les dalles mixtes en bois-béton sont généralement utilisées pour les grandes portées. Ce projet doit répondre à des exigences accrues en matière de protection contre l'incendie et le bruit. C'est pourquoi qu'une dalle mixte avec une portée de 3.7 m a été prévu pour le projet Actaris.

## Objectif

Le rapport examine s'il existe des systèmes de dalles alternatifs au système de soumission proposé pour le projet Actaris. L'objectif est d'offrir au lecteur une base de décision technique pour le système de dalle qu'il souhaite choisir. Il permet de mener des discussions argumentées avec les maîtres d'ouvrage, les architectes et les entreprises de construction.

## Méthode

Après avoir identifié les actions horizontales déterminantes, les forces d'appui et les efforts internes dans les dalles (constituent comme diaphragme) sont calculés à l'aide d'un modèle informatique. Ensuite, différentes solutions alternatives pour les systèmes de dalles sont élaborées. Le choix des systèmes a été fait sur la base de discussions et de recommandations internes du bureau Charpente Concept SA. Pour cha-

cun des différents systèmes, la composition et deux détails sélectionnés sont élaborés et calculés. Une comparaison des prix de ces systèmes doit montrer s'il existe un système compétitif par rapport à la dalle de la soumission. L'offre pour la dalle de la soumission de l'entreprise exécutante constitue le prix de référence.

## Résultats

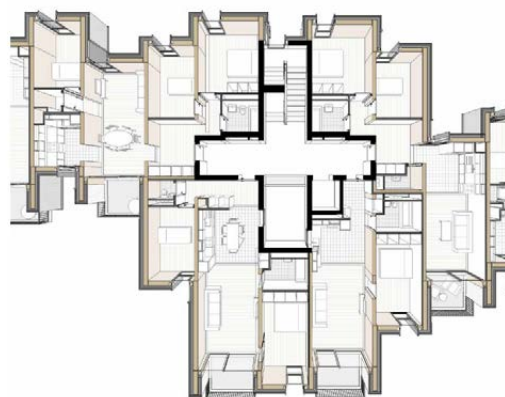
Les résultats montrent que la dalle mixte de la soumission est remplaçable par une dalle en bois lamellé-collé (BLC) de même portée, à un prix équivalent (3% des coûts supplémentaires estimé pour la dalle en BLC). Les avantages en termes de logistique et de garantie de qualité semblent plaider en faveur du système d'une dalle BLC. Le coût d'une dalle mixte sur 6.6 m de portée a été estimé par 20% plus élevé que la dalle mixte de la soumission sur une portée de 3.7 m. Un métré a montré qu'avec une portée de 6.6 m, la longueur des axes porteurs est réduite de moitié. La question de savoir si les économies réalisées sur les axes porteurs suffisent à compenser le surcoût d'une dalle de 6.6 m, ne fait pas partie de ce travail et devrait être clarifiée dans une prochaine étape.



Philipp Christian Buri  
078 830 19 98



Image du concours en 2018 pour le projet Actaris (acau architecture sa)



Type d'étage d'un bloc du projet Actaris avec quatre appartements. (acau architecture sa)

# Optimisation d'un processus de dimensionnement des planchers en situation de rénovation

Filière d'études : Bachelor of Science en Technique du bois | Orientation : Timber Structures and Technology  
Encadrants : Prof. Christoph Renfer, Rafael Häni

18

La rénovation de bâtiments est plus que jamais une nécessité en Suisse ; le contexte actuel politique et environnemental exige du domaine de la construction de changer sa façon de penser, et de rénover les bâtiments vieillissants plutôt qu'en construire de nouveaux. L'optimisation de la performance du processus de dimensionnement, notamment de planchers, s'inscrit dans cette démarche.



Maxime Clément  
078 881 83 10  
maxime.clement@bluewin.ch

## Situation initiale

La rénovation est une activité complexe, car elle demande des capacités de calcul et de dimensionnement particulières, afin d'adapter les bâtisses existantes aux normes actuelles. L'entreprise Cambium Ingénierie SA reçoit de nombreuses demandes pour des projets de rénovations, et elle a pour souhait de se spécialiser dans cette direction, en plus de son expertise pour la protection incendie. Pour ce faire, elle utilise actuellement des outils de travail qui ne sont pas réellement adaptés à ce type de projets, réduisant sa performance et la précision de ses résultats.

## Objectif & Méthodologie

La création d'un logiciel adapté spécialement pour les cas de rénovation de planchers, qui sont une des bases structurelles d'un bâtiment, permettrait de cibler les besoins de l'entreprise et ainsi, d'apporter un gain du temps et d'améliorer la qualité du résultat final. Ce travail s'inscrit dans cette démarche, afin de fournir un logiciel prêt à l'emploi à l'entreprise expressément pour les projets de dimensionnement de planchers dans le cadre d'une rénovation. Pour atteindre cet objectif, les normes et directives de la construction bois ont été prises en compte.

## Résultats & Discussion

Le résultat obtenu est concluant : le logiciel de calcul de plancher développé permet l'obtention d'un résultat particulièrement précis en un temps très performant. La sécurité structurale à chaud et à froid, l'aptitude au service et le comportement vibratoire sont considérés et adaptés en fonction de la situation, permettant ainsi d'obtenir un résultat au plus proche de la réalité. Une comparaison du logiciel avec les outils utilisés par l'entreprise jusqu'ici démontre son efficacité pour les cas de rénovation, avec un temps de calcul de trois minutes contre trente minutes et respectivement plusieurs heures pour le calcul avec le logiciel RFEM6 et le calcul à la main. Le résultat est

également donné sous forme d'une base de rapport, utilisable pour la rédaction de l'expertise, rendant le logiciel très complet.

## Conclusion

Le logiciel de calcul de plancher développé dans ce travail est utilisable en situation réelle, et permet à l'entreprise de devenir particulièrement agressive sur le marché grâce à sa performance en matière de rénovation.

**cambium**

Expertise statique Thèse de bachelor

Plancher n° : 1 Réf. Sondage Référence interne  
Type : Bois Clément\_Maxime\_Thèse de bachelor.  
Classe : C24  
Système : 2 appuis

Calcul statique						
Caractéristiques			Vérification Etat Limite Ultime [ELU]			
Section	Largeur	140 [mm]	ELU - II - Fondamental	Preuve / %	Oui 68,75%	
	Hauteur	240 [mm]				
	Portée	5000 [mm]	Vérification Etat de Limite Service [ELS]			
Géométrie	Entraxe	600 [mm]	ELS - Fréquent / peu probable aux déformations	Preuve / %	Oui 95,12%	
	Poids tot.	300 [kg/m2]				
Calcul Statique / Feu						
Attaque du feu - haut			ELU - R 30	Attaque du feu - bas		ELU - R 30
Section réduite	Largeur	94,00 [mm]	Section réduite	Largeur	110,00 [mm]	
	Hauteur	217,00 [mm]		Hauteur	225,00 [mm]	
	Temps exposé	10,00 [min]		Temps exposé	5,00 [min]	
Vérification Etat Limite Ultime [ELU] / Feu			Vérification Etat Limite Ultime [ELU] / Feu			
ELU - R 30	Preuve / %	Oui 30,56%	ELU - R 30	Preuve / %	Oui 24,24%	
Comportement vibratoire						
Bilan	Fréquence [Hz]	Accélération a <sub>0</sub> /a <sub>lim</sub>	Exigence de rigidité W <sub>lim</sub> /W <sub>req</sub>	Exigence de masse M <sub>lim</sub> /M <sub>req</sub>		
Bon	5,69	98,74%	22,26%	14,56%		

### Analyse des résultats

#### Sécurité structurale

Le plancher remplit toutes les exigences de la résistance afin de respecter l'état limite ultime.

#### Aptitude au service

Le plancher remplit les exigences de la déformation afin de respecter l'état limite au service.

#### Exposition au feu (haut & bas)

Le plancher remplit les exigences de la résistance au feu afin de respecter l'état limite ultime - Accidentel.

#### Comportement vibratoire

La sensibilité des planchers en bois face aux vibrations peut être évaluée selon la base de trois critères différents : la fréquence propre et l'accélération, la rigidité et la masse. Ce plancher remplit 2,5 critères sur 3, par conséquent, son comportement vibratoire est bon.

#### Conclusion

Dans l'état actuel, le plancher est conforme dans tous les critères.

Résultat d'un plancher généré par le logiciel

# Optimisation of a bio-based adhesive and the parameters for laboratory particleboard production

Degree programme : Bachelor of Science in Holztechnik | Specialisation : Process and Product Management  
Thesis advisors : Prof. Dr. Ingo Mayer, Prof. Dr. Heiko Thömen

19

Wood-based panels (WBP) are of great importance for the construction, furniture and packaging sectors. The adhesives for their production are largely based on components that are increasingly viewed critically due to their petrochemical origin or proven harmfulness to the environment and health - a fact also reflected in the increasing amount of research into alternative adhesive formulations that consist of biogenic and harmless components to the greatest possible extent.

## Objectives and procedure outline

In the context of the thesis, a newly developed resin formulation based on Lignin and 5-Hydroxymethylfurfural (5HMF) derived from hexoses was to be investigated regarding its suitability for use as an adhesive in laboratory particleboard (PB) production. In a first phase, possibilities for optimising the formulation with regard to curing/bonding performance and processability were to be examined. The effects of the optimisation measures were assessed with differential scanning calorimetry (DSC), gelation time measurements and lap shear tests (Automated Bond Evaluations System - ABES). Prior to PB production, the process was then to be modelled with the help of a simulation software (Virtual Hot Press 2.0), which, in a previous step, had to be initialised based on the given press laboratory conditions and measured data regarding the optimised adhesive's curing behaviour. Lastly, one-layer laboratory PBs were to be produced, tested for their internal bond strength (IB) and bending behaviour and the obtained mechanical values were to be compared with the requirements specified in the corresponding standard (SN EN 310).

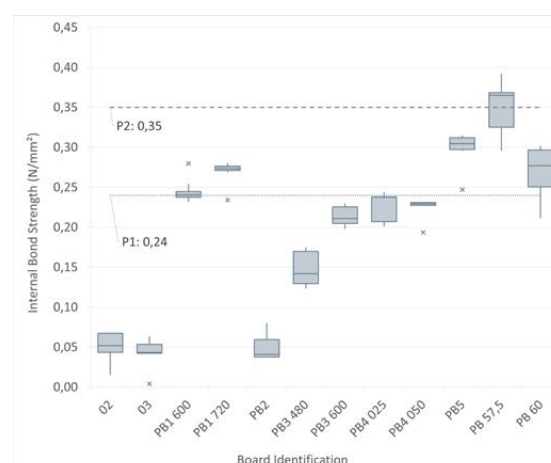
## Key Results

The investigations enabled the qualitative and quantitative description of specific aspects in connection with the optimisation of the Lignin-5HMF resin (LHMF) as well as influencing factors in its use as an adhesive. It showed that its curing temperature is lowered with increasing addition of sodium hydroxide (NaOH) and the resulting higher pH. Regression functions were derived to describe the relation of the three parameters NaOH content, pH and curing temperature. Hexamethylene diamine (HMDA) and para-Toluenesulfonic acid (p-TSA) were disqualified as alternative curing agents. ABES investigations on adhesive mixtures with systematically varied amounts of calcium carbonate (CC) and wheat flour (WF) were able to demonstrate their influence on the bond formation with small-sized veneer samples as

well as on the adhesives' processability. Increased amount of additives delayed the strength development at pressing times of up to 10s, but after 30s no difference could be detected that could be attributed to higher content of CC and WF. With the help of a multifactorial ABES test series, data were collected for a numerical model of the hot pressing process and the conditions in the pressing laboratory were virtually modelled. The simulation's predictions on IB and Bending Modulus of Elasticity could not be maintained in view of subsequent PB productions and corresponding mechanical tests. With the variation of different process parameters for PB production and methodically adapted ABES investigations, different factors were examined with regard to their influence on bond strength and strength development, with the result that the moisture content must be assumed to be the most detrimental factor. A final investigation on PBs, whose mat moisture content was reduced to a minimum by varying the adhesive formulation, was able to support this assumption. With a formulation adjusted to the lowest still processable moisture content, laboratory PBs could be produced that meet the requirements in terms of IB as specified in SN EN 310 for the most widely used PB type P2.



Liam Calvin Hilton Dorn



Internal Bond Strengths of all boards tested as well as the requirements for board type P1 (dotted) and P2 (dashed)

# Prozessoptimierung der Beratungsdienstleistung am Beispiel der Holzbauberatung

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Process and Product Management  
 Betreuer: Prof. Norbert Winterberg, Prof. Uwe Germerott

20

Die Optimierung und Standardisierung von Prozessen sind entscheidende Erfolgsfaktoren von Unternehmen. In dieser Thesis wird die Entwicklung eines prozessorientierten BPM-Diagramms für die Holzbauberatung der Schuler Consulting GmbH untersucht, um die Qualität und Einheitlichkeit der Projektdurchführung zu verbessern.



Nico Durrer  
 079 656 62 50  
 nico.durrer@outlook.com

## Ausgangslage

Der Holzbau genießt in der Baubranche eine immer grösser werdende Beliebtheit und zieht vermehrt Unternehmen und Investor\*innen an. Das Thema Fabrikplanung im Holzbau wird dadurch immer präsenter. Die Schuler Consulting GmbH bietet seit über 60 Jahren Beratungsdienstleistungen in der holzverarbeitenden Industrie an, und zwar vorwiegend in der Fabrikplanung für Möbelhersteller. Das Beratungsportfolio soll nun um den Bereich der Holzbauberatung erweitert werden.

## Zielsetzung

Im Rahmen dieser Thesis werden Daten durchgeführter Beratungsprojekte im Holzbau genauer analysiert und zusammengetragen. Die Thesis verfolgt das konkrete Ziel, ein standardisiertes Business-Process-Management-Diagramm für die Projektleitung zu erstellen.

## Methodik

Die Standardisierung der Projektabläufe im Holzbau wird mit dem Ziel durchgeführt, eine optimierte Abwicklung von Holzbau-Projekten zu erreichen. Im Kontext des Geschäftsprozessmanagements (GPM) finden hierbei sogenannte GPM-Projekte Anwendung, wie es auf der Abbildung 1 veranschaulicht wird. Zusätzlich zu der Methodik eines GPM-Projektes werden Zeitanalysen, Rentabilitätsbetrachtungen und die

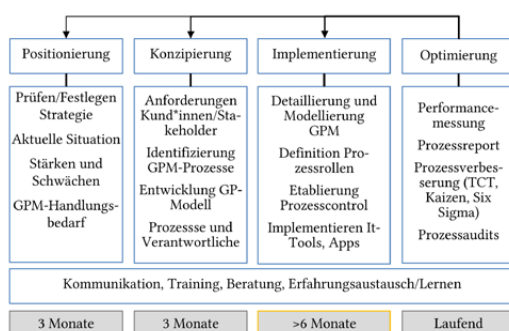


Abbildung 1: Inhalte eines GPM-Projekts; vgl. Schmelzer & Sesselmann: 2020, S.749

Projektabläufe bisheriger Projekte durchgeführt. Für die genaue Rekonstruktion der Projektabläufe dienen Experteninterviews mit den einzelnen Projektleitern.

## Ergebnisse

Durch die vorangegangenen Analysen konnten Projektphasen definiert, Tätigkeiten in einen Fluss gebracht sowie Verantwortlichkeiten innerhalb eines Projektes definiert werden. Weiter konnten Tätigkeiten durch die Verwendung des BPM-Tool ADONIS, vgl. Abbildung 2, mit entsprechenden Dokumenten und Anwendungen hinterlegt werden. Durch die interaktiven Komponenten und dem internationalen Zugriff konnte aus dem Diagramm zugleich ein Strategisches-Workflow-System (BPM-System) geschaffen werden. Dadurch kann die Wissensverteilung oder die Weiterentwicklung auf internationaler Ebene erfolgen und alle Mitarbeiter\*innen haben darauf Zugriff.

## Fazit

Die Arbeit dokumentiert, dass es möglich war, eine Standardisierung der Projektphasen und -prozesse zu erreichen. Diese Errungenschaft bildet einen bedeutsamen Grundstein für die Weiterbildung der Mitarbeitern der Schuler Consulting GmbH. Zudem ermöglicht eine konsistente Gestaltung des verwendeten Diagramms die optimale Einbindung weiterer Projektprozesse. Als Weiterentwicklung wäre die Integration in eine interaktive Wissensdatenbank denkbar.



Abbildung 2: Beispiel eines BPM-Diagramms; vgl. adonis-community.com

# Horizontale Stabilisierungskräfte bei ungewollten Schiefstellungen

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Dr. Cornelius Oesterlee

21

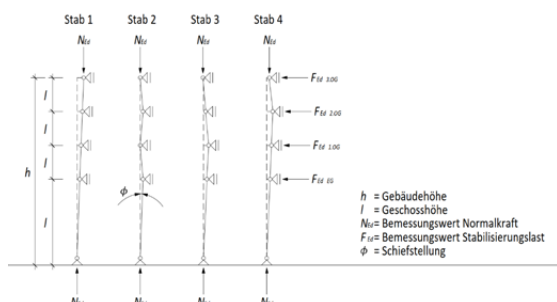
Im heutigen Ingenieurwesen werden Wind, Erdbeben und Anprall für die horizontale Gebäudeaussteifungen untersucht. Schiefstellungen sind nach Normen zu berücksichtigen, werden aber teils vernachlässigt. Infolge der Zunahme von Höhe und Masse von Gebäudekomplexen aus Holz (Hochhäuser) nehmen die inneren Kräfte zu und die Thematik gewinnt an Bedeutung.

## Einleitung

Anhand eines vierstöckigen Bürokomplexes, dem Leistungszentrum der Firma fenaco in Lyssach BE, werden die horizontalen Kräfte untersucht. Nach den Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins sind die horizontalen Kräfte von Einzelabstützung zur Stabilisierung von Druckgliedern mit den Schnittkräften infolge Wind zu überlagern. Je nach Überlagerung führt dies dazu, dass zu den Windkräften nochmals 150 % der Kräfte für die horizontale Stabilität einzurechnen sind. Trotz dieser Kumulation bleibt für die horizontale Aussteifung des Bürokomplexes der Lastfall Erdbeben massgebend.

## Ausmessung

Für den Direktbezug zur Praxis wurden 15 Holzstützen im Erdgeschoss des Bürokomplexes in Lyssach mittels Tachymetrie ausgemessen. Auf die Stützenlänge von 9.00 m bezogen resultierten globale Schiefstellung von 2.49 mm in Gebäudelängsrichtung und 1.70 mm in Gebäudequerrichtung. In Anbetracht der Messgenauigkeit kann interpretiert werden, dass das neun Meter hohe Erdgeschoss annähernd perfekt im Lot steht. Aus der Schiefstellung ist daher kaum mit horizontalen Kräften zu rechnen. Zudem verdeutlicht die Ausmessung die hohe Präzision im Holzbau. Gleichzeitig wurden die Längskrümmungen der Stützen untersucht. Es bestätigte sich die Aussagen dreier Leimholzhersteller, dass die zulässige Vorkrümmungen nach den Normen bei der Schichtholzproduktion deutlich eingehalten werden.



Schiefstellungsuntersuchung aufgrund von Bautoleranzen

## Statische Modellierung

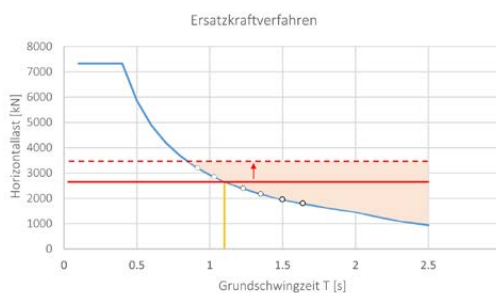
Als Ursachen von ungewollten Schiefstellungen werden Toleranzen bei der Errichtung, Baugrundsensungen und Längskrümmungen ergründet und statisch in Dlubal RFEM untersucht. Es wird davon ausgegangen, dass man sich bei der Errichtung einer Baute im Rahmen der zulässigen Toleranzen bewegt. Auf den Bürokomplex bezogen resultieren horizontale Stabilisierungskräfte im Verhältnis von 1/200 zur Vertikallast. Exakt dieser Ausgangswert ist in den Normen des Stahlbaus zu finden und wird für Anfangsschiefstellungen angesetzt.

## Fazit

Das Resümee dieser Studie ist, dass für die horizontale Stabilität von Bauwerken vorwiegend Erdbebenkräfte massgebend sind. Für ungewollte Schiefstellungen sollten global 1/200 der Vertikallasten als Horizontallast mit den Schnittkräften infolge Wind überlagert werden. Dieser Lastfall kann gegenüber dem Lastfall Erdbeben massgebend werden. Der Fokus dafür liegt bei Einfamilienhäusern, Scheunen, Hallen, Hochhäusern oder bei leichten und weichen Tragwerken.



Markus Fässler  
markus.faessler@b-3.ch



Horizontallasten bei steigenden Grundschnitzzeiten

# Machbarkeitsuntersuchung von Tagbautunnel in Holzbauweise

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Dr. Steffen Franke, Prof. Christoph Renfer

22

Der Klimawandel ist eines der wichtigsten Themen, welches uns global beschäftigt. Ziel ist, den Ausstoss von Treibhausgasen zu senken. Mit dem Werkstoff Holz besteht die Möglichkeit, CO<sub>2</sub> über mehrere Jahrzehnte in Bauwerken zu speichern. Anhand dieser Machbarkeitsuntersuchung wurde aufgezeigt, ob und wie ein Tagbautunnel in Holzbauweise seinen Beitrag zur Dekarbonisierung beitragen kann.



Phil Fehse

## Einführung

Es ist bekannt, dass der Ausstoss von Treibhausgasen den Klimawandel zusätzlich antreiben und beschleunigen wird. Nach dem Bericht des UN-Umweltprogramm „2021 Global Status Report for Buildings and Construction“ ist der Bau- und Gebäudewirtschaftssektor mit 37% des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstosses der grösste CO<sub>2</sub>-Emittent weltweit. Mit dem Baustoff Holz besteht die Möglichkeit, grosse Mengen an CO<sub>2</sub> über lange Zeit zu speichern und damit den Ausstoss im Bausektor zu reduzieren. Mit der Motion „Möglichkeiten zur Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus: Forschungs- und Umsetzungsstrategie“, welche dem Parlament vorgelegt wurde, soll der Weg für mehr Holz im Infrastrukturbau freigelegt werden. Eine daraus entwickelte Strategie zur Dekarbonisierung zeigt auf, wo der Infrastrukturbau bis 2050 CO<sub>2</sub>-neutral werden kann und welche Schritte dazu notwendig sind. Die dazugehörige Potenzialabschätzung hat ergeben, dass die grössten CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale im Bereich der Brücken in und quer zur Achse sowie bei den Tagbautunneln liegen. Bereits heute wird Holz im Infrastrukturbau eingesetzt, beispielsweise bei Wildtierbrücken oder Lärmschutzwänden.

## Machbarkeitsuntersuchung

Eine Vorstudie zur Formfindung zeigt auf, dass es bei einem Holztragwerk essenziell ist, die Tunnelquerschnittsform auf die Lasteinwirkung anzupassen. Ziel war es, eine Tunnelquerschnittsform zu finden, bei welcher der Moment- und Querkraftverlauf möglichst gering ausfällt. Aus den Erkenntnissen der Vorstudie ist die ideale Tunnelquerschnittsform eine ellipsenähnliche Form. Zur Berechnung dieser Form wird eine Kettenlinie in umgekehrter Lasteinwirkungsrichtung belastet. In einem iterativen Verfahren wird so die Form ermittelt. Als Lasteinwirkung wird eine durchschnittliche und symmetrische Belastung angenommen.

In einem zweiten Teil der Arbeit wurden drei Tragwerksvarianten à je zwei statischen Systemen untersucht. Für die Ermittlung eines geeigneten Tragwerks sind eingangs grundsätzliche Überlegungen angestellt worden. Neben der Frage, welche Tragwerkstypen denkbar sind, wurden auch Themen wie Brand, Transport, Produktion und Anschlüsse diskutiert. Daraus ergab sich, dass das Tragwerk aufgrund der Produktion und des Transports aus mehreren Teilen bestehen muss. Zwei statische Systeme sind dazu geeignet. Einerseits ein Zweigelenkbogen, welcher aus drei Teilen mit biegesteifen Stössen besteht und andererseits ein Dreigelenkbogen, welcher aus zwei Teilen mit gelenkigem Stoss besteht. Kombiniert mit den Tragwerkstypen resultieren daraus sechs verschiedene Tragwerksvarianten, welche zu analysieren, zu bemessen und schlussendlich zu vergleichen waren. Der Vergleich der verschiedenen Tragwerke zeigte, dass alle Varianten machbar sind, jedoch jede Variante Vor- und Nachteile aufweist. Die wirtschaftliche Betrachtung zeigt, dass die Vorteile der Tragwerksvariante „Flächentragwerk mit Brettsperrholz als Dreigelenkbogen ausgeführt“ den anderen Varianten leicht überlegen ist.

## Diskussion

Mit den Erkenntnissen der Machbarkeitsuntersuchung erfolgt eine Potenzialabschätzung. Dieser Schätzung zufolge können jährlich 8'100 m<sup>3</sup> Holz in Tagbautunneln in der Schweiz verbaut werden und dementsprechend gleich gross ist das Einsparpotential bei Beton. Ausgehend davon, dass 1 m<sup>3</sup> Bauholz ca. 1 Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalente speichert, liegt die jährliche Speicherung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente in Tagbautunneln in Holzbauweise bei ca. 8'100 Tonnen. Damit weisen Tagbautunnel in Holzbauweise ein grosses Speicherpotenzial auf und leisten einen wichtigen Beitrag zur Senkung des Treibhausausstosses im Infrastrukturbau.

# Untersuchung von Punktlasten auf Massivholzböden in Trockenbauweise

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Hanspeter Kolb, Prof. Christoph Renfer

23

Vom Baum zum Boden. Die Herstellung von Massivholzböden ist eine Kernkompetenz von schaerholzbau ag. Verwendet wird ausschliesslich Holz aus einheimischen Wäldern. Durch seine einzigartige Optik macht es jeden einzelnen Massivholzboden unverwechselbar. Trotzdem sind die Böden nicht nur für optische Zwecke gedacht. Es galt herauszufinden, ob die Massivholzböden die nach SIA 261:2020 geforderten Punktlasten je nach Gebäudenutzung aufnehmen können.

## Ausgangslage

Durch den individuellen Einschnitt in verschiedenen Breiten und Längen kann eine hohe Ausnutzung vom Stamm erzielt werden. Diese hohe Ausnutzung lässt sich dadurch erklären, dass durch das wilde, unregelmäßige Verlegen verschiedene Breiten und Längen der Massivholzriemen verwendet werden können. Die Riemen werden sowohl seitlich als auch stirnseitig mit einer Nut-Kamm-Verbindung gefertigt. Diese Verbindungen sind zu untersuchen.

