CURRICULUM VITAE

BRUNO ABPLANALP

Esche und Buche im Ingenieurholzbau

neue Holzbau AG, Lungern
Obseestrasse 11
CH – 6078 Lungern

bruno.abplanalp@neueholzbau.ch

Esche und Buche im Ingenieurholzbau

Bruno Abplanalp

Exkurs / Einleitung

Im Schweizer Wald stehen über dreissig Prozent Laubholz, Tendenz zunehmend. Doch am Bau wird fast nur Nadelholz verwendet: Die Holzbranche hält noch sehr wenig preiswerte Bauteile aus Laubholz bereit. Einzelne Holzbaubetriebe entwickeln innovative Technologien, um die Lücke zu schliessen. Denn Laubholz hat wegen seiner hohen Festigkeit das Potenzial, Stahl und Beton zu ersetzen.

Im Vergleich können die Querschnitte um 30 bis 50 % verringert werden, was eine schlankere Architektur ermöglicht. „Laubholz ist der ökologische Hochleistungswerkstoff für den Ingenieurholzbau“ davon bin ich überzeugt. Im Gegensatz zum Bauen mit Nadelholz fehlen jedoch Normen, Kennwerte und etablierte Verfahren.

„Die Neugier steht immer an erster Stelle eines Problems, das gelöst werden muss“ (Galieo Galilei)

Laubholz wird dem Ingenieurholzbau ganz neue Möglichkeiten und Märkte eröffnen, den der natürlich, nachwachsende Rohstoff hat statisch ein immenses Potential. Die Architektur von Heute fordert filigrane Tragwerke – der Holzbau verpasst hier oftmals Chancen durch üppige Querschnitte, ausgehend von den Verbindungen.

Energieeffizienz + CO_2-neutral, Schlagworte, die sich heute fast jeder zu Eigen macht. Kein Baustoff kann es aber besser als der natürlich, nachwachsende Rohstoff Holz. Sorgsamer Umgang durch bestmögliche Nutzung sollte auch hier die Devise sein.

Im (Ingenieur)Holzbau ist durch „neue“ Verbindungstechniken aus dem Stahlbau und gezieltem Einsatz von hochfestem, qualitätsgeprüftem BSH-Laubholz ein „Quantensprung“ möglich. Die Verwendung von innovativen Holz-Stahl-Klebeverbundtechnologie schafft die Möglichkeit, starre und gleichzeitig duktile Verbindungen auf einfache Art auszuführen. Ein weiterer Vorteil ergibt sich zudem aus der Eigenschaft, dass Holz-Stahl. Klebeverbindungen beinahe den vollen Holzquerschnitt aktivieren kann. Holz-Klebeverbindungen sind von Hause aus ästhetisch, das sie von aussen in der Regel nicht sichtbar sind und somit der modernen Architektur & Design entspricht.

BSH-LH wird in Kombination mit neuen Verbindungstechniken (GSA®-Technologie) in Zukunft, insbesondere bei modernen, filigranen Architektur-Bauten sowie im innovativen Ingenieur-Holzbau eine tragende Rolle spielen.

1. Entwicklung des Laubholzes im Schweizer Wald

Das Landesforstinventar zeigt auf: Der Laubholzvorrat in der Schweiz nimmt stetig zu. Im Vergleich zur ersten Erhebung im Jahre 1984 und der zweiten 1995 stieg der Laubholzvorrat um 12%. Ab 1995 erhöhte sich der Laubholzvorrat nochmals um 10%. In der gleichen Periode stagnierte der Anteil Nadelholz, er verringerte sich um 1 %, von 70 auf 69% (FLI c/o WSL, 2007).

Die mit Abstand häufigste Baum-Art der Schweiz ist die Fichte. Sie wird als Konstruktionsholz auch in Zukunft die wichtigste Holzart bleiben, ihre Dominanz wird mittel- und langfristig jedoch abnehmen. In der Schweiz stehen ausgeprägte Fichtenbestände in ländlichen Gebieten wie dem Emmental, dem Entlebuch oder im Jurabogen. Die häufigste Laubbaumart ist die Buche. Im Verlauf der letzten Jahrhunderte wurde in tieferen Lagen aus wirtschaftlichen Gründen mittels künstlicher Bepflanzung die Fichte stark gefördert, dies auf Kosten der konkurrenzstarken Buche.

