

Tagungsband 53. Fortbildungskurs Ingenieure und Architekten zum gemeinsamen Erfolg – Holzbau heute und morgen

Oktober 2022



S-WIN-Kurs 2022

S-WIN

Swiss Wood Innovation Network

53. Fortbildungskurs

Ingenieure und Architekten zum gemeinsamen Erfolg - Holzbau heute und morgen

25./26. Oktober 2022 in Weinfelden

Autoren

Aleksandra Anna Apolinarska
Charles Binck
Andreas Burgherr
Matthias Eisele
Andrea Frangi
Raphael Greder
Pirmin Jung
Hermann Kaufmann
Wolfram Kübler
Peter Niemz
Max Renggli
Gian Salis
Andy Senn
Christoph Starck
Stéphanie Thill

Kursleitung

Andrea Bernasconi
Andrea Frangi

Organisation

Thomas Näher, S-WIN Geschäftsstelle

Umschlag

Gestaltung: HugoTotal Grafikbüro GmbH, Emmenbrücke

Bilder: ETH Zürich, IBK

Copyright © 2022 by S-WIN und Autorinnen und Autoren

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten

S-WIN Swiss Wood Innovation Network

c/o Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Mühlebachstrasse 8, CH-8008 Zürich

www.s-win.ch E-mail: info@s-win.ch

Inhaltsverzeichnis

Tagungsprogramm	5 - 6
Holzbau, Herausforderung und Chance für Architekten.....	7 - 9
Hermann Kaufmann	
Holzbau in der Gesellschaft der Zukunft.....	10 - 14
Christoph Starck	
Landwirtschaftliches Zentrum, Salez	15 - 19
Matthias Eisele	
Landwirtschaftliches Zentrum, Salez	20 - 29
Andy Senn	
90 Jahre Nutzungsdauer - für welche Zukunft planen und bauen wir eigentlich?	30 - 37
Wolfram Kübler	
Materialforschung im Bereich Holz und Holzwerkstoffe - wichtiges Bindeglied zwischen Architektur, Holzbau, Technologie	38 - 46
Peter Niemz	
Grosspeter Basel	47 - 54
Charles Binck und Stéphanie Thill	
Umbau Sigristenhaus Boswil, vom Hochstud zum Musikerhaus.....	55 - 62
Gian Salis und Raphael Greder	
Mit dem Haus des Holzes in die Zukunft: was der Holzbau alles bieten kann.....	63 - 73
Pirmin Jung	
Argumente des Holzbaus und deren Umsetzung zum Erfolg.....	74 - 77
Max Renggli	

Semiramis: Eigenartig und anspruchsvoll.....	78 - 85
Ania Apolinarska und Andreas Burgherr	
Forschung und Entwicklung: spannend und unverzichtbar, doch nicht ausreichend.....	86 - 93
Andrea Frangi	
Referierendenverzeichnis	94 - 99
Bisherige Themen der Fortbildungskurse	100 - 101
Inserate.....	ab 102

Tagungsprogramm

Dienstag, 25. Oktober 2022

09:00 Begrüssung
Andrea Frangi, Co-Präsident S-WIN

Block 1: Die Aufstiegschancen des heutigen Holzbaus
Moderation: Andrea Bernasconi, heig-vd/Hes-so, Yverdon-les-Bains

09:10 Einführung und Moderation

09:15 Holzbau, Herausforderung und Chance für Architekten
Hermann Kaufmann, HK Architekten

10:00 Neue Technologien zum Durchbruch
Richard Jussel, Blumer-Lehmann

10:30 Kaffeepause und Ausstellung

11:00 Holzbau in der Gesellschaft der Zukunft
Christoph Starck, SIA

11:30 Das Potenzial von Holz in der Kreislaufwirtschaft
Marloes Fischer, Circular Hub

12:00 Diskussion und Zusammenfassung

12:10 Mittagspause und Ausstellung

Block 2: Holzbau in Wirtschaft und Gesellschaft
Moderation: Andrea Frangi, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich

13:30 Einführung und Moderation

13:40 AG, Zauberhut, Rapperswil
Matthias Waibel, Carlos Martinez Architekten und Thomas Rimer, PIRMIN JUNG Schweiz

14:40 Landwirtschaftliches Zentrum, Salez
Andy Senn, Senn Architekten und Matthias Eisele, merz kley partner

15:40 Kaffeepause und Ausstellung

16:10 Räumlich reichhaltig – Wohnen im Holzbau
Olga Rausch, Duplex Architekten

90 Jahre Nutzungsdauer – für welche Zukunft planen und bauen wir eigentlich?
Wolfram Kübler, WaltGalmarini

17:10 Diskussion und Zusammenfassung

17:30 Ende des ersten Kurstages

19:00 Apéro und gemeinsames Abendessen im Gasthaus Stelzenhof, Weinfelden

Abendprogramm – Kontravortrag Materialforschung im Bereich Holz und Holzwerkstoffe –
wichtiges Bindeglied zwischen Architektur, Holzbau und Technologie
Peter Niemz, Prof. em. ETH Zürich

Mittwoch, 26. Oktober 2022

Block 3: Holzbau zum Wohnen und Leben

Moderation: Andrea Frangi, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich

- 09:00 Einführung und Moderation
- 09:10 Grosspeter Basel
Stéphanie Thill, Diener & Diener Architekten und Charles Binck, ETH Zürich
- 10:00 Kaffeepause und Ausstellung
- 10:40 REVIER - Hotel in Holzmodulbauweise
Daniel Hojdelewicz, Fortimo und Christoph Angehrn, B3
- 11:30 Umbau Sigristenhaus Boswil, vom Hochstud zum Musikerhaus
Gian Salis, Gian Salis Architektur und Raphael Greder, Makiol Wiederkehr
- 12:30 Diskussion und Zusammenfassung
- 12:40 Mittagspause und Ausstellung

Block 4: Ausblick: Ständig unterwegs zum Neuen

Moderation: Andrea Bernasconi, heig-vd/Hes-so, Yverdon-les-Bains

- 13:50 Einführung und Moderation
- 14:00 Mit dem Haus des Holzes in die Zukunft: was der Holzbau alles bieten kann
Pirmin Jung, PIRMIN JUNG Schweiz AG
- 14:30 Argumente des Holzbaus und deren Umsetzung zum Erfolg
Max Renggli, Renggli
- 15:00 Kaffeepause und Ausstellung
- 15:30 Semiramis: Eigenartig und anspruchsvoll
Ania Apolinarska, Gramazio Kohler Architekten und Andreas Burgherr, Timbatec
- 16:20 Forschung und Entwicklung: spannend und unverzichtbar, doch nicht ausreichend...
Andrea Frangi, ETH Zürich
- 16:50 Diskussion, Zusammenfassung und Verabschiedung
- 17:00 Ende der Veranstaltung

Holzbau, Herausforderung und Chance für Architekten

Prof. Hermann Kaufmann

HK Architekten Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH

Schon wieder eine Abhandlung eines Themas, das so alt ist wie die beiden Berufsgruppen, ist das alles noch nicht längst ausdiskutiert? Ist darüber nicht schon so viel gestritten, philosophiert und lamentiert worden, dass es eigentlich dazu nichts mehr zu sagen gibt, weil ja eh klar ist, wies geht, die Zusammenarbeit zweier Berufsgruppen, die einmal eine gemeinsame Ausbildungsgrundlage hatten, nämlich ein technisch fundiertes Grundwissen, wie man meinen möchte und zum anderen ja laufend durch gemeinsame Projekte sich aneinander gewöhnt haben müssten? Hat es nicht längst die Universitäten erreicht, dass die teilweise gemeinsame Ausbildung von Ingenieuren und Architekten für ein ganzes weiteres Berufsleben so wichtig ist, dass es das natürlichste der Welt ist, dass die Einübung der Zusammenarbeit bereits Teil der Ausbildung ist? Hat der Druck des wachsenden Anforderungsprofils modernen Bauens nicht die Berufsgruppen gezwungen, eng und unter gegenseitiger Achtung und Wertschätzung zu kooperieren um für die Bauherren optimierte und perfekte Gebäude zu entwickeln?

Werfen wir erst einen Blick in die Ausbildungslandschaft. Noch immer sind die Fakultäten fast aller Universitäten strikt getrennt geführt, hier die Architekten, dort die Bauingenieure und noch immer hier die Künstler, dort diejenigen, die wissen, wies geht oder anders, hier die Universalisten, die eigentlich nichts wirklich wissen, dort die Spezialisten, die ihr Fach einfach perfekt beherrschen. Fächer mit gemeinsamen Inhalten werden getrennt angeboten, denn es ist ja nicht zumutbar für einen Architekten, einmal tief in eine technische Materie einzudringen und nicht vorstellbar, wenn ein Ingenieur auch etwas über andere Dinge hört als nur von den ihn eng berührenden Prinzipien und auch davon, dass der entscheidende Punkt für ein engagiertes Projekt die laufende Hinterfragung ist. Aufgrund des steigenden Anforderungsprofils an die Bauberufe muss immer umfangreicherer Lehrstoff ins Studium hineingepresst werden. Somit werden die Lehrpläne laufend „entrümpelt“ auf der Strecke bleiben unter anderem vertiefte Befassung mit technischen Belangen sowie interdisziplinäre Herangehensweisen. Dazu kommt, dass eine immer größer werdende Entfremdung der Studienanfänger mit der realen Materie feststellbar ist, das verstärkte Interesse an der virtuellen Welt sowie das Verschwinden der Handwerks- und Landwirtschaftsberufe aus dem überschaubaren Wohnumfeld raubt dem Heranwachsenden mehr und mehr die Erfahrung mit Material und Konstruktion. Statt dass auf all das mit verlängerter Ausbildung reagiert wird, geht die politische Tendenz in die genaue Gegenrichtung. Moderne Zeiten verlangen höhere Geschwindigkeit in allem, sogar beim Studium, weil ja überall gespart werden muss, dabei bliebe auf Grund steigender Lebenserwartung genug Zeit für längere dafür fundiertere Ausbildung. Auch die künftige Studienreform, das Bakkalaureat- und Masterstudium wird nichts an den Problemen ändern, denn bald werden wir gefordert werden, innerhalb von drei Jahren berufsfähige Menschen zu formen. Da bleibt keine Zeit mehr übrig für Unnötiges, alles wird eng auf ein singuläres Ziel fokussiert. Ob der Master, der freiwillig ist, auch belegt wird und ob er die notwendige Qualifizierung bringt, bleibt abzuwarten.

Der Blick in der Realität des Bauens zeigt wie erwähnt ein anhaltendes Wachsen der Komplexität. Auch in meinem kurzen Erfahrungshorizont von gut 20 Jahren kann ich das selbst nachverfolgen. Auf der einen Seite erfordert die laufende Weiterentwicklung von Baumaterialien und Werkstoffen sowie die revolutionierten neuen Berechnungsmöglichkeiten von Konstruktionen immer spezielleres vertieftes Wissen, auf der anderen Seite bedingt die notwendige Effizienzsteigerung sowie Ökologisierung vertiefte Nachweise und Planung Prozesse sowie EDV basierte Simulationen. Auch die gesetzlichen Regelungen werden alles andere als einfacher, der Verwaltungsapparat immer undurchschaubarer und die Vertragswerke für alle Beteiligten und die Verantwortlichkeiten der Einzelnen explodieren förmlich. Der Universalist verschwindet zunehmend, die notwendige Spezialisierung verlangt interdisziplinäres Arbeiten mit immer größer werdenden Teams. Damit diese auch funktionieren, dafür sollte aus meiner Sicht schon früh in der Ausbildung Sorge getragen werden.

Die TUM hat darin bereits Tradition. Schon lange besteht ein gemeinsamer Entwurfsunterricht von Bauingenieur- und Architekturstudenten. Prof. Maitinger hat das erfolgreich betrieben und in seine

Fußstapfen sind zwei artverwandte Lehrstühle getreten, die Holzbauer beider Fakultäten, Prof. Stefan Winter und ich. Wir beide wissen aus der Praxis, wie wichtig die Kooperation der Disziplinen ist und unser gemeinsames Anliegen ist es, die Studierenden schon frühzeitig damit zu konfrontieren. Wir haben ca. 15 Entwurfsprojekte abgewickelt und können darüber nur positiv erzählen. Oft amüsiert und im Inneren schmunzelnd beobachte ich, wie zu Beginn jedes Entwurfes die gegenseitigen Klischees nahezu greifbar im Raum stehen. Da die Architekten, ein kleiner etwas bunter Haufen, Frauenanteil meist überwiegend, in gespannter Erwartung auf das Unbekannte und eigentlich sehr unsicher, ob das wirklich gescheit war, hier mitzutun. Dort die Bauingenieure, in der doppelten Anzahl, überwiegend männlich, meist ordentlich gekleidet und ebenso fragend, was denn das soll aber gut, wenigstens sieht man endlich einmal Frauen auf der Uni. Nach der Themenausgabe wird erst einmal eine mehrtägige Exkursion organisiert und dabei spürt man richtig, wie so langsam die Spannung und Erwartung wächst, denn man findet mehr und mehr Gefallen an den unterschiedlichen Zugängen und Ansichten der Einzelnen. Da gehen schon etliche Augen auf, weil reihenweise vorgefasste Meinungen sich in Luft auflösen und es immer interessanter wird, zu erleben, wie der andere denkt. Schon die Auswahl der Exkursionsziele erstaunt meist die Ingenieure und gespannt lauschen sie den Diskussionen über so wage Dinge wie Ästhetik, Baukultur, städtebauliche Einfügung, Tektonik (meist noch nie gehört) und beginnen zu hinterfragen, ob denn wirklich alles nur eine Geschmacksfrage ist. Die ersten begreifen, dass es jenseits der Welt der Berechenbarkeit auch Dinge gibt, die schwer zu fassen aber dennoch durch vertiefte Befassung damit irgendwie doch einforderbar oder sogar beurteilbar werden. Den Architekten ergeht es nicht viel anders. Sie verfolgen ebenso gespannt dem Forschen der Ingenieure nach den konstruktiven Zusammenhängen eines Objektes und lernen dabei, unter welchen zusätzlichen Gesichtspunkten ein Gebäude gesehen werden kann. Das analytische Betrachten eines Bauwerks, der Röntgenblick hinter die Hülle ja sogar das Interesse, was unter dem Erdbreich los sein könnte, weitet auch deren Blickwinkel.

Der Entwurfsprozess ist wie bei alles Entwerfen von unterschiedlicher Intensität und hängt wie immer von den Einzelpersönlichkeiten und deren Engagement ab. Es gibt Paarungen, die sich gegenseitig eher blockieren, aber mehrheitlich solche, die im Laufe des Semesters entdecken, wie wertvoll diese interdisziplinäre Methode sein kann. Dementsprechend fallen auch die Ergebnisse aus, meist Entwürfe, die sich durch eine beachtliche technische Vertiefung auszeichnen. Naturgemäß entstehen eher wenig spektakuläre Entwürfe, was bei dieser Methode eher zu erwarten war.

In einem Semester haben wir uns eine besondere Aufgabe gestellt. Angetrieben von den überaus positiven Erfahrungen unseres Lehrstuhls mit durch unsere Studenten entworfenen und selbst gebauten Projekten in Afrika, wollen wir diese Erfahrung auch für den gemeinsamen Entwurf vermitteln. Dabei ist es die Aufgabe der Studierenden, das Projekt zu entwerfen, so zu entwickeln, dass es auch unter den besonderen Bedingungen baubar ist, sowie das Geld im Wege von Sponsoring und ähnliche Initiativen aufzutreiben. Dann wird ein Teil der Studenten im Sommer innert sechs Wochen den Kindergarten auch bauen, begleitet von den Assistenten und unter sporadischer Mithilfe der Professoren. Wie wir aus anderen derartigen Projekten wissen, ist neben einer außergewöhnlich intensiven Erfahrung auch ein wichtiges Lernziel damit zu erreichen, nämlich die Erfahrung, was zwischen einem Projekt am Papier und einer tatsächlichen Realisierung so alles los ist. Ebenfalls soll damit der anfangs erwähnten Entfremdung von der Materie entgegengewirkt werden. Nebenbei verändert sich durch diese direkten Erfahrungen außerhalb der Komfortzonen Mitteleuropas auch so manches vorgefasste Weltbild der Studenten. Meist kommen sie als veränderte Persönlichkeiten mit eindrücklichen neuen Erlebnissen zurück.

Die Idee der vernetzten Ausbildung ist aktueller denn je. Die Zukunft im Bauen ist geprägt von funktionierenden interdisziplinären Netzwerken. Und gerade im Holzbau mit seiner komplexen konstruktiven Strukturiertheit ist die frühe Kooperation von Architekten schon in der Entwurfsphase ratsam. Dazu braucht es gegenseitiges Verständnis und Wertschätzung. Das muss schon im Studium eingeübt werden.



HK Architekten, SWG Schraubenwerk (Würth Gruppe) Waldenburg Rendering Baubuchenfachwerke (Thomas Knapp)



HK Architekten, Nebelhornbahn Talstation, Foto: Bruno Klomfar

Holzbau in der Gesellschaft der Zukunft

Christoph Starck, Geschäftsführer
SIA, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

1 EINLEITUNG

Der Holzbau ist prädestiniert, einen wichtigen Beitrag zur Lösung der Herausforderungen zu leisten, welchen unsere Gesellschaft gegenübersteht. Das steht ausser Frage. Die Frage ist aktuell eher, wie das Bauen mit Holz seinen Beitrag an diese Lösungen positionieren kann und welche Bedeutung es in der Bauwirtschaft erlangt. Dass der SIA mit seinen Mitgliedern auf diesem Weg eine Rolle spielt und wo die Ansatzpunkte für den Holzbau liegen, werde ich im Folgenden aufzeigen. Auf der einen Seite mit Hilfe der in diesem Jahr revidierten Strategie des SIA, auf der anderen Seite mit einem Stimmungsbild zum Holzbau, welches wir bei Mitgliedern der Gremien des SIA eingeholt haben.

2 DIE STRATEGIE DES SIA

«Gemeinsam wirkungsvoll für einen nachhaltig gestalteten Lebensraum» will der SIA seinen Beitrag an die Gesellschaft der Zukunft leisten. Diese Strategie des SIA wurde im vergangenen Frühjahr verabschiedet. Der Prozess war geprägt von einer breiten Abstützung bei den Organen, den Berufsgruppen und Sektionen sowie jungen, engagierten Mitgliedern des SIA. Deren Bedürfnisse und Erwartungen sind im Ergebnis abgebildet. Bezeichnend ist auch, dass der SIA nicht neu erfunden worden ist, aber dass die Arbeit an der Strategie helfen wird, in der aktuell von Unsicherheit und raschem Wandel geprägten Umwelt zu agieren, weil Ziele und Aufgaben, Erwartungen und Werte geklärt sind. Einen Überblick gibt die untenstehende Darstellung unserer Strategie, die aufs Wesentliche reduziert beschreibt, was der SIA als Verein gemeinsam mit seinen Mitgliedern bewirken will.

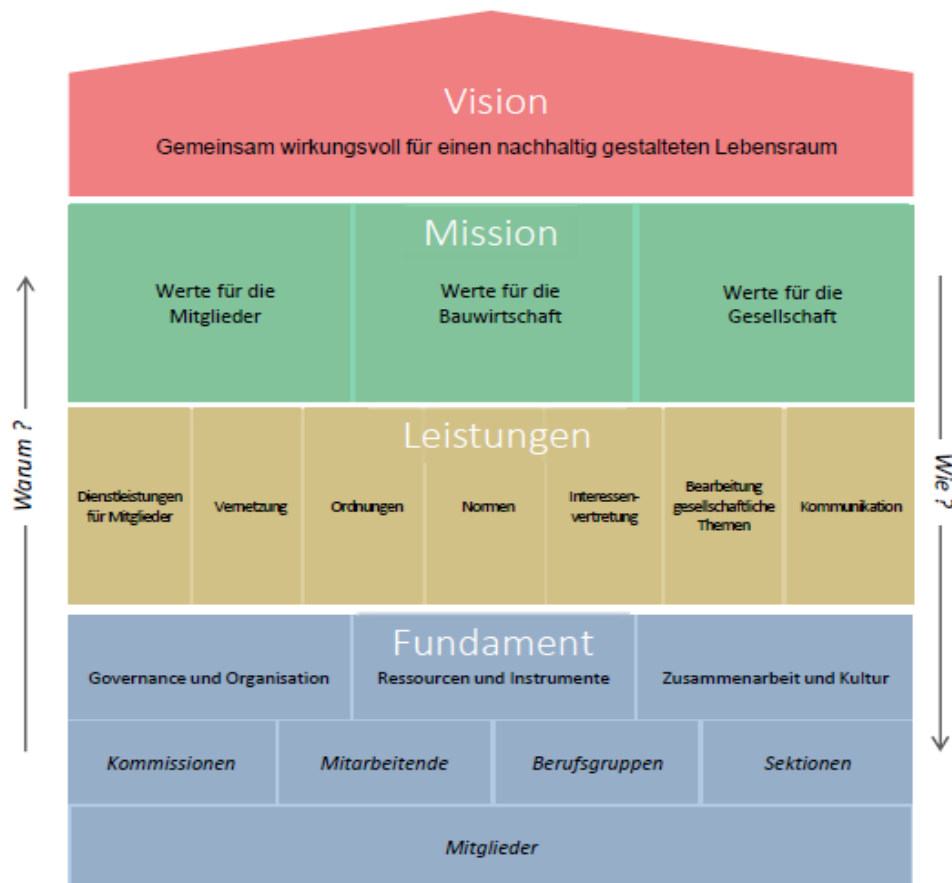


Abb.1 Das «Strategiegebäude» des SIA

2.1 Strategische Handlungsfelder

Es wurden sechs strategische Handlungsfelder definiert, die beschreiben, wo der SIA kurz- bis mittelfristig besonders aktiv sein will, um die Vision zu erreichen und die Mission zu erfüllen. Sie sind nachfolgend im Überblick dargestellt:



Abb. Die sechs strategischen Handlungsfelder des SIA

2.2 Kernthemen des SIA

Die Kernthemen des SIA sind Baukultur, Klimaschutz, Vergabewesen, Digitale Transformation, Raumplanung und Bildung. Zu diesen Themen hat der SIA eine klare Position und bringt diese wirkungsvoll – mit der Expertise seiner Mitglieder – in den entsprechenden politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs ein. Ich gehe im Folgenden nicht auf alle Kernthemen ein, sondern beschränke mich auf diejenigen, welche in sich für eine vermehrte Anwendung von Holz sprechen.

Der SIA hat das Thema Baukultur im Jahr 2009 erfolgreich gesetzt und seither zusammen mit dem Runden Tisch Baukultur Schweiz als eigenes Politik- und Kulturfeld etabliert. Die hohe Baukultur wurde inzwischen zu einem wichtigen Querschnittsthema, das Bedeutung für alle raumwirksamen Tätigkeiten hat und damit in alle Kernthemen des SIA ausstrahlt. Baukultur greift über das enge Verständnis von Baukunst und Schönheit hinaus. D.h. sie bedingt gute Governance, einen schonenden Umgang mit der Umwelt, bringt eine hohe Funktionalität, wirtschaftlichen Mehrwert und verbindet die Menschen.

„Aus der Praxis für die Praxis“. Damit Architekten und Ingenieurinnen ihrer gesellschaftlichen Verantwortung gerecht werden können, benötigen sie eine qualitativ hochwertige und ganzheitliche Aus- und Weiterbildung. Als Netzwerk der Kompetenz für einen nachhaltigen Lebensraum engagiert sich der SIA mit der Expertise seiner Mitglieder und Fachexperten als Arbeits- und Austauschplattform für die relevanten Akteurinnen und Akteure sowie im Bereich der nonformalen Bildung mit der Weiterbildungsinstitution SIA inForm.

Das zentrale Thema für die kommende Zeit sind Klima und Energie. In einem umfassenden Verständnis verstehen wir darunter nicht nur Klimaschutz-Massnahmen, sondern auch die Klimaanpassung und den schonenden Umgang mit den verfügbaren Ressourcen. In seinem Positionspapier «Klimaschutz, Klimaanpassung und Energie» von 2018 anerkennt der SIA den Klimawandel als eine der grössten globalen Herausforderungen unserer Zeit, will den Temperaturanstieg auf 1,5 °C begrenzen und sich an das zukünftige Klima anpassen. Um diese Ziele zu erreichen, fordert der SIA unter anderem einen energieeffizienten Gebäude- und Infrastrukturpark mit Netto-Null Treibhausgasemissionen und setzt sich für einen sparsamen Einsatz von Ressourcen sowie den Ausbau der Kreislaufwirtschaft ein. Besonders bei den Stichworten Ressourceneinsatz und Kreislaufwirtschaft hat der SIA eine klare Erwartung an die Dekarbonisierung von Stoffflüssen, Anwendung nachwachsender Rohstoffe und an Gebäude als Zwischenspeicher von CO₂. Ebenso kommt der Trennbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Baustoffen eine zunehmende Bedeutung zu. In der Konsequenz soll unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen die Erhaltung und Weiterentwicklung des Bestandes Priorität erhalten vor (Ersatz-) Neubauten. In diesem Kernthema kommt dem SIA und seinen planenden Mitgliedern eine wichtige Rolle und Verantwortung als Akteure zu, gerade so wichtig ist jedoch, dass auch im Regelwerk positive Voraussetzungen dafür geschaffen werden.

3 DAS STIMMUNGSBILD DER MITGLIEDER DES SIA

Wie hat sich der Holzbau entwickelt? Wie wird er sich entwickeln? Und kann er sich positionieren? Um Aussagen und Meinungen abzustützen haben wir im SIA Mitglieder verschiedener Gremien um die Beantwortung von fünf Fragen gebeten. Da sich die Aussagen auf wenige Stimmen (14) beschränken und die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass dies vor allem Mitglieder waren, welche eine gewisse Affinität zum Holz haben, sind die Ergebnisse einzig dazu geeignet, ein Stimmungsbild abzugeben.

3.1 Generelle Fragestellungen

Frage 1: Der Stellenwert von Holz- und Holzbau hat sich in den vergangenen drei Jahren bei meiner täglichen Arbeit/in unserem Büro gegenüber dem Stellenwert vor 12 Jahren (ca. 2010) verändert. (11) grösser, (1) etwa gleich, (1) kleiner, () hat und hatte keinen Stellenwert.

Ergänzende Bemerkungen: Insbesondere tragende Strukturen in zunehmend grösserem Massstab sowie eine grössere Zahl an Projekten.

Frage 2: Bei Diskussionen zum nachhaltigen oder klimagerechten Bauen in den vergangenen drei Jahren, wurde die Arbeit mit Holz schneller und häufiger thematisiert als noch vor 12 Jahren (ca. 2010)».

(12) stimmt, (1) stimmt nicht / etwa gleich häufig () Keine Meinung

Ergänzende Bemerkungen: Nachhaltiges und klimagerechtes Bauen waren und sind schon immer ein Thema, es wird jedoch auch von den unterschiedlichen Bauherrschaften heute vermehrt eingefordert.

Frage 3: Wie hat sich ihre Zusammenarbeit beim Bauen mit Holz mit anderen Planenden in den vergangenen fünf Jahren verändert? (Verbessert? Intensiviert? Vereinfacht?...)

(5) verbessert, (3) vereinfacht, (je 1) Aufwand reduziert und vereinfacht, (1) Wissen ist vorhanden, (1) leicht verbessert.

Aber es wurde auch darauf hingewiesen, dass der Holzbau viel früher, viel detailliertere Planung erfordert, was nicht für alle gleich einfach sei. Der planerische Aufwand ist spürbar grösser als bei konventionellen Bauten.

Frage 4: Denken Sie, dass die Bedeutung/Verwendung von Holz in der Bauwirtschaft in den kommenden Jahren zunehmen wird?

(8) wird zunehmen (4) bleibt etwa gleich () nimmt eher ab () Keine Einschätzung

Ergänzende Bemerkungen: Nachhaltigkeit und CO₂-Speicher als Treiber, bremsend wirken werden mittelfristig die Verfügbarkeit von Holz in Mitteleuropa und lange Importwege. Leichte Zunahme bis 2025, dann konstant bleibend.

3.2 Chancen und Risiken

Chancen:

Im Vordergrund stehen, wie kaum anders zu erwarten die Stichworte von Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Dekarbonisierung und CO₂-Speicher, welche für den Holzbau sprechen («Nachhaltigkeit heisst Holzbau»). Gerade für den Holzrahmenbau werden hier grosse Vorteile gesehen. Im Sinne der Ressourceneffizienz wird das Bauen mit Brettspertholz eher kritisch gesehen.

Eine grosse Bedeutung haben auch die Attribute wie «modern», «sauber», «gesund», welche dem Holz zugestanden werden und die auch im Ausbau für das Holz sprechen.

Die Grundlagenarbeit für die Verbreitung des Wissens rund um die Holzanwendung ist weitgehend getan. Das Verständnis und Interesse der Bauherren, öffentlich wie privat, ist vorhanden. Es wird nicht mehr so viel Überzeugungsarbeit verlangt. Was zusätzlich positiv wirkt, ist die grosse Zahl qualitativ hochstehender gebauter Beispiele.

Bei den Planenden ist inzwischen viel Erfahrung, Offenheit und Verständnis vorhanden, was die weitere Anwendung von Holz erleichtert. Holz ist auch im Rahmen von Architekturwettbewerben zunehmend ein wichtiges Thema

Eine grosse Stärke des Holzbaus ist die nach wie vor hohe Innovationsfreude. Der Holzbranche wird viel Mut zu Weiterentwicklungen zugestanden. Es besteht auch die Hoffnung, dass das Schweizer Holzbau Know-how, das international gefragt ist, noch stärker auch zu einem Exportgut wird.

Anwendungen

Ein grosses Potenzial wird in der Anwendung in hybriden und unterschiedlichen Materialkombinationen. Ebenso wird der natürlichen Anwendung für Sanierungen, Aufstockungen und Erweiterungen, d.h. dem Weiterbauen im Bestand einiges Potenzial zugesprochen. Dass technisch die Vorfertigung und

Modularisierung und die damit verbundene Geschwindigkeit auf der Baustelle, geringer Platzbedarf und Lärmemissionen auch positiv gesehen werden, überrascht kaum.

Risiken

Mehrfach genannt wird die Tatsache, dass das Bauen mit Holz hohe Anforderungen an die Qualität von Planung und Ausführung stellt, weil der Holzbau insgesamt wenig Fehlertoleranz aufweist. Immer mehr Planer mit wenig Holz-Erfahrungen planen Holzgebäude, was nicht ohne Risiken ist. Herausforderung ist in diesem Fall, dass die Planung in der notwendigen Präzision und Detaillierung zeitgerecht erfolgt.

Daneben werden aber auch Nachteile der Verarbeitung nicht verschwiegen: in Zusammenhang mit der Kreislauffähigkeit der Baustoffe ist das Verleimen von Bauteilen und das Kombinieren von vielen Schichten nicht optimal. Es wurde auch darauf hingewiesen, dass die Hersteller von Konkurrenzbaustoffen nicht schlafen und ebenfalls Fortschritte machen.

Es wurde auch festgestellt, dass die Innovationslust hier und dort einer gewissen Standardisierung der Lösungen und Automatismen Platz macht, was der Weiterentwicklung nicht immer zuträglich sei.

Ganz zum Schluss gibt es zwei generelle Risiken, welche weniger die Planenden und Holzbauunternehmen im Einzelnen betrifft, sondern die ganze Branche angehen:

Nicht unerwartet wird der Fachkräftemangel angesprochen, welcher die gesamte Branche betrifft. Falls die Branche weiterwachsen will und noch grössere und noch höhere Bauten erstellen soll, stellt sich diese Herausforderung gleich doppelt.

Zum Schluss wird auch die Verfügbarkeit des Holzes Grenzen aufzeigen. Kurzfristig aufgrund der Abnahme der Lieferungen aus Osteuropa, mittelfristig aufgrund der nicht unbegrenzt nachhaltig verfügbaren Mengen an Holz und langfristig wird die Frage, welche Hölzer die heute allgegenwärtigen Arten aufgrund des Klimawandels ersetzen können, nicht zu umgehen sein. Leider wird diese Thematik noch verschärft mit der Diskussion um die Entlassung von Waldflächen aus der Nutzung mit der Begründung es sei positiv für Kohlenstoffspeicherung und Biodiversitätsschutz.

4 FAZIT

Ein Fazit lässt sich aufgrund dieser Betrachtungen relativ einfach ziehen. Für den Holzbau stehen die Ampeln auf grün. Holz ist nicht die alleinige Lösung, aber leistet unverzichtbar wichtige Beiträge an die Lösung für die Herausforderungen unserer Gesellschaft. Der weiteren positiven Entwicklung steht wenig im Weg. Aus Sicht des SIA, auch im Sinne der Klimaziele, lohnt sich sicherlich die Konzentration auf diejenigen Märkte, wo das Holz seine grössten Vorteile ausspielen kann, d.h. beim Weiterbauen im Bestand, beim Sanieren und Verdichten. Dass dabei die Qualität und Präzision weiterhin hochgehalten werden soll, versteht sich eigentlich von selbst. Die Bedeutung der «Kreislauffähigkeit» und Wiederverwendbarkeit von Bauteilen wird voraussichtlich noch zunehmen.

Die grössten Herausforderungen für die weitere Entwicklung des Holzbaus liegen aktuell kaum in der Bauweise und der Qualität der Ausführung. Vielmehr wird sich der Mangel an Fachkräften verstärken. Und zum Schluss darf die nachhaltige Verfügbarkeit des Holzes nicht aus den Augen gelassen werden.

Landwirtschaftliches Zentrum, Salez

Matthias Eisele
merz kley partner AG

1 EINLEITUNG

Bereits beim 2011 ausgelobten Wettbewerb konnte das Basiskonzept für den Erweiterungsbau des Landwirtschaftlichen Zentrums Salez im Projektteam ausgearbeitet werden. Genauso wie die Haustechnik sollte das Tragwerk so einfach und effizient wie möglich sein. Lowtech, nicht nur bei der Haustechnik, sondern auch bei der Tragkonstruktion. Um die Norm-Anforderungen an Raumluftqualität und den Nutzungskomfort einzuhalten bedeutet das bei der Haustechnik sehr viel Aufwand in der Konzeption, der Berechnung bzw. Simulation und vielleicht auch «Good-Will» in der Norm-Auslegung. Bei der Holzkonstruktion müssen die gängigen Grundsätze für holzbaugerechtes Entwerfen beachtet werden um dieses Ziel zu erreichen: hoher Wiederholungsfaktor, holzbaugerechte Spannweiten bzw. Trägerschlankheiten, Disziplin (durchgehende Stützen), einfache Fügungen und Montagefreundlichkeit.

2 FOUNDATION UND BETONBAU

Ein dauerhaftes Bauwerk benötigt ein solides Fundament. Die örtlichen Baugrundverhältnisse sind geprägt von wenig tragfähigen Schichten aus Schwemmsand und Seeablagerungen und einem Grundwasserspiegel, der im Extremfall die Geländeoberfläche erreicht. Erst in 10-15 m Tiefe steht der gut tragfähige Rheinschotter an, in den das Gebäude mittels 260 Rammpfählen gegründet werden musste. Im Falle eines Erdbebens besteht die Gefahr einer Verflüssigung der Sandschichten. Zur Verkürzung der Knicklänge und zur Ableitung der Horizontallasten sind die 15-20 m langen, vorgefertigten Stahlbetonpfähle 5 m in den Reinschotter eingespannt (Abb.1).

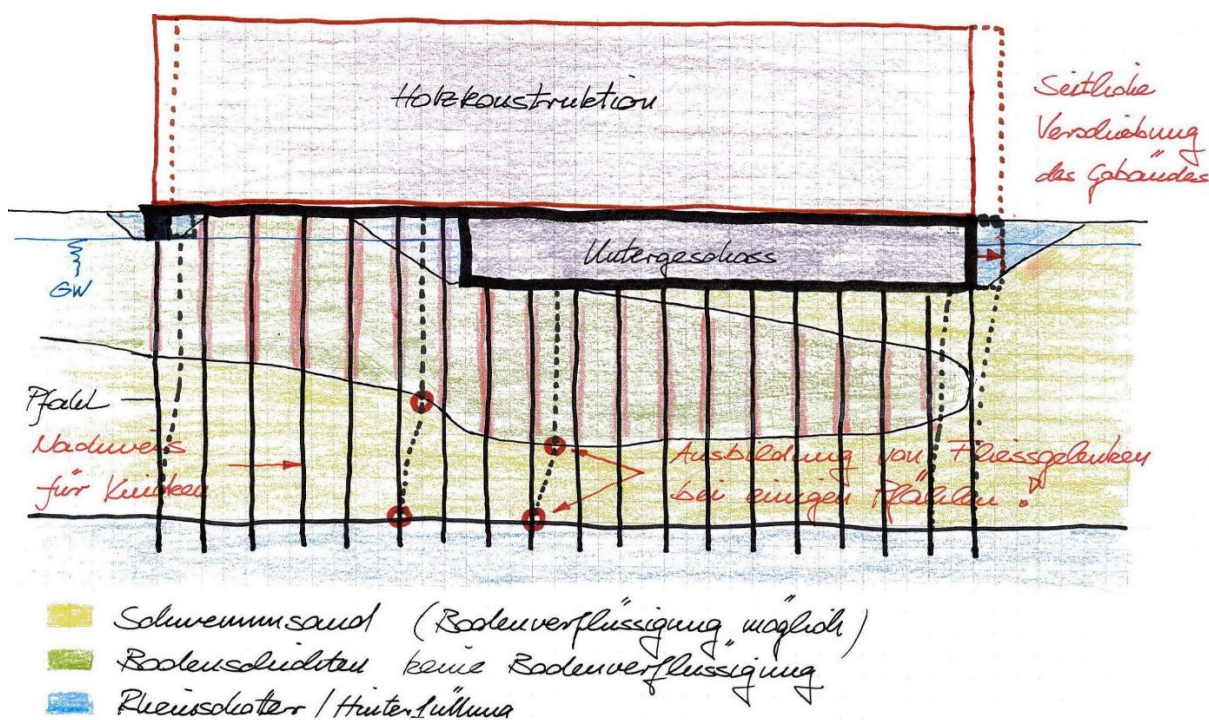


Abb.1 Entwurfsskizze Pfahlfundation

Zur Aufnahme der hohen Biegemomente mussten die FT-Rammpfähle sehr hoch armiert werden (Abb.2). Für den Bau des Untergeschosses, das ca. 40% der Grundfläche einnimmt, musste der Grundwasserspiegel mit 130 Vakuumbrunnen abgesenkt werden. Die Aufwendungen für den heute nicht mehr sichtbaren Teil des Rohbaus, d.h. Aushub, Wasserhaltung, Pfähle, Untergeschoss und Bodenplatte entsprechen in etwa den Kosten der Tragkonstruktion der Obergeschosse.



Abb.2 Armierung FT-Pfähle

3 HOLZKONSTRUKTION

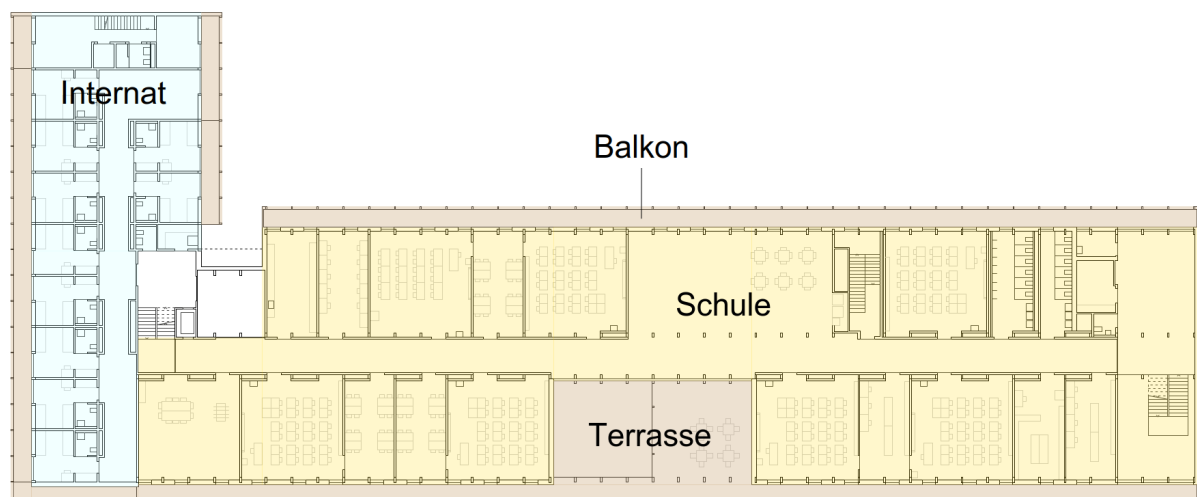


Abb.3 Nutzungs- und Strukturgliederung

Das gesamte Tragwerk von der Bodenplatte bzw. der Decke über dem Untergeschoss aufwärts ist eine Holzkonstruktion. Die oberirdische Struktur lässt sich, analog zur Nutzung in die drei wesentlichen Bereiche gliedern: Schultrakt, Internatstrakt und Balkon bzw. Aussenterrasse (Abb.3).

Der Haupteingangsbereich zwischen Schul- und Internatstrakt bildet das Bindeglied zwischen den unterschiedlichen Geschossigkeiten und wird als Sonderfall im Folgenden nicht näher beschrieben. Die Holzbauteile im Aussenbereich sind aus Gründen der Dauerhaftigkeit in BSH Eiche gebaut. Für alle anderen Teile der Tragkonstruktion kam Fichtenholz, in Form verschiedener Holzwerkstoffe zum Einsatz. Wo möglich wurde dabei Holz aus den Wäldern des Kantons St. Gallen verarbeitet. Zur Zeit der Projektierung in 2011 bis 2013 wurde der Kreislauffähigkeit der Konstruktionsmaterialien noch nicht sehr grosse Aufmerksamkeit geschenkt, sondern eher der Herkunft des Holzes.

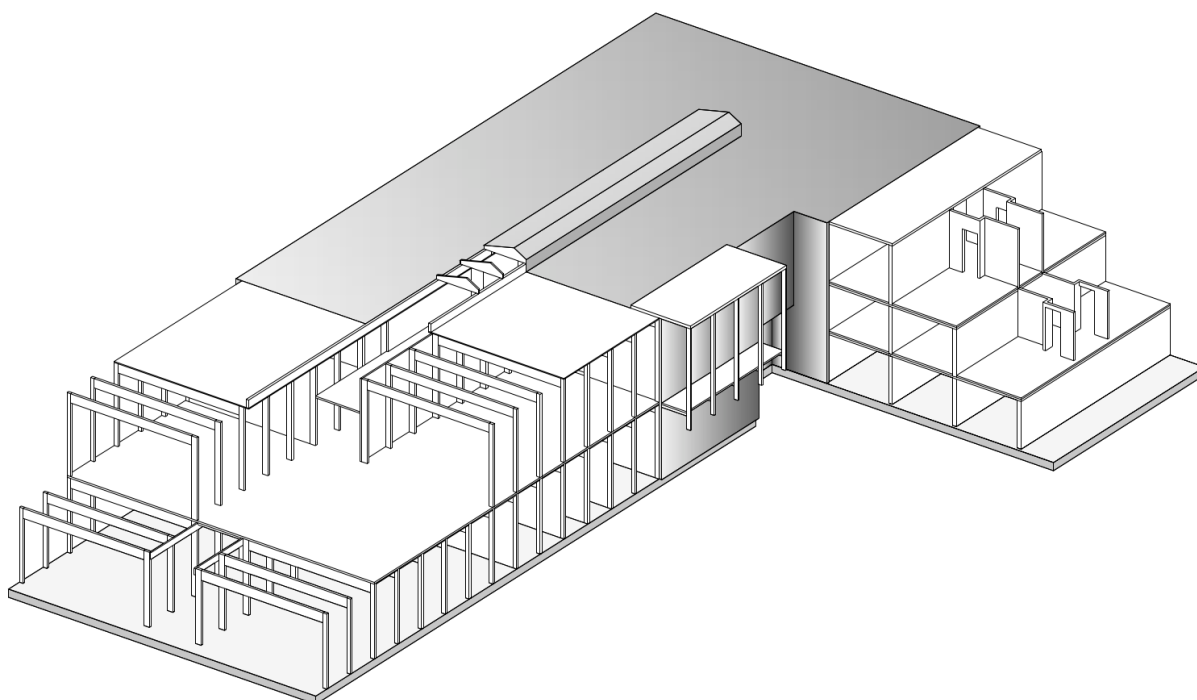


Abb.4 Axonometrie der Tragstruktur

3.1 Schultrakt

Im zweigeschossigen Klassentrakt kann die Struktur am treffendsten als Skelettkonstruktion umschrieben werden (Abb.4). Vier Stützenreihen entlang der Fassade und des Mittelgangs tragen die Lasten aus der Decke und dem Dach auf die Bodenplatte. Der Stützenabstand von 2.14 m rhythmisiert und bestimmt die ganze Tragstruktur. Die im Raster der Stützen angeordneten Deckenbalken spannen über 8,50 m und wirken mit der darüber gegossenen, dünnen Ortbetonplatte im Verbund als Holz-Beton-Verbunddecke. Die Tragfähigkeit und Steifigkeit der Holzträger werden dadurch erhöht und der Beton bringt auch die für einen guten Schallschutz notwendige Masse sowie den sicheren Raumabschluss für die Erfüllung der Brandschutzanforderung. Das Dach folgt dem gleichen Duktus wobei hier aufgrund der geringeren Anforderungen auf eine Betonschicht verzichtet wurde. Die Grundsätze für holzbaugeschichtes Entwerfen wurden weitgehend eingehalten: die Deckenspannweite von ca. 8.50 m ist im Holzbau eine relativ grosse Deckenspannweite, jedoch wurde mit der Rippenstruktur und insgesamt grosszügiger Konstruktionshöhe auf effiziente Art die erforderliche Deckensteifigkeit erreicht. Die Rippenzwischenräume werden genutzt für die Haustechnik und Raumakustik. Die Konstruktion ist damit nicht nur effizient, sondern auch effektiv. Ohne Ausnahme steht in jeder Tragachse eine Stütze, im Ober- und im Erdgeschoss. Das Stützenraster ist so gewählt, dass die erforderlichen Fluchtwegbreiten eingehalten sind, ohne dass hierfür Stützen abgefangen werden müssen. Lediglich der überdeckte, ostseitige

Eingangsbereich musste aus gestalterischen Gründen stützenfrei bleiben und mit Wandträgern abgefangen werden (Abb. 5).