## Untersuchung

Der Schwachpunkt der Böden sind die Stirnstoss-Verbindungen, welche in Feldmitte ausgebildet werden. Um nicht nur den Stirnstoss rechnerisch nachzuweisen, wurden die einzelnen Systeme miteinander kombiniert. Dies geschah unter zwei verschiedenen Berechnungsvarianten. Zum einen über die Kombination mit Arbeitsintegralen und zum anderen mit Durchbiegung in Relativität zueinander. Um die rechnerischen Nachweise zu untermauern, wurden zusätzlich Laborprüfungen des Stirnstosses unternommen. Bei diesen Versuchen wurde nur die Verbindung des Stirnstosses in Feldmitte geprüft.

Ergänzend zu den Stirnstossprüfungen wurden Prüfungen auf durchlaufende Bodenriemen durchgeführt. Dies, um zu vergleichen, wie hoch die Schwächung durch den Stirnstoss ausfällt.

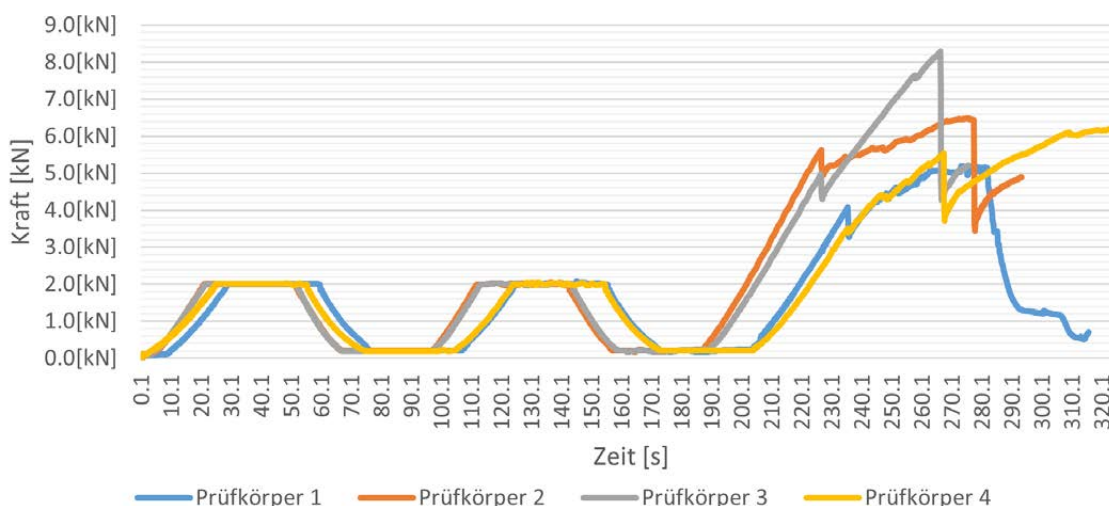
Mit den Erkenntnissen galt es am Schluss für die Massivholzböden und deren Unterkonstruktion eine Aussage über Anwender- und Optimierungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Für die Anwendung wurde ein Merkblatt erstellt, welches die wichtigsten Informationen für die Konstruktion in Abhängigkeit von der Holzart und der jeweiligen Gebäudenutzung zusammenfasst.



Marco Fellmann  
marco.fellmann@  
schaerholzbau.ch



Bruchversagen bei Stirnstossprüfung



Ergebnisse Bruchprüfung Stirnstoss (Esche mit Sprungmass 600mm)



# Tragwerksknoten und Lastendurchleitung im mehrgeschossigen Holzbau

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Christoph Renfer

24

Das steigende Bewusstsein für einen schonenden Umgang mit Ressourcen führt zusammen mit angepassten normativen Regelungen und den heutigen technischen Möglichkeiten dazu, dass immer höhere Gebäude in Holzbauweise geplant und erstellt werden. Das bringt unweigerlich immer höhere Lasten mit sich, die bei der Tragwerksplanung eines Holzbaus bewältigt werden müssen und Planende vor neue und spannende Herausforderungen stellt.



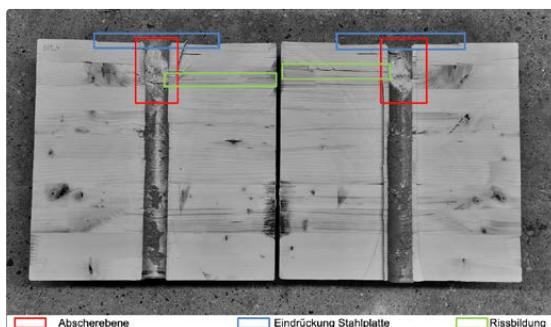
Gianluca Fliri  
gfliri@bluewin.ch

## Ausgangslage

Die Thematik der Lastdurchleitung bei Tragwerksknoten im Bereich von Geschossübergängen beschäftigt Tragwerksplaner bei nahezu jedem Projekt. Um Planenden die Entscheidungsfindung für ein passendes System zur Ausbildung der Tragwerksknoten zu erleichtern, wurden im Anschluss an einen einleitenden Teil zur Problematik bei Kreuzungspunkten des Tragwerks und deren Konstruktionsgrundsätze verschiedene Systeme und deren Funktionsweise beschrieben. Im Rahmen einer Nutzwertanalyse wurde eine Auswahl an Systemen miteinander verglichen und unter anderem in Bezug auf ihr Forschungspotenzial bewertet. Dabei hat sich die Verstärkung von Brettschichtholzträgern mit Vergussbereichen aus Polymerbetonen als interessante Alternative für die Lastdurchleitung erwiesen.

## Versuche und Ergebnisse

Im Rahmen der versuchsgestützten Untersuchung des Systems wurden insgesamt vier Prüfreiheiten mit einem Stichprobenumfang von jeweils fünf Versuchskörpern einer Druckbelastung ausgesetzt, um Aufschluss über das Tragverhalten querdruckbeanspruchter Brettschichtholzträger mit Verstärkungsbereichen aus Sikadur®-42 HE zu erhalten. Aus nachfolgenden Vergleichsrechnungen mit unverstärkten Äquivalenten geht eine charakteristische Tragwiderstandssteigerung auf bis zu 260 % und eine Steifigkeitserhöhung



Versagensbild eines verstärkten Prüfkörpers nach dem Auftrennen

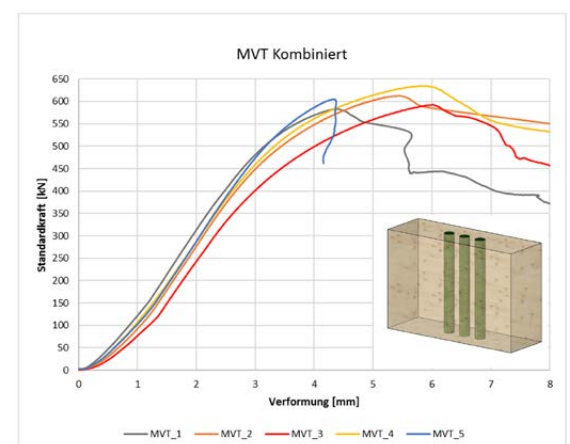
auf bis zu 560 % für die untersuchten Konfigurationen hervor.

Die Ergebnisse der verstärkten Brettschichtholzträger weisen eine gute Übereinstimmung mit dem Berechnungsmodell eines ideellen Verbundquerschnittes auf und können rechnerisch nachvollzogen werden. Auf Grundlage dieser Erkenntnis wird ein vereinfachter Bemessungsansatz für den praktischen Einsatz des untersuchten Systems vorgestellt, welcher einen Vergleich mit einer Auswahl von Lastdurchleitungssystemen erlaubt.

Der Vergleich mit gängigen Lastdurchleitungssystemen zeigt, dass das untersuchte System unter Anbetracht verschiedener Kriterien Potenzial für den Einsatz im mehrgeschossigen Holzbau aufweist und als Alternative für die Vergleichssysteme angesehen werden kann.

## Fazit

Im Grundsatz ist eine gemeingültige Bewertung von Systemen zur Ausbildung von Tragwerksknoten unmöglich und die Wahl eines passenden Systems sollte jeweils unter Berücksichtigung der projektspezifischen Anforderungen getroffen werden.



Last-Verformungs-Kurve der Prüfreiheit mit dreifach verstärkten Trägern

# Bereichs- und Groblayoutplanung für die Produktion eines Möbelherstellers

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Process and Product Management  
Betreuer\*innen: Prof. Bernhard Letsch, Prof. Christiane Rehm

25

Um dem steigenden Wettbewerbsdruck sowie den erhöhten Ansprüchen der Kundschaft gerecht zu werden, investiert die Alpnach Schränke AG in eine vollautomatisierte Losgrösse 1 Fertigungsanlage. Eine solche Investition hat einen grossen Einfluss auf die gesamte Produktion und erfordert eine materialflussgerechte Anordnung der Fertigungsbereiche.

## Ausgangslage

Die Alpnach Schränke AG gehört heute zu den marktführenden Produzenten im Bereich der Schrank- und Stauraummöbel. Im Laufe der Jahre hat sich die Produktpalette immer mehr von standardisierten Normschränken zu individuellen Einzelanfertigungen entwickelt. Die Anforderungen auf dem Markt unterliegen ständigen Veränderungen. Die Kundschaft legt mehr Wert auf die Individualität der Produkte und möchte möglichst kurze Lieferzeiten. Um diesen wachsenden Ansprüchen gerecht zu werden, investiert das Unternehmen in eine vollautomatisierte Fertigungsanlage vom Bereich Zuschnitt bis zur fertigen Kantenbearbeitung. Diese Investition ist eine Voraussetzung, damit künftig komplett in Losgrösse 1 mit der Just-In-Time Strategie gefertigt werden kann.

## Problemstellung

Aufgrund des sukzessiven Wachstums der Alpnach Schränke AG wurde die Produktionsfläche kontinuierlich vergrössert. Es wurden neue Gebäude gebaut oder alte erweitert, wodurch der Materialfluss aufgrund des Anlagenlayouts nicht ideal ist. Da die oben genannte Fertigungsanlage diverse ältere Maschinen ersetzen wird, wird ein grosser Teil der Produktionshalle frei, welcher für die Neuordnung der einzelnen Fertigungsbereiche genutzt werden kann. Die Gestaltung des Materialflusses ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig wie beispielsweise vom Produktionsprogramm, dem Fertigungsablauf oder der Anordnung der Betriebsanlagen. Zukünftig wird bei der Alpnach Schränke AG das Produktionsprogramm erweitert, die Fertigungsabläufe geändert sowie die Maschinen umgestellt, wodurch das Anlagenlayout des Unternehmens angepasst werden muss.

## Zielsetzung

Das Ziel dieser Thesis ist die Erstellung einer Bereichs- und Groblayoutplanung für die Möbelproduktion der Alpnach Schränke AG. Mithilfe von schlanken Materialflüssen sowie der Ausrichtung der

einzelnen Abteilungen auf die komplette Losgrösse 1 Fertigung soll eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Unternehmens erzielt werden.

## Methodik

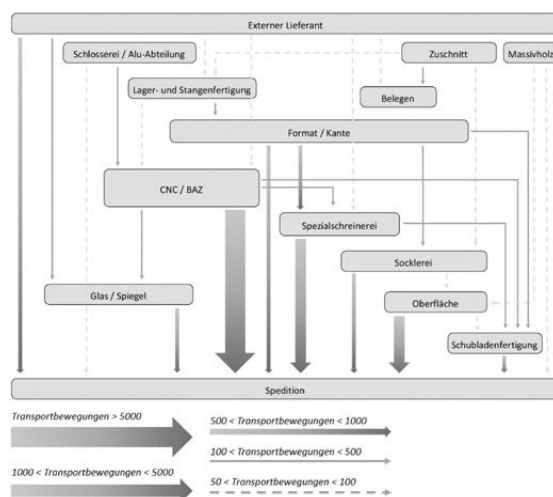
In einem ersten Schritt wird zur Erfassung aller notwendigen Daten für die Bereichs- und Groblayoutplanung eine Ist-Analyse durchgeführt. Dabei steht eine umfangreiche Materialflussanalyse im Zentrum. Auf der untenstehenden Grafik sind die jährlichen Transportbewegungen zwischen den Abteilungen in einem Sankey Diagramm dargestellt. Im Anschluss werden in der Layout-Planung mehrere Varianten ausgearbeitet, welche anhand einer Nutzwertanalyse bewertet werden.



Florian Frei

## Ergebnis

Das Ergebnis dieser Thesis ist ein Groblayout der Produktion, welches durch die Optimierung der Materialflüsse einen geringeren Transportaufwand verzeichnet und das Unternehmen wirtschaftlicher produzieren lässt. Dieses Layout dient der Geschäftsleitung als Grundlage für die weitere Fein- und Umsetzungsplanung der Fertigung.



Transportbewegungen pro Jahr zwischen den Abteilungen

# Implementierung der Arbeitsmethode nach BIM im Holzbauingenieurbüro Makiol Wiederkehr AG

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Thomas Rohner

26

Die Makiol Wiederkehr AG wird vermehrt mit Projekten konfrontiert, welche nach der BIM-Methode geplant werden. Die zusätzlichen Aufgaben und Leistungen, die ein solches Projekt mit sich bringt, können oft nicht abgeschätzt und beschrieben werden. Zudem fehlt das Knowhow bezüglich Softwarenutzung. Im Auftrag der Firma wurde deshalb ein Implementierungskonzept der BIM-Methode für die Holzbauabteilung des Büros entwickelt.



Nic Joey Freund

## Ausgangslage

Die Makiol Wiederkehr AG (MW AG) wird vermehrt mit Projekten konfrontiert, welche nach der BIM-Methode geplant werden. Die zusätzlichen Aufgaben und Leistungen, die ein solches Projekt mit sich bringt, können oft nicht abgeschätzt und beschrieben werden. Zudem fehlt das Knowhow bezüglich Softwarenutzung. Im Auftrag der Firma wurde deshalb ein Implementierungskonzept der BIM-Methode für die Holzbauabteilung des Büros entwickelt.

## Zielsetzung

Für die Implementierung und Etablierung der BIM-Methode im Büro sollen Idealprozesse und Workflows mit den vorhandenen Softwares gefunden und auf die Makiol Wiederkehr AG angepasst werden. Zudem sollen die Leistungen und Pflichten der Makiol Wiederkehr AG im BIM-Prozess definiert werden.

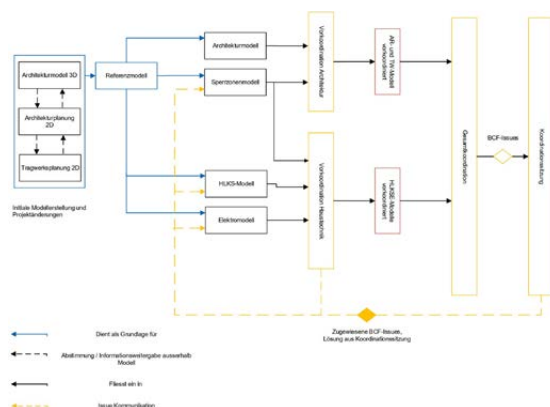
## Vorgehen

Um mit dem Implementierungskonzept am richtigen Ort anzusetzen, wurden zu Beginn der Thesis Workshops durchgeführt. In diesen wurde über BIM spezifische Inhalte gesprochen und die Mitarbeitenden konnten ihre bisherigen Erfahrungen einbringen. Dadurch konnte ein Überblick über das vorhandene Wissen sowie über die aktuell laufenden Projekte gewonnen werden.

Auf diesem Wissen wurde das Implementierungskonzept aufgebaut. Teil dieses Konzeptes ist die Erstellung verschiedener Merkblätter und interner Dokumente, welche es den Mitarbeitenden erlaubt, erfolgreich an einem BIM-Projekt mitzuarbeiten.

## Ergebnisse

Die Workshops zeigten, dass das Thema BIM im Büro Makiol Wiederkehr AG noch nicht richtig angekommen war. Deshalb wurde das Implementierungskonzept von Grund auf, mit Beginn einer Grundlagenschulung für alle Mitarbeitenden aufgebaut. Die weiteren Schritte des Konzeptes umfassen unter anderem die interne Wissensbeschaffung, die interne Organisation und Wissensvermittlung sowie den Umgang mit Problemen während der Arbeit an BIM-Projekten. In diesem Rahmen und als Grundlage für die Mitarbeitenden wurde ein BAP für die MW AG erstellt. Dieser soll als Hilfestellung zur Er- oder Bearbeitung eines BAPs dienen. Darauf aufbauend wurde ein Workflow für die Bauphasen 31 sowie die Phasen 32-41 erstellt. Aus diesem Workflow wurden die Leistungen und Pflichten eruiert und in einem Merkblatt zusammengefasst. Damit sollen die Mitarbeitenden einen Überblick über ihre Aufgaben erhalten, aber auch die Kunden der MW AG einen Überblick über die zu erwartenden Leistungen kriegen. Um diese neuen Aufgaben bewältigen zu können, wurde ein Software-Manual für Cadwork als CAD-Programm sowie Solibri als BIM Model Checker erstellt. Damit sollen die Mitarbeitenden den gesamten Workflow bestreiten können.



Workflow der Makiol Wiederkehr AG im Vorprojekt eines BIM-Projektes

# Ersatzneubau Holzsteg Rapperswil - Hurden

Studiengang : Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung : Timber Structures and Technology  
Betreuer\*innen : Prof. Andreas Müller, Dr. Bettina Franke

27

Der Holzsteg Rapperswil - Hurden leidet bereits seit mehr als 10 Jahren unter einem starken Pilzbefall und wird bald saniert werden müssen. Mit Hilfe von Klima- und Holzfeuchtemessungen wurden neue Erkenntnisse über die lokalen Feuchteverhältnisse gewonnen. Anschliessend wurde versucht, den Steg durch Verbesserungen am bestehenden Querschnitt und die Auswahl geeigneter Holzarten, bezüglich Dauerhaftigkeit zu optimieren.

## Ausgangslage

Der stärker werdende Pilzbefall erfordert aufwendige Erhaltungsmassnahmen. Langfristig gesehen muss der Steg totalsaniert oder vollständig ersetzt werden. In dieser Arbeit wird ein Vorschlag für eine Sanierungsvariante in Holz ausgearbeitet.

## Methode

Aufgrund von durchgeführten Klimamessungen am Steg (siehe Diagramm) kann belegt werden, dass die vorherrschende Luftfeuchtigkeit aussergewöhnlich hoch ist und der Steg damit ein gutes Milieu für das Pilzwachstum aufweist. Diese Aussage wird durch Holzfeuchtemessungen gestützt, welche mehrfach am Steg durchgeführt wurden. Bei der Wahl geeigneter Holzarten für die Sanierung hat deren Dauerhaftigkeit und damit die Langlebigkeit eines neuen Steges oberste Priorität. Mit diesem Hintergrund können bei einer Sanierung keine einheimischen Hölzer verwendet werden. Stattdessen wurden einerseits verschiedene Tropenhölzer und mit Accoya, andererseits ein nachhaltig modifiziertes Holz für weitere Versuche vorselektioniert. Anschliessend wurden von der EMPA Dübendorf Expositionsversuche mit verschiedenen Pilzen, welche bei einer Begehung des Steges isoliert wurden, durchgeführt. Aufgrund der Versuchslänge und Verzögerungen bei den Versuchsdurchführungen können aber leider nur erste Erkenntnisse zur Resistenz von Accoya in diese Arbeit integriert werden.

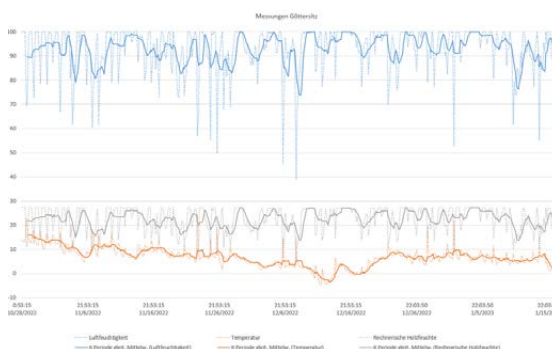
## Ergebnisse

Für den Sanierungsvorschlag wurde anschliessend aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse Accoya für den Oberbau ausgewählt. Die Holzart für die neuen Pfähle kann aufgrund von laufenden Untersuchungen der EMPA Dübendorf erst nach Abgabe dieser Arbeit festgelegt werden. Zusätzlich zur materialtechnischen Optimierung des Steges wurde versucht, das Tragwerk bezüglich Holzschutz und Sanierungsfreundlichkeit zu verbessern. Es wurde allerdings darauf geachtet, nur Tragwerksänderungen vorzunehmen, welche die Wiederverwendung von bestehenden Stahlteilen ermöglichen. Für die Wiederverwendung der Stahlbauteile müssten diese allerdings neu duplexiert werden, da gravierende Qualitätsmängel bei der Beschichtung festgestellt wurden.

Der ausgearbeitete Ersatzneubau wurde resistenztechnisch optimiert, da ein erneuter Pilzbefall möglichst verhindert werden soll. Aus umwelttechnischer Sicht ist die Verwendung von Tropenholz mit Sicherheit nicht die beste Option, mangels Alternativen aber die einzige sinnvolle Lösung, um die Langlebigkeit eines Holzsteges unter diesen Klimabedingungen zu gewährleisten. Falls die Verwendung von Tropenholz den Vorstellungen der Bauherrschaft nicht entspricht, wird empfohlen von einer reinen Holzkonstruktion abzusehen und stattdessen Stahl- oder Betonpfähle in Kombination mit einem Oberbau aus Accoya zu verwenden.



Enrico Fromm  
077 457 07 20  
enrico@GR1.ch



Klimamessungen am Steg: Rel. Luftfeuchtigkeit (blau), Temperatur (rot), Rechn. Holzfeuchtigkeit (grau)



Der Fussgängersteg verläuft zwischen Rapperswil und Hurden durch das Naturschutzgebiet Frauenwinkel

# Blockverklebung von Nadel- und Laubholz: Klebstoffe, Produktion und Qualitätssicherung

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Dr. Martin Lehmann, Adrian Willi Wick

28

Die Objekte im Holzbau werden grösser, komplexer und statisch anspruchsvoller, so dass die benötigten Holzquerschnitte vermehrt nur noch über blockverklebte Verbundbauteile realisierbar sind. Zur Produktionssteigerung entwickelte die neue Holzbau AG in Lungern eine neue Blockpresse, deren Verklebungsprozess von Nadel- und Laubholz auf ihre Industrietauglichkeit und Prozesssicherheit geprüft und optimiert werden muss.



Lukas Gammeter  
lukas.gammeter@  
neueholzbau.ch

## Ausgangslage

Die Technologie der Blockverklebung wird im Bereich von Nadelholz bereits angewendet, weshalb über die Produkthenorm EN 14080 bereits Qualitätsanforderungen definiert sind. Statische Laubholzverklebungen von Verbundquerschnitten wurden bis jetzt nur spärlich untersucht und sind folglich nicht normativ geregelt. Mit der neuen Druckluft-Blockpresse sollen qualitätsgesicherte, blockverklebte Verbundbauteile produziert werden können. Dafür werden passende Klebstoffe, entscheidende Produktionsparameter und robuste Qualitätssicherungsmethoden evaluiert.

## Methodik

Untersucht wurden Blockverklebungen von BauBuche, Stabschichtholz Buche, Brettschichtholz (BSH) Fichte und Esche mit dem Einsatz von drei verschiedenen Klebstoffsystemen.

Ausgehend von den vorhandenen Prozessparametern der Literatur und den Verarbeitungsrichtlinien der Klebstoffsysteme wurde ein umfangreiches Prüfprogramm durchgeführt. Dabei wurden Schub- (auf Schubbruch ausgelegter 3-Punkt-Biegeversuch, Abb.1), Delaminierungs- (Abb. 2), Nassscher- und Aufstechprüfungen (nur BauBuche) auf Basis von Prüfnormen und weiterer Literatur bewertet. Als Referenz dient ein blockverklebtes Bauteil aus BauBuche,

welches mit erhöhtem Pressdruck im hydraulischen Spannbett hergestellt wurde.

## Ergebnisse

Das Verhalten des Referenzprodukts ist erwartungsgemäss gut und die geprüften Bauprodukte aus Fichtenholz sind zufriedenstellend. Hingegen weisen die Ergebnisse von verklebten Laubholzprodukten eine starke Streuung auf, welche auf eine zum Teil ungenügende Verklebungsqualität schliessen lassen. Anhand der Bruchbilder der Schubprüfung, lassen sich Rückschlüsse auf mögliche Ursachen der suboptimalen Verklebung ziehen. Ein gleichmässiger, kontrollierter Klebstoffauftrag scheint dabei wesentlich zu sein. Weiter zeigt der Vergleich mit dem Referenzbauteil, dass ein erhöhter Pressdruck einen unerwartet positiven Effekt hat. Zudem scheint die Planheit der Oberfläche wichtig zu sein.

Ein aussagekräftiger Vergleich der Qualitätssicherungsmethoden ist aufgrund der zum Teil nicht optimalen Verklebungen nicht möglich. Im Moment scheint die bei der BSH-Herstellung bewährte Delaminierungsprüfung auch für die Qualitätssicherung von Blockverklebungen am besten geeignete Methode zu sein. Eine Ausnahme davon ist BauBuche, bei der die Aufstechprüfung angewendet wird.



Abb. 1: Schubprüfung mit mittig angeordneter Blockfuge



Abb. 2: Ausschnitt Delaminierungsprüfkörper mit nicht optimaler Verklebungsqualität

# Modélisation d'une toiture en diaphragme

Filière d'études : Bachelor of Science en Technique du bois | Orientation : Timber Structures and Technology  
Encadrants : Prof. Martin Geiser, Prof. Dr. Cornelius Oesterlee

29

Les constructions modernes sont conçues avec de grands espaces ouverts ce qui restreint les possibilités de contreventement, les planchers dits « Diaphragmes » sont donc de plus en plus utilisés dans les constructions en bois. La typologie de modélisation pour le calcul d'une toiture rigidifiée par des panneaux peut influencer les résultats de sa stabilisation horizontale.

## Introduction

Ce travail de thèse porte sur la stabilisation de la toiture nervurée d'une halle industrielle. Elle est étudiée uniquement sous l'effet des actions horizontales. Tous les éléments de la toiture sont agrafés les uns aux autres pour ne former qu'une seule plaque.

## Objectif

Le but du travail est de pouvoir modéliser le bâtiment et sa toiture de manière réaliste sur le programme de calcul aux Éléments Finis RFEM, puis de créer un deuxième modèle plus simple en utilisant des barres de remplacement à la place des panneaux afin de pouvoir comparer les résultats obtenus par les deux modèles.