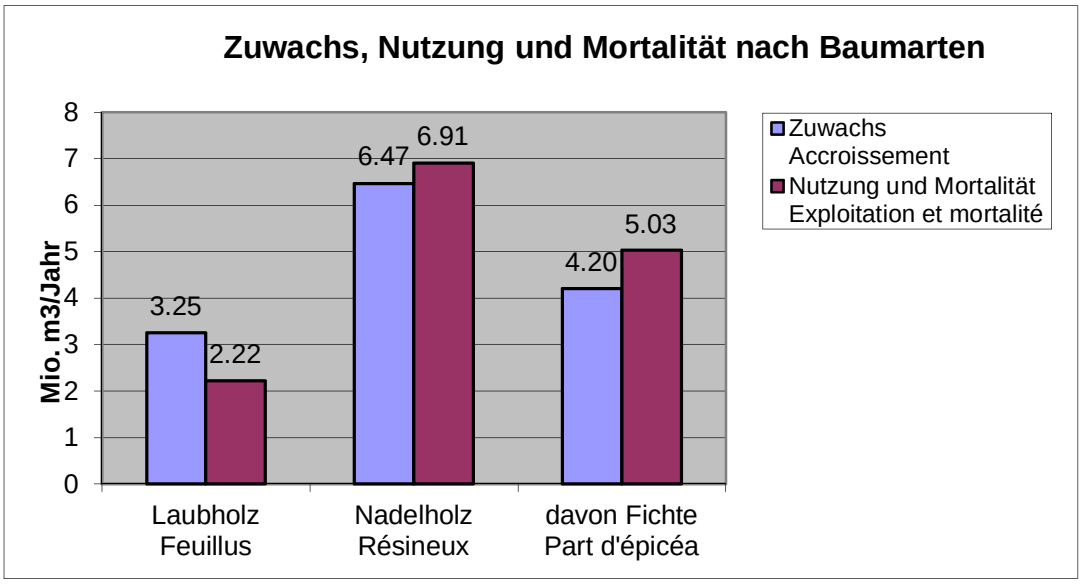
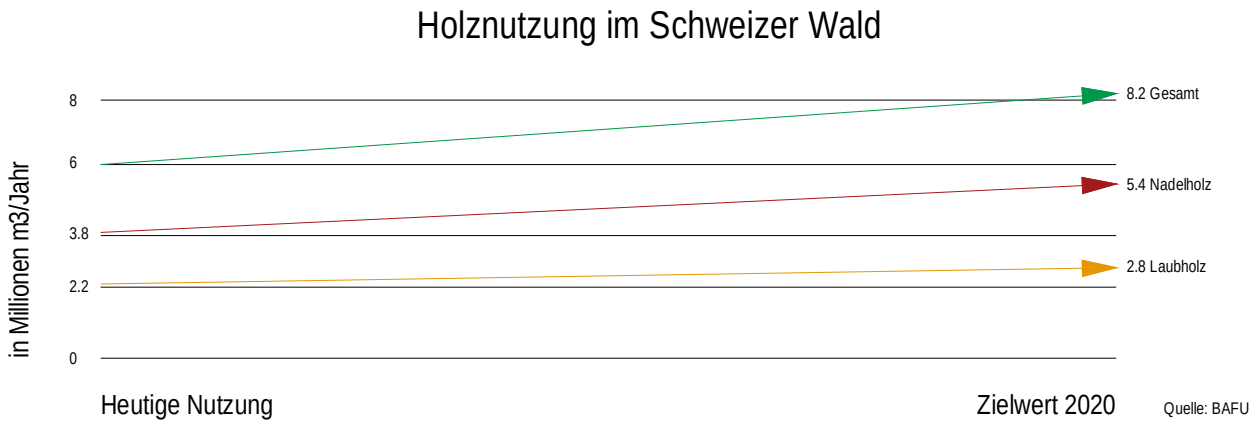


Abbildung 2: Zuwachs, Nutzung, Mortalität nach Baumarten 1995-2006 (m3) (BAFU Bern 2011)

Der Zuwachs an Laubholz liegt bereits heute deutlich über den Abgängen. (Abgang = Nutzung + natürliche Mortalität infolge Sturm, Käfer, Lawinen). Die Situation bei den Nadelhölzern zeigt sich gerade umgekehrt, am markantesten bei der stark nachgefragten Fichte.



2. Laubholz als natürlicher Hochleistungsbaustoff

Laubhölzer – besonders Buche und Esche – weisen von Natur aus höhere spezifische Festigkeiten auf als Nadelhölzer. Dadurch lassen sich schlankere, tragfähigere Tragkonstruktionen entwerfen. Die *neue Holzbau AG, Lungern* stellt seit über 10 Jahren Brettschichtholz in Laubholz her. Gerade mit Esche, aber auch mit Buche, Eiche und Robinie konnte die Firma durchwegs positive Erfahrungen sammeln. In der Verarbeitung ist Laubholz gegenüber Fichte deutlich aufwendiger. Ebenso ist die Beschaffung von Laubholzbrettern kostspieliger, da (noch) kein Massenprodukt. Der Mehraufwand verursacht im Vergleich zu BSH in Fichte deutliche Mehrkosten. Um BSH-Laubholz effizient einzusetzen, müssen die Vorteile des Laubholzes gegenüber dem Nadelholz ausgenutzt werden. Dies sind, neben den deutlich höheren Festigkeiten (insbesondere im Bereich Biegung, Schub, Zugfestigkeit quer und parallel zur Faser, Druckfestigkeit quer sowie Rollschubfestigkeit), die massiv höheren Leistungen im Bereich der Verbindungsmittel. Ein GSA Anker (Verbindungsmittel mit eingeklebtem Gewindestab) in Esche ist um 1.5x leistungsfähiger als in Fichte, ohne dabei an Leistung bezüglich Steifigkeit und Duktilität einzubüssen. Deutlich höhere Leistungen mit Laubholz werden auch bei Stabdübel- oder Schraubverbindungen erreicht.

2.1. n'H-BSH aus Laubholz

Laubholz wurde bisher durch die *neue Holzbau AG, Lungern* meist nur für lokale Verstärkungen im Bereich eines Anschlusses eingesetzt. Damit können die durch Verbindungsmittel geschwächten Stellen gezielt lokal verstärkt werden. Mit der höheren Leistung in den Verbindungsmitteln wird zudem der Querschnitt weniger geschwächt. All diese Massnahmen ermöglichen die Ausführung von Montagestössen mit 100% Leistung von Fichte.