Abb.5 Eingang Ost

3.2 Internatstrakt

Das dreigeschossige Internat unterscheidet sich in seiner Konstruktion vom Klassentrakt. Anstelle des prägenden Skeletts aus Stützen und Trägern werden Massivholz-Platten aus gekreuzt angeordneten, verklebten Brettern eingesetzt (CLT). Der Grund für die Wahl einer plattenartigen, flächigen Struktur aus Brettsperrholz liegt in der gegenüber dem Klassentrakt eher kleinteiligen, durch die Grösse der Zimmer geprägten Zellenstruktur mit relativ kleinen Spannweiten von etwa 4.20 m. Im Fernsehzimmer im 2. Obergeschoss sind zwei Zellen zu einem grösseren Raum zusammengefasst. Um die dadurch entstehende Spannweite von 8.40 m zu überspannen wurde das Dachelement in der Dämmebene mit BSH-Rippen verstärkt. Auch im Internatstrakt wurden die Holzdecken mit einer Betonschicht versehen aber im Gegensatz zum Klassentrakt als Flachdecke und nicht als Balkendecke ausgebildet. Um die geringen Schallschutzanforderungen einzuhalten sind die Zimmertrennwände zweischalig ausgeführt und die Decken zwischen den Zimmern getrennt.

3.3 Balkon und Aussenterrasse

Die umlaufenden Balkone sind an das Vordach aufgehängt. Sie sind teilweise der Witterung ausgesetzt und aus diesem Grund mit Eichenholz konstruiert. Alle Details sind so konstruiert, dass ein Eindringen von Meteorwasser in die Anschlüsse minimiert und ein Austrocknen ermöglicht wird. Das bedeutet, dass die bewitterten Seiten der Bauteile weder geschlitzt noch gebohrt sind und undurchlüftete Kontaktflächen zwischen zwei Bauteilen vermieden wurden (Abb. 6). Alle in Eiche eingebrachten Stahlteile und Verbindungsmittel bestehen aus gerbsäurebeständigem Edelstahl.



Abb.6 Knoten Balkonkonstruktion

Landwirtschaftliches Zentrum Salez

Andy Senn
Architekt BSA SIA

Im Dialog mit der Natur

Der Erweiterungsbau für das Landwirtschaftliche Zentrum St. Gallen in Salez schafft aus den heterogenen Bauten der Anlage ein Ensemble und bietet eine Fülle von Raumerlebnissen.

Von Gerhard Mack



Am besten sieht man die neue Landwirtschaftsschule, wenn man daran vorbeigefahren ist und auf der Landstrasse nach Saxerriet innehält und sich umdreht. Dann zeichnet sich über dem flachen Feld ein Saum aus Holz in den Himmel, der den Blick festhält und an die Baumreihen erinnert, die das Rheintal quer zum Fluss als Barrieren gegen den Föhn-Wind durchziehen. Auf einer Länge von gut hundert Metern markiert er die Siedlungsgrenze zwischen dem Weiler Salez und dem freien Feld. Dabei wirkt der Riegel aus der Entfernung fast porös und so durchlässig wie ein Gewebe. Wer näher kommt, sieht, dass sich der Effekt einer einfachen Schichtung verdankt. Neun Meter hohe Pfosten aus Eichenholz setzen in regelmässigen Abständen einen vertikalen Rhythmus. An ihnen sind durchlaufende Laubengänge befestigt. Beides zusammen schafft einen Raum vor der eigentlichen Wand aus Holz und Glas.

Sie gehören zum Abschluss des Gebäudes dazu, sind gewissermassen Teil dieser Wand, lösen sie jedoch auch auf in den offenen Raum des Feldes. Wenn die Umgebungsarbeiten abgeschlossen sind, finden sie in einer neu gepflanzten Baumreihe einen Gegenpart, der sich wie ein schützender Mantel vor das Gebäude legt und die Vermittlung zwischen Bau und Feld, zwischen geschlossenem und offenem Raum nochmals ausdifferenziert. Erst wenn man sich dem Gebäude nähert, gewinnt sein filigraner Charakter an Kompaktheit, wird fest und auch visuell zu einer Wand in der Landschaft, die jedem Föhnwind trotzt.



Wer ihn durch den Haupteingang am schmalseitigen Ende betritt, der nach der geplanten Erweiterung 2025 auch diese erschliessen wird, findet sich nach dem Entrée in einer grosszügigen offenen Raumsituation. Eine frei liegende Treppe führt ins Obergeschoss. Die Mensa bildet einen grossen offenen Raum, dessen Grenze zum Mittelgang nur eine Reihe von Tragstützen markieren.

Die Flügeltüren der Aula gegenüber lassen sich öffnen, sodass bei Bedarf ein grosser fliessender Raum entsteht. Der Mittelgang selbst öffnet den Blick über die ganze Länge des Gebäudes. Ein Gebäudeeinschnitt nach der Mensa wird zur gedeckten, teilweise über zwei Geschosse offenen Terrasse. Küche und Lernküche schliessen sich zu beiden Seiten des Flures als klimatechnisch getrennte Bereiche mit eigenen Unterrichtszimmern an.

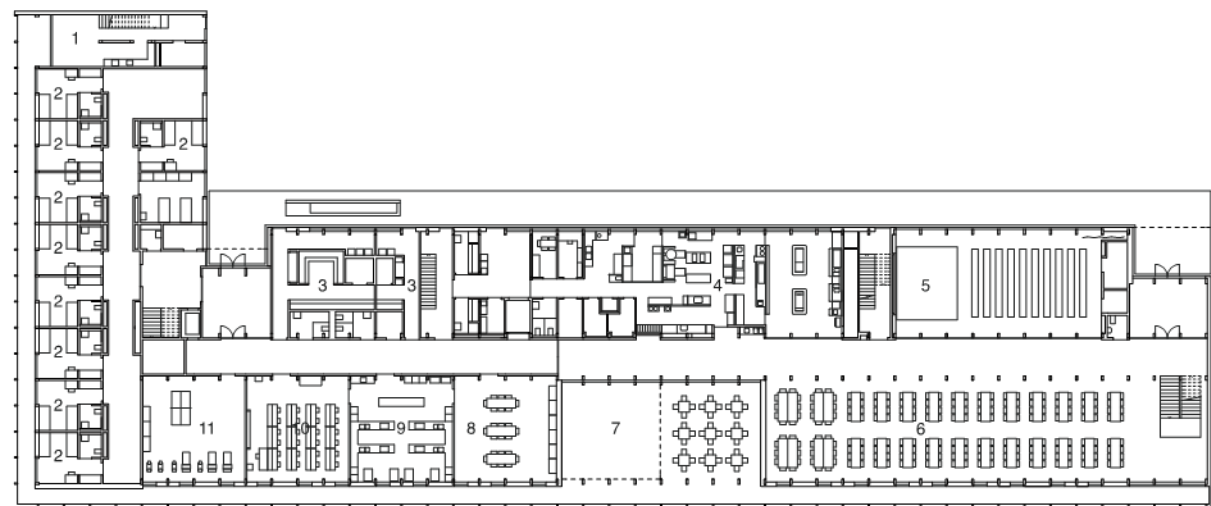


Am Ende führt ein Übergangsbereich zu einem zweiten Eingang und Treppenbereich, der Schule und Internat miteinander verbindet. Dass vom Tragwerk über die Wände und Decken bis zu den von Andy Senn eigens entworfenen Klapptischen alles in Holz ausgeführt ist, gibt diesen verschiedenen Raumzonen ein einheitliches Gepräge, das durch das spezifische Raumklima auch körperlich wahrnehmbar ist. Lediglich die mit einer Kasein-Schicht aus Milch und Lehm überzogenen Holz-Beton-Verbunddecken sowie die in verschiedenen Farben gehaltenen Türen (orange für die Schule, grün fürs Internat) setzen eigene Akzente. Besonders die das vierfache Raster einnehmenden Schulzimmer und die zwischen ihnen liegenden, halb so breiten Gruppen- und Vorbereitungsräume im Obergeschoss verströmen fast die Atmosphäre einer Geborgenheit gebenden Schatulle. Ihre Abfolge ist durch einen grosszügigen Pausenbereich und eine Terrasse durchbrochen, die die Hälfte des Gebäudeeinschnitts nach Süden einnimmt und bei schönem Wetter auch für Unterrichtszwecke genutzt werden kann.

Die Nähe zum Alltag der Benutzer, die das Gebäude schon alleine durch das Material Holz signalisiert, wird durch eine Installation nochmals auf einer weiteren Ebene hervorgehoben, die Elisabeth Nembrini im Rahmen eines Kunst am Bau-Projektes entwickelt hat: Im Bereich der Haupttreppe hängen vier taschenartige Gebilde aus von Hand gespaltenen Schindeln, die den Waben von Bienen nachgebildet sind. Die Künstlerin verortet die Tiere an der Schnittstelle zwischen Kultur und Natur. Sie sind für unsere Landwirtschaft unerlässlich, aber auch durch sie gefährdet, wenn Chemikalien und eingeschleppte Schädlinge sie bedrohen. Nur ein Dialog kann ein fruchtbares Miteinander ermöglichen. Um das zu zeigen, hat Elisabeth Nembrini im Verhältnis 1:15 einen Bienenstock in der Form des Treppenhauses gebaut und Bienen darin Wachswaben herstellen lassen. Bevor sie darin Honig einlagerten, wurden diese fünf biomorphen Gebilde entfernt, eingescannt und auf die skulpturale Form im Verhältnis von 1:15 vergrössert. Die Veränderungen in Massstab und Material liessen eine Skulptur entstehen, die abstrakt wirkt und gerade darin auf die Notwendigkeit einer Vermittlung zwischen Natur und Kultur verweist – wie auf andere Weise auch der Entwurf von Andy Senn.

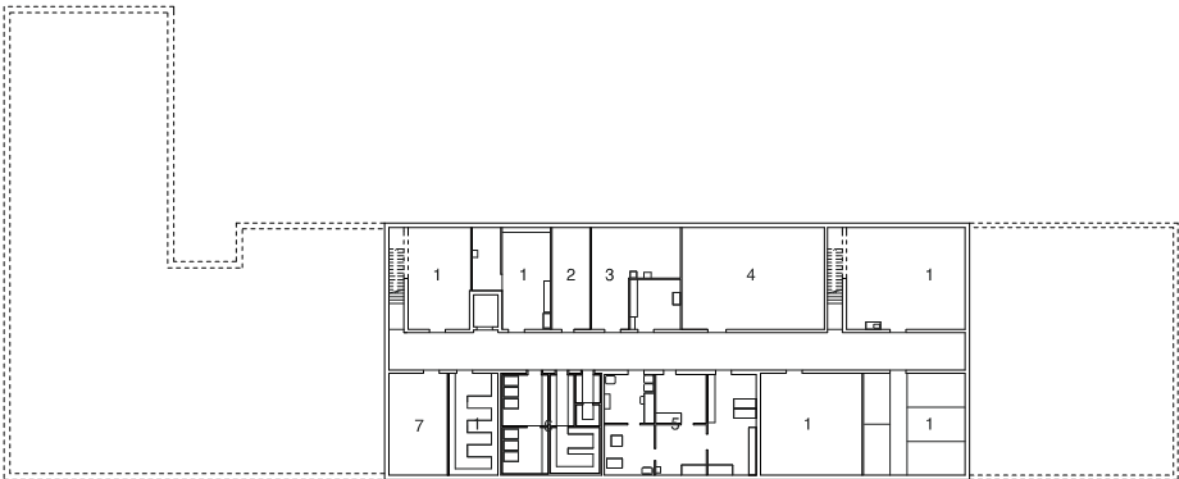


Pläne



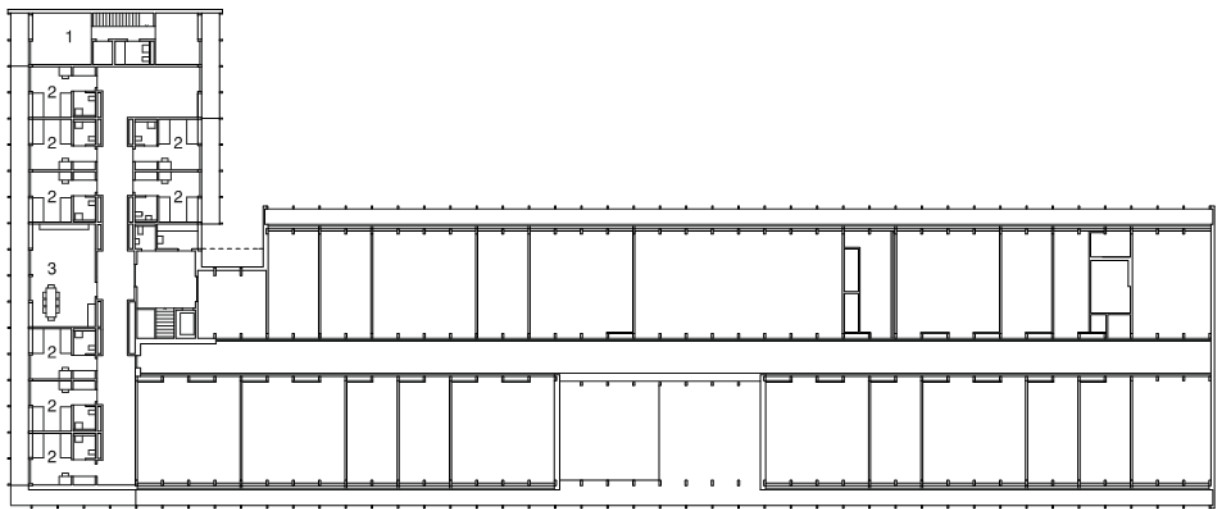
GRUNDRISS ERDGESCHOSS
MST. 1 : 500

- LEGENDE:
- 1 ABWARTSWOHNUNG
 - 2 INTERNATSZIMMER
 - 3 GARDEROBEN
 - 4 GEWERBLICHE KÜCHE
 - 5 AULA
 - 6 MENSA
 - 7 TERRASSE
 - 8 AUFENTHALTSRAUM
 - 9 SCHULKÜCHE
 - 10 KLASSENZIMMER
 - 11 FITNESSRAUM



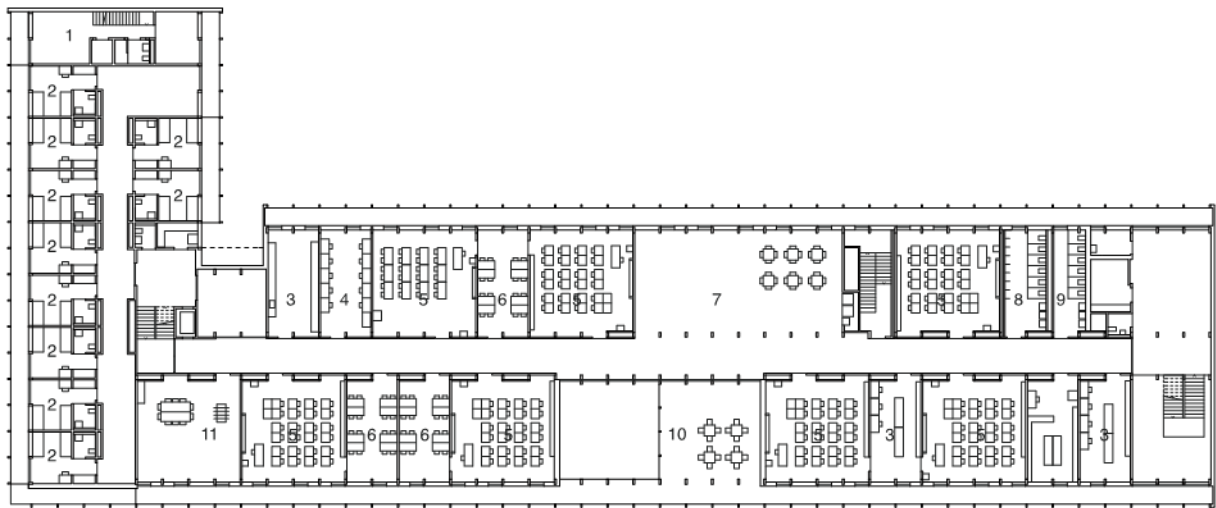
GRUNDRISS UNTERGESCHOSS
MST. 1 : 500

- LEGENDE:
- 1 LAGER
 - 2 ELEKTROZENTRALE
 - 3 ENTSORGUNG
 - 4 TECHNIK
 - 5 WÄSCHEREI
 - 6 KÜHLRÄUME
 - 7 WEINKELLER



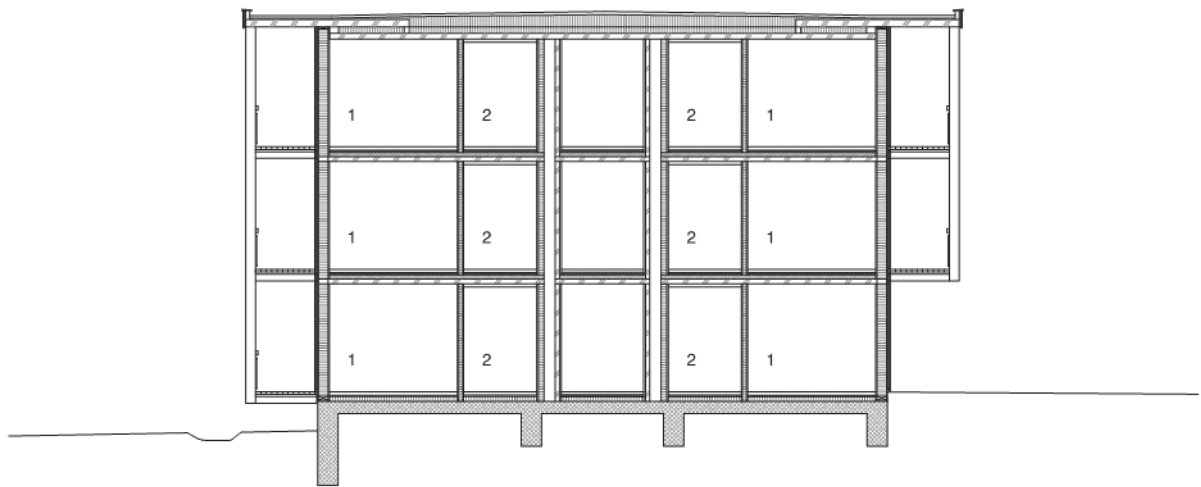
GRUNDRISS 2. OBERGESCHOSS
MST. 1 : 500

- LEGENDE:
- 1 ABWARTWOHNUNG
 - 2 INTERNATSZIMMER
 - 3 FERNSEHZIMMER



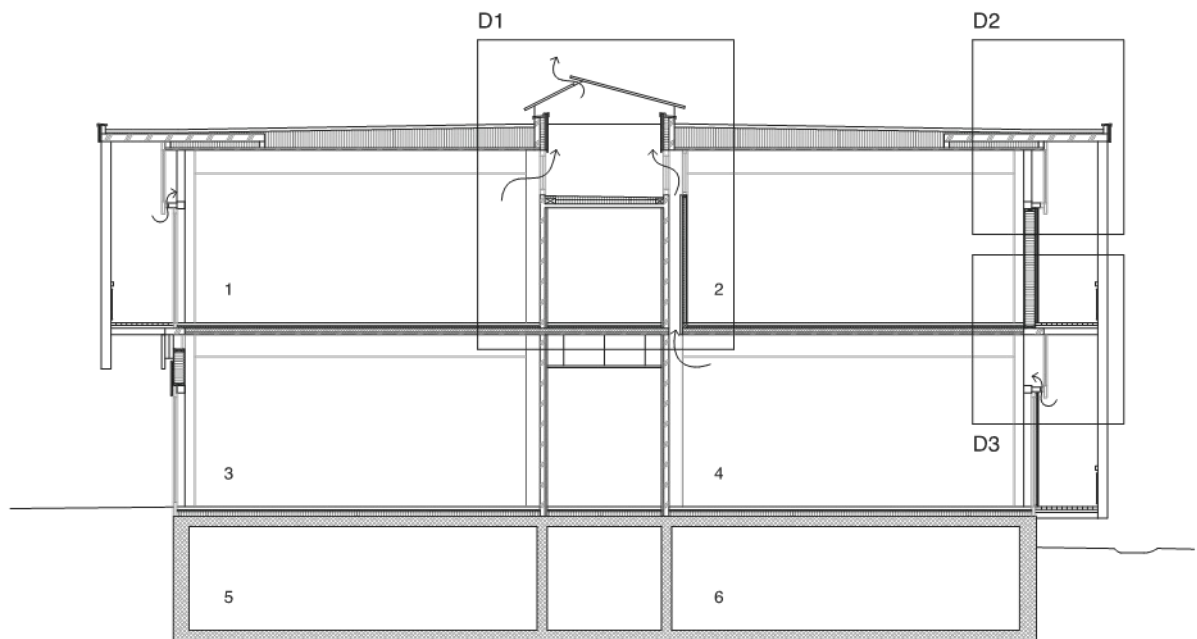
GRUNDRISS 1. OBERGESCHOSS
MST. 1 : 500

- LEGENDE:
- 1 ABWARTWOHNUNG
 - 2 INTERNATSZIMMER
 - 3 VORBEREITUNGSRAUM
 - 4 INFORMATIKRAUM
 - 5 KLASSENZIMMER
 - 6 GRUPPENRAUM
 - 7 AUFENTHALTSBEREICH
 - 8 WC HERREN
 - 9 WC DAMEN
 - 10 TERRASSE
 - 11 AUFENTHALTSRAUM



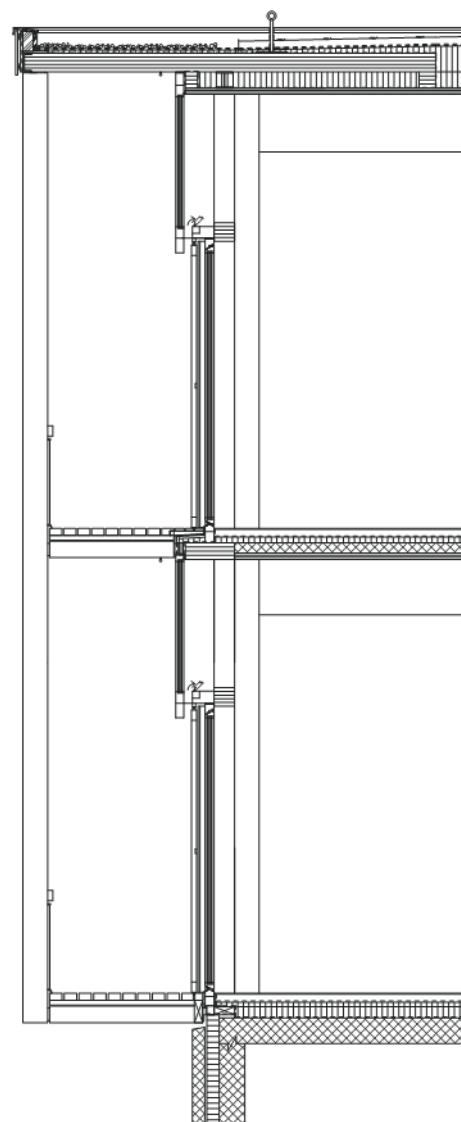
QUERSCHNITT INTERNATSTRAKT
MST. 1 : 150

LEGENDE:
1 INTERNATSZIMMER
2 BAD

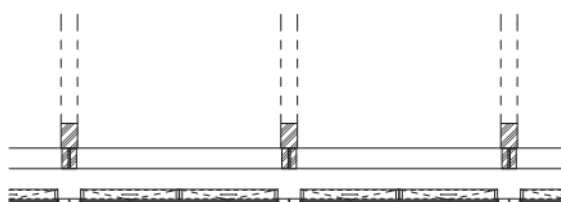


QUERSCHNITT SCHULTRAKT
MST. 1 : 150

LEGENDE:
1 KLASSENZIMMER
2 GRUPPENRAUM
3 GARDEROBE
4 SCHULKÜCHE
5 LAGER
6 WEINKELLER

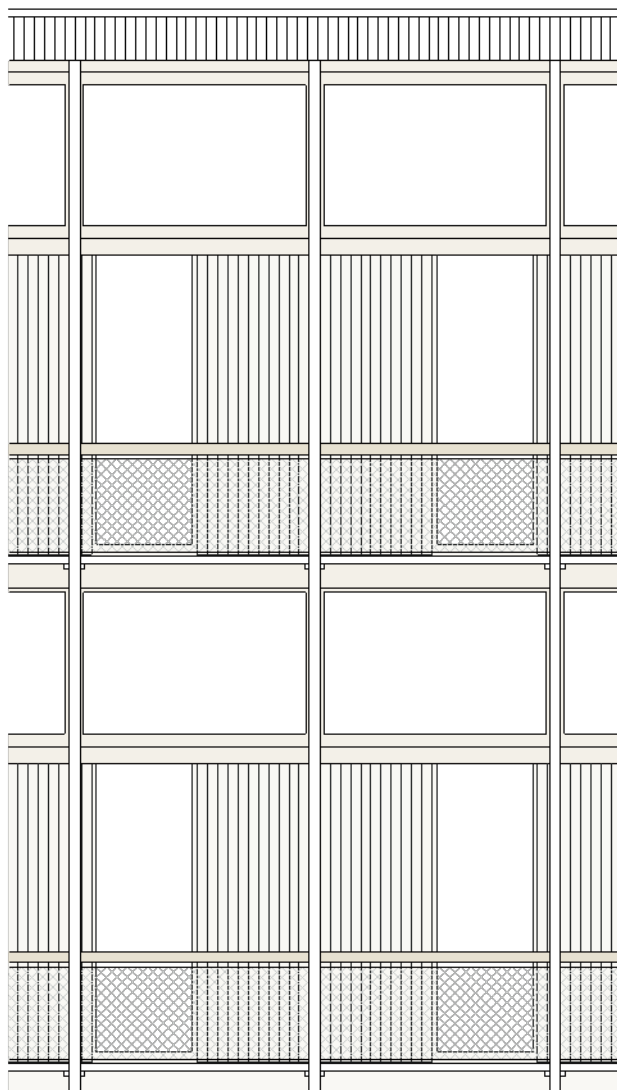


SÜDFASSADE - FASSADENSCHNITT
SCHULTRAKT - MST. 1 : 60

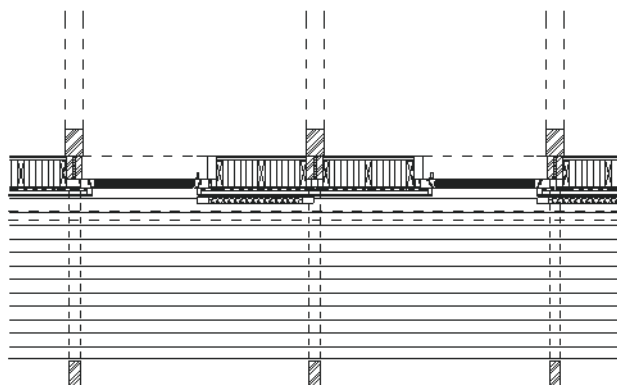


SÜDFASSADE - GRUNDRISS DURCH ÖBLICHTER
SCHULTRAKT - MST. 1 : 60

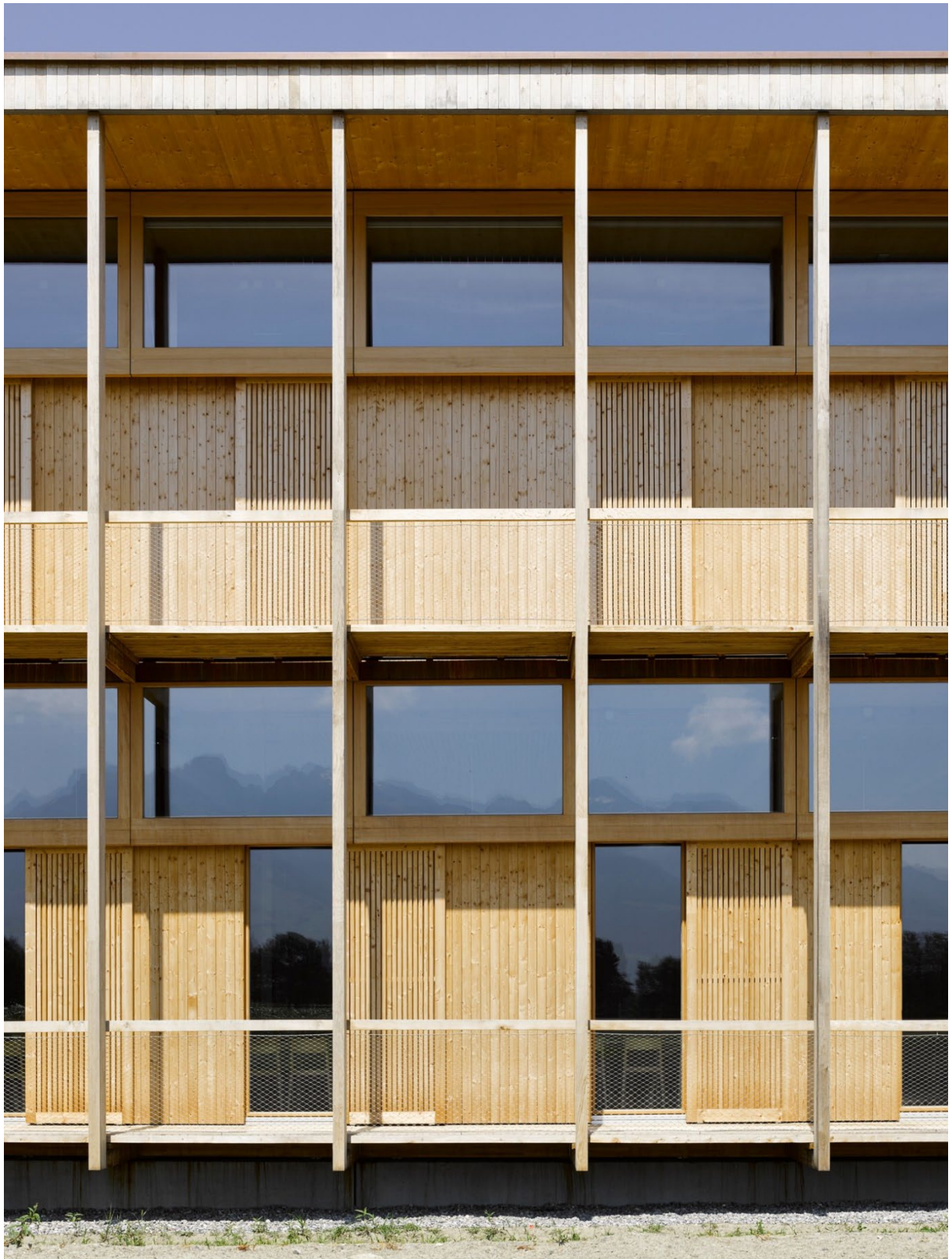




SÜDFASSADE - ANSICHT
SCHULTRAKT - MST. 1 : 60



SÜDFASSADE - GRUNDRISS DURCH FENSTER
SCHULTRAKT - MST. 1 : 60



90 Jahre Nutzungsdauer - für welche Zukunft planen und bauen wir eigentlich?

Wolfram Kübler
WaltGalmarini AG

1 EINLEITUNG

Das Klima hat sich bereits und wird sich weiter verändern. Die bisherigen Bauweisen haben einen Hauptanteil an den verursachenden Emissionen weltweit beigetragen.

Immer mehr Bauherren und Investoren haben das Bedürfnis nachhaltiger zu Bauen und wollen einen aktiven und sinnvollen Beitrag an die Gesellschaft und Umwelt bzw. zur Klimastabilisierung leisten. Manche setzen bewusst auf etablierte Labels – vielleicht auch um sich selber nicht weiter vertieft mit der komplexen Thematik befassen zu müssen – und hoffen, dass diese tatsächlich Wirkung zeigen. Andere Bauherren nutzen besonders nachhaltige Projekte gezielt, um über die Regelbauweise hinaus deutlich verdichtete Projekte einfacher oder überhaupt bewilligt zu erhalten. Dichter Bauen ist auch nachhaltigeres Bauen.

Der vorliegende Fall ist eine Besonderheit: Die Stifterin der Siedlung Burkwil hat festgelegt, dass die Konstruktion der sieben Mehrfamilienhäuser mit kleberfreien Vollholzelementen aus luftgetrocknetem Schweizer Mondholz in Kombination mit Lehm gebaut werden sollen. Ausschlaggebend war u.a. die Erfahrung des Wohnklimas in einer Wohnung einer in solcher Bauweise bereits gebauten Wohnsiedlung in der Zentralschweiz sowie Vorträge und die Bücher von Erwin Thoma.

Es geht um über 8'000m³ Schnittholz oder ca. 4'000 Bäume die nur an bestimmten Tagen vor Leermund in den Wintermonaten in Schweizer Bergregionen um 800 bis 1'000müM gefällt werden dürfen. Nicht wenige dieser Bäume dürften bereits an die 200 Jahre alt sein.

Aufgrund des ebenso langen Baurechtsvertrags wünscht die Bauherrschaft eine Nutzungsdauer von 90 Jahren in die Zukunft für das Tragwerk. Auch das ist bereits ein bedeutender Beitrag zur Verbesserung der Ökobilanz: Sicher für bis zu 300 Jahre gebundenes CO₂.

2 BEYOND THE LIMITS OF TWOODS

Das sind aber auch Randbedingungen, die einen konventionellen und bewährten SIA-Projektablauf verunmöglichen. Es ging deshalb im Vorprojekt bald einmal darum, die Holzbeschaffung und die Lieferketten überhaupt zu ermöglichen und den Holzeinschlag und die Lufttrocknung parallel zur Planung bereits sicherzustellen, um den gewünschten Bezugstermin einigermassen realisieren zu können.

2.1 Ungewöhnliche Zuschlagskriterien

Ein Vorhaben mit 100 Wohnungen in der gewählten Bauweise gegenüber einem üblichen Projekt dieser Bauweise mit 10-15 Einheiten bringt ungewöhnliche Kriterien zur Unternehmerauswahl mit sich:

- ist eine eingespielte Holzbeschaffung mit regionalen Forstbetrieben und Sägereien vorhanden?
- steht genügend Kapazität für eine natürliche Lufttrocknung des Rohmaterials zur Verfügung?

- welche Produktionskapazität für Wand- und Deckenelemente kann mobilisiert werden?
- zu welchem Zeitvorlauf führen obige Kriterien im Planungsablauf, den Bauherrenentscheiden und in der Vorfabrikation?

Es zeigte sich bald, dass der zunächst favorisierte ausländische Anbieter für das Volumen des Projektes zunächst ein Produktionswerk in der Schweiz hätte erstellen müssen.

Die Stiftung Bauherrin entschied sich das Projekt zusammen mit Firmen der TWOODS®-Bauelemente-Systems unter Federführung der Nägeli AG aus Gais/AR zu realisieren. Es stehen zusätzlich die Firmen Küng in Alpnach, Schindler&Scheibling in Saland sowie Truber Holzbau im Emmental mit insgesamt über alle in der ARGE beteiligten Holzbaubetriebe mehr als ca. 250 Mitarbeiter zur Verfügung. Die Holzbeschaffung kann damit dezentral bzw. regional durch die Partnerfirmen mit ihren Forst- und Sägereibetrieben im Appenzell, Obwalden, dem Zürcher Oberland sowie im Emmental zuverlässig abgedeckt werden. Insgesamt dürften ca. 10 Forstbetriebe und 8 Sägereien involviert sein.

Die Baustelle in Meilen am Zürichsee liegt mehr oder weniger zentral, die Transportwege der Lieferkette und zur Baustelle sind so minimiert. Ein durchaus beispielhaftes Konzept für regionale Wertschöpfung und den Einsatz und die konsequente Verwendung von Schweizer Holz.

Bereits im Dezember 2020 fand im Appenzeller Wald ein Holzritual statt und die ersten Bäume wurden gefällt und geringelt.

2.2 Kleinere Modifikationen mit grossem Hebel

Praktisch alle der kleberfreien Massivholzbausysteme am Markt wurden in walddreichen eher kühleren alpinen Regionen entwickelt. Teilweise wurden bereits grössere Tourismus- oder Hotelkomplexe damit realisiert. Die Siedlung Burkwil ist aber für alle an der internationalen Evaluation beteiligten Systeme eine völlig neue Dimension.

Einige Eigenschaften und Konsequenzen treten auch erst durch die Skalierung bei Grossprojekten wie Burkwil, den Druck des verdichteten Wohnens bzw. die Notwendigkeit teures Bauland maximal auszunutzen auf:

- natürlich ist es puristisch und reizvoll, Häuser ohne Wärmedämmung nur aus Vollholzaussenwänden zu bauen. Da aber der inzwischen gesetzlich geforderte Mindestdämmstandard damit nicht mehr vernünftig eingehalten werden kann ist es bedeutend wirtschaftlicher, platzsparender und auch ökologischer und sowieso viel kostengünstiger nur den statisch notwendigen Vollholz-Querschnitt mit geeigneter Wärmedämmung zu ergänzen
- eine einzige Lamellenstärke mit nur 30mm für die mehrschichtigen Bauteile ist zwar für die Lieferkette und die Produktionsprozesse unglaublich effizient und unkompliziert, führt aber ab Lasten von mehr als drei Geschossen, zu geringen Knicklasten bzw. wiederum zu recht dicken Wänden und damit Flächenverlust
- tragende und kompakte, platzsparende und trotzdem kostengünstige Wohnungstrennwände für erhöhte Schallschutzanforderungen sind im Holzbau als REI60 mit sichtbarer Holzoberfläche auf Abbrand zu bemessen grundsätzlich eine Herausforderung: nachgiebig verdübelt tragend und mit Lehmbauplatten als Beplankung im Hohlraum sind sie zumindest unerreichbar nachhaltig...

Gegenüber dem originalen Bauteilkatalog mit standardisierten TWOODS®-Bauelementen konnte mit einigen gezielten Modifikationen ein nicht unerheblicher 7stelliger Betrag an Baukosten, ca. die Fläche einer Wohnung sowie der Druck auf die einzuhaltenden lichten Mindestraumbereiten des LEA-Labels eingespart bzw. optimiert werden.

2.3 Wie nachhaltig sind kleberfreie Bauweisen im Vergleich?

Kleber im Holzbau sind nach wie vor bzw. wieder vermehrt ein viel diskutiertes Thema. Wir gehen davon aus, dass für alle Gebäude bereits in naher Zukunft neben statischen Nachweisen auch Ökobilanzierungen für die Erstellung erforderlich sein werden. Andere europäische Nachbarländer verlangen dies bereits mit der Baueingabe. Spätestens dann werden projektspezifisch jene Lösungen zum Zug kommen, mit welchen diese gesetzlichen Anforderungen am wirtschaftlichsten erreicht werden können.

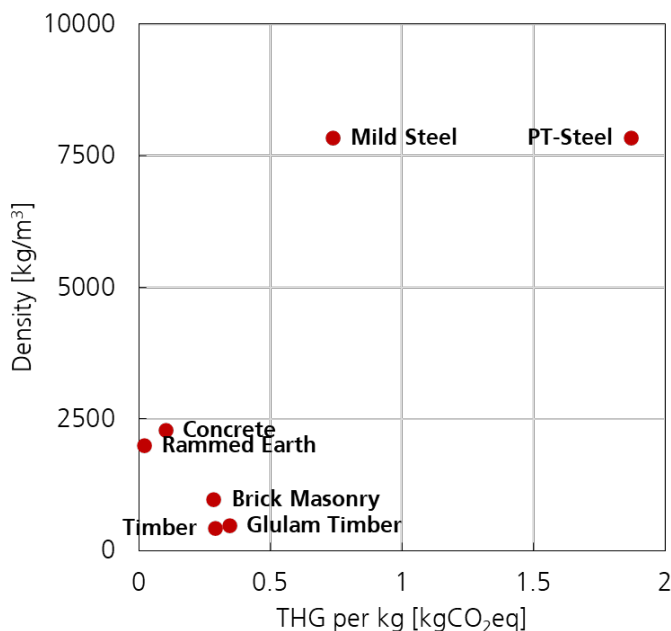
International setzt sich die in der SIA 2032 bereits etablierte Nachweisstrategie durch:

$$\text{Ökobilanz pro Jahr} = \frac{\text{Menge eines Materials} \times \text{Ökobilanz pro Menge}}{\text{Nutzungsdauer}} \left[\text{z.B. } \frac{\text{CO}_2\text{equ}}{\text{m}^2 \text{ a}} \right]$$

Damit ist die Ökobilanz des Materials – und damit oft der Kleberanteil bei Holzwerkstoffen – nur eines von drei Kriterien. Auch die Nutzungsdauer muss wieder einen viel grösseren Stellenwert in den Tragwerkskonzepten erhalten. Eine Vermischung von Tragwerk und Gebäudehülle sollte vermieden werden. **Um Netto-null erreichen zu können sind Tragwerke mit mehreren Lebenszyklen sprich deutlich >100 Jahre Lebensdauer notwendig und Vorsetzung.** Gebäudehüllen sollten unabhängig ausgetauscht werden können.