## Méthode

Dans le premier modèle, chaque panneau est modélisé avec ses moyens de fixation, ici des agrafes, sur leur périphérie. Les nervures n'apportant que peu de rigidité supplémentaire, ne sont pas modélisées. Dans le deuxième modèle, les panneaux sont remplacés par une diagonale de section équivalente dans chaque élément de toiture en se basant sur une déformation identique sur un élément. Le séisme étant déterminant pour cette construction, c'est sous cette charge qu'est menée la suite des calculs. Les modèles sont

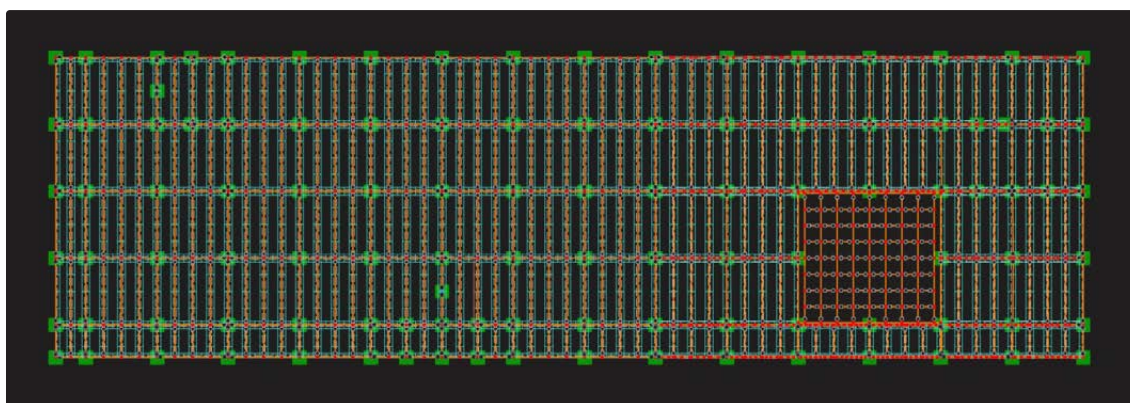
tout d'abord étudiés à l'aide de la méthode de la force de remplacement (analyse monomodale) puis à l'aide de la méthode de l'analyse spectrale (analyse multimodale). Les réactions d'appui sont ensuite comparées d'un modèle à l'autre pour chacune des directions au sein de la même méthode de calcul. Une répartition des charges est effectuée selon les zones d'influence et une deuxième d'après les rigidités des parois de contreventement afin de fixer les limites des résultats.

## Résultats

Lors de l'analyse monomodale, les réactions d'appui se trouvent à 50 % en dehors de la fourchette maximum. Les réactions d'appuis sous l'analyse multimodale sont à plus de 70% en dehors de la fourchette limite. Ces grands écarts sont expliqués par la complexité du modèle utilisé. Malgré les multiples contacts avec les développeurs de Dlubal, aucun résultat de meilleure qualité n'ont pu être trouvés. Il faudrait réaliser la même comparaison avec un bâtiment beaucoup plus simple pour obtenir des résultats utilisables.



Pierre Martin Giroud



Vue en plan du modèle réalisé en panneaux avec les liaisons entre les panneaux effectuées par des agrafes

# Prüfung von firmeninternen Anschlagssystemen im Elementbau

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Fritz Maeder

30

Diese Bachelorarbeit untersucht die Festigkeit der Anschlagmittel, die von der schaeerholzbau ag verwendet werden, wobei auch die am häufigsten verwendeten Wandkonstruktionen berücksichtigt werden.

Die Wandkonstruktionen werden berücksichtigt, um ihren Einfluss auf das Anschlagssystem zu ermitteln und ihre Festigkeit beim Transport der Elemente mit dem Kran zu beobachten.



Alan Giussani  
079 738 48 44  
alan.giussani@bluewin.ch

## Einleitung

In Zusammenarbeit mit schaeerholzbau ag soll das derzeit bei der Produktion und Montage von Wandelementen verwendete Anschlagssystem getestet und weiterentwickelt werden. Das System besteht aus einer auf eine Gewindestange aufgeschweissten Ringschraube und einer am Obergurt des Wandelements montierten Einschlagmutter. Diese Art von System wird bereits seit mehreren Jahren für alle vertikalen Elemente (Aussen- und Innenwände) verwendet. Gemäss Suva-Vorgaben muss das System einen Sicherheitsfaktor von 4 aufweisen, um Unfälle zu vermeiden.

## Konzept

Um die Festigkeit des Anschlagsystems an den Wandelementen zu ermitteln, wurde beschlossen, fünf Typen von Aussenwänden mit der am häufigsten verwendeten Beplankung zu berücksichtigen. Der Einfluss der Wandkonstruktionen auf das Anschlagssystem wird ermittelt und das maximale Gewicht, das die Wandelemente bei Hebe- und Transportprozessen haben müssen, wird definiert. Um die Festigkeit der Wandelemente zu bestimmen, werden in einem ersten Schritt statische Berechnungen und in einem zweiten Schritt Laborversuche durchgeführt.

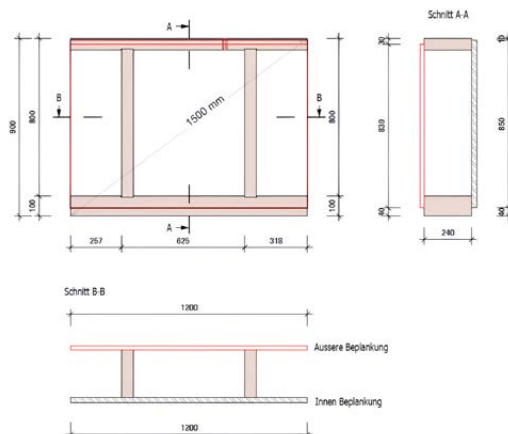


Abbildung 1: Plan Wandproben

## Versuche

Im Labor der Berner Fachhochschule Biel wurden Tests an fünf Proben von verschiedenen Wandtypen und an einer Probe mit nur dem Obergurt mit dem Anschlagmittel durchgeführt. In der Untersuchung wird der Einfluss der Wandkonstruktionen auf das Anschlagssystem untersucht und die Belastbarkeit der Wandelemente während des Transports mit dem Kran ermittelt.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Versuche zeigen, dass die Schwachstellen der Wandelemente der Obergurt und die Verbindung zwischen der Beplankung und dem Rahmen sind. Basierend auf den gewonnenen Daten wurde ein Dokument erstellt, das die Planung der Anschlagpunkte erleichtern soll. Zudem wurden Lösungsmöglichkeiten gefunden, um die Festigkeit der Ankerpunkte zu erhöhen. Die Planungshilfe wird verwendet, um das maximale Gewicht eines Wandbauteils in Abhängigkeit von seiner Konstruktion zu bestimmen. Dieses Dokument muss durch weitere Tests im Labor überprüft werden.



Abbildung 2: Labortest mit SCHENK Maschine

# Développement d'un système de plancher nervuré favorisant la démontabilité du système

Filière d'études : Bachelor of Science en Technique du bois | Orientation : Timber Structures and Technology  
Encadrants : Prof. Dr. Martin Lehmann, Thomas Gurtner

31

Dans la construction actuelle, une grande variété de systèmes de dalles est mise en œuvre. Parmi ces planchers, le système de dalles nervurées peut être optimisé afin d'augmenter son efficacité. Cela permettrait également de remédier au problème lié à la démontabilité du système, en parvenant à un réemploi et une utilisation en cascade des matériaux. Le bois doit être utilisé dans la construction avant d'être réemployé, recyclé et valorisé.

## Situation initiale

L'attention se porte de plus en plus sur des thèmes tels que la préservation de l'énergie, des surfaces et des ressources tout au long du cycle de vie du bâtiment. L'accent est également mis sur la création de valeur circulaire en tant que forme de construction respectueuse de l'environnement. Son but est de réutiliser plusieurs fois les éléments de construction et les composants, dans la même fonction ou dans une fonction différente de celle d'origine. Le bois est un matériau adapté à ces préoccupations environnementales, mais il est limité sous sa forme brute du point de vue mécanique et dimensionnel. Les panneaux structuraux, les poutres de structure ainsi que les systèmes de plancher permettent de dépasser les limitations déterminées par l'arbre. Ils confèrent au produit fini les caractéristiques d'un matériau industriel, sans lui ôter ses qualités intrinsèques. Les dalles réalisées en bois permettent de respecter des exigences qui vont au-delà de la simple capacité portante. Le plancher nervuré fait partie de ces systèmes modernes et est perçu avec un potentiel d'optimisation important. Timbatec souhaite développer ce système en songeant à un démontage futur dès la planification.

## Objectifs

Le but de cette thèse est le développement d'un système de plancher nervuré en bois. L'objectif est d'atteindre les exigences fixées par les normes et un accent a été mis sur la démontabilité du système. Ce but peut être atteint en assemblant le panneau support et les nervures par une connexion démontable. L'assemblage devrait lier les nervures et le panneau support, garantissant un assemblage rigide, assurer des

caractéristiques comparables à un assemblage collé et garantir une excellente résistance et rigidité du joint. La solution proposée doit être économique, et le choix des matériaux est également analysé.

## Méthode

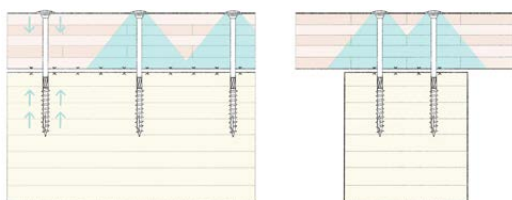
Dans un premier temps, la dalle doit répondre aux exigences que nécessite le dimensionnement en situation normale et d'incendie, le comportement vibratoire et les exigences de performances phoniques. La recherche ainsi que le développement de la connexion qui permet une collaboration optimale entre le panneau et la nervure sont entrepris en parallèle. Le calcul des différentes actions sur la structure porteuse est ensuite effectué et les résultats obtenus vont permettre de dimensionner le système de plancher nervuré.

## Résultats

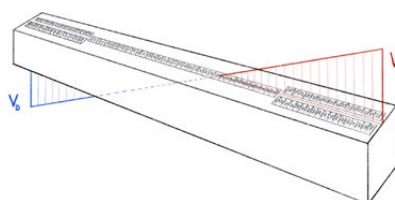
Le système de plancher optimisé permet de reprendre les efforts qu'il subit pendant son utilisation. Ce travail démontre également qu'il est possible d'intégrer un assemblage garantissant un démontage futur. Grâce à la connexion Sharp Metal, une collaboration optimale entre le panneau et la nervure est obtenue. L'assemblage possède d'excellentes performances mécaniques et permet également le transfert des forces de cisaillement entre le revêtement supérieur et la nervure. En optimisant la disposition des bandes Sharp Metal, il est possible de réduire les coûts du plancher, tout en préservant ses performances. Ce système de construction développé dans cette thèse permet donc une grande flexibilité, une démontabilité aisée et une réutilisation des matériaux.



François Gross



Fermeture de l'espace entre le revêtement supérieur et la nervure à l'aide de vis



Optimisation de la disposition des bandes sur la nervure



# Konzept zur Optimierung der Grundkonstruktion des Schranksortiments eines Küchenherstellers

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Process and Product Management  
Betreuer: Prof. Bernhard Letsch, Gerhard Meyer

32

Die Thesis wurde in Zusammenarbeit mit einem Schweizer Küchenproduzenten erstellt, welcher sowohl im Küchen- als auch im Schränke- und Garderobenbau tätig ist. Das aktuelle Produktsortiment der Einbauschränke bietet grosses Wachstumspotenzial und das derzeitige Angebot soll marktgerecht weiterentwickelt werden. Hierzu wurde eine konzeptionelle Grundkonstruktion erarbeitet, welche den Bedürfnissen des Marktes wie auch den Anforderungen der Anspruchsgruppen entspricht.



Josias Sathya Haas  
josias.haas@bluewin.ch

## Ausgangslage

Damit das Unternehmen die Konkurrenzfähigkeit sowie den Produktionsstandort Schweiz erhalten kann, wurde im Jahr 2020 ein Programm gestartet, mit dem die Vision verfolgt wird, die weltweit modernste Möbelproduktion zu werden. Dabei wird eine Erhöhung der Innovationskraft sowie des Produktionsvolumens angestrebt. Weiter ist dem Unternehmen bekannt, dass das aktuelle Angebot im Bereich der Einbauschränke wenig zufriedenstellend ist. Diese beiden Aspekte fordern eine Überarbeitung des aktuellen Produktsortiments der Sparte Einbauschrank, um mit einem marktgerechten Angebot die sich steigernde Produktionskapazität auszulasten.

## Zielsetzung

Durch Analysen der Anforderungen des Marktes und der Anspruchsgruppen soll für das Unternehmen eine Grundlage zur gesamtheitlichen Überarbeitung der Produktparte Einbauschrank erarbeitet werden. Basierend darauf soll ein Konzept in Form einer Grundkonstruktion für Einbauschränke entwickelt werden.

## Vorgehen

Das Vorgehen orientiert sich an der Methodik Design Thinking. Zur Klärung der Ausgangslage wird eine Ist-Analyse, mit Fokus auf das bestehende Sortiment, die Vertriebsstrategie sowie den Anforderungen an den Abwicklungs-, Liefer- und Montageprozess durchgeführt. In einem nächsten Schritt werden mittels einer Marktanalyse Kundenbedürfnisse eruiert und Produkte von Mitbewerbenden betrachtet. Die aus den Analysen gewonnenen Erkenntnisse bilden die Basis für die Entwicklung der konzeptionellen Grundkonstruktion, welche den Abschluss der Arbeit darstellt.

## Ergebnisse

Während die breit angelegte Ist-Analyse Erkenntnisse über Verbesserungspotentiale in der Auftragsabwicklung sowie dem Liefer- und Montageprozess liefert, zeigt der Abgleich des Sortiments mit den eruierten Kundenbedürfnissen die erwartete Diskrepanz zwischen Marktbedürfnissen und dem aktuellen Sortiment auf. Die wesentliche Erkenntnis ist die Forderung nach einem flexibel konfigurierbaren Einbauschrank. Die erarbeitete konzeptionelle Grundkonstruktion für Einbauschränke entspricht den ermittelten Anforderungen an Konstruktion und Montage und ermöglicht darüber hinaus eine Reduktion der Fertigungskosten und des Materialverbrauchs.

Darüber hinaus liefert die Thesis die Erkenntnis, dass nebst dem Schranksortiment an sich auch Probleme im Planungs-, Liefer- und Montageprozess dazu führen, dass das aktuelle Angebot als nicht zufriedenstellend beurteilt wird. Damit wird aufgezeigt, in welchen Bereichen in einer nächsten Phase der Gesamtprozess der Auftragsabwicklung von der Planung bis zur Montage der Einbauschränke optimiert werden sollte.

Aktuelle Konstruktion	Konzeptionelle Konstruktion
Montage	
Logistik/Transport	Montage - 192'000 kg weniger Gewicht - 12'998 weniger Teile
Fertigungskosten	Logistik/Transport - 192'000 kg weniger Gewicht
Materialkosten	Fertigungskosten - 46'400 CHF tiefere FK Materialkosten - 66'239 CHF tiefer MK

Jährliches Einsparpotential der erarbeiteten Grundkonstruktion gegenüber der aktuellen Konstruktion

# Digitales Shopfloor Board zur datenbasierten Prozessoptimierung einer verketteten Montagelinie

Studiengang : Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung : Process and Product Management  
Betreuer : Prof. Bernhard Letsch, Dr. Ronny Standtke

33

Die Montagelinie der Küchenherstellerin Veriset AG besteht aus 16 verketteten Arbeitsstationen. Die Kombination aus Losgrösse 1 und loser Verkettung führt zu komplexen Prozessabfolgen und nicht sichtbaren Abhängigkeiten zwischen den Prozessen. Mit dem Ziel, die Prozesse gestützt auf die automatische Maschinendatenerfassung zu optimieren, sollen die gespeicherten Daten in verständene Informationen überführt und visualisiert werden.

## Ausgangslage

Die Montagelinie der Veriset verarbeitet Einzelteile zu fertigen Möbeln. Im Zweischichtbetrieb werden durchschnittlich 1'000 Möbel pro Tag produziert. Aktuell wird ein neues Konzept nahezu sämtlicher Produktionsprozesse erarbeitet. Die Montagelinie ist von diesen Investitionen jedoch vorläufig ausgeschlossen. Da mit der Beschaffung neuer Zuschnitt- und Bekantungsmaschinen eine Steigerung des Produktionsvolumens einhergeht, muss die Leistung der Montagelinie gesteigert werden. Das durch die Montagelinie herzustellende Möbelsortiment besteht aus unterschiedlichen Möbeltypen, die sich hinsichtlich Eigenschaften, Material oder Konstruktion unterscheiden. Aufgrund des vielfältigen Sortiments weisen die einzelnen Möbeltypen unterschiedliche Bearbeitungszeiten auf. Die Auslastung der Montagelinie wird durch eine bestimmte Anzahl Küchenmöbel pro Tag geplant. Da jedoch die Stückzahl nicht die tatsächliche Bearbeitungszeit widerspiegelt, schwankt die Belastung der Montagelinie und der Mitarbeitenden. Dadurch kann deren Kapazität nicht konstant ausgenutzt und die Leistung der Mitarbeitenden nicht fair beurteilt werden. Hinzu kommt, dass nicht bekannt ist, durch welche Arbeitsstationen die Leistung der Anlage beeinflusst wird und inwiefern diese mit dem diversen Möbelsortiment korreliert.

## Ziel

Zur Schaffung einer Grundlage für die datenbasierte Leistungsoptimierung der Montagelinie soll untersucht werden, inwiefern die tatsächliche Bearbeitungszeit der Möbel über einen Gewichtungsfaktor in der Planung berücksichtigt werden kann. Weiter soll eine datenbasierte Ursachen-Analyse Zusammenhänge zwischen einzelnen Arbeitsstationen und Möbeleigenschaften identifizieren. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen soll ein Shopfloor Dashboard zur fortlaufenden Analyse der Prozesse aufgebaut werden.

## Methode

Zur Bestimmung der Bearbeitungszeiten der Möbel werden verschiedene Prozess- und Datenanalysen durchgeführt. Diese haben zum Ziel, die Auswirkung bestimmter Möbeleigenschaften auf die Bearbeitungszeit und somit auf die Leistung der Anlage festzustellen. Dazu werden die Rückmeldedaten der Maschinen statistisch ausgewertet. Zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen einzelnen Arbeitsstationen wird durch weitere Analysen untersucht, ob sich die Rückmeldedaten unterschiedlicher Arbeitsstationen miteinander verrechnen lassen, um Erkenntnisse daraus zu gewinnen.

## Ergebnis

Die unterschiedlichen Bearbeitungszeiten einzelner Möbeltypen sind auf die Möbeleigenschaften zurückzuführen. Zur Glättung der Prozessbelastung wird durch ein Einheitensystem jedem Möbel ein Gewichtungsfaktor und somit eine individuelle Vorgabezeit zugewiesen. Dies schafft die Grundlage für eine gleichmässige Auslastung sowie eine faire Leistungsbewertung, da dadurch der tatsächliche Bearbeitungsaufwand berücksichtigt wird. Die Leistung der Gesamtanlage wird durch vier Bereiche, die jeweils aus mehreren Arbeitsstationen bestehen, massgeblich beeinflusst. Durch die Kombination der Rückmeldedaten dieser Bereiche können deren Auswirkungen aufgezeigt und gemessen werden. Übersteigt nun die erfasste Bearbeitungszeit die berechnete Vorgabezeit, kann datenbasiert festgestellt werden, durch welchen der vier identifizierten Bereiche diese Verzögerung ausgelöst wurde. Durch die Auswertung dieser Erkenntnisse über bestimmte Zeiträume können leistungsoptimierende Massnahmen gezielt definiert und deren Auswirkung im Nachhinein überprüft werden. Dargestellt in einem digitalen Shopfloor Board, können die Erkenntnisse zur laufenden Prozessanalyse sowie -optimierung genutzt werden.



Samuel Hofer  
hofersamuel@gmx.ch

# Entwicklung eines Sturzträgers für grossflächige, raumhohe Fenster im mehrgeschossigen Holzbau

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Fritz Maeder, Andreas Lüthi

34

Hohe architektonische Ansprüche an das moderne Bauen stellen den Holzbau vor neue Herausforderungen. Oftmals werden grosse, raumhohe Fenster in Entwürfen eingeplant. Die Standardlösungen für Sturzträger aus der Holzbaubranche werden diesen Konstruktionen nicht gerecht. Die Arbeit untersucht mögliche Bauteilkonstruktionen, die einerseits den hohen Anforderungen gerecht werden und andererseits das Potential haben, sich als neue Standardbauteile zu etablieren.



Marc Imboden

## Ausgangslage

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit der Entwicklung von Wanddeckenknoten für deckenebene Fensterstürze im mehrgeschossigen Holzbau. Die Rahmenbedingungen für die Berechnung und Konzipierung des Trägers stammen mehrheitlich von der Firma Stuberholz. Der Ursprung jedoch findet sich in den hohen architektonischen Anforderungen an das moderne Bauen, mit denen sich die Unternehmung immer wieder konfrontiert sieht. Durch die knappen Platzverhältnisse im Sturzbereich und den hohen technischen Anforderungen an die Träger, genannt Brandschutz und Tragwiderstand, ist es schwierig, genügend Biegesteifigkeit zu erlangen, um die gewünschten grossen Spannweiten zu bewältigen.

## Ziel

Die Arbeit soll eine standardisierbare und einsetzfähige Lösung für Wanddeckenknoten im mehrgeschossigen Holzbau finden. Der Fokus liegt dabei auf der statischen und konstruktiven Entwicklung des Deckenauflegers oberhalb von Fenstern. Die Lösung muss die gestellten Rahmenbedingungen einhalten. Die Bedingungen sind:

- Raumhohe Fenster ohne sichtbaren Sturz auf der Rauminnenseite
- Grossflächige Fenster ohne Abstützungen
- Lammelenstoren mit Hohlsturz innerhalb des Aussenwandelements
- Wandflächenbündige Fensterrahmen
- Sichtbare Massivholzdecken ohne Vorsatzschalen
- Aussenwände ohne Vorsatzschalen
- Einhalten der geltenden Normvorschriften

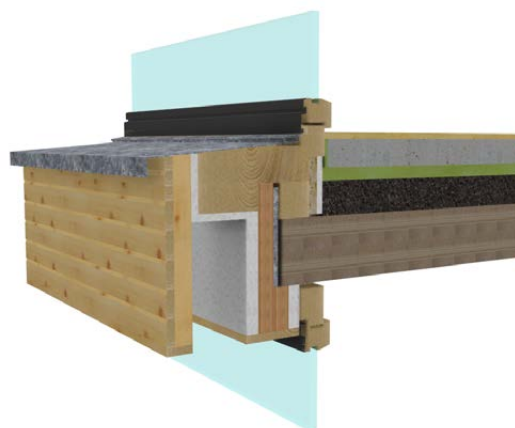
## Methode

Es wird anhand vom Stand der Technik aufgezeigt, warum herkömmliche Lösungen nicht für die Problemlösung geeignet sind. Neben einer genauen Definition der Einbausituation, der Bauteile und den normativen Anforderungen werden Themen wie die Wirtschaftlichkeit und Materialeigenschaften dis-

kutiert, um wichtige Grundlagen für die Entwicklung der Träger zu schaffen. Mithilfe des erlangten Wissens und den Rahmenbedingungen werden während einer kreativen Phase so viele Konstruktionen wie möglich erschaffen. Im Anschluss werden diese anhand von statischen, wirtschaftlichen und konstruktiven Kriterien Schritt für Schritt aussortiert und die übrigen Bauteile gemäss der geltenden Norm bemessen. Zum Abschluss werden die übrigen Bauteile miteinander verglichen und rangiert. Das am besten bewertete Bauteil wird als Lösung vorgeschlagen.

## Ergebnis

Im Rahmen der Arbeit konnte für die Problemstellung eine funktionstüchtige Lösung gefunden werden. Die Kombination von Stahl und Furnierschichtholz ist für die Funktion unerlässlich. Ebenso wichtig sind konstruktive Massnahmen für den Schutz vor Brandeinwirkungen. Einschneidende Einschränkungen werden vor allem durch die Brandschutzmassnahmen und die engen vorgegebenen Platzverhältnisse verursacht. Durch eine Lockerung der Rahmenbedingungen könnten vor allem im Bereich Bauphysik noch Fortschritte durch zusätzliche Dämmschichten erzielt werden.



# Konzept für die Lagerbewirtschaftung von C-Teilen in der Walter Bochsler AG

Studiengang : Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung : Process and Product Management  
Betreuer : Prof. Bernhard Letsch

35

Durch die hohe Bestellhäufigkeit und grosse Anzahl an Varianten verursachen die geringwertigen C-Teile in einer Unternehmung hohe Beschaffungskosten. Demnach wird ein effizientes C-Teilemanagement angestrebt. Die Optimierung liegt dabei in der Kürzung der Durchlaufzeiten der Beschaffung, Minimierung des Bestellaufwands oder in der Senkung der Lieferantenanzahl.

## Einleitung

Die Schreinerei Walter Bochsler AG in Urdorf plant in den nächsten Jahren eine Umstrukturierung und Reorganisation ihres Lagers für Verbrauchsmaterialien. Aufgrund der gewachsenen Strukturen weist das Lager mangelnde Platzverhältnisse, eine erschwerte Zugänglichkeit zu den Verbrauchsmaterialien sowie ein intransparentes Lagermanagement auf.

## Zielsetzung

Das Ziel der Bachelorthesis liegt darin, ein neues Konzept für eine effizientere Lagerbewirtschaftung von Verbrauchsmaterialien zu entwickeln. Dabei soll dieses Konzept dazu beitragen, die Kosten für die Bereitstellung zu reduzieren und die benötigte Lagerfläche für Verbrauchsmaterialien zu verkleinern. Zusätzlich soll der Zeitaufwand für den Bestellprozess und die Lagerverwaltung verringert werden.

## Analysen

Die Analyse der IST-Situation untersucht die Bereitstellung, die Bewirtschaftung, die Beschaffung und die Flächenverteilung mithilfe von sieben unterschiedlichen Analyseverfahren. Aus diesen Erkenntnissen ergibt sich durch Variantenevaluation eine Abschätzung möglicher Potenziale. Diese Ergebnisse

verdeutlichen den erheblichen Handlungsbedarf in der Bewirtschaftung, insbesondere im Beschaffungsprozess und in der Flächenverteilung des Lagers.

## Konzept

Das neu erarbeitete Konzept umfasst die Reduktion von Lieferanten, das Erstellen eines Zwischenlagers, Verkürzungen im Bestellprozess und eine Neustrukturierung der Lagerflächen. Künftig sollen 87 % der Verbrauchsmaterialien über einen Lieferanten bezogen werden. Dadurch kann eine Reduktion der Lieferantenanzahl erreicht werden. Dies führt zu Preisreduktionen aufgrund der erhöhten Bezüge beim Lieferanten. Zusätzlich wirkt sich diese Umstellung positiv auf die Bewirtschaftung des Lagers aus. Durch das Angebot zur Bestellungsabwicklung via Smartphone oder Tablet dem einen Lieferanten werden die Beschaffungskosten pro Bestellung von 110 CHF auf 59 CHF gesenkt. Für eine vereinfachte Bereitstellung wird ein Zwischenlager in der Produktion errichtet. Das neue Zwischenlager soll 70 % des täglichen Bedarfs abdecken. Dadurch können die Zeiten für die Beschaffung von Verbrauchsmaterial um rund 20 % gesenkt werden. Die Verringerung der Lagerflächen von Verbrauchsmaterial führt in der Flächenverteilung zu einer Erhöhung der Stellflächen für Handelswaren. Diese Umverteilung der Flächen reduziert den Aufwand für das Umpositionieren von gelagerten Gütern in der Produktion um etwa 2 Stunden pro Arbeitswoche.