Abbildung 3: Rahmenecken mit Eschenverstärkung im Bereich des Zuganschlusses

Seit einigen Jahren nutzt die *neue Holzbau AG, Lungern* die Leistung des Laubholzes auch für ganze Bauteile. Zusammen mit Herrn Prof. Ernst Gehri wurden betriebsintern verschiedene Prüfserien im Bereich Laubholz durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war, Bemessungsgrundlagen für BSH in Esche und Buche zu erstellen. Die Untersuchungen umfassten alle relevanten Arbeitsprozesse der Brettschichtholz-Herstellung, von der Sortierung der Bretter über die Keilzinkungen bis zur Flächenverklebung. Daneben wurden im eigenen Prüfcenter Biege- und Schubprüfungen an Trägern vorgenommen, um die Leistung am Fertigprodukt zu kontrollieren. Die ganze Qualitätssicherung wurde auf die hoch beanspruchten Bauteile ausgerichtet.

Abbildung 4: Prüfträger aus BSH-Es (Schubversuch)

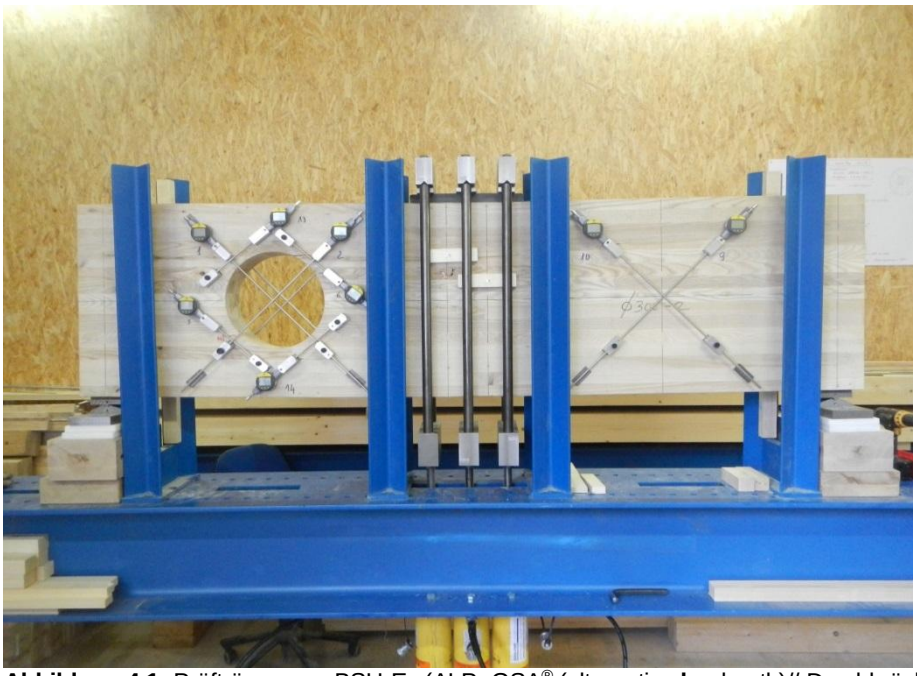


Abbildung 4.1: Prüfträger aus BSH-Es (ALP:-GSA® (**a**lternative **l**oad **p**ath)// Durchbrüche bis 50 % von Trägerhöhe, mit voller Leistung des Trägers)

2.2. n'H-BSH aus Laubholz

Nachstehend die kennzeichnenden Eigenschaften und empfohlenen Bemessungswerte für n'H-Brettschichtholz aus Esche und Buche (für $\eta_w = 1{,}0$ und $\eta_t = 1{,}0$). Voraussetzung ist ein BSH-Produkt mit geprüfter n'H-Qualität.

Festigkeitsklassen				BSH - Laubholzklassen [4]			
				GL 40k	GL 40h	GL 48k	GL 48h
Kennzeichnende Eigenschaften [1]							
– Biegefestigkeit		$f_{m,k}$	N/mm²	40	40	48	48
– mittlerer Biege-E-Modul		$E_{m,mean}$	kN/mm²	14	14	15	15
Bemessungswerte [1]							
Festigkeit	Biegung	$f_{m,d}$	N/mm²	26,5	26,5	32	32
	Zug parallel zur Faser	$f_{t,0,d}$	N/mm²	20	22	22	25
	Druck parallel zur Faser	$f_{c,0,d}$	N/mm²	22	25	25	28
	Zug senkrecht zur Faser	$f_{t,90,d}$	N/mm²	0,25	0,25	0,25	0,25
	Druck senkrecht zur Faser	$f_{c,90,d}$					
	– generell		N/mm²	4,5	4,5	5,0	5,0
	– mit Vorholz [3]		N/mm²	6,3	6,3	7,0	7,0
	– Endauflagerung		N/mm²	5,0	5,0	6,0	6,0
	Schub	$f_{v,d}$	N/mm²	3,0	3,0	3,0	3,0
Verformung	$E_{0,mean}$ in Faserrichtung [2]	$E_{m,mean}$ / $E_{t,0,mean}$ / $E_{c,0,mean}$	kN/mm²	14	14	15	15
	$E_{90,mean}$ senkr. zur Faser [2]	$E_{t,90,mean}$ / $E_{c,90,mean}$	kN/mm²	1,0	1,0	1,0	1,0
	Schubmodul [2]	G_{mean}	kN/mm²	1,0	1,0	1,0	1,0
Rohdichte		ρ_k	kg/m³	550	580	600	620

1. Eigenschaften und Bemessungswerte beziehen sich auf eine Holzfeuchte von 12%.
2. 5%-Fraktilwerte sind auf das 0,85-Fache der Mittelwerte festgelegt.
3. Das Vorholz muss beidseitig mindestens 100 mm betragen, andernfalls ist mit dem generellen Wert zu rechnen.
4. Für n'H-Produktion und Laubholzarten Esche und Buche; für andere Holzarten nach Anfrage.
5. Der Bemessungswert der Rollschubfestigkeit $f_{r,d}$ darf für alle Festigkeitsklassen zu 1,5 N/mm² in Rechnung gestellt werden.
6. Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Rollschubmodul darf mit $G_{r,mean} = 0{,}20 \cdot G_{mean}$ angenommen werden.
7. Einsatz in Feuchteklassen 1 + 2

Obige Bemessungswerte beziehen sich auf folgende Referenzabmessungen; für andere Abmessungen sind die Korrekturen zu beachten.