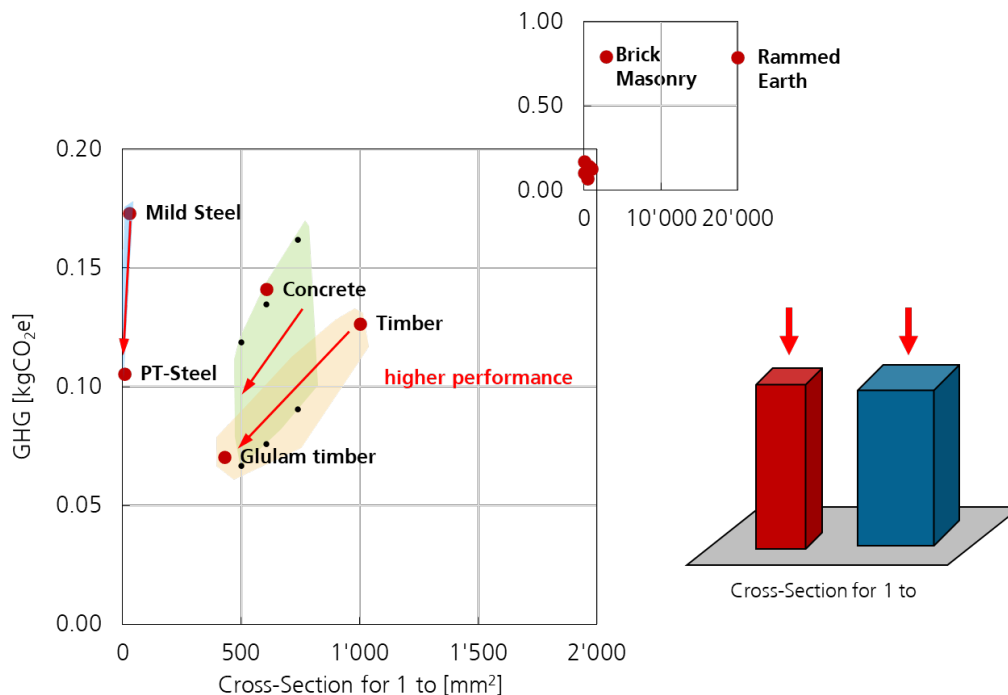
Sämtliche Werkstoffe unserer (Holzbau-)Normen sind derzeit für eine Lebensdauer von 50 Jahren beurteilt und zugelassen. Soll eine grössere Nutzungsdauer mit Bauherren vereinbart werden ist dies individuell zu beurteilen, zu berücksichtigen bzw. entsprechend geeignete Werkstoffe auszuwählen. Kleberfreie Vollholz-Konstruktionen sind diesbezüglich offensichtlich unkritischer.

Betrachtet man im nachfolgenden Diagramm (erstellt mit der aktuellen Ökobilanzdatenbank der KBOB vom März 2022) zunächst einmal nur die Ökobilanzen pro Menge, stellt man fest, dass Vollholz etwas besser abschneidet als Brettschichtholz:



Anmerkung: Beton wird üblicherweise als Stahlbeton verbaut und ist deshalb eigentlich ein Hybrid mit bestimmtem Bewehrungsgehalt. Deshalb ist die Bilanz immer schlechter als der hier dargestellte reine Beton.

Betrachtet man die gleichen Materialien nun aber performance-basiert inkl. der für eine bestimmte Tragfähigkeit notwendigen tatsächliche Menge bzw. Querschnitt stellt sich eine völlig neue Situation dar:



Diese zweite Darstellung ist aber entscheidend: Es geht doch darum welches Material ist das nachhaltigste, um als Tragwerk eine bestimmte Last möglichst effizient abzutragen. In vielen Fällen dürften also für statische Anwendungen verleimte Holzbauteile bedeutend nachhaltiger sein. Insbesondere weil bereits erste biobasierte Kleber für Holzwerkstoffplatten am Markt verfügbar sind.

Bei Beton ist anzumerken, dass nach wie vor die alternativen Brennstoffe bei der Zementherstellung nicht in den KBOB-Werten angerechnet werden müssen. D.h. Beton ist eigentlich deutlich schlechter als oben dargestellt. Ausserdem werden z.B. Betonwände selten so dünn hergestellt wie sie statisch möglich wären: aus Gründen des Schall- und des Brandschutzes sowie der einfacheren Erstellung wegen, verschwenden wir derzeit schlicht unglaublich (zu) viel Beton.

2.4 Der Einfluss der Einstellhalle auf die Gesamtbilanzierung

Dies Siedlung Burkwil möchte sich eigentlich an den Zielen der 2000W-Gesellschaft orientieren.

Das einzige Öko- bzw. Energiebilanzierungs-Prinzip, das sich ursprünglich bei der Entwicklung tatsächlich mit der Frage eines gerechten globalen Restbudgets an Grauenenergie Gedanken gemacht hat, um einen Kollaps unserer Ökosysteme der Erde zu verhindern ist das Konzept der 2000W-Gesellschaft. In der Schweiz muss man in die 1950er Jahre zurückgehen um diesen pro Kopfverbrauch an nicht erneuerbarer Energie vergleichen bzw. feststellen zu können. Aktuell liegt der pro Kopf Verbrauch in der Schweiz bei mehr als dem 2.5fachen dieses Ziel-Verbrauchs.

Die 2000W-Ziele wären grundsätzlich mit dem Pariser Abkommen und damit der Begrenzung des Klimawandels auf 1.5°C kompatibel. Wir müssen dringend handeln.

Die drei Vereine GEAK, Minergie und NNBS haben zusammen mit dem Bundesamt für Energie beschlossen, insbesondere das Label der 2000W-Areale neu zu definieren und in der bisherigen Form nicht weiterzuführen. **Ob und welche Zielwerte für die Erstellung von Gebäuden demnächst kommen werden, ist derzeit unklar. Davon wird aber u.a. abhängig sein, ob die Schweiz Netto-null bis 2050 erreichen wird oder nicht.**

Die Stiftung Burkwil möchte sich an den Zielen der 2000W-Gesellschaft lediglich orientieren und zumindest die Emissionen und die Grauenenergie im Betrieb und der Erstellung entsprechend minimieren.

Die grosse Herausforderung – speziell bei von den grossen ÖV-Zentren entfernten Projekten - sind die lokalen Baugesetze: Oftmals sind Mobilitätskonzepte nicht möglich, eine deutliche Reduktion von Parkplätzen derzeit politisch oder auch aus Vermarktungsüberlegungen der Wohnungen zu mutig. Die Zielwerte für die Mobilität nach den 2000W-Kriterien können an Orten wie die Siedlung Burkwil mit den derzeitigen Randbedingungen nicht erreicht werden.

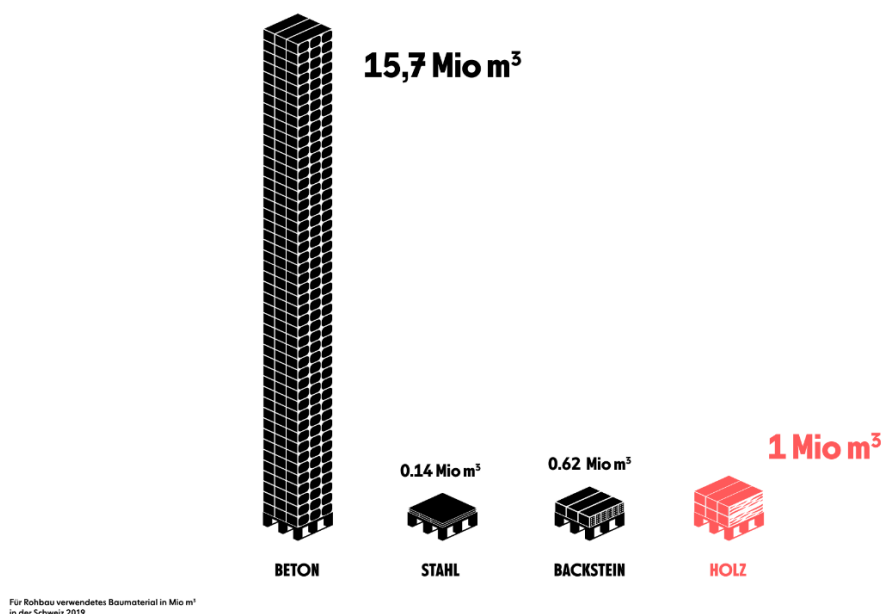
Aus obigen Gründen wird für die Siedlung Burkwil eine Baugrube mit ca. 24'000m³ entstehen und darin ein riesiges Untergeschoss mit ca. 120 Parkplätzen aus Stahlbeton gebaut werden. Oder aber anders formuliert: Trotz bester Absichten und Vorsätze scheitern wir im Moment bei Arealen oft noch an unserem bisherigen Mobilitätsverhalten, wenn es darum ginge tatsächlich klimaverträgliche Areale für die Zukunft zu realisieren. Mit konsequentem car-sharing, ca. nur der Hälfte der PP sowie Elektromobilität inklusive PV-Eigenproduktion mit v2g-Speicherung sollten auch die Mobilitäts-Zielwerte technisch ebenfalls bald realistisch sein. Der politische Wille und die Flexibilität der Gesellschaft im Denken sind gefordert.

2.5 Machen also «Häuser des Holzes» tatsächlich Sinn?

Unabhängig dieser Siedlung oder eben aus der Erfahrung mit dieser kann man sich natürlich die Frage stellen, wie viel Holz nun vernünftig ist?

Die Notwendigkeit mehr mit Holz zu Bauen ist unbestritten. Die Notwendigkeit weniger mit Beton zu Bauen noch unbestrittener. Die Folgerung und Forderung also damit: **mit möglichst wenig Holz möglichst viel Beton je Gebäude zu ersetzen!**

Vielleicht hilft folgende Grafik die Antwort zu geben:



...MEHR NACHWACHSENDES MATERIAL VERWENDEN SCHWEIZ

«Analog der vegetarischen Kost, [...] sollten wir auch bei den Gebäuden die Materialien, die auf fossilen Rohstoffen basieren, auf ein absolutes Minimum reduzieren und so viel wie möglich biobasierte Materialien verwenden.» ⁽¹⁾

QUELLEN:
(1) Guillaume Habert (2022). Helles Bauen. Baumaterialien als Kohlenstoffsenken. werk, bauen + wohnen, S. 51, 5/2022
Schweizerischer Baumeisterverband SBV, Studie über das verbaute Material in der Schweiz, 2021

Selbst der Deutsche Beton- und Bautechnik Verein schreibt u.a. in seinem Essay «Green means lean – der Weg zur Klimaneutralen Betonbaustelle»:

- eine drastische Veränderung unserer Lebensweise ist unvermeidlich
- die verwendete Betonmenge muss reduziert werden
- absehbar ist, dass Instandhalten gegenüber Neubau an Bedeutung gewinnen wird
- der Betonbau wird sehr zeitnah aufwendiger und teurer werden
- bis 2030 müssen drastische und disruptive Veränderungen umgesetzt werden
- wer sein Geschäftsmodell anpasst beugt der Gefahr vor, kein Geschäftsmodell mehr zu haben

aus Ernst&Sohn Bautechnik 99 (2022), Heft 5

Damit ist auch klar welche Mengen an Holz unsere Nachbarländer selber benötigen werden. Aber ist der Holzbau parat sein Volumen in Produktionskapazität in den nächsten 5-8 Jahren z.B. zu verdreifachen? Gemäss obigen Erkenntnissen müsste das in etwa erforderlich sein!

Wir werden nicht genug Holz haben und die Beschaffung wird schwieriger und teurer. Deshalb wird insgesamt auch für den Holzbau gelten müssen: green means lean – Holz sparsam verwenden!

3 WARUM LEHM EIN GUTER PARTNER FÜR HOLZ IST

Wie sieht es mit Alternativen aus? Verschiedene Lehmbauweisen kommen traditionell praktisch auf allen Kontinenten der Erde vor und lassen sich gut an die lokalen Klimabedingungen anpassen.

3.1 Für welches zukünftige Klima bauen wir eigentlich

Verschiedene Studien und Szenarien gehen davon aus, dass über die Lebensdauer der jetzt geplanten Gebäude im Schweizer Mittelland in etwa ein Klima herrschen wird wie bisher im Raum Mailand in Norditalien:

- die Anzahl der Tropennächte im Sommer wird markant zu nehmen
- in wenigen Jahrzehnten werden die Heizgrad- und Kühlgradtage übers Jahr ca. gleich viele sein
- Wärmedämmung wird weniger wichtig, dafür die effiziente energiearme Kühlung im Sommer
- um das Nachtauskühlungspotential mittels freier Lüftung nutzen zu können brauchen die Gebäude viel aktivierbare Speichermasse der Struktur

Klimagerechtes Bauen heisst deshalb vorausschauend für eine Lebensdauer der Siedlung von 90 Jahren bereits jetzt für diese Sommertemperaturen angepasst zu bauen, um nicht mit dem Klimakältebedarf zukünftig in einen Rebound-Effekt zu laufen.

3.2 Die Schwächen von Holz sind die Stärken von Lehm

- Lehm speichert Wärme im Tageszyklus mit 4h Lade-/Entladeperioden viermal so effizient wie Massivholz, was für eine effiziente Nachtauskühlung mit freier Lüftung Voraussetzung ist
- Massiv-Lehmwände können als nicht brennbar (RF1) eingestuft werden
- dank der hohen Rohdichte sind einschalige schlanke Trennwände mit Schallschutzanforderungen schlank realisierbar

- Lehmoberflächen sind sehr luftfeuchteregulierend und absorbieren Schadstoffe dauerhaft
- trockener Lehm wirkt antibakteriell und abweisend gegen Schädlinge

Warum wurde den Lehm also Baustoff in den letzten Jahrzehnten praktisch nicht mehr eingesetzt?

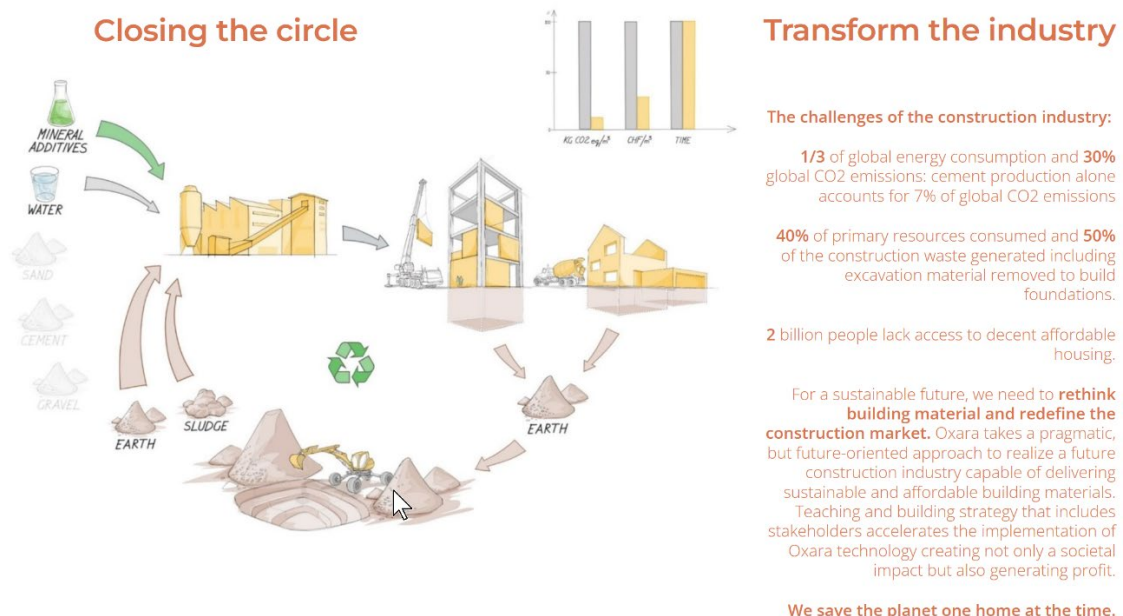
Die Druckfestigkeit ist ca. 15x geringer als von Standardbeton und die Festigkeitsentwicklung hängt hauptsächlich vom Trocknungsprozess ab. Lufttrocknung von grösseren Bauteilen mit >30cm dauert mehrere Monate. Der Bauteilkern ist dabei immer noch feuchter und ein Festigkeitsgradient mindert die zulässige Last zusätzlich.

Lehm eignet sich deshalb überhaupt nicht für die konventionelle Massivbauweise auf der Baustelle wie wir sie heute mit Beton kennen. Grosse Verbreitung haben die traditionellen reinen Massivlehm-Bauweisen deshalb vor allem in den sehr trockenen Regionen Afrikas oder in Regionen mit ausgeprägten Trocken- und Monsunzeiten die eine langsame Bauweise erlauben. In Mitteleuropa kam Lehm-Bau oftmals in Kombination mit Holzfachwerk-Tragwerken zum Einsatz.

3.3 Die Vision von Oxara

Das start-up Oxara will durch die Entwicklung eines Additivs zur Verflüssigung von Tonmineralien ermöglichen, dass die komplette Betonherstellungs-Infrastruktur inkl. der Rückbauindustrie zukünftig zur Herstellung von «Lehm»-Bauteilen aus aufbereitetem Aushub- und Recyclingmaterial möglich werden soll.

Die Stiftung Burkwil hat der Zusammenarbeit und gemeinsamen Tests von Materialmischungen, Herstellungs- und Trocknungsmethoden sowie Bauteilprüfungen zugestimmt. Als nächstes steht die Produktion eines Pavillon an, der während der Bauzeit als Besprechungsraum genutzt werden soll. Tragende Wohnungstrennwände aus vorgefertigten Flüssiglehmwänden sowie zwei Fassaden mit Holz-Lehm-Hybrid-Elementen sind an einem der sieben Mehrfamilienhäuser geplant.



Forschungsprojekte zur Weiterentwicklung verschiedener Materialmischungen sowie zur Optimierung der Herstellungs- und Baumethoden sind in Vorbereitung. Weitere konkrete Projekte für interessierte Bauherren ebenfalls. Lehm-Bau könnte Zukunft haben als trockene und vorgefertigte Bauweise - kompatibel mit der Holzelementbau.

Mit dem aktuellen Stand der Erkenntnisse sollten zukünftig tragende Flüssiglehmwände mit Festigkeiten erreicht werden können, die einen Einsatz als 25cm dicke Wohnungstrennwände in bis zu viergeschossigen Gebäuden mit Holzdecken erlauben.

Oxara wird in Kooperation mit Lehrstühlen der Hochschule Zentralschweiz am Campus in Horw im nächsten Jahr einen Demonstrations-Pavillion realisieren.

4 FAZIT UND AUSBLICK

- wir werden weniger neu Bauen
- bestehende Gebäude – insbesondere Betongebäude – sollten nach Möglichkeit erhalten und sinnvoll erweitert werden
- für neue Gebäude sollten immer Alternativen für Beton verwendet werden, wenn diese nachgewiesenermassen ökologischer über den Lebenszyklus sind
- wir können oftmals mit wenig Holz bereits viel Beton ersetzen
- die Holzbaubranche muss sich dringend für Grossprojekte vorbereiten und aufstellen
- Holz zum Bauen wird knapp und teurer werden, wir dürfen es nicht verschwenden
- es braucht wegen der Klimaerwärmung auch zementfreie neue Massivbaustoffe als Kombination und Ergänzung zu Holz
- insbesondere um die Behaglichkeit der Gebäude im Sommer sicherzustellen und energiearme Kühlmethoden wie die freie Nachtlüftung effizient nutzen zu können
- regionale Kreisläufe und die Verwendung von lokalem Material wird wieder wichtiger werden
- wir müssen Gebäude wieder für viele Generationen planen und bauen

Materialforschung im Bereich Holz und Holzwerkstoffe - wichtiges Bindeglied zwischen Architektur, Holzbau und Technologie

*Prof. i. R. Dr.-Ing. habil. Peter Niemz
Ehemals ETH Zürich, Institut für Baustoffe*

1. Einleitung

Der Anteil an Holzbauten, insbesondere mehrgeschossigen, steigt in der Schweiz und weltweit ständig. Dies ist auch auf ein globales Umdenken in Richtung Ökologie, einen sehr starken Holzbau in der Schweiz, aber auch eine über Jahrzehnte erfolgreiche Forschungsarbeit zurückzuführen. Der Trend erhielt durch die Einführung von Brettsperrholz weltweit noch einen deutlichen Schub. Zahlreiche Arbeiten zu Materialeigenschaften, Brandverhalten, Klebstoffentwicklung, Verbindungstechnik u.a. förderten diese Entwicklung. Hochhäuser in Holzkonstruktion sind heute weltweit Prestigeobjekte. So ist in Winterthur ein 32-stöckiges Hochhaus aus Holz (300m Höhe) geplant. Dies erfordert visionäre gestalterische Arbeiten, Arbeiten zur Weiterentwicklung der Werkstoffe und der Technologie (Verklebung, Materialkennwerte, Brandverhalten) aber auch begleitende Forschung und Entwicklung zu Dimensionierung, Prüfung auch zu Materialeigenschaften.

Die im Vergleich zum europäischen Umfeld einfacheren gesetzlichen Regelungen sind dabei in der Schweiz vorteilhaft. Der verstärkte Holzbau erfordert aber auch gleichzeitig noch mehr spezifische Kenntnisse zu Holz und Holzwerkstoffen bei Architekten und Bauingenieuren, um Baufehler zu vermeiden und die Produkte zu optimieren. Oft werden auch ergänzende Informationen zum Eurocode 5 benötigt.

Insbesondere die immer grösser werdenden Dimensionen der Bauteile, Materialkombinationen (Laub-Nadelholz), verbunden mit einer oft extrem niedrigen relativen Luftfeuchte bei der praktischen Nutzung, führen durch die entstehenden Feuchteprofile verstärkt zu Spannungen, Rissen und Delaminierung.

Es treten auch im trockenen Innenklima (Nutzungsklasse 1) Probleme auf, nicht nur in der Nutzungs-klasse 3. Auch die Frage der Blockverklebung gewinnt an Bedeutung. Die Rahmenbedingungen bei der Fertigung der Werkstoffe, dem Transport, der Aufrichtung und auch der Nutzung der Bauten müssen beachtet werden.

Gleichzeitig hat sich in der Schweiz, aber auch im deutschsprachigen Ausland die Forschungslandschaft im universitären oder universitätsnahen Bereich (ETH, EPFL, EMPA, PSI) deutlich verändert. Dies betrifft auch die Forschungsförderung. Die universitäre Forschung auf materialwissenschaftlichem Gebiet verschob sich weltweit sehr stark in Bereiche extremer Grundlagenforschung. Die Forschung auf dem Gebiet des Holzbaus ist dagegen recht praxisorientiert. Insbesondere Österreich und teils auch Deutschland haben eine sehr gute Förderung für den Bereich Holz. In Osteuropa wurden, meist auch mit sehr starker EU Förderung, grosse Forschungsbereiche /Institute neu aufgebaut, teilweise parallel zu den bereits bestehenden (z.B. Slowenien, Tschechien, Ungarn, Rumänien). Andererseits etablierten sich grosse Forschungseinrichtungen für die Materialprüfungen (z.B. Güteüberwachung, Emissionen, insbesondere in Deutschland). Die Fachhochschulen im Bereich Holz und Holzbau wurden im deutschsprachigen Raum stark ausgebaut. Sie führen im unterschiedlichen Umfange angewandte Forschung aus (Tendenz steigend).

2. ENTWICKLUNG DER LEHRE UND FORSCHUNG IN DER SCHWEIZ

Schwerpunkte der letzten 25 Jahre

2.1 Rückblick auf die industrielle Forschung im Bereich Holz in der Schweiz

Ein Grossteil unserer heute genutzten Werkstoffe, Verfahren und auch Maschinen haben ihren Ursprung in der Industrie und sind auf die erforderliche Lösung von aktuellen Problemstellungen zur jeweiligen Zeit zurückzuführen. Grosse Maschinenhersteller, aber zunehmend auch Hersteller von Holzwerkstoffen verfügen zunehmend über konzerneigene angewandte Forschung. Dies war bereits in der chemischen Industrie (z.B. Klebstoffe, Lacke, Kunststoffe) seit Jahrzehnten der Fall. So werden in grossen Konzernen der Holzindustrie vorhandene Produktionsdaten der Werke zusammengefasst und mit modernen Methoden ausgewertet. Dies ermöglicht Vergleiche und Schlussfolgerungen für die Optimierung der Produktentwicklung und der Standorte. Die verfügbare Datenvielfalt in modernen Anlagen unterstützt den Trend.

Viele Entwicklungen kommen aus der Industrie (Holzindustrie, Maschinenbau, Chemie wie 1K -PUR-Klebstoffe, Spezialmaschinen für die Herstellung von gedübeltem CLT, Vakuumpressen). Einige heute existierende Familienunternehmen im Holzbau stiegen innerhalb einer Generation von 2 Personenbetrieb zum Mittelständler auf. Nachfolgend einige Beispiele.

- Entwicklung der Grundlagen Spanplatten

Die Spanplattenentwicklung geht auf erste Arbeiten vor dem 2. Weltkrieg zurück. Einen massgeblichen Anteil an der späteren erfolgreichen Umsetzung hatte Fred Fahrni (1907-1970) aus Zürich als Vater der Novopan Spanplatte und Pionier der Spanplattenfertigung in der Schweiz. Die Technologie wurde vom Ingenieurbüro Fahrni AG, gegründet 1951 (Stücheli & Ruch, 1964) in Zürich, ständig weiterentwickelt, das Verfahren vermarktet. Es gab auch entsprechende Labore für Klebstoffe und die Plattenherstellung sowie Prüfung in Zürich. Fahrni wurde für seine Leistungen Ehrendoktor der ETH Zürich.

- Lamello Eckverbindung (linsenförmige Eckverbindungen aus verdichtetem Buchenholz)

Herrmann Steiner (1913-2005) aus Bubendorf im Liestal entwickelte die Lamello-Technologie. Aus verdichtetem Buchenholz werden Eckverbindungen für Spanplatten gefertigt. Das System wurde bis heute ständig weiterentwickelt, es wird heute eine Kompletttechnologie angeboten. Es zeigt auch die Wechselwirkung Werkstoffentwicklung-Spanplatte-Verbindungstechnik. Das Grundprinzip der Verdichtung bei Verbindungsmitteln und der teilweisen Nutzung des Rückquellens bei Feuchteeinwirkung wird auch heute bei den vielfach im Holzbau eingesetzten Holznägeln aus verdichtetem Holz (z.B. LignoLoc®) und Rundstäben, wie sie bei Appenzeller Holz (CLT) oder auch gedübelten Brettstapelelementen, verwendet werden genutzt. Auf dem Gebiet der Holzverdichtung laufen heute in der Schweiz und weltweit zahlreiche Arbeiten. Einige Beispiele: Ersatz Tropenholz (Sonowood), Kreditkarten aus Holz (Swiss Wood Cards) bei der Fa. Swiss Wood Solutions, Altdorf, Arbeiten der BFH zu Uhrengehäusen und Parkett (Deckschichtverdichtung), aber auch in Deutschland, Schweden und anderen Ländern wird an der Verdichtung gearbeitet).

- Mehrschichtparkett Bauwerk AG (St. Margrethen)

Bereits 1935 brachte Ernst Göhner die Idee vom Klötzli-Parkett zur Serienreife und gründete damit 1944 Bauwerk Parkett. Die Firma war früher Zulieferer für Holzteile der Fahrzeugindustrie. Von 1964 bis zu seinem Tode 1969 war der in der Holzforschung sehr bekannte Prof. Dr. Rudolf Keylwerth (früher Mitarbeiter bei F. Kollmann an der Reichsanstalt für Holzforschung in Eberswalde, später Leiter der holztechnologischen Abteilung am heutigen Thünen-Institut in Hamburg (damals noch Reinbek), Leiter der Forschung und Entwicklung bei Bauwerk. In dieser Zeit führte er zahlreiche Untersuchungen zum Sorptionsverhalten von Parkettholz, zur Quellung/Schwindung aber auch zum, durch Temperaturdifferenzen initiierten Feuchtetransport in Parkett und Türen durch, einer Thematik die heute zunehmend an Bedeutung gewinnt.

- Entwicklungen zu Holzsortierung, Brettsperrholz, Brettschichtholz

Vollholz/Holzsortierung/Holzbau

Ludwig von Tetmajer führte bereits 1885 an der EMPA umfangreiche Versuche zum Knickverhalten von Holz durch (Tetmajer, 1884). Er erweiterte den Ansatz von Euler. Emil Staudacher führte 1936 an der ETH Zürich im Rahmen seiner Dissertation Untersuchungen zu Eigenschaften von Bauholz durch. Die Holzsortierung gewann international, insbesondere in Deutschland in den 80-er Jahren an Bedeutung. Hervorzuheben sind u.a. Arbeiten von Peter Glos, TU München (Glos, 1982). Auch in der Schweiz wurden ab Ende der 80er Jahre Jahren umfangreiche Arbeiten durchgeführt. Dazu liefen Arbeiten mit Ultraschall an der EPFL (Sandoz, 1990), (Sandoz, JL, 1993), Leitung Prof. Julius Natterer) und später der ETH Zürich (Leitung Prof. Ernst Gehri, Dissertation Rene Steiger (Steiger, 1996)). Sandoz entwickelte ein spezielles Gerätesystem Sylvatest (Sandoz), das noch heute verwendet wird. Die Arbeiten zur Sortierung wurden auch später an der ETH fortgeführt z.B. (Fink, 2014). Letztendlich führte alles dazu, dass heute industriell verfügbare Systeme bereitstehen (z.B. Fa. Microtec). Zu Laubholz wurden in der Schweiz und insbesondere an der TU Graz und der TU München zahlreiche Arbeiten durchgeführt (Hübner, 2013). Für die industrielle Reife waren umfangreiche Grossversuche notwendig.

Holzwerkstoffe

Die Idee der Brettstapelelemente wurde zunächst von Julius Natterer entwickelt (genagelte Elemente). Später entwickelte Alois Tzschoop (Hochdorf) Bresta®, mit Hartholz verdübelte Elemente. Heute werden nach dem Grundprinzip vielfach gedübelte (verschiedene Arten der Holzverdichtung), genagelte und geklebte Elemente gefertigt. Brettsperrholz wurde Anfang der 90er Jahre insbesondere in Deutschland und Österreich entwickelt. Gerhard Schickhofer promovierte 1994 an der TU Graz zu Brettsperrholz, er erhielt 2019 für seine Arbeiten zu Brettsperrholz den Marcus Wallenberg Preis. In der Schweiz fertigt seit 1994 die Fa. Pius Schuler AG Brettsperrholz nach einer speziellen Technologie, die aus der Tischlerplattenfertigung abgeleitet wurde, die Fa. Schilliger Holz AG begann die Fertigung im Jahre 1999 mit einer Anlage in Hiltikon. Auch Ernst Gehri arbeitete an der ETH an der BSP Herstellung. Die Firma Tschopp Holzindustrie AG, Buttisholz fertigte ab 1958 Schalungsplatten aus Vollholz, die Fertigung wurde ständig ausgebaut, das Produkt optimiert. Neben grossformatigen Platten wurden insbesondere unter Leitung von Herrmann Blumer kastenförmige Elemente mit zahlreichen Funktionen entwickelt (Schallschutz, Wärmeschutz etc.) (heute Lignatur, Waldstatt) entwickelt. Auch hinsichtlich Verbindungstechnik wurden unter Leitung von Herrmann Blumer sehr erfolgreiche Entwicklungen durchgeführt (BSB). Hannes Nägeli, Gais entwickelte Ende der 90er Jahre Zusammenarbeit mit dem Maschinenbauer Urs Steinmann (Techno Wood) Appenzeller Holz (verdübeltes CLT, ohne Klebstoffeinsatz, Nutzung von lokal anfallendem Holz). Aufbau, Verdübelung; Kennwerte wurden stetig optimiert. Ab 2005 wird Appenzeller Holz gefertigt. Der Betrieb wurde von 4 Mitarbeiter auf heute über 100 Mitarbeiter ausgebaut und baut komplette Häuser.

- Holzbau

Julius Natterer (1938-2021) war von 1978-2005 Professor an der EPFL Lausanne. Dort leitet er das Institut für Holzkonstruktion. Er gab sehr viele Impulse für den Schweizer Holzbau. Es wurden zahlreiche wegweisende Gebäude in Holzkonstruktion entwickelt und gebaut. Auch Forschung wurde am IBOIS betrieben. Das von ihm geleitete Ingenieurbüro setzte viele Entwürfe um. Er war auch mit für einen Studiengang Holztechnik und Architektur verantwortlich, der sehr erfolgreich war. An der ETH befasste sich Mario Fontana mit dem Brandverhalten von Holz.

Zahlreiche Schweizer Holzbaubetriebe (z.B. Blumer-Lehmann, neue Holzbau Lungern) setzen mit innovativen prestigeträchtigen Bauten, neue Massstäbe, die durch Entwicklungen in der Verklebungstechnik, Verbindungstechnik und Fertigungstechnik möglich wurden (insbesondere auch Free Form Bauten mit 3 D-Modellierung).

- Entwicklungen zur Holzverklebung

Auch die Entwicklung der 1 K-PUR Klebstoffe geht wesentlich auf die Schweiz zurück. PURBOND, ein Spin Of von Collano entwickelte 1988 PUR 1K-Klebstoffe für Holz in der Schweiz. 1994 erhielt HB110 eine Zulassung für die Verklebung in Deutschland. Purbond wurde später von National Starch (USA) und dieses dann von Henkel übernommen. Die Systeme werden heute unter dem Namen Loctite vertrieben. Walter Stampfli, Sepp Gabriel und Carlos

Ammen⁺ waren wesentlich an der Entwicklung beteiligt. Henkel fertigt heute 1K-PUR (für Flächen- und Keilzinkenverklebung), 2K-PUR für eingeklebte Gewindestangen und Klebstoffe für die Stirnverklebung (TS3). Henkel gehört zu den Weltmarktführern. Auf diesem Gebiet gab es stets eine intensive Zusammenarbeit von Henkel mit Forschungseinrichtungen in der Schweiz und im Ausland (auch weltweit). Diese Systeme werden heute auch für die stirnseitige Verklebung von Platten eingesetzt. Timber Structure 3.0AG wurde unter Leitung von Stefan Zöllig in Zusammenarbeit mit BFH und ETH entwickelt. Es ist ein sehr gutes Beispiel für eine sehr innovative Entwicklung. Auch die Entwicklung der Stabbuche (Fagus Suisse zusammen BFH) ist ein gutes Beispiel. Gemeinsam ist nahezu allen Beispielen eine sehr gute Idee, verbunden mit industrienaher Forschung/Entwicklung und ein hervorragendes unternehmerisches Gefühl, oft von ausgewählten Führungspersonen.

2.2 Lehre und Forschung in Hochschulen der Schweiz

Neue Produkte benötigen Forschung und Entwicklung, auch visionäre Vorlaufarbeiten zum Erkenntnisgewinn. Im Idealfall entsteht auch ein Spin-off, was die Idee weiterführt und umsetzt. Beispiele sind MycoSolutions AG und Swiss Wood Innovations). Typisch für die Forschungslandschaft ist, dass gewisse Themen in Zyklen von 20-30 Jahren auf natürlich veränderten Niveau wiederkehren. So gab es bereits in den 60er Jahren sehr umfangreiche Arbeiten zur Holzmodifizierung, die in einem Bericht von Burmester (1970) prägnant zusammengefasst sind (Burmester, 1970). Ähnliches trifft auf das sogenannte Mykholz zu (Luthardt, 1958). Erste Arbeiten führte Luthardt in Steinach/Deutschland in den 50er Jahren durch, noch heute ist die gleiche Thematik aktuell (Stange & Wagenführ, 2022). Ähnliches gilt für Thermoholz. Das von Giebler (Degussa) entwickelte Verfahren der Modifizierung im Autoclav setzte die Fa. Balz Holz in Langnau 2001 um. Die Fertigung erfolgt noch heute (z.B. Baladur Altholz, Eiche druckgedämpft als Ersatz für Mooreiche).

ETH

Die Holzforschung hatte in Schweiz den Ursprung an ETH Zürich in der Biologie. Nägeli publizierte 1858 die Mecerelltheorie, Albert Frey-Wyssling (1900-1988) Zellwandforschung) und Forstwissenschaften (Hermann Knuchel (1884-1964). Dem folgte Hans Heinrich Bosshard (1925-1996). Nach dessen Pensionierung wurde Ernst Gehri von 1990-1999 Prof. für Holztechnologie an der Fakultät Forstwissenschaften sowie Ladislav J. Kucera (1942-2000), Prof. für Holzwissenschaften 1994-2000. Nach Auflösung der Forstfakultät wurde die materialkundliche Forschung im Bereich Holz unter Leitung von Prof. Peter Niemz (2000-2015, Prof. für Holzphysik) in das Institut für Baustoffe des D-BAUG integriert. Dort ist heute auch die Professur Wood Material Science (Prof. Ingo Burgert) integriert. Diese wird von der ETH und der EMPA getragen, Ingo Burgert ist auch an der EMPA (Gruppenleiter). Fokus der Arbeiten von Ingo Burgert ist die Zellwandforschung, die Funktionalisierung von Holz. Es werden aber auch ausgewählte materialwissenschaftliche Arbeiten z.B. zur Verklebung, Oberflächenbehandlung und unter Leitung von Falk Wittel Arbeiten zur Modellierung und zum Kriechverhalten durchgeführt. Auch Arbeiten zu speziellen Werkstoffen (Prinzip des Bilayers) wurden durchgeführt (Prof. Markus Rüggeberg, heute TU Dresden). Zusätzlich wurde im Institut für Baustatik und Konstruktion 2010 die Professur Holzbau (Andrea Frangi geschaffen). Damit wurde im D-BAUG insgesamt das Holz aufgewertet als Einheit von Materialforschung und Holzkonstruktion. Der Fokus der Arbeiten von Andrea Frangi liegt im experimentellen Bereich des Holzbaus (u.a. Brandverhalten, Bauteilprüfung).

An der EPFL, Lausanne war bis 2004 eine starke Holzforschung im Bereich des Holzbaus (einschliesslich Architektur) vorhanden. Am IBOIS bestanden die Professuren von J. Natterer und die Assistenzprofessur von J.L. Sandoz. Letztere wurde nicht nachbesetzt. Zusätzlich war im Bereich Materialwissenschaft Parvic Navi von 1989 bis etwa 2009 tätig (Arbeiten zur Mikromechanik, Kriechen, Holzverdichtung). Die Breitenwirksamkeit war sehr hoch, auch die Arbeiten von Navi sind international sehr geschätzt. Seit 2004 ist Yves Weinand, Professor und Leiter des IBOIS (Laboratory for Timber constructions at EPFL). Er ist insbesondere im Entwurf tätig.

EMPA Dübendorf, St. Gallen, Thun

Die EMPA wurde etwa ab 2000 von der Prüfanstalt mit vielen fest angestellten Mitarbeitern zur Materialforschungsanstalt mit starker Grundlagenorientierung, gemeinsamen Professuren mit der ETH und sehr vielen Doktoranden umgebaut. Der Anteil fest angestellter Mitarbeiter wurde stark reduziert. Direktorin ist Prof. Tanja Zimmermann, früher Abteilungsleiterin Holz. Es ist also eine sehr ähnliche Ausrichtung wie die ETH (auch da dominieren Doktoranden und Postdocs, Festangestellte sind stark begrenzt). Die frühere Abt. Holz (Leitung Klaus Richter, später Tanja Zimmermann) ist heute die Abteilung Cellulose & Wood Materials, Leitung Gustav Nyström. Gruppen:

- Cellulose Biohybrids (Gustav Nyström)
- Bio Engineered wood (Francis Schwarze)
- Woodtec (Ingo Burgert, Marc Schubert)

Zusätzlich sind an der EMPA in der Abt. Ingenieurstrukturen Rene Steiger und Pedro Palma tätig, mit bauorientierter Forschung und Erfahrungen, es erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit der ETH. Diese Gruppe wurde aus der Holzabteilung ausgegliedert.

BFH Biel

Biel wurde in den letzten Jahrzehnten sehr stark ausgebaut, insbesondere die Forschung. Um 1996 war es noch eine kleine Einheit mit Balz Gfeller (in Lehre und Forschung). Heute hat die Forschung ca. 130 Personen, der Drittmittelanteil liegt bei 8,7Mio CHF, davon 50% Innosuisse, 27% Bundesämter, etwas aus Stiftungen und Direktmandate.

Im Holzbereich gibt es die Institute:

- Werkstoffe und Holztechnologie
- Holzbau, Tragwerke und Architektur
- Digitales Bauen

Die Bearbeitung der Projekte an der BFH erfolgt überwiegend durch befristet angestellte Mitarbeiter, vielfach auch Masterstudenten mit Teilzeitanstellung über die Projekte. Es gibt aber auch wenige festangestellte technische und wissenschaftlich Mitarbeiter.

2.3 Genereller Trend

Weltweit wird seit Jahren auf ein hohes Ranking der Universitäten, viele Publikationen und einen hohen Hirsch Faktor (h- Faktor) orientiert. Dieser ist aber vom Fachgebiet, der Zeitschrift und der Grösse des Leserkreises abhängig. Viele Autoren aus dem Holzbereich weichen daher auf Zeitschriften mit höherem Ranking aus.

Tabelle 1 zeigt die Entwicklung der Publikationen am Beispiel der Zeitschrift Wood Science and Technology. Die Anzahl an Publikationen stieg sprunghaft, auch die Zahl der Autoren, die Länderstruktur veränderte sich stark.

Tabelle 1: Publikationen in Zeitschrift Wood Science Technology (G. Wegener, Paris 2016, 50 Jahre IAWS) (Wegener, 2016)

WSAT: Manuscripts articles and countries 1967/2015			
1967/vol. 1	9 countries	1. USA 2. Germany	
2015 vol. 49	27 countries	1. China 2. Japan	
WSAT: articles and authors 1967/2015			
	articles	authors	Average A/Art
1967 /vol. 1	30	41	1,4
2015 vol. 49	80	329	4.1

Das ist weltweit der Fall, auch an Unis und Instituten des ETH Bereiches, der Max Planck- und Helmholtzgesellschaft in Deutschland etc. Die Zahl der Publikationen und der Autoren stieg drastisch. Es ist daher heute oft schwer, noch die Übersicht zum aktuellen Wissenstand zu bewahren.

Angewandte Forschung/Materialprüfungen

Angewandte Forschung wird bei uns überwiegend an FHs, in Deutschland Fraunhofer Institute, Forschungsinstitute wie WKI, IHD, Holzforschung Austria, Materialprüfanstalten durchgeführt. Materialprüfanstalten erzielen einen grossen Teil des Umsatzes durch Prüfaufträge (oft 50% und mehr) und brauchen dazu auch permanentes Personal mit viel Erfahrung. Andere Institute werden weitgehend vom Staat finanziert (Thünen Institut für Holzforschung), haben aber auch Doktoranden. Uns fehlt in der Schweiz etwas angewandte Materialforschung und eine Güteüberwachung mit mehr festangestellten Kadern, die Erfahrungen generiert haben. Dies war früher die Stärke der EMPA. Die FH Biel deckt heute einen Teil davon ab. Die folgende Übersicht zeigt Holzforschungsinstitute im deutschsprachigen Ausland.

IHD Dresden

- ca.150 Mitarbeiter
- 13,8 Mio Euro Umsatz

WKI Braunschweig

- ca. 160 Mitarbeiter
- 15,3Mio Euro Umsatz

Holzforschung Austria

- ca.100 Mitarbeiter
- 7,4 Mio Euro Umsatz

Forschungsförderung

Ein sehr gutes Beispiel mit sehr guter Breitenförderung im Bereich Holz ist Österreich (Wood K plus). An der Boku in Wien haben wir mehrere Lehrstühle in Materialwissenschaften «Holz», Holzchemie, Betriebswirtschaft. Derzeit läuft die Besetzung von 3 neuen Stiftungsprofessoren im Bereich Holz an der TU Wien, Boku Wien, Innsbruck. Wir haben eine starke Förderung von Forst und Holz, derzeit zusätzlich 60 Mio Euro (Österreichische Holzinitiative «Mit Holz unsere Zukunft nachhaltig gestalten»). Grosse Projekte werden in Deutschland von der AIF und der Agentur für nachwachsende Rohstoffe vergeben, zudem gibt es DFG (für Grundlagenforschung, analog SNF in der Schweiz). Tendenziell haben wir in Deutschland und Österreich mehr angewandte Forschung, als in der Schweiz. Auch die universitären Einrichtungen haben oft einen Teil angewandter Forschung mit hohem Praxisbezug. In der Schweiz: gibt es für die Grundlagenforschung den SNF (im Wesentlichen begrenzt auf ETH und Institute des ETH Bereiches wie EMPA; PSI; WSL, BFH eher Ausnahme) sowie etwas vom Bafu geförderte Projekte und Innosuisse für angewandte Forschung (Domäne der FHs). Zunehmend nutzen auch die ETH, EPFL und EMPA; PSI Innosuisse-Projekte. Sehr gute Beispiele für erfolgreiche Innosuisse Projekte sind: TS3 (S. Zöllig), Stabbuche (Fagus Suisse, zusammen mit Biel), der Urbachtower ETH mit Fa. Blumer Lehmann sowie viele Projekte der ETH, EMPA und BFH zur Verklebung (oft mit Henkel, Collano, Jowat). Hier hat die BFH sehr viele Projekte laufen.