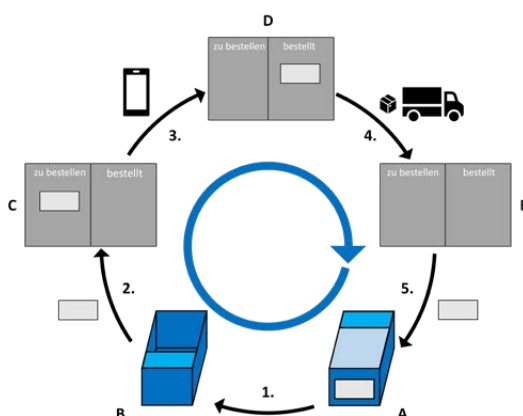


Nico Sandro Jud  
079 942 40 24  
jud\_nico@windowslive.com

## Ergebnisse

Gesamtheitlich erzielt das Konzept einen jährlichen Ertrag von 19'500 CHF. Die Kosten, die für die Optimierung aufgewendet werden müssen, belaufen sich auf 73'000 CHF. Die Amortisationszeit ist nach 4.4 Jahren erreicht.

Durch die Steigerung der Effizienz und die Reduzierung der Aufwände in der Lagerbewirtschaftung von Verbrauchsmaterialien bei der Walter Bochsler AG kann dieses Konzept einen positiven Beitrag zum Betriebsergebnis leisten.



5-Phasen-Modell für die Bewirtschaftung des Zwischenlagers

# Blockverklebung von Brettschichtholz für wechselnde Klimabedingungen

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer\*innen: Prof. Dr. Christoph Geyer, Dr. Bettina Franke

36

Blockverklebte Brettschichtholzbauteile können so grosse Abmessungen erreichen, dass bei Klimaschwankungen Holzfeuchte-Differenzen über Querschnitt entstehen. Durch Feuchtedifferenzen innerhalb eines Querschnittes entstehen Spannungen, die sich in Form von Rissen äussern können. Diese Thesis beschäftigt sich mit Varianten, wie blockverklebte Brettschichtholzbauteile ausgeführt werden können, damit Eigenspannungen in Folge Feuchtedifferenzen besser aufgenommen werden können.



Ramon Kaufmann

## Ausgangslage

Beim Neubau am Flughafen Zürich werden blockverklebte Bauteile zum Einsatz kommen, bei denen eine rissfreie Optik angestrebt wird. Während dem Aufrichteprozess sind die Bauteile dem Aussenklima ausgesetzt und im Endzustand sind die Bauteile in einem beheizten Innenklima. Die Bauteile erleben somit den Wechsel vom Herstellungsklima ins Aussenklima und anschliessend von Aussenklima ins Innenklima. Durch die Klimawechsel entstehen grössere Feuchtegradienten als bei den jahreszeitlichen Schwankungen.

## Ziele

In dieser Arbeit sollen Varianten entwickelt werden, wie blockverklebte Bauteile aus Brettschichtholz hergestellt werden können, damit die Eigenspannungen infolge Feuchtedifferenzen über den Querschnitt besser aufnehmen können und somit eine mögliche Rissbildung vermindert wird. Die Varianten sollen hinsichtlich ihres Feuchteverhaltens untersucht und miteinander verglichen werden. Die Arbeit soll die Grundlage schaffen, um weiterführende numerische Untersuchungen zu den Eigenspannungen durchzuführen oder Klimaversuche, bei denen die theoretischen Erkenntnisse überprüft werden können.

## Vorgehen

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Befragungen von drei Brettschichtholzherstellern zur Herstellung von blockverleimten Trägern durchgeführt. Zur Analyse

der Eigenspannungen infolge Feuchtedifferenzen im Querschnitt wurden die entworfenen Varianten mit numerischen Simulationen betrachtet und verglichen.

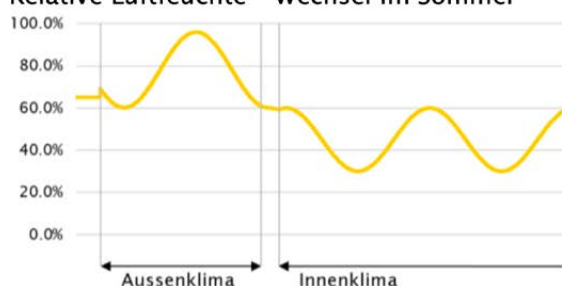
## Erkenntnisse

Geometrische Bearbeitungen, die sich im Querschnittsinneren befinden, haben wenig bis kein Einfluss auf die Feuchtegradienten in den Randbereichen. Diffusionsdichte Oberflächenbehandlungen verzögern das Reaktionsverhalten der Holzoberfläche auf Feuchteänderungen, was sich positiv auf die maximalen Holzfeuchtedifferenzen im Querschnitt und die Feuchtegradienten auswirkt. Ebenso haben Bekleidungen einen verzögernden Effekt, der sich positiv auf das Feuchteverhalten auswirkt. Der Zeitpunkt des Wechsels vom Aussen- ins Innenklima hat ebenso einen Einfluss auf die Gradienten. Wenn der Wechsel im Sommer vollzogen wird, erfahren die Bauteile eine weniger scharfe Trocknung als wenn der Wechsel im Winter vollzogen wird. Ein Wechsel im Sommer wirkt sich positiv auf die Feuchtegradienten aus.

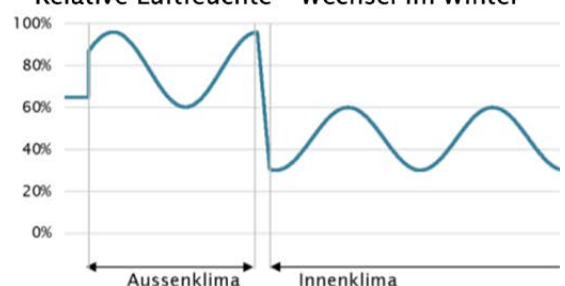
## Fazit

Das Ziel der Thesis konnte erreicht werden. Es wurden neun Varianten zur Reduktion der Rissbildung infolge Feuchteänderungen entworfen und durch numerische Untersuchungen zur Feuchteentwicklung über den Querschnitt miteinander verglichen.

## Relative Luftfeuchte - Wechsel im Sommer



## Relative Luftfeuchte - Wechsel im Winter



Verlauf der relativen Luftfeuchte - Wechsel im Sommer & Wechsel im Winter

# Strebenaussteifungssysteme im mehrgeschossigen Holzbau

Studiengang : Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung : Timber Structures and Technology  
Betreuer : Prof. Martin Geiser, Urs Thomas Gerber

37

Die Thesis untersucht die Effizienz und den Emissionsausstoss von Strebenaussteifungssystemen im mehrgeschossigen Holzbau im Vergleich zu häufig verwendeten flächigen Aussteifungssystemen. Strebenaussteifungssysteme weisen ideale Voraussetzungen für eine Anwendung in der Kreislaufwirtschaft auf. Mit der Thesis soll eine Grundlage für eine Anwendung von Strebenaussteifungssystemen im Elementbau geschaffen werden.

## Ausgangslage:

Im heutigen mehrgeschossigen Holzbau wird in der Regel das Bausystem Holzrahmenbau verwendet. Dieses Bausystem weist in Bezug auf Systemtrennung, erwartetem Materialverbrauch und der Möglichkeit der Verwendung von irreversiblen Verbindungsmitteln keine ideale Voraussetzungen für eine Anwendung in der Kreislaufwirtschaft auf. Als Alternative bieten sich Strebenaussteifungssysteme an, welche tendenziell bessere Voraussetzungen aufweisen. Für eine Rechtfertigung einer Anwendung von Strebenaussteifungssystemen bedarf es einer wissenschaftlichen Grundlage, welche in dieser Thesis geschaffen werden soll. Die Grundlage beinhaltet die Untersuchung der Effizienz sowie der Emissionsausstoss in kg CO<sub>2</sub>-eq von Strebenaussteifungssystemen im Vergleich zu oft verwendeten Scheibenaussteifungssystemen.

## Vorgehen:

Als Methode zur Ermittlung der Effizienz wurden die Vielfalt der Anordnungsvarianten mittels statischen Überlegungen und Vergleichsberechnungen auf repräsentative Strebenaussteifungssysteme begrenzt. Die eruierten repräsentativen Anordnungsvarianten werden auf deren Effizienz untersucht. Zwei flächige Aussteifungssysteme werden zu einer Vergleichbarkeit in der Untersuchung miteinbezogen. Die Beurteilung der Effizienz erfolgt mittels drei definierten Effizienzkriterien: Materialeffizienz des Tragwerks, Materialeffizienz der Verbindungsmittel und Kosteneffizienz. Für eine Beurteilung der Effizienzkriterien werden die Untersuchungsobjekte auf eine maximale Auslastung bemessen und die einzelnen quantitativen Ergebnisse in ein gemeinsames Bewertungsraster gestellt. Eine Beurteilung der Steifigkeiten erfolgt unabhängig der Effizienzkriterien. Für eine Bewertung der Emissionswerte der Aussteifungssysteme wurde eine Ökobilanzierung der untersuchten Aussteifungssysteme erstellt. Hierzu dienten die für den Baubereich üblichen Ökobilanzdaten der KBOB, für die Einheitsemissionenwerte der verwendeten Produkte,

als Datengrundlage. Die bei der Effizienzbewertung ermittelten minimalen Materialkennwerte wurden für die Ökobilanzierung miteinbezogen. Um eine gleichwertige Bewertung aller Funktionen von tragwerksbezogenen Produkten ermitteln zu können, ist ein Miteinbezug aller Schichten einer Aussenwand erforderlich. Die Erarbeitung von Detaillösungen für Strebenaussteifungssysteme im Elementbau ermöglicht es, die Ergebnisse zu vergleichen.

## Erkenntnisse:

Die Effizienzbewertung der definierten Untersuchungsobjekte ergibt, dass Strebenanordnungsvarianten in «V»- und Kreuzanordnungen, bezogen auf Material- Verbindungsmittelverbrauch und Kosten effizienter sind, als Scheibenaussteifungssysteme. Diagonalanordnungen und Strebenanordnungen über mehrere Geschosse sind in einmaliger Verwendung ineffizienter als Scheibenaussteifungssysteme. Die Untersuchung der minimalen Steifigkeiten ergab, dass Anordnungen über mehrer Geschosse hohe Steifigkeitswerte aufweisen. Die Untersuchung der Emissionen ergab, dass Strebenaussteifungssysteme mit den definierten Produktauswahl erheblich geringere Emissionen verursachen als Scheibenaussteifungssysteme.

## Fazit:

Mit der ermittelten Datengrundlage der Thesis konnte eine erste Grundlage für die Anwendung von Strebenaussteifungssystemen geschaffen werden. Die Ergebnisse mit den definierten Effizienzkriterien rechtfertigen eine Anwendung von Strebenaussteifungssystemen. Um die bestehende Datengrundlage zu verifizieren und erweitern, bedarf es weiteren Datenerhebungen, unter anderem aus praxisorientierten Anwendungsobjekten.



Sebastian Nikolaus Kayser

# Concept pour le contrôle de distribution opérationnel et stratégique de Balteschwiler AG

Filière d'études : Bachelor of Science en Technique du bois | Orientation : Process and Product Management  
Encadrant-e-s : Prof. Birgit Neubauer Letsch, Prof. Norbert Winterberg

38

Comment utiliser au mieux les informations existantes et les rendre accessibles pour de meilleures performances des collaborateurs, un meilleur suivi des objectifs et une bonne appréhension du futur ? Le contrôle de la distribution permet ceci une fois qu'il est bien mis en place. Ce n'est cependant pas encore le cas dans l'entreprise partenaire, Balteschwiler AG, un concept a donc été fait pour cela.



Florent Léon Latscha  
florent.latscha@bluewin.ch

## Situation initiale

L'entreprise de Suisse alémanique est très expérimentée dans l'usinage de panneaux de grand format, la fabrication de produits en bois et le commerce, mais malgré une activité dans presque toute la Suisse et parfois à l'étranger, il n'y a pas de contrôle de la distribution. De plus, la classification de la clientèle n'est pas faite au hasard, mais elle ne suit pas de paramètres précis et clairs, et surtout, elle n'est pas assez contrôlée et évoluée. Les chiffres clés observés pour mesurer les performances se concentrent actuellement en premier lieu sur le chiffre d'affaires. Celui-ci peut, certes, donner un bon indice sur le volume, mais pas sur les résultats. Il est possible de réaliser un grand chiffre d'affaires tout en perdant de l'argent.

## Objectifs

Le but du travail est d'établir un concept pour la mise en place du contrôle de la distribution avec les indicateurs à observer, les différents systèmes et outils à disposition, les processus et responsabilités. En plus de cela, un système pour la classification de la clientèle est à élaborer pour définir les classes et les rabais, ainsi que les services auxquels les clients ont droit.

## Méthodique

Le travail commence par une grande partie d'analyses, premièrement sur le marché, la concurrence ainsi que la clientèle. La partie suivante de ces analyses observe l'entreprise avec sa stratégie et son positionnement, les systèmes qu'elle utilise aujourd'hui, les processus d'achat, donc ce par quoi passe le client pour réaliser une commande. Une sélection d'employés a ensuite été questionnée sur leurs besoins et leur avis par rapport à la situation actuelle, avec ce qui va bien et ce qui devrait être amélioré. Pour conclure cette partie sur l'entreprise, le côté financier a été observé avec les objectifs, la rémunération des représentants et les budgets des différents secteurs de l'entreprise. En guise de

résumé et de conclusion de ces analyses, une analyse SWOT a été faite reprenant différents points vus précédemment.

Afin d'avoir des idées venant de l'extérieur, d'autres entreprises ont ensuite été observées et questionnées. Celles-ci ont principalement été choisies dans le secteur de la construction, mais aussi avec un élargissement avec une entreprise extérieure à la branche, pour voir s'il pourrait peut-être y avoir des éléments d'une autre industrie qui pourraient être utiles. Après ces dernières analyses, le domaine d'action a été clarifié et une priorisation a été faite. C'est après cela que les solutions ont été élaborées pour les thèmes choisis, à savoir les indicateurs clés de performance et la classification de la clientèle. Finalement, quelques recommandations pour la mise en place ont été faites à l'entreprise.

## Résultats

Une sélection d'indicateurs a été faite en se basant sur les objectifs de l'entreprise. Pour chacun d'eux, un ou deux indicateurs ont été définis pour pouvoir mesurer et illustrer au mieux l'avancée de ces objectifs. Au total 6 objectifs sont représentés graphiquement avec une dizaine d'indicateurs et le but sera ensuite de les présenter sur le CRM pour qu'ils soient directement visibles par les collaborateurs, avec la possibilité de voir leurs performances individuelles ou celles de l'entreprise en général. Pour la classification de la clientèle, une matrice englobant différents paramètres a été définie. L'importance de ces paramètres est réglable pour ajuster leur influence sur la note finale du client.

La mise en place de ce travail aidera la gestion de l'entreprise entre autres à avoir un meilleur suivi des activités et des clients et une meilleure réactivité, de même pour les vendeurs.

# Optimierung der Produktionsplanung

Studiengang : Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung : Process and Product Management  
Betreuer : Dr. Ronny Standtke, Prof. Eduard Bachmann

39

Aufgrund einer Angebotsverlagerung in Richtung Projektgeschäft sowie des stetigen Wachstums der Firma Vifian Möbelwerkstätte AG, reichen die aktuellen Methoden nicht für eine vorausschauende Planung, Steuerung und Überwachung der Produktion aus. Aus diesem Grund beschäftigt sich diese Bachelorthesis mit der Optimierung der firmeneigenen Produktionsplanung.

## Ausgangslage

Die Vifian Möbelwerkstätte AG, situiert in Schwarzenburg, beschäftigt zurzeit etwas mehr als 50 Mitarbeitende. Der Haupttätigkeitsbereich der Firma lag bis vor wenigen Jahren in der Serienproduktion von hochwertigen Möbeln im Wohn- und Arbeitsbereich. In den letzten Jahren hat jedoch die Nachfrage nach individuellem Innenausbau stark zugenommen. Die Verlagerung in Richtung Projektgeschäft und die vermehrt individuellen und umfangreichen Aufträge führen zu neuen Herausforderungen in der Projekt- und Produktionsplanung.

## Problemstellung

Die Kapazitäts- und Ressourceneinsatzplanung der Vifian Möbelwerkstätte AG wird zurzeit mithilfe von Excel-Listen geführt. Dabei erfolgt die Produktionsplanung sowie die Ermittlung der Auftragslage lediglich anhand der Umsatzgrößen der Aufträge. Einzelne Produktionsabschnitte sind nicht planbar, ausserdem werden Auftragsfortschritte und -stände jeweils nur am Ende der Woche abgebildet. Es fehlen geeignete Visualisierungsmöglichkeiten und die Abhängigkeit vom Produktionsleiter ist stark.

Die Vifian Möbelwerkstätte AG arbeitet mit dem ERP-System von Swiss-Soft-Solutions, welches ein integriertes Produktionsplanungsmodul bereithält. Das Modul ‚Auslastungsplanung‘ wird jedoch zurzeit nicht für die Produktionsplanung genutzt, da es der Firma zu statisch und nicht fertig entwickelt erscheint.

## Zielsetzung

Das Hauptziel der Thesis besteht darin, die Produktionsplanung der Vifian Möbelwerkstätte AG zu optimieren, sodass die Firma bereits in naher Zukunft ihre Kapazitäten und Ressourcen dynamischer und verlässlicher planen kann. Der Fokus wird auf die Visualisierung der Produktionsplanung und die damit verbundene Reduzierung der Abhängigkeit vom Produktionsleiter gelegt.

## Vorgehen

Mittels Gesprächen und Korrespondenzen mit Software- und Dienstleistungsanbietern wird eine Untersuchung alternativer ERP-Lösungen vorgenommen. Dadurch kann in verschiedene Herangehensweisen im Bereich der Produktionsplanung eingesehen werden. Eine Optimierung der bestehenden ‚Auftrags- und Terminliste‘ stellt weiter eine kurzfristige Lösung für die Verbesserung der aktuellen Produktionsplanungsmethode der Vifian Möbelwerkstätte AG dar.

Trotz der bisherigen Nicht-Verwendung, liegt der Fokus auf dem ERP-Modul ‚Auslastungsplanung‘. Die Auseinandersetzung mit dem Modul und dessen Aufarbeitung erfolgt durch eine parallele Produktionsplanung zur aktuellen Planung und zeigt deutlich, dass die ‚Auslastungsplanung‘ nicht fertig entwickelt ist und Defizite aufweist. Dies erfordert einen ständigen Austausch mit der Firma Swiss-Soft-Solutions, wobei das Modul schrittweise näher an die zuvor erarbeitete Soll-Situation gebracht wird.

## Ergebnisse

Die Weiterentwicklung erlaubt schliesslich die Anwendung des ERP-Moduls ‚Auslastungsplanung‘ in der Produktionsplanung der Vifian Möbelwerkstätte AG. Mittels Visualisierungen und Planungsfunktionen wird eine Übersicht über die aktuelle Auftragslage sowie die Planung und Steuerung der aktuellen Aufträge ermöglicht. Spätestens nach der Umsetzung der noch offen Entwicklungspunkte wird das Modul die Umsetzung eines optimierten Produktionsplanungsprozesses erlauben und die Abhängigkeit vom Produktionsleiter reduzieren.

Aufgrund der Offenheit von Swiss-Soft-Solutions gegenüber Optimierungsvorschlägen und den damit bestehenden Weiterentwicklungsmöglichkeiten kann schliesslich konstatiert werden, dass das ERP-Modul ‚Auslastungsplanung‘ das Potential aufweist, die Anforderungen der Vifian Möbelwerkstätte AG langfristig erfüllen zu können.



Jan David Lüthi



# Schubsteife Verbinder in HBV-Auflagerknoten und deren Einfluss auf den Schnittgrössenverlauf

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Dr. Martin Lehmann, Rafael Häni

40

Derzeit werden für HBV-Decken in mittleren und grossen Gebäuden einfeldige Systeme verwendet. Das Ziel ist es, ein HBV-Deckensystem zu entwickeln, das als Zwei-Feld-System wie ein normales Holzhohlkasten-deckensystem funktionieren kann. Gleichzeitig muss das neue System schubsteif und biegeweich sein, um den Anforderungen an die Statik und die Bauphysik gerecht zu werden.



Stefano Gabriele Martella  
078 862 90 28  
stefanomartella97@gmail.com

## Einleitung

Das Unterzugsystem und dadurch verbunden die Wahl des statischen Systems im Wohnungsbau hat Auswirkungen auf die Bauphysik, die Endhöhe des Gebäudes und damit auch auf dessen Wirtschaftlichkeit. Ein optimales Unterzugsystem, mit dem man nach dem Prinzip eines Zweifeld-HBV-Deckensystems konstruieren kann, ist noch nicht entwickelt und das Material für seine Ausführung noch nicht erforscht. Dies wird in Zukunft immer wichtiger werden.

## Konzept

Diese Arbeit befasst sich mit der Bewertung und dem Vergleich von Unterzugsystemen, die die Baukonstruktion optimieren und ein schubsteifes aber biegeweiches HBV-Deckenanschlussystem gewährleisten. Der Ansatz ist auf den Wirtschaftspartner, die Firma ERNE AG Holzbau in Stein AG, abgestimmt.

## Ziel

Die HBV-Deckenanschlussysteme wurden mit Hilfe des Unterzugs konzipiert und entworfen, um zu verstehen, welches System am besten geeignet ist. Die Anforderungen an den Brandschutz und die Lasten für die Statik wurden auf der Grundlage eines Referenzgebäudes ermittelt. Das Ziel ist es, ein günstiges Querschnittsmaterial zu finden, das die Anforderun-

gen erfüllt und die Wirtschaftlichkeit erhöht. Ausserdem sollen verschiedene Arten von Lastübertragungssystemen zwischen der HBV-Decke und dem Unterzug betrachtet werden, um zu verstehen, welches System am besten geeignet ist.

## Ergebnisse

Die Auswertung ergab, dass ein gedrehtes T-Träger-System beim Bau grosser Gebäude erhebliche Vorteile bringen kann. Die Variante der Kraftübertragung mit Hilfe einer Schweissnaht zeigte, dass es möglich ist, ein schubsteifes und biegeweiches System zu schaffen, das eine Zwei-Feld-Situation einer HBV-Decke ermöglicht. Die Situation einer Zweifeld-HBV-Decke, die in einem Stück ausgeführt wird, ist möglich, aber die Notwendigkeit dieser Verbindung und die praktischen Aspekte des Transports müssen geprüft werden. Die Verwendung von Beton als Material zeigte bessere Ergebnisse als BauBuche.

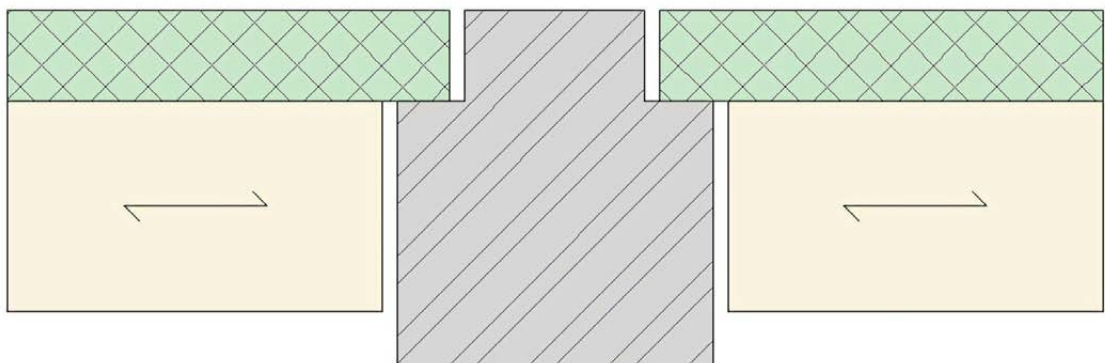


BILD 1: HBV-Nase Deckenanwendungssystem auf einem gedrehten T-Träger-Unterzug aus Holz oder Beton als Deckenanschluss.

# Neubau Schwarzer Steg

Studiengang : Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung : Timber Structures and Technology  
Betreuer\*innen : Prof. Andreas Müller, Dr. Bettina Franke

41

Der bestehende Schwarze Steg, der über einen Nebenkanal der Linth führt, soll durch einen Neubau in Holzbauweise ersetzt werden. Der moderne Holzbrückenbau bietet die Möglichkeit aus einer Vielzahl von unterschiedlichen statischen Systemen und Brückenquerschnitten eine geeignete Variante auszusuchen.

## Ausgangslage

Der schwarze Steg in der Gemeinde Schmerikon ist ein Fussgängersteg, der über einen Nebenkanal der Linth führt. Das bestehende Bauwerk hat seine Nutzungsdauer erreicht und soll durch einen Neubau ersetzt werden, der sich in den räumlichen Kontext der Umgebung des Naturschutzgebietes Bätzimatt einfügt.

## Variantenstudium

Das Ziel im ersten Teil der Arbeit ist der Entwurf eines Steges, der die Anforderungen der Bauherrschaft und sämtliche Randbedingungen erfüllt. Durch eine Variantenstudie, die Betrachtungen zu Design, Ökologie und Dauerhaftigkeit beinhaltet, soll eine klare Entscheidungsgrundlage für oder gegen mögliche Varianten geschaffen werden. Die gewählte Variante ist ein Holz - Ultra-Hochleistungs-Faserbeton - Verbundquerschnitt auf einer S-förmigen Linienführung.

## Machbarkeit der gewählten Variante

Die Zielsetzung im zweiten Teil ist es, geeignete Detaillösungen für die gewählte Variante zu finden und die für das Gesamtbauwerk notwendigen statischen Nachweise zu führen. Das Langzeitverhalten der Verbundbauweise von Holz und UHFB wurde in den Berechnungen berücksichtigt. Um die Veränderungen der Schnittkräfte in den Baustoffen Holz und UHFB im Verbund erfassen zu können, wurde der Steg mit einem Stabwerkmodell räumlich modelliert. Die statische Berechnung und Bemessung haben gezeigt, dass das Konzept der gewählten Variante funktioniert. Ein Vergleich der statischen Auslastung der Querschnitte zeigt, dass mit den gewählten Querschnitten die Gebrauchstauglichkeit des ultrahochfesten Betons massgebend wird.



Andrea Mirco Meuli  
a.meuli@hotmail.de



Visualisierung Schwarzer Steg in Richtung Uznach

# Konzept zur Betreuung der Kundschaft in der Digitalen Prozessoptimierung

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Process and Product Management  
Betreuerin: Prof. Birgit Neubauer Letsch

42

In der Möbel- und Küchenindustrie stellt die übergreifende Produktionsdatenerfassung in Fertigungen mit Maschinen mehrerer Generationen von unterschiedlichen Herstellern eine grosse Herausforderung dar. Wertströme zu erfassen, darzustellen und daraus Optimierungspotenziale abzuleiten in einer noch zusätzlich heterogenen Maschinenumgebung war bis anhin sehr zeitaufwändig.



Florian Müller

## Ausgangslage

Die Holzbranche befindet sich im digitalen Wandel, wobei die übergreifende Produktionsdatenerfassung und -optimierung in einer heterogenen Maschinenumgebung eine Herausforderung darstellt. Die SCHULER Consulting GmbH hat eine Lösung mithilfe der Indoorlokalisierung entwickelt, wobei Wertströme digital erfasst und dargestellt werden, um daraus Optimierungspotenziale abzuleiten. Die Indoorlokalisierung wurde in der Küchen- und Möbelindustrie bei der Pilotkundschaft implementiert und erste Erfahrungen wurden gesammelt. Nun befindet sich das Produkt in der Übergangsphase zur Marktreife und die SCHULER Consulting GmbH benötigt ein Konzept zur Betreuung der Kundschaft in der digitalen Prozessoptimierung.