Biegung: für h = 600 mm; für andere Werte (bis 1,80 m) keine Korrekturen

Zug parallel zur Faser: b oder h = 300 mm und ℓ = 3'600 mm; für grössere Werte mit $k_{t,size}$ multiplizieren: $k_{t,size} = (300/b)^{0,1}$ oder $(300/h)^{0,1}$ bzw. $(3'600/\ell)^{0,1}$, wobei $k_{t,size} \leq 1{,}0$

Druck parallel zur Faser: keine Korrekturen

Zug senkrecht zur Faser: gleichmässig beanspruchtes Volumen = 0,1 m³; für grössere Werte mit $k_{size} = (0{,}1/\text{Volumen})^{0,1}$ multiplizieren.

Druck senkrecht zur Faser: keine Korrekturen für generellen Wert.

Schub: für gleichmässig beanspruchte Schubfläche parallel zur Faser A_{shear} = 160'000 mm²; für andere Werte multiplizieren mit $k_{shear,size} = (160'000/A_{shear})^{0,28} \leq 1{,}2$.

(Definition A_{shear} : Scherlänge unter V_{max} · Trägerbreite b in mm²)

2.3. Qualitätssicherung

Gegenüber dem heute als Brettschichtholz am meisten verwendeten GL24 in Fichte hat das Laubholz auf charakteristischem Niveau in fast allen Bereichen die doppelte Leistung! Dies bedingt ein ganzheitliches Qualitätskonzept, beginnend beim Eingangsrohstoff Brett bis zum Endprodukt Tragelement inklusive Verbindungen. Um die in der Tabelle aufgeführten Festigkeitswerte zu gewähren, verfügt die *neue Holzbau AG, Lungern* über eine vollumfängliche Qualitätssicherung, die auf drei Grundsätzen basiert:

- Grad und Umfang den Kontrollen angepasst (Kontrollen wo nötig; so wenige Kontrollen wie möglich).
- Grundmaterial sowie jeder Verarbeitungsprozess so realitätsnah wie möglich prüfen.
- Die Vorgaben und Ziele (Festlegung von Prüfwerten) müssen einfach überprüfbar sein.

Als erstes wird dabei der Konstruktion aufgrund seiner Nutzung einen Grad der Kontrolle gegeben:

KK1	Bauteil mit geringer statischer Ausnutzung
KK2	Ingenieurtragwerke generell
KK3	Anspruchsvolle Ingenieurtragwerke

Die drei Kontrollklassen unterscheiden sich durch Grad und Umfang der durchzuführenden Prüfungen.

Für die Herstellung von BSH werden folgende Kontrollen durchgeführt:

Zugeigenschaft der Bretter (Zugfestigkeit und Zug E-Modul)

Stichprobenweise Überprüfung des 5%-Fraktilwertes mittels Prüfbelastung.

Zugfestigkeit der Keilzinkenstösse

Stichprobenweise Überprüfung des 5%-Fraktilwertes auf Bruch.

Scherfestigkeit der Flächenverklebung

Stichprobenweise Überprüfung auf Bruch.

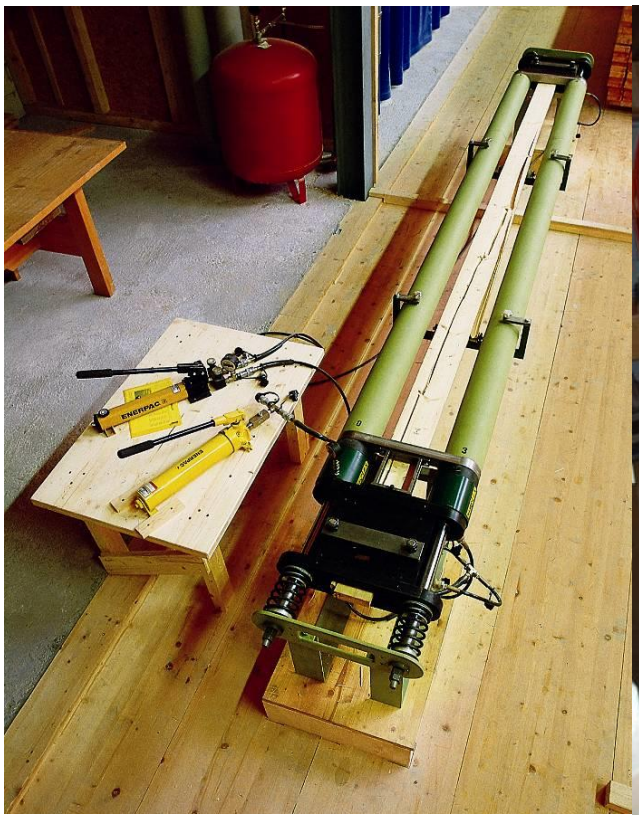


Abbildung 5: Zugprüfanlage Lamelle Keilzink-Prüfanlage

Projekte oder Bauteile mit Festigkeit GL48 (Laubholz) werden in der *neuen Holzbau AG* , Lungern in die Kontrollklasse 3 eingeteilt (anspruchsvolle Ingenieurtragwerke).

Gefordert werden dabei:
Zugprüfungen Brett: 1 von 25 Brettern.
Keilzinkenprüfungen auf Zug: 4 Proben pro Schicht.
Scherprobenprüfungen: Je Leimbauschicht 1 Abschnitt.