3. OFFENE FRAGESTELLUNGEN FÜR DIE MATERIALFORSCHUNG

Insgesamt kann man sagen, dass die Schweizer Forschungslandschaft im Bereich der Vorlaufforschung (Funktionalisierung von Holz, Nanofibrillen) sehr gut aufgestellt ist und weltweit zu den führenden Ländern zählt, siehe z.B. (Chen, et al., 2022). Hier gibt es auch über SNF recht gute Förderportale und internationale Projekte. Das Gebiet wird weitgehend von ETH, EMPA und teilweise auch vom PSI (Neutron Imaging, Synchrotron Strahlung) abgedeckt. Die Schweiz ist hier personell und technisch sehr gut ausgestattet. Auch international erfolgt eine Kooperation auf hohem Niveau. Das gilt auch für den Bereich der Produktentwicklung im Rahmen von Innosuisse Projekten. Hier gibt es viele erfolgreiche Projekte mit der Industrie (FH Biel, EPMA, ETH (Professuren Holzbau, Holzbasierende Materialien)). Die Fragen der Verklebung und der holzphysikalischen Forschung haben noch Ausbaupotential, obwohl auch da ausgewählte Projekte laufen. International wird die Thematik wieder verstärkt bearbeitet, das zeigt die Anzahl der Publikationen. Die verfügbaren personellen und materiellen Ressourcen für solche Arbeiten sind in der Schweiz deutlich geringer, als z.B. in Österreich, wo z.B. ein grosses Projekt zur Kennwerteermittlung von Holz im Fahrzeugbau läuft (derzeit WoodCAR 2, Dr. U. Müller). In Deutschland wurde 2022 ein Verbundprojekt nahezu aller Forschungseinrichtungen Deutschlands zu Kennwerten von Holz und Holzwerkstoffen (Holz im Maschinenbau) abgeschlossen.

Hier besteht in der Schweiz eine Lücke, die auch auf fehlende oder schwierigere Fördermöglichkeiten zurückzuführen ist. Es muss allerdings die unterschiedliche wirtschaftliche Bedeutung des Holzes in beiden Ländern gesehen werden. Insbesondere in Österreich hat Holz einen sehr hohen gesamtwirtschaftlichen Stellenwert. Etwas angewandte Forschung läuft im Bereich Verklebung (ETH, EMPA, BFH). Aber auch dort ist die Tendenz derzeit eher etwas rückläufig.

Hervorzuheben ist im Bereich der holzphysikalischen Forschung ein SNF Projekt von Dr. F. Wittel, ETH zum Kriechverhalten von Holz (3 Dissertationen). Weit fortgeschritten ist an der ETH (F. Wittel) die Thematik der Modellierung von Spannungen in Holz. Dies erfordert aber auch stetig eine Aktualisierung der Materialkennwerte. Hier müssen einfachere Rechenmodelle entwickelt werden, die z.B. auf einem PC nutzbar sind. Daran wird auch gearbeitet. Forschung im Materialbereich läuft an der ETH Zürich bei Andrea Frangi (Brandverhalten, Gebäudeevaluierung im Innenbereich).

Folgende technische Fragen gilt es -unabhängig von der Art der Finanzierung zu lösen:

- Weitere Optimierung «neuer Werkstoffe» (BSH aus Laubholz, BSP, Materialverbunde), die noch nicht so viel erforscht sind (z.B. Rissbildung im Trockenklima, Modellierung und Optimierung der mechanischen Eigenschaften, des Wärmetransports, des Feuchtetransports, Alterungsverhalten (z.B. von Klebverbindungen), optischer und funktioneller Holzschutz für Holzeinsatz Aussen und Innen)
- Optimierung des Laubolzeinsatzes (z.B. Verstärkung, Nutzung optischer Eigenschaften und dünne Decklagen aus Laubholz), neue Nutzungsformen des Laubholzes wie chemische Nutzung, Partikelwerkstoffe: Die Preise für BSH aus Laubholz sind heute sehr hoch (viele Anpassungen notwendig, Laubholz ist heute eher ein Nischenprodukt für Gebäude mit Möbelcharakter).

Aktuelle Preise BSH/m³, Richtwerte (nH)

- Fichte: 950CHF
 - Esche: 2100 CHF
 - Buche: (Stabbuche): 2600CHF
 - Baubuche > 1000CHF
- Ermittlung zuverlässiger Kennwerte für das Langzeitverhalten (jetzt Eurocode 5), zum Kriechen, Dauerstandfestigkeit, Ermüdung durch dynamische Belastung (auch geklebte Werkstoffe wie BSP, BSH) fehlen meist neuere Arbeiten), siehe z.B. (Niemz & Sonderegger, 2021)
- Feuchteverteilung in grossen Querschnitten z.B. bei Hochhäusern, Fragen der Rissbildung und Delaminierung (hier handelt es sich um sehr langwierige Prozesse, die Fechteaufnahme oder Abgabe aus der Luft erfolgt durch Diffusion und ist extrem langsam (Einfluss Klebfugen, Aufbau der Werkstoffe). Ziel muss die Vermeidung oder Reduzierung der Rissbildung und Delaminierung sein, siehe (Niemz, 2022), (Angst-Nicollier, 2012). Es muss nach Lösungswegen wie Oberflächenbehandlung, angepasste bei der Fertigung, Ausgleichsschichten für Spannungen gesucht werden.
- Erfassung, Erkennung, Behandlung von Wasserschäden und Brandschäden in grossen Gebäuden aber auch Schäden durch trockenes Klima (funktionalisierte Klebstoffe, in situ Messungen an Gebäuden)
- Entwicklung biobasierter Klebstoffe, Funktionalisierung der Klebstoffe (z.B. Nutzung zum Nachweis von Rissbildung, Feuchtemessung) und auch schrittweise der Werkstoffe (vielleicht erster praktischer Schritt über die Beschichtung), siehe z.B. (Winkler, 2022), (Dreimohl, et al., 2022), transparentes Holz (siehe Wikipedia), Mineralisierung (Arbeiten ETH und BFH)

4. LITERATURVERZEICHNIS

Angst-Nicollier, V., 2012. Moisture induced stresses in glulam. Trondheim: Diss. Norwegian University of Science and Technology, NTNU- Trondheim.

Burmester, A., 1970. Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit. Grundlagen und Vergütungsverfahren, Bericht No.4. Berlin: BAM

Chen, C. et al., 2022. Structure–property–function relationships of natural and engineered wood. Nature Reviews: Materials, Band 5, pp. 642-666.

Dreimohl, C. et al., 2022. Sustainable wood electronics by iron-catalyzed laser-induced graphitization for large-scale applications. NATURE COMMUNICATIONS, Band 13:3680, pp. 1-12.

Fink, G., 2014. Influence of varying material properties on the load-bearing capacity of glued laminated timber. Zürich: Diss., ETH Zürich.

Giebler, 1983. Dimensionsstabilisierung von Holz durch eine Feuchte/Wärme/Druck-Behandlung. Holz Holz als Roh- und als Roh- und Werkstoff, Band 41, pp. 87-94.

- Glos, P., 1982. Die maschinelle Festigkeitssortierung von Schnittholz. Holz-Zentralblatt, Band 108, pp. 153-155.
- Hou, J., Nolan, G. & Taoum, A., 2002. Bibliometric and visualization study of Glulam research: overview and global research trends over the 10-year period (2011-2020). THE 65TH SWST INTERNATIONAL CONVENTION. KINGSLIFF, NSW, AUSTRALIA, s.n.
- Hübner, U., 2013. Mechanische Kenngrößen von Buchen-, Eschen- und Robinienholz für lastabtragende Bauteile. Graz: Diss., Technische Universität Graz.
- Luthardt, W., 1958. Was ist Myco- Holz. Steinach: Eigenverlag.
- Niemz, P., 2022. Rissbildung bei BSH und BSP in Innenräumen. Holz Zentralblatt, Band 26, pp. 427-429.
- Niemz, P. & Sonderegger, W., 2021. Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Auflage Hrsg. München: Hanser Verlag.
- Sandoz, JL, 1993. Grading of construction timber by ultrasound. Wood sci. and Technology. Wood sci. and Technology, Band 27, pp. 373-380.
- Sandoz, J., 1990. Triage et fiabilité des bois de construction. Validité de la méthode ultrason (Dissertation). Lausanne: EPFL.
- Schickhofer, G., 1994. "Starrer und nachgiebiger Verbund bei geschichteten, flächenhaften Holzstrukturen" (Dissertation). Graz: TU Graz.
- Stange, S. & Wagenführ, A., 2022. 70 years of wood modification with fungi. Fungal Biology and Biotechnology, 9(7), pp. 2-6.
- Staudacher, E., 1936. Der Baustoff Holz. Beiträge zur Kenntnis der Materialeigenschaften (Dissertation). Zürich: ETH.
- Steiger, R., 1996. Mechanische Eigenschaften von Schweizer Fichten-Bauholz bei Biege-, Zug-, Druck- und kombinierter M/N Beanspruchung: Sortierung von Rund- und Schnittholz mittels Ultraschall. Zürich: Diss., ETH Zürich.
- Stücheli, W. & Ruch, J., 1964. Fahrni Institut AG. Schweizerische Bauzeitung, 83(37), pp. 648-650.
- Tetmajer, L., 1884. Methoden und Resultate der Prüfung der Schweizerischen Bauhölzer. Zürich: Mitteilungen Anstalt für Prüfung von Baumaterialien, Eidgenössisches Polytechnikum.
- Wegener, G., 2016. Science and use of wood in a changing world (Scientific lecture IAWS 1966-2016). Paris, 2. Juli 2016, IAWS.
- Winkler, C., 2022. Process and material features influencing piezoresistive wood adhesives, Diss. Boku Wien, 2021

Grosspeter Basel

Charles Binck
ETH Zürich, Institute of structural engineering
Ehemalig: Schnetzer Puskas Ingenieure AG

1 EINLEITUNG

«Behaglichkeit, Raumlufthqualität und Schutz vor äusseren Einflüssen sind die drei Säulen eines als positiv beurteilten Klimas am Arbeitsplatz. Die bauphysikalischen Eigenschaften des Holzes können diese Aspekte positiv beeinflussen.» So skizzierte die Bauherrschaft im Wettbewerbsprogramm die Ausgangslage und Ihr Wunsch eines Ersatzneubaus in Holzbauweise. Die ausschlaggebende Begründung der Materialwahl ist jedoch eine weit quantifizierbare Argumentation und resultiert aus der statischen Effizienz von Tragstrukturen.

2 VORGESCHICHTE UND AUSGANGSLAGE

Aufbauend auf einer Machbarkeitsstudie wurde 2018 im Rahmen eines auserwählten Wettbewerbsverfahrens eine Projektstudie lanciert, unter gegebenen Rahmenbedingungen ein optimiertes, qualitativ hochstehendes Projekt einzureichen. Ein Ersatzneubau sollte das aus den 80er Jahren gebaute Verwaltungsgebäude an der Grosspeterstrasse 18/20 ablösen um grössere Büroflächen anbieten zu können. Der bestehende Bau war zwar gut unterhalten, entsprach gemäss der Bauherrschaft aber nicht mehr den Bedürfnissen an moderne und zusammenhängende Büroflächen. Ferner waren die gesamthaft zur Verfügung stehenden Flächen zu gering. Die PSP Real Estate AG verfolgte daher einen Teil-Abbruch des bestehenden Gebäudes und die Realisierung eines Ersatzneubaus über Terrain. Denn die Einstellhalle und Foundation sollte dabei möglichst erhalten bleiben und vom Bestandsschutz profitieren. Die zweigeschossige Tiefgarage umfasst insgesamt 102 Parkplätze.



Abb. 1: Luftaufnahme Grosspeteranlage. Baufeld C mit ehemaligem Bestandsbau in Blau markiert

Gefordert wurde ein Bürogebäude, welches eine hohe betriebliche und funktionale Nutzungsflexibilität aufzeigt. Hierfür haben Diener und Diener Architekten einen Hybridbau entworfen und das Erdgeschoss zur Gastronomie und Kaffeebar eingerichtet. In den vier mittleren Geschossen sind agile Büroflächen

als Open Space geplant worden, welche in bis zu vier Mieteinheiten unterteilt werden können. Im fünften Obergeschoss wurde zur Südseite eine grosszügige Dachterrasse für alle Nutzer geschaffen. Im Attikageschoss befinden sich weitere Mietflächen.

3 STATISCHES KONZEPT

Die Tragkonstruktion des Neubaus ist als Hybridbau, in Holz- und Betonbauweise konzipiert. Ausgehend vom Bestreben der Untergeschosserhaltung erschliessen zwei neue Stahlbetonkerne den oberirdischen Ersatzneubau und binden in die bestehenden Untergeschosse ein. Oberhalb Terrain prägen Rhythmus, Struktur und konstruktive Logik das einfache, dem Holzbau entnommene Erscheinungsbild. Dabei werden die Geschossflächen von linear, als Einfeldträger gespannten Holz-Beton-Verbunddecken überspannt. Die Decken lagern auf Zangenträger, welche an den jeweils quadratischen, über die volle Gebäudehöhe als vertikal lastabtragenden Stützen angebunden sind. Die Wahl der Verbunddecken greift die Vorteile der höheren Masse für klimatechnische Speicher-, akustische Schall- und mechanische Schwingeneigenschaften auf. Ergänzend übernimmt der 8 cm starke Oberbeton die Funktion der statischen Deckenscheibenwirkung. Diese nimmt die Horizontallasten aus Wind- und Erdbebeneinwirkungen auf und leitet sie in die jeweiligen neuen aussteifenden Erschliessungskerne. Die Wahl der massiven Brettsperrholzdecken resultiert aus dem Vorteil der schlanken Deckenstärke welche gezielt die Technik unterhalb Ihrer Tragebene führen lässt.

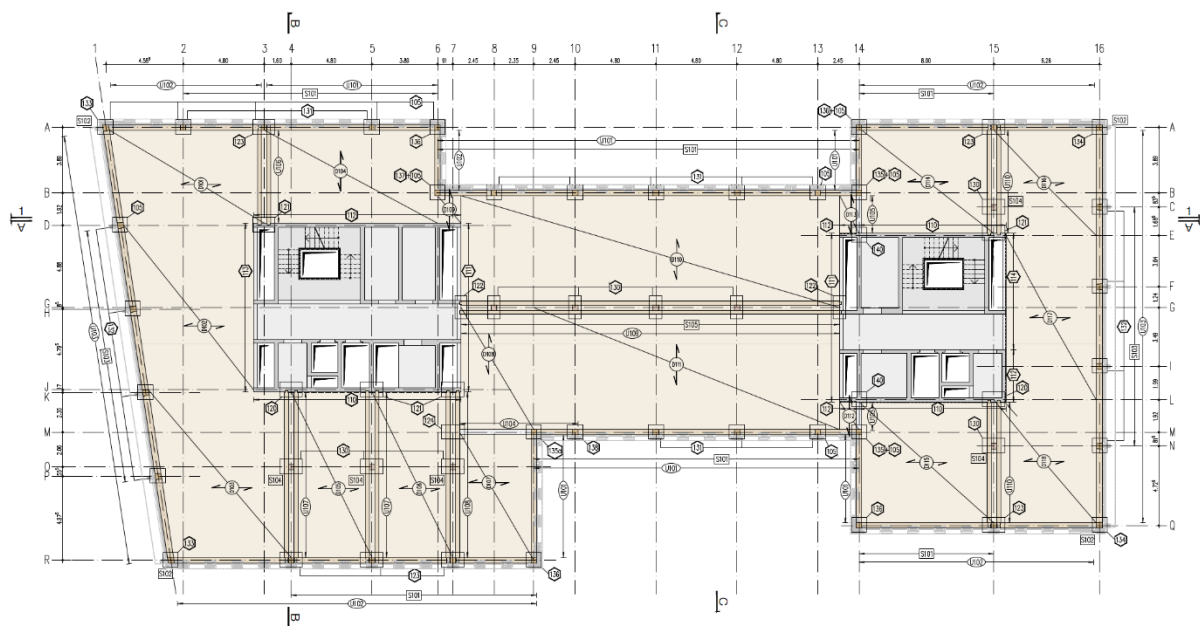


Abb. 2: Grundriss Regelgeschoss – Positions- und Detailübersichtsplan

Das Tragwerkskonzept repetiert sich über die gesamte Gebäudehöhe und strahlt eine Gebäuderuhe der rhythmischen Wiederholung aus. Um das grössere Deckenfeld von bis zu 9.3 m Spannweite im Südtrakt zu überspannen sind die Decken in diesem Bereich um 6 cm stärker dimensioniert. Während der Überbeton der HBV-Decken in allen Deckenfeldern 8 cm beträgt, variiert die Höhe der Brettsperrholzelemente von 26 cm im Regelfall zu einer Stärke von 32 cm im höher beanspruchten Südtrakt. Die klaren Konstruktionsprinzipien lassen so Freiheit bei der Gestaltung und Nutzung der Räumlichkeiten.

Die Herausforderung die bestehenden Untergeschosse zu erhalten und ein für die Büronutzung angemessenes Stützenraster des Neubaus zu ermöglichen, wird mit einer Lastumlenkung im Erdgeschoss erreicht. In den nicht kontinuierlich lastabtragenden Bereichen werden die äusseren Stützenlasten des Mitteltraktes durch schräge Stützen im Erdgeschoss in die bestehenden Untergeschosse umgeleitet. Die resultierenden Zuglasten in der Deckenebene schliessen die einbetonierten Bewehrungseisen im Überbeton kurz. Die Druckkomponente wird in Analogie über die Untergeschossdecke in Stahlbeton

kraftschlüssig aufgenommen. Sämtliche hochbelasteten Stützen sind in leistungsstarkem Eschen-Brett-schichtholz der Festigkeitsklasse GL40h konzipiert, alle weiteren Holzbauteile in Fichte / Tanne ausgeführt.

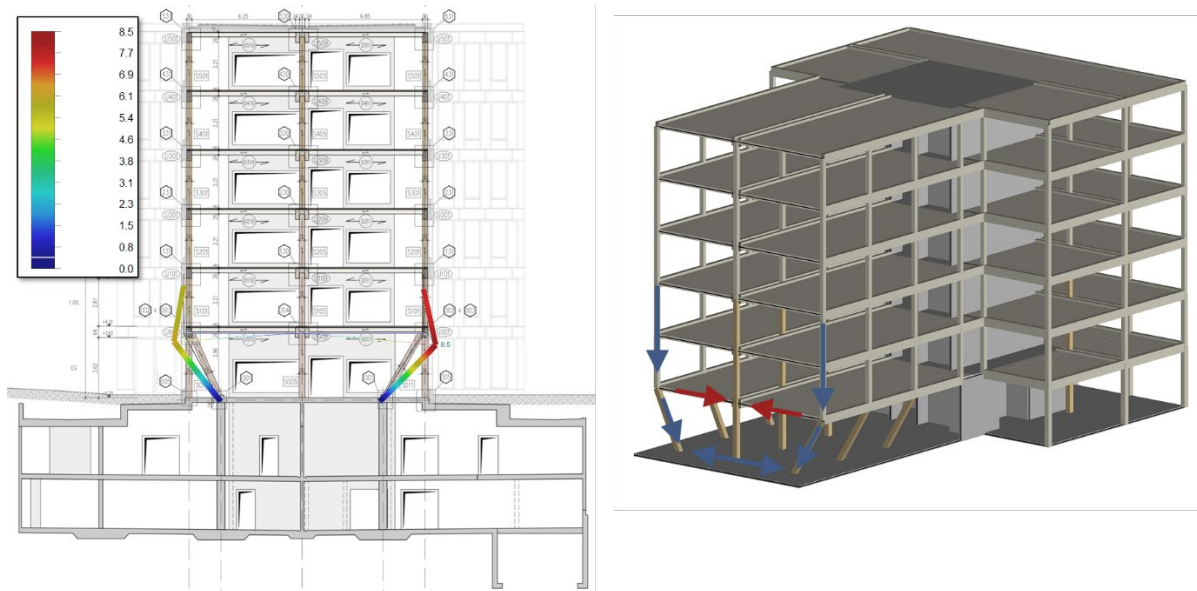


Abb. 3: Tragwerkskonzept der Lastumlenkung im Erdgeschoss

Unabhängig der Holzart müssen die höher beanspruchten Parkingstützen aus Stahlbeton ersetzt werden um den vertikalen Lastabtrag des Neubaus sicherzustellen. Während die bestehenden Fundamente die Lasten weiterhin ohne Verstärkungsmassnahmen in den Untergrund ableiten können, wird unterhalb der neuen Erschliessungskernen eine neue Foundation konzipiert.

4 VORZUG HOLZBAU

Die Vorteile von Holzbauten sind bekannt, Argumente für ein starkes Image weit verbreitet. Jedoch wird im Verhältnis zum gebundenen Kohlenstoffdioxid und der damit verbundenen politischen Diskussion nachhaltigen Bauens wenig über ein greifbareres Kriterium gesprochen: Die Leichtigkeit in Holzbauweise. Ein ausschlaggebender Faktor der in Zeiten ressourcenschonenden und nachhaltigen Bauens eine zentrale Rolle spielt. Denn bei Bauten mit begrenzt vorhandenen Lastkapazitäten in den Fundationen bildet die Gesamtmasse des Gebäudes den Inbegriff leistungsstarker Tragwerke. Doch wird sie zukünftig auch bei Neubauten zum Leitbild statischer Leistungsfähigkeit und den Wirkungsgrad statischer Effizienz beziffern.



Abb. 4: Links: Betonvariante mit punktgestützten Flachdecken. Rechts: Ausgeführter Holz-Beton-Hybridbau

Bei vielen Holzbauten summieren sich die Eigenlasten aus Fundationen oberhalb der ihrer oberirdischen Holztragwerke – und dies ohne Untergeschosse. Beim Projekt Grosspeter kann das jedoch nur lausig beziffert werden, da zwei schwere Untergeschosse eine solche Konfrontation nicht angemessen gegenüberstellen lassen. Doch lassen sich die Fakten anhand der Gesamtlasten verschiedener Varianten vergleichen.

Im Geschossbau – d.h. ausserhalb der beiden Erschliessungskernen – hätte ein reiner Betonbau eine Laststeigerung der ständig wirkenden Lasten um 150 % gegenüber dem ausgeführten Holz-Beton-Hybridbau bewirkt (Tragwerk inkl. Auflast). Dieses Zusatzgewicht würde mit direkten Auswirkungen auf die bestehenden Einzelfundamenten in Verbindung stehen. Es lohnt sich also einen gesamt betrachteten Blick auf verschiedene Varianten zu werfen. Denn werden die globalen Gebäudelasten gegenübergestellt und die für die Fundationsbemessung gesamt wirkenden Lasten verglichen, so sind zusätzlich die Eigenlasten der Erschliessungskerne, sowie die gesamt wirkenden Nutzlasten in die Kalkulation einzubeziehen. Diese relativieren oben genannten Prozentsatz zwar, der Kontrast ist dennoch erheblich, wie Abb. 5 beleuchtet. Die Werte sind zum passenden Verständnis vereinfachend auf die Gebäudegrundrissfläche bezogen.

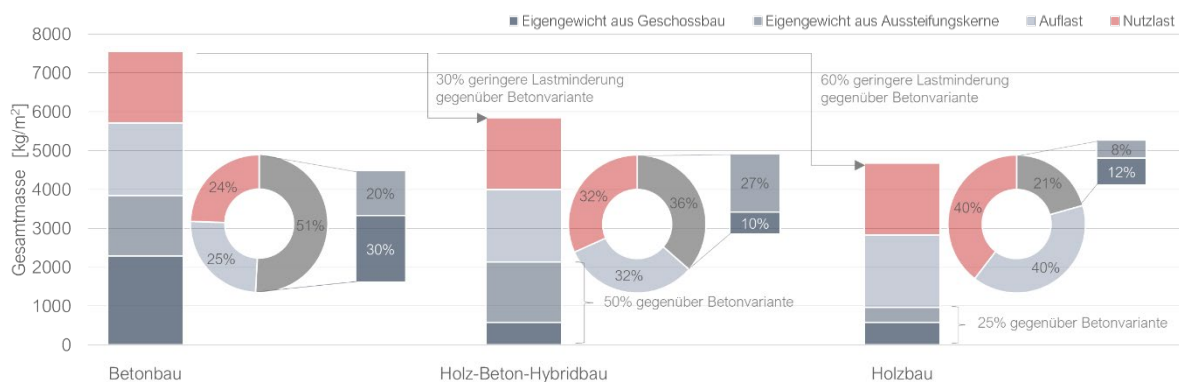


Abb. 5: Gegenüberstellung der lastabtragenden Masse für den gebauten Holz-Beton-Hybridbau, sowie die Alternativen in reiner Betonbauweise (links) und Holzbauweise (rechts)

Beim aktuellen Projekt bemisst sich die Gesamtlast für den gebauten Holz-Beton-Hybridbau auf rund 5560 kg/m², die Betonvariante hätte sich mit Flachdecken auf 7560 kg/m² aufsummiert. Dies entspricht einer flächig verteilten Reduzierung der Holz-Beton-Hybrid-Variante um immerhin noch 30%, welche beim sechsgeschossigen Ersatzneubau knapp zwei Geschosse ausmachen. Die reine Holzbauweise mit aussteifendem Brettsperrholzkern (gekapselt, RF1) und massiven Brettsperrholzdecken würde in ihrer «Leichtbauweise» nur 25% des Eigengewichts gegenüber einer betonierten Bauweise aufzeigen, gesamthaft müssten 60 % weniger Lasten in den Baugrund abgeleitet werden. Oder anders formuliert: Es könnte 1.6-fach höher gebaut werden bei gleichbleibenden Sohlspannungen im Baugrund und Materialressourcen in Fundation und Untergeschossen.

Der Wirkungsgrad der statischen Effizienz belegt Abb. 5 in den Kreisdiagrammen. Während die reine Betonvariante zu 51% nur sich selbst trägt (reines Tragwerk, exkl. Auflast), sind dies bei dem ausgeführten Holz-Beton-Hybridbau 36%. Die reine Holzbauvariante käme auf 21%, sie kann de facto das fünffache ihres Eigengewichts tragen. Jedoch sind bei einem korrekten Vergleich sämtliche Auflasten (Boden- & Dachaufbauten, Fassade, nichttragende Bauteile, etc.) mit einzubeziehen, da ohne sie die nutzerspezifische Funktion nicht gewährleistet werden kann. Die hier vom Autor als «Wirkungsgrad der statischen Effizienz» bezeichnete Leistungsfähigkeit, beziffert sich bei der Betonvariante auf knapp 25%, beim Holz-Beton-Hybridbau auf 32%, die Holzbauweise käme auf rund 40%. Letztere kann auf den fast doppelten Wert gestiegen werden, wenn anstelle massiver Brettsperrholzdecken feingliedrige Rippendecken ausgeführt werden und ein leichter Ausbau konzipiert wird (hier variierend zwischen 370 kg/m² und 460 kg/m², was mehr als der Nutzlast entspricht).

5 KONSTRUKTION

Das Zusammenspiel der Kernsetzung und des Holzskelettbaus wurde von den Architekten derart entworfen, dass eine flexible Organisation innerhalb der spezifischen Grundrissform möglich wird. Denn die beiden neuen Treppenhäuser aus Stahlbeton können pro Geschoss bis zu vier Mieteinheiten erschliessen. Horizontale Fluchtwege werden dadurch umgangen. Die Wahl der Betonkerne resultiert hierbei aus mehreren zusammenhängenden Begründungen. Wesentlicher Treiber ist die Gegebenheit, die neuen Kerne mit ihrer 80 cm starken Fundation im Untergeschoss in Stahlbeton zu starten. Ein Hochziehen über weitere sechs Geschosse war dadurch mit verhältnismässig geringem Aufwand verbunden. Das ausschlaggebende Motiv ist jedoch die bekannte, günstige Gewährleistung der Brandschutzanforderungen im vertikalen Fluchtweg. Beide Antriebe haben aus monetärer Sicht den Betonbau (noch) unschlagbar darstellen lassen.

Die Wände dieser neuen, betonierten Erschliessungskernen sind in C30/37 konzipiert und variieren in ihrer Stärke zwischen 20 bis 25 cm. Sie sind grösstenteils in Sichtqualität, mit Schalungstyp 4- 1.4 in BOK 3 ausgeführt. Die resultierenden Zugbeanspruchungen infolge Erdbebeneinwirkungen werden in den Kernecken mit Armierungseisen $d=26\text{mm}$ in die Untergeschosse geleitet.

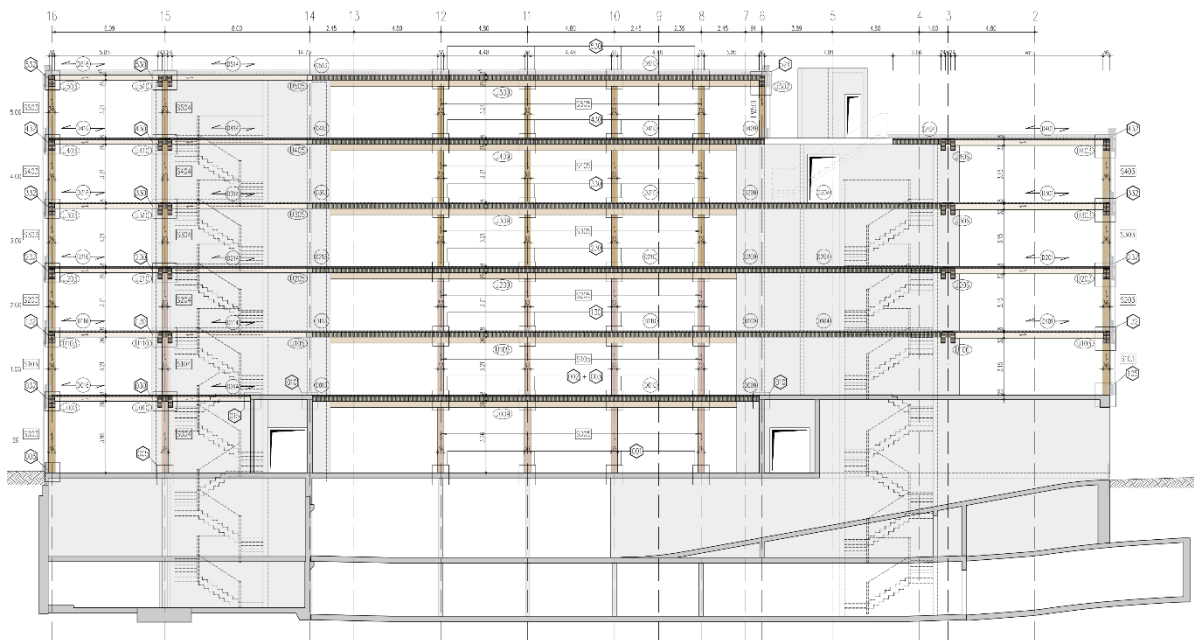


Abb. 6: Gebäudelängsschnitt

Aufgrund des gegebenen Achsrasters der Untergeschosse zeigen sämtliche Deckenfelder und Untzüge unterschiedliche Spannweiten auf. Letztere sind in Form linearer Bauteile zum Grossteil in Brett-schichtholz (Fi/Ta) der Güte GL28h ausgeführt. Die Zangenträger spannen als Mehrfeldträger bis zu 6.10 m und sind mit einem Querschnitt von $2 \times b/h = 24/60\text{ cm}$ ausgeführt. Die an der Fassade entlanglaufenden Randträger sind als blockverleimte Querschnitte mit $b/h = 36/68\text{ cm}$ konzipiert und spannen bis zu 7.30 m. Sie tragen neben den einfeldrig gespannten HBV-Decken die geschossweise abgestellte Fassade und haben keinen Überbeton. Die Stützen zeigen eine Knicklänge von bis zu 4.85 m auf und variieren in ihrem Querschnitt von 30/30 cm bis zu 36/36 cm. Diagonalstützen und höher beanspruchte Innenstützen sind in Eschen-Brett-schichtholz der Güte GL40h konzipiert. Die höchst beanspruchte Stütze trägt 3000 kN ab, was rund 450 schweizerischen Kühen entspricht. Sämtliche Bauteile sind auf einen 60-minutigen Feuerwiderstand bemessen.

Die Regelgeschossdecken sind wie zu Beginn beschrieben als Holz-Beton-Verbund-Decken ausgeführt. Die Dachdecke ist ohne Überbeton ausgeführt. Die Wahl der HBV-Decken resultiert ausschliesslich aus der erforderlichen Masse zur Gewährleistung der akustischen Schall- und mechanischen Schwingeigenschaften. Der Bodenaufbau beinhaltet einen Doppelboden mit faserverstärkten

Calciumsulfatplatten, welche allseitig mit Stahlblechen ummantelt sind. Geplant und ausgeschrieben wurden die Decken in massiven, querliegenden Brettschichtholzelementen. Aufgrund der Pandemiebedingten Lieferengpässen musste während der Ausführung jedoch auf Brettsperholz umgeplant werden, da Brettschichtholz in der geforderten Menge nicht lieferbar war. Die Unternehmensvariante sah vor, den Beton-Verbund nicht mit den ausgeschrieben Schublechen (TiComTec) zu lösen, sondern mit FT-Verbinder der Firma Würth auszuführen.

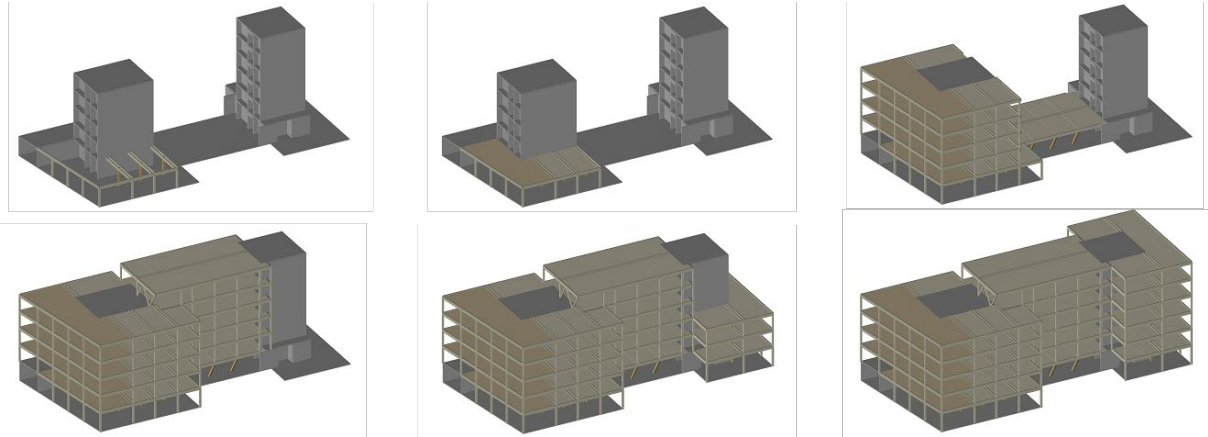


Abb. 7: Montageablauf Holzbau (von links oben nach rechts unten)

Das Montagekonzept beabsichtigte den Holzbau in drei Phasen aufzurichten, während der 8 cm starke Überbeton jeweils erst nach Fertigstellung eines gesamten Traktes appliziert wurde. Lediglich im lastumleitenden Erdgeschoss des Mitteltraktes wurde umgehend nach dem Zusammenschliessen der Zugstangen – welche die Zugkräfte der Diagonalstützen kurzschliessen – betoniert, um die Tragfähigkeit der Lastumlenkung gleich zu gewährleisten und die Lasten in den Überbeton einzuleiten.

6 KONSTRUKTIVE AUSBILDUNG

Die Lastenleitung in die schrägen Erdgeschossstützen erfolgt über einen Stahlknoten, der die jeweilige Zugkomponenten auf je 4 Bewehrungsseisen mit Durchmesser $d=30\text{mm}$ überträgt. Ankermuffen schließen die Armierungseisen kurz. Die Zugkräfte werden über den Bewehrungsstahl in den Überbeton verankert. Aufgrund unterschiedlicher Stützenneigungen ergibt sich eine resultierende Kraftkomponente, welche je über die Scheibenwirkung des Überbetons in die beiden Kerne abgeleitet wird. Zur erhöhten Robustheit sind die gegenüberliegenden Diagonalstützen ohne Vorspannung miteinander kurzgeschlossen.

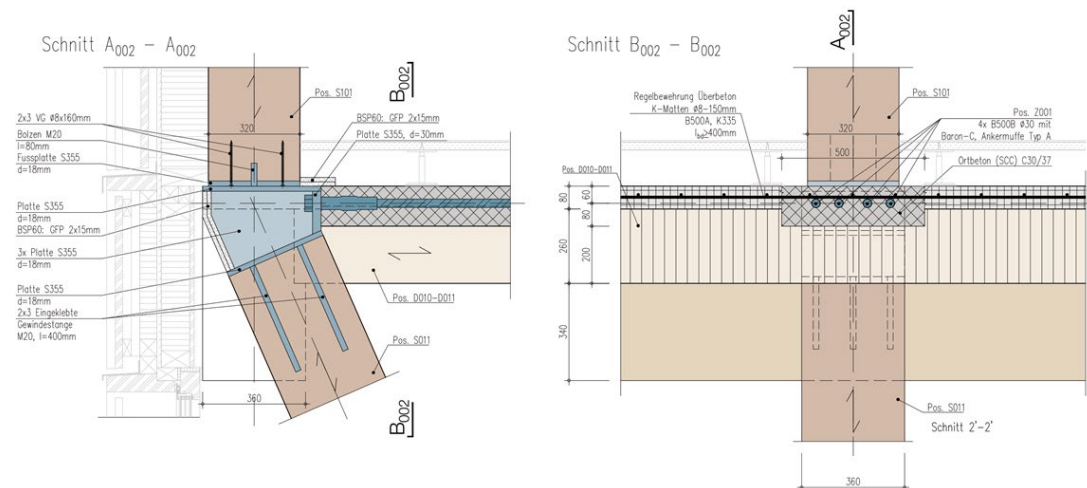


Abb. 8: Kopfanschluss Diagonalstütze

Die Zangenträger sind mittels innen vernagelten Stahlplatten über eine Knagge (Kantprofil 40x40mm) auf den Stützenköpfen gelagert. Die Lasten werden über Nägel d=4mm und einen Dorn von den Bindern auf den Stützenkopf geleitet. Druckverstärkungen in Form eingeklebter Gewindestangen vermeiden die erhöht lokalen Pressungen am Stützenkopf. Produktspezifische Lösungen, wie bspw. Sherpa-Verbindungen, konnten infolge ihrer begrenzten Lastkapazitäten nicht angewandt werden, weshalb spezifische Entwicklungen von Nöten waren.

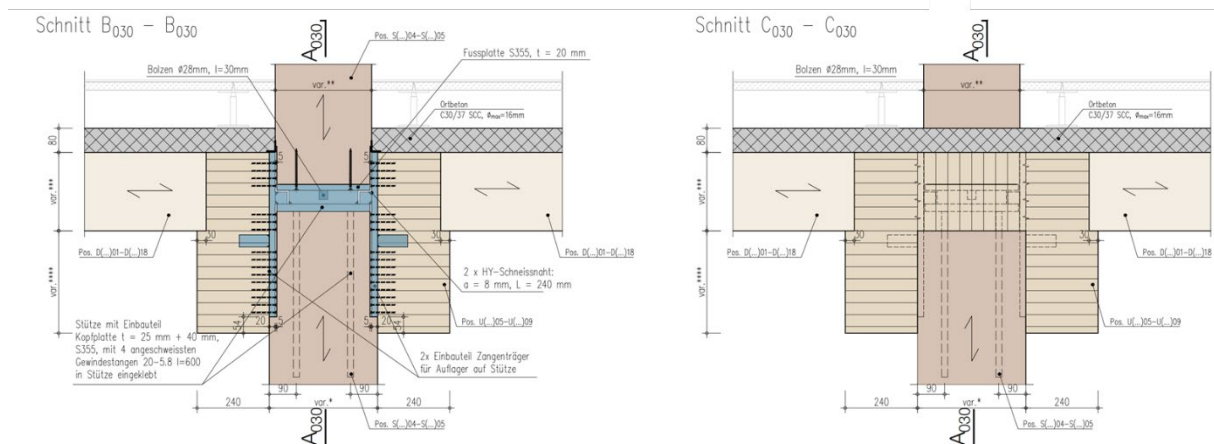


Abb. 9: Anschluss Zangenträger an Innenstütze

Die Anbindung an die Sichtbetonwände erfolgt über eine verjüngte Tasche in den Betonwänden, wodurch ein eleganter, nicht sichtbarer Anschluss ausgeführt werden konnte. Mittels Querdruckverstärkung werden die Querkkräfte lastengerecht über Druckkontakt in die Betonwände geleitet. Die oberseitige Schraubarmierung schliesst die Horizontallasten kurz.

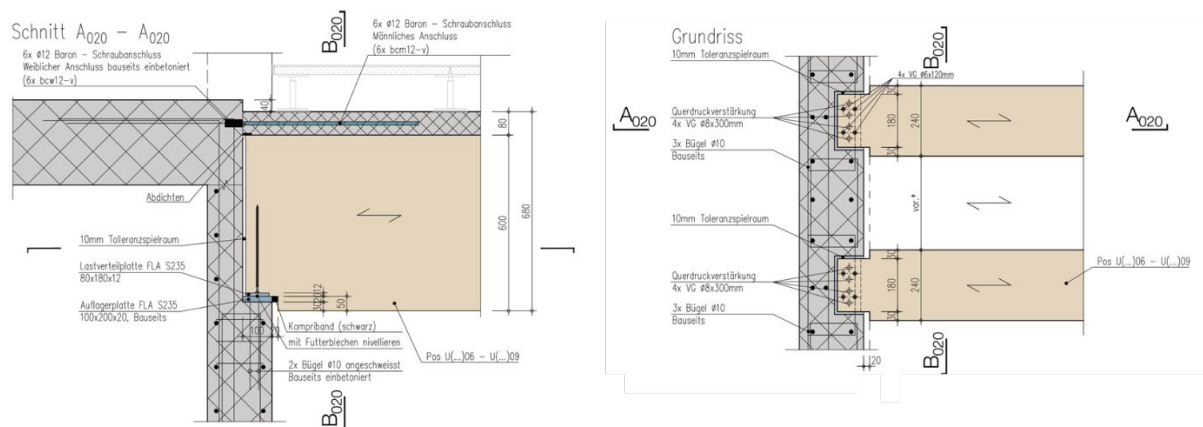


Abb. 10: Anschluss Zangenträger an Sichtbetonwand

7 AUSFÜHRUNG



Bilder: [Martin Friedli]

Umbau Sigristenhaus Boswil, vom Hochstud zum Musikerhaus

Raphael Greder, dipl. Holzbauingenieur FH, Makiol Wiederkehr AG
Gian Salis dipl. Architekt ETH/SIA, Gian Salis Architektur GmbH

1. EINLEITUNG

Das ehemalige Sigristenhaus von Boswil, ein mit einfachsten Mitteln gebautes, jedoch durch frühere Umbauten verschachteltes, denkmalgeschütztes Hochstudhaus, durften wir umbauen zu einem hellen luftigen multifunktionalen Künstlerhaus. Dabei haben wir konsequent mit Holz gearbeitet in einer jahrhundertalten Haltung im ökonomischen und ökologischen Umgang mit Baumaterial: Vorgefundenes genutzt, wo es möglich war, ergänzt, wo es nötig war. Fichte für die Tragstruktur, Tanne für den Innenausbau, Hagenbuche für die Möbel. Das alte rauchgeschwärzte Holz wurde nur gewaschen, die abgewetzten Bodendielen gehobelt und wieder eingebaut. Je dunkler das Holz, desto älter ist es.



Abb. Blickachse im Dach, neue Treppe zwischen Hochstudkonstruktion

2. PROJEKTBESCHRIEB

Das ehemalige Sigristenhaus von Boswil wurde um 1700 als einfaches Bauernhaus erstellt. Es bestand aus einem Wohntrakt in Bohlen-Ständer Bauweise und daran anschliessendem Tenn und Stall in einer Hochstudkonstruktion – eine archaische, für den Aargau typische, Firstständerbauweise. Das Haus wurde, wie Untersuchungen der Kantonsarchäologie Aargau unter Cecile Gut ergeben haben, mehrmals stark umgebaut, so wurde beispielsweise die äusseren Kammern im Wohntrakt später angebaut und darüber das Dach angehoben, was zur geschwungenen Dachform geführt hat. Der Kernbau wird von der Hochstudkonstruktion gebildet. Es steht unter kantonalem Denkmalschutz.