## Zielsetzung

Ziel der Bachelorthesis ist es, ein Konzept zur Betreuung der Kundschaft zu erstellen, das anderen Consultants der SCHULER Consulting GmbH als Unterstützung bei der Projektierung dienen soll. Die Konzeptvarianten beinhalten die Projektabwicklungsprozesse und Anforderungen an die Stakeholder, um eine Skalierung des Produkts zu ermöglichen.

## Methodik

Die Zielerreichung erfolgt mittels theoretischer Grundlagen im Bereich des klassischen Projektmanagements und dem agilen Projektmanagement mit dem Lean Ansatz. Es sind interne und externe IST-Analysen erstellt worden, welche die Projektabwicklungsprozesse und Pilotprojektierungen analysieren. Die externe IST-Analyse wurde durchgeführt, indem sechs Unternehmen aus verschiedenen Bereichen der Holzbranche und aus angrenzenden Branchen fragebogengestützt befragt wurden. Aus den Interviewantworten und den Prozessanalysen wurden Erkenntnisse abgeleitet. Anschliessend wurden Optimierungsmöglichkeiten evaluiert und neue Konzepte zur Kundenbetreuung abgeleitet.

## Konzepterarbeitung

Es sind zwei Konzepte für die digitale Wertstromoptimierung entwickelt worden, die unabhängig voneinander stehen und dokumentiert sind. Konzept 1 basiert auf dem klassischen Projektmanagement und ist horizontal in vier Phasen und vertikal in Hauptprozesse unterteilt. Konzept 2 basiert auf dem Lean Managementansatz und gliedert sich in acht Phasen, wobei die Projekthalte und -ziele während eines Workshops mit den Kunden festgelegt werden. Beide Konzepte enthalten Vorlagen und Arbeitsdokumente, um die Kundenbetreuung zu optimieren und eine standardisierte Projektabwicklung zu gewährleisten.

## Schlussbetrachtung

Beide Konzepte bieten Vor- und Nachteile und sollten je nach Bedarf eingesetzt werden. Eine klare Dokumentation der Prozesse und Abläufe ist von entscheidender Bedeutung. Die Konzepte müssen in der Praxis erprobt und an die Bedürfnisse der Kundschaft angepasst werden. Schulungen und die kontinuierliche Weiterentwicklung der Konzepte sowie die enge Zusammenarbeit mit der Kundschaft stehen dabei im Vordergrund.



Konzeptvarianten: Klassisches Projektmanagement oben und Lean-Ansatz unten - First Layer Darstellung

# Ökobilanzierung: Ein Vergleich der Holz- und Massivbauweise

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
 Betreuer: Prof. Dr. Cornelius Oesterlee, Prof. Dr. Heiko Thömen

In der Baubranche wird darüber diskutiert, welche Bauweise die umweltfreundlichste ist. Insbesondere die Holz- und Massivbauweise stehen sich dabei gegenüber. Um die Ökobilanz der beiden Bauweisen direkt vergleichbar zu machen, sind zwei Beispielprojekte gewählt worden, die ursprünglich in Massivbauweise geplant und schlussendlich in Holzbauweise realisiert wurden.

## Ausgangslage und Zielsetzung

Die Baubranche trägt heute weltweit einen grossen Teil zum Primärenergieverbrauch und den Treibhausgasemissionen bei. Welchen Einfluss die gewählte Bauweise auf die Gesamtwirkung eines Gebäudes hat und wie gross der anrechenbare Kohlenstoffspeicher ist soll für die beiden Beispielprojekte ermittelt werden. Aus den erhaltenen Erkenntnissen sollen Optimierungsmassnahmen für künftige Projekte abgeleitet werden.

## Methodik

Mit den Daten aus der KBOB-Liste, dem Berechnungsprogramm Lesosai und eigenständig erarbeiteten Excel-Tools wurden die zwei klassischen Ökobilanzierungsfaktoren „totaler nicht erneuerbarer Primärenergieverbrauch (PENRT)“ sowie „Treibhausgasemissionen (GHGE)“ ermittelt und mit Referenzwerten aus der Norm verglichen. Weiter wurden die Faktoren „gesamter energetisch genutzter Primärenergieverbrauch (PERE + PENRE)“ und „Umweltbelastungspunkte (UBP)“ der Gebäude und ihrer Varianten berechnet. Auf Basis der KBOB-Angaben wird zusätzlich der eingespeicherte Kohlenstoff in den verbauten Holzwerkstoffen ermittelt.

## Resultate

Wie in Abbildung 1 ersichtlich schneidet die Holzbau-Variante des Beispielprojektes Fasanenhof nur wenig besser ab als die Massivbau-Variante. Das

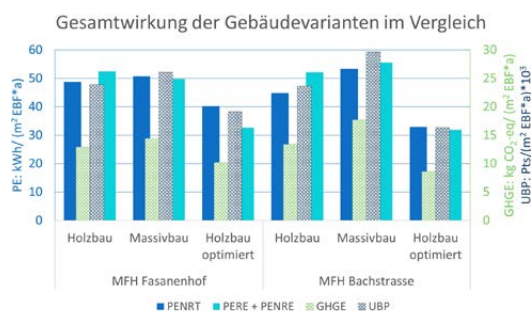


Abbildung 1: Gesamtwirkung der berechneten Beispielprojekte und ihren drei Konstruktionsvarianten

MFH Fasanenhof wurde sowohl in der Holzbau- wie auch Massivbau-Variante mit Aussenwandkonstruktionen in Rahmenbauweise vorgesehen, wodurch die Massivbau-Variante bereits besser dasteht als mit einer Aussenwand über Terrain aus Stahlbeton, wie sie beim MFH Bachstrasse geplant war. Wird auf das ungedämmte Untergeschoss verzichtet und weitere Optimierungsmassnahmen umgesetzt kann eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von rund 29% im Vergleich zur Massivbau-Variante erzielt werden. Durch den Verzicht auf das gedämmte Untergeschoss und das Umsetzen weitere Optimierungsmassnahmen bei MFH Bachstrasse kann eine Reduktion bis zu 51% erreicht werden. In Abbildung 2 wird ersichtlich, dass die Holzbau-Varianten einen Anteil an temporär eingespeichertem Kohlenstoff von rund 36% der verursachten Treibhausgasemissionen aufweisen, wo hingegen die Massivbau-Varianten nur rund 7,5% ihrer Treibhausgasemissionen während der Nutzungsdauer der Gebäude von 60 Jahren speichern können.



Selina Regamey

## Fazit

Soll ein nachhaltiges Gebäude geplant und realisiert werden, müssen in einem frühen Stadium der Planung die richtigen Entscheidungen gefällt werden. Der Verzicht auf ein Untergeschoss hat dabei die grösste Auswirkung gefolgt von der Wahl der Aussenwandkonstruktion.

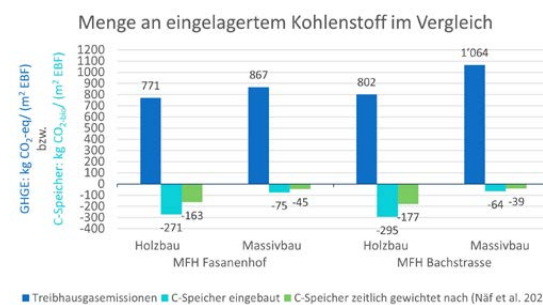


Abbildung 2: Menge an eingelagertem Kohlenstoff in den beiden Beispielprojekten

# Bewertung und Detailentwicklung im Holzbau und Denkmalschutz, Schwerpunkt Unterabstände

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer\*innen: Prof. Dr. Christoph Geyer, Prof. Isabel Engels

44

In den Brandschutzvorschriften 2015 wurden die Gebäudeabstände aufgrund der Aussenwandbekleidungen definiert. Durch die Wohnraumentwicklung und dem Entgegenwirken der Zersiedelung werden diese Gebäudeabstände vermehrt unterschritten. Aus diesem Grund soll in den Brandschutzvorschriften 2026 eine Bewertungsvariante für Gebäudeabstände entstehen.



Jasmin Riesen

## Ausgangslage

Das Raumplanungsgesetz möchte der Zersiedelung entgegenwirken und lenkt die Siedlungsentwicklung nach innen. Dies bedeutet nicht nur energetische Sanierungen bei alten Gebäuden, sondern auch verdichtetes Bauen. Das verdichtete Bauen kann jedoch zu Konflikten mit den gesetzlichen Vorgaben führen. Die im Brandschutz vorgeschriebenen Gebäudeabstände werden teilweise unterschritten. Bedeutet dies, dass in Zukunft keine Häuser mehr mit Holzbekleidungen erstellt werden dürfen? Dieser Fragestellung wird an einem Projekt in dieser Arbeit nachgegangen, bei dem zwei Neubauten und ein denkmalgeschütztes Gebäude mit brennbaren Fassaden im Unterabstand geplant sind.

## Ziele

Der Aufgabenbereich eines Holzingenieurs ist breit gefächert und umfasst Themen der Statik zu Wärmeschutz, über Schallschutz bis hin zum Brandschutz. All diese Bereiche werden im Projekt betrachtet. Als Ingenieurleistungen werden die Anforderungen an die unterschiedlichen Gebäude des Gesamtvorhabens zusammengestellt und Lösungen für bautechnisch kritische Details ausgearbeitet. Die Vertiefung der Arbeit liegt auf dem Brandschutz. Im Rahmen der Brandschutzvorschriften BSV 2026 ist vorgesehen, eine Bewertungsvariante für den Umgang mit Unterabständen zu implementieren. Anhand dieser soll die detailliertere Ermittlung von den notwendigen Abständen bei Abweichung zu den Standardabständen möglich sein. Als Grundlage eines solchen Verfahrens sollen die Herausforderungen aufgezeigt und Lösungsansätze ausgearbeitet werden.

## Vorgehen

Die Arbeit wurde in zwei Teilen unterteilt. Der erste Teil befasste sich mit den Rahmenbedingungen und Anforderungen an ein geschütztes Gebäude sowie an Neubauten. Der Teil vermittelt Grundlagen für die Detailentwicklung zwischen der Statik, der Bauphy-

sik und dem Brandschutz. Im zweiten Teil wird der Fokus auf den Brandschutz und den Umgang mit den Unterabständen gelegt. Bereits bestehende Methoden anderer Länder werden analysiert und für die Anwendung in der Schweiz weiterentwickelt. Anhand dem vorliegenden Objekt werden die geplanten Abstände bewertet und die notwendigen Gebäudeabstände exemplarisch ermittelt. Die auftretenden Herausforderungen werden beschrieben und offene Fragestellungen zur Weiterentwicklung für die BSV 2026 zusammengestellt.

## Ergebnisse

Die Bearbeitung des Projekts hat im ersten Teil ergeben, dass die Statik, die bauphysikalische Ertüchtigung sowie der Brandschutz miteinander verknüpft sind. Ein durchdachtes Konzept bei Neubauten hilft bei der Projektausführung und den Ertüchtigungen. Die Schwierigkeit liegt vorwiegend bei bestehenden Bauten, welche gewisse ökologische, konstruktive sowie wirtschaftliche Herausforderungen mit sich bringen.

In Hinblick auf die Bewertungsvariante im zweiten Teil konnte festgestellt werden, dass bestehende Methoden als Grundlage verwendet werden können, diese jedoch wichtige Aspekte zur Adaption in der Schweiz nicht berücksichtigen, welche notwendigerweise einfließen müssen.

## Fazit

Die Arbeit hebt die Wichtigkeit des Zusammenspiels der verschiedenen Themen hervor. Für die weitere Planung des Projektes ist mit den Ergebnissen der Arbeit der Grundstein gelegt. Die zentralen Herausforderungen sind herausgearbeitet und werden in der Ausführungsplanung berücksichtigt. Als Grundlage für die Integration einer Bewertungsvariante von Gebäudeabständen in den BSV 2026 konnte ein erster Überblick inklusive eines Entwurfs erarbeitet werden. Dabei sind die offenen Fragestellungen für eine Weiterentwicklung für BSV 2026 adressiert.

# Holzhaus ohne Heizung

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
 Betreuer: Prof. Dr. Christoph Geyer

Themen wie Low-Technologies, ökologisches und nachhaltiges Bauen, Behaglichkeit und Komfort beschreiben moderne Bedürfnisse, welche an Bedeutung stark zugenommen haben. Ein gewisser gesellschaftlicher Wohlstand ist Standard und gleichzeitig ist mit der Energie sparsam umzugehen. Dies beschreibt Herausforderungen, die eine Projektleitung in ihrem Arbeitsalltag ständig beschäftigen. Über den Bereich der Bauphysik soll ein Weg zum energetisch sparsamen Bauen aufgezeigt werden.

## Ziele

Die Thesis verfolgt die Ziele, die Rahmenbedingungen für ein Holzhaus mit möglichst geringem Energiebedarf und im Idealfall ganz ohne Heizung zu klären und die Stellschrauben für die Projektleitung zu definieren.

## Vorgehen

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Parameterstudie am Heizwärmebedarf eines Beispielobjektes durchgeführt. Weiterführend wurde der Einsatz von alternativen Energien zum Halten der minimalen operativen Raumtemperaturen untersucht.

## Erkenntnisse

Mittels verschiedener Modellierungs-, Berechnungs- und Simulationsprogrammen war es möglich, eine

detaillierte Übersicht über die Einflussparameter auf ein Holzhaus ohne Heizung zu erhalten.

In der Abbildung des Merkblattes werden die Stellschrauben und deren Einflussgrösse visualisiert. Die Länge der Balken widerspiegelt die Grösse des Einflussbereiches auf den Heizwärmebedarf, wobei der Betrachtungsbereich der jeweiligen Einflussgrösse am Balkenkopf sowie an dessen Ende beziffert ist. Auf der unteren Skala ist es möglich bei variierendem Parameter die Veränderung des Heizwärmebedarfes abzulesen. Schlussendlich ist ein Holzhaus ohne Heizung realistisch umzusetzen, insofern das Potenzial der Sonne über ergänzende Technik wie Photovoltaik und Solarthermie genutzt werden kann.

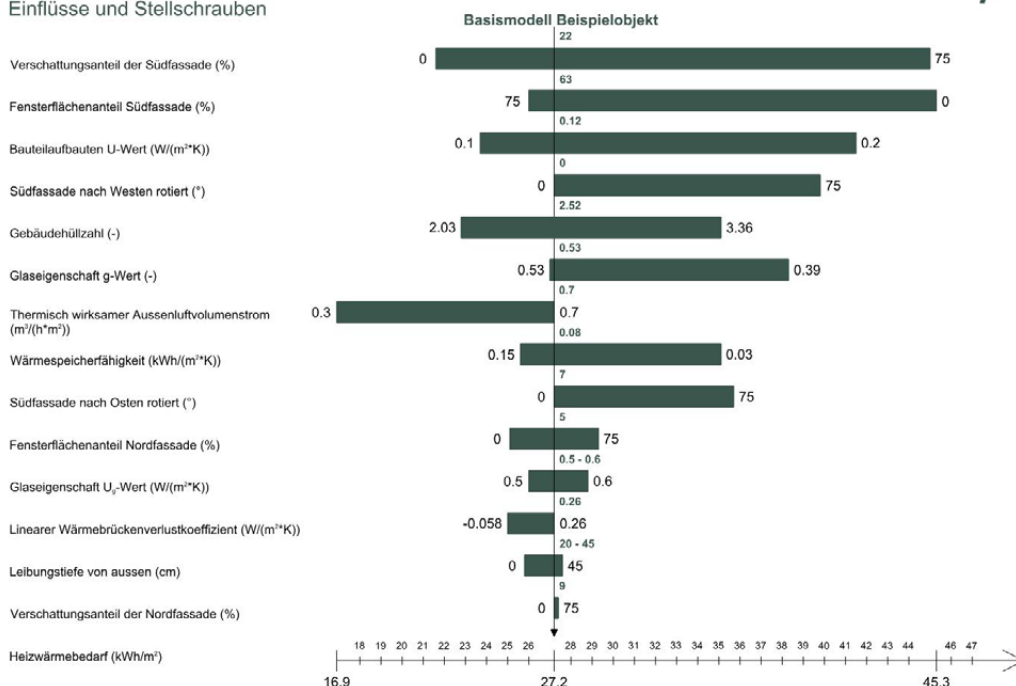


Jonathan Ruppen

## Energiesparsames Bauen

Einflüsse und Stellschrauben

PIRMIN JUNG



Merkblatt zu den Stellschrauben und deren Auswirkung auf den Heizwärmebedarf untersucht an einem Beispielobjekt.

# Recherche sur le système d'ancrage « Simplex » en construction bois

Filière d'études : Bachelor of Science en Technique du bois | Orientation : Timber Structures and Technology  
Encadrants : Prof. Martin Geiser, Kylian Maitre

46

Dans le domaine de la construction bois, les ancrages standards disponibles peuvent reprendre en général des efforts de traction jusqu'à environ 50 kN. Un nouveau système, nommé ancrage « Simplex » permet de résister jusqu'à 300 kN. Ce travail investigate la longueur de cisaillement à prendre en compte dans le dimensionnement d'un poteau de bord d'une ossature bois qui utilise cet assemblage.



Etienne Joseph Salamin

## Contexte

L'entreprise Ancotech SA, spécialisée dans les connexions béton et acier, en collaboration avec la BFH ont développé l'ancrage « Simplex », qui peut reprendre des efforts moyens à élevés pour la construction en bois.

## Système d'ancrage „Simplex“

Composé d'une barre d'armature B500B, sertie par deux coupleurs d'armature filetés « Baron-C », l'ancrage est fixé dans une dalle béton et un poteau de bord par des tiges filetées reprises par des plaques d'acier. Nommée « œil », une ouverture pratiquée dans le montant en bois, qui accueille l'ancrage en son sein, permet le serrage.

## Objectifs

Les objectifs sont les suivants :

- Déterminer la longueur effective de cisaillement en bas de l'œil
- Établir une règle de dimensionnement
- Vérifier la résistance du système d'ancrage

## Méthode

De précédents travaux de recherche sur les dalles bois-béton établissent une longueur effective de cisaillement  $l_v$  égal à 8 fois la profondeur de la rainure ( $l_v = 8 * t_v$ ). Comme l'ancrage « Simplex » se fixe dans l'« œil » du montant, le système constructif est différent, car moins excentré et plus symétrique. Ici,  $t_v$  représente la moitié de la largeur de la plaque de l'œil.

Basée sur 3 sections différentes, une première série d'essais sur des montants en lamellé-collé examine deux longueurs de cisaillement (8 et 20 \*  $t_v$ ) à l'aide de la machine de traction „ZumWald Zugprüfmaschine 850kN“ et de son logiciel DionPro V6.7. Le logiciel Vic Snap 9, qui utilise la technologie DIC (Digital Image Correlation), est également utilisé pour déterminer les déformations et les contraintes présentes lors des tests. Surdimensionnés partout sauf au cisaillement,

la comparaison de ces essais permet de déterminer la longueur effective de cisaillement en fonction de la géométrie des montants.

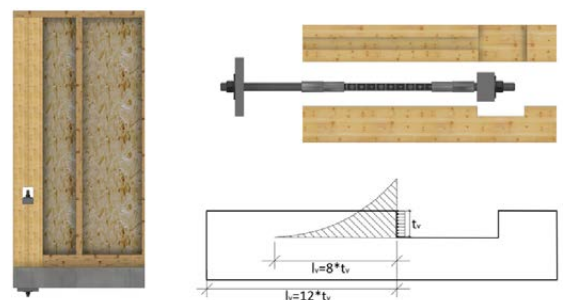
Enfin, une deuxième dernière phase d'essai vérifie le facteur trouvé lors de la première phase en supprimant la hiérarchie de résistance. Cette étape vise à confirmer la fiabilité du système d'ancrage.

## Résultats

Les efforts liés au cisaillement se propagent jusqu'à une longueur de 10\* $t_v$  environ. Afin de simplifier la formule de dimensionnement qui comportait de base un  $\frac{3}{4}$  lié à une sollicitation asymétrique des plans de cisaillement pour une paroi, ce facteur est réduit à 8. Ensuite, les éprouvettes dimensionnées de manière réaliste démontrent différentes modes de rupture possibles sur des montants réalistes.

## Conclusion

Après évaluation des essais, il a été décidé d'établir le facteur de calcul de la longueur effective de cisaillement à 8\* $t_v$  et de conseiller un facteur de construction à 12\* $t_v$  lié à la robustesse du système. Les forces ultimes obtenues démontrent une résistance satisfaisante de l'ancrage, comme calculé théoriquement. A titre d'exemple, un montant de 240\*280 mm (six lamelles) ancré avec une barre de 30 mm de diamètre peut reprendre jusqu'à environ 300 kN d'effort de traction grâce au système « Simplex ».



Ancrage « Simplex » et longueur effective de cisaillement

# Etablierung Arbeitssicherheit & vereinfachter Arbeitsabläufe in einer kamerunischen Schreinerei

Studiengang : Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung : Process and Product Management  
Betreuer : Prof. Markus Schär, Gerhard Meyer

47

Die Arbeitsumwelt in einer kamerunischen Schreinerei ist sehr verschieden von dieser in der Schweiz. Während des Praktikums wurde im Rahmen der Bachelorthesis versucht, die Arbeitssicherheit im Betrieb einzuführen und zu etablieren. Mithilfe von einem neu entworfenen Transportwagen für die Werkstatt konnte zudem eine Erleichterung für den Arbeitsalltag der Schreiner\*innen erzielt werden.

## Ausgangslage

In der kamerunische Schreinerei Centre de Formation Menuiserie Technique (CFTM) fallen bei genauerem Hinschauen einige Mankos auf. Beispielsweise wird in dem Maschinenraum, der mit alten Schweizer Schreinermaschinen ausgestattet ist, die Arbeitssicherheit häufig vernachlässigt. Im Allgemeinen gibt es diverse Bereiche, die angepasst werden könnten, um den Alltag sicherer und leichter zu gestalten. Das Ziel dieser Arbeit beschreibt die Einführung und Etablierung von Arbeitssicherheit und vereinfachten Arbeitsabläufen in der Schreinerei CFTM. Die Einbindung der kulturellen Situation spielt dabei eine entscheidende Rolle.

## Vorarbeiten

Zum besseren Verständnis der kamerunischen Lebensweise wurden diverse Gespräche und zwei Interviews mit den Einheimischen durchgeführt. Um die Situation im Betrieb besser zu verstehen, gab es eine kurze

Umfrage mit allen Schreiner\*innen. In darauffolgenden Gesprächen mit vier Schreiner\*innen zur Thematik Arbeitssicherheit und Arbeitsprozesse wurden vertiefende Informationen zusammengetragen. Darauf aufbauend und in Absprache mit der Geschäftsleitung wurden die konkreten Projektbereiche definiert.

## Projekte

In einer Theorielektion wurden den Schreiner\*innen die Prinzipien der allgemeinen Arbeitssicherheit erklärt. Zu den wichtigsten besprochenen Inhalten zählten der Gehörschutz und das Heben und Tragen von Werkstücken. Um die Arbeitssicherheit in der Werkstatt vor Ort zu vertiefen, wurde anschliessend ein Seminar zu den relevantesten Maschinen durchgeführt. Mit vorbereiteten Hilfhölzern und -mitteln konnten einige sichere Arbeitsmethoden besprochen werden. Mit auffallend aufgehängten Sicherheitsdatenblättern für alle Maschinen werden die Mitarbeitenden beim Herantreten an eine Maschine auch längerfristig auf die Sicherheitsregeln hingewiesen. Ein weiteres Problem stellt die körperliche Belastung der Angestellten beim Herumtragen des schweren Tropenholzes dar. Für die Werkstatt wurde ein neues Modell für einen Schreinerwagen konzipiert und eingeführt. Die Mitarbeitenden nutzten diesen umgehend und waren erfreut über die Entlastung. Künftig sollen noch weitere Wagen gebaut werden, um das Handling der Werkstücke zu vereinfachen.

## Ergebnisse

Obwohl viele Mitarbeitende zu Beginn skeptisch waren und sich nicht gleich auf einen Wandel einlassen wollten, konnten erfreulicherweise mehrere positive Veränderungen bewirkt werden. Die Transportwagen erleichtern den Arbeitsalltag und die Arbeitssicherheit wurde in einigen Bereichen verbessert. Wie die Zukunft aussehen wird, hängt jedoch stark vom Willen der Unternehmensführung und der Motivation der Mitarbeitenden ab.



Fabian Schaad  
fabian.schaad@besonet.ch



Schreiner an Hobelmaschine mit aufgehängtem Sicherheitsdatenblatt



# Planungsgrundlage für einen mehrgeschossigen Massivholzbau

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Fritz Maeder

48

Um den Einsatz von Vollholzelementen im mehrgeschossigen Holzbau optimal zu nutzen, bedarf es einer engen Zusammenarbeit mit der Architektur. Nur wenn die Tragwerksplaner\*innen frühzeitig in einem Bauvorhaben involviert sind, können statische Aspekte angebracht werden, die es ermöglichen, mit Massivholz zu bauen. Die Schwierigkeit besteht darin, die Architekturschaffenden und Bauherrschaften so zu beraten, dass geeignete Gebäude für den Massivholzbau entstehen.



Dominik Pascal Schläpfer  
dosch\_94@bluewin.ch

## Ausgangslage

Ein mehrgeschossiger Holzbau ohne den Einsatz von verleimten Brettschichtholzträgern oder stabförmigen Stahlbauteilen ist angesichts der heutigen Ansprüche der Bauherrschaft kaum noch zu realisieren. Gewünscht werden grosse, stützenfreie Räume und grossformatige Fensterflächen. Das Ziel von jedem\*jeder Holzbauingenieur\*in, Holzbauplaner\*in und Zimmermann beziehungsweise Zimmerin sollte jedoch sein, wenn immer möglich den Rohstoff Holz in seiner reinen Form zu verwenden und zu verbauen.

## Zielsetzung

Diese Arbeit zielt darauf ab, Möglichkeiten von Konzepten zur horizontalen Lastübertragung unter Verwendung von TWOODS Wänden aufzuzeigen. Diese Konzepte sollen auf fundiertem Fachwissen und sorgfältigen Analysen basieren. Um dieses Ziel zu erreichen, werden die statischen Eigenschaften eingehend betrachtet. Dadurch wird es möglich sein, der Kundschaft und den Architekturteams eine qualifizierte Beratung anzubieten. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Analyse der horizontalen Lastabtragung, da diese im Kontext des mehrgeschossigen Holzbaus eine entscheidende Rolle spielt.

## Ergebnisse

In dieser Thesis wurden mehrere wichtige Erkenntnisse erarbeitet. Eine entscheidende Leistung besteht in der Erstellung einer Vorbemessungstabelle, die von Planerinnen und Planern auf allen Stufen der Entwurfsphase genutzt werden kann. Diese Tabelle gibt klare Anweisungen, wie viele Laufmeter an Wänden im Erdgeschoss mindestens vorhanden sein sollten. Sie bezieht sich dabei auf den Gebäudegrundriss, die Gebäudemasse sowie die Gebäudehöhe. Die Untersuchung konzentrierte sich auf die Einwirkungen von horizontalen Kräften, nämlich Wind- und Erdbebenbelastungen.