Entscheidend dabei ist, dass sowohl die Bretter als auch die Keilzinken direkt auf Zug geprüft werden. Zugprüfanlagen haben sich in vielen Betrieben noch nicht etabliert, da etwas aufwendiger. Gerade an die Keilzinkung werden enorme Anforderungen gestellt, die ohne Zugprüfungsanlage nur ungenügend überprüft und demensprechend nicht verantwortet werden können.

3. Konstruktion mit BSH Buche

3.1. Ökonomiegebäude in Lauenen

Dieses Pilotprojekt im Hallenbau wurde erstmalig mittels 1:1-Einsatz von hochwertigem Buchen-Brettschichtholz (GL48) ausgeführt. Für die Dachkonstruktion des landwirtschaftlichen Ökonomiegebäudes in Lauenen BE wurde Buche verarbeitet. Das BAFU (Bundesamt für Umwelt, Aktionsplan Holz, Bern) half bei der Mitfinanzierung des Projekts.

Bauherrschaft: Christian von Siebenthal, Lauenen

Holzbau: Bach + Perreten Holzbau AG, Gstaad

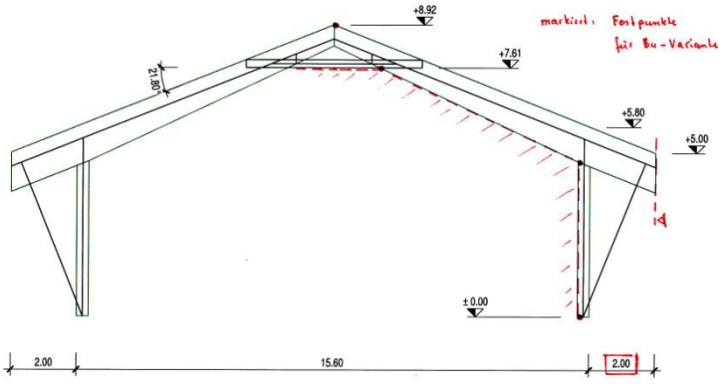
Tragwerksplanung; Lieferung Haupttragwerk: neue Holzbau AG, Lungern

Abbildung 6: Ökonomiegebäude Lauenen

Das Ökonomiegebäude ist 15.50 m gespannt mit einem Binderabstand von ca. 4 m. Der Bau liegt auf 1350 m.ü.M + 200 m (Zuschlag Gemäss SIA 261), was eine Dachlast im Grund von ca. 13.5 kN/m^2 ergibt.

Eine konventionelle Tragstruktur in Fichten-BSH lag bereits vor. Ausgehend von der vorliegenden Geometrie des Gebäudes wurde eine Optimierung der Form und des Systems angestrebt.

Die oben skizzierte Form ergibt die gleichen Innenmasse der Halle. Die geringere Bauhöhe der Buchenträger ermöglicht eine steilere Formgebung mit entsprechend günstiger Geometrie. Dadurch wird das Eckmoment um rund 5 bis 8% reduziert. Zudem weist die Zugstange eine grössere Neigung auf; dank einem vergrösserten Hebelarm reduziert sich die massgebende Querkraft um 15 bis 20%. Das statisch optimierte System ermöglichte zudem die Ausbildung des Binderriegels mit konstantem Querschnitt. Dies vereinfachte die Produktion wesentlich. Zudem wurden die in der Fichtenvariante vorhandenen angeschnittene Fasern eliminiert.



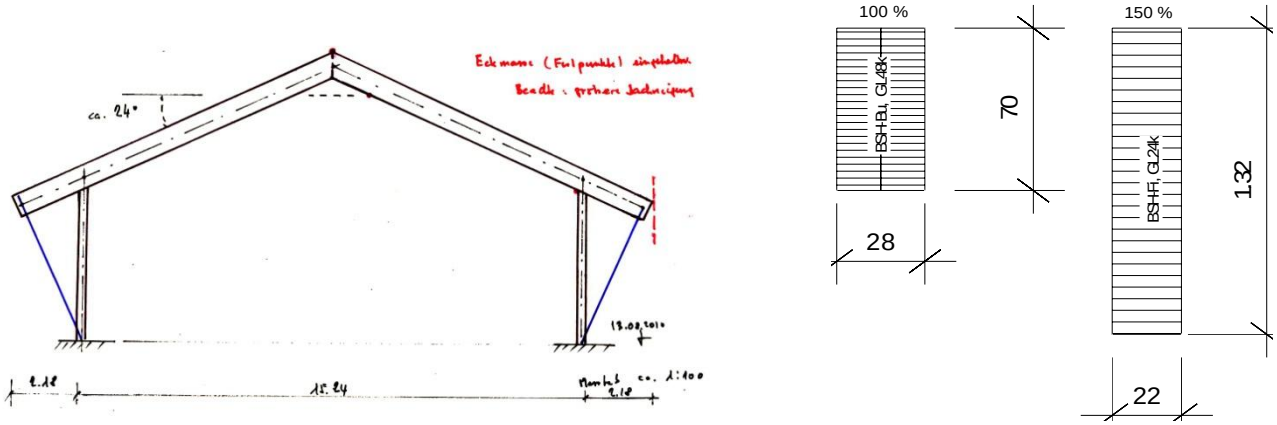


Abbildung 7: Vergleich Tragstruktur in Fichte und Buche

3.2. Erkenntnisse Buche

Bei Einwirkungen von Feuchtigkeit weist Buche eine geringe Dauerhaftigkeit auf. Das Schwind- und Quellverhalten dieses Holzes ist zudem extrem hoch. Bereits bei geringen Feuchtigkeitsschwankungen resultieren enorme Spannungen. Aus diesem Grund müssen Lamellenabmessungen möglichst klein gehalten werden. Andere Holzarten lassen in der Regel Lamellen-Abmessungen von 40 mm und Breiten bis zu 240 mm zu. Buche lässt sich dauerhaft nur mit Lamellenstärken <30 mm und Breiten <160 mm verkleben. Diese stark voneinander abweichenden Abmessungen, kombiniert mit den grossen Schwind- und Quellmassen, verunmöglichen im Bauteil eine Kombination mit anderen Holzarten.