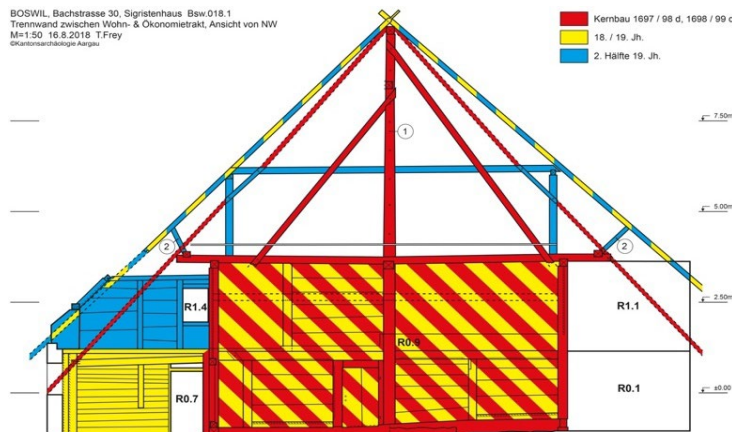


Abb. Schnitt Tenn mit Bauphasen (unpublizierter Bericht C. Gut, © Kantonsarchäologie Aargau)

Im Auftrag der Stiftung Künstlerhaus Boswil – welche in der angrenzenden Alten Kirche Boswil Konzerte und Workshops für klassische Musik veranstaltet – durften wir das Sigristenhaus nach einem gewonnenen Studienwettbewerb zum Künstlerhaus umbauen. Alle Einbauten aus dem 20. Jahrhundert wurden entfernt und die rohe alte Struktur freigelegt. Nach einer genauen Analyse vom Bestand wurden die neuen Nutzungen dort eingeplant, wo sie am besten in die alte Struktur passen: Im hohen Dachgeschoss entstanden unter der erhaltenen alten Dachkonstruktion zwei Proberäume mit optimierter Akustik für Musik-Proben. Diese werden jeweils giebelseitig optimal belichtet, im grossen Saal durch eine vollflächige Verglasung hinter Holzlamellen, im kleinen Saal durch 7 Fenster, wobei 3 in Abstimmung mit der Denkmalpflege neu erstellt werden durften. So waren in der imposanten Dach-fläche keine neuen Fenster nötig. Eine Blickachse durch den ganzen Dachraum verbindet die Räume. In den alten Kammern im Obergeschoss sowie im Heustock wurden 7 Gästezimmer mit je eigenem Bad erstellt, wobei diese über die bestehenden kleinteiligen Fenster genügend belichtet wurden und so die alte Raumstruktur beibehalten werden konnte, Massnahmen waren jedoch für den Schallschutz und Brandschutz nötig. Und in den alten Täfer-Stuben im Erdgeschoss entstanden Büroräume. In den Ställen entstanden Werkstatt sowie Lager. Im neuen, wie eine Gartenlaube wirkenden lichtdurch-fluteten Anbau Ost – anstelle eines Anbaus aus den 80er Jahren – entstand ein Sitzungszimmer.



Abb. Eingang ins Tenn, darüber die bestehenden und neuen Aufständungen der Rafen

Da die Fassaden aussen in guten Zustand waren, wurden diese nur gereinigt und innenseitig gedämmt. Teils wurden die alten Täfer wieder eingebaut, teils im Haus ausgebaute und teils neue Bretter als Wandverkleidung genutzt. Hinter den alten Fenstern wurden auf der Innenseite neue Isolierglas-Fenster eingebaute. Einzig an der Nordfassade und dem Anbau Ost, welche grosszügig verglast und mit Holzlamellen zu ruhigen Flächen zusammengefasst wurden, ist der Umbau von aussen erkennbar. Das ganze Haus musste auf neue Fundamente gestellt werden – zuvor lagen die Holzbalken teils direkt auf der Erde. Die alten Bohlen-Ständer-Wände wurden wo möglich sichtbar gelassen und nur mit einer weichen Bürste abgewaschen.

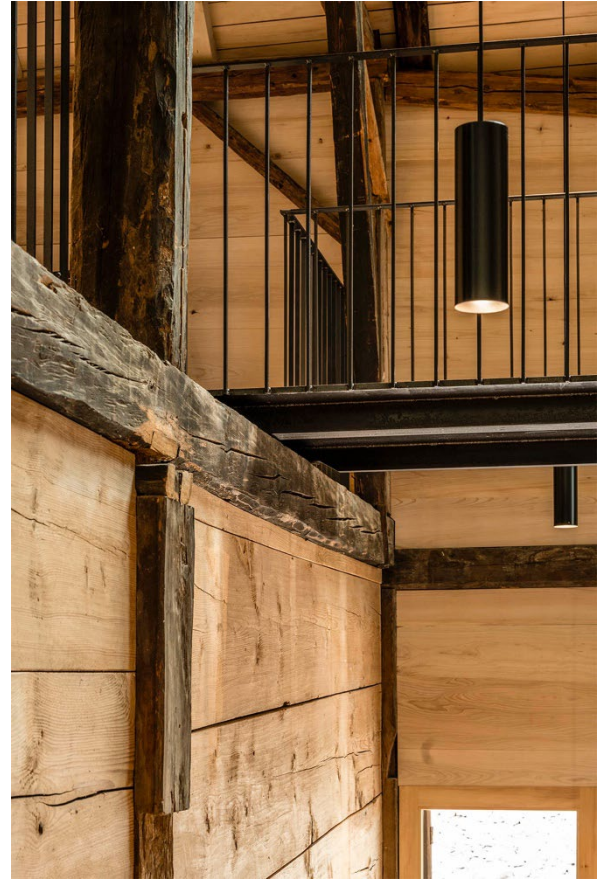
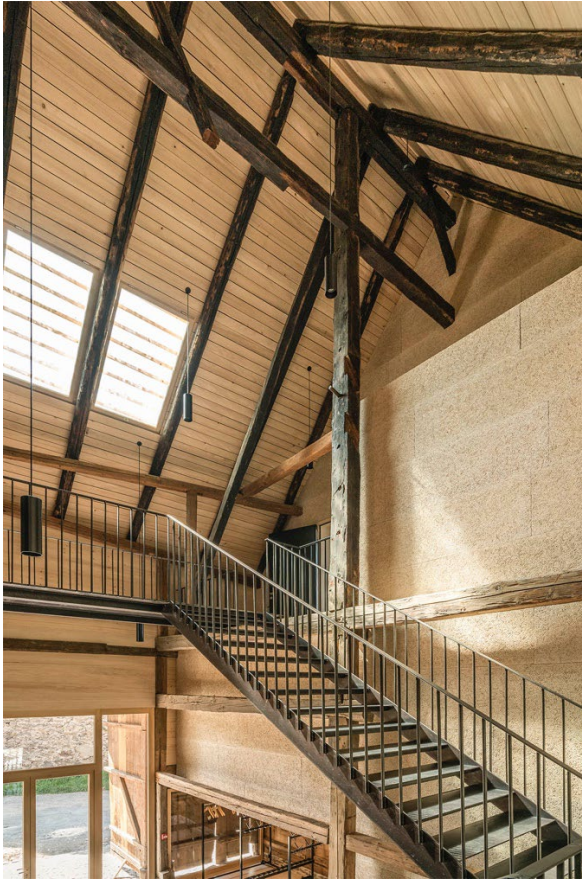


Abb. Freigespielter Hochstudpfosten im Tenn, sowie Auflager Treppe

2.1. Hochstudkonstruktion als räumliches Erlebnis

Erschlossen werden alle Räume neu mit Lift und einer zentralen Treppe im ehemaligen Tenn, wo alle im 20. Jh. eingezogenen Böden radikal ausgeräumt wurden und so eine imposante Halle entstand. Darin freigespielt sind die beiden Hochstüde, welche beidseitig der Treppe über die ganze Höhe bis in den First erlebbar gemacht wurden. Der Raum hat eine Höhe bis in den First von fast 12m und gibt dem sonst engen Haus eine enorme Grosszügigkeit. Vor allem korrespondiert die räumliche Idee der Vertikalität mit der historischen Tragstruktur. Durch ein vorgefundenes Dachziegelfenster fällt ein über den Tag wandernder Sonnenfleck in die Halle und belebt und belichtet diese. Ebenso fällt Licht durch das geöffnete Tennort und durch das lichte Sitzungszimmer gegenüber, so wurde aus dem ehemals dunklen Tenn eine lichtdurchflutete Halle. In der Bohlen-Ständerwand zu den Büroräumen konnte ein Feld ausgeschnitten werden, dort befindet sich nun die zentrale Empfangstheke vom Künstlerhaus. Raum-Nischen und Sichtbezüge machen den Raum zu einem attraktiven Pausen- und Aufenthalts-raum, wo auch informelle Treffen stattfinden können.

Wichtig war uns, dass die alten Hochstüde aber nicht nur als Dekoration erlebbar sind, sondern dass sie auch ihre angestammte Funktion als tragendes Kerngerüst weiter erfüllen. Dies gelang, wie im nächsten Kapitel dargelegt wird. Architektonisch war es wichtig, den Hochstüden auch räumlich Präsenz einzuräumen. Sie wurden daher freigespielt. Der neue Liftkern wurde soweit es ging abgerückt, er wurde mit zementgebundenen Holzwolleplatten verkleidet – wie wenn er aus Strohbällen bestehen würde – und er ist nur grad so gross wie er zwingend sein muss, darüber ist Luft bis zum Dach. Durch all diese Massnahmen wurde er als Element zurückgenommen, man erkennt ihn kaum und er wird nicht zur Konkurrenz zu den Hochstüden. Im Gegensatz dazu die neue Treppe aus dicken Stahlplatten wie bei Strassenbaustellen. Diese wurden so eingebaut, dass sie auf der alten Holzkonstruktion aufliegen und diese dadurch zum kräftig wirkenden tragenden Gerüst machen – wozu allerdings teils versteckte Verstärkungsstrukturen nötig waren.

2.2. Brandschutz

Nun ist das Tenn mit all seinen hölzernen und somit brennbaren historischen Oberflächen aber auch der einzige vertikale Fluchtweg. Bewilligungsfähig wurde dies dank einem objektspezifischen Brandschutzkonzept mit Ersatzmassnahmen. So wurde in allen Räumen eine Brandmeldeanlage installiert. Zudem wurden die beiden Proberäume und alle Gästezimmer als einzelne Brandabschnitte ausgebildet, wobei jeweils eine Seite der historischen Wände sichtbar blieb und auf der anderen Seite eine Vorsatzschale aus Gipsfaserplatten den Brandabschnitt und auch den Schallschutz sicherstellen.

2.3. Vordachkonstruktion als Adaption vom Bestand

Da wir die alten Sparren (bzw. Rafen) im Inneren zeigen wollten, wurde das Dach darüber gedämmt. Dies führte allerdings dazu, dass die Dachhaut deutlich höher zu liegen kam wie zuvor – ein übliches Problem, was häufig zu unschönen fetten Dachrändern führt.

Wir haben eine Lösung gefunden, welche vom bestehenden Bau inspiriert wurde: Als im 18./19. Jh. die seitlichen Kammern angebaut wurden, wurden die alten Rafen mittels auf die Flugpfetten gestellten Pföstli aufgeständert und gespreizt. Ähnlich haben wir nun die neuen, höher liegenden Sparren mit Pföstli auf die tiefer liegenden alten Rafen abgestützt, wodurch auf einfache Art die unterschiedlichen Distanzen überbrückt werden konnten. Es entstand eine ablesbare und doch selbstverständliche Symbiose zwischen der bestehenden und der neuen Tragstruktur.

Gedeckt wurde das Dach wieder mit den alten Biberschwanzziegeln, wobei keine Aufbauten oder Abluftrohre die für das Haus charakteristische geschwungene Dachfläche stören und sie zu einer der wichtigsten „Fassaden“ machen.

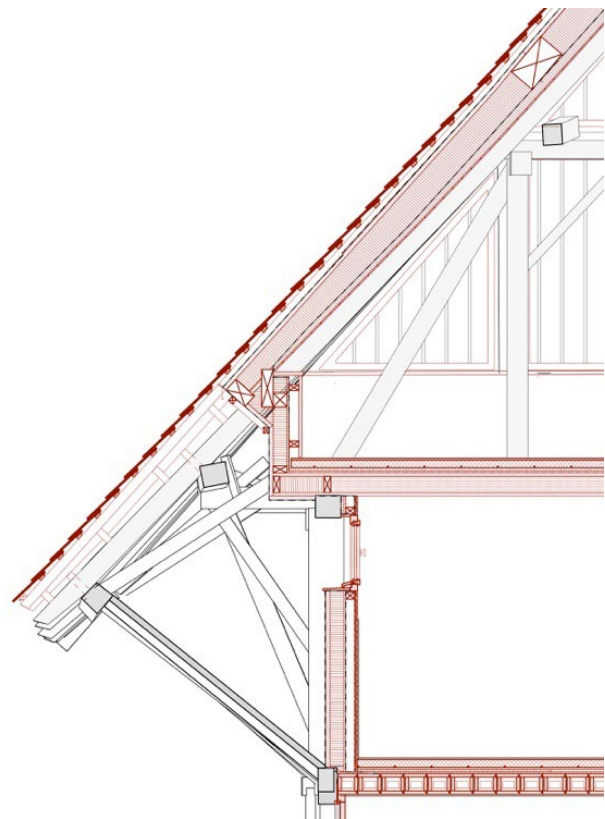


Abb. Vordach Traufseitig aufgeständert über alten Rafen, sowie Konstruktionsschnitt



Abb. Eingangsbereich im Tenn, Blick auf Bohlen-Ständer-Wand

3. STATISCHE MASSNAHMEN ERTÜCHTIGUNG

Ein uraltes Gebäude an den aktuellen Komfort anzupassen, kombiniert mit einer veränderten Nutzung bedingt einen grossen Eingriff in die Konstruktion und die Bauteile. Äussere Einwirkungen wie Schnee, Wind und Erdbeben müssen nach den aktuell gültigen Normen bemessen werden. Der Bestand zeigte deutliche Durchbiegungen, horizontale Auslenkungen und Setzungen. Das deutete vorgängig darauf hin, dass das Tragwerk nicht übermässige Lastreserven aufwies. Beispielsweise im Dachbereich hatten die Sparren und der First grosse Durchbiegungen. Vereinzelte Bauteile waren sogar gebrochen.

Im modernen Holzbau werden Bauteile getrennt, um die Schallüberleitungen in benachbarte Räume zu verhindern. Bei einer bestehenden Konstruktion sind diese Trennungen in der Regel nicht möglich und erfordern Massnahmen zur Gewährleistung der Schallanforderungen. Dies führt zu aufwändigen mehrlagigen Konstruktionen und zusätzlichen Beschwerungen. Was ebenfalls eine Mehrlast bedeutet.

Der Bestand war ungedämmt. Es war erforderlich eine Dämmschicht anzubringen. Es gab die Möglichkeit die Dämmung innenseitig oder aussenseitig aufzubringen. Der Brandschutz gab ebenfalls Anforderung an die Materialisierung der Konstruktionsaufbauten. In einigen Räumen waren die bestehenden Raumhöhen so niedrig, dass es erforderlich war Decken in der Höhe zu versetzen, um die Raumhöhe auf die aktuelle Menschengrösse anzupassen.

Bei genauerem Studium des Bestandes wurde ersichtlich, dass die bestehende Bausubstanz keine einheitliche Tragstruktur aufweist. Sondern gezeichnet ist durch ein permanentes weiter bauen mit dem Material das preiswert zur Verfügung stand. Die Konstruktion hat sich entsprechend nach den vorhandenen Materialien gerichtet. Z.B. ist die Tragrichtung der Decken unterschiedlich angeordnet und die bestehenden Bauweisen sind differieren (Blockbau, Riegelbau, Ständerbau). Eine weitere Einschränkung war die Zustand der bestehenden Materialien. Einige Holzbauteile waren durchfeuchtet und verfault, einige in tadellosem Zustand, gerissen oder wiesen Käferbefall auf.

Mit Hilfe eines 3D Laserscan wurden die Lage der Bauteile und die Abmessungen aufgenommen. In einer ersten Rechnung wurde der Bestand ungeachtet des Zustandes überprüft und eine Einschätzung der Traglastreserven gemacht. Eine erste Kontrollrechnung hat ergeben, dass die Bauteile wie First und Sparren im Ursprungszustand bereits überlastet waren. Die Decken genügten den Anforderungen auch nicht und müssen verstärkt werden. Die vertikalen Bauteile der Aussenwände hatten Potential. Die horizontalen Bauteile waren aber überlastet. Insbesondere was den Querdruck anbelangt. Die Innenwände, die Innenstützen und der Hochstud hatten noch Traglastreserven. Ein Aussteifungskonzept war nicht vorhanden und musste eingeführt werden.

3.1. Konzept Lastabtragung

Das bestehende Dachtragwerk wird sichtbar gezeigt und trägt die Lasten der Akustikschalung und die darüberliegende Dämmung. In der Dämmebene wird eine adaptive Rafen- und Pfettenkonstruktion aufgebracht, die die Eindeckung und die Wind- und Schneelasten abtragen. Das ermöglicht zudem allfällige Durchbiegungen und Setzungen in den Dachflächen auszugleichen. Für die Aufdachkonstruktion wurden die bestehenden inneren Lastabgabepunkte mit Traglastreserven verwendet.



Abb. Aufbringen der adaptiven äusseren Pfetten und Rafenkonstruktion durch den Holzbauer

Die Decken wurden, wenn möglich mit zusätzlichen Balken verstärkt. Wenn die Bausubstanz zu stark geschädigt war, erfolgte ein Ersatz mit Lignatur silence Deckenelementen. Die Aussenwände zu ertüchtigen war nicht ausführbar, ohne den gesamten Ausdruck des Gebäudes zu zerstören. Das Aufbringen einer innenseitigen Dämmung ermöglichte eine zusätzliche lastabtragende Ständerwand für die Decken einzubringen. Die bestehende Aussenhülle musste nur punktuell repariert werden und konnte damit den Ausdruck behalten. Die Innenwände und die Hochstüde wurde im Detail aufgenommen, auf Holzschäden geprüft und nachgerechnet. Der Boden des Erdgeschosses wurde ausgebaut und mit einer neuen betonierten Bodenplatte erstellt. Die Aussenwände mit Streifenfundamenten aus Bruchsteinmauerwerk wurden unterfangen.

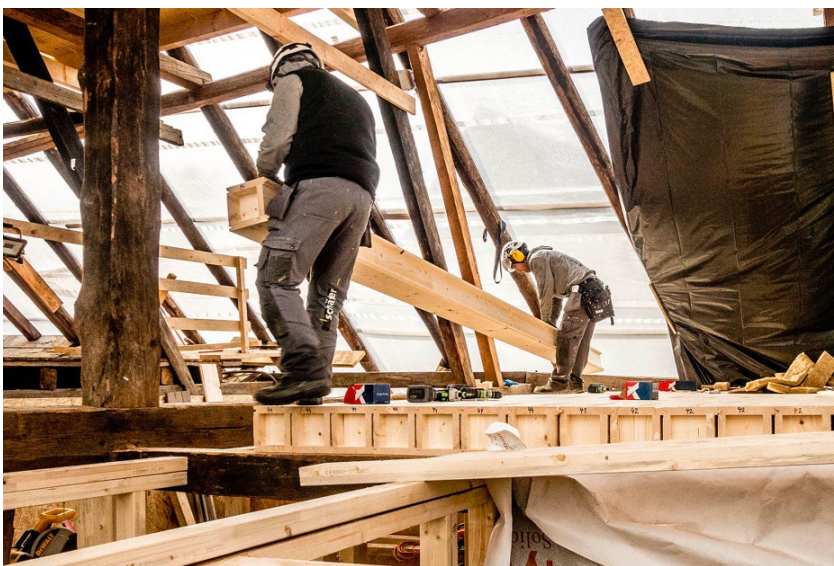


Abb. Versetzarbeiten der Lignatur Silence Decken durch den Holzbauer

3.2. Konzept Aussteifung

Das räumliche Konzept sah im Bereich des Haupteinganges ein zentralgelegenes offenes Treppenhaus vor. Die Deckenscheiben sind in diesem Bereich jeweils stark perforiert und die Verbindung der Scheune mit dem Wohnteil ist nur über die Stahlbrücken und die Aussenwände verbunden. Das Gebäude hat folglich zwei getrennte Deckenscheiben im Wohnhausbereich und im Bereich der Scheune. Es wurde deshalb ein aufwändiges 3D Modell für die Aussteifung erstellt, das über Handrechnungen plausibilisiert wurde. Auf Grund der grossen Angriffsflächen in Gebäudequerrichtung werden die Schnittkräfte und die horizontalen Auslenkungen unter Wind massgebend. In Gebäude Längsrichtung war der Lastfall Erdbeben bemessungsrelevant.

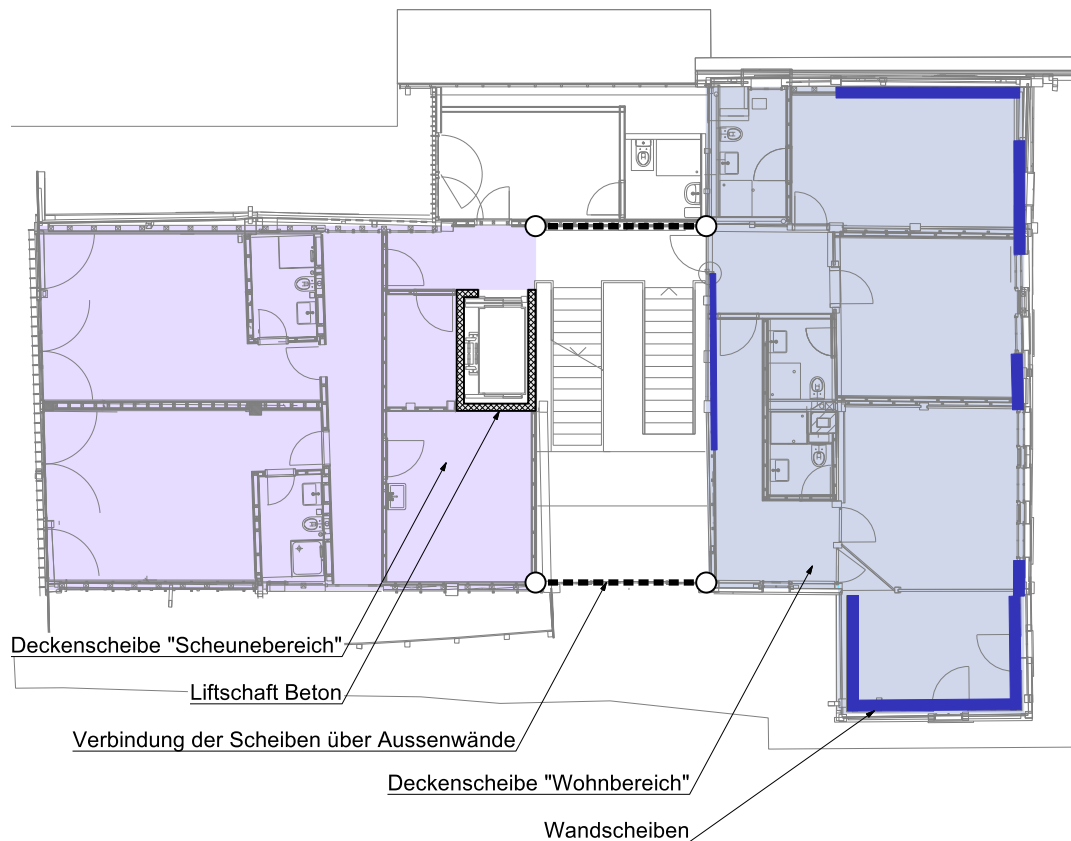


Abb. Deckenscheibe 1. Obergeschoss, Schemaskizze der Funktionsweise

Im Wohnhausbereich wurden die neuen tragenden Aussenwände innenseitig mit einer OSB beplankt und zur Aussteifung angesetzt. Im Bereich der Scheune ist zentral ein neuer Liftschacht aus Ortbeton einbracht. Der Liftschacht ist im Unterschoss und der neuen Bodenplatte eingespannt und kann Horizontallasten abtragen. Die Decken wurden als Scheiben ausgebildet. Die Aussteifungslasten sind punktuell an den Liftschacht angehängt. Der Liftschacht durfte aus denkmalpflegerischen und räumlichen Überlegungen nicht die Dachfläche durchstossen. Es gab im Bereich des Daches nur ein Kontaktpunkt an den Liftschacht der entsprechend robust angehängt werden musste. Auf Grund der Fensteröffnungen und der versetzten Wandscheiben mussten die Torsionsanteile aus der Scheune über die Schwellen der Aussenwände in die Deckenscheibe des Wohnbereiches eingeleitet werden.

Die Dachkonstruktion wurde als Fachwerk mit Zugstäben modelliert. Die Zugstäbe sind Windrispenbänder, die auch die Verwindung der Dachfläche überbrücken können ohne dass die Zugstäbe segmentiert werden mussten. Die Lasten aus dem Dach werden ebenfalls im Liftkern und in den Aussenwänden im Wohnbereich stabilisiert.

4. ZUSAMMENARBEIT

Beim Künstlerhaus war es eine grosse Herausforderung die erforderlichen Ertüchtigungen und Anpassungen am Gebäude vorzunehmen, dabei den Charakter und den Ausdruck zu erhalten und die Funktion der alten Bauteile zu bewahren. Abreissen und Ersatz wäre oftmals die einfachere Lösung gewesen. Die Komplexität der Aufgabenstellung brauchte pragmatische Ansätze und Konzepte. Wohlwollend, dass in der Ausführung die Varianz der Detaillierung und damit auch der Kostendruck steigt. Neben den Fachkompetenzen aller Beteiligten war ein zentraler Erfolgsfaktor eine klar verständliche, offene, umfassende und zeitgerechte Kommunikation.

- Die Denkmalpflege muss ein Teil des Teams sein und verbindliche Aussagen zu den Konzepten und der Materialisierung machen.
- Der Architekt muss genau wissen, was architektonisch wichtig ist, um das auch an die beteiligten Planer und Handwerker kommunizieren zu können. Er muss hierarchisieren und fokussieren. Beim Künstlerhaus waren dies:
 1. Freispielen und ertüchtigen des Hochstud
 2. Historisches Dach innen und Vordach aussen erlebbar machen
- Bei unpassenden Vorschlägen und Varianten der Fachplaner muss von der Projektleitung die zugrundeliegende Problemstellung verstanden werden, so kann meist eine für beide Seiten gute Lösung gefunden werden.
- Die Vorarbeiter der Hauptgewerke müssen neben exzellenten handwerklichen Fähigkeiten auch kommunizieren können.

Durch diese Art der Kommunikation wurde eine Vertrauensbasis geschaffen, welche zu einem wohlwollenden Umgang und zielfokussiertem Handeln führte.



Abb. Ansicht von Aussen mit Blick auf das geschwungene Dach

Mit dem Haus des Holzes in die Zukunft: Was der Holzbau alles bieten kann

Pirmin Jung
PIRMIN JUNG Schweiz AG, Sursee

1 EINLEITUNG

Nach drei Jahren Planen und Realisieren durften wir Mitte Oktober 2022 das Haus des Holzes beziehen. Für uns als PIRMIN JUNG ist dieses Projekt Entwicklungs- und Vorzeigeprojekt steht für digitales, verantwortungsvolles und kreislauffähiges Bauen mit Holz in einem. Es steht für das, was wir mit unserer täglichen Arbeit zu bewegen und zu gestalten versuchen – im Planen und Bauen mit Holz. Die Räume entsprechen unseren Idealen zum optimalen und inspirierenden Zusammenarbeiten und für das Zusammenleben als PIRMIN JUNG Team.

2 AUSGANGSLAGE

Im 2016 entschieden wir, mit der Firma von Rain LU nach Sursee LU zu ziehen, um besser an den ÖV angebunden zu sein und damit insbesondere den Pendel-CO₂-Fussabdruck zu reduzieren. Daneben wollten wir die Zusammenarbeit unter unseren drei Bereichen Tragwerkplanung Holz, Bauphysik und Brandschutzplanung optimieren. Über einen Mitarbeiter kamen wir an das erste Grundstück Centralstrasse 34, das mit seinen rund 920 m² nahe beim Bahnhof liegt. Das ebenso grosse Nachbargrundstück der Stadt, wo bisher ein kleiner Park war, konnte im Baurecht überbaut werden.



Abb.1 Bauplatz mit den zwei Parzellen Centralstrasse 34 (hinten) und Schnydermattpark (vorne)

2.1 Nutzung im Gebäude

Realisiert wurde ein Dienstleistungs- und Wohngebäude in Holzbauweise. Das Untergeschoss ist betonierte, alles andere wurde in kreislauffähiger Holzbautechnologie umgesetzt. Die Attikawohnung, eine 3,5 Zimmer – und eine 4,5 Zimmer Wohnung sowie das Yogastudio wurden von den Eigentümern der Parzelle Centralstrasse 34 zurückgekauft.



Abb.2 Gebäudeansicht mit den einzelnen Nutzungen

2.2 Projektziele

Die besondere Lage und wie wir zu den Grundstücken kamen bedeutete für uns den Auftrag, hier ohne Kompromisse ein Gebäude zu realisieren, das die Zukunft des verantwortungsvollen Bauens vorwegnimmt. Die Ziele haben wir wie folgt definiert:

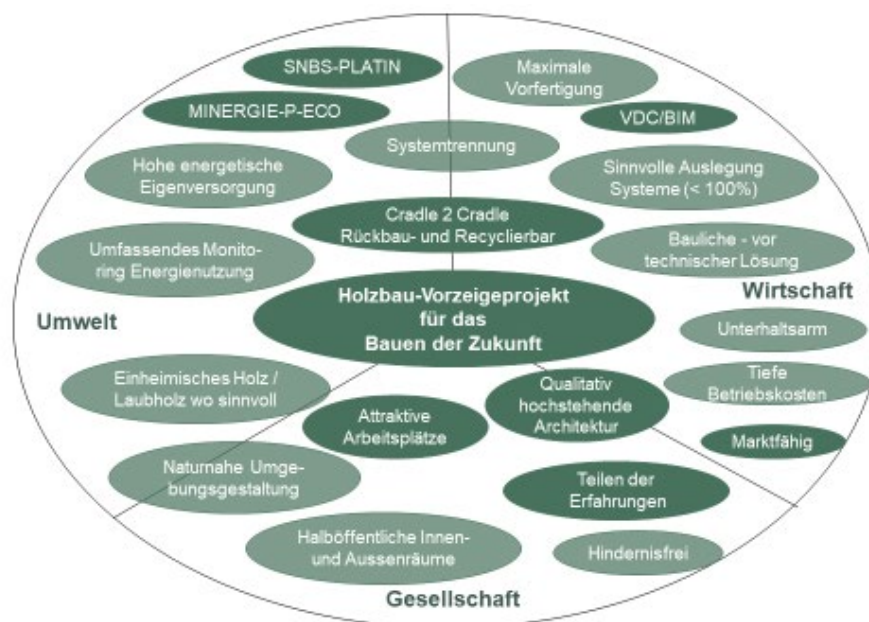


Abb.3 Die Projektziele wurden den drei Bereichen der Nachhaltigkeit zugeordnet

Insbesondere das Projektziel des Zertifizierens nach SNBS Platin war eine ganz grosse Herausforderung. Bei diesem Label werden 45 Indikatoren mit 135 Messgrößen beurteilt und benotet. Dabei geht es um Aspekte in den Bereichen: «Kontext und Architektur», «Planung und Zielgruppe», «Nutzung und Raumgestaltung», «Wohlbefinden und Gesundheit», «Kosten», «Handelbarkeit», «Ertragspotential», «Regionalökonomie», «Energie», «Klima», «Ressourcen- und Umweltschonung», «Natur und Landschaft». 95% der möglichen Punktzahl muss erreicht werden.

2.3 Projektorganisation

Die Stadtbaukommission von Sursee verlangte für diesen sensiblen Ort keinen Wettbewerb. Vielmehr wollte sie zusammen mit unserem Architekten ein Projekt entwickeln, das für den Ort passend ist. Architekt Marc Syfrig als erfahrener Luzerner Stadtbaukommissionspräsident hat uns in diesem Prozess unterstützt. Als dann das Projekt mit der Stadt geklärt war, hat er und dein Team das Projekt bis am Schluss gestaltet – inkl. der Innenarchitektur. Die Fachplaner wurden nach ihrer Qualifikation ausgewählt. Nachdem wir zusammen das Vorprojekt erarbeitet hatten, haben Sie die Offerte und direkt darauf die Werkverträge erarbeitet.

• Bauherr:	PIRMIN JUNG Immobilien AG, Rain
• Gesamtprojektleitung / Baumanagement:	Jung Meyerhans AG, Rain
• BIM Manager / ifc-Referenzmodell :	PIRMIN JUNG Schweiz AG, Rain
• Architektur:	marc syfrig arch eth sia bsa, Luzern
• Landschaftsarchitektur:	Landschaft GmbH, Sursee
• Tragwerksplanung Holzbau:	PIRMIN JUNG Schweiz AG, Rain
• Bauphysik / Akustik / Nachhaltigkeit:	PIRMIN JUNG Schweiz AG, Rain
• Brandschutzplanung:	PIRMIN JUNG Schweiz AG, Rain
• Ingenieur Grundbau, Untergeschoss:	Kost + Partner AG, Sursee
• HLKS-Ingenieur:	Wirkungsgrad Ingenieure AG, Luzern
• Elektro-Ingenieur / Gebäudeautomation:	SCHERLER AG, Luzern

3 ARCHITEKTUR

3.1 Form und Gestaltung

Mit einer erstklassigen Holzarchitektur in städtischem Gebiet sollen weitere Investoren und Planer animiert werden, mit Holz in der Stadt zu bauen. Die formale Analogie des Gebäudes ist ein Bretterstapel. Die Lamellen über die Fenster dienen dem Sonnenschutz (die Sonnenstoren müssen viel weniger betätigt werden) und das Vordach schützt die Fassade vor Regen und Tau. Für die Ausgestaltung der Fassade orientierte man sich an Holzbauten aus alten Städten (da waren Holzhäuser immer farbig und verziert) und an Frank Lloyd Wright.



Abb.4 Herangezogene Analogien zur Gestaltung des Haus des Holzes

Die Farbe des Hauses entspricht der Farbe des feuchten Aushubes, wie er im Februar 2021 zum Vorschein kam. Die horizontalen Riegel sind in preussischem Blau – oder dem Berliner Blau gehalten. Die Farbe Blau wird mit dem Himmel und dem Ozean verbunden. Blau hat keine Grenzen, es übertrifft alle Dimensionen. Beim Haus des Holzes steht das Blau für den Aufbruch in neue Dimensionen mit dem Bauen mit Holz. Im Innenausbau spricht dann das rohe Holz: Esche als tragende Balken und als

Bodenbelag, Tanne als Wandverkleidung und als Akustikdecke zwischen den Tragbalken. Die Möbel sind wiederum weiss gehalten, um dem Holz den gebührenden Platz zu geben.



Abb.5 Das Haus des Holzes ist aussen farbig, der Innenausbau besteht aus rohem Holz

3.2 Grundrisse

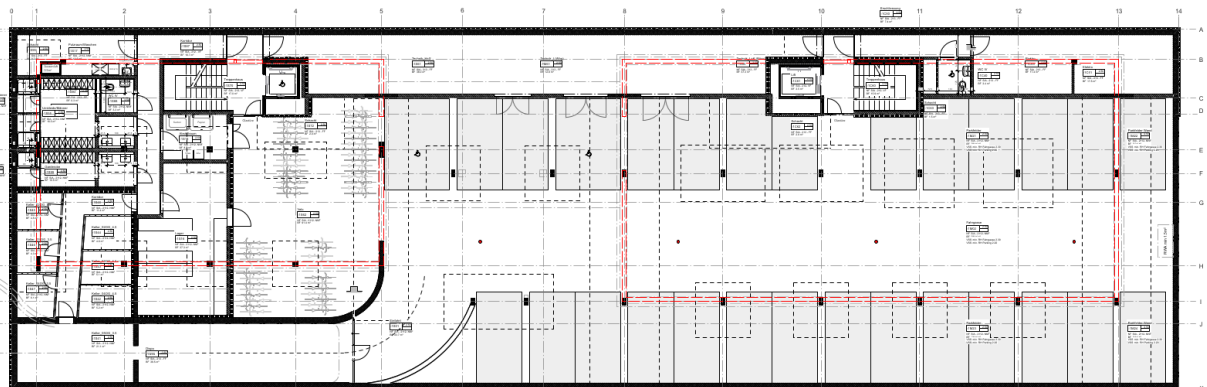


Abb.6 Untergeschoss mit 28 Parkplätzen, wovon 8 mit Ladestationen, mit 48 Fahrradstellplätzen, Garderoben für die Mitarbeiter sowie Lager- und Technikräumen

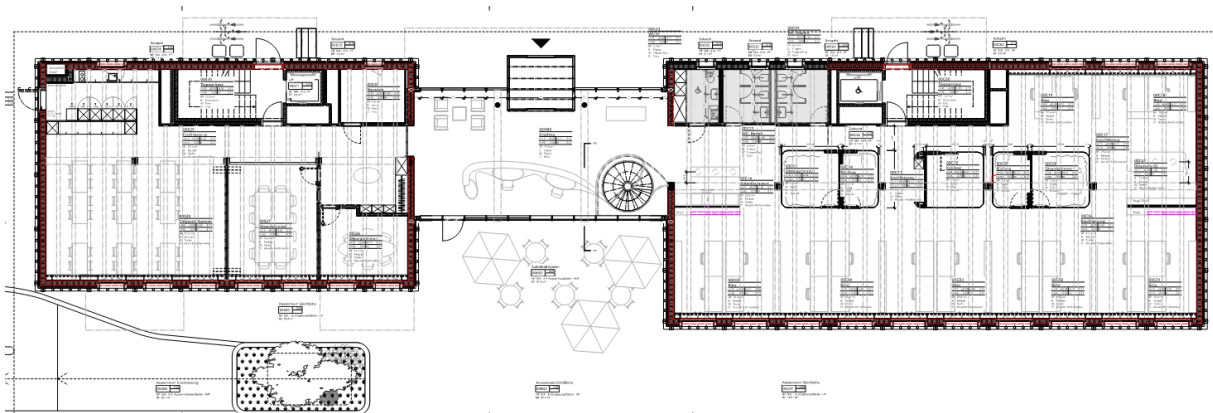


Abb.7 Erdgeschoss: Büronutzung durch PIRIN JUNG Schweiz AG mit dem Empfang in der Mitte, den Arbeitsplätzen rechts und den halböffentlichen Räumen links

3.3 Umgebungsgestaltung

Die Umgebung wird so gestaltet, dass sie einen maximalmöglichen Beitrag an die Förderung der Biodiversität im städtischen Raum bieten kann - Trockenpflanzen und Totholz anstelle immergrünen Pflanzen und Rasen.



Abb.8 Gestaltung der Umgebung zur Förderung der Biodiversität

4 ENERGIEKONZEPT

Das Energiekonzept des Haus des Holzes ist so ausgelegt, dass das Gebäude mit einer möglichst kleinen Zufuhr von externer Energie betrieben werden kann.

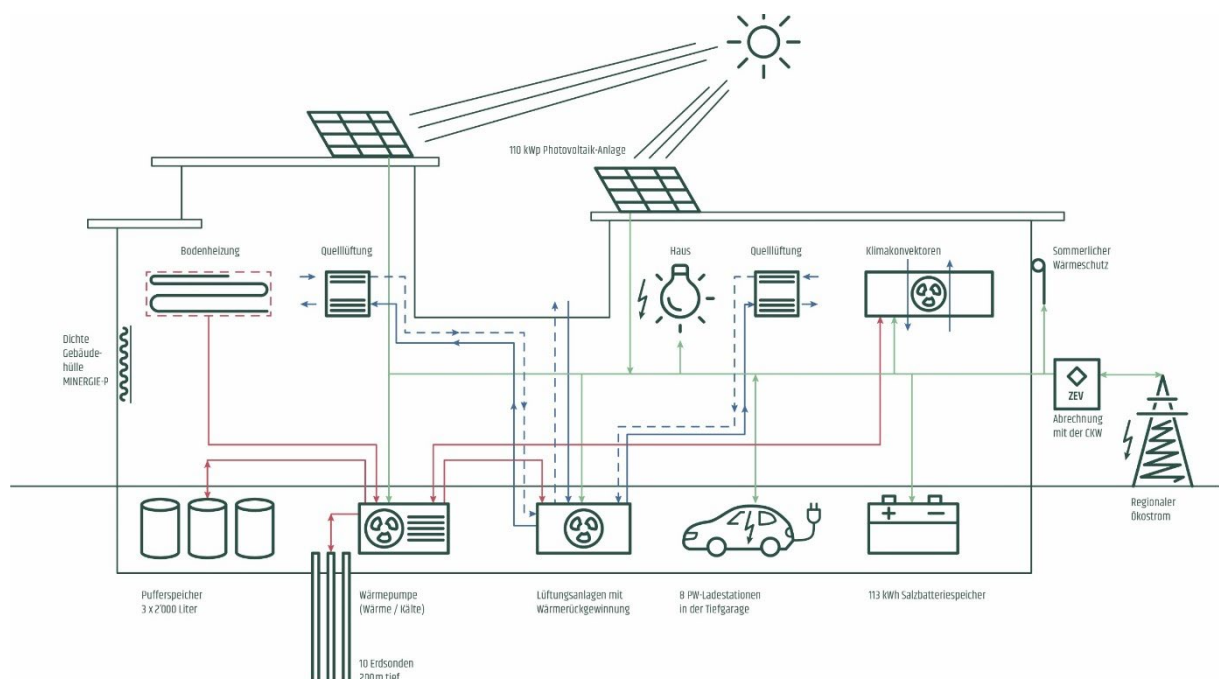


Abb.9 Energiekonzept im Haus des Holzes mit Erdsonden, Pufferspeicher und Wärm-/Kältepumpe, PV-Anlage, Salz-batterie und Ladestationen sowie Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

5 DIGITALES BAUEN

5.1 Vorgabe

Als Holzbauingenieure, Bauphysiker und Brandschutzplaner verlangt man von Seiten von Auftraggebern seit Jahren, dass wir mit Building Information Modeling BIM arbeiten. Bei fast allen bisherigen BIM-Projekten war BIM in der ersten Planungsphase omnipräsent, als es dann in Richtung Ausführungsplanung ging, war nicht mehr viel BIM übrig. Beim Haus des Holzes wollten wir die digitalen Instrumente in der Planung und in der Ausführung maximal möglich nutzen, um damit zusammen (alle Planer und alle Ausführenden) weiter zu kommen und Erfahrungen zu sammeln. Dies bedeutete, dass wir konsequent nach der VDC-Methode zusammenarbeiten.

Als einschneidende Massnahme auf dem Weg zum konsequenten Digitalen gaben wir als Bauherrschaft weiter vor, dass es beim Projekt keine Papierpläne und keine E-Mails geben darf. Alle Entscheidungen und Planunterlagen müssten für alle jederzeit zugänglich und nachvollziehbar sein.

5.2 Organisation

Wir organisierten uns betreffend VDC & BIM wie folgt:

Leitung VDC-Prozess: PIRMIN JUNG Schweiz AG
 Projekt- und Detailentwicklung 2d & 3d: marc syfrig arch eth sia bsa
 Referenzmodell, BIM-Management & Modellkoordination: PIRMIN JUNG Schweiz AG
 Fachplaner Modelle: die einzelnen Fachplaner

In einem ersten Schritt wurde das Referenzmodell vom Architekten erstellt. Da insbesondere die Datenübergaben und auch die Genauigkeit nicht unseren Vorstellungen entsprach, haben wir als PIRMIN JUNG das Referenzmodell Architektur intern mit einer Architekturmodelliererin erarbeitet.