## Fazit

Die aktuellen Konstruktionsmethoden der TWOODS Wände beschränken ihren Einsatz im mehrgeschossigen Holzbau. Wohnbauten mit bis zu drei Geschossen erscheinen realistisch umsetzbar, während oberhalb dieser Höhe Mischsysteme aus Massivholzwänden und Holzrahmenkonstruktionen als vielversprechende Alternativen in Betracht gezogen werden können. Die Entwicklung praktikabler und wirtschaftlicher Anschlussdetails stellt eine weitere Herausforderung im Bereich des mehrgeschossigen Holzbaus mit Vollholzwänden dar. Die TWOODS Wände sind ein neues Produkt auf dem Markt. Es ist von grosser Bedeutung, dass kontinuierlich weitere Untersuchungen, Forschung und Optimierungen durchgeführt werden, um die Nutzung von Holz als Baumaterial auch in Zukunft voranzutreiben.

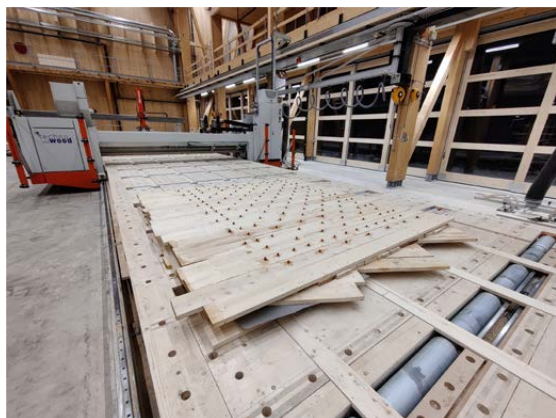


Abbildung 1 Wand nach dem Einpressen der Dübel (Quelle: Schindler & Scheibling AG, 2022)

# Statische Grundlagen eines brettsperrholzähnlichen Produktes mit optimiertem Materialeinsatz

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Andreas Müller, Prof. Dr. Martin Lehmann

49

Für die Lastabtragung einer Geschossdecke eines Raummoduls wird ein System angestrebt, welches die aufgebrachten Lasten in zwei Richtungen an die Eckpfosten abtragen kann und im Vergleich zu Brettsperrholz einen geringeren Materialaufwand aufweist.

## Ausgangslage

Für den Unternehmensbereich Modulbau eines Schweizer Holzbauunternehmens soll ein Geschossdeckensystem entwickelt werden. Das System soll mit Hilfe einer Lastabtragung in zwei Richtungen die Belastung in die punktuellen Auflager eines Raummoduls abtragen können. Die Geschossdecke besteht aus einem Aufbau von mehreren Brettlagen, bei denen die Decklagen vollflächig und die inneren Brettlagen als Tragsystem teilflächig sind.



Versuchsaufbau zur Festigkeits- und Steifigkeitsermittlung

## Zielsetzung

Dem Praktikumsunternehmen wird eine Grundlage, bestehend aus einer theoretischen und einer praktischen Analyse der Produktidee, für die weitere Entwicklung geschaffen. Aus den Resultaten erhofft sich das Unternehmen eine erste Erkenntnis zum statischen Verhalten des Systems.

## Ergebnisse

Durch die punktuellen Auflager entstehen in den Auflagerbereichen hohe Querkräfte und dadurch hohe Schubspannungen. Der abwechselnde Lagenaufbau des Bauteils erzwingt Rollschubspannungen in der Mittellage. Die Kombination von Schubspannungen und Rollschubspannungen im Auflagerbereich wird in der praktischen Analyse mit Hilfe einer Steifigkeits- und Festigkeitsprüfung untersucht. Aus der Festigkeitsermittlung wird auf einen geringen Einfluss der rollschubbeanspruchten Mittellage geschlossen. Die schubbeanspruchten Lagen übernehmen den Grossteil der Kräfte und sind für die Festigkeit im Auflagerbereich massgebend.

## Fazit

Diese Thesis ermöglicht dem Praktikumsunternehmen die weitere Produktentwicklung auf den ermittelten statischen Grundlagen aufzubauen und mit Hilfe der Ergebnissen aus der praktischen Prüfung die bisherige Idee zu optimieren.



Benedikt Eric Schneider

# Aussteifende Holzrahmenbau-Wände mit mehreren Öffnungen

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Martin Geiser, Lukas Kramer

50

Effizient und innovativ ist die neue Art, Holzrahmenbau-Wände mit Öffnungen zur Aussteifung einzusetzen. Aktuell müssen solche Wände segmentiert werden. Nach Norm dürfen die Wandsegmente mit grossen Öffnungen nicht aussteifend angesetzt werden. Die bestehende, innovative Idee zur Optimierung von Wänden mit Öffnungen bestätigt sich auch bei Wandmodellen mit Mehrfachöffnungen.



Dominik Martin Sigg

## Ausgangslage

Die moderne Architektur ist durch grosse Fensterflächen in der Aussenwand und wenig tragende Innenwände gekennzeichnet. Das führt oft zu einem Problem in der Aussteifung. Das Ziel sind effiziente Aussteifungslösungen für den Holzrahmenbau.

## Stand des Wissens

Seit Oktober 2021 läuft das durch die BFH lancierte Forschungsprojekt «Entwicklung einer Methode für die Modellierung, Bemessung und Ausführung von aussteifenden Holzrahmenbau-Wänden mit Öffnungen». Neu sollen horizontale Verstärkungsmassnahmen alle Segmente in Wänden mit Öffnungen aktivieren, ohne dass diese einzeln verankert werden müssen. Vorversuche versprechen ein markantes Potential zur Kosteneinsparung durch die Reduktion teurer Zugverankerungen.

## Material und Methode

Werkzeug ist das unten dargestellte Modellierungstool, um Tragwiderstand und Steifigkeit von Wänden mit mehreren Öffnungen zu ermitteln. Das entwickelte Tool aus einem Zusammenspiel von Excel, Grasshopper und Rhinoceros liess sich zielfüh-

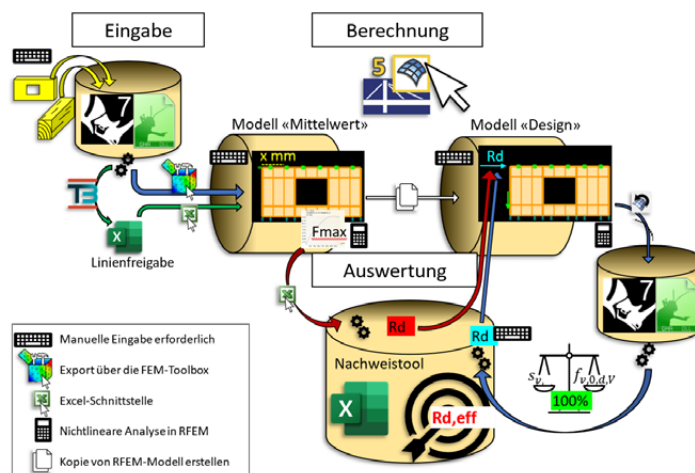
rend für eine Parameterstudie einsetzen. In Absprache mit den Industriepartnern werden durchgehende Brettschichtholzriegel als neue Verstärkungsmassnahme eingesetzt und die Wände nur mit Endverankerungen modelliert.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Verbesserung des Tragverhaltens durch die neuen Verstärkungsmassnahmen. Das Potential zur Kosteneinsparung bestätigt sich auch bei Wänden mit mehreren Öffnungen. Je länger die Wand, desto höher wird die Tragfähigkeit, sogar bei mehreren Öffnungen. Eine wirtschaftlich interessante und zuverlässige Lösung für den Holzrahmenbau.

## Ausblick

Das Modellierungstool ist nun bereit für eine Erweiterung, damit auch mehrgeschossige Wände modelliert werden können. Detaillierte Bedienungshinweise und ins Programm integrierte Kommentare ermöglichen einen raschen Einstieg für den Ausbau des Modellierungstools.



Modellierungstool; Workflow zur Ermittlung des effektiven Tragwiderstands  $R_{d,eff}$  von Wänden mit mehreren Öffnungen

# Untersuchung eines Vollholzbohlendeckensystems als Grundlage für die künftige Bemessung

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Hanspeter Kolb, Roman Hausammann

51

Im Rahmen dieser Thesis wurde ein Deckensystem sowohl konzeptionell wie auch praktisch untersucht. Die Arbeit soll Ingenieur:innen und weiteren Projektbeteiligten als Grundlage für die künftige Bemessung dienen.

## Ausgangslage

Hinter dem Gasthaus Bären in Gonten AI soll eine Überbauung mit Ferienwohnungen, einem Hotel und Alterswohnungen entstehen. Dabei wird der traditionelle Appenzeller Strickbau mit Vollholzdecken eingesetzt. Infolge der grösseren Räume und der über die letzten Jahrzehnte gestiegenen Gebrauchsanforderungen, muss das System an die heutige Zeit adaptiert werden. Das von Hermann Blumer entwickelte System und Konzept soll im Rahmen dieser Thesis untersucht und geprüft werden. Untersucht werden die Steifigkeit, das Schwingverhalten und der Widerstand des Deckensystems.

## Ziele und Vorgehensweise

Als erstes wurde das System konzeptionell auf mögliche Schwachstellen untersucht. Auf der Grundlage der Ergebnisse wurde ein Feldversuch aufgebaut und durchgeführt. Um Rückschlüsse in Bezug auf die Steifigkeit ziehen zu können, wurden beim Versuch die Verformungen und das Schwingverhalten gemessen.

## Resultate und Ergebnisse

Der Feldversuch hat ergeben, dass die Steifigkeit des Systems sehr tief ist, was sich mit einer niedrigen Frequenz von 2.7 Hz und durch grosse Verformungen gezeigt hat. Weiter ist das Versagen des Schubholzes vor dem Grenzzustand der Tragsicherheit auf

ein Materialversagen bzw. auf die Materialqualität zurückzuführen.

## Schlussfolgerungen

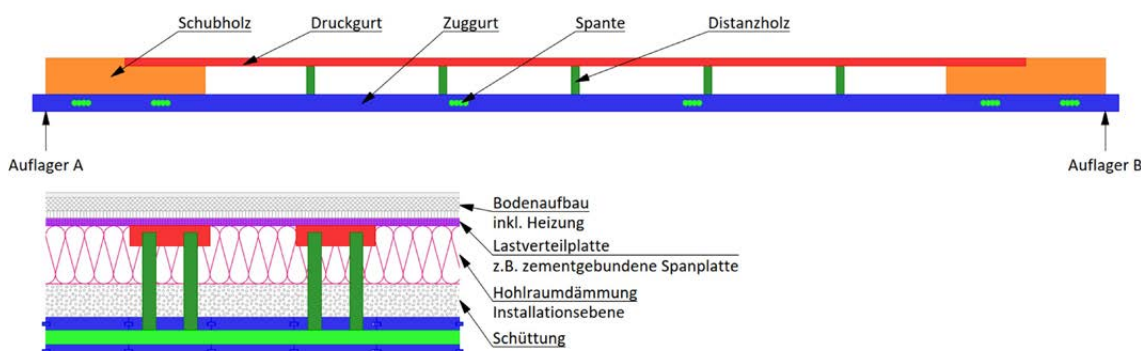
Aus der Thesis geht hervor, dass Anpassungen im Bereich des Schubverbundes zur Erhöhung der Steifigkeit nötig sind und die Asymmetrie des Druck- und Zuggurts reduziert werden sollte. Zum Zeitpunkt der Abgabe der Thesis ist ein zweiter Versuch geplant und aufgebaut worden. Zur Umsetzung der Erkenntnisse aus der Arbeit wurden im Bereich der Schubeinleitung, anstelle des Schubholzes, zwei stehende Dreischichtplattenstreifen eingeklebt und der Querschnitt des Obergurts wurde an den des Druckgurts angepasst.



Yanick Stadler



3D Ansicht des Deckenelements



Schematische Skizze des Deckenprinzips

# Schraubenpressklebung bei Plattendicken über 50 mm

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
 Betreuer: Prof. Dr. Steffen Franke, Prof. Dr. Martin Lehmann

52

Die Vorgaben für die Schraubenpressklebung mit der Einschränkung, dass nur Holzwerkstoffplatten bis 50 mm verwendet werden dürfen, hat sich seit vielen Jahren nicht verändert, obwohl heutzutage im Holzbau immer grösser und höher gebaut wird. Verklebungen bei Rippen- und Hohlkastendecken mit Plattendicken über 50 mm sind heute Standard, obwohl dies ausserhalb der DIN 1052-10 liegt.



Janine Truschner

## Ausgangslage

SPK finden in vielen Bereichen des Holzbaues Anwendung. Sobald es um weitgespannte Decken geht, werden die Tragrippen mit einer Holzwerkstoffplatte verklebt um diese statisch wirksam ansetzen zu können. Die DIN 1052-10:2012-05 legt hier einen Ausführungsstandard fest und gilt bis zu einer Plattendicken von 50 mm bei Holzwerkstoffplatten bzw. 45 mm bei Vollholzplatten. Im Laufe der letzten Jahre wurden viele Optimierungen im Holzbau gemacht und es wird stets grossvolumiger und höher gebaut. Das hat zur Folge, dass an die Tragstruktur immer höhere Anforderungen gestellt werden. Dies führt öfters zu Rippen- und Hohlkastendecken mit grösseren Plattendicken in der Anwendung.

## Ziel

Ziel ist es, die Herausforderungen bei einer Schraubenpressklebung mit Platten über 50 mm Dicke zu klären und hierfür einen Standard zu definieren. Durch ein optimales Zusammenspiel von Klebstoff, Pressmethode und Holzbauteilen soll ein bestmögliches Ergebnis erzielt werden. Mittels Versuchen soll eruiert werden, ob die Theorie auch in der Praxis funktionsfähig ist. Projektleiter sollen Grundlagen in einer geeigneten Form erhalten, wie sie dies in ihrer Projektplanung berücksichtigen können.

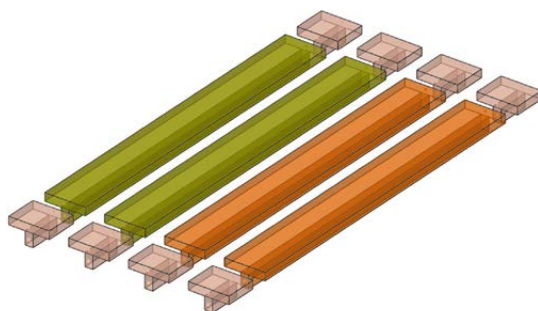


Abbildung 1: Aufgeschnittenes Element in die einzelnen Versuchskörper. Jede Farbe ist ein anderer Parameter

## Erkenntnisse

Aus den Versuchen wurde ersichtlich, dass das Merkblatt, das PJ erstellt hat, bereits die Ansprüche für eine Verklebung mit Platten über 50 mm erfüllt. Jedoch muss darauf geachtet werden, dass die verwendeten Klebstoffe auch für den tragenden Ingenieurholzbau zugelassen sind. Dies zeigten die Ergebnisse mit den pneumatischen Pressbügeln, wo so ein Klebstoff verwendet wurde. Die Schubspannung war hier viel höher und erfüllte die Norm. Die Klebstoffwahl spielt somit eine entscheidende Rolle und darf nicht ausser Acht gelassen werden. Dies muss auch den Holzbauern so mitgeteilt werden.

## Fazit

Rippendecken mit dickeren Platten als von der DIN EN 1502 zugelassen, können weiter im mehrstöckigen Holzbau angewendet werden, mit Vorraussetzung der richtigen Klebstoffwahl. Um ein aussagekräftigeres Resultat zwischen Schraubenpressklebung und pneumatischen Pressbügeln zu bekommen, muss dringen darauf geachtet werden, dass der gleiche Klebstoff genommen wird, was hier leider nicht der Fall war und erst zu spät gemerkt wurde. Auch wenn die Datenblätter zweier Klebstoffe identisch sind, können diese sich trotzdem unterschiedlich auf die Gesamtstabilität der Verklebung auswirken.

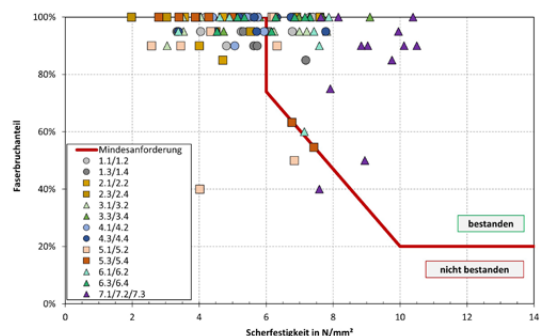


Diagramm 1: Scherprüfung Zusammenhang Faserbruchanteil und der minimalen Scherfestigkeit

# Analyse des facteurs influençant le regroupement de deux ébénisteries sur un seul emplacement

Filière d'études : Bachelor of Science en Technique du bois | Orientation : Process and Product Management  
Encadrants : Prof. Bernhard Letsch, Prof. Eduard Bachmann

53

Depuis plus de 30 ans, La famille Auer en Autriche dirige deux entreprises d'ébénisterie. Elles sont situées dans deux ateliers différents. Le personnel qualifié se faisant plus rare et le parc machine présent à double dans les deux entreprises, amène à une réflexion de regrouper les deux ateliers de production. Il s'agit d'identifier les facteurs d'influence interne et externe afin d'orienter la décision d'une possible fusion des deux ateliers.

## Situation de départ

Depuis 30 ans, deux ateliers d'ébénisterie gérés par la même famille fonctionnent de manière indépendante l'un vis-à-vis de l'autre. Ces dernières années, les employés qualifiés se font de plus en plus rares, et les coûts d'infrastructure augmentent en raison d'une utilisation moins fréquente du parc machine. Chaque atelier a des compétences différentes dans le domaine de l'agencement intérieur. L'entreprise voit du potentiel en fusionnant les deux entreprises afin de mieux planifier le personnel sur les projets. De plus, une baisse des coûts de production en réduisant les machines présentes à double peut être atteinte. Une fusion des sites de production pourrait être une solution pour continuer à répondre aux demandes des clients. Mais avant de regrouper les ateliers, il faut analyser de quelle manière cela peut être réalisable.

## But

L'objectif de ce travail est de déterminer les facteurs qui influencent la fusion des ateliers de production et d'évaluer les économies potentielles que pourrait générer ce projet. Ces informations constitueront un soutien à la prise de décision pour le responsable des deux entreprises.

## Méthodologie

Afin d'identifier les éléments à prendre en compte pour la réalisation de ce projet, plusieurs parties prenantes ont été consultées. Un atelier de travail a été organisé avec les cadres des deux entreprises concernées pour comprendre leurs points de vue sur les facteurs influençant la fusion. Des entretiens ont également été menés avec des chefs d'entreprise ayant déjà vécu ce type de changement pour compléter les éléments identifiés. De plus, une analyse du potentiel économique a été calculée.

## Résultats

L'analyse montre que la fusion des deux entreprises conduira à la construction d'un nouveau atelier. Ce nouveau bâtiment permettra de mieux répondre aux besoins actuels et ainsi d'optimiser la production. Selon les différentes variantes envisagées, une économie de chiffre d'affaire comprise entre 4 % et 8 % pourrait être réalisée. Un grand nombre de facteurs de réussite ont été identifiés, tels que :

- Une fusion, en intégrant les employés dans le processus, provoque peu de démission du personnel
- Un nouvel atelier intégrant le facteur humain peut rendre l'entreprise attractive auprès de futurs collaborateurs
- Effectuer une comparaison des processus de fabrication des deux entreprises
- Adapter la culture des deux entreprises pour qu'elle soit compatible entre les deux entités
- Renforcer l'esprit d'équipe en plus de chercher une cohésion entre tous les employés

## Conclusion

Le calcul du potentiel économique du regroupement des ateliers sur un site montre qu'il est favorable. Ce point devrait motiver les responsables de l'entreprise à poursuivre l'étude de la fusion. Pour poursuivre, une analyse plus approfondie des facteurs reconnus sera nécessaire. Le choix est dans les mains du nouveau directeur en fonction de sa vision du futur des deux entreprises.



Jean-Gabriel Tschopp  
078 943 48 78  
jeangabriel.tschopp@gmail.com

# Dämpfungsmass von Holzverbindungen

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Martin Geiser, Lukas Furrer

54

VIDEO



Die Norm SIA 261:2020 geht unabhängig von der Materialisierung von einer viskosen Tragwerksdämpfung von 5 % an Gebäuden aus. Durch Ausschwingversuche an Prüfkörpern mit verschiedenen Holzverbindungen soll ermittelt werden, wie hoch die Dämpfung innerhalb der Verbindungen tatsächlich ist. Die Ergebnisse sollen für weiterführende Untersuchungen an Bauteilen und Gebäuden verwendet werden können.



Beat Wolfsberg

## Ausgangslage

Neueste Untersuchungen haben gezeigt, dass der Hauptanteil der Dämpfung in den Verbindungen entsteht und die Materialdämpfung des Werkstoffes Holz nur einen geringen Anteil ausmacht. Um herauszufinden, welche Dämpfungseigenschaften verschiedene Verbindungen aufweisen, werden im Rahmen dieser Arbeit Ausschwingversuche an fünf verschiedenen Verbindungen durchgeführt.

## Vorgehen

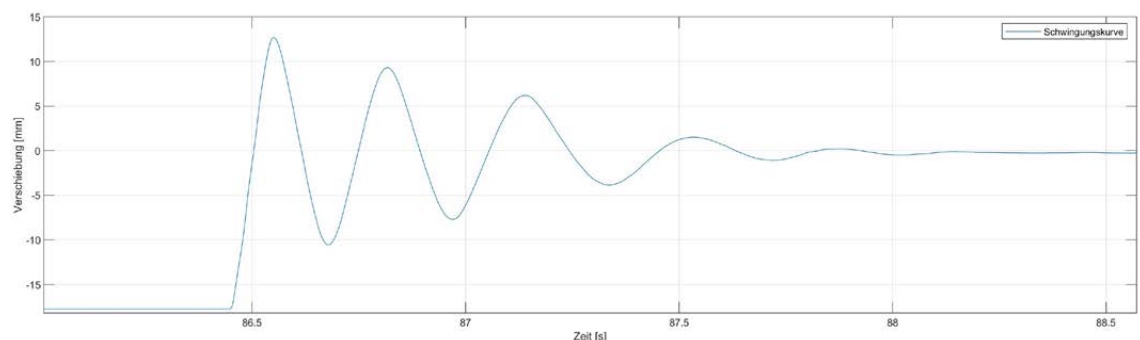
Die Prüfkörper setzen sich aus einem Kragarm, der aus einem Verbundquerschnitt besteht, und einer Schwelle zusammen. Je Verbindung kommen acht bzw. zwölf verschiedene, kreisförmig angeordnete Verbindungsmittel zur Anwendung. Die Prüfkörper sind in mehreren Laststufen ausgehend vom bemessenen Tragwiderstand der Verbindungen durch eine Zugkraft ausgelenkt und zum Schwingen angeregt worden. Anhand der aufgezeichneten Schwingungskurve lässt sich die Dämpfung und die Grundschwingzeit jedes Prüfkörpers berechnen.

## Ergebnisse

Alle geprüften Verbindungen, mit Ausnahme der Stabdübelverbindung, weisen Dämpfungswerte auf, die einem Vielfachen der normativen 5 % viskosen Dämpfung entsprechen. Unter hoher Beanspruchung erzielen die beiden Nagelverbindungen die höchsten Dämpfungswerte, während die Klammerverbindungen über alle Laststufen betrachtet konstantere Dämpfungswerte liefern. Erwartungsgemäss bewirkt die Stabdübelverbindung die geringste Dämpfung. Die Stabdübelverbindung legt im Gegensatz zu den anderen Verbindungen ein überraschendes Dämpfungsverhalten an den Tag. Da die Dämpfung dieser Verbindung mit zunehmender Beanspruchung abnehmend ist.



Ausschwingversuch an einem Prüfkörper mit Stabdübelverbindung.



Schwingungsverhalten der Stabdübelverbindung bei 120 % Auslastung des bemessenen Tragwiderstandes.

# Aussteifungssysteme mit fachwerkartigen Strukturen

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Dr. Steffen Franke, Prof. Dr. Cornelius Oesterlee

55

Beim Entwurf des Aussteifungskonzeptes für mehrgeschossige Holzbauten steht die Lastabtragung von horizontalen Kräften aus Wind und Erdbeben im Vordergrund. Im Rahmen dieser Thesis wurden die Grundlagen für die Lastabtragung der horizontalen Kräfte mit fachwerkartigen Systemen untersucht und mögliche Lösungen für die konstruktive Ausbildung der Systeme erarbeitet.

## Ausgangslage

Die Gebäudeaussteifung von Holzbauten entwickelt sich mit zunehmender Projektgrösse immer mehr zu einer Herausforderung für Ingenieure und Architekten. Grosse Glasflächen in der Fassade und kurze Innenwandstücke erschweren es dem Ingenieur, geeignete Wandflächen für die Gebäudeaussteifung zu finden. Weiter kommt hinzu, dass Innenwände stockwerkweise teilweise nicht übereinander angeordnet sind oder aufgrund von haustechnischen Installationen nicht für die Aussteifung angesetzt werden können. Aussteifende Holzrahmenbauwände mit mechanisch befestigten Holzwerkstoffplatten gelangen dabei öfters an ihre Grenzen, und neue Systeme müssen für die Aussteifung gefunden werden.

## Ziele

Ziel dieser Thesis ist es, die Einflussfaktoren auf die Tragfähigkeit von fachwerkartigen Aussteifungssystemen darzulegen. Dadurch sollen die Grundlagen sowohl für den konzeptionellen Entwurf wie auch für die konstruktive Ausbildung von fachwerkartigen Aussteifungssystemen erarbeitet werden.

## Vorgehen

Mit dem Literaturstudium wurden in einem ersten Schritt die horizontalen Einwirkungen auf ein Gebäude aufgezeigt und die Grundlagen für den Entwurf und die Konzeption eines Aussteifungskonzeptes für die Lastabtragung, der horizontalen Kräfte erläutert. In einem zweiten Schritt wurden Aussteifungskonzepte aus dem Holz- und Stahlbau aufgelistet und die historische Entwicklung von fachwerkartigen Strukturen erläutert. Mit der Parameterstudie wurden verschiedene Einflussfaktoren auf fachwerkartige Strukturen anhand eines definierten Modells untersucht. Mit dem nachfolgenden Variantenstudium wurden Aussteifungssysteme mit fachwerkartigen Strukturen für den horizontalen und vertikalen Lastabtrag untersucht. Dabei wurden die Grundlagen wie Einwirkungen und Gebäudeabmessungen von einem

realen Projekt von der PIRMIN JUNG AG übernommen. Zum Abschluss wurden für die in der Variantenstudie untersuchten Wandsysteme Lösungen für die konstruktive Durchbildung und die Vorfabrikation erarbeitet. Die erarbeiteten Wandsysteme wurden am Schluss der Arbeit einer Rahmenbauwand gegenübergestellt.