Ohne finanzielle Unterstützung hätte das Ökonomiegebäude Lauenen nicht in Buche ausgeführt werden können. Die Kosten für die Binderkonstruktion in BSH Fichte lagen bei ca. 20 000.- Sfr., in Buche BSH bei über 30 000.- Sfr.

Technisch ist BSH Buche in den Festigkeitsklassen GL40 und GL48 herstellbar. Buche kann wohl noch effizienter eingesetzt werden, etwa als Furnierschichtholz.

4. Konstruktion mit BSH Esche

4.1. Überdachung Parkgarage in Arosa

Die Gemeinde Arosa baute 2009 in Innerarosa eine zweigeschossige Tiefgarage mit aufgesetztem Holzdach. Die Konstruktion überdacht auf beiden Seiten ein für Bergbahnen und Skischule genutztes Gebäude. Das Parkgebäude liegt an der Hauptverbindungsstrasse von Arosa. Über ein gedecktes Förderband, ausgehend vom Parking, erreicht der Wintersportler oder Wanderer direkt die neue Gondelbahn Innerarosa-Tschuggen.

Bauherrschaft: Politische Gemeinde Arosa

Architektur: Lutz&Buss Architekten, Zürich + masKarade, Montreuil

Tragwerksplanung: Walt+ Galmarini AG, Zürich

Holzbau: Brunner Erben AG, Zürich

Lieferung Hauptragwerk: neue Holzbau AG, Lungern

Abbildung 8: Parkgarage Innerarosa (Photo: Daniele Portanome, Milano)

Das Holzgebäude erstreckt sich über eine Breite von 42 m und Längen von 37 und 32 m. Die Überdachung der ganzen Breite erfolgt nur im vorderen Teil. Bergseitig bleibt das Dach in einer Länge von ca. 24 m zwischen den Gebäuden offen und gibt dadurch von der Strasse aus den Blick frei auf den Weisshorngipfel. Die ersten fünf Trägerachsen stehen zudem in einem Winkel zueinander.

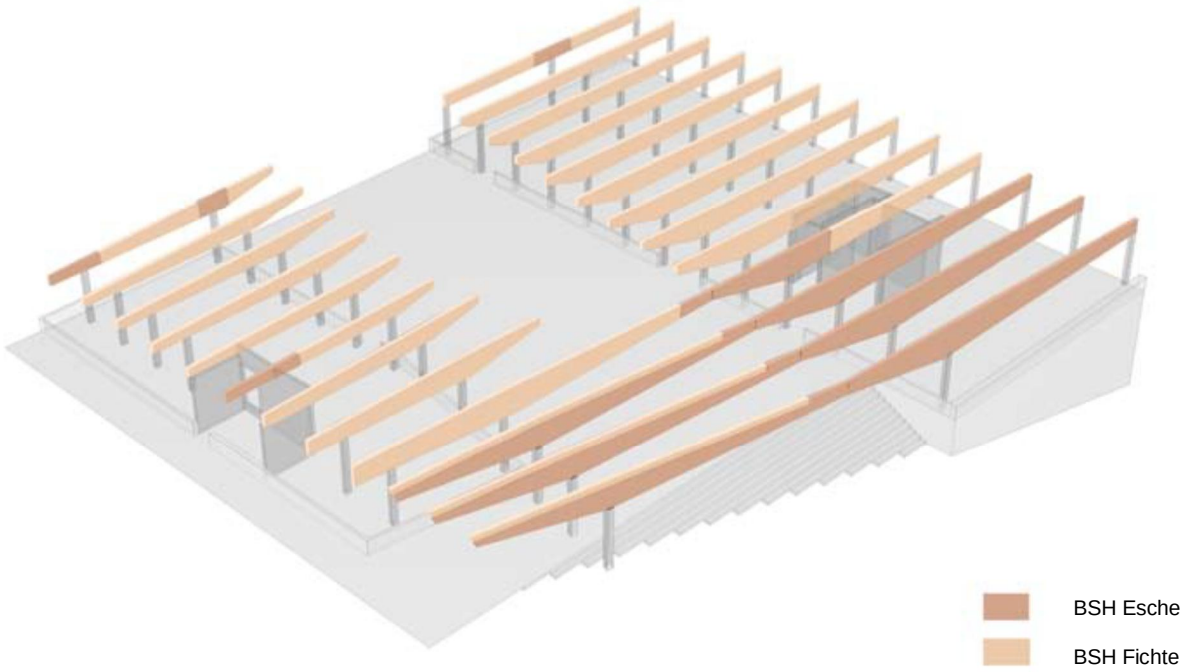


Abbildung 9: Traggerippe Parkgarage Innerarosa

Statisch interessant sind die ersten vier Binderachsen. Die Träger stehen nur auf drei Stützen, so dass Spannweiten bis zu 19.70 m entstehen. Der Winkel der Achsen würde bei einer biegesteifen Firstverbindung grosse Zwängungskräfte verursachen. Deshalb sind die Träger über ein Gelenk zusammengeschlossen. Das Gebäude liegt auf über 1800 m.ü.M, die charakteristische Schneelast beträgt über 11 kN/m^2. Die Trägerform entspricht der statischen Beanspruchung. Dies führt zu einer optimalen Ausnutzung in jedem Schnitt. Zwar ist das Gebäude breit, jedoch nicht hoch. Architektonisch gewünscht war eine filigrane Holzkonstruktion.