5.3 Arbeitsweise

Nach der Projektentwicklung zusammen mit der Stadtbaukommission, wo es um den Städtebau ging, aber vor dem eigentlichen Start in die Planungsarbeit, verfassten wir als Bauherrschaft abschliessend die Projektziele, darauf abgestimmt erarbeitete das BIM-Management den BIM Abwicklungsplan BAP mit den wesentlichen Vorgaben für die Zusammenarbeit mit den digitalen Planungsinstrumenten, die Zusammenarbeitskultur und die Anforderungen an die Modelle und dem damit verbundenen Datenaustausch.

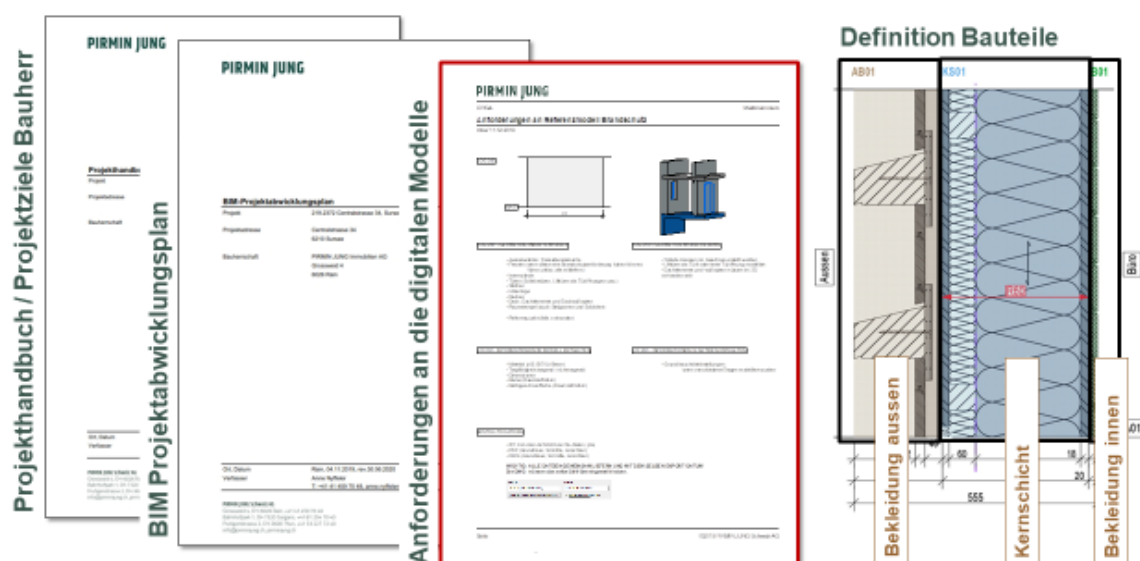


Abb. 10 Grundlegenden Dokumente für die VDC-Zusammenarbeit.

Als wesentliche Vorgabe wurde im BAP definiert, dass im Architektur-Referenzmodell die einzelnen Bauteile für alle Phasen nur dreischichtig erfasst werden (Kernschicht, Bekleidung innen und Bekleidung aussen). Alle weiteren Detailangaben wurden von den Fachplanern zu einem abgemachten Zeitpunkt und LOI & LOD in ihren Fachplanermodellen erarbeitet oder referenziert. Für den Holzbau z.B. wurde die Konstruktion erst im Rahmen der Werkstattplanung detailliert modelliert. In den vorgängigen Phasen erarbeiteten wir als Holzbauingenieure ein Sperrzonen- und ein Tragwerksmodell (Stützen und Unterzüge als Balken sowie die Wand-, Dach- und Deckenelemente als Volumen). Die Elementaufbauten und Detailskizzen wurden zu den einzelnen Bauteilen angehängt respektive auf diese referenziert.

Beim Planungsstart im November 2019 gingen wir davon aus, dass wir alle zwei Wochen einen Planungsworkshop ICE abhalten, anlässlich welchem die Schnittstellen und «Issues» gelöst werden. Wichtig war, dass an diesen Workshops entschieden wurde. Entsprechend war es sinnvoll, dass der Bauherr bei diesen ICEs immer mit dabei war. Aufgrund Corona mussten wir im März 2020 auf Teams-Meetings wechseln, die wir bis am Schluss beibehielten. Rückblickend muss festgestellt werden, dass es für das Projekt und die Effizienz der Zusammenarbeit besser gewesen wäre, wenn wir ca. alle sechs Wochen einmal physisch getroffen hätten.

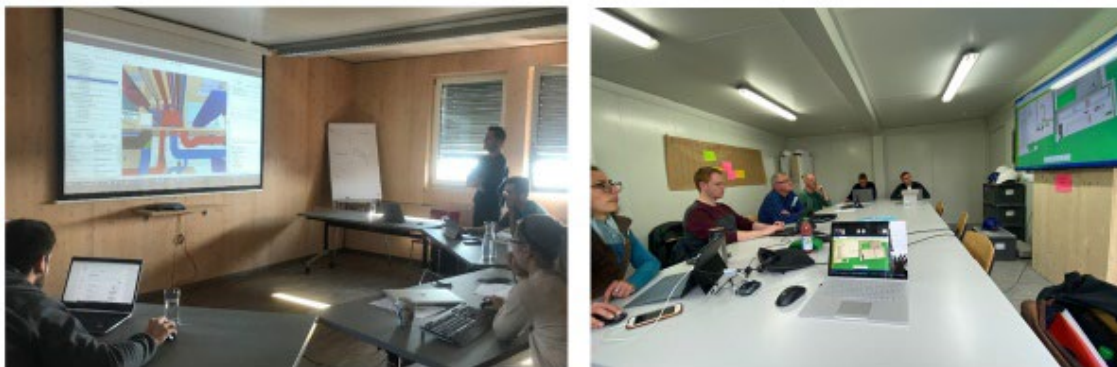


Abb. 11 Workshops als Integrated Concurrent Engineering – ICE mit dem Planungsteam links und während der Ausführung im Baubüro mit den ausführenden Firmen rechts

5.4 Datenaustausch über die Plattform DALUX

www.dalux.com erwies sich als ideale Plattform, um die Modelle und die Planunterlagen, aber auch die Aufgabenbewirtschaftung abzuwickeln. Weiter können die Daten nach Projektabschluss sauber archiviert und je nach Relevanz ins FM übernommen werden, um auch das FM und den Betrieb der Liegenschaft über dieselbe Plattform ab zu wickeln.

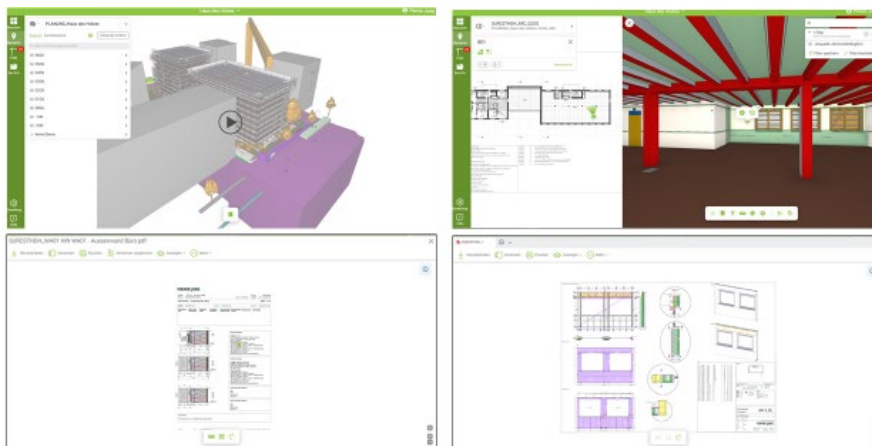


Abb. 12 Der Modell-, Plan- und Datenaustausch sowie die Aufgabenverwaltung erfolgte konsequent auf der Plattform DALUX.

5.5 Digitalisierung in der Ausführung

Die einzelnen Aufträge wurden nach BKP ausgeschrieben. Zusätzlich zum Leistungskatalog erhielten die Anbietenden das Fachplanermodell ihres Gewerkes. Die drei für das Projekt optimalen Anbieter wurden zu einem Vergabegespräch eingeladen. Dabei ging es insbesondere darum zu erfahren, ob sie die Aufgabe und die geforderte Leistung begriffen haben, ob sie Lust haben, zusammen das Bauen mit digitalen Instrumenten weiter zu bringen respektive was ihr Beitrag sein wird, damit wir mit dem digitalen Bauen weiterkommen. Das dritte Kriterium war der Preis. Kaum ein Auftrag ging an den billigsten Anbieter. Wir konnten aber bei allen Gewerken mit Partnern zusammenarbeiten, die sich für die Bauaufgabe einsetzen und das Bauen zusammen mit uns weitergebracht haben.

Jeder ausführende Unternehmer hat beim Haus des Holzes etwas anders gemacht, als er bisher machte: der Bewehrungsleger montierte zum ersten Mal ab Tablet die modellierte Bewehrung (und war viel schneller) oder der Sanitärmoniteur lies die Rohre ab Fachplanermodell zuschneiden, baute sie im Werk zu Bäumen zusammen und montierte diese eingemessen über Tachymeter, usw.

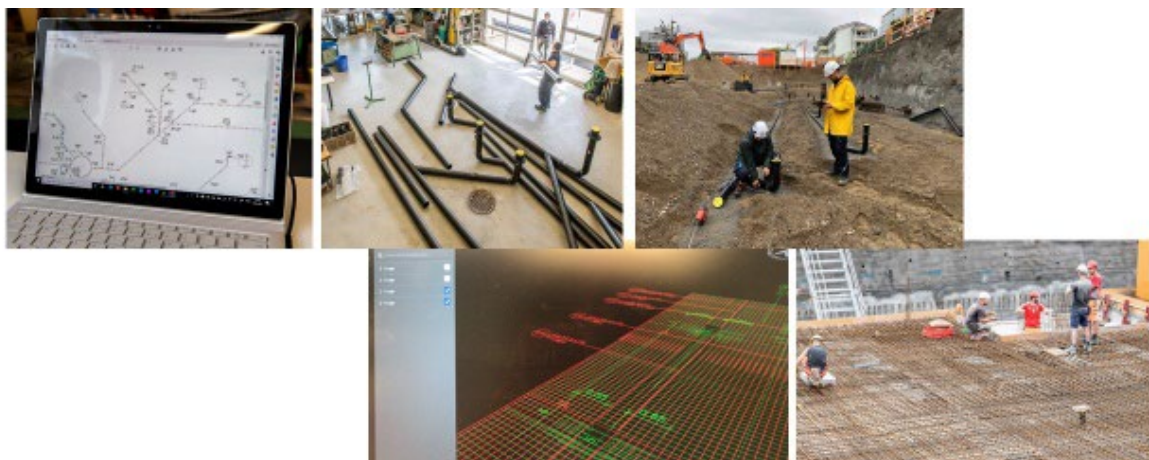


Abb. 13 Jeder Unternehmer machte beim Haus des Holzes etwas anders als bisher

Allen gemeinsam ist, dass sie keine Papierpläne produzierten, sondern alle ihre Arbeitsunterlagen auf Tablets abriefen – in der Vorfertigung und auf der Baustelle. Die Aufgaben wurden auch hier über die Plattform DALUX bewirtschaftet. Die Ausführenden konnten uns die Mailadressen der Mitarbeitenden angeben, die auf die Plattform zugreifen mussten. Einzelne Firmen gaben alle Mitarbeitenden an – bis und mit den Lehrlingen. So konnten alle im effizienten, digitalen Zusammenarbeiten Schritte vorwärts machen. Die drei Holzbauer z.B. arbeiteten vor unserem Projekt in der Vorfertigung und auf der Baustelle mit Papierplänen und Papierunterlagen. Heute haben alle drei auf Tablets umgestellt.



Abb. 14 Die Holzbauer arbeiteten konsequent ab elektronischen Lesegeräten

6 DER HOLZBAU

6.1 Auftragsausführung

Der Auftrag Holzbau BKP214 inkl. allen äusseren und inneren Verkleidungen wurde mit einem Direktauftrag an die drei regionalen Holzbauer:

Haupt AG, Ruswil,
Tschopp Holzbau AG, Hochdorf,
Hecht Holzbau AG, Sursee

vergeben. Als Holzbauingenieure konzeptionierten und berechneten wir die Holzkonstruktion und erarbeiteten ein Devis, für die drei Holzbauer zusammen den Preis ermittelten. Dieser war dann die Grundlage für den Werkvertrag der echten Arbeitsgemeinschaft. Die Arbeitsvorbereitung und die Ausführung machen die drei Holzbauer zusammen unter der Leitung eines internen Projektleiters, sämtliche Arbeiten wurden in gemischten Teams ausgeführt. Die Bauleitung und wir als Holzbauingenieure kommunizierten nur über den Projektleiter der ARGE, welcher sämtliche Arbeiten koordinierte. Diese Zusammenarbeit hat sich bestens bewährt und stärkte die Firmen für weitere gemeinsame Arbeiten.

6.2 Holzbausystem

Das Holzbausystem wurde so konzeptioniert, dass es von einer späteren Generation demontiert werden kann und die einzelnen Bauteile und Materialien wiederverwendet werden können. Natürlich war es uns ein grosses Anliegen, dass möglichst viel in Holz – in Schweizer Holz ausgeführt wird. Für den Architekten war es wichtig, dass das Tragwerk sichtbar ist und dass sich die Struktur zeigt. Aus diesem Grunde wurde eine Rippendecke gewählt, bei der sich die Balken möglichst hoch zeigen.

6.2.1 Dach und Decken im Bürobereich

Rippendecke mit BSH-Rippen (der sichtbare Bereich in Esche, der Rest in Fichte) und CLT-Beplankung in Fichte, wobei die CLT-Platte direkt die horizontale Lastabtragung auf die aussteifenden Wände erledigt. Auf der Decke wurde eine Schüttung, ein Buchenholzestrich und einen Eschen Riemenparkett montiert, zwischen den Rippen ein Schiebboden mit Kalksplittauflage und eine abgehängte Akustikverkleidung in Tanne.

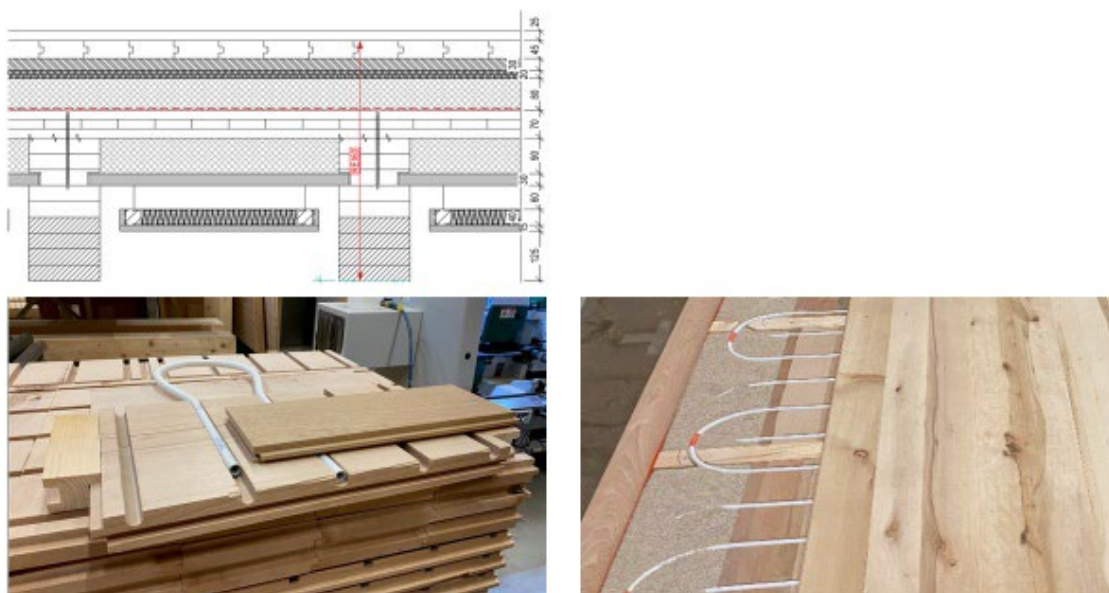


Abb. 15 Querschnitt der Decken im Bereich der Büros oben, unten der ausgeführte Buchen-Unterboden von Küng Holzbau AG, Alpnach

6.2.2 Dach und Decken im Wohnbereich

Brettstapel BRESTA in Fichte unten sichtbar – im Dach mit einer Diagonalschalung beplankt, bei den Geschossdecken über ein horizontales Fachwerk ausgesteift, oben mit einer Kalksplittauflage belegt und einem Anhydritestrich, auf den ein Klebparkett in Esche montiert wurde.

6.2.3 Aussenwände

Rahmen-, Skelettbaukonstruktion beidseitig mit Fermacel-Gipsfaserplatte beplankt und mit Flumroc-Mineralfaser gedämmt, aussen verkleidet mit einer belüfteten Holzfassade, innen mit Tanne verkleidet. In den aussteifenden Aussenwänden wurde zusätzlich eine CLT-Platte zur Abtragung der Horizontal-lasten montiert.

6.2.4 Trennwände zum Treppenhaus

Zweischalige Holzwände: Treppenseitig eine mit Gipsfaserplatte gekapselte CLT-Platte, Raumseitig eine mit Gipsfaser beplankte und mit Mineralfaser gedämmte Rahmenbauwand.

6.2.5 Primärtragwerk

Stützen und Unterzüge in Stabesche von Fagus Swiss mit Verbindungen in GSA-Technologie.

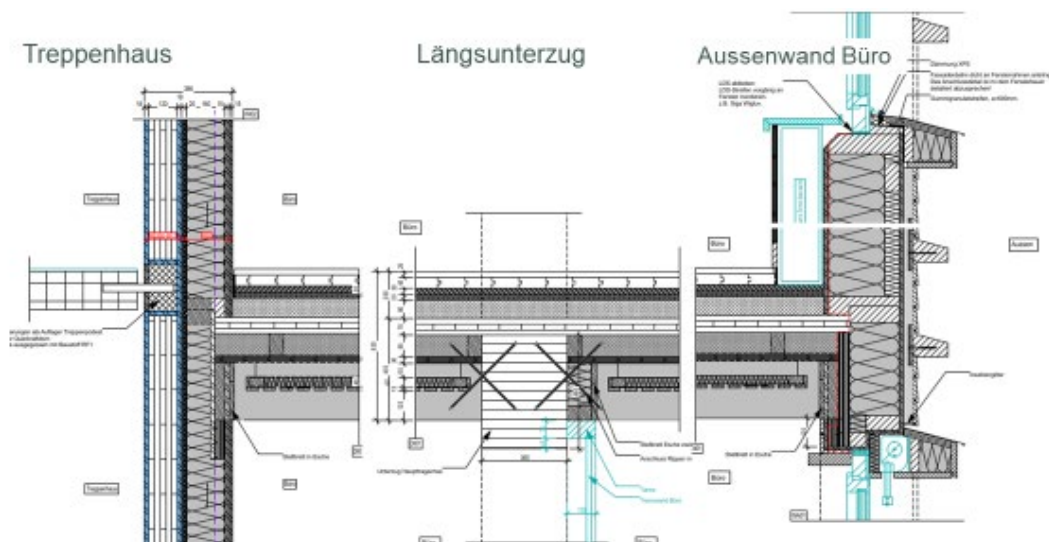


Abb. 16 Holzbausystem im Bürobereich

6.2.6 Aussteifung nach Cradle 2 Cradle

Wie oben erwähnt, ist die primäre Gebäudeaussteifung über partiell angeordnete, flächige Brettsperrholzplatten CLT ausgeführt. Die Verbindungen unter den Platten sind über leistungsfähige X-Fix Verbinder ausgeführt, damit diese Wand- und Deckenelemente zu einer späteren Zeit relativ einfach demontiert und einem anderen Zweck zugeführt werden können. Die vertikalen Stösse auf den Deckenebenen wurden mit Konsolen ausgeführt, die in einander greifen. Um sicher zu sein, dass dies auch ausgeführt werden kann haben wir bestimmt, dass alle Teile auf derselben Abbundanlage (TW-Mill bei Tschopp Holzbau AG) zugeschnitten werden. Ein Mokup im Rahmen des Bauprojektes bestätigte uns, dass die Genauigkeit auch für sechs Meter lange Bauteile einwandfrei ist.

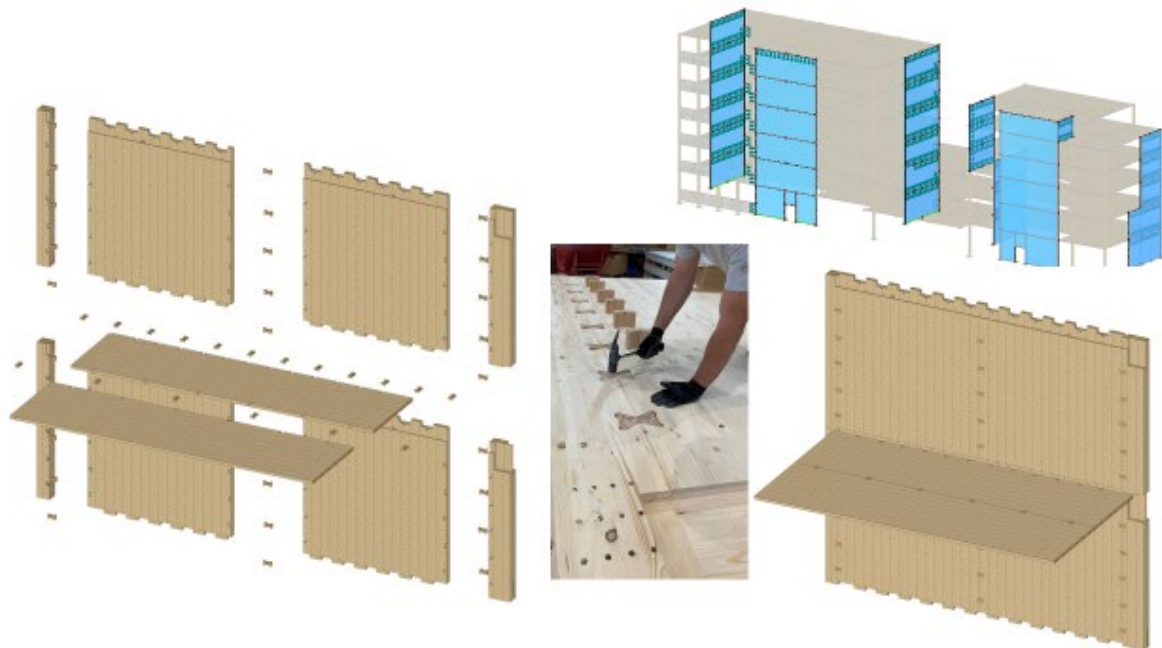


Abb.17 Rückbaubare Verbindungen X-Fix für die Aussteifungskonstruktion im Bereich der Decken und der Wände, auf Geschosebene über Konsolen.

7 ÖKOLOGIE

Mit dem Haus des Holzes wollten wir aufzeigen, wie in Zukunft verantwortungsvoll gebaut werden kann, um das Klima möglichst wenig zu belasten. Dazu muss insbesondere auch der CO₂-Fussabdruck der zukünftig zu realisierenden Gebäude drastisch reduziert werden. In alternativer, heute verbreiteter Massivbauweise hätte das Gebäude eine CO₂-Fussabdruck von rund 3'190 Tonnen. In der ausgeführten Konstruktion konnten 1'000 Tonnen eingespart werden. Zusätzlich sind in den über 1'600 m³ verbaubtem Holz rund 1'600 Tonnen CO₂ langfristig gespeichert. Damit konnte der CO₂-Fussabdruck um rund 82% reduziert werden.

	Alternative in Massivbau	Realisiertes Gebäude
Realisierung Gebäude inkl. UG (das UG verursacht ca. 260 Tonnen)	3'190 Tonnen	2'190 Tonnen
CO ₂ gespeichert im Holz	0 Tonnen	-1'600 Tonnen
Fussabdruck	3'190 Tonnen	590 Tonnen



Abb.18 Ökologischer Fussabdruck des realisierten Haus des Holzes

Argumente des Holzbaus und deren Umsetzung zum Erfolg

Max Renggli

CEO und Verwaltungsratspräsident Renggli AG, Schötz

GESAMTWIRTSCHAFTLICH HERAUSFORDERNDE SITUATION

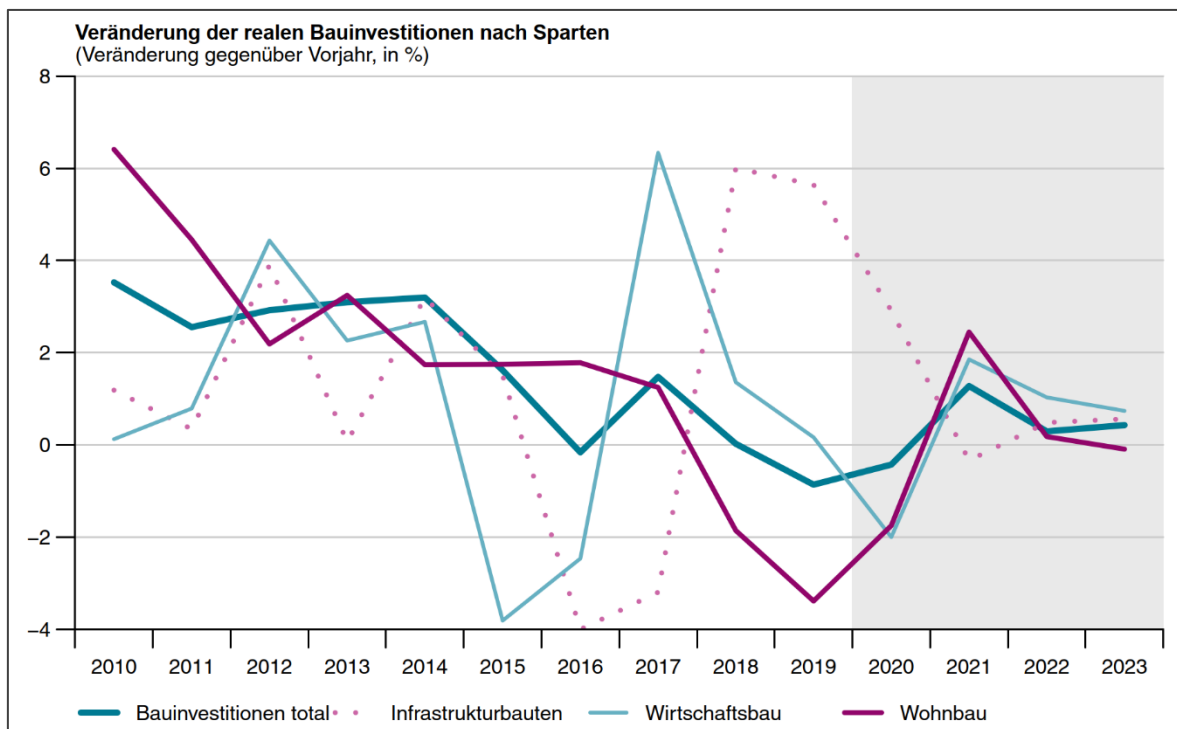
Die Wirtschaftsnachrichten in den letzten Monaten waren geprägt von negativen Schlagzeilen: Lieferengpässe, steigende Preise und eine sich abschwächende Nachfrage belasten die Wirtschaftsleistung. Der Nachholeffekt nach der Corona-Krise – und die damit verbundene Aufhebung der Massnahmen im In- und Ausland – liess viele Unternehmen vom Wachstum profitieren. Doch mit dem Ukraine-Krieg und den daraufhin erlassenen Sanktionen, den politischen Spannungen und Unsicherheiten ist die Welt zurück im Krisenmodus. Steigende Energie- und Rohstoffpreise verstärken den Preisanstieg. Lieferengpässe, Transportprobleme, Inflation und der Fachkräftemangel verhindern zusätzlich einen kräftigen und nachhaltigen Wirtschaftsschub. Economiesuisse (1) schätzt, dass das Bruttoinlandprodukt im aktuellen Jahr um 1,8 Prozent zulegt. Und weiter: «Die Arbeitslosenquote profitiert von der anhaltenden Nachfrage nach Arbeitskräften und wird auf durchschnittlich 2,2 Prozent zu liegen kommen. Die konjunkturellen Risiken bleiben allerdings gross.» Die Auftragslage ist also nach wie vor gut. Allerdings wiegen die Lieferkettenproblematik und die steigenden Preise für Rohstoffe schwer und üben Druck auf die Gewinnmargen aus. Der Fachkräftemangel führt zusätzlich dazu, dass die Nachfrage nicht vollumfänglich bedient werden kann. Economiesuisse fasst zusammen: «Die Schweizer Wirtschaft fährt derzeit mit angezogener Handbremse». Die Forschungsstellen und Wirtschaftsexperten sind sich einig: Wir müssen damit rechnen, dass die Situation anhalten wird und die Inflation sich in der Schweiz breiter bemerkbar machen wird.

Gemässe KOF – der Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich – verschlechtert sich die Ertragslage in allen Sektoren mit Ausnahme des Gastgewerbes. Im Bausektor schätzen die Unternehmen ihre Ertragslage negativ ein. Die Grösse «Kapazitätsauslastung» ist ein Indikator für zukünftige Investitionen. Sie misst die effektive Produktion im Verhältnis zum Potential. Und diese signalisiert aktuell einen steigenden Auslastungsgrad und damit verbunden mögliche Angebotsengpässe oder Lieferprobleme, die wiederum preis- und lohnreibend wirken. Das KOF weist explizit für das Baugewerbe eine steigende Kapazitätsauslastung aus. Dies wird den Investitionsdruck auf Unternehmen der Baubranche erhöhen.

Bauwirtschaft: Ruhe vor dem Sturm?

Die Bauinvestitionen in der Schweiz haben zugelegt. Im Zuge der Erholung von der Corona-Krise führte der Aufschwung zu einem Nachfrageschub für Wohnimmobilien und einer Zunahme der Bauinvestitionen. Das KOF rechnet in ihrem «günstigen Prognoseszenario» mit einem realen Wachstum von 0,3 Prozent in diesem und 0,4 Prozent im kommenden Jahr, wobei sich die Bauinvestitionen vor allem in Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen steigern werden, während sich die Wohnbauinvestitionen stabilisieren werden.

Aber Achtung: Im Negativszenario der KOF-Prognose (Stichworte: steigende Ölpreise, schnell anziehende Langfristzinsen) würden die Bauinvestitionen abgewürgt und zu einem Rückgang von 2,4 Prozent im Jahr 2023 führen. Gemäss dem Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) verloren die realen Bauinvestitionen gegenüber des starken dritten Quartals 2020 stark an Dynamik:



Quelle: KOF Konjunkturanalyse Prognose 2022/2023, 2022, Nr. 1, Frühjahr

Dem gegenüber stehen die Ergebnisse der Konjunkturumfragen bei den Baufirmen selbst: Diese berichten grossmehrheitlich von einer guten bis zufriedenstellenden aktuellen Geschäftslage. Nur gut vier Prozent der Unternehmen von einer schlechten. «Jedoch wird es mit dem Mangel an Fachpersonal im Schweizer Bausektor immer schwieriger, der nachgefragten Bauleistung nachzukommen. Aktuell klagt die Hälfte aller befragten Bauunternehmen über den Arbeitskräftemangel – ein neues Rekordhoch!», so das KOF. Das KOF publiziert zudem, dass die Baupreise infolge des weltweiten Baumbooms und den Lieferengpässen bei Rohstoffen wie Holz, Stahl, und Kunststoff um 2,3 Prozent gegenüber Vorjahr gestiegen sind (2).

Die Bautätigkeit im Wohnbereich war in den letzten Jahren hoch. Mit dem Tiefzinsumfeld wurden viele Wohnungen in Mehrfamilienhäuser gebaut. Immer mehr investierten auch Grossinvestoren wie Pensionskassen und Versicherungen aufgrund fehlender Alternativen für Rendite versprechender Anlagen in Mietwohnungen. Die Schweizerinnen und Schweizer tendieren aber auch zu Wohneigentum. Dieser Nachfrage steht ein begrenztes Angebot an freiem Wohneigentum gegenüber was zu massiven Preissteigerungen für Wohneigentum geführt hat (+ 5,8 Prozent gegenüber Vorjahr). Im Jahr 2021 sind die Baugesuche für Wohnbauten um 9,6 Prozent gestiegen (2).

Chance: Energetische Sanierungen, Um- und Erweiterungsbauten

Das Bundesamt für Statistik (BFS) hat in ihrer Medienmitteilung vom 19. Juli 2022 ausgewiesen, dass die Investitionen in Neubauprojekte im Jahresvergleich abnehmen, gleichzeitig aber die Investitionen in Umbauprojekte um 2,4 Prozent gestiegen sind (3).

Wenn man die Zahlen des Bundesamtes für Statistik konsultiert, stellt man fest, dass in der Schweiz über die Hälfte aller Gebäude mit Wohnnutzung Einfamilienhäuser sind. Diese Situation widerspiegelt

auch die Gebäudestruktur nach der Anzahl Geschosse: 88 Prozent der Einfamilienhäuser und 77 Prozent aller Gebäude mit Wohnnutzung haben zwei oder drei Geschosse. Oder auch: über 90 Prozent der Gebäude mit Wohnnutzung sind weniger als fünf Geschosse hoch. Allerdings ist der Trend in Richtung «mehrgeschossiges Bauen» klar erkennbar. Die Anzahl der neu erstellen Einfamilienhäuser sinkt in ihrer absoluten Zahl wie auch im Verhältnis zu allen anderen Gebäudearten deutlich, während dem das mehrgeschossige Segment zunimmt. Allerdings zeigen die Statistiken immer noch einen wenig verdichteten Wohnraum: In mehr als 75 Prozent der Gebäude befinden sich nur eine oder zwei Wohnungen und in nur fünf Prozent der Gebäude gibt es heute zehn oder mehr Wohnungen.

Das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) wies 2019 aus, dass seit 2012 die Zahl der Einwohnerinnen und Einwohner in den Bauzonen von 7,4 auf 8,0 Millionen gewachsen ist (4). Damit leben deutlich mehr Personen auf einer praktisch konstanten Fläche. Die durchschnittliche Bauzonenfläche sinkt von 309 auf 291 m² pro Einwohner. Kurzum: Die Bauzonen sind dichter überbaut. Die wachsende Bevölkerung der Schweiz kommt also vor allem innerhalb der bereits bebauten Gebiete unter. Das seit 2014 verschärfte Raumplanungsgesetz zwingt die Kantone deshalb, zu grosse Bauzonen zu verkleinern und durch die «Verdichtung im Inneren» Raum zu schaffen. So etwa durch die Errichtung von höheren Ersatzneubauten – Stichwort Aufstockung – oder durch die Umnutzung von Lagerplätzen oder stillgelegten Industriearealen.

Weit über die Hälfte der Immobilien in der Schweiz sind älter als 40 Jahre. Deshalb verwundert es nicht, dass rund 1,5 Millionen Häuser energetisch sanierungsbedürftig sind. Die Sanierungsquote hingegen ist tief: Aktuell liegt sie bei nur rund 1 Prozent jährlich (5). Um diesem Sanierungsstau entgegenzutreten, haben Bund und Kantone verschiedene Massnahmen lanciert. Die «Energiesstrategie 2050» des Bundes sieht beispielsweise vor, dass bis ins Jahr 2035 der Schweizer Energiebedarf um 43 und der Strombedarf um 13 Prozent gesenkt werden müssen. Für bauliche Massnahmen, die den Energieverbrauch oder CO₂-Ausstoss der Immobilie verringern, stellt der Bund Fördermassnahmen und Subventionen zur Verfügung.

Immer mehr rückt die gesamte Energiemenge, die für Herstellung, Transport, Rückbau und Entsorgung des Gebäudes aufgewendet wurde, in den Fokus. Diese gesamthaft aufgewendete «graue Energie» ist ein wesentlicher Faktor bei der Gesamtbetrachtung der Umweltbelastung von Gebäuden, dem noch wenig Rechnung getragen wird. Rezyklierte, lokale und nachwachsende Baustoffe wirken positiv auf diese Bilanz aus. Und hier kann Holz mit alle seinen bekannten ökologischen, ökonomischen und sozialen Vorteilen punkten. Insbesondere spielt auch der Aspekt, dass die Waldwirtschaft in der Schweiz und umliegenden Ländern genug Holz-Rohstoff bereitstellen kann, der Holzbaubranche in die Karten. Betrachtet man den Verbrauch der «grauen Energie» über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden, relativiert sich mit zunehmender Nutzungsdauer einer Immobilie der Anteil für die Erstellung aufgewendeter Primärenergie. So gesehen, können energetische Sanierung von bestehenden Bauten die Gesamtbilanz eines Gebäudes, über die gesamte Lebenszeit hinweggesehen, erheblich verbessern.

Chance: Durchgängig digital realisierte Projekte senken Kosten und Risiken

Die Baubranche erwirtschaftet rund 60 Milliarden Franken. Davon werden rund 5 Milliarden für Fehlerbehebungen ausgegeben. Es werden also rund 8 Prozent der Gesamtinvestitionen allein für die Behebung von Baumängeln ausgegeben (6). Die kleingewerblich organisierte und fragmentierte Baubranche mit ihren entsprechend vielen Schnittstellen erhöht die Komplexität bei der Planung und Realisation von Bauprojekten und erhöht damit auch die Gefahr von Fehlern. Insgesamt steigen also die Erstellungskosten und sinkt gleichzeitig die Ausführungsqualität.

Hier bietet die fortschreitende Digitalisierung adäquate Lösungen. Dank dem Einsatz neuartiger Technologien können nicht nur Produktivität und Nachhaltigkeit gesteigert werden – auch die Qualität wird massgeblich verbessert. Durch die digitale Zusammenarbeit mit «Building Information Modelling» (BIM) in interdisziplinären Teams und am selben Datenmodell aller am Bau beteiligten Gewerke werden mit Kollisionsprüfungen Planungsfehler vermieden. Aber BIM ist mehr als nur ein 3D-Modell: Durchgängig digitale Daten, von der Planung bis zur Baustelle, sind integriert und stehen alle Beteiligten zur

Verfügung. Der komplexe Bauprozess wird so anschaulich dargestellt. Die Digitalisierung erhöht also die Transparenz über alle Stufen und hilft, die Gebäude insgesamt und über den Betrieb hinaus nachhaltiger zu realisieren. Denn auch für die Verbesserung der Energieeffizienz hat BIM einen wichtigen Stellenwert. So ist das digitale Datenmodell ein wichtiger Baustein im energieeffizienten Lebenszyklus von Gebäuden.

Aber bei aller Euphorie gilt es achtsam zu sein: Denn es besteht die Gefahr, dass die Schere zwischen grossen und kleinen Betrieben weiter auseinander geht. Die Grossen können in die Digitalisierung investieren und damit effizienter planen und produzieren, währenddem die kleinen Handwerksbetriebe mit dieser Entwicklung nur schwer Schritt halten können. Es ist also entscheidend, dass alle Beteiligten, über die gesamte Wertschöpfungskette involviert werden und sich vernetzen. Hier ist der Holzbau prädestiniert: Der hohe Vorfertigungsgrad kombiniert mit den standardisierten Prozessen und verschiedenen Konstruktions- und Bausystemen bieten die optimale Vorlage für durchgängig digital aufbereitete Prozesse – bis hin zur Baustellenlogistik.

Fazit: Holz wird (weiter) gewinnen.

Die aktuell wirtschaftlichen und gesellschaftlich fragilen Zeiten sind auf vielen Ebenen herausfordernd. Und der bedingungslos einzuschreitende Weg hin zu ressourcenschonendem wirtschaften wird das Bauen weiter nachhaltig verändern.

Hier kann und wird der Holzbau Vorreiter sein. Die Grundlagen dafür sind rundum intakt: Wir arbeiten mit einem hochleistungsfähigen, natürlichen und lokal nachwachsenden Baustoff, der für alle Bauvorhaben gewinnbringend eingesetzt werden kann. Der Einsatz von vollautomatischen Systemen und Robotik, jeweils im Rahmen der technischen Möglichkeiten, machen die Produktion effektiver und damit wirtschaftlicher. Im Gleichschritt begünstigen angepasste Baunormen weitere Produktinnovationen wie die Kombination von verschiedenen Holzarten mit neuartiger Verleimungstechnik oder den Einsatz von Holz-Beton-Verbund-Systemen. So werden immer leistungsfähigere Tragwerkteile entwickelt. Mit der Kombination von verschiedenen, auch rezyklierten, Baustoffen werden in Zukunft weitere hybride und faserverstärkte Bauteile für eine noch effizientere und resistenter Bauweise eingesetzt werden. Und die Möglichkeit der digitalen Kollaboration gepaart mit der industriellen Produktion bietet uns weiteres Potential um Teil der Lösung in vielen, dringenden Problemstellungen zu sein.

Semiramis: einzigartig und anspruchsvoll

Aleksandra Anna Apolinarska, Gramazio Kohler Research, ETH Zürich
Andreas Burgherr, Timbatec Schweiz AG

1 EINLEITUNG

Das Herzstück des neu entstehenden Tech Clusters in Zug ist eine 22,5 Meter hohe architektonische Holzstruktur, deren Name – Semiramis – von den lebenden Gärten und der exklusiven Interaktion mit der Natur inspiriert ist. Als Vorbote der zunehmend verflochtenen Zusammenarbeit zwischen Maschinen und Menschen geht sie über die üblichen städtebaulichen Programme hinaus und fungiert als vertikaler urbaner Lebensraum für Pflanzen und kleine einheimische Tiere. Semiramis, das zwischen dem Künstlichen und dem Natürlichen angesiedelt ist, wurde durch eine Vielzahl von Synergien und Forschungsprojekten in den Bereichen interaktives Computerdesign, maschinelles Lernen und roboter-basierte Fabrikation geschaffen.



Abb. Semiramis, Zug (Bildaufnahme im Sommer 2022 nach Fertigstellung) ©Timbatec/ Nils Sandmeier

2 PROJEKTVORSTELLUNG

Die Installation besteht aus fünf übereinander schwebenden Holzschalen. Sie bieten 195 m² Fläche für rund hundert Arten von einheimischen Pflanzen auf fünf Etagen zwischen 5.0 m und 22.5 m über dem Strassenniveau. Die Brettsperrholzplatten, die mittels TS3-Fugenvergiess zu Schalen verbunden wurden, werden von acht Stahlstützen getragen. Diese sind auf einem Dreiecksraster von 3.4 m angeordnet. Dabei werden jeweils drei bis fünf Stützen an den Fusspunkten und innerhalb einer Schale eingespannt.

Die Struktur wird durch Regenwasser und einem in den Stützen integrierten Bewässerungssystem versorgt. Damit sich das Wasser in den Schalen nicht unkontrolliert aufstauen kann, ist pro Schale ein Ablauf auf die darunterliegende Schale eingebaut.

Kerndaten:

- Installationshöhe: +5.0 m bis +22.50 m
- Installationsbreite / -länge: ca. 10 bis 14 m
- 5 Schalen
- 8 Stützentürme
- 363 Holzplatten
- 14 vorgefertigte Schalensegmente mit max. 3.55 m Breite
- 195 m² bepflanzte Fläche
- 750 m TS3-Fugen

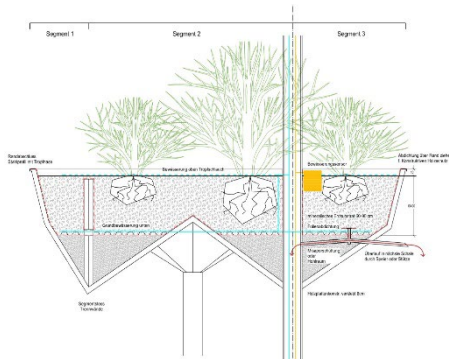


Abb. Schematischer Schalenschnitt

3 ENTWURF

Der architektonische Entwurf wurde innerhalb bestimmter Randbedingungen parametrisch entwickelt. Die äussere Form und Anordnung der Schalen minimiert die gegenseitige Verschattung und maximiert die Regeneinwirkung. Das garantiert eine bepflanzbare Fläche von ca. 200 m². Zudem wurden die Schalen so angeordnet, dass im Kern mindestens drei Stützen durch alle Schalen durchlaufen, um eine ausreichende Steifigkeit zu erreichen. Weitere Bedingungen waren beispielsweise die maximalen und minimalen Radien des Schalenrands für die konvexe und konkave Ausbildung, die Stichhöhe zwischen den Stützen sowie die parabelförmige Ausbildung der Schale zwischen den Stützen. Die minimale Grösse der einzelnen Holzplatten von mindestens 0.5 m² ergab sich durch die Greifvorrichtung, die maximale Grösse von 1 m² pro Platte durch die Nutzlast der Roboter. Diese Platten sind rund 40 kg schwer.