## Erkenntnisse

Aus den Untersuchungen der Parameterstudie geht hervor, dass die statische Höhe einen grossen Einfluss auf die Steifigkeit von fachwerkartigen Strukturen hat. Weiter zeigte sich, dass fachwerkartige Aussteifungssysteme mit Diagonalen aus Stahl das grössere Potential haben die Erdbebenkräfte durch plastische Verformung zu dissipieren als reine Holzlösungen. Im Variantenstudium wurde die Erkenntnis gemacht, dass die im Rahmen dieser Thesis entwickelten fachwerkartigen Systeme für die Aussteifung von Geschossdecken eine zu geringe Deckensteifigkeit aufweisen, um ein sicheres Tragverhalten im Erdbebenfall zu gewährleisten. Bei den Wandsystemen zeigte sich, dass sich sowohl reine Holzlösungen als auch Stahl/Holz Lösungen für die Gebäudeaussteifung eignen. Der Vergleich der fachwerkartigen Wandsysteme mit einer Rahmenbauwand brachte die Erkenntnis, dass die Rahmenbauwand die kostengünstigere Lösung ist, jedoch eine geringere Steifigkeit als die fachwerkartigen Systeme aufweist.

## Fazit

Im Rahmen dieser Thesis wurden die Grundlagen für die Gebäudeaussteifung mit fachwerkartigen Strukturen erarbeitet. Jedoch gibt es mehrere offene Punkte, die im Zusammenhang mit der Umsetzung von fachwerkartigen Aussteifungssystemen noch geklärt werden müssen. Die Lösungen, die in der vorliegenden Arbeit entwickelt wurden, können weiter verbessert und verfeinert werden. Insbesondere die Lastdurchleitung bei den Knoten und der Anschluss der Aussteifungswand an das Fundament müssen im Detail untersucht werden.



Florian Wüthrich  
florianwuethrich@gmx.ch



# Layout design and implementation of an engineered flooring line

Degree programme : Bachelor of Science in Holztechnik | Specialisation : Process and Product Management  
Thesis advisors : Prof. Dr. Klaus Rehm, Prof. Dr. Thomas Volkmer

56

Australia's largest vertically integrated hardwood manufacturer, Australian Sustainable Hardwoods Ltd (ASH), is adding an engineered flooring production line to its processing site. This thesis determines the final layout design, supports the first implementation steps and provides basic economic metrics for the whole project.



Lukas Wüthrich

## Initial situation

ASH wants to be the first Australian engineered flooring manufacturer and therefore wants to implement a new production line. The existing two sheds with the already evaluated machines serve as the initial situation for the thesis embedded in the already-running project. The company relies on a mix of second-hand machines and new acquisitions. The engineered flooring formerly produced abroad roughly defines the end product specifications.

## Objective

This thesis aims to design a functioning engineered flooring line within the given circumstances and accompany the first steps of the installation and commissioning. Additionally, the elaboration of the paper shall prove the project's economic viability and evaluate the production costs.

## Methods

With a competitor analysis based on publicly available information, the manufacturing process of other producers is shown and later serves as a reference point for the process design. A detailed situation analysis of all the machines and processes involved, from raw materials to packaging, forms the basis for the subsequent layout planning. The final layout is to be found with a variant study and a following discussion with the stakeholders.

An economic analysis is used to determine the effective product costs, break-even point and payback time.

## Results

With a variant study in the first phase, it was possible to achieve an agreement with the involved Stakeholders on a variant to be studied in depth for each shed. After the following detailed planning of the selected rough layouts, the sequence of installation of the systems up to commissioning is planned. The final layouts ensure an optimal material flow within the given circumstances and allow expansion possibilities at critical points of production.

An economic analysis shows that the costs can be covered with the single-shift production volume planned at the beginning below the maximum capacity of the plants. The calculations also highlight that the theoretical capacity limit of the entire production line should be aimed at to maximise the contribution margin. Initial tests of the first individual units were successful but have shown that further trials and optimisations in the material and the processes still need to be accomplished before the product is ready for the market. During commissioning, persistent delivery delays changed the planned sequence and pushed it back in time. Thus, the entire production line could not be commissioned within the time frame of the thesis.



Sample of the engineered flooring produced externally at a previous stage

# Reduktionsbeiwert $k_{v2}$ für Beplankungen aus OSB/3-Platten

Studiengang: Bachelor of Science in Holztechnik | Vertiefung: Timber Structures and Technology  
Betreuer: Prof. Martin Geiser, Lukas Kramer



57

Der Reduktionsfaktor  $k_{v2}$  ist eine Abminderung der Beplankungsfestigkeit infolge Zusatzbeanspruchungen, welche unter anderem aus dem Abstand von Rippenachse und Beplankungsmittelflächen und aus diskontinuierlichen und rechtwinklig zu den Rippenachsen gerichteten Kräften resultieren.

## Ausgangslage

Die Bemessung von aussteifenden Holzrahmenbauwänden wird von Schweizer Holzbauingenieurbüros unterschiedlich gehandhabt. Nach SIA 265 wird für die Berechnung des Tragwiderstands nur der Abscherwiderstand der Verbindungsmittel berücksichtigt. Nach DIN 1052 muss zusätzlich der Schub- und Beulwiderstand der Beplankung nachgewiesen werden. Dabei muss jeweils die Festigkeit der Beplankung je nach Anordnung (einseitig oder beidseitig) mit einem Faktor  $k_{v2}$  (0,33 oder 0,5) abgemindert werden. Somit sollen resultierende Zusatzbeanspruchungen berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass der Tragwiderstand bei einer konventionell, symmetrisch aufgebauten Holzrahmenbauwand pauschal um 50 % reduziert werden muss. Da diese Reduktion jedoch nirgends richtig belegt ist und von einigen Ingenieurbüros als zu konservativ angesehen wird, ist die Handhabung der Bemessungsweise sehr unterschiedlich. Dies führt dazu, dass gewisse Ingenieure  $k_{v2}$  einbeziehen und andere nicht. Das heisst, die einen haben aufgrund der Abminderung einen höheren Materialeinsatz und die anderen evtl. eine Unterbemessung der Bauteile.

## Zielsetzung

Anhand rechnerischer Betrachtung und Versuchen wurde der Reduktionsbeiwert  $k_{v2}$  für Holzrahmenbauwände mit Beplankungen aus OSB/3-Platten genauer untersucht. Die Untersuchungen sollten zeigen, wie gross der Einfluss der Zusatzbeanspruchung aus der Exzentrizität der Krafteinleitung zwischen Plattenebene und Verbindungsmittel ist (wurde in bisherigen Versuchen als grösste Zusatzbeanspruchung erkannt). Zudem sollten die Untersuchungen zeigen, was für  $k_{v2}$  angenommen werden kann.

## Methode

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden 15 Wandscheiben reduzierter Grösse mit unterschiedlichen Parametern getestet. Da diese Arbeit im Rahmen des Arbeitspaket 2 des Forschungsprojekt «Wände mit Öffnungen» verfasst wurde, wurden zusätzlich die

Ergebnisse von 12 weiteren Wandscheiben in diese Arbeit miteingebunden. Die Tragfähigkeit der Wandscheiben wurde nach dem Prüfverfahren der ISO 21581:2010 auf dem grossen Prüfraum in Biel an der BFH untersucht.

## Ergebnisse

Aus der Analyse der Ergebnisse geht hervor, dass der ermittelte Reduktionsbeiwert  $k_{v2}$  für einseitig beplankte Wandscheiben rund 60 % höher ist (0,85), als er in der DIN 1052 (0,33) festgelegt wurde. Das heisst, die Abminderung der Beplankungsfestigkeit ist um 60 % geringer als in der Norm. Für beidseitig beplankte Wandscheiben wurde ein um 40 % grösserer Reduktionsbeiwert ermittelt. Das heisst 0,80 anstatt 0,5 gemäss DIN 1052.

## Diskussion

Da aus den einseitigen und beidseitigen Wandscheibenversuchen ein Reduktionsbeiwert in einem ähnlichen Bereich ermittelt wurde, wird vorgeschlagen, den Reduktionsfaktor für einseitige oder beidseitige Beplankungen nicht mehr zu unterscheiden und nur einen Reduktionsbeiwert festzulegen. Unter Berücksichtigung von Bemessungsempfehlungen, Ergebnissen aus früheren Versuchen, des geringen Stichprobenumfangs dieser Wandscheibenversuche und den nicht berücksichtigten Einflüssen aus gewissen Zusatzbeanspruchungen, wird in dieser Arbeit ein Reduktionsbeiwert von 0,7 vorgeschlagen.



Nicolas Fabio Zoller

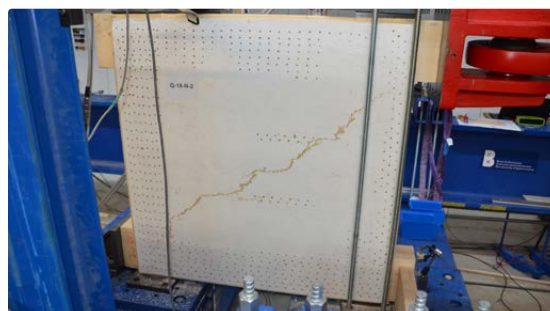


Abbildung 1: Holzrahmenbauwand reduzierter Grösse mit einseitiger OSB/3-Beplankung und 8-reihiger Vernagelung

Master-Arbeiten

Travaux de master

Master's theses

# Assessment of the Torsional Stiffness of a Biaxial Hollow-Box Floor System

Degree programme : Master of Science in Wood Technology | Specialisation : Complex Timber Structures  
Thesis advisors : Prof. Dr. Steffen Franke, Prof. Dr. Christophe Sigrist

59

The hollow-box slab presented here aims to partly replace CLT in the post and slab system developed by Timber Structures 3.0. The relation twist-torque must be isolated and quantified to model its biaxial behaviour accurately in commercial software. A pure torsion testing procedure is defined and applied experimentally and numerically to this aim. Also, an analytical estimation method of the torsional stiffness is formulated.

## Introduction

The bi-axial hollow slab is an evolution of the CLT post and slab system. Dedicated to less solicited areas, its principal benefit is to offer a more cost-competitive solution thanks to low material consumption and similar structural performance to CLT slabs. One of the characteristics of bi-axial load bearing is that torsional stiffness is involved. This stiffness can be, in specific cases, governing the design. It is, above all, a property to be integrated into the plate stiffness to model the slab as an equivalent surface with integrated stiffness parameters in commercial use.

## Objective

The main objective of the thesis was to evaluate the torsional stiffness  $K_{xy}$  of a plate and to understand the leading parameters influencing this value. The question is whether it can reach comparable values to the system it is willing to replace: CLT.

## Methods

An analytical method was created to approximate the torsional behavior of the hollow slab. An analysis of the fundamental theory of plate permitted the isolation of the kinematics principles for the experiments. It also underlined the involvement of shear and flexural stiffness on the overall stiffness value. Then, an approach with cross-section properties was considered to treat the problem as a beam. The multicell torsion theory was employed to understand shear flows within the section and isolate critical stress combinations. The plate analogy of the girder grid was then employed to extrapolate bi-axial stiffness. The literature review enabled to develop an adapted testing method to measure the samples in pure torsion. A protocol was made to evaluate the state of the sample and their MC. A setup with three corners supported and the fourth on which the load was introduced was built. Deformation of the loaded corner was collected through a set of LVDT's. The translation measurement of the cylinders and the LVDT on the slab's surface were used to cross-check the global deformation.

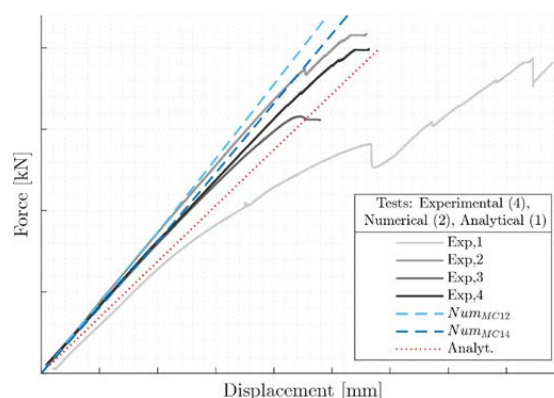
The same methodology was applied in numerical simulation through FEM. Monolithic solid wood panels were modeled. The model was achieved with material properties taken from literature for the experiment since no values could be directly measured from the sample. A full orthotropy was assumed as opposed to transverse isotropy, and the glulam beams were assumed with radial property towards global Z. Stiffness and, to a lesser extent, stresses were analyzed.

## Results

The correlation between all three methods was considered suitable. The biaxial hollow slab achieved a torsional stiffness comparable to a CLT with 80% of its height. The analytical calculation proved the major impact of the panel's thickness and, conversely, the small contribution of inner beams. A stiffness 12% lower than in experiments was evaluated, but it provided a matching maximal load with a shear and torsion verification in the outer purlins. In the experiments, shear and tension perpendicular failure were observed essentially in lap-joint areas. The numerical simulations mostly proved the influence of the moisture content since a decrease of 2% MC increased the stiffness by 7%. The stress analysis proved the load-bearing mechanism based on the multicell theory.



Fabio Giuseppe Giorgio  
Vittorio Carton  
fabio.cartonfibbi@gmail.com



Corner resisting force in function of applied displacement on the sample.

# Influence of Fibre Angle on Beech Finger-jointed Lamellas for Tensile Strength

Degree programme : Master of Science in Wood Technology | Specialisation : Management of Processes and Innovation  
Thesis advisor : Prof. Dr. Frédéric Pichelin

60

The need for renewable materials to replace the polluting contemporary ones is influencing the wood industry for improvement. Research on non-traditional species for structural purposes has been done. *Fagus Sylvatica* represents a potential for glulam production. Finger joint connections on glulam beams, as well as fibre angle influence, are the inducement of this present study for further understanding of beech wood capabilities.



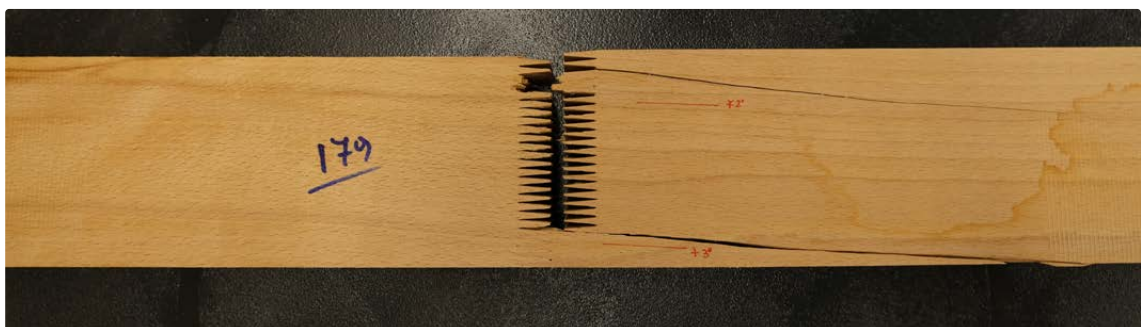
Matias Cavero Herrera  
matias.cavero@outlook.com

The construction industry is based on 3 main materials, concrete as a compression material, steel a more tension versatile material, and finally wood as the multi-functional material with compression and tension strength capacities. Throughout history, wood and cement/clay materials dominated construction solutions for societies. A condition that changed with the industrial revolution, was when steel overcame wood, due to several factors such as fire resistance, durability and limited technology for a wood solution at the time. Later at the end of the XX century and the beginning of XXI, wood reappears as a renewable material, which can solve emissions originated from the construction industry. The implementation of technologies, such as adhesives for glulam production or finger-joints for connections between single lamellas, opened and broadened the possibilities of using timber as a material for industrial construction. Although timber is not a discovery, nor a new material, its use has been associated with tendencies or market access. Conditions which nowadays are no limitations anymore. Products such as glulam appear as the most versatile solution, with fair mechanical capacities, being able to replace steel or even concrete for compression stresses. The capacity of wood is narrowed down to only cross-sections and strong lamella-lamella connections, such as finger-joints. Hence, allowing timber design to expand and replace the use of other construction materials.

In the present thesis study, research on the mechanical properties of wood is taken further. Investigating capabilities from a non-conventional species, for structural purposes. *Fagus sylvatica* known as European Beech in English is widespread across Europe and has been used as a thermic generation material and furniture since ancient times, thus not for structural use. This present work aims to analyse Beech capacities for structural purposes, therefore, tensile strength tests were being developed, as well as resistance influencing factors.

The effect of knots, the slope of the grain, and ageing (regarding curing time) are investigated. In partnership with an industry partner, 248 single finger-jointed lamellas (GL 48 categorized) were analysed and tested to prove 2 of the main objectives, regarding finger-joint connections. Furthermore, 73 (GL48) extra finger-jointed glulam beams were produced to compare resistance when volumetric influence is included in the equation.

Results from the present research work, stand as an extra step for the understanding of beech timber and its capacities, such as improvements over 30% in terms of resistance after ageing periods. Categorization of the fiber angle influence and improved industry knowledge for new technology development regarding volume (on cross-section) influence the glulam production.



Presence of fibre angle on finger-jointed beech lamella

# Life Cycle Assessment of Fibreboard made of Coconut Husk and Tannin-based Adhesive

Degree programme : Master of Science in Wood Technology | Specialisation : Management of Processes and Innovation  
Thesis advisors : Prof. Dr. Frédéric Pichelin, Dr. Matthias Meier

61

Cocoboard, a medium density fibreboard (MDF) made from coconut husk fibres and tannin adhesive, underwent a comparative life cycle assessment, highlighting raw materials and transportation as main contributors of Global Warming Potential. Proposed improvements including alternative tannin supplier and transport method, led to significant reductions of 41% and 11% respectively, enhancing the environmental performance of Cocoboard compared to conventional MDF.

## Objectives:

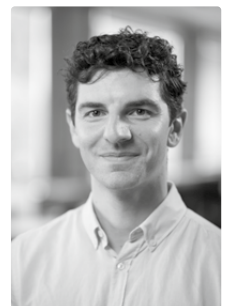
The key objectives of this study were threefold. Firstly, to conduct a comprehensive comparison of the environmental impacts of Cocoboard and conventional MDF throughout their respective life cycles, including raw material supply, transportation to the factory, and the manufacturing processes. Secondly, the study aimed to identify the primary sources of environmental impacts for both Cocoboard and conventional MDF, shedding light on the key contributors to their ecological footprints. Lastly, based on the identified hotspots and significant contributors, the study proposed improvement scenarios within LCA model of Cocoboard to enhance its environmental performance, offering potential pathways for sustainable sourcing, transportation, and manufacturing.

## Methodology

The study employed a life cycle assessment (LCA) following EN 15804 and ISO 14040 guidelines to evaluate the environmental performance of Cocoboard in comparison to conventional MDF. Key impact categories, such as Global Warming Potential (GWP) and Cumulative Energy Demand (CED), were assessed across the product life cycle stages including raw material supply and production, transportation of raw materials to the factory, and the manufacturing process of the fibreboards. Existing LCA data for conventional MDF served as a foundation, which was then adapted to represent a state-of-the-art, sustainable MDF production process in Europe. Additionally, an LCA model closely resembling the production process of Cocoboard was developed based on an existing retrofitting industrial production process demonstrated in Europe. To account for the unique characteristics of Cocoboard, additional inventory data for its raw materials, including coconut husk fibres and tannin adhesive, were incorporated, relying on existing supply chain activities.

## Results

The LCA analysis found that raw material stage was the main environmental contributor for Cocoboard and conventional MDF. Cocoboard's GWP was 372.31 kg CO<sub>2</sub> eq and CED was 4,597.42 MJ, while GWP of conventional was 316.45 kg CO<sub>2</sub> eq and CED was 6,061.33 MJ. Cocoboard's transportation stage had significant impacts, contributing 27% of GWP and 19% of CED due to raw material transport. Optimizing transportation routes is vital for the sustainability of Cocoboard. Improvement scenarios, alternative tannin supplier and transport method, achieved substantial reductions in environmental impacts, including 41% GWP and 32% CED reduction. Future research should explore the complete life cycle of Cocoboard, including end-of-life applications, to maximize its environmental footprint. Localizing production near raw material sources could enhance environmental footprint and promote regional economic development.



Daniel Egidio Dinizo  
079 527 20 15  
dinizode@gmail.com



Figure 1: Cocoboard: a medium density fibreboard made of coconut husk and tannin-based adhesive

# Pilzmyzel-gebundene Holzwerkstoffe

Studiengang: Master of Science in Wood Technology | Vertiefung: Management of Processes and Innovation  
Betreuer: Prof. Dr. Heiko Thömen

62

Mit einem nachhaltigen Grundgedanken wurden Pilzmyzel-gebundene Werkstoffe in den letzten 15 Jahren entwickelt und auf den Markt gebracht. Industrie und Forschung konzentrierten sich in der Entwicklung vorwiegend auf Verpackungsmaterialien sowie Dämm- und Akustikplatten für die Bauindustrie. Der Einsatz von Pilzmyzel-gebundenen Werkstoffen in der Möbelindustrie wird von einigen Studien als vielversprechend dargestellt und soll in dieser Masterarbeit weiter untersucht werden.



Patrick Fuchs  
patrickfuchs@bluewin.ch

Im Fokus dieser Studie steht die Herstellung von Pilzmyzel-gebundenen Holzwerkstoffen, deren Charakterisierung sowie Potential für die Möbelindustrie. Dafür werden Prüfkörper aus Holzspänen, -fasern und -furnieren mit dem Pilzmyzel der Schmetterlingstramete (*Trametes versicolor*) hergestellt und Biege- sowie Scherfestigkeiten gemessen. Ausgewählte Umweltauswirkungen und Herstellkosten eines Spanplattenmöbels werden mit einem Möbel aus Pilzmyzel-gebundenen Holzwerkstoffen verglichen. Anhand von Interviews mit Fachpersonen und durch den Bau von Prototypen wird das Potential für die Möbelindustrie genauer untersucht. Weiter wird das Pilzmyzel-Wachstum auf Holz mit einer im Rahmen dieser Studie entwickelten Methodik gemessen und mit mikroskopischen Aufnahmen visualisiert.

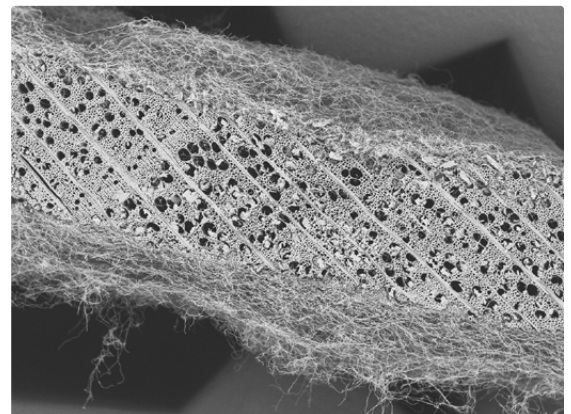
Durch die Herstellung von Prüfkörpern und die Durchführung von mechanischen Prüfungen konnte das Herstellungsverfahren untersucht und Pilzmyzel-gebundene Holzwerkstoffe charakterisiert werden. Insbesondere kann das bestehende Wissen im Bereich der Verklebungseigenschaften von Pilzmyzel der Schmetterlingstramete auf Holz sowie der Einflussgrößen auf die mechanischen Eigenschaften ausgebaut werden.

Durch die tiefen Biegefestigkeiten von Pilzmyzel-gebundenen Holzwerkstoffen wird eine grosse Möbelwandstärke benötigt, um die gleiche Möbelfestigkeit wie in einem Spanplattenmöbel zu erreichen. Der erhöhte Rohstoffeinsatz bei der untersuchten Möbelvariante aus Pilzmyzel-gebundenen Holzwerkstoffen hat einen direkten Einfluss auf die höhere Primärenergie im Vergleich zu einem Spanplattenmöbel.

Die Studie kommt zum Schluss, dass sich die untersuchten Pilzmyzel-gebundenen Holzwerkstoffe eher weniger als statische Tragstrukturen in der Möbelindustrie eignen. Zudem ist die Massentauglichkeit der pilzigen Optik und Haptik unsicher. Beim Bau von Prototypen zeigte sich hingegen ein Potential, Pilzmyzel-gebundene Holzwerkstoffe als Füll- und Stützstrukturen zu verwenden, wobei das Material nicht sichtbar mit einem anderen Werkstoff verpackt wird.



Prüfkörper aus Pilzmyzel-gebundenen Buchenspäne nach der Biegeprüfung.



Mikroskopische Aufnahme von Pilzmyzel der Schmetterlingstramete auf einem Buchenfurnier.

# Comparing the environmental impact of a steel frame versus a wood frame construction

Degree programme : Master of Science in Wood Technology | Specialisation : Management of Processes and Innovation  
Thesis advisor : Prof. Dr. Heiko Thömen

63

Construction is considered an energy intensive activity with a considerable carbon footprint. Thus, knowing the effects of building elements on the environment is important for any engineering assessment. This thesis aims to compare the environmental impacts of building elements made with either steel or wood frames in a two-story single-family house built in Basel, Switzerland.

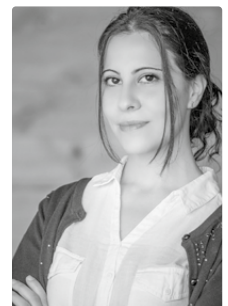
The house is made of eight exterior wall elements, two interior wall elements, two floor elements, two roof elements and two exterior wall elements at the roof level. Once the frames were designed, a life cycle assessment (LCA) was then conducted to study the impacts from the acquisition of materials, their transport to the frame manufacturer and then the transport of the building elements to the building site.

For steel, an additional scenario was considered where 100 % recycled steel was used instead of new steel. The thesis had two transport scenarios. Scenario one for transport assumed that building elements for steel and wood were manufactured in the same company in Switzerland. The second transport scenario assumed that the steel building elements were manufactured in Germany while the wood building elements were manufactured in Switzerland.

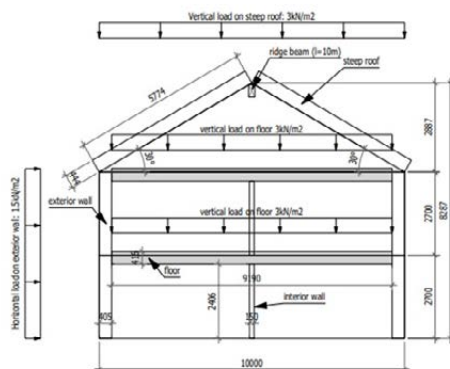
The assessment showed that in all wall elements, CO<sub>2</sub> fossil emissions in steel building elements were higher than in wood building elements. However, the

emissions from all steel wall elements, floor elements and roof elements decreased when recycled steel was used instead of new steel. The thesis also found that the wood frame house achieved favorable results in acidification (~ 12.5 % less than new steel) and in ozone depletion potential (~ 8 % less than new steel).

The total life cycle assessment based on scenario one for transport, showed that the steel frame house had total emissions of 68500 kg CO<sub>2</sub> eq, compared to 45900 kg CO<sub>2</sub> eq in the wood frame house. For both transport scenarios and when compared to the impacts from the acquisition of materials, transport showed a low impact on the environment. Results also showed that the differences in the transport impacts of wood and steel elements were not significant.



Sally Haddad



Plan view of the single-family house with a 10 m to 10 m floor area.