Abbildung 10: Gelenkig abgewinkelter Firststoss der ersten vier Binderachsen

Um die gewünschten Querschnitte zu erreichen, wurden bereits im Vorfeld der Submission verschiedene Varianten geprüft. Am Anfang sah das Wettbewerbskonzept den Einsatz von blockverleimten Furnierschichtholz vor. Ausgeschrieben wurde schliesslich eine vi-suell wie auch festigkeitsmässig bessere Laubholzlösung.

Eine Fichtenkonstruktion mit gleichen Abmessungen könnte bei weitem nicht dieselben Biegemomente noch dieselben Schubkräfte aufnehmen. Durch den Einsatz von Eschenholz ist es möglich, Lamellen mit einer charakteristischen Zugfestigkeit von 40 N/mm^2 zu produzieren (die höchste Klasse der Fichte ist das T26 mit einer charakteristischen Zugfestigkeit von 26 N/mm^2). Auch die Schubfestigkeit der Esche kann gegenüber der Fichte um den Faktor 1.5 erhöht werden. Zudem hat Esche den Vorteil der einfachen Kombination mit Fichte.

Die Auslastung der ersten Achsen ist derart gross, dass auch in der Druckzone keine angeschnittenen Fasern stehen dürfen. Da die Träger eine veränderliche Höhe aufweisen, wurde die Druckzone über dem Auflager über einen Generalkeilzinkenstoss verklebt. Diese wird nach genauem Abrichten mit dem Zuggurt verklebt.

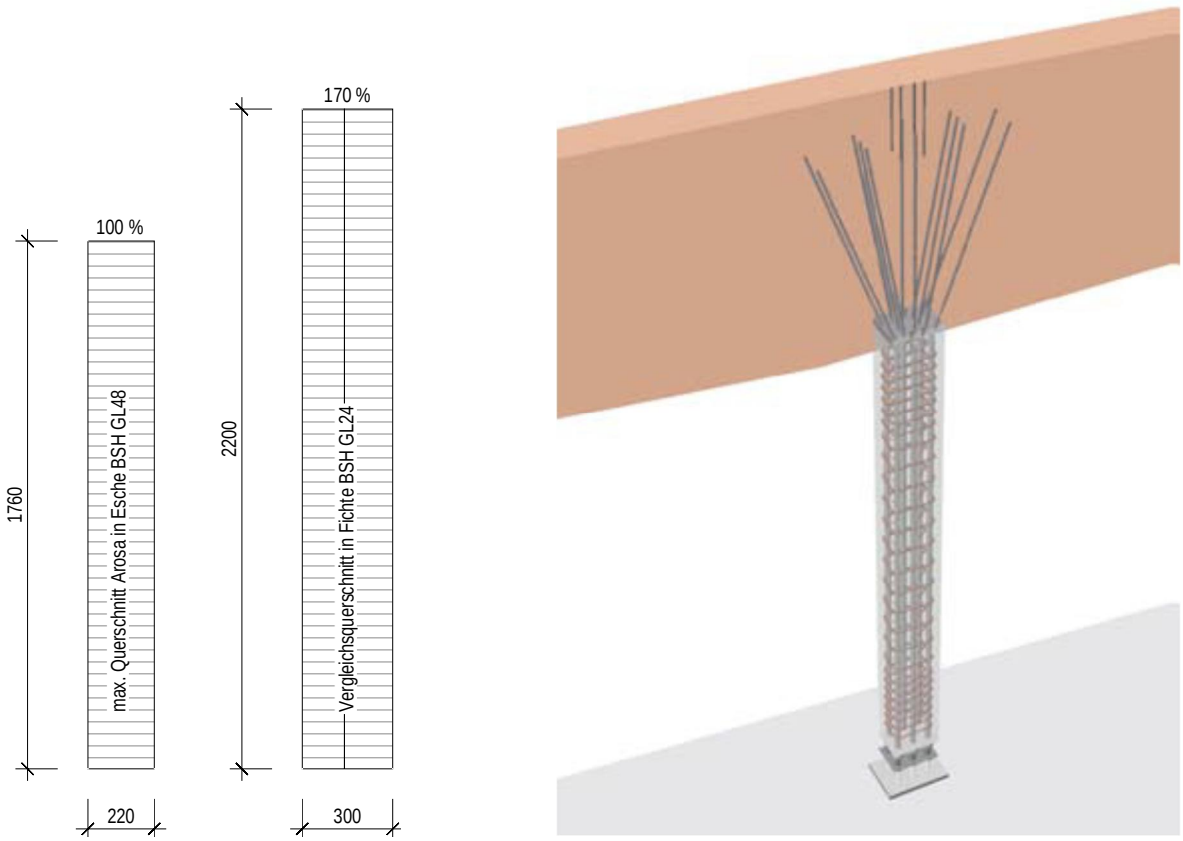


Abbildung 11: QuerschnittvergleichAbbildung 12: Anschluss an Betonstütze

Nicht zu unterschätzen ist der Anschluss der Holzkonstruktion an die Betonstützen. An dieser Stelle werden Lasten von bis zu Vd=1200 kN fast nicht sichtbar in eine Betonstütze bzw. Stahlstütze mit einem Querschnitt von 200/300 mm geleitet. Die Lasten werden über gespreizte GS-Anker (ins Holz eingeklebte Gewindestangen) zu der ebenfalls ins Holz eingelassenen Auflagerplatte geleitet. Eine Verschraubung der Auflager- mit der Kopfplatte bildet die Verbindung mit der Stütze