3.1 Entwerfen mit maschinellem Lernen

Die Grundform von Semiramis und der fünf charakteristischen Schalen wurde mit Hilfe eines maschinellen Lernmodells entworfen. Forschende von Gramazio Kohler Research and der ETH Zürich entwickelten das Modell in Zusammenarbeit mit dem Swiss Data Science Center eigens für das Projekt Semiramis. Der sogenannte Autoencoder, ein künstliches neuronales Netz, wurde so trainiert, dass er sowohl die Form und die räumliche Anordnung der Schalen als auch die daraus resultierende Leistung in Bezug auf Sonnenschutz, Regenschutz und bepflanzbare Fläche abbildet. Diese Methode der Entwurfsexploration ermöglicht es Architektinnen und Architekten, den konventionellen Entwurfsprozess umzukehren und neue und unerwartete Geometrien zu finden, die alle geforderten Zielgrössen erfüllen.



Abb. Mehrere Entwurfsvarianten mit den gleichen gewünschten Eigenschaften, generiert mit dem Autoencoder-Modell © Gramazio Kohler Research, ETH Zürich

3.2 Interaktives Entwurfswerkzeug

Um die genaue Schalen geometrie zu entwerfen, entstand in Zusammenarbeit mit dem Computational Robotics Lab der ETH Zürich ein interaktives Designtool, zur parallelen Optimierung mehrere Kriterien. Dieses wurde in eine bestehende 3D-Modellierungssoftware (McNeel Rhinoceros / Grasshopper) integriert. Die Software ermöglichte die komplexe Geometrie der facettierten Schalen, die aus verschiedenen drei-, vier- und fünfeckigen Teilen bestehen, einfach anzupassen. Die Software stellt dabei sicher, dass die einzelnen Holzplatten eben bleiben, ihre Grösse einen vorgegebenen Minimal- und Maximalwert nicht überschreiten und gleichzeitig die strukturelle Tragfähigkeit verbessert wird. Schiebt man ein einziger Punkt innerhalb der Geometrie, passt das Werkzeug automatisch die gesamte Geometrie unter Berücksichtigung der relevanten Fertigungsparameter an.

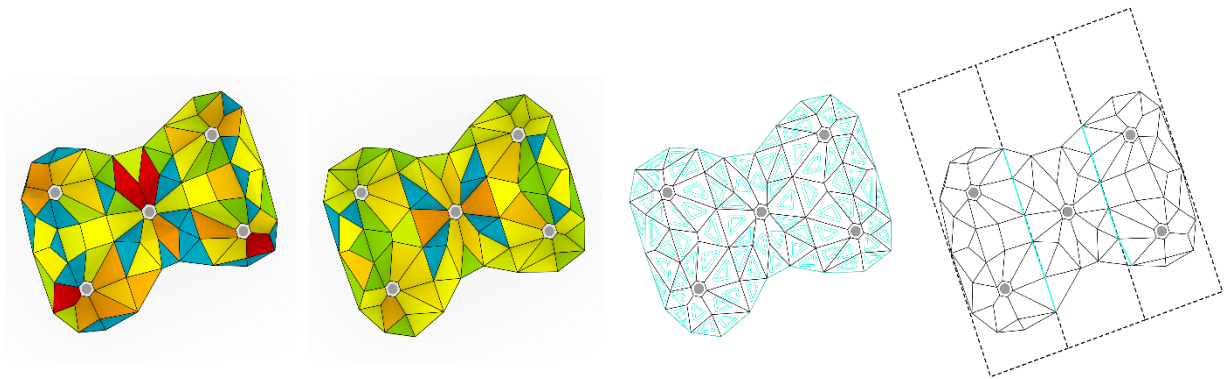


Abb. Von links nach rechts: 1) Ausgangsmodell (Anforderungen an Plattengrössen, Planarität und Segmentierung nicht eingehalten), 2) optimiertes Modell, 3) Prüfung der Greifvorrichtung, 4) maximale Transportmasse.

4 STATIK

4.1 Einwirkungen

Die Tragstruktur Semiramis wird durch das Eigengewicht und die Auflast durch Substrat, Erde und Bepflanzung belastet. Neben den vertikalen Lasten sind vor allem die Winddrücke auf die schlanke Konstruktion eine Herausforderung. Für die Windeinwirkungen bei der Bepflanzung wurden Ersatzvolumen definiert und abgeschätzt. Die Angriffsfläche für den Wind wird in untenstehender Abbildung schematisch dargestellt, wobei die effektive Fläche aufgrund der mehrheitlich luftdurchlässigen Bäume und Sträucher abgemindert werden kann.

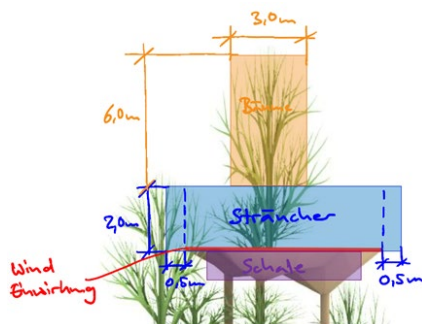


Abb. Schematische Darstellung der Ersatzvolumen für die Windeinwirkung

Die Winddrücke auf die Schalen wurden mit einer strömungsmechanischen RWIND Simulation der Dlubal Software berechnet, was die Umströmung der Konstruktion in einem Windkanal simuliert. Die resultierenden Kräfte auf die Schalen sind Sogkräfte auf der windabgewandten Seite und Druckkräfte auf der windzugewandten Seite.

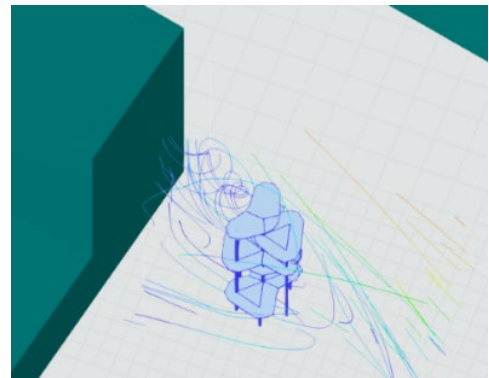
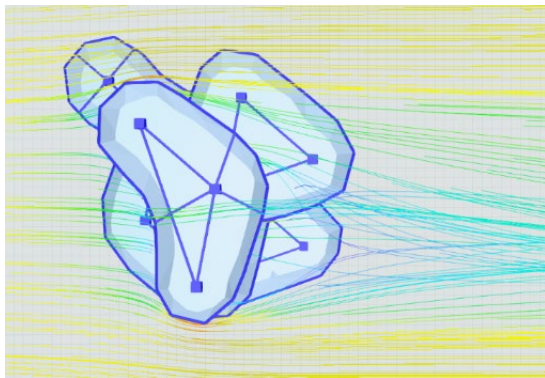


Abb. Umströmung der Schalen und Einfluss von zukünftigen Gebäuden in Dlubal RWind

Zusätzlich mussten wegen der schlanken Konstruktion dynamische Effekte wie Resonanzen längs und quer zur Windrichtung in den Berechnungen betrachtet werden. Diese wurden mit einem dynamischen Faktor und Ersatzkräften bei der Einwirkung berücksichtigt. Bäume und Sträucher, die aufgrund ihrer Trägheit und tiefen Eigenfrequenz als Dämpfung wirken, wurden vernachlässigt.

4.2 Modellierung

Die Modellierung der Konstruktion Semiramis im Statikprogramm RFEM von Dlubal ist ein Prozess. Durch Sensitivitätsanalysen wurden die Wichtigkeit und die Tragweite verschiedener Parameter eruiert, welche allmählich in die Modellierung einfließen. Dabei legte man grossen Wert auf die Modellierung der Verbindungsmittelsteifigkeiten, die einen nachgiebigen Anschluss berücksichtigt. Zudem ist die Modellierung aller relevanter Komponenten mit den Materialparametern und Materialeigenschaften von zentraler Bedeutung – zum Beispiel die Orientierung der Decklagenrichtung der Schalenplatten.

5 KONSTRUKTION DER SCHALEN

Die Schalen sind dank der idealen Form und durch das Zurückbinden der Schalenkrone an die Stützen als Druckelemente konzipiert. Zusammen mit den Wänden, Streben und Stützen steifen sie die Konstruktion aus. Die Stützen sind mit Zug- und Druckstreben in den Schalen eingespannt. Aufgrund der maximalen Transportgrösse wurden die Schalen in zwei bis drei Segmente unterteilt.

Schichtaufbau in den Schalen:

- Substrat für die Bepflanzung (80 cm)
- Abdichtung
- Horizont (Dreischichtplatte 27 mm)
- Wände (CLT 80 mm und 120 mm)
- Schale CLT 80 mm 20/40/20 mm

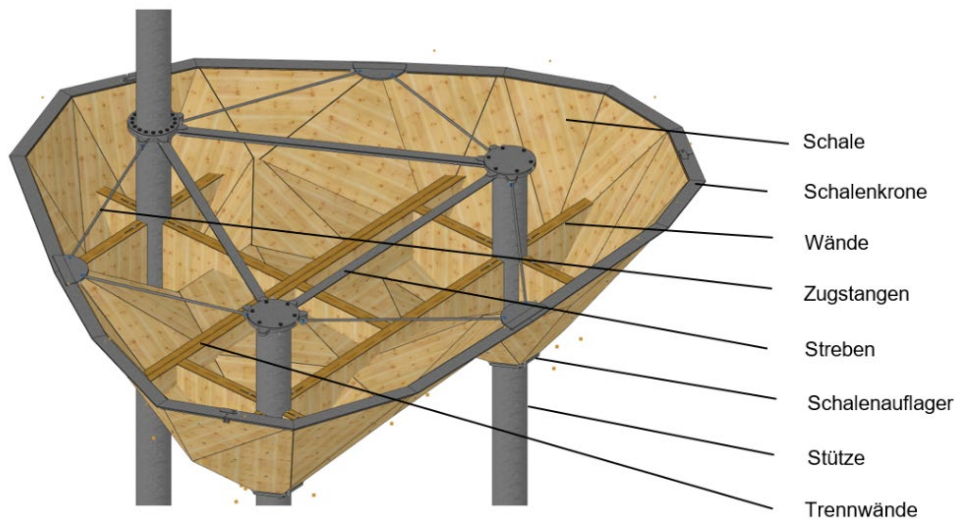


Abb. Aufbau /Innenkonstruktion einer Schale

5.1 TS3-Fugenverbindung

Das Besondere der fünf Holzschalen ist die Verbindung der einzelnen Brettsperrholzplatten: sie wurden mit der TS3-Vergusstechnologie verbunden. Die TS3-Technologie ist das Resultat von über zehn Jahre Forschung von Timbatec zusammen mit der Berner Fachhochschule in Biel und der ETH Zürich. Sie wird meist im Hochbau bei Geschossdecken eingesetzt und ermöglicht Grossflächen aus Holz durch die stirnseitige Verbindung von CLT-Platten mittels Fugenverguss mit einem 2-Komponenten-PUR-System. Bei Semiramis wurden die einzelnen Platten mit Robotern bis auf eine 3 mm breite Fuge zusammengefügt und anschliessend durch Injizieren des Giessharzes verbunden.

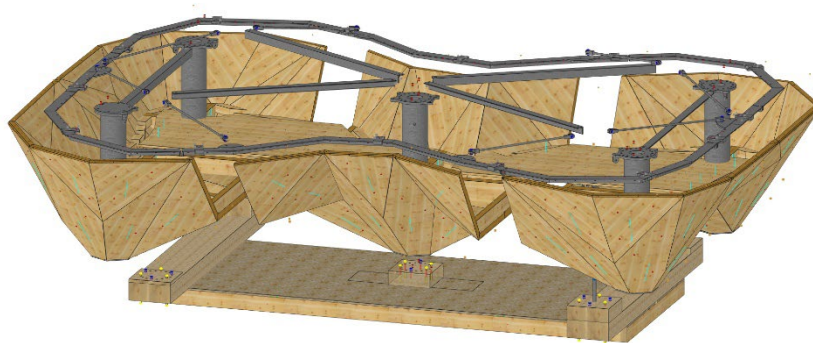


Abb. Schalenbauteile Transporteinheiten / Explosionszeichnung

6 BEMESSUNG

Die Herausforderung bei der Bemessung der Schalen waren die 750 Laufmeter TS3-Verbindungen, die statisch bezüglich Tragfähigkeit nachgewiesen wurden. Dabei spielen die Faserwinkel bei den Plattenstössen eine wichtige Rolle. Sie wurden so gewählt, dass sie bei den Stössen möglichst parallel zueinander verlaufen, da so die höchste Tragfähigkeit erreicht wird. Je grösser die Abweichung der Faserwinkel umso kleiner ist die Tragfähigkeit. Dabei unterscheidet man den Winkel in der Ebene und aus der Ebene. Mit Versuchen an der ETH und an der BFH konnte der Einfluss der beiden Faserlastwinkel mit Versuchskörpern geprüft und Reduktionskriterien in Abhängigkeit der Winkel festgelegt werden.

Die Bemessung der TS3-Fugen hätte ohne automatisiertes Nachweisverfahren sehr viel Zeit in Anspruch genommen. Deshalb wurde ein Matlab-Skript geschrieben, das die Geometrie und Schnittkräfte aus der Statiksoftware RFEM importiert, daraus die massgebenden Biegezugspannungen in der Fuge berechnet und den Nachweis durch die abgeminderte Bemessungsfestigkeit mittels Plattenwinkel in und aus der Ebene führt.

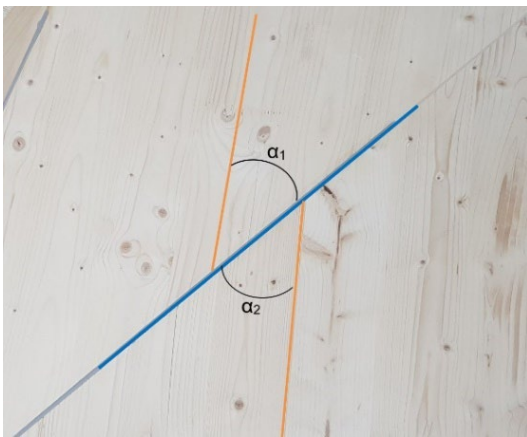


Abb. Faserwinkel in der Ebene α und aus der Ebene β beim Plattenstoss

Durch dieses Verfahren konnten alle Fugenausnutzungen insbesondere die überlasteten Fugen bestimmt werden. In einem nächsten Schritt wurden bei den überlasteten Fugen im Modell Liniengelenke modelliert (Ausfallbemessung). Dies führte zu einem iterativen Prozess für den Nachweis aller Fugen. Die überlasteten Fugen wurden mit Schraubenkreuzen verstärkt und somit gegen Ausfall gesichert.

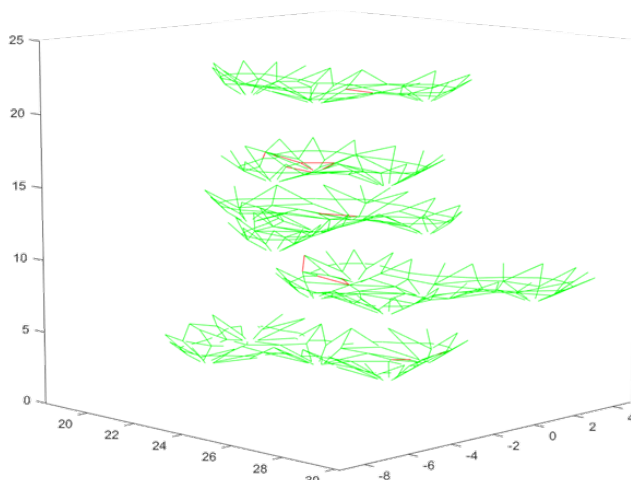


Abb. Schematische Darstellung der überlasteten Fugen

7 FABRIKATION UND MONTAGE

7.1 Kollaborative Multi-Roboter-Fertigung

Die fünf Semiramis-Schalen wurden mithilfe von vier Roboterarmen aus insgesamt 363 geometrisch einmaligen Holzplatten erstellt. Für diesen beispiellosen und anspruchsvollen Multi-Roboter-Montageprozess, der im Robotic Fabrication Laboratory der ETH Zürich realisiert wurde, arbeitete Gramazio Kohler Research mit Intrinsic, dem Robotik-Softwareunternehmen von Alphabet, zusammen. Intrinsic entwickelte eine Lösung für die Bewegungs- und Bahnplanung von den Robotern.

Der Herstellungsprozess war ein kollaborativer Prozess zwischen Menschen und Robotern: die Roboter übernahmen das schwere Heben und präzise Positionieren der Platten, während der Mensch diejenigen Aufgaben ausübte, die viel Geschicklichkeit erfordern, beispielsweise der Fugenverguss.

7.2 Genauigkeit und Fuge

Eine der Herausforderungen in der Fabrikation war das Gewährleisten der Fugenbreite zwischen den Platten. Die Breite von $3\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ergibt sich aus dem Mindestmass von 2 mm, das eine optimale Klebstoffverteilung beim Injizieren garantiert und der Notwendigkeit, die verschiedenen Toleranzen aufzufangen. Die Roboterarme mit den an den Greifern angebrachten Sensoren ermöglichten eine hochgenaue Positionierung im Raum ($<1\text{ mm}$). Leicht niedriger war die Genauigkeit der Holzplatten, sowohl in Bezug auf den CNC-Zuschnitt als auch auf deren Formstabilität (z.B. Biegung, Verwindung).

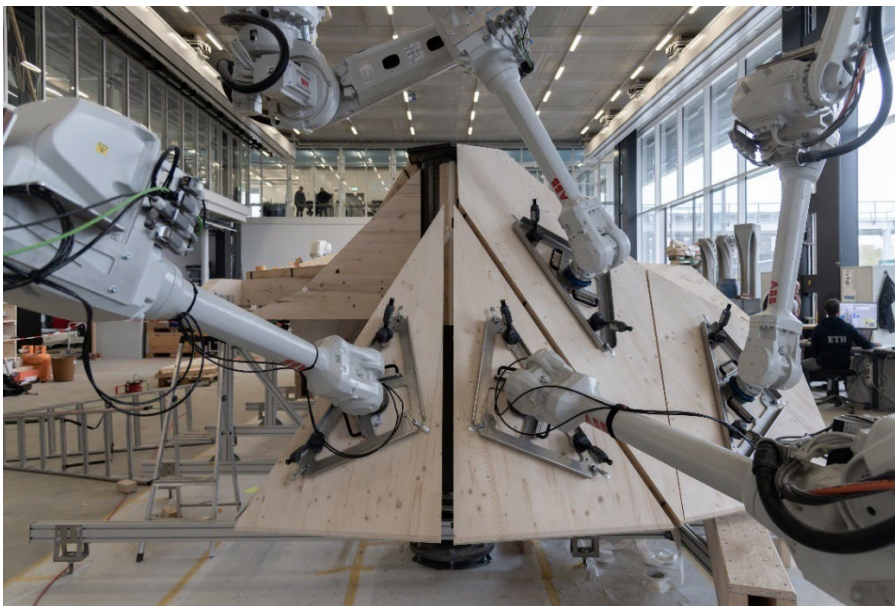


Abb. Vier Roboterarme positionieren gleichzeitig vier Platten für den TS3-Fugenverguss. © Gramazio Kohler Research, ETH Zürich

7.3 Montage

Die Schalen wurden als vierzehn transportierbare Segmente mit einer Breite von 2.9 m bis 3.55 m vorfabriziert. Nach dem Transport nach Sihlbrugg wurden die Bauteile durch eine Wendetraverse gedreht und bis auf die zwei grössten Schalen zusammengebaut und abgedichtet. Die Abdichtung spielt für die Dauerhaftigkeit der Konstruktion eine wesentliche Rolle. Deshalb wurde in jeder Schale ein Monitoringssystem eingebaut, um frühzeitig Undichtigkeiten zu erkennen. Die Sensoren sind unter der Abdichtung platziert und übermitteln periodisch Feuchtedaten.

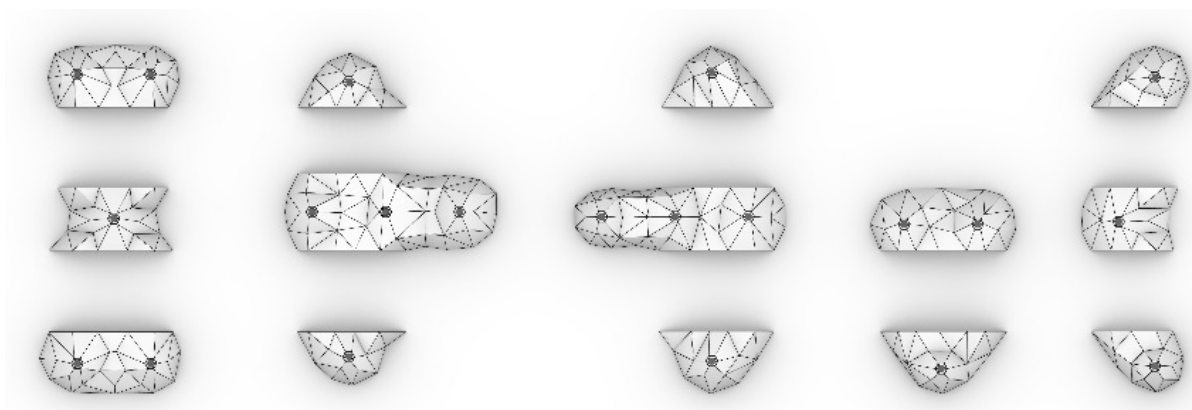


Abb. Unterteilung der fünf Schalen in transportierbare Segmente © Gramazio Kohler Research, ETH Zürich

Winkeln und Vollgewindeschrauben an den Trennwänden verbinden die einzelnen Segmente. Zusätzlich wird der Horizont als Verbindungsglied zwischen den Segmenten mit der Schalenrand und den Wänden schraubpressverklebt.



Abb. Zusammenbau Schalensegmente in Sihlbrugg

Anschliessend wurden die Schalen nach Zug transportiert und nach dem Errichten des Fundamentes, welches durch einen kanalisierten Bach genau unterhalb der Konstruktion erschwert wurde, übereinandergestapelt. Erfreulicherweise passten die Stützenverbindungen durch die genaue Planung und Kontrollen sehr gut übereinander. Als letzter Schritt wurden die Schalen mit Substrat gefüllt und bepflanzt.

8 BETEILIGTE

- Gramazio Kohler Research, ETH Zürich In Zusammenarbeit mit: Müller Illien Landschaftsarchitekten GmbH, Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG
- Bauherr: Urban Assets Zug AG
- Generalunternehmer: Erne AG Holzbau
- Industriepartner: TS3 AG; Intrinsic
- Expertinnen und Experten: Chair for Timber Structures, ETH Zürich; Computational Robotics Lab, ETH Zürich; Swiss Data Science Center

Forschung und Entwicklung: spannend und unverzichtbar, doch nicht ausreichend...

Andrea Frangi & Charles Binck
ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion IBK

1 EINLEITUNG

Städte wachsen heute fortwährend in die Höhe. Steigende Grundstückspreise begründen in Verbindung mit der kontinuierlichen Abnahme freier Flächen meist den ausschlaggebenden Entscheid in die Vertikale zu bauen. Die zunehmende Sensibilität und politische Diskussion der Klimaneutralität verschafft dem Holzbau hier neuen Antrieb.

Holz wird immer häufiger als Baustoff des 21. Jahrhunderts bezeichnet. In Zeiten verstärkten Bewusstseins globaler Erderwärmung wird dem organischen Baustoff eine wichtige Rolle zugeteilt. Denn sein hoher Kohlenstoffanteil von knapp 50 % speichert je Kubikmeter verbautem Bauholz während der Gebäudenutzungsdauer rund eine Tonne CO₂. Zusammen mit dem Einsatz von schnellwachsenden biogenen Dämmstoffen und lokalem Aushubmaterial wie Lehm nimmt der Holzbau als wichtiger Bestandteil einer geplanten Materialmixture eine tragende Rolle ein. Holzbauten beginnen wieder grossflächig zu wachsen. Seit dem 21. Jahrhundert ist hier ein zunehmender Trend in die Höhe und Breite zu verzeichnen.

2 NEUE MASSSTÄBE IM HOLZBAU

Die Erforschung und Entwicklung neuartiger Massivholzwerkstoffen wie bspw. Brettschichtholz, Brettsperrholz oder Furnierschichtholz sowie innovativer Verbindungsmittel charakterisieren in Kombination mit computergestützten Entwurfs- und Fertigungsverfahren die Generation des neuen und modernen Holzbaus. Aus dem natürlichen und nachwachsenden Baustoff werden heute hochleistungs-effiziente Bauteile gefertigt, mit welchen wir in der Lage sind höher zu bauen als sich der aktuelle Standard misst. Die herstellbaren Abmessungen von Bauteilen sind nahezu grenzenlos, sie werden primär durch den Transport limitiert. Und durch die wieder zunehmende Verwendung von Hartholz wie beispielsweise Buche werden heute in Form von Brett- Furnier- oder Stabschichtholz Festigkeiten von Beton erreicht. Leistungsstarke Bauten in Möbelsichtqualität erreichen heute die Metropolen.



Abb. 1 Links: Elefantenhaus, Zoo Zürich. Rechts: House of Natural Resources, ETH Zürich

Dank dieser revolutionären Werkstoffentwicklung und beflügelt durch die Intention nachhaltigen Bauens, fangen Bauherrschaften und Investoren auf Ebene der allgemeinen Wahrnehmung heute wieder

vermehrt an dem Baustoff Holz ihr Vertrauen zu schenken. Doch wurde Holz als Baustoff lange hinterfragt. In vielen Ländern definieren Bauvorschriften nach wie vor Beschränkungen hinsichtlich der Höhe und Fläche von Holzbauten. Die Gründe stützen sich auf Bedenken hinsichtlich des Verhaltens von Holz im Brandfall. Es sind Bedenken, welche tief verankert sind, denn sie bilden legitimer Ausdruck der Reaktion auf Brandkatastrophen im 17. bis 19. Jahrhundert. Wo Bauvorschriften einst die Höhe des Holzbaus lange Zeit begrenzt hatten, wurde in den vergangenen Jahrzehnten jedoch wieder vermehrt angefangen, sich auf den traditionellen und ältesten Baustoff zu besinnen. Denn auch in diesem Milieu wurde bahnbrechend geforscht, nach Lösungen gesucht und schutzkonforme Ausführungskonzepte erarbeitet.

Seit der Revision der Schweizer Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) im Jahre 2005, können in der Schweiz Holzbauten bis zu sechs Geschossen errichtet werden. Auf Grund der stetigen Weiterentwicklung, Forschung und positiven Erfahrungen sind seit der Revision von 2015 nun Gebäudehöhen bis 100 Meter über Terrain mit einer Tragstruktur in Holzbauweise erlaubt. Die Vorschriften orientieren sich somit nicht mehr per se am Baumaterial, sondern an der Wirksamkeit der Schutzkonzepte. Bei Gebäuden grösser als 30m Höhe (Hochhaus) können unter Ausführung einer Sprinkleranlage lineare Holzbauteile sichtbar ausgeführt werden. Die statische Bemessung der Bauteile hat dabei auf 60 min. Feuerwiderstand zu erfolgen. Die Schweiz nimmt hier eine liberale Rolle ein und hat Brandschutzvorschriften eingeführt, die auf einem definiertem Qualitätsmanagementprozess basieren. Bauten bis 100 Meter Gebäudehöhe können in der Schweiz mit einem präskriptiven Standardkonzept realisiert werden. Gebäude grösser als 100 Meter bedürfen einer sogenannten objektbezogene Nachweisführung. International werden für Hochhäuser in Holzbauweise häufig zusätzliche Anforderungen an die Nachweisführung (z.B. Nachweis der Selbstverlöschung, Brandprüfungen zur Verifikation) gestellt, insbesondere wenn Holzoberflächen sichtbar ausgeführt werden. Spürbar ist die schweizerische Brandschutzliberalisierung bereits in ausgeführten, sowie derzeit in Planung befindenden Bauten. Mit dem «Suurstoffi 22» wurde in der Schweiz im Jahre 2018 in Risch-Rotkreuz das erste Holz-Hybridhochhaus mit einer Höhe von 36 Metern in Bezug genommen. Ein Jahr später konnte auf dem gleichen Areal der Nachfolgebau «Arbo» mit 60 Meter Höhe bezogen werden. Weitere Holzhochhäuser befinden sich hierzulande in Planung. In der Skalierung des Holzbaus ist nun eine deutliche Euphorie spürbar, getrieben durch das Bestreben nachwachsender Baustoffverwendung. Die Schweiz zeichnet bezüglich der Hochhausarchitektur in Holz aktuell jedoch keinen Rekord. Bis dato ist in USA mit dem «Ascent» (86.6 Meter) in Milwaukee das höchste Holzhochhaus anerkannt, gefolgt vom «Mjøstårnet» (85.4 Meter) in Brumunddal (Norwegen) und «HoHo» in Wien mit 84 Metern, welches im Jahr 2020 in Bezug genommenen wurde. Manche Investoren haben bereits Visionen von 200 bis 350 Metern. Weitere Leuchtturmprojekte befinden sich neben Europa sowohl auf dem nord-amerikanischen Kontinent, Asien, wie auch in Australien. Dass es hierbei jedoch nicht bei Pilotprojekten bleiben wird und die Grenzen noch weiter ausgelotet werden, können nachfolgende Fakten verdeutlichen.



Abb. 2 Links: Holz-Hybridhochhaus «Arbo». Rechts: Holzhochhaus «Mjøstårnet»

3 DIE STÄRKE DES MATERIALS

Dank der Entwicklung von Stahl und Beton wurden in Zeiten der Industrialisierung neue Massstäbe in den Tragwerksdimensionen möglich. Die «neu» entwickelten Materialien setzten in der Gründerzeit Zeichen und stehen noch heute für Massivität, Dauerhaftigkeit, Robustheit und Feuerbeständigkeit. Waren sie zu Beginn noch teuer, so wurden sie über den Lauf der Zeit immer günstiger. Heute ist Beton aus dem Werk mit rund CHF 200.-/m³ (= 20 RP/Liter) günstiger als Mineralwasser. Und so ist der Baustoff im Verhältnis zu seiner Druckfestigkeit der derzeit günstigste erhältliche Baustoff auf dem Markt, Vgl. Abbildung 4, links.

Wird die Materialeffizienz jedoch zusätzlich in Betracht gezogen, sieht die Rechnung anders aus. Denn Bauholz ist mit einer Rohdichte zwischen 380 kg/m³ (Brettschichtholz in Fichte/Tanne) und 650 kg/m³ (Holzwerkstoffe in Hartholz wie Buche) beispiellos. Andere Baustoffe sind um ein Vielfaches schwerer – und damit auch teurer in Bezug auf Ihre Tragkapazitäten nach Abzug deren Eigengewichts. Beim Bau in die Höhe wird dieser Aspekt des Tragwerkeigengewichts relevant und das Streben nach leichterem Bauen wird in Zukunft stärker thematisiert werden; insbesondere um Materialvolumina im Bereich des Fundaments zu reduzieren. Denn je schwerer wir bauen, umso leistungsschwächer wird das Bauwerk. Die Nutzlast – die Last infolge Nutzung eines Bauwerks, welche im Wesentlichen aus Möblierung, Einrichtungen und unserer persönlichen Nutzung resultiert – ist definiert und bestimmt das Ziel der erforderlichen Tragkapazität unserer Bauten. Mit Zunahme des Bauwerkeigengewichts wird die Konstruktion daher vorwiegend sich selber tragen. Effiziente Tragwerke können demnach als solche definiert werden, bei welchen das Verhältnis von aufnehmbarer Nutzlast zu ihrem Eigengewicht den effizientesten, in diesem Fall den grössten Wert aufzeigt. Wobei sich unter diesem Verhältnis auf die rein materielle Effizienz infolge resultierender Festigkeit gegenüber dessen Eigengewichts konzentriert wird. Aufwendungen in der Rohstoffgewinnung sowie in der Materialbearbeitung, die Energieaufwendungen und dabei ausstossende Emissionen, sowie der Schadstoffausstoss infolge chemischer Reaktionen der Baustoffaufbereitung, des Transports, etc. werden dabei ausser Acht gelassen.

Vereinfacht gesagt: Ein Stuhl, der ein Vielfaches einer Person wiegt, erachten wir aus Sicht des Konstruktionskonzepts als ineffizient. Dies ist primär mit den geometrischen Gegebenheiten verbunden (Spannweite & Knicklängen der einzelnen Bauteile), mit dem Strukturentwurf und des dabei gewählten Lastabtragungskonzepts, seiner Materialisierung und den einhergehenden Werk- bzw. Baustoffeigenschaften. Aus dieser Sicht sind uns Bauingenieur:innen die Möbelbauer hinsichtlich effizienten Konstruierens überlegen. Auf Materialeinsatz und mögliches Einsparpotentials wird stark geachtet. Möbel sind in der Regel in der Lage mehr Last aufzunehmen als sie selber wiegen. In der Bauindustrie ist dies anders. Doch sollte die Aufgabe branchenübergreifend sein: Das Verlangen nach leichten und materialsparenden Strukturen sollte zwangsweise in den Vordergrund rücken. Wenn die Rede von material-effizientem und ressourcenschonendem Bauen ist, muss die Reise im Bauwesen weiter diesen Weg einschlagen. Die Aufgabe, das Gewicht unserer Bauten zu senken, um mit weniger mehr bauen zu können, wird zukünftiges Hauptziel der Tragwerksplanung sein.

Das Bauwesen kann jedoch nicht pauschal mit dem Möbelbau verglichen werden. Denn der Möbelbau hat mit Ausnahme von Türen in den Schränken i.d.R. keine Ausbaulast. Neben dem Traggerüst werden hier keine zusätzlichen Lasten verzeichnet, die für die gegebene Funktion erforderlich sind. Auch sind die Folgen eines Möbelzusammenbruchs gegenüber einem fatalen Bauwerkskollaps unverhältnismässig gering. Der Bau ist daher weit komplexer. Bauwerke müssen neben statischen auch dynamischen Beanspruchungen standhalten. Daneben müssen Tragwerke im Bauwesen neben der zweckmässigen Nutzlast zusätzlich für (hohe) Auflasten konzipiert werden. Auflasten bilden jene Lasten, die aus dem Gebäudeausbau resultieren (im Wesentlichen Boden- und Dachaufbau, Fassade, nichttragende Bauteile wie Zwischenwände, Erschliessungszonen, etc.). Der Grossteil dieser Auflasten resultiert aus bauphysikalischen Aspekten in den Geschossdecken (im Wesentlichen Schallschutz) sowie ästhetischen und nutzerspezifischen Ansprüchen (Bodenbelag aus leichtem oder schwerem Material, Wandbekleidungen, Dachhaut, etc.). Doch werden auch solche Lasten in Betracht gezogen, sieht die Rechnung im Bauwesen nicht gut aus. Konventionelle Bauten sind um ein Vielfaches schwerer als die Nutzlasten, welche ihre Tragwerke als Rohbauten aufnehmen können. Im Gebäudesektor bestimmen diese Eigenlasten des Tragwerks oberhalb Terrains im Schnitt rund 50 %. Weitere 25 % resultieren aus dem Gebäudeausbau. Die übrigen 25 % zeichnen die Kapazität für unsere Nutzung des Gebäudes. Variationen entstehen in Abhängigkeit der Nutzung und des Tragwerkkonzepts und bewegen sich um ca. +/- 5 %. Ausgeschlossen sind hierbei noch die Fundation und die Ausführung der Untergeschosse.

Dieses Verhältnis von maximal aufnehmbarer Nutzlast zum Eigengewicht des Tragwerks ist im Holzbau beachtlich. So kann eine Holzdecke ein Vielfaches seines Eigengewichts tragen, Vgl. Abbildung 3, links.

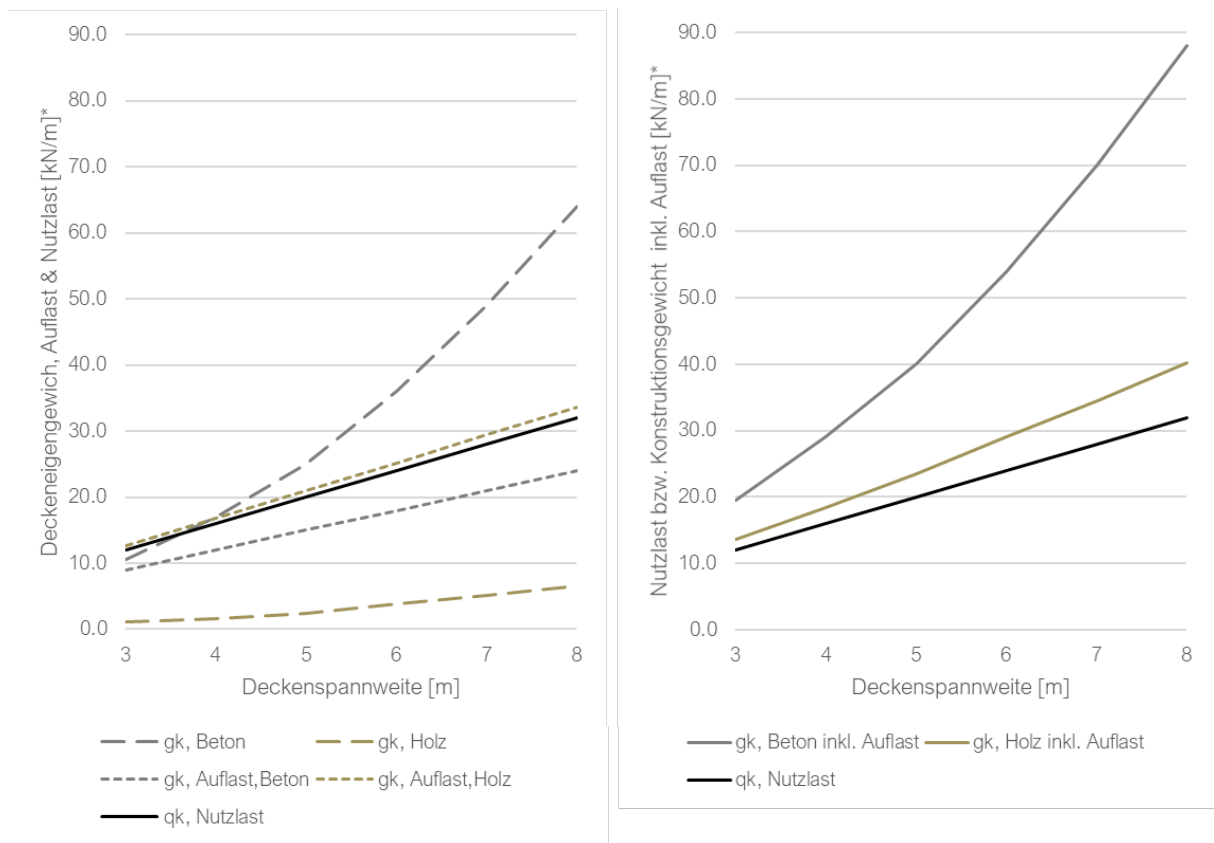


Abb. 3 Eigengewicht von einer Holzrippendecke ($g_{k, \text{Holz}}$) bezogen auf ihre jeweilige Spannweite sowie zum Vergleich eine Stahlbetondecke ($g_{k, \text{Beton}}$) mit einer Stärke von $d=L/26$. Darstellung der Nutzlast ($q_{k, \text{Nutzlast}} = 400 \text{ kg/m}^2$) in schwarz. Auflast der Holzrippendecke mit $g_{k, \text{Auflast, Holz}} = 4.2 \text{ kN/m}^2$, Auflast der Betondecke mit $g_{k, \text{Auflast, Beton}} = 3.0 \text{ kN/m}^2$. Links: Darstellung des Eigengewichts von Tragwerk und Ausbau (Auflast) jeweils separat. Rechts: Darstellung des Eigengewichts der gesamten Deckenkonstruktion Tragwerk inkl. Ausbau (Auflast) * Darstellung der Last je Laufmeter in Querrichtung der Deckenspannweite (kN/m)

Bei einer Gegenüberstellung sind hier jedoch die genannten Auflasten mit einzubeziehen. Denn diese fallen im Holzbau aufgrund seiner geringeren Masse und damit einhergehenden schallschutz-technischen Nachteilen höher aus. Hier wird dem Leichtbau paradoxerweise Masse hinzugefügt, um Schallschutzanforderungen erfüllen zu können. Werden diese Auflasten in Betracht gezogen und zum Eigengewicht des Tragwerks addiert, kann eine Holzdecke knapp so viel Nutzlast aufnehmen, als ihr Tragwerk inkl. Auflast wiegt. Das Verhältnis aufnehmbarer Nutzlast zu Bauteileigengewicht liegt im letzteren Fall bei durchschnittlich etwa 65% – 90%, Vgl. Abbildung 3, rechts. Wird zusätzlich das Gewicht von den erforderlichen, tragenden Wänden und Stützen addiert, so liegt der Wirkungsgrad zwischen 60% und 80%. Gegenüber dem Möbelbau ist noch Luft nach oben, doch besteht das Optimierungspotential vorwiegend im Bodenaufbau. Dazu später mehr.

4 DER BAUSTOFF UND SEIN PREIS

Aus Sicht der Baustoffkunde ist Holz ein Material voller Fehler. Durch seine Inhomogenität ist der Werk- und Baustoff vorwiegend nur in Faserrichtung beanspruchbar. Jeder kennt das Phänomen: In weichem Nadelholz kann mit etwas Kraft ein Fingernagel quer zur Faser Spuren hinterlassen. Aus diesem Grund ist der Baustoff im mehrgeschossigen Bau nur längs zur Faser hoch belastbar. Abweichende Wachstumsbedingungen, diverse Witterungseinflüsse sowie die Bewirtschaftung der Wälder haben grossen Einfluss auf spätere Materialeigenschaften. Äste schwächen den Faserwerkstoff ab, seine hygroscopische Struktur lässt das Material trotz industrieller Verarbeitung auch nach Gebäude-fertigstellung quellen und

schwinden. Holz arbeitet, auch am Wochenende – ein Leben lang. Es reagiert höchst sensibel auf Feuchteänderungen. Das Material brennt. Und wird es der Witterung ausgesetzt wird es grau. Bleibt es feucht, können je nach Umgebungsbedingungen Faulprozesse rasch anfangen und das Material zersetzen. Auch zeigt es ein im Vergleich zu anderen Baustoffen starkes Kriechverhalten auf, d.h. es verformt sich trotz gleichbleibender Beanspruchung über die Zeit weiterhin. Dank ausgeprägter Forschung können Ingenieur:innen heute viele dieser Nachteile gezielt entgegen-wirken, doch ist der Baustoff für einige Bauten unangemessen. Für witterungsgeschützte Tragwerke im Hochbau ist er hingegen prädestiniert.

Denn hinsichtlich seiner Festigkeit längs zur Faser ist der Baustoff ein Exemplar. Dieser Zusammenhang wird oftmals unter der Reisslänge beschrieben. Sie gilt als theoretischer Vergleichswert für die Zugfestigkeit von Baustoffen im Verhältnis zu deren Materialdichte. Umgekehrt kann das auch anhand der Druckfestigkeit veranschaulicht werden. Die theoretische Drucklänge beschreibt so die Höhe eines Stabes, der unter seiner Eigenlast versagt. Unter Berücksichtigung der Materialsicherheitsbeiwerten und Vernachlässigung der Stabilitätsprobleme, d.h. hier Ausknicken des Stabes, ist dieses Mass bei hochleistungsfähigem Buchen-Furnierschichtholz (GL75) in der Theorie bei 6,40 Kilometern gesetzt. Konventionelles Nadelholz (GL28h) kommt auf 4,1 km. Das theoretische Mass dieser Drucklänge beträgt bei Stahl 4,4 km (S355), bzw. 5,7 km bei der höhergütigen Stahlsorte S460. Vergleichbarer Beton (C70/85) zeichnet hier einen Wert von 1,9 km. Doch kann dieses Mass im letzteren Fall mit Druckbewehrung (Stahllarmierung) und noch höherfesten Betonen bis auf das zweifache Mass gestreckt werden. In Abhängigkeit des Materials sind die entwickelten Baustoffe also theoretisch in der Lage, mehrere Kilometer in die Höhe zu ragen, bevor sie infolge ihres Eigengewichts so schwer werden, dass sie keine externen Lasten mehr aufnehmen können.