# Verhaltensbeiwert von Holzrahmenbauwandscheiben

Studiengang: Master of Science in Wood Technology | Vertiefung: Complex Timber Structures  
 Betreuer: Prof. Martin Geiser, Prof. Dr. Dirk Proske

64

Im Erdbebeningenieurwesen ist der Verhaltensbeiwert ein wichtiger Parameter für die Bestimmung der Einwirkung auf ein Tragwerk. Bei der Bemessung nach dem dissipativen Tragwerksverhalten sind im Holzrahmenbau hohe Überfestigkeitsfaktoren anzusetzen. Deshalb werden grosse Reserven in der Bemessung erwartet und es stellt sich die Frage, ob bei der Bemessung nach dem nicht dissipativen Tragwerksverhalten der Verhaltensbeiwert erhöht werden könnte.



Lukas Kramer

## Methodik

Der Verhaltensbeiwert wird bestimmt durch den Abgleich zwischen kraftbasierter und verformungsbasierter Bemessung. Für die Berechnung der Pushover-Kurven wird eine analytische Berechnungsmethode an experimentellen Untersuchungen aus der Literatur validiert. In dieser Arbeit wird der Einfluss unterschiedlicher Modelleingabegrößen und Parameter der Bemessung auf den Verhaltensbeiwert mit Hilfe numerischer Untersuchungen ermittelt. Dies sind unter anderem der angesetzte Überfestigkeitsfaktor, die Anzahl Geschosse, die Anzahl redundanter Wandscheiben, sowie der angesetzte plastische Verformungsanteil. Die Untersuchungen basieren auf dem Entwurf der zweiten Generation des Eurocodes.

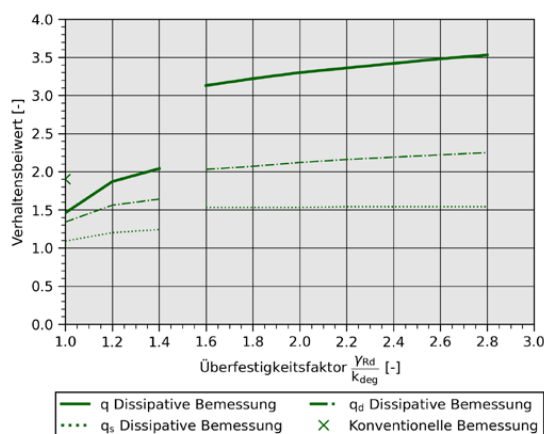
## Resultate und Diskussion

Für die Bemessung nach dem nicht dissipativen Tragwerksverhalten wurde ein Verhaltensbeiwert zwischen 1,6 und 1,9 ermittelt. In der Bemessung nach dem dissipativen Tragwerksverhalten in der Duktilitätsklasse 3 wurde bei einem Geschoss ein Verhaltensbeiwert zwischen 3,3 und 4,1 erreicht. Mit zunehmender Anzahl Geschossen sinkt der Verhaltensbeiwert. Bei fünf Geschossen ergibt sich eine Reduktion um mehr als 30% gegenüber

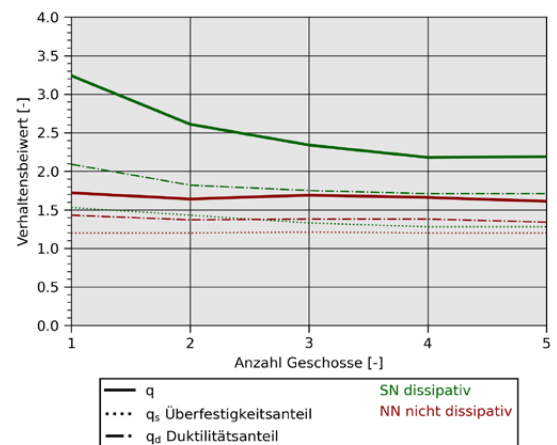
einem Geschoss. Bei 10 redundanten Holzrahmenbauwandscheiben steigt der Verhaltensbeiwert um 10%. Der ansetzbare plastische Verformungsanteil hat einen grossen Einfluss auf die Ermittlung des Verhaltensbeiwertes.

## Ausblick

Im aktuellen Entwurf zum Eurocode besteht Überarbeitungsbedarf, da zwischen der kraftbasierte und der verformungsbasierten Bemessung Diskrepanzen bestehen. Daher muss in Zukunft der ansetzbare plastische Verformungsanteil für alle Tragwerkstypen im Holzbau individuell bestimmt und der Verhaltensbeiwert erneut berechnet werden. Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit zeigen, dass aus einem hohen Überfestigkeitsfaktor nicht auf einen hohen Verhaltensbeiwert in der Bemessung nach dem nicht dissipativen Tragwerksverhalten geschlossen werden kann. Die Bemessung nach dem dissipativen Tragwerksverhalten von Tragwerkstypen, welche aufgrund der Schubkraft und nicht dem daraus resultierenden Moment fließen, ist nur möglich, wenn der Widerstand an die Einwirkung stockwerkweise angepasst wird. Anderenfalls muss der Verhaltensbeiwert reduziert werden.



Einfluss des Überfestigkeitsfaktors auf den Verhaltensbeiwert



Einfluss der Anzahl Geschosse auf den Verhaltensbeiwert

# Wood-based sandwich panels with paper honeycomb core in multi-story buildings

Degree programme : Master of Science in Wood Technology | Specialisation : Complex Timber Structures  
Thesis advisors : Prof. Andreas Müller, Prof. Dr. Steffen Franke

65

One noticeable trend in urbanisation is increasing the number of multi-story buildings. On the other hand, environmental requirements are now becoming a leading topic in the construction market, with sustainable and environmentally friendly materials being most in demand. Wood-based composite panels may be the answer to this call.

## Description of the topic

Currently, due to rapid urbanization and the formation of compact cities, the demand for multi-story buildings is growing. The response to the growing expectations of customers in terms of environmental protection, as well as requirements for sustainable development, might be the greater use of wood-based materials. To achieve this, it is necessary to propose new materials and construction solutions based on wood to meet the current standards. One of the new material solutions is sandwich panels. A sandwich panel is usually made of three layers: a low-density core, and thin outer layers. In bending the outer layers resist the tensile and compressive stresses, while the low-density core provides shear stress resistance and maintains a distance between outer layers ensuring resulting in a higher moment of inertia. That provides a relatively high stiffness and strength capacity, keeping the weight low. The company Ecocell® has introduced sandwich panels into the Swiss market. Their product consists of paper-honeycomb core and outer layers made of natural wood or wood-based board. Although this technology is already used in low-rise single-family housing, there is currently no use of wooden-based sandwich panels in multi-story buildings. Due to the development of high-rise construction and the possibility of using sandwich panels in this type of construction, this system can be tested and adapted to the corresponding expectations and requirements.

## Goals/Objectives

The aim of this study is to analyze the feasibility of using wood-based sandwich panels with paper honeycomb core as a load-bearing floor element in multi-story buildings, based on products manufactured and provided for testing by the company Ecocell®. The expected goals are contained in three points:

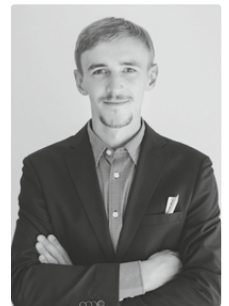
- Determination of the global flexural modulus of elasticity, maximum bending, and shear stresses of six different compositions of wood-based sandwich

panels with paper honeycomb core, delivered by the company Ecocell®.

- Determination of applicability of tested sandwich panels including their maximum span in multi-story buildings based on the fulfillment of limit state criteria, considering assumed load models.
- A comparison of the results with other timber systems commonly used in multi-story buildings nowadays.

## Methods/Results

A large part of this thesis was to conduct mechanical tests including bending and shear test, and analysis of the results. A modeling process was also carried out to simulate the tested sandwich panels in the case of loads that could occur in multi-story buildings, and on this basis, the maximum possible span was determined. Then a comparison was made with the requirements of multi-story buildings, as well as with other timber construction systems. It is observed that selection of materials, and mechanical properties of these materials, as well as the appropriate thickness of the element, are key to making wood-based sandwich panels with paper honeycomb core competitive with currently used systems. The results of the research should allow better planning of further research in the field of the potential of sandwich panel as load-bearing elements in multi-story buildings.



Karol Szczepan Lazarczyk  
lazarczyk.karol@gmail.com



# Analyse der Spannungsverteilung bei in Buche eingeklebten Gewindestangen

Studiengang: Master of Science in Wood Technology | Vertiefung: Complex Timber Structures  
Betreuer: Prof. Dr. Steffen Franke, Prof. Dr. Martin Lehmann

66

Bei in Buche eingeklebten Gewindestangen mit einem mechanisch rückversetztem Verbund von 2-mal dem Stangendurchmesser (32 mm) reduzieren sich die mittleren stirnseitigen Quersugspannungen um 38 %. Die längsseitigen Quersugspannungsspitzen, welche unmittelbar beim belasteten Ende der Gewindestange auftreten, werden um 41 % reduziert.



Valentin Räber  
vraeber@gmail.com

## Zielsetzung

In der Schweiz sind eingeklebte Gewindestangen im Ingenieurholzbau gängig. Künftig wird hierbei Nadelholz vermehrt durch hochbeanspruchbares Laubholz substituiert. Das Ziel dieser Arbeit ist die Analyse der Spannungsverteilung bei Verbindungen mit in Buchenholz eingeklebten Gewindestangen im linear elastischen Bereich. Dabei wird der Frage nachgegangen, welcher Zusammenhang zwischen der Distanz des mechanisch rückversetzten Verbundes und der Querspannungsverteilung auf der Holzoberfläche sowie der Schubspannungsverteilung in der Klebefuge der Verbindung besteht.

## Methodik

Mittels empirischer Versuche wurde der Unterschied in der Spannungsverteilung zwischen eingeklebten Gewindestangen mit einem um 2-mal dem Stangendurchmesser (2d) zurückversetzten mechanischen Verbund und solchen ohne Rückversetzung untersucht. Mit Dehnmessstreifen und digitaler Bildkorrelation wurden Dehnungen auf der Gewindestange und Holzoberfläche gemessen. Aus den gemessenen Dehnungen auf der Holzoberfläche wurden mittels Steifigkeitsmatrix für orthotrope Materialien resultierende Spannungen abgeleitet (Abbildung 1).

## Erkenntnisse

Bei in Buche eingeklebten Gewindestangen mit einem mechanisch rückversetztem Verbund von 2d reduzieren sich die mittleren stirnseitigen Quersugspannungen um 38 % und längsseitigen Quersugspannungsspitzen um 41 %. Zusätzlich bildet sich bei den Gewindestangen mit mechanisch rückversetztem Verbund ca. 32 mm vom belasteten Ende der Gewindestange entfernt eine zweite Spannungsspitze. Die qualitativen Verläufe der Querspannungen konnten im Rahmen dieser Arbeit plausibilisiert werden, wohingegen die quantitative Validierung der Spannungen nicht erreicht wurde.

Unabhängig der Konfiguration entstand an beiden Enden der Verklebung eine Schubspannungsspitze. Die aus den gemessenen Dehnungen berechneten Schubspannungen zeigten teilweise inkonsistente Verläufe über die Einklebelänge. Dies ist auf ungewollte Effekte durch das Einbetten der Dehnmessstreifen in die Klebefuge zurückzuführen, wobei eine nicht abschliessend quantifizierbare Messunsicherheit vorliegt, was weiterführende Validierungen nahelegt.

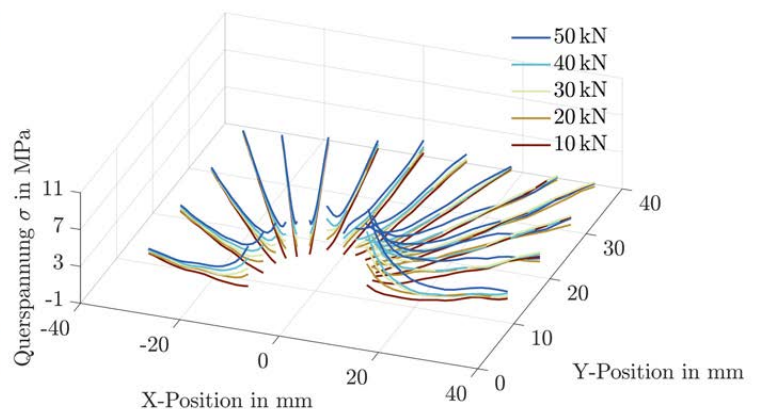
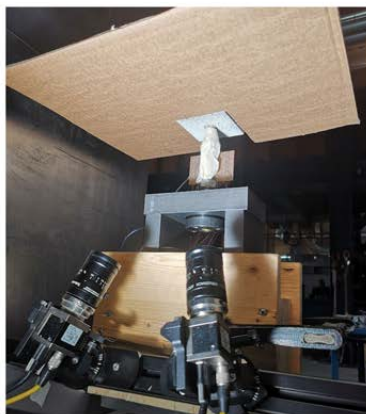


Abbildung 1: Versuchsdurchführung (links) und resultierende Querspannungen (rechts) bei der Spannungsanalyse von in Buche eingeklebten Gewindestangen auf der Stirnseite

# Feasibility Study of Prefabricated Wooden Houses in Uruguay

Degree programme : Master of Science in Wood Technology | Specialisation : Management of Processes and Innovation  
Thesis advisors : Prof. Dr. Heiko Thömen, Prof. Bernhard Letsch, Prof. Alberto Rascón

67

This thesis addresses the challenge of enhancing Uruguay's wood industry while addressing the housing deficit. It explores global housing technologies, local practices, wood species availability, and regulations. A market analysis identifies the potential for 150 social housing units annually. The study includes basic production plant design, cost estimation, and financial analysis using NPV and IRR for feasibility assessment.

## Motivation and Objective

This master thesis emerges from the motivation to the challenge of adding value to the Uruguayan wood industry while sustainably addressing the country's housing deficit. The study's main objective is to assess the technical and economic feasibility of producing wooden houses in Uruguay.

## Methodology

The study explores global housing technologies and then assesses the current practices adopted within Uruguay. The availability of different wood species planted for forestation in Uruguay is analysed. Two main wood species are highlighted: Eucalyptus and Pine. Following this, the research investigates the existing regulations and policies associated with wooden housing in Uruguay, including access to financing. Then, the market analysis identifies potential opportunities for social housing. From this groundwork, the strategy is developed to satisfy the

market need. This includes a housing solution considering aspects of the housing market's size, competitive landscape, and target audience. The market research has identified a viable market for 150 social housing per year. A wooden house production plant is designed considering current social housing layouts and adapting them into wooden houses. Furthermore, the cost estimation of the wooden house elements is carried out. Also, all variable costs are detailed, such as the workforce needed for the production and indirect personnel. Financial tools such as Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) are used to assess the project's feasibility.

## Conclusions

The study highlights the potential of manufacturing prefabricated wooden houses in Uruguay, particularly for social housing. This development would not only enhance the value of Uruguayan timber but also address the issue of the housing deficit sustainably.



Ramiro Gustavo Rodriguez Garcia  
ramiro.rodriguez.garcia@gmail.com



Social Housing Project Using Timber Structure in Uruguay' countryside.

# Zustand und Behandlung der Klebstoff-Holz-Grenzfläche

Studiengang: Master of Science in Wood Technology | Vertiefung: Management of Processes and Innovation  
Betreuer: Prof. Dr. Thomas Volkmer

68

Der Fügeprozess Kleben basiert auf dem Wirken von Fügemitte und Fügekörper als Verbundwerkstoff. Dabei werden die Eigenschaften des Fügekörpers Holz und des Fügemitte Klebstoff an der Grenzfläche verbunden. Die Grenzfläche, welche als Materialübergang definiert ist, beeinflusst zu grossen Teilen die Leistungsfähigkeit des Verbundes.



Adrian Willi Wick

Gegenwärtig sind etwa 31 % der weltweiten Landflächen mit Wäldern bedeckt, was näherungsweise auch auf die Schweiz zutrifft. Dabei handelt es sich nach dem aktuellen Forstinventar um 32 % Laubholz und 68 % Nadelholz, wobei die Fichte (FI) mit 43 % und die Buche (BU) mit 18 % die wichtigsten Vertreter sind. Die hohe Verfügbarkeit von nachwachsendem Holz, das breite Spektrum an Holzarten und die leichte Bearbeitbarkeit gekoppelt mit den guten mechanischen Eigenschaften macht Holz zum idealen Baustoff. Eine mechanische Zerteilung des Rundholzes und das Fügen zu neuen Baustoffen erlaubt eine Homogenisierung und ein bewusstes Ausrichten der anatomischen Grundrichtungen zur gezielten Steuerung der neuen Eigenschaften. Die Verwendung von Nadel- und Laubhölzern für den Bau künftiger Gebäude wird von der Gesellschaft zunehmend gewünscht und gefordert. Daraus ergibt sich ein möglicher Anwendungsbereich von Holzprodukten, der vom einfachen Haus bis zum Hochhaus aus Holz reicht. Um das gesamte Anwendungsspektrum mit zuverlässigen Holzprodukten abzudecken, wird das einheimische Holz zu hochwertigen, leistungsfähigen Holzprodukten verleimt.

Zur Gewährleistung von zuverlässigen Holzprodukten muss der Einfluss auf die Qualität verstanden werden. Die resultierende Qualität von Holzverklebungen hängt unter anderem von den Faktoren Holz, Fügeoberfläche, Behandlung, Klebstoff, Verklebungspara-

metern und der Anwendung ab. Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit der Einfluss des Herstellungsprozesses und die Vorbehandlung der Füge-teile auf die Integrität und die Geometrie der Oberfläche von FI- und BU-Holz bewertet. Zusätzlich wurden die Auswirkungen der Oberflächengeometrie auf die Druckverteilung und Delaminationsbeständigkeit geprüft. Anhand von Zugscherfestigkeitsprüfungen kombiniert mit mikroskopischen Aufnahmen wurden die Oberflächenbehandlung sowie die Prozessparameter der Verklebung mit der Klebfugenqualität verknüpft.

Der entwickelte Integritätstest auf Basis von doppel-seitigem Klebeband erlaubt, über die Kombination von Haftfestigkeit und Partikelanteil die Oberflächenbeschädigung zu bewerten. Mit der Auswertung der flächenbasierten Druckverteilungen konnten herstellungsspezifische und prozesstechnische Merkmale mit Relevanz für die Verklebung entdeckt werden. Mittels Messungen der Oberflächengeometrie ist es möglich, einen Link zwischen der Oberflächenintegrität, der Druckverteilung und der Delaminationsbeständigkeit zu schliessen. Über eine detaillierte Untersuchung der Klebfugenqualität konnten schliesslich entscheidende Faktoren und Wirkmechanismen von Einkomponenten-Polyurethanverklebungen (1K-PUR) gefunden werden (Beispiel Abb.1 & Abb.2). Die Arbeit hat gezeigt, dass über eine umfassende Analyse die polyvalenten Wechselwirkungen einer Holzverklebung bezüglich der Verklebungsqualität studiert werden können.

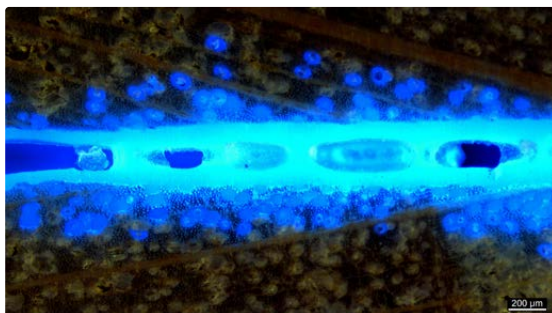


Abb. 1: Unzureichender Werkstoffverbund von 1K-PUR mit BU-Holz

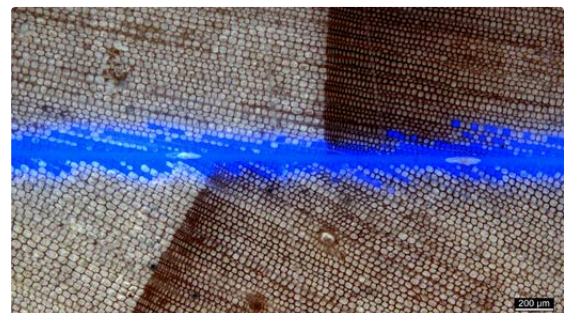


Abb. 2: Optimaler Werkstoffverbund von 1K-PUR mit FI-Holz



# Infoveranstaltungen

## Séances d'information

### Information events

**70** Interessiert Sie ein Studium an der Berner Fachhochschule?  
Wir öffnen unsere Türen: Erfahren Sie alles zu unseren Bachelor- und Master-Studiengängen, Zulassungsbedingungen, Studienbedingungen und unserer Schule. Führen Sie persönliche Gespräche mit Studierenden und Dozierenden und besuchen Sie unsere Labors in Biel und Burgdorf. Mit einer Weiterbildung auf Master-Stufe gehen Sie in Ihrer Karriere einen Schritt weiter. Unsere umfassende, interdisziplinäre Palette von Modulen ermöglicht Ihnen, Ihre Kompetenzen auf verschiedensten Gebieten zu erweitern und zu ergänzen. Informieren Sie sich in einem persönlichen Beratungsgespräch.

Jetzt informieren und anmelden:  
[bfh.ch/ahb/infoveranstaltungen-holz](http://bfh.ch/ahb/infoveranstaltungen-holz)

Vous intéressez-vous à des études à la Haute école spécialisée bernoise ?  
Nous vous ouvrons nos portes : obtenez des informations exhaustives sur nos filières de bachelor et de master, sur les conditions d'admission et d'études, et sur notre école. Discutez avec des étudiant-e-s et des enseignant-e-s et visitez nos laboratoires à Bienne et à Berthoud. Avec des études de master, vous posez un nouveau jalon dans votre carrière. Notre vaste gamme de modules dans diverses disciplines vous permet d'étendre vos compétences dans les domaines les plus variés. Informez-vous dans le cadre d'un entretien de conseil personnel.

Informations et inscription :  
[bfh.ch/ahb/seances-information-bois](http://bfh.ch/ahb/seances-information-bois)

Are you interested in studying at Bern University of Applied Sciences?  
If so, we invite you to attend our open house events. They will give you insights into our bachelor's and master's degree programmes, our admission requirements, our study regulations and our university. You will have the opportunity to talk with students and lecturers and to visit our laboratories in Biel and Burgdorf. Completing your continuing education with a master's degree takes your career one step further. Our comprehensive, interdisciplinary range of modules allows you to expand and complement your skills in a wide variety of areas. Find out more in a personal counselling interview.

Further information and link to register:  
[bfh.ch/ahb/information-events-wood](http://bfh.ch/ahb/information-events-wood)



# Alumni\*ae BFH

## Alumni BFH

## Alumni BFH

Alumni BFH vereint die ehemaligen Student\*innen sowie die Alumni-Organisationen der BFH unter einem Dach. Als Alumni\*ae sind Sie Teil eines lebendigen Netzwerkes und profitieren von attraktiven Leistungen und Benefits. Sie erhalten regelmässig den Newsletter «Alumni aktuell» und können sich in der Community von Ehemaligen auf Facebook und LinkedIn aktiv vernetzen.

### Ihr Mehrwert als Alumni\*ae der BFH

Nach Abschluss Ihres Studiums werden Sie ins fachübergreifende Alumni-Netzwerk des Dachverbands Alumni BFH aufgenommen.

Wir bieten Ihnen:

- Newsletter «Alumni aktuell» (4x jährlich)
- Attraktive Angebote und Vergünstigungen
- Vielfältige Veranstaltungen der Alumni-Organisationen
- Alumni-BFH-Community auf LinkedIn und Facebook
- Karriereportal mit Jobplattform und Kursangebote rund ums Thema «Bewerben»

Als Alumni\*ae sind Sie exklusiv zum grossen Netzwerk-Abend Alumni BFH eingeladen, der jährlich mit über 300 Ehemaligen in Bern stattfindet. Ausserdem können Sie an vielseitigen Events der Alumni-Organisationen und am Sportangebot der Universität Bern teilnehmen. Daneben erhalten Sie Vergünstigungen und Rabatte auf ausgewählte Dienstleistungen und profitieren vom attraktiven FH-Schweiz-Leistungsangebot sowie vom Weiterbildungsangebot der BFH.

Mehr Informationen zu Alumni BFH und den attraktiven Leistungen unter: [bfh.ch/alumni](http://bfh.ch/alumni)

Alumni BFH réunit sous un même toit tou-te-s les ancien-ne-s étudiant-e-s et les organisations d'alumni et d'alumnae de la BFH. À titre de membre, vous faites partie d'un réseau dynamique et profitez de prestations et d'avantages attrayants. Vous recevez régulièrement l'infolettre « alumni à l'heure actuelle », avez la possibilité de rejoindre la communauté sur Facebook et LinkedIn et de vous mettre ainsi activement en réseau.

### Vos avantages

En tant qu'ancien-ne étudiant-e, vous êtes une ambassadrice ou un ambassadeur important-e de la Haute école spécialisée bernoise. Votre diplôme en poche, vous rejoignez (gratuitement) le réseau interdisciplinaire de l'association faitière Alumni BFH. Nous vous proposons :

- Infolettre « alumni à l'heure actuelle » (4 fois par année)
- Offres attrayantes et prix préférentiels
- Vaste palette de manifestations proposées par les diverses associations d'alumni
- Alumni BFH Community sur LinkedIn et Facebook
- Portail Carrière, plateforme d'emplois et offre de formations pour vous aider à postuler à un emploi

En outre, vous recevez en exclusivité une invitation à la grande soirée de réseautage qui se tient chaque année à Berne, réunissant plus de 300 ancien-ne-s étudiant-e-s. Vous pouvez également participer aux différents événements des organisations d'alumni et d'alumnae et profiter de l'offre sportive de l'Université de Berne. De plus, vous bénéficiez de prix préférentiels et de rabais pour certaines prestations et avez accès à l'offre intéressante de FH Suisse ainsi qu'aux formations continues de la BFH.

Plus d'informations sur Alumni BFH et l'offre de prestations: [bfh.ch/alumni](http://bfh.ch/alumni)

Alumni BFH unites former students and BFH alumni organisations under one roof. As a member, you are part of a lively network and benefit from attractive services. You regularly receive the newsletter "Alumni aktuell" and can join the community on Facebook and LinkedIn.

### Your benefits as a BFH alumni

After completing your studies, you are admitted in the multidisciplinary umbrella organisation Alumni BFH. Our offer:

- Newsletter "Alumni aktuell" (quarterly)
- Attractive offers and discounts
- A wide range of events set up by the alumni organisations
- The Alumni BFH community on LinkedIn and Facebook
- A career portal with a job platform and courses to help you with your job applications

As an alumni, you will be exclusively invited to the great Alumni BFH networking night, which takes place annually in Bern with over 300 former students. In addition, you can participate in the many events offered by the alumni organisations and make use of the sports facilities of the University of Bern. You also receive discounts and special offers on selected services and can benefit from the attractive offers of FH Schweiz and the BFH continuing education programme.

More information on Alumni BFH and its attractive services: [bfh.ch/alumni](http://bfh.ch/alumni)





**Berner Fachhochschule**

Solothurnstrasse 102  
2504 Biel

Telefon +41 32 344 02 80

infoholz.ahb@bfh.ch  
bfh.ch/bsc-holztechnik

**Haute école spécialisée bernoise**

Route de Soleure 102  
2504 Bienne

Téléphone +41 32 344 02 80

infobois.ahb@bfh.ch  
bfh.ch/bsc-technique-du-bois

**Bern University of Applied Sciences**

Solothurnstrasse 102  
2504 Biel

Phone +41 32 344 02 80

mwt.ahb@bfh.ch  
bfh.ch/msc-wood-technology