4.2. Erkenntnisse Esche

Im Gegensatz zu Buche ist Esche deutlich einfacher zu verarbeiten. Ebenso lässt sie sich leicht mit Fichte kombinieren. Projekte wie die Parkgarage Arosa haben gezeigt, dass Esche bereits heute wettbewerbsfähige Lösungen ermöglicht, wenn spezielle Anforderungen an die Holzkonstruktion gestellt werden (wie etwa kleine Querschnittsabmessungen mit hohen Beanspruchungen). Laubholz erweitert die Brettschichtholzklassen mit höheren Leistungen. Damit öffnen sich zusätzliche Einsatzgebiete, welche im Ingenieurholzbau nicht möglich waren, und durch andere Baustoffe wie Stahl oder Beton ersetzt wurden.

5. Laubholzkonstruktionen in Zukunft

Laubholz besitzt das Potential eines natürlichen Hochleistungsbaustoffs im Ingenieurholzbau, davon bin ich überzeugt. Heute weisen hochwertige Werkstoffe gegenüber Massenware immer noch einen entscheidenden Nachteil auf, die Kosten. Das gilt nicht nur für Laubholz, sondern etwa auch für BSH GL36. Massenware ist derart billig, dass ein Bauteil in GL24 trotz des fast doppelten m^3-Verbrauchs günstiger zu stehen kommt als ein Bauteil mit gleicher Leistung in GL48. Die Kosten des Laubolzes beeinflussen das Konstruieren. Der Ingenieur muss Lösungen mit möglichst wenig Materialeinsatz finden. Nur auf diese Weise hat Laubholz gegenüber den Nadelhölzern eine wirkliche Chance. Das Ziel soll sein, alle Vorteile des Laubholzes zu nutzen; neben den hohen Festigkeiten ist auch die Leistung der Verbindungsmittel deutlich höher.

5.1. Steg Minimum

Für eine Architekturtagung konstruierte die *neue Holzbau AG, Lungern* einen Steg mit optimalen Laubholzeinsatz. Ziel der Arbeit war, die Fachleute mit einem filigranen „Laub"-Holzbau zu überzeugen. Entstanden ist der Steg „Minimum":

Der Steg ist etwas über 10 m gespannt und bemessen mit den Nutzlasten einer Fussgängerbrücke. Die Form des Fischbauches erlaubte eine absolute Minimierung der Querschnitte. Obergurt, Querträger und Streben sind in Esche ausgeführt. Im Vergleich zur Fichte besitzt Esche die doppelte Leistung in Zug- und auch in Druckfestigkeit. Infolge höherer Dichte können die Verbindungsmittel wie GS-Anker oder Vollgewindeschrauben deutlich effizienter eingesetzt werden. Noch höhere Leistung erreichen Furnierschichtholz (FSH) oder Sperrholz. Beim Furnierschichtholz werden Furniere parallel, beim Sperrholz mit Querlagen zu einem Balken oder einer Platte zusammengeklebt. Furnierschichtholz wird für eine Beanspruchung in eine Richtung verwendet (Untergurt in FSH-Esche gebaut). Bei Beanspruchungen in mehrere Richtungen wird Sperrholz benötigt (Auflagerknoten in Sperrholz Buche).

Abbildung 13: Steg „Minimum"

Alle drei Querschnitte sind für die gleiche Zugfestigkeit ausgelegt. Der Querschnitt BSH GL24 entspricht den üblichen eingesetzten Dimensionen. Etwa 80% aller Brettschichtholz-Produkte der *neuen Holzbau AG* , Lungern werden in dieser Festigkeitsklasse ausgeführt. Das BSH GL36 entspricht der höchsten heute eingesetzten Festigkeitsklasse (Fichte). Im Vergleichsquerschnitt des Unterzugs auf Eschen-FSH zeigt sich das enorme Potenzial des Eschen-FSH im Steg „Minimum".

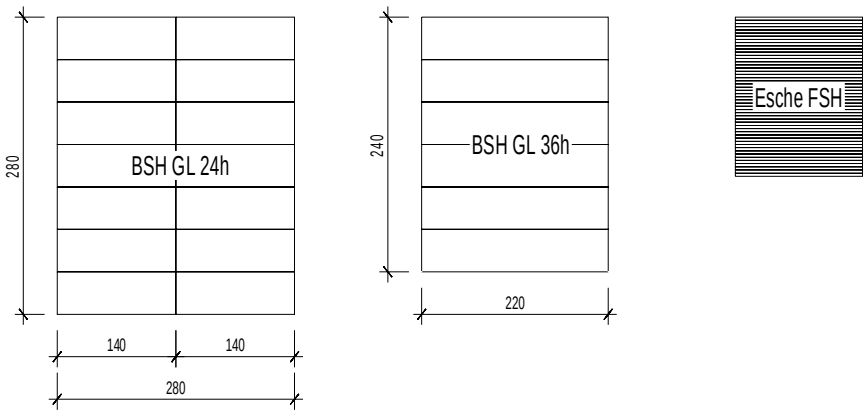


Abbildung 14: Querschnittvergleich Unterzug Steg „Minimum"

Innovation mit Laubholz

Mit Visionen, Mut, Risikobereitschaft und ausgeprägtem Durchhaltewille werden neue Ideen zu markfähigen und innovativen Produkten aus Laubholz umgesetzt und realisiert.

www.neueholzbau.ch