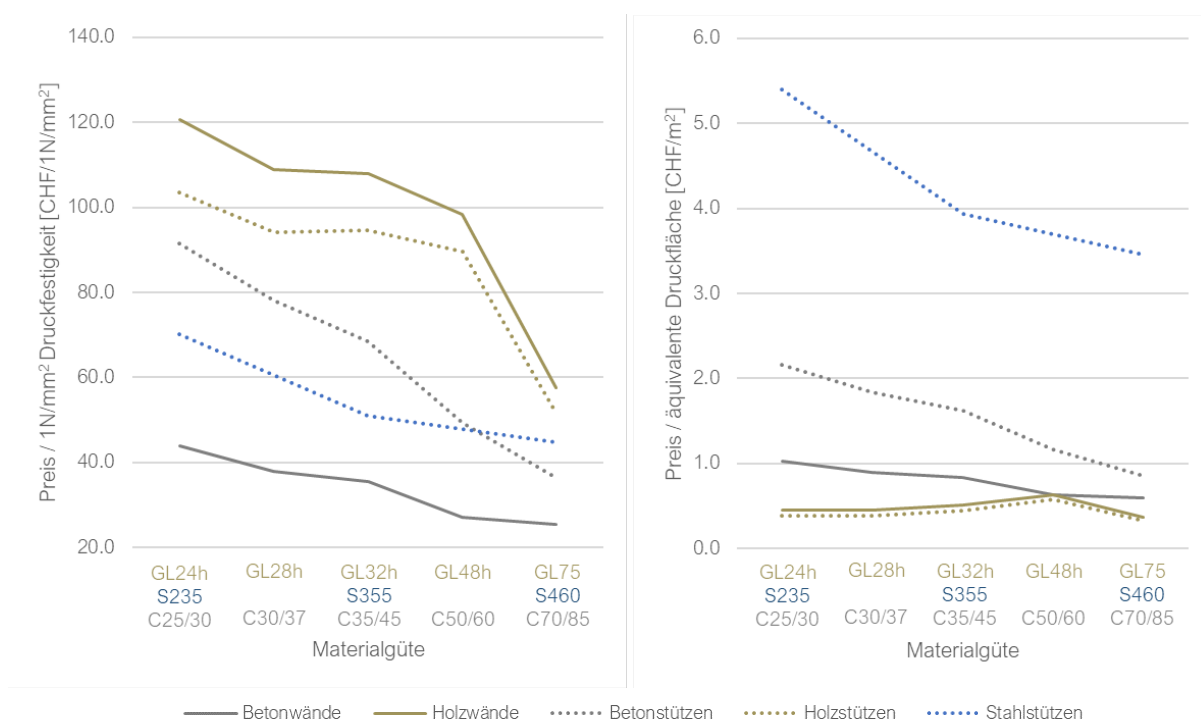


Abb. 4 Links: Materialpreis (verbaut) in Bezug auf seine Festigkeit. Rechts: Materialpreis (verbaut) in Bezug auf seine Effizienz. Mit «Materialpreis verbaut» wird der Richtpreis für das verbaute Endprodukt verstanden. Die Richtpreise unterliegen folgenden Annahmen:

- Beton: inkl. Bewehrung (Mindestarmierung), Schalungs- und Spriessarbeiten. Expositions-kategorie XC3, Pumpbeton, Raum Zentralschweiz, Schalungstyp 2, Bauteilstärken der Wände: $d = 25\text{ cm}$ (zweischalig). Stützen, quadratisch: $d=32\text{ cm}$ (allseitig geschalt). Exkl. Farbpigmenten, Einlagen, Zuschläge, Hydrophobierung und weiterer Nachbehandlungen
- Holz: inkl. Abbund, Montage und Verbindungen. Sichtqualität (N), gehobelt, Raum Zentral-schweiz, Holz wände massiv, in Brettstapelbauweise. Stützen quadratisch, blockverleimt $d=32\text{ cm}$.

Materialrohpreise & Festigkeiten für Rohmaterial. Exkl. Verstärkungen (Druckbewehrung, Stahlverstärkungen, ...)

Diese abstrakte Gegenüberstellung der Druckfestigkeit zu relativem Baustoffeigengewicht darf den Baustoff jedoch nicht als Superlative darstellen, es kann aber die zweckmässige Relevanz und das Potenzial eines sinnhaften Einsatzes illustrieren – und so auch den wirtschaftlich folgerichtigen Einsatz offenbaren. Teilt man den Baustoffpreis je Kubikmeter durch die maximale Höhe, bei welcher der Baustoff unter Eigengewicht versagen würde, erhält man den Baustoffpreis pro Quadratmeter, bezogen auf seine maximal ausführbare Höhe infolge Erdanziehungskraft (exkl. Stabilitätsprobleme und weitere äussere Einwirkungen). Hier zeigt sich, dass konventionelle, wie auch hochleistungsfähige Holzwerkstoffe sowohl für Wände als auch Stützenausbildungen sehr günstig ausfallen, Vgl. Abbildung 4, rechts.

Dies wird sich in Zukunft bei mehrgeschossigen Holzbauten und bei Holzhochhäusern unter Beweis stellen können. Doch sind dafür noch Anstrengungen von Nöten. Denn heute sind Holzbauten, so heisst es nach wie vor häufig, wirtschaftlich wenig konkurrenzschlagend. Im Gegenteil rechnen Kostenplaner für Holzbauten oft gar mit höher ausfallenden Kosten als für vergleichbare Stahlbetonbauten beispielsweise. Der Grund liegt hier wesentlich im Entwurf, in den Deckenkonstruktionen sowie im Ausbau der Wände.

Stahlbeton ist ein brillant entwickelter Baustoff. Er meistert eine Vielzahl an Anforderungen im Bauwesen. Durch seine Schwere und sein dichtes Gefüge ist er schallschutztechnisch allen anderen Baustoffen überlegen. Beton ist giessbar und lokal herstellbar. Durch kluge Bewehrungstechnologien können Ingenieur:innen heute nahezu jede beliebige Formen konstruieren. Daneben zeigt er eine ausgeprägte Duktilität auf, was hinsichtlich der Robustheit von Tragwerken bedeutend ist. Und seine Masse verleiht ihm aufgrund der proportional geringen Nutzlastaufnahme eine ausgewogene Stärke gegenüber Schwingungsanfälligkeit. Soll ein Holzbau nach den heutigen Anforderungen und Vorstellungen des Stahlbetonbaus konstruiert werden, sind grosse Bestrebungen nötig. So kann eine Holzrippendecke gegenüber einer Stahlbetondecke zwar günstiger ausgeführt werden, doch ist dies nur aus Sicht des Tragwerks der Fall. Allgemein sind Holztragwerke allen anderen Bauten wirtschaftlich überlegen, sofern keine schallschutztechnischen Massnahmen ergriffen werden müssen – was sich bei Dachkonstruktionen unter Beweis stellt. Denn die Schallschutzanforderungen bzw. die Lärm-emissionen werden hier mit geringerer Sensibilität gewertet.

Zur Gewährleistung schallschutztechnischer Anforderungen werden im Holzbau daher unter Vermeidung reiner Massenzuschläge viele weitere Schichten aufgetragen, um den gebäude-spezifischen Anforderungen genügen zu können. Durch das gezielte Aufeinanderschichten und Abkoppeln von Einzelkomponenten ist es heute möglich den Schallschutz auch in leichter Bauweise zu meistern. Doch bedingen diese zusätzlichen Schichten in Form von Gipsplatten, Abhangkonstruktionen, Schüttungen, Zwischendämmungen, etc. ein zusätzliches Investment. Dies spiegelt sich sowohl bei Decken als auch bei Wandkonstruktionen wider. Der Weg zur wirtschaftlichen Überlegenheit liegt daher in der Aufwands- und Kostenoptimierung dieser Aufbauten sowie im Einsatz von Bauteilen, die im Verbund ihr maximales Leistungsvermögen erreichen. An dieser Stelle sei exemplarisch der Holz-Betonverbundbau genannt. Hier besteht noch viel Forschungs- und Entwicklungspotential. Denn das Preis-Leistungsverhältnis des Ingenieurholzbaus ist aus statischer Sicht bereits exemplarisch wie Abbildung 4 verdeutlicht.

Auch ist im Entwurfsprozess dem Leichtbau eine gesonderte Sensibilität gegenüber Schwingungsanfälligkeit infolge geringer Eigenmasse zu schenken. Denn es wird aus physikalischen Gründen nicht machbar sein mit einer Tragkonstruktion aus Holz gleiche Spannweiten wie mit einer beispielsweise Stahlbetonkonstruktion unter Voraussetzung gleichbleibender Bauteilstärken zu konstruieren. Architekt:innen und Ingenieur:innen sind zunehmend gefordert holzbaugerecht zu entwerfen, um die Materialeigenschaften der Holzwerkstoffe optimal einzusetzen. Wenn wir den Holzbau weiter hochskalieren und wirtschaftlich optimieren wollen, müssen wir Bauherrschaften und Investoren mit holzbaugerechten Entwürfen überzeugen. In Beton planen und in Holz bauen wird zu einem ökonomischen Misserfolg führen. Werden jedoch die Grenzen des Materials anerkannt und mit innovativen Lösungen erweitert, wird die Bauweise mit Holz vollendete Ergebnisse liefern, was bereits diverse Bauten eindrucksvoll beweisen.

5 DER SENSIBLE UMGANG MIT DEM FEUER

Holz brennt – nicht jedoch aus wissenschaftlicher Sicht. Vielmehr wird das Ausgangsmaterial Holz in ein weiteres Material, die Holzkohle, umgewandelt. Die Schnelligkeit des Umwandlungsprozesses wird bei der Bemessung von Holztragwerken mit der sogenannten Abbrandrate beschrieben. Die Abbrandrate ist über die Zeitdauer des Brandes, die der ISO-Normbrandeinwirkung folgt, für Vollholz konstant über die gesamte Branddauer anzusetzen. Der Ingenieur hat damit eine gute Grundlage zur Bemessung von Tragwerken in Holzbauweise, die sich seit vielen Jahrzehnten bewährt hat. Hinzu kommt, dass die Lignum hervorragende Arbeit in den letzten Jahren geleistet hat, um Ingenieur:innen Grundlagen zur sicheren Bemessung im Brandfall und korrekten Ausführung zu bieten. Die Lignum Dokumentation Brandschutz basiert auf Tradition, einer langjährigen Erfahrung in der täglichen Praxis und intensiver Forschungsarbeit im Bereich Holzbau und Brandschutz, die wir an der ETH Zürich stark unterstützen, Vgl. Abbildung 5. Mehrgeschossige Holzbauten mit sichtbaren Holzoberflächen bis zur Hochhausgrenze im Gesamtkonzept der Schweizer Brandschutzvorschriften haben sich in den letzten Jahren schon etabliert.

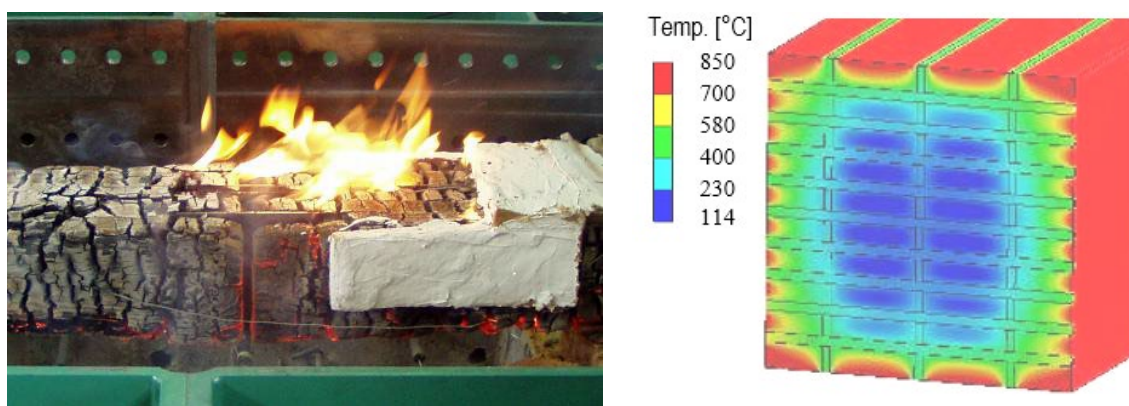


Abb. 5 Links: Brandversuch an einer Stahl-Holz-Stabdübelverbindung. Rechts: Numerische Simulation der Temperatur in der Stahl-Holz-Stabdübelverbindung nach 30 Minuten ISO-Normbrandeinwirkung

Bei komplexeren Gebäuden und Hochhäusern in Holzbauweise wird international der Einsatz von sichtbaren und damit nicht gekapselten Holzbauteilen etwas differenzierter behandelt. Durch sichtbare Oberflächen der Tragstruktur in Holzbauweise wird eine zusätzliche sogenannte „strukturelle Brandlast“ zum Brandgeschehen beitragen und ggfs. den Brand verlängern. Aus diesem Grund werden in vielen Ländern bei sichtbaren Holzoberflächen und bei bestimmten Nutzungen sowie ab gewissen Gebäudehöhen zusätzliche Nachweise gefordert, z.B. den Nachweis der Selbstverlöschung, um zu zeigen, dass das Feuer selbstständig verlöscht und es dabei nicht zu einem Einsturz des Gebäudes kommt. In der Schweiz wird dieses Thema aktuell über eine pauschale Einschränkung der sichtbaren Holzoberflächen präskriptiv geregelt („Für einzelne lineare tragende Bauteile sind Baustoffe der RF3 (zulässiger Brandbeitrag, z.B. Fichtenholz) zulässig“).

6 EINE AUSSICHT IN DIE ZUKUNFT

Noch denken viele beim Holzbau vorwiegend an kleine Einfamilienhäuser. Doch hat sich dieses Mass dreidimensional gestreckt. Im Wohnungsbau wurden in den vergangenen Jahren in der Schweiz Gebäudekomplexe mit über 300 Wohnungen errichtet. Auf dem Globus entstehen mittlerweile überall mehrgeschossige Holzbauten die sich wirtschaftlich beweisen. Die Attraktivität dieser Bauten zeigt sich insbesondere, wenn die reduzierten Bauzeiten und früheren Bezugstermine berücksichtigt werden. Kostenanalysen lassen sich unter Beachtung der gesamten Nutzungsphase zeigen und der hohe Vorfertigungsgrad gewährt die vorbildliche Ausführungsqualität.

Dank intensiver Forschung und Entwicklung werden heute so Bauten kolossaler Dimension möglich. Ob Flughafenbauten, Hochregallager, Flugzeughallen, Stadien, Sport- und Schwimmhallen, Hochhäuser oder einfach nur grosse Bürobauten, der Massstab wurde in den letzten Jahren ein anderer. Grenzen wurden verschoben. Doch bedingt diese Skalierung zusätzliche Handlungsthemen. Grössere, komplexere und nutzerintensivere Bauten bringen höhere Risiken mit sich. Themen wie Robustheit, Zuverlässigkeit, Redundanz und der Brandschutz bekommen einen gewichteten Stellenwert, Vgl. Abbildung 6. Aspekte wie potentieller Vandalismus oder aussergewöhnliche Einwirkungen sind im Wachstum des Holzbaus objektspezifische Sonderbeachtung zu schenken. Denn es ist ähnlich wie in unserer Esskultur: Ernährt man sich vegetarisch, so sollte eine Beachtung gezielter Nährwerte erfolgen, um gewisse Nährstoffmängel zu vermeiden.

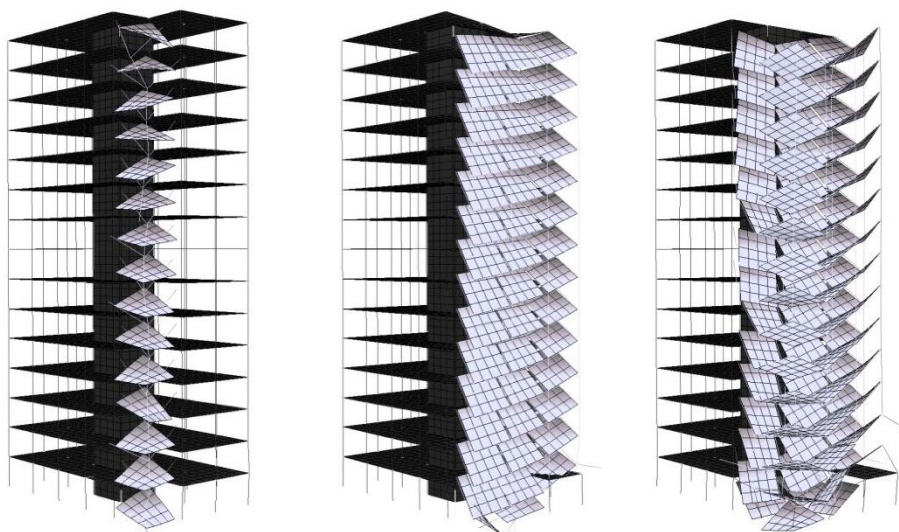


Abb. 6 Rechenmodell eines Stützenentfalls im Holzhochhaus [Konstantinos Voulpiotis, *Robustness of Tall Timber Buildings*, Dissertation, ETH Zürich, 2021]

Durch die Vorteile dieser vegetarischen Bauten in ihrer Leichtbauweise und gestützt von den Nöten der Ressourcensparsamkeit, kann sich im Bauwesen zukünftig ein neues Bestandserhaltungskonzept etablieren. Im Kleinformat spielt der städtische Holzbau hier bei Aufstockungen bereits eine erfahrene Rolle. In grösserer Dimension, wenn es künftig darum gehen wird, Bauten rückzubauen, um sie durch voluminösere, verdichtete Neubauten ersetzen zu können, wird der Holzbau seine Vorzüge auskosten können. Denn bei intakten Fundationen und Untergeschossen besteht das Potential diese zu erhalten und nur über Terrain neu und höher zu bauen. Erste derartige Projekte wurden bereits ausgeführt und es wird sich in Zeiten verstärkten Ressourcenbewusstseins ökologisch, wie auch monetär als Attraktive erweisen können.

Doch wird dem Holzbau ähnlich wie dem Vegetarismus gerne Überheblichkeit unterstellt, denn er ist nicht Allheilmittel jedes Verzehrers. Wenn Beton das Fleisch, Stahl den Fisch und Holz die Zutat pflanzlicher Natur darstellt, so ist für Mancher ein Fundament aus Fisch und Fleisch unersetzbar. Der Hunger nach Bauen kann unter Berücksichtigung seiner Gesundheit daher nur mit einer ausgewogenen Ernährung erfolgen. Denn ein ganzheitlicher Nährstoffersatz wird schwierig werden. Die Erfahrungen wie auch Visionen mit dieser Material-, Energie- und Emissionseffizienz werden die Arbeit der Architekt:innen und Ingenieur:innen sowie der Forscher:innen und Visionär:innen so weiterhin zu schöpferischen Leistungen hervorbringen. Eine Offenheit für Technologietransfer wird dabei hingegen von Nöten sein, um dem Holzbau eine wirkliche Renaissance zuschreiben zu können.

REFERIERENDENVERZEICHNIS

TAGUNGSLEITER

<p>Andrea Bernasconi Dr. Heig-vd/Hes-so Yverdon-les-bains andrea.bernasconi@heig-vd.ch</p>	<p>Bauingenieurdiplom 1986 und Doktorat 1996 an der ETH Zürich.</p> <p>Seit 2003 Professor für Holzbau und Holztechnologie an der Hochschule für Ingenieurwesen und Wirtschaft in Yverdon-les-Bains. Mitinhaber und GL-Mitglied eines Ingenieurbüros in Lugano.</p> <p>Konsulent des Instituts für Holzbau und Holztechnologie der TU in Graz. Tätigkeit in der Forschung, Projektierung und Ausführung von Holztagwerken und Holzbauten in der Schweiz und im Ausland.</p> <p>Lehraufträge an Universitäten und Fachhochschulen in der Schweiz und im Ausland.</p>
<p>Andrea Frangi Prof. Dr. ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion Zürich frangi@ibk.baug.ethz.ch</p>	<p>1995 Diplom als Bauingenieur, ETH Zürich.</p> <p>2001 Doktor der Technischen Wissenschaften, ETH Zürich.</p> <p>2001-2003 Projektleiter bei der Firma Read Jones Christoffersen in Vancouver, Kanada.</p> <p>2004-2009 teilzeitbeschäftigt Projektleiter bei der Firma Marchand+Partner in Zürich sowie Oberassistent am Institut für Baustatik und Konstruktion IBK an der ETH Zürich.</p> <p>2010 Professor für Holzbau am IBK an der ETH Zürich.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interessensgebiete: Holzbau und Brandschutz. - Präsident der Normenkommission SIA 265 «Holzbau» - Co-Präsident von S-WIN

REFERIERENDE

<p>Christoph Angehrn Holzbauingenieur FH/SIA B3 Kolb AG Romanshorn christoph.angehrn@b-3.ch</p>	<p>Gelernter Zimmermann, Holzbauingenieur FH/SIA Brandschutzfachmann VKF</p> <p>Mitglied der Geschäftsleitung bei der B3 Kolb AG</p> <p>Vorstand SIA/SGA</p> <p>Lehrbeauftragter Tragwerkslehre, Universität Liechtenstein</p>
<p>Aleksandra Anna Apolinarska Dr. Sc. ETH / M. Sc. Eng. Arch Gramazio Kohler Architekten, ETH Zürich Zürich apolinarska@arch.ethz.ch</p>	<p>Aleksandra Anna (Ania) Apolinarska ist Architektin und Forscherin mit Fachkenntnissen in computergestütztem Design und digitaler Fabrikation.</p> <p>Sie promovierte an der ETH Zürich über neuartige Holzkonstruktionen, die durch computergestütztes Design und robotische Montage ermöglicht werden.</p> <p>Zuvor sammelte sie in ihrer mehrjährigen internationalen beruflichen Laufbahn umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung geometrisch komplexer Gebäude.</p>

Charles Binck M.Sc. Bauingenieur ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion Zürich charles.binck@ibk.baug.ethz.ch	07.2021-heute: Doktorand am IBK, ETH Zürich 07.2016-04.2021: Schnetzer Puskas Ingenieure, Basel 2017-2020: Master of Advanced Studies, Timber Construction, Berner Fachhochschule 01.2015-06.2016: Planungsgesellschaft Dittrich, München 2009-2014: Bachelor & Master of Science, Bauingenieurwesen, Technische Universität München
Andreas Burgherr Holzbauingenieur HTL, Geschäftsführer und Mitinhaber Timbatec Holzbauingenieure AG Zürich andreas.burgherr@timbatec.ch	90-93 Berufslehre als Zimmermann 94-97 1-5 Semester HTL (FH) Holzbauingenieur, BFH Biel 97/98 Arup Facade Engineering, Sydney Australien (Praktikum) 98 Diplomsemester Holzbauingenieur HTL (FH), BFH Biel 98-07 Projektleiter Reno- Bau und Handel AG, Schlieren, ab 2000 Betriebsleitung der Firma Robert Angst Zimmerei, Schreinererei, Bedachungen, Schlieren im Mandatsverhältnis. Ab 2007 Projektleiter Timbatec Holzbauingenieure, Zürich, Ab 2009 Geschäftsführer Timbatec Zweigbüro Zürich Ab 2011 Gründungs- und Vorstandsmitglied Lignum-Zürich Ab 2013 Vorstand ste, Verband Schweizer Holzingerieure Ab 2015 Mitinhaber Timbatec Holzbauingenieure (Schweiz) AG Ab 2017 Mitglied des Berufsgruppenrates der Bauingenieure BGI des SIA Ab 2019 Vorsitz GL Timbatec Holzbauingenieure (Schweiz) AG Ab 2020 Mitglied SIA Fachrat Energie
Matthias Eisele Dipl.-Ing. (FH) merz kley partner AG Altenrhein m.eisele@mkp-ing.com	Seit 2021 Prüfungsexperte BFH-AHB Biel Seit 2015 Partner/ Gesellschafter bei merz kley partner Seit 2004 Bau-/ Holzbauingenieur bei merz kley partner 2000-2004 Studium Bauingenieurwesen, HBC 1998-2000 Zimmererlehre
Marloes Fischer CEO und Founder Circular Hub; Managing Director Madaster Services Schweiz Circular Hub GmbH Zürich marloes.fischer@circularhub.ch	Marloes ist Geschäftsführerin von Madaster Services Schweiz und Gründerin des Circular Hub, der Wissens- und Netzwerkplattform für Kreislaufwirtschaft in der Schweiz. Davor war sie lange Jahre Führungskraft im Bereich Lean Operations bei Zurich Versicherungen und der Reederei Maersk Line.
Andrea Frangi Prof. Dr. ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion Zürich frangi@ibk.baug.ethz.ch	1995 Diplom als Bauingenieur, ETH Zürich. 2001 Doktor der Technischen Wissenschaften, ETH Zürich. 2001-2003 Projektleiter bei der Firma Read Jones Christoffersen in Vancouver, Kanada. 2004-2009 teilzeitbeschäftigt Projektleiter bei der Firma Marchand+Partner in Zürich sowie Oberassistent am Institut für Baustatik und Konstruktion IBK an der ETH Zürich. 2010 Professor für Holzbau am IBK an der ETH Zürich. - Interessensgebiete: Holzbau und Brandschutz. - Präsident der Normenkommission SIA 265 «Holzbau» - Co-Präsident von S-WIN

<p>Raphael Greder Holzbauingenieur FH Makiol Wiederkehr AG Beinwil am See greder@holzbauing.ch</p>	<p>Raphael Greder ist gelernter Zimmermann. Nach dem Sammeln praktischer Erfahrungen, hat er sich an der Berner Fachhochschule zum Holzbauingenieur auszubilden. Seit 2004 ist er bei der Makiol Wiederkehr AG angestellt und engagiert sich bei Holzbauprojekten. Im Zentrum seiner Arbeit steht die bestmögliche Lösung für den Bauherrn und den Architekten zu erarbeiten.</p>
<p>Daniel Hojdelewicz Architekt FH Bauherrentreuhand Planung Fortimo AG St. Gallen daniel.hojdelewicz@fortimo.ch</p>	<p>Lehre als Hochbauzeichner Fachhochschule Winterthur CAS Informationsvisualisierung FH St. Gallen CAS Bestellerkompetenz ZHAW</p>
<p>Pirmin Jung Dipl. Holzbauingenieur FH/SIA PIRMIN JUNG Schweiz AG Rain pirmin.jung@pirminjung.ch</p>	<p>Lehre als Zimmermann, Berufsmittelschule Studium zum Dipl. Ingenieur HTL, Fachrichtung Holzbau an der SISH, Biel Praktikum bei Planungsgesellschaft Natterer und Dittrich mbH, München Projektleiter bei Bois Consult Natterer SA, Etoy Gründung des eigenen Ingenieur- und Planungsbüros für Holzbau in Rain PIRMIN JUNG Schweiz AG in Sursee, Frauenfeld, Sargans und Thun sowie PIRMIN JUNG Deutschland GmbH in Remagen, Augsburg und Metzingen: Tragwerkplanung, Bauphysik und Brandschutz im Holzbau</p>
<p>Richard Jussel Projektwickler und Verkauf Blumer- Lehmann AG Gossau richard.jussel@blumer-lehmann.ch</p>	<p>Der eidg. diplomierte Zimmermeister und Holzbau-Fachmann ist bereits seit über 35 Jahren ein wichtiger Erfolgsfaktor der Blumer- Lehmann AG und ihrer Vorgängerfirmen. Nicht erst seit der Übernahme der Blumer- Elementtechnik vor 20 Jahren und der Gründung der jetzigen Firma im Jahr 2000 prägte Richard Jussel die Entwicklung des Unternehmens, der Produkte und des Holzbaus im Allgemeinen. Ihn begeistern innovative Ideen von Architekten und Planern, die er mit seiner Mannschaft umsetzen darf. Seine Offenheit gegenüber neuen Herausforderungen und das unerschütterliche Vertrauen in sein Team sind die Basis für sein Wirken. Sein Fachwissen und die Kreativität des Holzbaus zeigen sich in unzähligen realisierten Projekten – von Gewerbe- und Industrie- bis zu atemberaubenden Free Form-Konstruktionen. Auch bei seinen Hobbies steht der Baum an erster Stelle. Er fotografiert weltweit Baumrinden. Holz fasziniert und inspiriert ihn schon sein ganzes Leben lang.</p>
<p>Hermann Kaufmann Univ.-Prof. Arch. DI HK Architekten Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH Schwarzach / Österreich</p>	<p>Hermann Kaufmann wurde 1955 in Vorarlberg als Sohn einer Zimmermannsfamilie geboren. Das Studium absolvierte er an der Technischen Hochschule Innsbruck und an der TU Wien. 1983 gründete er sein eigenes Architekturbüro, das seit 2017 als HK Architekten gemeinsam mit Partnern geführt wird. Schwerpunkt seines Schaffens liegt in der Weiterentwicklung der modernen Holzarchitektur. Das Büro hat derzeit knapp 30</p>

h.kaufmann@hkarchitekten.at	Mitarbeiter*innen und ist international tätig. Seine Lehrtätigkeit begann er in Liechtenstein, Graz und Ljubljana. 2002-2021 war er Professor an der TUM (Technischen Universität München), Professur für Entwerfen und Holzbau.
Wolfram Kübler Dipl. Bauing. (FH), MAS Energieingenieur Gebäude HSLU WaltGalmarini AG Zürich Wolfram.Kuebler@waltgalmarini.ch	Schreinerlehre im elterlichen Betrieb Partner und GL mit Schwerpunkt nachhaltige Tragwerke, Gebäudehüllen und passive Energiekonzepte
Peter Niemz Prof. em. Dr.-Ing.habil. Dr.h.c. ehemals ETH, Institut für Baustoffe Zürich niemzp@retired.ethz.ch	1968-1972 Studium an der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden (Holz- und Faserwerkstofftechnik). 1982 Promotion, 1985 Habilitation (TU Dresden) 1972-1992 wiss. Mitarbeiter, Abteilungsleiter, Hochschuldozent am IHD und an der TU Dresden. 1993-1996 Prof. an der Universidad Austral de Chile, Valdivia/Chile. 3/1996-2/2015 (Pensionierung) ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Professur Holzphysik 3/2015-2/2020 wiss. Mitarbeiter BFH seit 2020 Gastprofessor Lulea Universität, Skellefeta/Schweden Arbeitsschwerpunkte: Holzphysik, Verklebung von Holz, zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
Olga Rausch MSc. Architektur RWTH Duplex Architekten Zürich rausch@duplex-architekten.ch	Olga Rausch (*1988) studierte von 2009–2016 Architektur an der RWTH Aachen und Università Roma Tre und machte von 2018–2022 ihren MAS in Geschichte und Theorie der Architektur ETHZ. Ab 2014 arbeitete sie zwei Jahre als wissenschaftliche Hilfsassistentin bei Prof. Uwe Schröder, Bereich Entwurf, RWTH Aachen und war anschliessend als leitende Architektin in Berlin und Zürich tätig. Seit 2020 ist sie bei Duplex Architekten mit der Projektierung des Holzbaus der Wohnsiedlung Iselacher, Bertschikon betraut.
Max Renggli CEO und Verwaltungsratspräsident Renggli AG Sursee max.renggli@renggli.swiss	Max Renggli hat das Handwerk von der Pike auf gelernt, Ausbildungen zum Polier, Holzbautechniker und Eidg. dipl. Zimmermeister absolviert und sich kontinuierlich und auf breiter Basis weitergebildet. Seit Anfang der 90er Jahre leitet er den 1923 gegründeten Familienbetrieb in 4. Generation. Nachhaltigkeit ist für ihn kein Modewort, sondern gelebter Alltag auf den Ebenen Ökologie, Ökonomie und Soziales. Er ist Treiber vieler Innovationen und setzt seine Visionen seit vielen Jahren engagiert und mit spürbarem Herzblut in die Tat um.
Thomas Rimer Holzbauingenieur PIRMIN JUNG Schweiz AG Rain	Lehre als Hochbauzeichner, Berufsmittelschule Lehre als Zimmermann Holzbauplaner bei a-z Holz, Liestal Studium zum Bachelor of Science in Holztechnik an der Berner Fachhochschule, Biel

thomas.rimer@pirminjung.ch	Praktikum bei Conzett Bronzini Partner AG, Chur Bauingenieur bei Thomas Jundt ingénieurs civils sa, Bern Holzbauingenieur bei PIRMIN JUNG Schweiz AG Vorstandsmitglied bei der Gesellschaft für Ingenieurbaukunst Lehrbeauftragter für Holzbau an der Hochschule für Technik und Architektur Luzern
Gian Salis dipl. Arch. ETH/SIA Gian Salis Architektur GmbH Zürich mail@giansalis.ch	Gian Salis, dipl. Architekt ETH, führt seit 2008 sein eigenes Architekturbüro in Zürich wo er für anspruchsvolle Neu- und Umbauten projektspezifische Lösungen erarbeitet. Der sensible Umgang mit dem vorgefundenen, dem Ort, dem Licht und eine konzeptionelle Klarheit zeichnen seine Projekte aus. Das Baumaterial spielt im Entwurf immer eine wichtige Rolle, und häufig ist es Holz. Zuvor hat er als Dozent an der ETH Zürich unterrichtet und bei Loeliger Strub Architektur und Peter Zumthor gearbeitet.
Andy Senn Architekt FH BSA SIA St. Gallen senn@senn.sg	1982-1986 Lehre als Hochbauzeichner 1987-1999 Hochbauzeichner in div. Architekturbüros 1991-1994 Fachhochschule Burgdorf, Architekturstudium 1994-1995 Architekt bei Rolf Mühlethaler, Architekt BSA SIA, Bern 1995-1997 Architekt bei Beat Consoni, Architekt BSA SIA, Rorschach Seit 1998 freischaffender Architekt, St.Gallen 2002 Mitglied BSA 2004-2011 Vorstandsmitglied BSA Ostschweiz 2010-2013 Obmann BSA Ostschweiz 2006-2011 ZV Mitglied BSA 2016-2018 Dozent für Entwurf und Konstruktion ZHAW 2020- Fachbeirat der Stadt Feldkirch (A)
Christoph Starck Dipl. forsting ETH / SIA, EMBA HSG SIA, Schweiz. Ingenieur- und Architektenverband Zürich christoph.starck@sia.ch	Ausbildung Studium der Forstwissenschaften an der ETH Zürich, dipl. Forsting. ETH (1996). Berufsbegleitende Weiterausbildung an der Universität St. Gallen, Executive MBA HSG in General Management (2015). Werdegang Auf eine Assistenz an der ETH und Tätigkeit in der Eidg. Forstdirektion des Buwal (heute BAFU) folgte die Selbstständigkeit mit einem eigenen Büro für Projektmanagement in Zürich. Von 2003 – 2019 Direktor von Lignum Holzwirtschaft Schweiz. Ab November 2019 Geschäftsführer des SIA.
Stéphanie Thill Dipl. Architektin, MAS ETHZ ARCH Diener & Diener Architekten Basel Stephanie.Thill@dienerdiener.ch	Stephanie Thill (*1975 in Luxemburg) ist Architektin und seit 2006 als Projekt- und Teamleiterin bei Diener & Diener Architekten in Basel tätig, wo sie Kurzer Lebenslauf insbesondere für die Planung und Ausführung von Holzbauprojekten unterschiedlicher Grösse und Nutzung verantwortlich ist. Nach ihrem Architekturstudium am ISACF La Cambre in Brüssel war sie zunächst mehrere Jahre freie Mitarbeiterin in diversen Architekturbüros in Luxemburg, bevor sie ein MAS an der ETH Zürich absolvierte.

Matthias Waibel Dipl. Arch. ETH/ EPFL / SIA Carlos Martinez Architekten Berneck MaW@carlosmartinez.ch	1976 geboren in Graz/AUT 1991 - 1996 Eidgenössische Matura, Kantonschule, Heerbrugg 1998 - 1999 UdeM, Universität Montreal/CAN 1996 - 2003 EPF Lausanne, Abt. Architektur 1999 - 2000 Praktikum bei Studio Baad architects, Hebden Bridge/GB 2000 - 2001 Praktikum Luscher architects, Lausanne 2003 - 2005 Architekt bei Luscher architects, Lausanne 2006 - 2007 Architekt bei Devanthery & Lamuniere architects, Genf 2007 - 2014 Projektleiter bei Bollhalder + Eberle Architekten, St. Gallen 2014 Leitung Entwurf+ Projektierung bei Carlos Martinez Archi- tekten AG, Berneck
--	---

Bisherige Fortbildungskurse

2021	Bau- und Raumakustik im Holzbau
2019	Hochleistungswerkstoffe im Holzbau
2018	Verbundkonstruktionen im Holzbau
2017	Holzbau heute – effizient, geschützt und dauerhaft
2016	Digitale Fertigung im Holzbau
2015	Moderner Massivbau aus Holz – vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus
2014	Holzverbindungen mit Klebstoffen für die Bauanwendung
2013	Deckensysteme: Aktuelle und zukünftige Lösungen mit Holz
2012	Mechanische Verbindungen im mehrgeschossigen Holzbau
2011	Haus- und Energietechnik im Holzhausbau
2010	Holtoberflächen in der Fassadengestaltung
2009	Werkstoffkombinationen – ein Mehrwert für Holz
2008	Wärme-, Sonnen- und Feuchteschutz im Holzhausbau
2007	Praktische Anwendung von Massivholzplatten
2006	Brücken und Stege in Holz
2005	Brandschutz im Holzbau – Grundlagen, Forschung und Umsetzung
2004	Gebäudehüllen in Holz: Holzfassaden - Aussenwände
2003	Spezielle Bemessungssituationen im mehrgeschossigen Holzbau
2002	Dächer - leistungsfähig und ausdrucksstark mit Holz
2001	Mehrgeschossiger Holzbau
2000	Verbindungstechnik im Holzbau
1999	Tragende Verbundkonstruktionen mit Holz
1998	Holzbau auf Zeit -Holzbau auf Reise
1997	Holzbau mit System
1996	Brettschichtholz
1995	Innenräume in Holz
1994	Deckensysteme aus Holz
1993	Schicht- und Sperrhölzer für den statischen Einsatz
1992	Holz- Farbe -Innenraumgestaltung
1991	Holzhausbau
1990	Innovation im Holzbau
1989	Brücken und Stege aus Holz
1988	Oekologisch Bauen mit Holz
1987	Holzwerkstoffe am Bau: Gestaltung, Eigenschaften, Anwendungen
1986	Verbindungen und Verbindungsmittel
1985	Holz in der Renovation
1984	Holzbau
1983	Oberflächenbehandlung von Holz
1982	Energiesparendes Bauen mit Holz
1981	Schnittholztrocknung heute

1980	Zeitgemässer Hausbau mit Holz
1979	Ingenieurholzbau: Entwurf, Bemessung Schnittholz-Konstruktionen mit neuzeitlichen Verbindungen
1978	Holz und Feuer
1977	Holzschutz im Hochbau
1976	Ingenieurholzbau -Bemessung und Ausführung von Brettschicht-Konstruktionen
1975	Bauen mit Holz
1974	Architektonisches Gestalten mit Holz
1973	Bauphysik
1972	Schnittholztrocknung
1971	Holzschutz im Hochbau
1970	Kurs 2: Holzspanplatten im Bauwesen
1970	Kurs 1: Holzleimbau in Theorie und Praxis

Noch lieferbare, gedruckte Tagungsbände (ab 1978) können bei Lignum Holzwirtschaft Schweiz bezogen werden. Sie sind auf der Website beschrieben.

E-mail: info@s-win.ch, online https://www.lignum.ch/shop/tagungsbaende_sahs_win/

X-tra für den Holzbau



Knauf Diamant X

So ergänzen sich Holz und Gips optimal.
Und das mit unschlagbaren Vorteilen:

- Hervorragende Statik
- Extrem hohe Festigkeit, robuste Oberfläche
- Reduzierte Wasseraufnahme, geringes Quellen und Schwinden
- Einfache Verarbeitung, biege- und faltbar
- Nicht brennbar
- Hoher Schallschutz - mehr als 70 dB

Knauf GIFAdoor EI30-RF1

Die top Brandschutz-Steigzonenverkleidung



Brandschutz-Steigzonenverkleidung für Gebäude-Installationsschächte und Elektrofrontverkleidungen

- Knauf GIFAdoor EI30-RF1: Flexibel einsetzbar, einzeln oder endlos aneinander gereiht
- Auf Mass hergestellt und als montagefertiges Set oder in diversen Vorfertigungsstufen geliefert
- Standardmässig mit weissem HPL Kronospan K101 BS- oder Grundierschichtstoff belegt

Verbindungstechnik auf höchstem Niveau

FEHR
BRAUNWALDER
BEFESTIGUNG + WERKZEUGE

Bolzenanker BZ3



- Höchste Tragfähigkeit in gerissenem und ungerissenem Beton
- Einmalige Flexibilität bei Verankerungstiefe, Rand- und Achsabständen

Optimierung von Geometrie, Werkstoff und Herstellverfahren
Deutliche Steigerung der Leistungsfähigkeit unter Erdbebeneinwirkung.

Langes Gewinde
Gestattet flexiblen Einsatz, egal ob kleine oder grosse Klemmstärken oder zur Abstandsmontage.

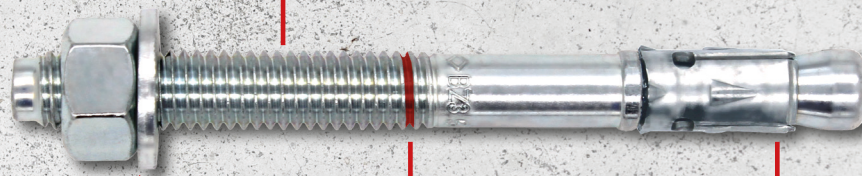
Optionale Hutmutter



Auswahl an Unterlegscheiben
Lieferbar mit Unterlegscheiben DIN 125 oder grossen Unterlegscheiben DIN 9021.

Rote Farbmarkierung
Zeigt bei der Vorsteckmontage, ob der Bolzenanker BZ3 bereits bis zur Mindestverankerungstiefe eingeschlagen wurde.

Hochleistungsspreizclip aus Edelstahl
Greift sofort. Zum Erreichen des Anzugdrehmoments genügen nur wenige Umdrehungen der Mutter.



Bolzenanker BZ3 dynamic

- Erster mechanischer Spreizdübel mit ETA für Ermüdungsbeanspruchung
- Wirtschaftliche Alternative zu Injektionssystemen und Hinterschnittankern

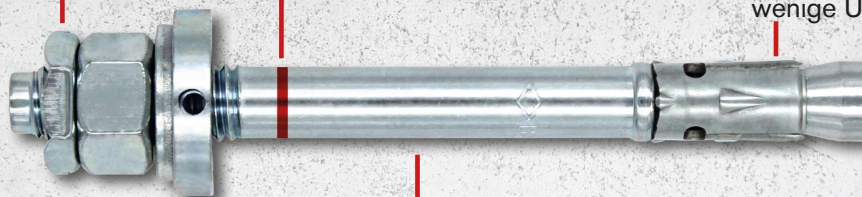
Sicherungsmutter
Verhindert zuverlässig das Lösen der Mutter unter dynamischer Beanspruchung.

Rote Farbmarkierung
Einfache, optische Kontrolle der erforderlichen Verankerungstiefe.

Hochleistungsspreizclip aus Edelstahl
Greift sofort. Zum Erreichen des Anzugdrehmoments genügen nur wenige Umdrehungen der Mutter.

Verfüllscheibe mit Bohrung
Zum Füllen des Ringspaltes zwischen Anbauteil und Bolzenanker BZ3 dynamic mit Injektionsmörtel.

Langer Schaft
Vermeidet das Eintauchen des Gewindes in den Beton und beugt eine Rissbildung im Gewinde vor.





Swiss • Wood • Innovation • Network

S-WIN
c/o Lignum
Mühlebachstrasse 8
CH-8008 Zürich

info@s-win.ch
www.s-win.ch

S-WIN
Tagungsbände
herunterladen

